

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Монографія

2020

УДК 681.518.54

ББК 32.966

К 38

Авторський колектив: Абдалла А. – п. 3.8; Альошин Г. В., д-р техн. наук, проф. – п. 3.3; Вдовиченко І. Н., канд. техн. наук, доц. – п. 1.2; Гурін О. М., канд. техн. наук, с.н.с. – п. 3.4; Havrysh B., cand. techn. n., senior lecturer – п. 3.2; Дреєва Г. М., викл. – п. 2.3; Иванов В. Г., д-р техн. наук, проф. – п. 2.2; Засядько А. А., д-р техн. наук, проф. – п. 2.1; Калачова В. В., канд. техн. наук, с.н.с., доц. – п. 3.5; Карлов В. Д., д-р техн. наук, проф. – п. 3.7; Коломійцев О. В., д-р техн. наук, проф. – п. 3.3; Копп А. М., викл. – п. 3.6; Кузнецов О. Л., канд. техн. наук, доц. – п. 3.7; Ларін В. В., канд. техн. наук, доц. – п. 3.8; Левковська М. Ю., ст. лаб. – п. 2.10; Lozovytska I. – п. 2.7; Мельникова Н. І., канд. техн. наук, доц. – п. 3.1; Nazarkevych M., dr. of techn. sci., prof. – п. 2.7; Орловський Д. Л., канд. техн. наук, доц. – п. 3.6; Поліщук Л. І., ст. викл. – п. 2.4; Пунченко Н.О., канд. техн. наук, доц. – п. 2.8; Різник О. Я., канд. техн. наук, доц. – п. 2.9; Сало Н. А., ст. викл. – п. 1.1; Сальна Н. Є., канд. техн. наук – п. 3.4; Серов Ю. О., канд. техн. наук, доц. – п. 1.3; Смірнов О. А., д-р техн. наук, проф. – п. 2.5; Смірнов С. А., канд. техн. наук, доц. – п. 2.3; Смірнова Т. В., канд. техн. наук, викл. – п. 2.4; Солодка В. І., канд. техн. наук, ст. викл. – п. 2.10; Сорока М. Ю., ст. викл. – п. 1.1; Tymchenko O., dr. of techn. sci., prof.– п. 3.2; Ткачук С. С., канд. техн. наук, доц. – п. 3.5; Трач О. Р., канд. техн. наук, викл. – п. 2.6, п. 3.9; Усік П. С. – п. 2.5; Федушко С. С., канд. техн. наук, доц. – п. 1.3; Цира О. В. – п. 2.8.

Рецензенти:

Казакова Надія Феліксівна – доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних технологій Одеського державного університету екології;

Опірський Іван Романович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри захисту інформації Національного університету «Львівська політехніка»

Рекомендовано до видання рішенням Вченої ради Центральноукраїнського національного технічного університету (протокол № 6 від 02.03.2020 р.)

К 38 Кібербезпека та інформаційні технології : монографія. – Х. : ТОВ «ДІСА ПЛЮС», 2020. – 380 с.

ISBN 978-617-7927-01-2

В монографії розглянуті сучасний стан та перспективи розвитку механізмів складових безпеки: кібербезпеки, інформаційної безпеки, безпеки інформації, та інформаційних технологій. Монографія представляє інтерес як для фахівців, сфера діяльності яких безпосередньо пов'язана з розробкою механізмів складових безпеки та ІТ-технологій, способів забезпечення послуг безпеки та передачі даних в комунікаційних системах, так і для спеціалістів з безпеки інформації. Вона буде корисною викладачам, аспірантам і студентам, що спеціалізуються в області захисту інформації, кібербезпеки та інформаційної безпеки, інформаційних технологій, і всім, хто серйозно цікавиться проблемами взаємодії інформаційних технологій, безпеки та інформаційного суспільства.

За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор.

ISBN 978-617-7927-01-2

© Колектив авторів, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ГЛАВА 1 ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВИ, СУСПІЛЬСТВА ТА ОСОБИСТОСТІ	12
1.1. Моделі мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом .	12
1.2. О многокритериальном экспертном оценивании рисков информационной безопасности	30
1.3. Ефективність як ключовий показник управління віртуальною спільнотою	45
ГЛАВА 2. ПРОГРАМУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	62
2.1. Способи спрощення задачі нелінійного програмування на основі класифікації обмежень	62
2.2. Сжатие изображений на основе методов выделения и кодирования областей	78
2.3. Дослідження мультифрактальних властивостей генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова	93
2.4. Дослідження хмарних технологій як сервісів для системи інженерних розрахунків	106
2.5. Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G	122
2.6. Розроблення програмного забезпечення організації життєвого циклу віртуальних спільнот	136
2.7. Development of telegram bot for a copy center	152
2.8. Місце і роль е-навігації в глобалізаційних процесах організації безпеки морських перевезень	165
2.9. Завадостійке перетворення даних	180
2.10. Формування та фільтрація сигналів вейвлет – перетворення в задачі цифрової обробці сигналів	193
ГЛАВА 3. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ, МЕДИЦИНІ ТА ОСВІТІ	210
3.1. Методи оптимізації рішень щодо аналізу персоналізованих даних	210

3.2. Application of neural networks in text processing and recognition tasks	226
3.3. Параметричний та структурний оптимальний синтез багатошкільних вимірювальних систем	242
3.4. Методи та моделі автоматизованого управління запасами ешелонів складської системи повітряних сил збройних сил України	261
3.5. Багатокритеріальний синтез організаційної структури білінгвової інформаційної системи	277
3.6. Аналіз та вдосконалення бізнес-процесів на основі циклу перетворення знань	295
3.7. Вплив статистичних характеристик флуктуацій початкових фаз радіолокаційного сигналу на точність вимірювання радіальної швидкості цілі	311
3.8. Обґрунтування необхідності зниження стрімкості відеопотоків для надання можливості підвищення якості відеоінформаційних послуг	327
3.9. Базові моделі етапів та напрямів життєвого циклу віртуальної спільноти	341
ДОДАТОК	359

ВСТУП

Інформаційна безпека (ІБ) та інформаційні технології (ІТ) – це найбільш динамічні напрями, що зараз успішно розвиваються не тільки в Україні, але й дуже актуальні в усьому світі. У монографії представлені результати наукових досліджень в галузі кібербезпеки та інформаційних технологій, що представлені на II Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології», що відбулася 2–3 квітня 2020 року на базі Центральноукраїнського національного технічного університету. У ній відображені найбільш цікаві результати за найсучаснішими науковими напрямками інформаційної безпеки, програмуванням, інформаційно-комунікаційним технологіям, інформаційним технологіям в економіці, медицині та освіті.

Розділ 1 «монографії «Інформаційна безпека держави, суспільства та особистості» присвячено висвітленню питань щодо дослідження підходів, методів та засобів інформаційної безпеки держави, суспільства та особистості, як суб'єктів національної безпеки України.

Зокрема в підрозділі 1.1 у рамках використання агентно-орієнтованого підходу до розробки інтелектуальних навчальних систем пропонується використовувати методи планування поведінки інтелектуальних агентів. Проведені дослідження дозволили сформулювати вимоги до побудови мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом, розроблені моделі такої системи.

В підрозділі 1.2 у якості мети дослідження розглядався метод розрахунку ризику безпеки систем. Для цього було виконано аналіз основних способів розрахунку ризику безпеки комп'ютерних систем, розроблено модель критеріїв ризику та сформовано новий підхід до визначення ризиків безпеки систем. В результаті було розроблено комплексну модель розрахунку, що забезпечує об'єктивне визначення ризику.

Підрозділ 1.3 присвячено вирішенню важливої наукової задачі розробки методів побудови спільнот на з використанням розроблених авторами теоретичних засад та програмного комплексу, що забезпечує ефективне функціонування спільноти на тривалу перспективу. В результаті побудовано систему числових показників та сценаріїв розвитку веб-спільнот шляхом системного аналізу стану комунікаційних середовищ і тенденцій їхнього розвитку, що дало змогу побудувати єдиний показник ефективності для задачі підвищення ефективності спільноти на базі веб-форумів. Також удосконалено

методи керування веб-спільнотою шляхом автоматизації відстеження, фільтрації та видалення небажаного інформаційного наповнення, що дало змогу зменшити затрати на модерування веб-форуму та представлено динаміку ефективності віртуальної спільноти «Український форум лікарів».

У 2 розділі монографії «Програмування та інформаційно-комунікаційні технології» присвячено рішенням завдань щодо програмно-апаратного забезпечення інформаційної безпеки в телекомунікаційних системах різних пристроїв та технологій.

У підрозділі 2.1 розглянуті різні способи спрощення задачі нелінійного програмування. В цих задачах серед множини обмежень на допустиму область розв'язання можуть бути суттєві і несуттєві обмеження, які можна відкинути, що призведе до спрощення початкової постановки задачі нелінійного програмування (ЗНП). Представлення ЗНП великої розмірності більш складною багатокритеріальною задачею виправдане зниженням обчислювальної складності задач ЗНП. Здійснюється редукція ЗНП великої розмірності в ЗНП меншої розмірності, яку можна розв'язувати звичайними оптимізаційними методами. На відміну від інших скалярних критеріїв, нелінійна схема компромісів дозволяє знайти не поліпшуваний або оптимальний по Парето розв'язок, а у випадку опуклих частинних критеріїв – унімодалний (єдиний) розв'язок. Складна задача представляється простішою моделлю, вираженою системою рівнянь невеликої розмірності.

У підрозділі 2.2 розглядається метод вирощування областей, який є близьким до показників при кодуванні зображень методом JPEG-компресії. Алгоритм вирощування областей є порівняно повільним, але його дуже суттєва перевага полягає в тому, що текстурні області сегментації є зв'язковими, а контури – безперервними. Обидві ці властивості можуть бути корисними при вирішенні задач розпізнавання образів.

На основі спрощеної метрики $N(k\epsilon)$ в підрозділі 2.3 було побудовано аналітичний вираз розрахування фрактальної розмірності результату генерування бінарного числового ряду на основі ланцюга Маркова. Відмічено залежність фрактальної розмірності від довжини проміжку, на якому проводиться розрахунок фрактальної розмірності, та зроблено припущення про повторення властивості мультифрактальності на класичних метриках, таких як розрахування розмірності на основі R/S аналізу або розмірності Мінковського.

В підрозділі 2.4 проведений розширений аналіз хмарних обчислень як сервісів. Серед наведених сервісів виділено базові сервіси IaaS, SaaS, PaaS, які є основою для існування більш уніфікованих сервісів, що збільшують область

використання. Визначено, що для того, щоб перенести роботу систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу з'явився новий перспективний сервіс CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service) – комп'ютерні системи інженерного аналізу як сервіс. Виявлено, що при належному інтегруванні в розробку продукту та виробництва CAE, можна включити попереднє вирішення проблеми, що може значно зменшити витрати, пов'язані з життєвим циклом продукту.

Підрозділ 2.5 присвячено аналізу ключового напрямку та рушійній силі розвитку стільникових мереж зв'язку п'ятого покоління. Було визначено основні рушійні сили розвитку мобільного ширококутного доступу. Також було проаналізовано узгоджену архітектуру стільникових мереж 5G. В даній архітектурі запропоновано використовувати сучасні технологічні рішення, що надасть змогу забезпечити критичні вимоги до сучасних стільникових мереж. До цих технологій відноситься віртуалізація мережевої архітектури (NFV), програмно-конфігуруванні мережі (SDN) та MEC. В роботі були розглянуті перспективи використання кожного із запропонованих технологічних рішень, а також обмеження та недоліки їх використання.

У підрозділі 2.6 представлено дослідження щодо побудови програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот. Розроблено архітектуру програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот, описано компоненти архітектури програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Програмний засіб призначений для роботи над створенням віртуальної спільноти та управлінням виконавцями організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Результатом роботи програмного засобу «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» є облік параметрів показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, що дає змогу здійснювати порівняння в певні періоди часу.

Підрозділ 2.7 розглядає технологію використання мови програмування Python для розроблення боту Telegram, який допомагає розміщувати замовлення онлайн: вибирати товари через каталог, додавати в кошик, розміщувати замовлення, надавати контактні дані клієнтів, вибирати дату виробництва та філія копіювального центру, вибирати доставку і оплату, відправку деталі замовлення на електронну пошту. Щоб надати користувачам підтримку, чат-бот був створений з використанням Dialogflow, інструменту грамотності людини. Помічник може відповісти на питання, пов'язані з

копіювальним центром і ботом. Бот-чат був протестований, а агент навчений виявлення помилок.

У підпункті 2.8 запропоновано використання концепції е-Навігації при розробці навігаційної техніки для зниження навігаційних аварій, стандартизації розробки всіх напрямків комп'ютерно-інтегрованих навігаційних систем та підвищення рівня інформованості судноводія.

Алгоритм синтезу нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей за допомогою ідеальних кільцевих в'язанок для збільшення завадостійкості отриманих послідовностей, приведено в підрозділі 2.9. Відмічено, що даний алгоритм побудови завадостійких кодових послідовностей спрощує синтез цих послідовностей. Застосування алгоритму кодування і декодування даних на основі нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей дає змогу покращення завадостійкості отриманих послідовностей. Перспективою подальших досліджень є зменшення досить значної надлишковості. Для цього у роботі запропоновано застосування дзеркальних нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей.

У підрозділі 2.10 було розглянуто стандартний підхід до вирішення завдання очищення сигналу від перешкод і випадкових спотворень, що застосовує вейвлети Добеши і коригування коефіцієнтів розкладання сигналу по базису вейвлет-функцій із застосуванням м'якого і жорсткого варіантів завдання порогового значення. Було показано, що використання комплексних базисів забезпечує перевагу як з точки зору помилки порогової фільтрації, так і з точки зору зниження ризику випадкових спотворень при реконструкції корисного сигналу по вейвлет-коефіцієнтами. Відповідні висновки були зроблені для тестового сигналу і експериментальних даних. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати метод комплексного вейвлет-перетворення в якості ефективного інструменту очищення від перешкод сигналів і зображень різної природи.

Значну увагу в монографії приділено практичним аспектам використання ІТ, чому присвячено 3 розділ «Інформаційні технології в економіці, медицині та освіті».

Підрозділ 3.1 присвячено алгоритму пошуку асоціативних правил щодо відсікання кандидатів, які не часто зустрічаються та не суттєво впливають на його застосування при прийнятті фінансових рішень під час вибору схеми стратегії розвитку. Отримані результати свідчать про високу точність і стабільність управлінських рішень щодо фінансового розвитку підприємства.

Детально розглянуто алгоритм попередньої обробки з використанням нечіткої логіки і процесу бінарзації зображення у підрозділі 3.2. Також вирішена задача побудови граматики для реалізації структурного розпізнавання текстових зображень. Показано, що алгоритм вирішення задачі синтаксичного аналізу в обраній граматиці є узагальненням відповідного алгоритму для двовимірних контекстно-вільних граматик і складається в послідовному обчисленні кожного фрагмента штрафу для присвоєння йому кожного імені. Розглянуті методи і алгоритми дозволяють наблизити методи систем розпізнавання до тих, які використовуються людьми, тому що, незважаючи на великі досягнення в цій галузі, немає систем, які могли б зрівняти розпізнавання тексту з людиною.

В підрозділі 3.3 проведеного аналізу існуючих методів вимірювання радіоелектронних каналів систем виявлено метод кращий за простотою реалізації – це панорамний метод, але він не відповідає встановленому часу вимірювання та можливому пропуску об'єкта. Багатоканальний метод є кращим за мінімальним часом вимірювання, але складний за кількістю і великою вартістю каналів та, ще є й багатозначність при великому сигналі, багатоетапний – кращий за те, що вміщує як точні етапи, так і ті, що вирішують багатозначність вимірювань. Представлено унікальний випадок, коли з'явилася можливість порівняти вектори якості та вибрати оптимальний метод вимірювання, який відрізняється від відомих не тільки структурою і алгоритмом, але й параметрами сигналів.

Підрозділ 3.4 висвітлює аналіз можливостей трансформації існуючих логістичних концепцій для потреб повітряних сил збройних сил (ПС ЗС) України та обґрунтовано важливість їх застосування. Також розглянуто види складських систем та систем управління запасами, з визначенням можливих стратегій управління, що можуть бути застосовані в перспективній автоматизованій системі управління логістичним забезпеченням ПС ЗС України, з метою підвищення ефективності планування логістичного забезпечення. Розглянуто необхідність проведення тестування моделей управління запасами ешелонованої складської системи за допомогою сучасних інформаційних технологій дозволять оптимізацію процесів управління органами забезпечення на різних рівнях.

Підрозділ 3.5 присвячено виявленню кращої альтернативи. Було виявлено, що рекомендованою до вибору вважається білінгова система «Атлант» з максимальним значенням глобального пріоритету, незважаючи на її найвищу вартість. Якщо у замовника є нестача фінансових коштів для придбання системи «Атлант», то вибір більш дешевого варіанту системи здійснюється шляхом перерахунку всіх таблиць з урахуванням залучення додаткової

інформації про нові вимоги до проекту, що розробляється і узгодженості експертних думок.

Підрозділ 3.6 розглядає питання формалізації, поширення та повторного використання знань про діяльність підприємства з точки зору концепції BPM. Моделювання бізнес-процесів, як основний інструмент концепцій управління бізнес-процесами та управління знаннями підприємства, використовується для формального подання знань про діяльність підприємства, сприяє їх кращому, розповсюдженню та повторному використанню.

Життєвий цикл моделей бізнес-процесів розглянуто з точки зору етапів життєвого циклу перетворення знань відповідно до моделі SECI. Моделювання бізнес-процесів полягає у документуванні неявних знань про бізнес-процеси підприємства на основі певних нотацій моделювання, найбільш поширеними з яких є BPMN, EPC, IDEF0 та DFD. Для забезпечення зрозумілості моделей, що розробляються, необхідно контролювати їх коректність на основі розглянутих рекомендацій, оскільки добре зрозумілі моделі бізнес-процесів зазвичай не містять помилок. Проблема поширення та повторного використання моделей бізнес-процесів може бути вирішена за допомогою впровадження репозиторію моделей бізнес-процесів – централізованого сховища формалізованих знань про бізнес-процеси підприємства, призначеного для їх накопичення та повторного використання. Значну роль у поширенні та повторному використанні моделей бізнес-процесів відіграють існуючі формати обміну між різними інструментами моделювання та управління бізнес-процесами, найбільш популярними серед яких є XPDЛ та BPMN 2.0. Зважаючи на суттєві відмінності між існуючими форматами обміну визначеннями бізнес-процесів, запропоновано можливість використання стандарту RDF для представлення та подальшого аналізу знань про бізнес-процеси підприємства. В якості шляхів отримання нових знань про бізнес-процеси підприємства розглянуто методи та інструменти BPI, зокрема, Process Mining. На основі отриманих знань зацікавлені сторони приймають рішення щодо необхідності вдосконалення бізнес-процесу.

Дослідження, які висвітлено в підрозділі 3.7, присвячені оптимізації часо-частотної обробки радіолокаційного сигналу в когерентно-імпульсних радіолокаційних станціях (РЛС), що покращить показники якості радіолокаційного спостереження. Точність вимірювання радіальної швидкості цілі суттєво залежить від статистичних характеристик фазових флуктуацій – дисперсії і кореляції, значення яких визначають умови і доцільність оптимізації часо-частотної обробки прийнятої пачки радіоімпульсів. Отже, вище викладене свідчить про те, що необхідно враховувати випадкові фазові викривлення

радіолокаційного сигналу, які виникають внаслідок впливу реальних умов функціонування РЛС, в алгоритмах його часо-частотної обробки.

Підрозділ 3.8 за допомогою аналізу сервісу забезпечення якості обслуговування свідчить про те, що його функціонування може призвести до помилок або навіть втрати даних при передачі. Тому для вирішення існуючих обмежень запропоновано здійснювати контроль за умовами відповідності бітової швидкості джерела щодо пропускної спроможності каналу зв'язку.

У підрозділі 3.9 формалізовано процес організації життєвого циклу віртуальної спільноти та отримано такі результати: розроблено формальну модель організації життєвого циклу віртуальної спільноти, яка включає в модель ряд спеціальних етапів та напрямів організації життєвого циклу віртуальних спільнот, що дало змогу структурувати виконання проектних завдань, які стоять перед розробниками віртуальних спільнот; сформовано показники напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, що дозволяє структурувати виконання проектних завдань для розробників віртуальних спільнот; сформовано параметри показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальних спільнот, що є первинними даним про віртуальну спільноту.

Таким чином, у монографії відбиваються результати наукових досліджень із застосування та впровадження як вже існуючих, так й нових ІТ у різних галузях промисловості України та зарубіжжя, визначаються напрямки ефективних рішень щодо поставлених проблем, а також розглядаються перспективи розвитку сучасних інформаційних технологій та систем.

Організатори конференції висловлюють подяку всім дослідникам, які взяли участь в підготовці та публікації монографії.

ГЛАВА 1

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ДЕРЖАВИ, СУСПІЛЬСТВА ТА ОСОБИСТОСТІ

1.1. Моделі мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом

Вступ та постановка задачі. Розвиток сучасних систем управління повітряним рухом та ускладнення повітряного трафіку вимагають зміни підходів до підготовки диспетчерів управління повітряного руху, широкого використання інтелектуальних навчальних систем. На сьогоднішній день отримали розвиток навчальні системи, що ґрунтуються на моделях та методах штучного інтелекту [1]. Даний напрямок включає методологію психологічних, дидактичних, педагогічних, психологічних, технічних, ергономічних досліджень щодо моделювання поведінки, мотивації людини в процесі засвоєння знань, яке базується на інженерії знань. Підвищення ефективності навчання, інтенсифікація навчального процесу для диспетчерів управління повітряним рухом (УПР) та перехід на нові технології неможливо здійснити без створення інтелектуальних навчальних систем.

Такі системи будуються на основі синтезу імітаційно-моделюючих комплексів у складі адаптивних тренажерів реалізованих, як правило, у вигляді розподілених систем обробки даних призначених для імітації поведінки середовища навчання.

Побудові адаптивних тренажерних систем присвячена достатня кількість публікацій як вітчизняних так і закордонних фахівців. Які умовно можна розділити на чотири значні групи:

а) теоретичні роботи в галузі штучного інтелекту та побудови мультиагентних систем;

б) загальнотеоретичні відносно побудови адаптивних інтелектуальних навчальних систем (в тому числі із застосуванням мультиагентних підходів);

в) роботи щодо побудови адаптивних тренажерів авіаційних фахівців (зокрема диспетчерів УПР);

г) роботи присвячені педагогічним та дидактичним проблемам автоматизованого навчання.

До першої групи належать роботи Д. А. Поспелова, Г. М. Попова, В. К. Фіна, К. С. Амеліна, О. П. Кузнецова, Г. С. Осіпова, И. Б. Фоміних, В. Ф. Хорошевського. Основні підходи до моделювання мультиагентних систем із інтелектуальним

поводженням на основі різних математичних апаратів досить докладно відображені в роботах В. І. Городецького, В. І. Варшавського, В. Б. Тарасова, О. В. Карасева, М. Вудриджа (M. Wooldridge), Н. Джепнингса (N. Jennings.), П. Мюллера (P. Muller). Однак практичне використання існуючих методів для побудови навчальних систем на основі мультиагентних систем вимагає проведення додаткових досліджень.

До другої групи відносять роботи С. Д. Айзинова, С. П. Борсука, І. І. Верещагіна, М. Б. Лазиріна, Ю. Ю. Громова, В. Є. Снитюка, Р. Ardimento, N. Boffoli, V. N. Convertini, A. C. Graesser, S. Oxman, W. Wong, які досліджували принципи, моделі та методи побудови інтелектуальних навчальних систем. Роботи П. І. Федорука, В. Д. Гогунського, О. В. Нарожного, С. В. Титенка присвячені окремому класу навчальних систем – дистанційних, які використовують схожі моделі та методи.

Третя група – роботи А. Н. Горенкова, С. М. Неділька, А. С. Пальоного, К. Ю. Суркова, М. А. Павленка, О. І. Тимочка, В. Г. Чернова. Окремо слід відзначити роботу [2], в якій достатньо повно приводиться огляд мультиагентних систем прийняття рішення. Проте застосування мультиагентних систем у формуванні інтелектуальної навчальної системи адаптивних тренажерів диспетчерів УПР в даних роботах не розглянуто.

Четверта група джерел, на які спираються проведені в дисертаційній роботі дослідження представлена роботами авторів Ломакіної М. Є., Образцова П. І., Сергєєва С. В., Тализіної Н. Ф., Юркова Н. К., Wickens C. D.

Слід зауважити, що на думку авторів [3, 4] застосування інтелектуальної навчальної системи в адаптивних тренажерах диспетчерів УПР дозволить суттєво зменшити терміни підготовки диспетчерів управління повітряним рухом та заощадити на фінансових витратах, уникаючи негативного впливу на якість їх підготовки та безпеку польотів.

Основна частина

Обґрунтування вимог до інтелектуальних агентів інтелектуальних навчальних систем

Результати аналізу основних методів до організації середовища інтелектуального навчального середовища (ІНС) підготовки диспетчерів УПР дозволяють зробити висновки про те, що застосовані підходи не повною мірою забезпечують виконання вимог, що виникають при розробці сучасних навчальних систем. Тому варіантом рішення є створення середовища ІНС на базі мультиагентних технологій, що увібрали в себе досягнення таких

напрямоків досліджень, як технологій штучного інтелекту (ШІ) та розподілених системи (РС).

Як основні недоліки існуючого методичного апарата реалізації обчислювально – моделюючих комплексів (ОМК) ІНС можна відзначити наступні [5]:

а) відсутність єдиних рішень по забезпеченню розподіленого моделювання ситуацій реального часу для диспетчерів УПР;

б) складність реалізації інтелектуального поведіння об'єктів у ІНС;

в) труднощі забезпечення єдиного інформаційного простору для розподілених ІНС, що вимагаються спільної роботи при територіальному віддаленні один від одного;

г) проблема оперативної адаптації ОКМ ІНС для забезпечення імітації об'єктів нових типів з можливостями та характеристиками, що відрізняються від типових.

З іншого боку, усунення наведених недоліків можливо за рахунок використання засобів і методів, що розробляються в межах теорії мультиагентних систем (МАС).

Одним з найважливіших напрямків розвитку сучасних ІНС підготовки диспетчерів УПР є створення його середовища, що здатне функціонувати в єдиному інформаційному просторі, виступаючи при цьому активним акцептором і донором даних. З іншого боку, значне місце серед проведених досліджень в області мультиагентних систем займають роботи, спрямовані на розробку засобів комунікації агентів. Основною задачею таких досліджень є створення стандартів і уніфікованих підходів, що дозволяють вивести мультиагентні системи на новий якісний рівень свого розвитку.

У зв'язку з цим виконання вимог по використанню розподіленого моделювання у ОКМ ІНС у рамках запропонованого підходу забезпечується самою концепцією мультиагентних систем, що базується на об'єднанні напрямків розподілених систем і штучного інтелекту [1].

Мультиагентні системи мають великий теоретичний і практичний потенціал по створенню інтелектуальних агентів, у тому числі по створенню моделей, заснованих на реактивній поведінці, на основі планування. Таким чином, одним зі способів включення в середовище моделювання ІНС об'єктів з можливими змінами поведінки є створення інтелектуальних агентів на базі нових методів планування, що використовують найбільш перспективні підходи до побудови послідовності планів серед існуючих у даний час.

У зв'язку з цим виконання вимог по урахуванню обмежень на виділені мережні ресурси, на час навчання, набуття компетенцій, що використовується ОМК ІНС підготовки диспетчерів УПР, може бути забезпечене за рахунок засобів кооперації і комунікації агентів, розроблених в рамках методології побудови мультиагентних систем.

Таким чином, використання останніх досягнень в галузі мультиагентних систем для удосконалювання і розширення функціональних можливостей автоматизованих систем обробки інформації ІНС дозволить забезпечити їх розвиток відповідно до сучасних вимог.

Відповідно до розробленого підходу удосконалення та розширення функціональних можливостей системи підготовки диспетчерів УПР (в частині обчислювально-моделюючих комплексів) за рахунок використання теорії мультиагентних систем з метою створення ІНС як основна задача розглядається забезпечення правдоподібності та нелінійності поведження об'єктів, що імітуються в ІНС.

Іншими словами, необхідно забезпечувати моделювання інтелектуального поведження об'єктів, що входять у віртуальне середовище навчання. Одним з можливих способів по створенню інтелектуальних об'єктів у теорії МАС є використання методів планування спрямованих дій або планування поведження.

Завдання підвищення ефективності ІНС підготовки диспетчерів УПР за рахунок створення інтелектуального середовища на базі модифікованих методів планування поведження інтелектуальних агентів можна представити в такий спосіб:

$$Z^0 = F^*(M^*, P^*, C^*) \rightarrow \text{opt} \quad (1)$$

де $Z^0 = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – показники ефективності використання ІНС підготовки диспетчерів УПР в системі підготовки, що відповідають кінцевій меті функціонування системи Z^* .

$M^* = \{m_1, m_2, \dots, m_k\}$ – методи планування поведінки інтелектуальних агентів в ІНС (k – кількість таких методів);

$P^* = \left\{ \left\{ p_{11}, p_{12}, \dots, p_{1m_1} \right\}, \left\{ p_{21}, p_{22}, \dots, p_{2m_2} \right\}, \dots, \left\{ p_{k1}, p_{k2}, \dots, p_{km_k} \right\} \right\}$ – можливі параметри елементів конфігурації ІНС, m_i – кількість параметрів i -го методу планування поведінки, $i = \{1, 2, \dots, k\}$;

$C^* \geq C_D$; C_D – задана продуктивність ІНС підготовки диспетчерів УПР;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}$ – показники продуктивності ІНС в системі підготовці диспетчерів УПР.

З формули (1) можна зробити висновок, що підвищення ефективності ІНС підготовки диспетчерів УПР в цілому можливо за рахунок удосконалення методів планування поведінки інтелектуальних агентів та розширення їх функціональних можливостей.

Проведений аналіз побудови МАС, а також вимоги до ІНС підготовки диспетчерів УПР дозволило сформулювати перелік вимог до інтелектуальних агентів відповідно до пропонованого підходу по створенню мультиагентного середовища ІНС підготовки диспетчерів УПР (рис. 1) обчислювально-моделюючого комплексу.

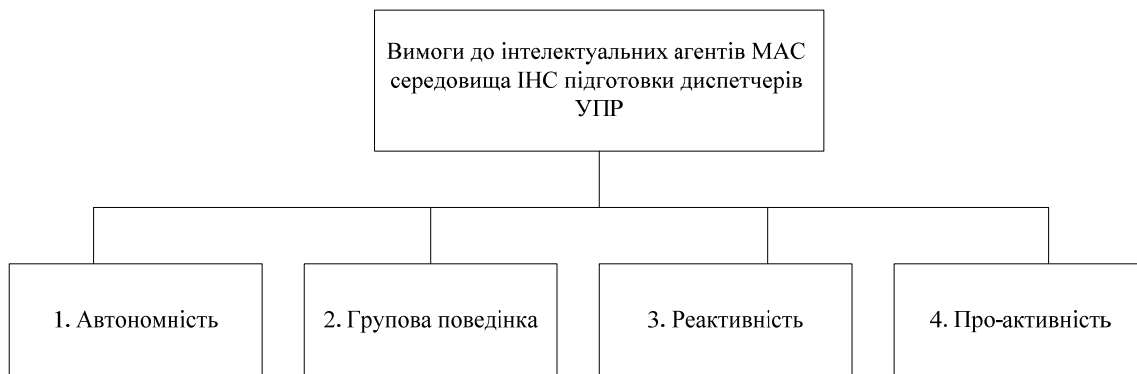


Рис. 1 – Вимоги до інтелектуальних агентів

З огляду на результати проведеного аналізу, сформовано перелік вимог для опису інтелектуального агента ОМК (середовища) ІНС підготовки диспетчерів УПР, де під інтелектуальним агентом ОМК (середовища) ІНС підготовки диспетчерів УПР розуміють програмну сутність, яка виконує функції цілеспрямованої зміни поведінки об'єкта в середовищі моделювання. Дана сутність здатна інтерпретувати та виконувати команди і має властивості автономності, колективної поведінки, реактивності, знання та цілями, а також здатна адаптуватися до параметрів середовища.

Системи планування поведінки агентів та їх класифікація

Серед основних систем, які заклали найбільш важливі напрямки розвитку методів планування в теорії розкладів, необхідно виділити наступні (рис. 2).

1) Загальний планувальник GPS. Попередником усіх планувальників є GPS – предметно-незалежна система для рішення задач. Через спільність

підходу до рішення різних задач система працювала тільки в добре структурованих областях. У ній уперше введене поняття аналізу кінцевих значень – оцінка розходження між поточним станом та метою функціонування інтелектуальної системи і пошук дії, що зменшує це розходження.



Рис. 2 – Взаємозв'язок систем планування поведінки агентів в інтелектуальній навчальній системі

2) Систему зворотного пошуку в просторі станів STRIPS.

Характерними рисами планувальника STRIPS є: представлення предметного середовища через формули логіки першого порядку, використання правил логічного виводу, аналіз кінцевих значень і перевірка передумов операторів (дій) та цільової функції.

Система також була обладнана механізмом навчання через генералізацію знайдених планів і їх збереження. Дотепер окремі компоненти системи (наприклад, спосіб опису середовища) активно використовуються в наукових працях.

3) Планувальники з чергуванням кроків: HACKER, WARPLAN, INTERPLAN. Основна увага при створенні даних систем була приділена декомпозиції вихідної задачі на підзадачі та коректної взаємодії з підцілями, тобто усунення можливих протиріч при досягненні підцілей за допомогою зміни порядку підцілей або порядку кроків у процедурі.

4) Нелінійні планувальники NOAH і NONLI. У проблемно-орієнтованій системі NOAH уперше застосовується пошук у процедурних мережах (аналог простору планів), використовується ієрархія підцілей і відкладене підтвердження для упорядкування підцілей. В удосконаленій системі NONLI вводяться причинні зв'язки, а також використовується зворотне відстеження та оператори модифікації плану.

5) Система розвиненого формалізованого пошуку в просторі планів TWEAK. Нелінійна система, яка використовує метод введення обмежень для звуження множини планів, що задовольняють умовам поставленої задачі. Результатом роботи планувальника є клас повних рішень, з якого можна вибирати конкретний суворо упорядкований по кроках план. Основою пошуку є критерій модальної істини – правило вибору необхідних умов.

6) Системи планування SNLP та O-PLAN. SNLP є нелінійним планувальником, що має властивості коректності, повноти і системності. SNLP є основою більшості сучасних нелінійних систем планування. У системі O-PLAN реалізований ієрархічний планувальник, що має часове представлення і здатний маніпулювати обмеженими ресурсами.

7) MAC UCPOP. Достатньо розвинена система планування, що використовує нелінійний і ієрархічний підходи та забезпечує розподіленість – планування здійснюється для декількох агентів.

8) Ймовірнісна система планування BURIDAN. У системі BURIDAN реалізоване розширення класичної моделі планування для роботи з невизначеностями в середовищі за допомогою введення ймовірнісних розподілів по вихідних станах та результатам дій. Для даної форми представлення приводиться коректний і повний алгоритм рішення задачі і методи оцінки знайденого плану.

На даний час системи планування широко застосовуються в MAC. У кожному конкретному випадку метод планування вибирається в залежності від завдання, яке стоїть перед системою, а також у залежності від обчислювальних можливостей відповідного обладнання (апаратної частини системи).

Аналіз існуючих методів планування дозволяє класифікувати використовувані підходи по способу взаємодії із середовищем:

а) автономне планування – агент отримує інформацію про стан системи в деякий момент часу і на цій основі будує план, тобто весь етап планування завершується до початку виконання плану;

б) інтерактивне планування – агент використовує інформацію про поточний стан середовища в процесі складання плану, тобто можливе чергування планування і виконання плану.

Також розрізняють:

а) відкрите планування – агент не використовує інформацію про стан середовища у процесі виконання плану;

б) закрите планування – у процесі виконання плану використовується інформація про стан середовища.

По відношенню до підцілей:

а) лінійне планування – при незалежності підцілей;

б) нелінійне планування – якщо між підцілями існує деяка залежність.

Існування залежностей у нелінійному плануванні приводить до необхідності організації чергування дій, спрямованих на досягнення різних підцілей. Існують наступні способи рішення даної задачі:

а) відкладене підтвердження – упорядкування дій відкладається до виникнення конфлікту цілей;

б) лінеаризація – перетворення цілей для досягнення лінійності;

в) розподіленість – виконання плану декількома агентами.

Крім того, використовується поділ на:

а) неієрархічне планування – пошук низки дій для досягнення мети (основна проблема полягає в тому, що підцілі не розрізняються по важливості – планувальник може витратити ресурси на досягнення другорядних цілей);

б) ієрархічне планування – має на увазі створення планувальником ієрархії абстракцій (підцілей). Це спрощує процедуру планування – спочатку створюється план загалом, потім виконується деталізація – спуск з ієрархії. Виділяють два способи створення ієрархій – у просторі задач (розщеплення плану) і в просторі станів (виділення станів у класи еквівалентності).

Поряд із приведеною вище класифікацією прийнятий також наступний поділ задач планування на:

а) умовне та універсальне планування;

б) опортуністичне планування;

в) адаптивне планування;

г) реактивне планування.

Для умовного планування характерно створення інтелектуальним агентом умовного плану. Умовний план містить у собі дії, що починаються у випадку

виконання деякої умови. Відповідно, агент повинен мати сенсори для перевірки виконання умови та, навіть, вміти планувати дії, спрямовані на перевірку умов.

Універсальне планування полягає в створенні агентом універсального плану – такого, у якому визначені дії агента для всіх станів при будь-якому можливому стані середовища. Вочевидь, що таке рішення має сенс, наприклад, для недетермінованих середовищ (в тому числі і для середовища ІНС підготовки диспетчерів УПР) і вимагає значних обчислювальних ресурсів як для генерації плану, так і для його наступної реалізації.

Найбільш розповсюджена модель планування полягає в ієрархічній декомпозиції вихідної задачі на підзадачі до максимально досяжного рівня, після чого будуються прості плани досягнення підцілей. Потім з цих часткових планів будується повний план досягнення цілі функціонування системи Z^* .

Альтернативним підходом є опортуністичне планування, ідея якого базується на спостереженнях за процесом планування людського індивідуума: після формулювання основної задачі відразу починаються маніпулювання простими діями, з яких складаються часткові плани. Потім відбувається узгодження часткових планів в основний план. Фундаментальний аспект складається в спробі розглянути вихідну задачу з різних точок зору, на практиці це реалізується в створенні «віртуальних спеціалістів» – інтелектуальних агентів, що починають діяти при виконанні деяких умов і, у свою чергу, можуть провокувати дії інших агентів.

Основна ідея адаптивного планування полягає в побудові шуканого плану за допомогою модифікації деякого вихідного плану, що звичайно береться з бібліотеки рішень за принципом максимальної близькості до даної ситуації в деякому змісті. Основними завданнями при використанні адаптивного планування є:

- а) створення бібліотеки планів,
- б) отримання критеріїв вибору та створення процедури адаптації, що полягає у зміні порядку кроків алгоритмів, додавання або виключення окремих дій.

За умови існування бібліотечного рішення адаптація плану, як правило, є більш вигідною процедурою, ніж генерація, більш того, завдання генерації плану можна розглядати як адаптацію нульового плану.

При реактивному плануванні інтелектуальний агент не генерує весь план заздалегідь, як у випадку класичного планування.

Після виконання одного або декількох дій агент запускає процедуру повторної генерації плану відносно свого поточного стану.

Інша розповсюджена назва даного підходу – чергування планування і виконання. Одним з окремих випадків є чергування планування і навчання – у цьому випадку дії агента між генераціями плану спрямовані на збір нової інформації та удосконалення моделі середовища.

Модель сприйняття та представлення знань про зовнішнє середовище агентом середовища інтелектуальної навчальної системи

Побудуємо математичну модель агента зі станами. В даному випадку агент буде задаватися шістьма параметрами:

$$AG = (S, A, env, I, refine, action) \quad (2)$$

де S – не порожня множина станів зовнішнього середовища;

A – не порожня кінцева множина дій агентів;

$env: S \times A \rightarrow 2^S$ функція поведінки зовнішнього середовища, яка співставляється з поточним станом зовнішнього середовища та обраною агентом дією, не порожня множина можливих станів зовнішнього середовища. Таким чином, дії інтелектуального агента навчальної системи можуть впливати на зовнішнє середовище, але не контролюють його повністю;

I – не порожня кінцева множина внутрішніх станів інтелектуального агента;

$refine: I(j-1) \times S(j) \rightarrow I(j)$ є функцією відновлення станів, що співставляє попередньому внутрішньому стану агента $I(j-1)$ та новому стану зовнішнього середовища $S(j)$ новий внутрішній стан агента $I(j)$, де j – стан;

$action: I \rightarrow A$ є функція прийняття рішення, що співставляє поточному внутрішньому стану агента деяку дію.

Дана математична модель інтелектуального агента не породжує інформацію про його внутрішню структуру і зводить опис агента практично до моделі кінцевого автомата з вхідним алфавітом S , множиною станів I і вихідним алфавітом A .

Уточнимо структуру внутрішнього стану агента і процеси його перетворень.

Низка чергових перетворень станів $\lambda \in (S \times I)^+$, що є можливою історією взаємодії агента AG виду (2) з зовнішнім середовищем, якщо для нього виконуються наступні властивості:

$$\forall j \in \mathbb{N} : \lambda[j+1] | s \in \text{env}(\lambda[j] | s, \text{action}(\text{refine}(\lambda[j] | I, \lambda[j] | s))) \quad (3)$$

Умова (3) вимагає того, щоб реакція зовнішнього середовища відповідала допустимій реакції на дії агента, що визначають його функціями action та refine . За допомогою нотації $\lambda[j]$ позначимо j -й елемент послідовності, а за допомогою нотації $\lambda[j] | s$ – відповідний елемент пари (s_j, i_j) :

$$\forall j \in \mathbb{N} : \lambda[j+1] | I = \text{refine}(\lambda[j] | I, \lambda[j] | s) \quad (4)$$

Дана умова вимагає того, щоб внутрішній стан агента змінювався у відповідності з його функцією оновлення стану.

Інтелектуальний агент навчальної системи має деяку інформацію про зовнішнє середовище, а також активно використовує цю інформацію при взаємодії з зовнішнім середовищем. Саме цю інформацію і називають знаннями або представленням агентів. У випадку ізольованого інтелектуального агента (що діє окремо, а не в складі мультиагентної системи) можна виділити два основних блоки представлень:

- представлення про поточний стан зовнішнього середовища, що називається «сприйняття»;
- представлення про закономірності поведінки зовнішнього середовища, що дозволяє агенту прогнозувати наслідки своїх дій.

Сприйняття описується відношенням $\text{see} \subseteq S \times S$, що визначає для даного стану $s \in S$ множину станів, які не відрізняються від s для даного агента: $\text{see}(s) \equiv \{s' \in S \mid (s, s') \in \text{see}\}$.

Стан s' допустимий разом з s (не відрізняється від s), якщо $(s, s') \in S$.

Відношення $\text{see} \subseteq S \times S$ є коректним сприйняттям, якщо воно є відношенням еквівалентності за умови виконання трьох умов (властивостей):

- рефлексивність $\forall s \in S : (s, s) \in \text{see}$. Стан s розглядається агентом як одна з можливих альтернатив при сприйнятті стану s , тобто одна з альтернатив завжди відповідає реальності;
- симетрія $\forall s, s' \in S : (s, s') \in \text{see} \rightarrow (s', s) \in \text{see}$. Якщо агент може переплутати стан s зі станом s' , то він може переплутати і стан s' зі станом s , тобто можна робити висновок, що стани s та s' не відрізняються один від одного.

- транзитивність $\forall s, s', s'' \in S: (s, s') \in \text{see} \text{ and } (s', s'') \in \text{see} \rightarrow (s, s'') \in \text{see}$.

Якщо агент не може відрізнити стан s від стану s' , а стан s' від стану s'' , то він не може відрізнити стан s від стану s'' .

Коректне сприйняття, являючись відношенням еквівалентності, розбиває множину S на множину класів еквівалентності $S \parallel_{\text{see}}$, яку позначимо як P . Потужність множини класів еквівалентності дозволяє зробити висновок про сенсорні можливості агента: чим більше його потужність, тим чіткіше агент здатний сприймати зовнішнє середовище. При $|P|=|S|$ агент має досконалі сенсорними можливостями та може розрізняти стан зовнішнього середовища (за умови кінцевості множин P та S). У іншому граничному випадку, коли $|P|=1$, сенсорні можливості у агента відсутні, він не здатний відрізнити один стан зовнішнього середовища від іншого.

Для моделювання представлення знань інтелектуального агента про поведінку зовнішнього середовища введемо відношення $\text{bel} \subseteq S \times A \times S$. Якщо деяка трійка (s, a, s') входить до відношення $\text{bel}((s, a, s') \in \text{bel})$, то за представленням агента, при виконанні дій a в стані зовнішнього середовища s , зовнішнє середовище може перейти до стану s' .

Таким чином, знання агента про зовнішнє середовище по своїй структурі аналогічні опису поведінки зовнішнього середовища env , та за своїм змістом є моделлю зовнішнього середовища з боку агента. Якщо для будь-яких $(s, s') \in S$ та $a \in A$ виконується тотожність $s' \in \text{env}(s, a)$ тоді і тільки тоді, коли $(s, a, s') \in \text{bel}$, можна зробити висновок, що представлення агента повністю відповідає реальності (в цьому випадку представлення можна вважати знаннями). Множину всіх можливих представлені позначимо: $\text{Bel}(S, A) \cong 2^{S \times A \times S}$.

Представлення агента можуть обновлюватися на кожному кроці взаємодії з зовнішнім середовищем шляхом введення функції оновлення представлень:

$$\text{brf} : I_{\text{bel}} \times \text{Bel}(S, A) \times A \times P \rightarrow I_{\text{bel}} \times \text{Bel}(S, A), \quad (5)$$

яка співставляє елементи поточного внутрішнього стану агента $i_{\text{bel}} \in I_{\text{bel}}$ поточним представленням $\text{bel} \in \text{Bel}(S, A)$, відтвореній агентом дії $a \in A$ та сприйняття нового стану зовнішнього середовища $p \in P$ нового елементу

внутрішнього стану $i'_{bel} \in I_{bel}$ та нове відношення представлень $bel' \in Bel(S, A)$.

В результаті процес оновлення представлення агента моделюється детермінованим кінцевим автоматом з вхідним алфавітом $A \times P$ та множиною внутрішніх станів $I_{bel} \times Bel(S, A)$. Множина $I_B = I_{bel} \times Bel(S, A)$ є частиною множини внутрішніх станів агента I в тому змісті, що $I = I_B \times I'$ (де I' – деяка додаткова частина стану невизначеної структури). Для ілюстрації процесу оновлення знань агента про зовнішнє середовище розглянемо приклад агента з абсолютною пам'яттю. В даному випадку I_{bel} може співпадати з множиною можливих сприйнять P та використовуватися для зберігання попереднього стану зовнішнього середовища. В цьому випадку функція brf може бути обчислена за алгоритмом:

$$brf(i_{bel}, bel, a, p') = (i'_{bel} = p', bel' = bel \cup p \times \{a\} \times p'), \quad (6)$$

Таким чином, після кожної ітерації взаємодії з зовнішнім середовищем в базу знань агентів додається множина фактів виду (s, a, s') , де $s \in p$, $s' \in p'$ (кожне сприйняття p представляє собою клас еквівалентності на множині S). Додані в базу знань факти описують результати тільки що пройденої ітерації взаємодії з зовнішнім середовищем.

Модель знань агента середовища інтелектуальної навчальної системи

Оскільки ключовим елементом середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом є інтелектуальний агент, призначений для моделювання поведінки об'єктів реального світу в навчальній системі, для реалізації даного агента розроблено розширену модель від моделі (2), що можна представити у вигляді кортежу вигляду:

$$IAG = (R_A, P_A, C_A, S, A, P, R, RI) \quad (7)$$

де R_A – модель реактивної поведінки;

P_A – модель планування поведінки;

C_A – модель колективної поведінки;

S – множина станів моделей;

A – множина дій;

R – множина знань агентів;

R_i – множина відношень між елементами моделі.

Для реалізації даної моделі в роботі розроблена структура інтелектуального агента на базі елементів InterRRa архітектури [9]. Створена архітектура приведена на рис. 3.

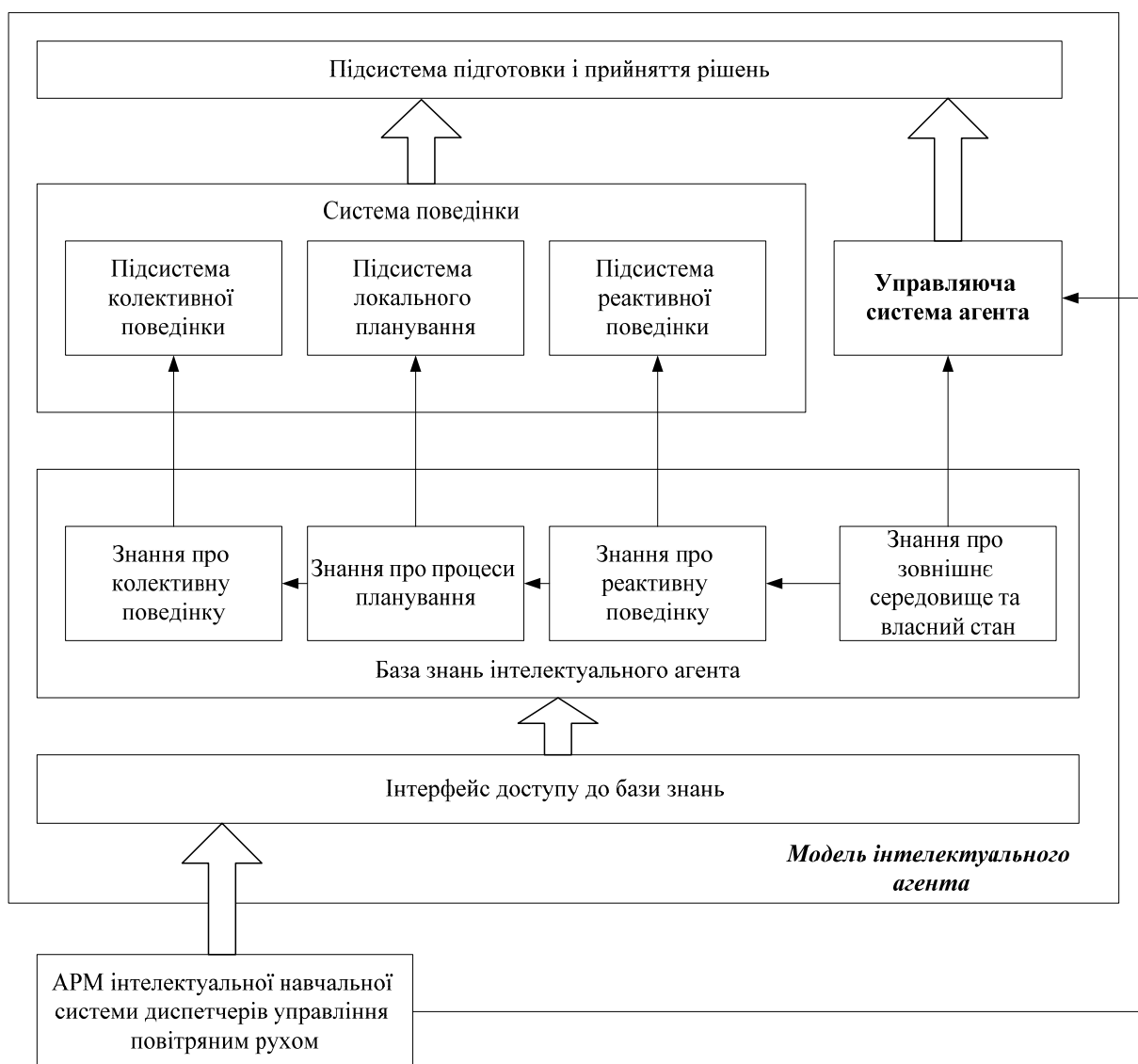


Рис. 3 – Архітектура інтелектуального агента навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом

Особливістю розробленої структури є те, що взаємодія агента з зовнішнім середовищем, у тому числі з іншими агентами, здійснюється через модель фізичного представлення об'єкта. Таким чином, досягається поділ моделювання інтелектуального поводження об'єктів у середовищі навчальної системи від їх фізичного представлення, у яке в тому числі можуть входити

засоби комунікації. У той же час запропонована на рисунку 3 структура допускає прямі керуючі впливи на поведінку агентів з автоматизованих робочих місць начальної системи диспетчерів управління повітряним рухом з метою забезпечення можливості внесення корегувань у розвиток навчальної обстановки (середовища), а також доступ до бази знань агента за допомогою спеціального інтерфейсу.

Основною відмінністю даного підходу від закладених в InteRRa архітектуру принципів є те, що загальне керування поведінкою здійснюється не шляхом комунікації між рівнями поведінки, яка здійснюється за рахунок передачі керування знизу нагору доти, поки не буде досягнутий рівень, здатний справитися з ситуацією, що склалася.

Розроблена структура забезпечує ідентифікацію ситуації в підсистемі підготовки і прийняття рішень, що виконує передачу управління на відповідний рівень ієрархії системи поведінки інтелектуального агента. Крім того, підсистема підготовки і прийняття рішень відслідковує інформацію, що надходять з рівнів поведінки агентів, та у випадку виникнення суперечливих ситуацій забезпечує їх розв'язання. Таким чином, запропонований підхід, ґрунтуючись на елементній базі архітектури InteRRa, реалізує взаємодію рівнів через посередника як підсистеми підготовки і прийняття рішень. Такий підхід обумовлений великою відповідністю функціональних можливостей компонентів InteRRa архітектури для реалізації запропонованого підходу, а спосіб організації управління більш близький до підходів сучасних інтелектуальних навчальних систем.

Реалізація рівнів реактивної (R_A) та колективної поведінки C_A доцільно здійснювати за допомогою існуючого методичного апарату, що використовується для створення сучасних інтелектуальних навчальних систем.

Модель мультиагентного середовища

В рамках агенто-орієнтованого підходу розроблена наступна модель мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів повітряного руху:

$$V_s = (W, E, O, R, C, St) \quad (8)$$

де $W = \{w_1, w_2, \dots, w_s\}$ – множина моделей об'єктів реального світу в середовищі інтелектуальної навчальної системи;

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_t\}$ – множина моделей середовищ;

$O = \{\{o_1^U, o_2^U, \dots, o_n^U\}, \{o_1^I, o_2^I, \dots, o_k^I\}\}$ – множина неоднорідних об'єктів (агентів) середовища навчальної інтелектуальної системи, де:

o_i^U – модель об'єкта $i = \{1, 2, \dots, n\}$, керування якою здійснює диспетчер управління повітряним рухом, де n – кількість моделей, які управляються оператором;

o_j^I – інтелектуальна модель об'єкту $j = \{1, 2, \dots, k\}$, де k – кількість інтелектуальних моделей управління;

R – множина відношень між елементами системи;

C – множина зовнішніх дій (дії диспетчера управління повітряним рухом);

St – множина станів системи.

В свою чергу керування диспетчером управління повітряним рухом моделі об'єкта системи можна представити як: $o_i^U = \{Ph_i; Ac_i\}$, де Ph_i – модель фізичного представлення об'єкту; Ac_i – модель поведінки яка піддається керуючому впливу. Інтелектуальну модель об'єкта пропонується представити наступним чином: $o_j^I = \{Ph_j, IAG_j\}$, де IAG_j – відповідає моделі (7).

Для наведеної моделі мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом розроблена структура, що представлена на рис. 4.

В наведеній на рис. 4 структурі використані наступні позначення:

– модель УО – управляємий об'єкт, де $i = \{1, 2, \dots, n\}$ – кількість таких об'єктів;

– модель ІО – інтелектуальний об'єкт, де $j = \{1, 2, \dots, k\}$ – кількість інтелектуальних об'єктів.

– АРМ – автоматизоване робоче місце інтелектуальної системи підготовки диспетчера управління повітряним рухом.

S – кількість моделей пристроїв;

L – кількість моделей середовища.

Основною особливістю запропонованої структури мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи є використання моделі поведінки інтелектуальних агентів, що забезпечують змінну поведінку і можливість рішення задач підготовки і прийняття рішень по своїх подальших діях за допомогою різних моделей поведінки.

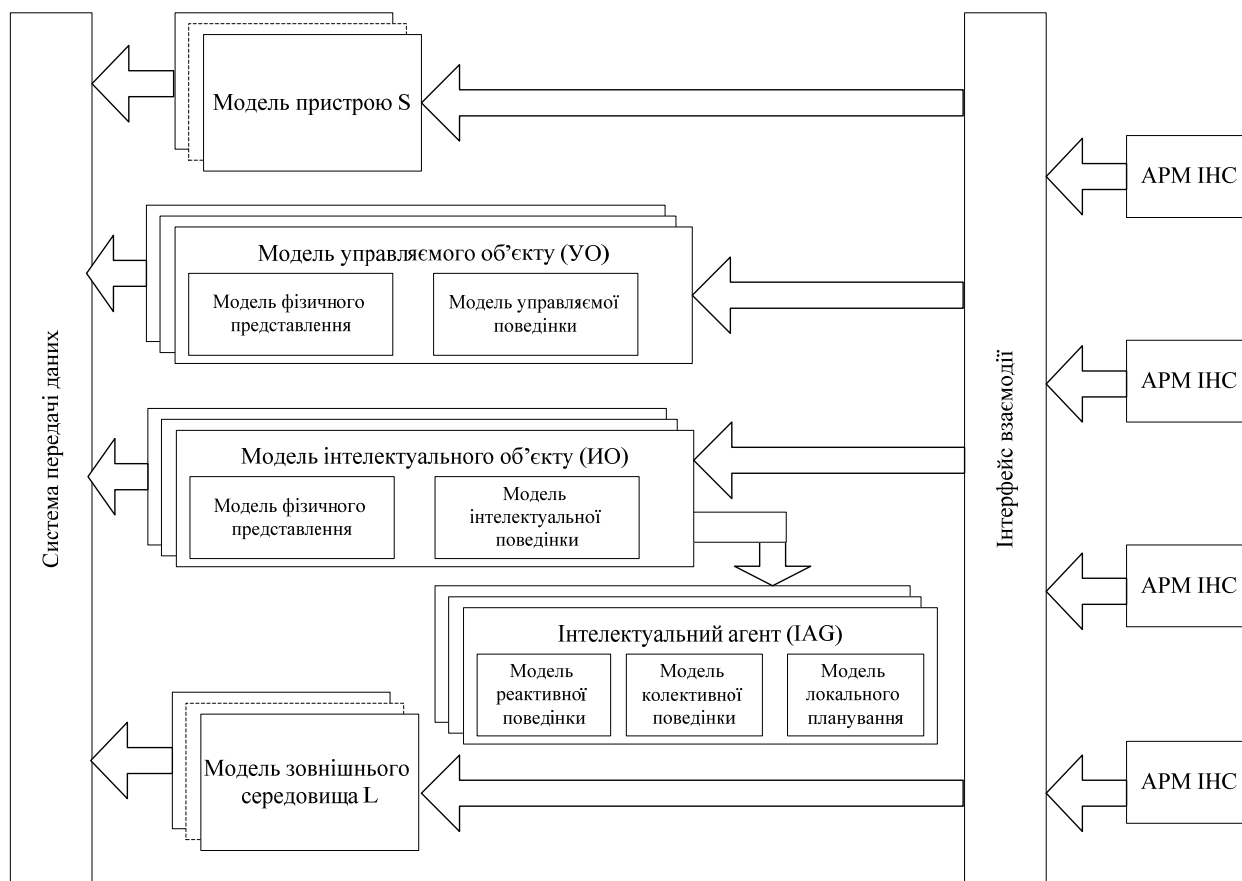


Рис. 4 – Модель мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи

Висновок

1. Інтелектуальні навчальні системи – це складні організаційно-технічні системи призначені для підвищення ефективності навчання диспетчерів УПР.
2. Обчислювально-моделюючі комплекси, як технології реалізації моделі середовища сучасних ІНС, у більшості випадків, реалізовані у вигляді складних розподілених програм. Одним з перспективних підходів до розробки таких систем є використання мультиагентних технологій. Так для до побудови середовища ІНС підготовки диспетчерів УПР повинен бути використаний агентно-орієнтований підхід. В основі реалізації інтелектуальної поведінки об'єктів у рамках даного підходу пропонується використовувати методи планування поведінки інтелектуальних агентів.
3. Проведені дослідження дозволили сформулювати вимоги до побудови мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом, розроблені моделі такої системи.

Література:

1. П. І. Федорук, «Адаптивна система дистанційного навчання та контролю знань на базі інтелектуальних інформаційних технологій», дис. докт. техн. наук, НАН України, Інститут проблем математичних машин і систем, Київ, 2009.
2. В. В. Литвин, «Мультиагентні системи підтримки прийняття рішень, що базуються на прецедентах та використовують адаптивні онтології», Штучний інтелект, № 2, с. 24 – 33, 2009.
3. Н. К. Юрков, Машинный интеллект и обучение человека: монография, Пенза, Россия: ИИЦ ПензГУ, 2008.
4. C. D. Wickens, S. Hutchins, T. Carolan and J. Cumming, «Effectiveness of Part-Task Training and Increasing-Difficulty Training Strategies: A Meta-Analysis Approach», Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, July, 2012.
5. В. М. Неділько, А. С. Пальоний, та К. Ю. Сурков, Проблеми побудови системи адаптивної тренажерної підготовки диспетчерів управління повітряним рухом, Радіоелектронні і комп'ютерні системи, № 4, с. 64 – 72, 2017.

1.2. О многокритериальном экспертном оценивании рисков информационной безопасности

Введение и постановка задачи. Быстрое развитие информационных систем и создание новейших технологий упрощает нарушение конфиденциальности, целостности и доступности информации, и приводят к большим финансовым потерям.

По статистике портала InfoWatch, только за первое полугодие 2018-го года произошло 1039 случаев утечки данных по всему миру. При этом за такой же временной промежуток в 2010-м году зафиксировано в три раза меньше подобных случаев – всего 382 инцидента. Эта статистика ярко говорит о том, что информационная безопасность любой компании с каждым годом попадает под новые угрозы [3].

Необходимость снижать риски преодоления систем защиты компьютерных системах на сегодняшний день, является актуальным вопросом. Для выполнения мероприятий по снижению риска необходимо выполнить оценку риска, его расчет, получение количественного значения. Это надо для сравнения и выявления критических значений риска. На сегодняшний день недостаточно описаны модели систем защиты, в которых формализован процесс оценки рисков информационной безопасности.

Изучая литературу по данной тематике выяснили, что основное внимание в работах уделяется обработке рисков, принятию решений по снижению рисков, уклонению, передаче или принятию рисков, управлению рисками, формированию плана по мерам воздействия на риски. Рассмотрим вопросы вычисления рисков информационной безопасности, получения их количественного значения, на основании которого можно строить сравнительный анализ.

Основная часть

Целью исследования является метод расчета риска безопасности систем. Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ основных способов расчета риска безопасности компьютерных систем;
2. Разработать модель критериев риска;
3. Сформировать новый подход к определению рисков безопасности систем.

Анализ риска современных компьютерных систем представляет собой сложную комплексную задачу системного анализа, выполнение которой невозможно без использования современных информационных технологий и программных продуктов.

Аудит информационной безопасности – это системный процесс получения качественных и количественных оценок состояния безопасности информационной системы. Аудиту подлежат: информация, персонал, пользователи, техника и технологии. Для проведения анализа используют критерии и стандарты, которым должна соответствовать система. Аудит информационной безопасности дает возможность оценить и прогнозировать риски.

В общем случае аудит безопасности, независимо от формы его проведения, состоит из пяти основных этапов, на каждом из которых выполняется конкретный объем работ. Аудит информационной безопасности предприятия реализуется следующими этапами:

- 1) решение о необходимости аудита;
- 2) сбор данных;
- 3) анализ данных аудита;
- 4) выработка рекомендаций;
- 5) составление отчёта.

Во время проведения аудита эксперты используют международные и узкоспециализированные стандарты.

Целями проведения аудита безопасности являются:

- ✓ анализ рисков осуществления угроз безопасности в отношении ресурсов компьютерных систем;
- ✓ оценка текущего уровня защищенности компьютерных систем;
- ✓ определении узких мест в системе защиты компьютерных систем;
- ✓ оценка соответствия компьютерных систем стандартам в области информационной безопасности;
- ✓ формирование рекомендаций по внедрению новых и повышению эффективности существующих механизмов безопасности компьютерных систем.

Аудит информационной безопасности выполняет следующие задачи:

- ✓ проанализировать текущий уровень защищённости персональных данных;
- ✓ оценить информационную безопасность на соответствие стандартам;
- ✓ определить потенциальные риски для компьютерных систем;
- ✓ обнаружить уязвимости и вероятность их устранения;

- ✓ подготовить отчёт.

Важная дополнительная задача аудита – проверка системы защиты на экономическую целесообразность. Выполняется сравнение оценки затрат на кибербезопасность и оценки возможного ущерба от кибератак.

Повысить безопасность систем можно только с помощью использования комплексного подхода к построению систем защиты. Решение этой задачи делится на следующие направления:

1) Информационная безопасность.

- ✓ Защита информации WEB-сайтов;
- ✓ Защита персональных данных;
- ✓ Проведение работ по обеспечению, сопровождению и выполнению государственной экспертизы созданных СЗ на соответствие НД ТЗИ Украины;
- ✓ Проведение комплексного аудита защищенности ИТС соответствии с нормативными документами Украины в области ТЗИ и международных стандартов защиты информации;
- ✓ Разработка новых нормативно-методических документов в области ЗИ и совершенствование действующей нормативной базы;
- ✓ и принципиальных подходов по обеспечению информационной безопасности на нетиповых объектах информационной деятельности;
- ✓ Проведение работ по разработке, созданию и относительно защиты речевой информации;
- ✓ Выявление и блокирование утечки аудио и визуальной информации через закладные устройства на объектах информационной деятельности.

2) Безопасность объектов и инженерные системы

- ✓ Безопасность объектов / инженерные системы защиты, медиакомплексы / конференцсистемы

3) Комплексное сопровождение

- ✓ Программно-аппаратные средства защиты [1].

При аудите информационной безопасности надо учитывать, что атрибутами безопасности систем следует считать:

- ✓ целостность накапливаемой и циркулирующей информации;
- ✓ порядок доступа к охраняемой информации и ее использованию;
- ✓ бесперебойность работы технических средств;
- ✓ корректность работы программных средств.

Важной задачей защиты систем является создание методов расчета показателей безопасности. Необходимо совершенствовать методы анализа угроз, уязвимостей, ущерба, рисков, аварий и др.

Невозможно стопроцентно защитить компьютерную систему от всех угроз безопасности. Поэтому основной задачей политики безопасности для компьютерных систем является минимизация уровней риска.

Уровень риска – величина, получаемая в результате оценки значимости компьютерной системы, требований к их защищенности, степени опасности и вероятности реализации определенных угроз.

Приемлемый риск – это уровень риска, при котором допускается эксплуатация компьютерной системы.

Анализ рисков – процесс выбора оптимального соотношения между стоимостью защитных мероприятий и размерами, и вероятностью негативных последствий, которые могут возникнуть при их отсутствии. Анализ рисков включает:

- ✓ информацию об угрозах, уязвимых местах и о контрмерах;
- ✓ всегда носит превентивный характер – до реального воздействия какой-либо угрозы;
- ✓ оценку того, как проводится планирование на худший случай, которое называют планированием действий в чрезвычайной ситуации;
- ✓ после атаки на компьютерную систему производится анализ способов ее совершения и случившихся последствий.

Для анализа рисков надо:

- 1) определить уязвимые места компьютерной системы, возможные угрозы и каналы их воздействия;
- 2) просчитать уровни риска по каждой угрозе – вероятность и опасность (размер и характер возможных негативных последствий);
- 3) определить приемлемые уровни риска и примерный объем затрат для снижения реальных уровней до приемлемых;
- 4) процесс анализа и его результаты документируются.

Величина риска дает возможность судить о возможных изменениях состояний системы при следующих ситуациях:

- 1) наличии внешних воздействий;
- 2) нарушениях правил эксплуатации;
- 3) возможных природных катаклизмах;
- 4) преднамеренных действиях злоумышленника.

Существует множество схем расчета рисков. Одна из самых простых та, в которой риск является произведением «возможного ущерба от атаки» на «вероятность такой атаки». Ущерб от атаки может быть представлен неотрицательным числом в приблизительном соответствии с табл. 1.

Пример оценки возможного ущерба

Величина ущерба	Описание
0	Раскрытие информации принесет ничтожный моральный и финансовый ущерб фирме
1	Ущерб от атаки незначителен, основные финансовые операции и положение фирмы на рынке не изменились
2	Финансовые операции не ведутся в течение некоторого времени, фирма терпит убытки, но ее положение на рынке и количество клиентов изменяются минимально
3	Значительные потери на рынке и в прибыли. От фирмы уходит большая часть клиентов
4	Потери очень значительны, фирма теряет положение на рынке. Для восстановления положения требуются крупные финансовые вложения.
5	Фирма прекращает существование

Вероятность атаки представляется неотрицательным числом в приблизительном соответствии с табл. 2.

Пример оценки вероятностей атак

Вероятность	Средняя частота проявления
0	Данный вид атаки отсутствует
1	реже, чем раз в год
2	около 1 раза в год
3	около 1 раза в месяц
4	около 1 раза в неделю
5	практически ежедневно

Классификацию ущерба, наносимого атакой, должен оценивать работающий с ней персонал. Оценку вероятности атаки оценивают технические сотрудники или независимые эксперты. Далее составляется таблица рисков объекта информатизации (табл. 3).

Пример расчета рисков для компьютерных систем

Описание атаки	Ущерб	Вероятность	Риск=Ущерб*Вероятность
Спам (переполнение почтового ящика)	1	5	5
Копирование жесткого диска из центрального офиса	3	1	3

На этапе анализа, таблицы рисков, задаются некоторым максимально допустимым риском (порогом). Сначала проверяется каждая строка таблицы на превышение порога. Если такое превышение есть, значит, данная строка – слабое место, применения систем защиты обязательно.

Недостатки данного метода расчета рисков видно на примере табл.3, так как копирование жесткого диска из центрального офиса имеет риск = 3, а спам имеет риск = 5, хотя при этом по табл. 1 – ущерб от атаки незначителен.

Следовательно, для объективности расчетов надо учитывать дополнительные критерии и находить значение интегрального риска.

Для определения технического риска рекомендуют воспользоваться методами теории надежности, представленными в табл. 4 [2].

Рекомендации по выбору методов анализа риска

Метод	Вид деятельности			
	Проектирование	Ввод/вывод из эксплуат.	Эксплуатация	Реконструкция
Предпроектные работы				
Проверочный лист	+	+	+	+
Анализ «Что будет, если...?»	0	+	++	++
Предварит. анализ опасностей	++	+	0	0
Анализ опасности и работоспособности	+	++	+	+
Анализ видов и последствий отказов	+	++	+	+
Анализ деревьев отказов и событий	0	++	+	+
Количественный анализ риска	++	++	+	+
Анализ барьеров безопасности	+	++	+	+

В таблице 4 приняты следующие обозначения:

«0» – наименее подходящий метод анализа;

«+» – рекомендуемый метод;

«++» – наиболее подходящий метод.

Полученные результаты, возможно дополнительно учитывать при определении риска.

Проанализировав литературные источники, получили, что: «Около 5 % задач имеют критический риск и около 50 % незначительны или маловероятны. Анализ распределения вероятных источников угроз показал, что в наибольшей степени они могут быть отнесены к рискам, связанным с работой персонала предприятий:

основной персонал (пользователи) – 34 %;

основной технический персонал – 22 %.

Кроме этого 30 % совокупных рисков приходится на внешних пользователей, не являющихся работниками предприятия:

персонал, участвующий в разработке АСУТП (18 %);

подрядчики (12 %).

Оставшиеся 14 % совокупных рисков пришлось на:

нелояльные структуры (конкуренты, иностранные спецслужбы и пр.) – 8 %;

криминал (хакеры, кибертеррористы и пр.) – 4 %;

силовые и регулирующие государственные органы – 2 %» [4].

Как видим, основные риски нарушения безопасности приходятся на внутренних пользователей. Это надо учитывать, разрабатывая критерии для оценки экспертов.

В качестве технических мер снижения рисков, нарушения безопасности используют следующие меры:

- ✓ использование межсетевого экранирования;
- ✓ защита удаленного доступа;
- ✓ автоматизированный инструментальный анализ защищенности;
- ✓ антивирусная защита;
- ✓ обнаружение вторжений;
- ✓ централизованный сбор и анализ событий безопасности;
- ✓ централизованное управление конфигурациями устройств и др.

Если эти меры не применяются, то мы считаем, значение риска надо умножать на усиливающий коэффициент.

В системе можно выделить следующие основные компоненты:

- ✓ совокупность различных информационных средств;

- ✓ совокупность необходимых вспомогательных технических средств;
- ✓ персонал.

Каждый из компонентов состоит из n -го количества элементов, дополнительно создающих новые уязвимости и подвергающиеся новым угрозам. Связи элементов дают дополнительные возможности для нарушения безопасности.

К основным угрозам безопасности следует отнести:

- ✓ нарушение конфиденциальности информации ограниченного доступа (хищение, разглашение);
- ✓ нарушение целостности информации (несанкционированная модификация, компрометация, уничтожение);
- ✓ нарушение доступности информации для законных пользователей (блокирование информации, нарушение нормального функционирования, вывод из строя компонентов системы – технических средств и программного обеспечения);
- ✓ специально спроектированные технические средства;
- ✓ специально разработанные программные средства;
- ✓ угрозы, обусловленные процессами в технических средствах (техногенные угрозы);
- ✓ угрозы, обусловленные природными (стихийными) явлениями;
- ✓ нарушение телекоммуникации компьютерных систем, соединяющие подсистемы отдельной системы или различные компьютерные системы между собой.

В настоящее время активно развивается структурно-логический метод анализа рисков и моделирования угроз. Суть метода в том, что система описывается как топология взаимосвязанных элементов:

- ✓ информация;
- ✓ пользователи;
- ✓ обслуживающий персонал (инженеры, программисты, администраторы);
- ✓ комплекс технических средств хранения и обработки информации;
- ✓ коммуникации;
- ✓ вспомогательные технические средства для обеспечения бесперебойной работы компьютерной системы;
- ✓ комплекс программных средств и др.

Важное значение имеют связи элементов, которые описываются и отображаются. Для построения такой модели удобно использовать унифицированный язык моделирования UML. UML – это унифицированный

язык моделирования. С помощью структурных диаграмм, диаграмм поведенческих и диаграмм взаимодействия, UML дает возможность описать техническую систему с разных точек зрения.

П. В. Плетнев и В. М. Белов в своей статье «Методика количественного определения рисков информационной безопасности» предлагают следующий алгоритм вычисления численных значений риска. Риск определяется по следующей формуле:

$$R = P_{\text{угр}} * R_n * C * ((K_0 + K_t) / 2) * 100 \%,$$

где R – численная величина риска реализации угроз информационной безопасности;

$P_{\text{угр}}$ – вероятность реализации хотя бы одной угрозы из всего перечня актуальных угроз;

R_n – риск несоответствия требованиям законодательства;

C – ценность актива;

K_0 – коэффициент уязвимости организационной незащищенности информации;

K_t – коэффициент уязвимости технической незащищенности информации.

В этом алгоритме, на наш взгляд, много субъективности.

Наиболее популярными в мировой практике оценки рисков информационной безопасности являются следующие методики: CRAMM, OCTAVE, FRAP. Но ни одна из этих методик официально не принята в Украине. Рассмотрим обзор методов оценки рисков информационной безопасности в табл. 5.

Основными критериями в данных методиках являются финансовый ущерб и стоимость восстановления. Многие другие критерии, оказывающие влияние на основные, следовательно, в не малой степени определяющие значение риска, игнорируются.

В результате сравнительного анализа методов оценки рисков информационной безопасности обнаружено, что оптимальным является комбинированный подход, при сочетании экспертного и аналитического анализа.

Описание методик оценки рисков

Название метода	Автор статьи	Описание метода
1	2	3
CRAMM	Пугин В. В. Губарева О. Ю.	<p>Согласно CRAMM ценность ресурсов определяется стоимостью их восстановления. Ценность данных и ПО необходимо определять в следующих ситуациях:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ресурс недоступен в течении определенного времени; 2. Ресурс разрушен; нарушение конфиденциальности или целостности информации; 3. Ошибки при передаче информации. <p>Критериями оценки возможного ущерба используются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нарушение законодательства; 2. Ущерб от нарушения конфиденциальности; 3. Ущерб репутации предприятия; финансовые потери от нарушения конфиденциальности; потери от невозможности полноценного функционирования предприятия; 4. Затраты на восстановление ресурсов; разрушение предприятия. <p>В CRAMM разработана следующая шкала оценки финансовых потерь:</p> <p>2 балла – менее \$1000; 6 баллов - от \$1000 – \$10000; 8 баллов – от \$10000 – \$100000; 10 баллов – свыше \$100000.</p>

1	2	3
OCTAVE		<p>OCTAVE определяет 3 этапа анализа:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка профиля угроз, связанных с активом. 2. Идентификация инфраструктурных уязвимостей. 3. Разработка стратегии и планов безопасности. <p>Основной недостаток: оценка риска производится только с использованием ожидаемого ущерба, но без оценки его вероятности.</p> <p>Критерии оценки риска:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Финансовый ущерб; ущерб репутации компании; 2. Ущерб жизни и здоровью сотрудников и клиентов компании; 3. Ущерб, который может вызвать судебные преследования. <p>Градация шкал оценки ущерба зависит от размера предприятия.</p>
FRAP	Васильев Р. А.	<p>Оценка рисков методом FRAP производится 5-ю этапами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определение активов, которые необходимо защитить. 2. Определение угроз. 3. Определение вероятности возникновения. 4. Определение ущерба. 5. Оценка риска. 6. Определение средств защиты.

Исследовав методы определения риска информационной безопасности компьютерных систем, их особенности и роль в проведении мероприятий защиты сложных систем, конкретизированы сравнительные характеристики методов качественного анализа и условия их применения. Как показывает проведенный системный анализ, растет практический интерес к использованию экспертизы в системах защиты. При решении сложных задач, экспертные

методы иногда являются единственно возможными. В распоряжении специалистов в настоящий момент имеются десятки экспертных методов. Но многообразие существующих методов не обеспечивает идеальной технологии. Сравнительный анализ служит основанием для вывода о том, что необходимо создание новой информационной технологии на основе нескольких методов, дополняющих и уравнивающих друг друга.

Экспертные и статистические методы можно назвать базовыми методами. Будем использовать их как основу модели оценки риска. Сформируем комбинированный метод, сочетающий в себе приемы и алгоритмы нескольких базовых. Это обусловлено наличием у каждого отдельного базового метода недостатков и ограничений, которые нейтрализуются при их комплексном использовании. Базовые методы в составе комбинированных, взаимодополняют друг друга. Каждый из них, используется как инструмент дополнительного контроля результатов, полученных другими методами.

Таким образом, достигается максимальная возможность объективности оценки, характеризующей риск.

Для оценки рисков информационной безопасности систем была использована экспертная оценка. К экспертным методам относятся способы поиска наилучших решений, опираясь на опыт эксперта, имеющего знания и интуицию. Такие решения применяются там, где экономически не целесообразно или невозможно использовать другие методы.

Оценка рисков проводилась в два этапа. На первом этапе в качестве критериев, предложенных экспертам для оценки, взяты следующие:

- 1) причины (источники) возникновения угроз;
- 2) объекты воздействия угроз;
- 3) используемые методы и средства реализации угроз;
- 4) текущие уязвимостей систем;
- 5) направленность реализации угроз;
- 6) характер и масштабы негативных последствий;
- 7) временные характеристики воздействия;
- 8) каналы проникновения в компьютерную систему.

На втором этапе для вычисления интегрированного значения риска предлагается использовать критерии описания уязвимости (табл. 6).

Таблица 6

Критерии описания уязвимости (результаты экспертизы)

№ п/п	Наименование критерия	Значение	Коэффициент критичности	Результирующее значение
1	Идентификатор уязвимости	3		3
2	Идентификатор программной ошибки	1		1
3	Категория уязвимого продукта	5		5
4	Уязвимое ПО	4		4
5	Сложность устранения	5	2	10
6	Оценка критичности уязвимости	2	3	6
7	Уровень опасности	4	2	8
8	Сложность эксплуатации уязвимости	2		2
9	Необходимый уровень привилегий	0		0
10	Необходимость взаимодействия с пользователем	1		1
11	Масштаб последствий эксплуатации уязвимости	4		4
12	Влияние на конфиденциальность	2	2	8
13	Влияние на целостность	2	1	2
14	Влияние на доступность	2	2	2
15	Степень зрелости доступных средств эксплуатации	6		6
16	Наличие средств устранения уязвимости	3		3
17	Достоверность сведений об уязвимости	2		2
18	Итоговое значение интегрального коэффициента риска			67

Далее выполняется нормирование коэффициентов. Полученная информация подвергается качественному, количественному и комплексному оцениванию, предполагающему шкалирование данных, их анализ

(агрегирование, синтез, обработка) по определенным «весовым» оценкам, в целях принятия решения о правильности расчета риска. В качестве весов критериев будем использовать коэффициент критичности.

Количественная измеримость критичности требуется для проведения эмпирико-статистического анализа. Весовые коэффициенты должны быть выражены в номинальной, качественной или количественной шкале. По своей значимости в общей оценке риска определенные критерии всегда имеют различный удельный вес, который предлагаем устанавливать экспертным путем. Таким образом, коэффициенты весомости являются количественными характеристиками значимости показателей. Сложность в определении весов критериев заключается в том, что эти параметры не имеют чисто экономического значения, но они влияют на объективность результатов анализа риска. Использование весов позволяет создать модель расчета риска близкую к реальности.

Коэффициенты весомости критериев и групп критериев используем на стадии подсчета комплексного показателя, представляющего собой сумму произведений оценок альтернатив на соответствующие коэффициенты весомости критериев, состоящие из суммы весомости критерия и весомости группы.

Для облегчения сравнения используем распределение критериев по подмножествам. Эксперты оценивают группы критериев по 5-ти балльной шкале:

- 1 – не имеет значения;
- 2 – незначительно;
- 3 – среднее значение;
- 4 – имеет значение;
- 5 – решающее значение.

Затем оценивают степень значимости критерия в каждой группе. Эксперты назначают веса ранжируя критерии по важности, вес наиболее важного значения соответствует 10 баллам. Наименее важного – 1. Упорядочение критериев по важности предполагает, что есть общая десятибалльная шкала с одинаковой интерпретацией оценок.

Весовые коэффициенты нормируются на основе условия:

$$\sum_{i=1}^n b_i = 1.$$

Коэффициенты весов критериев определяем экспертным путем. Если b_{hj} – коэффициент веса h -го критерия, даваемый j -м экспертом, w_j – вес j -го эксперта, то средний коэффициент веса h -го показателя по всем экспертам равен:

$$b_h = \frac{\sum_{j=1}^n b_{hj} w_j}{\sum_{j=1}^n w_j}, \quad (h = 1, 2, \dots, k).$$

Полученные результаты двух этапов экспертной оценки агрегируют для получения итогового значения риска.

Выводы. Существуют методики количественной оценки риска систем защиты (некоторые из них рассмотрены в работе), но динамически изменяющаяся внешняя среда и структура компьютерной системы заставляет искать новые подходы. Необходимы четкие инструкции в каких ситуациях отдать предпочтение тому или иному методу.

Результатом предложенного подхода к расчету риска безопасности является комплексная модель расчета, которая позволяет обеспечить более объективное определение риска.

В исследовании используются методы экспертных оценок, математической статистики, системного анализа, структурного анализа, сравнительного анализа. Полученный алгоритм для интегрального риска безопасности систем позволяет оценить систему защиты в целом.

Рассматривая обеспечение безопасности как сложную задачу, для автоматизированного моделирования и анализа риска необходимо применение программных средств, позволяющих реализовать методы многокритериальной количественной оценки риска аварий.

Дальнейшие исследования позволят снизить вероятность проведения атак и уменьшат потенциальные убытки от них.

Литература:

1. М. П. Майструк, Безопасность информации. Техническая защита информации. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://tzi.com.ua>. Дата обращения: Янв. 13, 2020.

2. А. В. Струков, и К. А. Ветлугин, «О методах количественного анализа кибербезопасности технических систем на основе логико-вероятностного подхода», Интернет-журнал «Вестник Евразийской науки», 2017, т. 9, №4. [Электронный ресурс]. Доступно: <https://esj.today>. Дата обращения: Янв. 13, 2020.

3. Г. П. Цапко, А. А. Вериго, и А. С. Каташев, «Анализ рисков безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами», Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», 2016, т. 8, №5. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://naukovedenie.ru>. Дата обращения: Янв. 13, 2020.

4. В. Ф. Шаньгин, Информационная безопасность и защита информации. Москва, Россия: ДМК Пресс, 2014.

1.3. Ефективність як ключовий показник управління віртуальною спільнотою

Вступ і постановка задачі. На сучасному етапі розвитку мережі Інтернет та глобальної інформаційної системи WWW все більшу роль відіграють віртуальні спільноти (ВС), які формують звичайні користувачів мережі. Віртуальні спільноти є однією з засад успішного створення інформаційного суспільства. Саме інформаційне суспільство визначено як суспільство, в якому кожний може створювати інформацію і знання, мати до них доступ, користуватися й обмінюватися ними, даючи змогу окремим особам, громадам і народам повною мірою реалізувати свій потенціал, сприяючи своєму сталому розвитку і підвищуючи якість свого життя. Віртуальні спільноти є унікальним джерелом інформації, місцем накопичення великих обсягів важливої, цінної інформації та знань, рушієм різноманітних комерційних та суспільних проектів.

Переважає більшість ВС є неефективними і не виправдовують сподівань власників. Така ситуація, насамперед, пояснюється відсутністю формалізованих методів та засобів побудови ефективних ВС. Методи, які дають змогу власникам будувати ефективні віртуальні спільноти, сьогодні переважно є інтуїтивними.

Ефективні ВС виникають й успішно функціонують лише завдяки певним суб'єктивним факторам, таким як талант та інтуїція їх власників. Зважаючи на сучасний стан та динаміку розвитку українського сегмента мережі Інтернет, неважко спрогнозувати, що постійно з'являтимуться нові віртуальні спільноти, наявні розвиватимуться, обсяги інформаційного наповнення (ІН) та кількість користувачів зростатимуть. Створення моделі веб-спільнот, розроблення методів і засобів побудови ефективних спільнот та підвищення ефективності функціонування вже сформованих є дуже актуальним та важливим завданням.

Основна частина

Аналіз сучасних підходів до побудови віртуальних спільнот

Віртуальна спільнота – соціальна група людей, котрі комунікують та взаємодіють через Інтернет за допомогою спеціалізованих сервісів та сайтів у WWW. Основою віртуальних спільнот є учасники та інформаційне наповнення. Учасники віртуальної спільноти – користувачі мережі Інтернет, що виявили бажання брати участь у спільноті, зареєструвавшись, взаємодіють у межах спільноти, створюючи ІН.

Інформаційне наповнення віртуальної спільноти – дискусії та повідомлення, які створюють учасники. Сформувались різноманітні типи віртуальних спільнот, які відрізняються як за способом організації так і за аудиторією та тематичним спрямуванням. Сьогодні ВС функціонують на основі всесвітньої мережі Інтернет, причому лише частина з них знаходиться у глобальному середовищі WWW. За ступенем інтеграції у WWW віртуальні спільноти поділяють на такі типи: соціальні мережі; дискусійні листи; публічні соціальні мережі; веб-спільноти.

Аналіз концептуальної схеми Веб-спільноти.

Веб-спільнота складається з двох основних сутностей: учасників та інформаційного наповнення. Учасники спільноти читають інформаційне наповнення спільноти та генерують нове інформаційне наповнення. ІН спільноти через зовнішні посилання та пошукові машини приваблює нових учасників ВС. Функціонувати спільнота повинна з дотриманням встановлених правил, обов'язкових для її учасників. Адміністратори та модератори спільноти створюють її правила та стежать за їх дотриманням, у разі необхідності блокують учасників-порушників, видаляють контент, який суперечить правилам. Учасники спільноти взаємодіють між собою, ведучи дискусії й оцінюючи діяльність інших учасників (рис. 1).

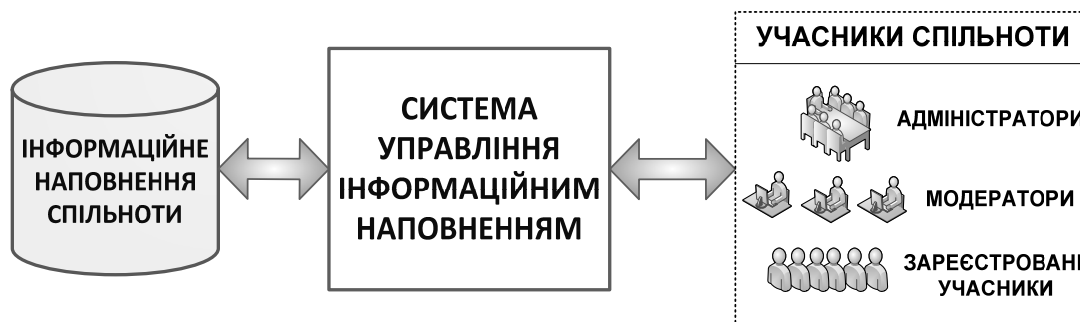


Рис. 1 – Концептуальна схема Веб-спільноти

Специфікація учасників віртуальних спільнот.

Учасником віртуальної спільноти вважатимемо особу, яка зареєстрована у спільноті і виконує активні дії: відвідує сайт спільноти, читає чи публікує ІН у вигляді участі в дискусіях та створенні повідомлень. Учасниками ВС зазвичай є люди, які своєю активністю репрезентують себе особисто чи певну організацію. Вони можуть користуватися як справжніми іменами, так і вигаданими – нікнеймами. Якщо учасник діє від імені організації – використовує назву організації як ім'я. Відповідно до прав та повноважень учасники ВС належать до одного з чотирьох класів: Незареєстровані,

zareєстровані учасники, модератори, адміністратори. Кожному з учасників, залежно від належності до одного з класів, надаються певні можливості для впливу на ІН спільноти та інших учасників. Найменше можливостей має zareєстрований учасник, а найбільше – адміністратор.

Аналіз критеріїв ефективності віртуальних спільнот

Перед тим, як розпочати створення віртуальної спільноти, автори ідеї повинні визначити: способи фінансування проекту; мету існування спільноти; сценарій її розвитку. Ці три складові впливають одна на одну.

Зазвичай метою авторів віртуальної спільноти є: отримання прибутку; завоювання авторитету в суспільстві; інформаційно-технічна підтримка клієнтів; залучення аудиторії до суміжних веб-проектів. За прибутковістю, віртуальні спільноти поділяють на: прибуткові; неприбуткові; збиткові.

Якщо у авторів ВС інші цілі, ніж отримання прибутку, – можливі усі три варіанти прибутковості ВС. Проте, як і в житті так бізнесі, оптимальною є ситуація, коли бізнес-проект залежить від якомога меншої кількості чинників, тобто є принаймні незбитковим.

Веб-сайти отримують прибутки завдяки продажу рекламних послуг. Інколи розміщення реклами у віртуальній спільноті є абсолютно недоречним. Для прикладу, великим компаніям, які організують забезпечення інформаційної підтримки клієнтів, розміщувати рекламу сторонніх продуктів чи послуг немає сенсу. Оскільки може виникнути ситуація, що на сторінках віртуальної спільноти буде розміщена реклама конкурентів чи інші ситуації, коли прибутки від реклами будуть невеликими порівняно з можливим негативним впливом на імідж компанії. Якщо ставиться мета «авторитет у суспільстві» або «залучення аудиторії до суміжних проектів», розміщення реклами також зазвичай, є небажаним. У такому разі необхідно враховувати всі «за» і «проти». Основними пріоритетами розвитку ВС, зважаючи на забезпечення цілей учасника, є: якість та обсяг інформаційного наповнення віртуальної спільноти; цитованість ресурсу у WWW; відвідуваність; кількість учасників спільноти. Відповідно до поставлених цілей пріоритети авторів віртуальної спільноти відрізнятимуться. Скажімо, якщо метою є:

- «прибуток», то найважливішим пріоритетом буде відвідуваність, оскільки існує пряма залежність «відвідуваність» – «прибуток»;
- «авторитет у суспільстві», то найістотнішими будуть цитованість і кількість учасників;
- «інформаційно-технічна підтримка клієнтів», то найважливішим пріоритетом буде якість та обсяг інформаційного наповнення;

– «залучення аудиторії до суміжних Веб-проектів», то головними пріоритетами будуть відвідуваність та кількість учасників.

Попереднє визначення джерел та способів фінансування проекту, визначення його цілей та специфікація напряму розвитку веб-форуму дадуть змогу надалі уникнути проблем і побудувати ефективну віртуальну спільноту.

Схему функціонування віртуальної спільноти подамо як систему залежностей між інформаційним наповненням, цитованістю ресурсу у WWW, відвідуваністю та кількістю учасників. Інформаційне наповнення веб-форуму за умови його якості, унікальності та оригінальності зумовлює цитованість, тобто появу на інших сайтах WWW гіперпосилань на дискусії веб-форуму. Цитованість позитивно впливає на відвідуваність Веб-форуму. Причому поява зовнішніх гіперпосилань породжує відвідуваність декількома шляхами: зростає кількість переходів на веб-форум користувачів WWW з інших сайтів, збільшується кількість переходів з пошукових систем: завдяки зростанню кількості зовнішніх посилань підвищується авторитетність веб-форуму (PageRank), що забезпечує йому вищі позиції при рангуванні результатів запитів до пошукових систем, а це збільшує імовірність потрапляння користувача WWW на веб-форум.

Відвідуючи сторінки веб-форуму, ознайомлюючись з дискусіями, що відбуваються у його межах, певний відсоток користувачів приймає рішення долучитися до нього. Тому збільшення кількості відвідувачів сприяє зростанню кількості зареєстрованих учасників веб-форуму. Відвідуваність, тобто зростання кількості переходів користувачів WWW на сторінки веб-форуму зумовлює збільшення кількості учасників. Кожен учасник веб-форуму є особистістю з певним світоглядом та знаннями. Завдяки участі учасника у дискусіях, його знанням, зростатиме обсяг та якість інформаційного наповнення веб-форуму. Отже збільшення кількості учасників сприятиме зростанню кількості та підвищенню якості інформаційного наповнення. Є також додаткові залежності: учасники породжують відвідуваність: участь у веб-форумі особистості з високим суспільним статусом (популярних політиків, артистів, науковців) сприяє зростанню відвідуваності спільноти людьми, яким цікава ця людина. Проаналізувавши цілі учасників та пріоритети розвитку віртуальних спільнот специфікуємо поняття їхньої ефективності і виділимо її основні складові. Основними складовими ефективності веб-форуму є фактори наведено на рис. 2.

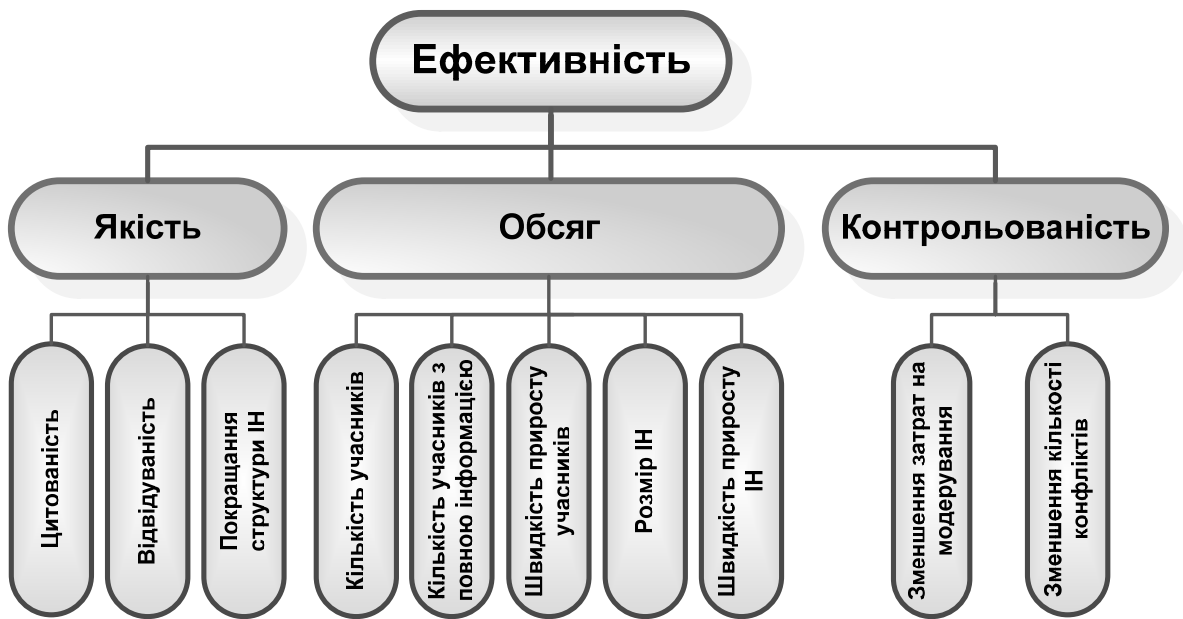


Рис. 2 – Ефективність віртуальних спільнот

Визначення загальної ефективності Веб-форуму

Пріоритетні критерії ефективності веб-форуму є різними і залежать, передусім, від вибраного сценарію розвитку спільноти, а це, своєю чергою визначається бажаннями власника спільноти.

Загальна ефективність Веб-форуму має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 \text{Efficiency(Forum)} = & C_{\text{Cite}} \times \text{Cite} + C_{\text{Attendance}} \times \text{Attendance} + \\
 & + C_{\text{StructureQuality}} \times \text{StructureQuality} + C_{\text{MemberTotal}} \times \text{MemberTotal} + \\
 & + C_{\text{MemberConfirmed}} \times \text{MemberConfirmed} + C_{\text{MemberGrowth}} \times \text{MemberGrowth} + , \quad (1) \\
 & + C_{\text{ContentAmount}} \times \text{ContentAmount} + C_{\text{ContentGrowth}} \times \text{ContentGrowth} + \\
 & + C_{\text{Moderation}} \times \text{Moderation} + C_{\text{ConflictQuantity}} \times \text{ConflictQuantity}.
 \end{aligned}$$

Добитися високих показників усіх критеріїв на практиці дуже складно. Тому залежно від вибраного сценарію розвитку веб-форуму за допомогою вказаних у (1) коефіцієнтів С роблять акцент на критеріях ефективності.

Аналіз сценаріїв розвитку Веб-спільнот

Перед тим як створити в мережі Інтернет сайт-спільноту, автори ідеї визначають для себе мету існування веб-спільноти та бажаний сценарій розвитку їхнього сайту, і розробляють таку адміністративну політику та заходи для популяризації сайту, що дають змогу досягнути мети. Власники спільноти можуть ставити такі цілі: прибуток; авторитет у суспільстві; інформаційно-технічна підтримка клієнтів; залучення аудиторії до суміжних проєктів.

У результаті аналізу виявлено основні сценарії розвитку віртуальних спільнот: Активний, Гіперактивний, Реактивний та База знань (рис. 3).

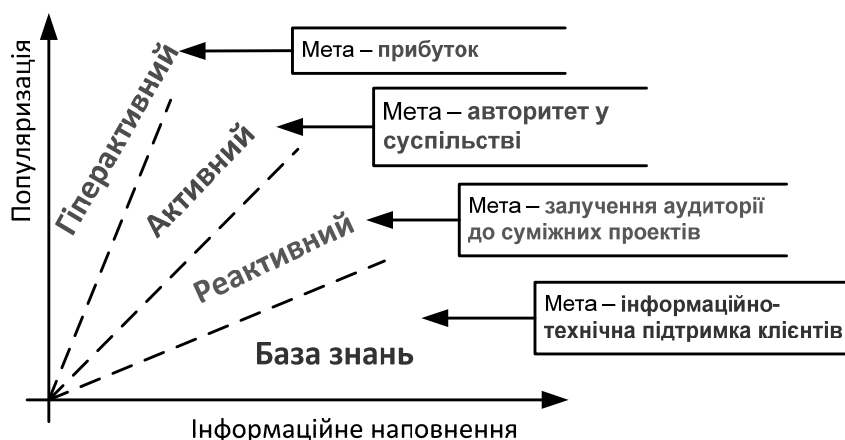


Рис. 3 – Сценарії розвитку віртуальних спільнот на основі веб-форумів

Залежність сценарію від акценту власника на один з двох напрямів розвитку – кількості учасників чи кількості інформаційного наповнення. Рекомендовані варіанти сценарію залежно від мети власника наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Сценарії розвитку спільноти залежно від поставленої мети

Мета власника	Сценарій розвитку
Прибуток	Гіперактивний
Авторитет у суспільстві	Активний
Інформаційно-технічна підтримка клієнтів	База знань
Залучення аудиторії до суміжних проєктів	Реактивний

Зокрема, для кожної складової ефективності визначених сценаріїв розвитку Веб-форуму розроблено такі коефіцієнти, наведені у табл. 2.

Сьогодні створена велика кількість програмних засобів, які забезпечують повноцінне функціонування віртуальних спільнот на основі Веб-форумів. Водночас відсутні програмні засоби, котрі б дали змогу власнику оцінювати ефективність його веб-форуму, здійснювати класифікацію його учасників, оцінювати вплив учасників на спільноту, ефективно управляти нею.

Коефіцієнти ефективності для різних сценаріїв розвитку Веб-форуму

Коефіцієнти ефективності	Гіперактивний	Активний	Реактивний	База знань
C_{Cite}	1	10	6	10
$C_{Attendance}$	0.01	0.007	0.009	0.01
$C_{StructureQuality}$	100	600	700	1000
$C_{MemberTotal}$	1	0.7	0.6	0.1
$C_{MemberConfirmed}$	1	8	4	10
$C_{MemberGrowth}$	50	17	13	10
$C_{ContentAmount}$	0.02	0.017	0.014	0.01
$C_{ContentGrowth}$	0.4	0.3	0.2	0.1
$C_{Moderation}$	-400	-600	-800	-1000
$C_{ConflictQuantity}$	-80	-100	-100	-120

У ході виконання роботи поставлено завдання розробити методи побудови ефективної віртуальної спільноти, які б забезпечували власнику можливість прогнозувати розвиток віртуальної спільноти.

Розроблення методів розрахунку характеристик учасників Веб-форуму

У ході досліджень було встановлено, що учасникам веб-форумів тією чи іншою мірою притаманні такі характеристики: активність; креативність; атрактивність; реактивність; лояльність. На основі цих характеристики визначимо правила класифікації учасників веб-форумів. Для подання характеристик учасників віртуальної спільноти застосуємо апарат нечітких множин. Усі перелічені характеристики учасників спільноти відносно усього веб-форуму визначаються на підставі аналізу поведінки учасників у спільноті:

- активність зумовлена кількістю інформаційного наповнення, яке вони створюють;
- креативність – якістю інформаційного наповнення і тим, як реагують на нього інші учасники спільноти;
- атрактивність – кількістю учасників, які реагують на створений контент;
- реактивність – способом участі в дискусіях,

– лояльність – реакцією на інформаційне наповнення інших учасників.

1. Розроблення методу розрахунку активності учасника Веб-форуму.

Активність – характеристика учасника веб-спільноти, яка визначає його здатність створювати інформаційне наповнення і визначається кількістю повідомлень учасника та нових дискусій, які він пропонує розпочати. Учасники, яким притаманна така риса поведінки, часто стають авторами нових дискусій, беруть участь у багатьох дискусіях. Активність учасника може проявлятися у таких формах: створення дискусій; створення опитувань; голосування в опитуваннях; створення повідомлень; оцінювання дій інших учасників спільноти. Розглянемо окремо кожен з цих видів активності.

Активність створення дискусій подамо як відношення кількості дискусій, які розпочав учасник m_i , до загальної кількості дискусій, створених усіма учасниками спільноти:

$$\text{Activeness}_{\text{Thread}}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Thread}(\text{member}_i))}{\text{card}(\text{Thread})}, \quad (2)$$

де $\text{Activeness}_{\text{Thread}}(\text{member}_i)$ – активність i -го учасника;

$\text{card}(X)$ – потужність множини X ;

$\text{Thread}(\text{member}_i)$ – множина усіх дискусій i -ого учасника;

Thread – множина усіх дискусій.

Активність створення опитувань $\text{Activeness}_{\text{Poll}}(\text{member}_i)$

визначатимемо як відношення кількості опитувань, створених учасником, до загальної кількості опитувань:

$$\text{Activeness}_{\text{Poll}}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Poll}(\text{member}_i))}{\text{card}(\text{Poll})}, \quad (3)$$

де $\text{Poll}(\text{member}_i)$ – множина усіх опитувань, які створив i -й учасник;

Poll – множина усіх опитувань, які існують на веб-форумі.

Аналогічно активність учасника у голосуванні в опитуваннях $\text{Activeness}_{\text{Vote}}(\text{member}_i)$ подамо як відношення кількості опитувань, у яких взяв участь учасник веб-форуму, до загальної кількості опитувань:

$$\text{Activeness}_{\text{Vote}}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Vote}(\text{member}_i))}{\text{card}(\text{Poll})}, \quad (4)$$

де $\text{Vote}(\text{member}_i)$ – усі опитування, у яких проголосував учасник;

Poll – усі опитування.

Активність створення повідомлень обчислюватимемо як відношення усіх повідомлень учасника до загальної кількості повідомлень, створених на форумі:

$$\text{Activeness}_{\text{Post}}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Post}(\text{member}_i))}{\text{card}(\text{Post})}, \quad (5)$$

де $\text{Activeness}_{\text{Post}}(\text{member}_i)$ – активність i -го учасника у створенні повідомлень;
 $\text{Post}(\text{member}_i)$ – множина усіх повідомлень, які створив i -й учасник;
 Post – множина усіх повідомлень.

Активність оцінювання дій інших учасників спільноти виразимо як відношення усіх відгуків на дії учасників веб-форуму, здійснених i -м учасником спільноти, до усіх відгуків усіх учасників віртуальної спільноти:

$$\text{Activeness}_{\text{Feedback}}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Feedback}(\text{member}_i))}{\text{card}(\text{Feedback})}, \quad (6)$$

де $\text{Feedback}(\text{member}_i)$ – усі відгуки i -го учасника;
 Feedback – усі відгуки, здійснені у ВС.

Загальна активність учасника є згортокою усіх видів його активності:

$$\begin{aligned} \text{Activeness}_{\text{Total}}(\text{member}_i) = & C_{\text{Thread}} \times \text{Activeness}_{\text{Thread}}(\text{member}_i) + \\ & + C_{\text{Poll}} \times \text{Activeness}_{\text{Poll}}(\text{member}_i) + C_{\text{Vote}} \times \text{Activeness}_{\text{Vote}}(\text{member}_i) + \\ & + C_{\text{Post}} \times \text{Activeness}_{\text{Post}}(\text{member}_i) + C_{\text{Feedback}} \times \text{Activeness}_{\text{Feedback}}(\text{member}_i) \end{aligned} \quad (7)$$

де C – вагові коефіцієнти типів активності, які виставляють експерти з урахуванням сценарію розвитку спільноти.

Такі способи комплексної оцінки активності учасників дають змогу детальніше оцінити та класифікувати кожного учасника спільноти.

2. Розроблення методу розрахунку креативності.

Креативність – риса учасника веб-спільноти, яка відображає його здатність до створення якісного оригінального інформаційного наповнення і є середнім арифметичним відношень кількості позитивних відгуків до загальної кількості відгуків на кожне з повідомлень учасника. Учасники, яким притаманна така риса поведінки, часто стають авторами нових дискусій, які починаються великим змістовним повідомленням.

Креативність обчислюється одним з двох способів:

1) Як середнє арифметичне відношень кількості позитивних відгуків до загальної кількості відгуків на кожне з повідомлень учасника:

$$\text{Creativene ss}(\text{member}_i) = \frac{\sum_j^N \frac{\text{card}(\text{Feedback}_{\text{positive}}(\text{Post}_j(\text{member}_i)))}{\text{card}(\text{Feedback}_{\text{total}}(\text{Post}_j(\text{member}_i)))}}{N}, \quad (8)$$

де $\text{Feedback}_{\text{positive}}(\text{Post}_j(\text{member}_i))$ – усі позитивні відгуки на j -е повідомлення i -го учасника;

$\text{Feedback}_{\text{total}}(\text{Post}_j(\text{member}_i))$ – усі відгуки на j -е повідомлення i -го учасника;
 $N = \text{card}(\text{Post}(\text{member}_i))$.

2) Як відношення суми переглядів дискусій, створених учасником, до загальної суми переглядів усіх дискусій форуму:

$$\text{Creativeness}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{View}(\text{Thread}(\text{member}_i)))}{\text{card}(\text{View}(\text{Thread}))}, \quad (9)$$

де $\text{View}(\text{Thread}(\text{member}_i))$ – перегляди дискусій, які створив i -й учасник;

$\text{View}(\text{Thread})$ – перегляди усіх дискусій веб-форуму.

Якщо СУІН веб-форуму забезпечує можливість обчислення креативності двома способами, тоді інформаційна система надає вибір, за яким із способів оцінювати креативність учасників: першим, другим або двома. Якщо ж СУІН форуму дає змогу виконувати оцінку лише одним способом, то система повідомляє про це.

3. Розроблення методу розрахунку атрактивності.

Атрактивність – риса учасника веб-спільноти, яка характеризує його здатність до створення інформаційного наповнення, що викликає реакцію у вигляді відгуків і повідомлень в інших учасників спільноти. Визначається реакцією на повідомлення, які створює цей учасник. Атрактивність – це середнє арифметичне відношень кількості учасників, що відреагували на появу повідомлення, до загальної кількості учасників.

Атрактивність учасника також обчислюється одним з двох способів:

1) Як середнє арифметичне відношень кількості учасників, що відреагували на появу повідомлення, до загальної кількості учасників:

$$\text{Attractive ness}(\text{member}_i) = \frac{\sum_j^N \frac{\text{card}(\text{Feedback}(\text{Post}_j(\text{member}_i)))}{\text{card}(\text{Member})}}{\text{card}(\text{Post}(\text{member}_i))}, \quad (10)$$

де $\text{Feedback}(\text{Post}_j(\text{member}_i))$ – відгуки учасників на j -е повідомлення i -го учасника;

Member – множина учасників;

$\text{Post}(\text{member}_i)$ – множина повідомлень i -го учасника.

2) Як відношення кількості відповідей у дискусіях, які розпочав учасник, до загальної кількості відповідей у всіх дискусіях:

$$\text{Attractiveness}(\text{member}_i) = \frac{\text{card}(\text{Reply}(\text{Thread}(\text{member}_i)))}{\text{card}(\text{Reply}(\text{Thread}))}, \quad (11)$$

де $\text{Reply}(\text{Thread}(\text{member}_i))$ – відповіді у дискусіях, які створив i -й учасник;
 $\text{Reply}(\text{Thread})$ – відповіді в усіх дискусіях Веб-форуму.

Вибір способу обчислення атрактивності залежить від СУІН або від вибору користувача системи.

4. Розроблення методу розрахунку реактивності.

Реактивність – риса учасника Веб-форуму, яка визначає швидкість його реагування на події, що відбуваються у віртуальній спільноті: час написання відповіді/репліки, реагування учасника на дискусію, які ведуться на Веб-форумі.

$$\text{Reactiveness}(\text{member}_i) = \frac{\sum_{j=1}^{\text{card}(\text{Reply}(\text{member}_i))} \tilde{R}(\Delta t_j)}{\text{card}(\text{Reply}(\text{member}_i))}, \quad (12)$$

де Δt_j – проміжок часу між створенням j -ї відповіді на попереднє повідомлення дискусії;

$\text{Reply}(\text{member}_i)$ – усі відповіді i -го учасника;

$\tilde{R}(x)$ – монотонно спадна функція, яка володіє такими властивостями:
 $\tilde{R}(0) = 1, \tilde{R}_i(x)_{x \rightarrow \infty} = 0$.

Тобто реактивність обернено пропорційна до Δt , лежить в проміжку $[0;1]$. Очевидно, що чим менший час кожної реакції учасника, тим вища його реактивність. Інколи функція має вигляд експоненційно спадної, але зібраних даних недостатньо, щоб стверджувати, що вона є такою завжди.

5. Розроблення методу розрахунку лояльності.

Лояльність – риса учасника Веб-форуму, яка відображає його ставлення до інших учасників та ВС загалом. Лояльність – це відношення кількості відгуків учасника, які збігаються з відгуками більшості учасників спільноти, до загальної кількості відгуків учасника. Як відношення кількості відгуків учасника, які збігаються з думкою більшості учасників, до загальної кількості відгуків здійснених учасником:

$$Loyalty(member_i) = \frac{card(Feedbackmatch(member_i))}{card(Feedback(member_i))}, \quad (13)$$

де $Feedbackmatch(member_i)$ – усі відгуки і-го учасника, які збігаються з думкою більшості учасників ВС;

$Feedback(member_i)$ – усі відгуки і-го учасника.

Встановлено основні характеристики учасників у межах усієї ВС. Визначення цих характеристик, дає змогу здійснювати класифікацію користувачів спільноти. Аналогічно до визначення рис учасників на рівні усієї спільноти дуже легко встановити характеристики учасників спільноти на тематичному рівні. Таке визначення забезпечує можливість детальнішого аналізу як учасників віртуальної спільноти, так і інформаційного наповнення Веб-форуму. Такий вид аналізу уможливорює поділ множини учасників Веб-форуму на групи, дає змогу досліджувати популярність різних тем в межах цих груп, створювати рейтинги популярності тем Веб-форуму.

Специфікація класів учасників Веб-форуму

Виділивши основні риси учасників Веб-форуму, дослідивши їхню поведінку у віртуальних спільнотах та проаналізувавши її, здійснимо поділ учасників Веб-форумів на шість класів:

- Активіст – учасник, який з високою активністю та креативністю бере участь в багатьох дискусіях, часто відвідує веб-спільноту.
- Модератор – учасник, який з високою активністю бере участь в дискусіях, виявляє лояльність до веб-спільноти, долучається до її розвитку.
- Автор – учасник з високою креативністю, однак низькими активністю та реактивністю.
- Критик – учасник з невисокими креативністю та лояльністю, високою реактивністю, який, як правило, постійно критикує погляди інших членів ВС, часто бере участь у суперечках.
- Пустомеля (флеймер) – активний учасник, у якого відсутня креативність і повідомлення якого, як правило, позбавлені змісту.
- Читач – учасник, який переважно лише переглядає ВС і рідко створює повідомлення.

Виконаний аналіз показав, що виділені шість класів охоплюють 97 відсотків усіх користувачів ВС і учасники поділяються між ними у такій пропорції (див. табл. 3).

Таблиця 3

Процентне відношення різних класів учасників у спільнотах

Характер	Активіст	Модератор	Автор	Критик	Пустомеля	Читач
Кількість	5	3	2	9	14	67

Побудова правил класифікації учасників веб-форуму

На основі розроблених методів розрахунку характеристик учасників та визначених класів учасників Веб-форуму сформулюємо класифікаційні правила для кожного класу учасників Веб-спільноти. Приналежність учасників до одного з класів (Активіст, Модератор, Пустомеля, Автор, Критик, Читач) на основі його характеристик (Активність, Креативність, Атрактивність, Реактивність, Лояльність) представимо за допомогою табл. 4.

Таблиця 4

Класи учасників веб-спільнот

	Активіст	Модератор	Пустомеля	Автор	Критик	Читач
Активність	середня, висока	середня, висока	середня, висока	низька		низька
Креативність	середня, висока		низька	середня, висока	низька	низька
Атрактивність				висока	низька, середня	низька, середня
Реактивність	низька, середня	висока		низька	середня, висока	низька
Лояльність		середня, висока	низька			

1.	Якщо $Активність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Креативність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Реактивність(Учасник) \in \{ "низька", "середня" \}$ то Учасник – Активіст;
2.	Якщо $Активність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Реактивність(Учасник) = "висока"$ і $Лояльність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$, то Учасник – Модератор;
3.	Якщо $Активність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Креативність(Учасник) = "низька"$ і $Лояльність(Учасник) = "низька"$, то Учасник – Пустомеля;
4.	Якщо $Активність(Учасник) = "низька"$ і $Креативність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Атрактивність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Реактивність(Учасник) = "низька"$, то Учасник – Автор;
5.	Якщо $Креативність(Учасник) = "низька"$ і $Реактивність(Учасник) \in \{ "середня", "висока" \}$ і $Атрактивність(Учасник) = "висока"$ і $Лояльність(Учасник) = "низька"$, то Учасник – Критик;
6.	Якщо $Активність(Учасник) = "низька"$ і $Креативність(Учасник) = "низька"$ і $Атрактивність(Учасник) \in \{ "низька", "середня" \}$ і $Реактивність(Учасник) = "низька"$, то Учасник – Читач;

Визначення корисності учасника для спільноти

Корисність учасника для віртуальної спільноти – комплексний показник, який розраховується на основі його характеристик: активності, атрактивності, креативності, реактивності та лояльності. Корисність учасника ME:

$$ME = C_1 \times Activeness + C_2 \times Attractiveness + C_3 \times Creativeness + C_4 \times Reactiveness + C_5 \times Loyalty, \quad (15)$$

де C_1, C_2, \dots, C_5 – вагові коефіцієнти кожної характеристики, які визначаються з урахуванням сценарію розвитку форуму, $\sum_i C_i = 1, C_i \geq 0$. Як наслідок, $ME \in [0,1]$.

Корисність учасника дає змогу адміністратору оцінити важливість учасника для спільноти і враховувати цей показник при застосуванні санкцій.

Аналіз динаміки ефективності «Український форум лікарів»

Віртуальна спільнота «Український форум лікарів» (<http://surgeryzone.net/ukr/>) є вузькоспеціалізованою, тобто для комунікація користувачів на медичну тематику. Аналіз її ефективності проводився,

починаючи з 2013 року до 2019 року. З отриманих результатів видно, що «Український форум лікарів» має високий рівень інформаційної забезпеченості. При створенні спільноти власниками був обраний «Активний» сценарій розвитку. Серед інших важливих фактів слід зазначити, що від початку спільнота була позиціонована як вийнятово україномовна. Цей фактор ускладнив завдання підвищення показників ефективності спільноти шляхом збільшення кількості учасників. Динаміку усіх показників ефективності, розрахованих за роками наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Показники ефективності «Український форум лікарів»

Складова ефективності/роки	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Цитованість	13	21	58	111	164	223	254
Відвідуваність	4400	7500	10500	14000	19600	21400	26400
Якість структури ІН	5	6	6	6	7	7	8
Кількість учасників	124	392	534	760	985	1005	1077
Кількість учасників з повною інформ.	24	55	77	113	149	181	214
Швидкість приросту учасників	24	35	35	45	40	42	47
Розмір ІН	1008	2822	4951	7405	10077	13000	25993
Швидкість приросту ІН	84	151	177	204	222	243	271
Затрати на модерування (люд.*год./доба)	0,5	0,5	0,7	1	1	1,2	1,5
Число конфліктів	21	27	31	42	46	52	55
Ефективність	229	378	477	552	772	891	1105

Відповідно до класифікації конфліктів на «Український форум лікарів» за час його існування не було зафіксовано жодного складного конфлікту, 12 середніх і 154 малих, які з урахуванням їхньої ваги розподілилися в часі. Відвідуваність, для зменшення впливу факторів сезонності, визначалася як середньомісячна протягом року. Проведені розрахунки ефективності «Український форум лікарів» показали, що спільнота є ефективною і показує позитивну динаміку росту ефективності (рис. 4).

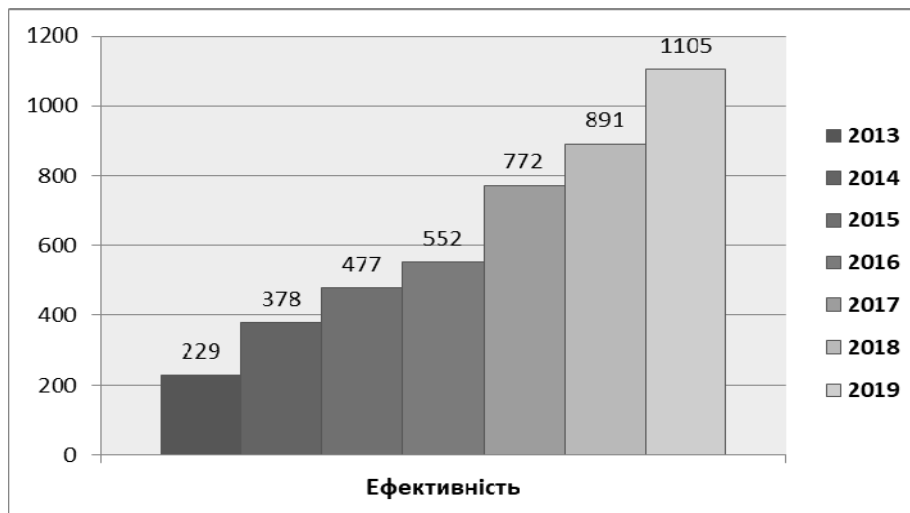


Рис. 4 – Динаміка ефективності «Український форум лікарів»

Це відбувається в першу чергу за рахунок покращення якості структури ІН, високій цитованості, зменшенню затрат на модерування форуму та зменшенню кількості конфліктів у спільноті, що підтверджує ефективність запропонованих методів підвищення ефективності веб-спільнот.

Висновки. Вирішено важливу наукову задачу розробки методів побудови спільнот на з використанням розроблених авторами теоретичних засад та програмного комплексу, що забезпечує ефективне функціонування спільноти на тривалу перспективу. Побудовано систему числових показників та сценаріїв розвитку веб-спільнот шляхом системного аналізу стану комунікаційних середовищ і тенденцій їхнього розвитку, що дало змогу побудувати єдиний показник ефективності для задачі підвищення ефективності спільноти на базі веб-форумів. Удосконалено методи керування веб-спільнотою шляхом автоматизації відстеження, фільтрації та видалення небажаного ІН, що дало змогу зменшити затрати на модерування веб-форуму. Представлено динаміку ефективності віртуальної спільноти «Український форум лікарів».

Література:

1. R. Korzh, A. Peleshchyshyn, Yu. Syerov, and S. Fedushko, University's Information Image as a Result of University Web Communities' Activities. *Advances in Intelligent Systems and Computing: Selected Papers from the International Conference on Computer Science and Information Technologies*. Springer, Vol. 512, p. 115 – 127, 2017.

2. Korobiichuk, S. Fedushko, A. Juś, Y. Syerov, «Methods of Determining Information Support of Web Community User Personal Data Verification System. Automation 2017. ICA 2017», Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 550, p. 144 – 150, 2017.

3. Yu. Syerov, S. Fedushko, and Z. Loboda, «Determination of Development Scenarios of the Educational Web Forum», Proc. of the XIth International Scientific and Technical Conference (CSIT 2016), p. 73 – 76, 2016.

4. S. Fedushko, H. Biluschak, and Yu. Syerov, «Statistical Methods of Virtual Community Users Age Verification», International Journal of Mathematics and Computational Science, Vol. 1, No. 3, p. 174 – 182, 2015.

5. Yu. Syerov, O. Trach, and S. Fedushko, «Effect of Implementation of improved Methods of the Life Cycle Stages Organisation to the Online Community Management», International Journal of Computational Research and Development, Vol. 1, Issue 1, p. 1 – 5, 2016.

Глава 2

ПРОГРАМУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1. Способи спрощення задачі нелінійного програмування на основі класифікації обмежень

Вступ та постановка задачі. У загальному випадку задачі нелінійного програмування (ЗНП) є неопуклими, такими задачами, що важко розв'язуються, оскільки відбувається експоненціальне зростання складності обчислень від розмірності і рівня похибки. Проте опуклі ЗНП – задачі, що можуть бути легко вирішені існуючими методами, що сходяться зі швидкістю геометричної прогресії: наприклад, метод центрів тяжіння, в окремому випадку метод еліпсоїдів. Також важливою проблемою ЗНП є те, що вони можуть містити велику кількість обмежень. В процесі розв'язання ЗНП може виявитися, що частину з цих обмежень можна було б відкинути, що значно спостило б початкову постановку ЗНП, тим самим, зменшивши її обчислювальну складність.

Існуючими методами можливо звести неопуклі ЗНП до опуклих ЗНП. В [4] представлений спосіб зменшення обчислювальної складності ЗНП, що використовує багатокритеріальну оптимізацію. Розмірність ЗНП зменшується завдяки використанню багатокритеріальної моделі, де скалярний критерій побудований на основі нелінійної схеми компромісів (НСК) Вороніна, уведеної в [1]. У випадку опуклості частинних критеріїв скалярний критерій на основі НСК зводить ЗНП до опуклої ЗНП. Тому представлення ЗНП великої розмірності більш складною багатокритеріальною задачею виправдане зниженням обчислювальної складності задач ЗНП і зменшення її розмірності.

Особливе місце серед скалярних функцій частинних критеріїв займає НСК або згортка А.Н. Вороніна [1]. Вона являє собою скалярну функцію особливого вигляду, у якій згортаються частинні критерії, і в багатокритеріальній оптимізації відіграє таку саму роль, що і цільова функція в ЗНП. Переваги використання НСК полягають у тому, що, по-перше, така модель ЗНП, є досить простою по обчислювальних витратах і при цьому дозволяє одержати розв'язання з множині Парето з урахуванням обмежень за принципом «якомога далі від обмежень». По-друге, НСК у якості цільової функції отриманої ЗНП при опуклості частинних критеріїв, побудованих на основі обмежень і цільової функції початкової ЗНП має властивість унімодалності. Таким чином, початкова ЗНП стає однокстремальною.

Також НСК має властивість безупинної адаптації до різних ситуацій, у яких потрібно прийняти багатокритеріальний розв'язок. Тому необхідно дослідити всі можливості спрощення ЗНП на основі отриманих результатів в [2, 4].

Мета даної роботи – розробити різні способи спрощення задачі нелінійного програмування на основі нелінійної схеми компромісів (НСК) Вороніна.

Основна частина. Розглянемо різні скалярні згортки частинних критеріїв і проаналізуємо їх можливості в спрощенні ЗНП. Приділимо увагу механізму взаємній компенсації конфліктних частинних критеріїв, яка відбувається між ними в процесі оптимізації скалярної згортки. Частинні критерії в багатокритеріальній постановці ЗНП – це компоненти початкової ЗНП: її цільова функція і система обмежень.

В загальному випадку функція корисності особи, що приймає рішення (ОПР) може бути представлена як $\Phi[i(y), r]$, де $y = \{y_i\}_{i=1}^n \in Y$ – вектор можливих рішень, $i = \{i_k\}_{k=1}^s \in \Omega$ – вектор частинних критеріїв, що визначаються в припустимій області $\Omega = \{i \mid 0 \leq i_k(y) \leq A_k, k \in [1, s]\}$, $A_k = \sup_{y \in \Gamma_y} i_k(y)$, $k = \overline{1, s}$, $r \in R$

– вектор зовнішніх умов, що визначається на множині можливих факторів R . Проблема полягає в коректній апроксимації функції корисності та побудови адекватної даній ситуації змістовної математичної моделі (скалярної згортки) для розв'язання різноманітних багатокритеріальних задач.

Зазвичай при розв'язанні багатокритеріальних задач припускають, що вектор r фіксований та заданий: $r=r_0$. Тоді функція корисності ОПР може бути представлена скалярною згорткою критеріїв:

$$\Phi[i(y), r]_{r=r_0} = I[i(y)]^0, \quad (1)$$

де $I[i(y)]^0$ – скалярна згортка, побудована по схемі компромісів, адекватній заданій ситуації.

Скалярна згортка $I[i(y)]^0$ застосовується, якщо вектор критеріїв $i(y)$ пронормований вектором обмежень A_k . Компоненти вектора $i(y)$ повинні бути піддані нормалізації, оскільки розв'язок задачі визначається на множині ефективних точок (області Парето) тільки за умови приведення всіх частинних критеріїв до єдиної розмірності або безрозмірної форми. У [1] представлений об'єктивний спосіб нормалізації, у результаті якого не порушується

рівноправність жодного з частинних критеріїв, і який не залежить від масштабу. Нормалізований вектор ефективності: $i_{0k} = i_k(y)/A_k$.

Скалярна згортка або функція частинних критеріїв $I[i_0(y)]$ в задачі оптимізації має зміст цільової функції. В результаті її екстремізації отримують компромісно-оптимальний вектор аргументів y^* . Нижче розглянемо задачу оптимізації, в якій всі критерії $i_0(y)$ мінімізуються. Тоді математично задача векторної оптимізації набуде вигляду:

$$y^* = \arg \min_{y \in Y} I[i_0(y)]. \quad (2)$$

В [1] введене поняття напруженості ситуації, як міри близькості відносних частинних критеріїв якості до свого граничного значення (одиниці):

$$\zeta_k = 1 - y_{0k}, \zeta_k \in [0,1]. \quad (3)$$

Якщо багатокритеріальний розв'язок приймається в напруженій ситуації, то це значить, що в заданих умовах один або кілька частинних критеріїв у результаті розв'язання можуть виявитися в небезпечній близькості до своїх граничних розв'язків ($\zeta_k \approx 0$). Ця подія не компенсується можливим малим рівнем інших критеріїв якості. У цій ситуації необхідно всіляко перешкоджати небезпечному зростанню найбільш напруженого (тобто найбільш близького до своєї межі) частинного критерію, не звертаючи увагу на поведінку інших в даний момент. Отже, адекватним виразом схеми компромісів у випадку напруженої ситуації є мінімаксна модель:

$$y^* = \arg \min_{y \in Y} \max_{k \in [1,k]} i_{0k}(y). \quad (4)$$

Ця схема (чебишевська модель) змушує мінімізувати гірший (найбільший) з відносних критеріїв якості, зводячи його до рівня інших, коли відбувається вирівнювання всіх частинних критеріїв.

У менш напружених ситуаціях необхідно досягати одночасного використання й інших критеріїв, враховуючи суперечливу єдність всіх інтересів і конфліктуючих цілей системи. Зі зменшенням напруженості ситуації переваги окремих критеріїв вирівнюються. У проміжних випадках необхідно вибирати схеми компромісів, які дають різні ступені часткового вирівнювання частинних критеріїв.

В другому, полярному випадку ($\zeta_k \approx 1$), ситуація спокійна, частинні критерії малі і не виникає ніякої загрози порушення обмежень. Можна вважати, що одиниця погіршення одного з частинних критеріїв компенсується рівнозначною

одиницею поліпшення будь-якого з інших. Цьому випадкові відповідає економічна схема компромісів, яка забезпечує мінімальні для заданих умов сумарні втрати за частинними критеріями. Така схема виражається моделлю інтегральної оптимальності:

$$y^* = \arg \min_{y \in Y} \sum_{k=1}^s \alpha_k i_{ok}(y). \quad (5)$$

Модель інтегральної оптимальності (5) забезпечує мінімальний сумарний рівень частинних критеріїв. Загальним недоліком цієї схеми є можливість різкої диференціації рівня окремих критеріїв, тому розв'язання на основі (5) за допомогою комп'ютерних програм, як безумовної задачі оптимізації, дає неприйнятні результати за межами допустимої області розв'язку задачі. Тому необхідно вводити додаткові обмеження на частинні критерії $y_k(x)$ для компенсації цієї диференціації.

На практиці часто зустрічається ситуація, коли в процесі оптимізації вектора ефективності $I[i(y)]$ частинні критерії $i(y)$ оптимізуються нерівномірно, причому один частинний критерій може змінюватися повільно, у той час, як інші – дуже швидко. У такому випадку отриманий розв'язок може виявитися нестійким і неоптимальним, тобто буде лежати поза областю Парето. Тому ОПР обирає між моделлю інтегральної оптимальності в спокійних ситуаціях і мінімаксною моделлю в напружених ситуаціях. В проміжкових випадках ОПР вибирає схеми компромісів, що призводять до різних степенів врахування окремих критеріїв відповідно до своїх індивідуальних переваг, але з врахуванням заданої ситуації.

Для спрощення вибору між скалярними згортками $I(i_0)$, що реалізують різну напруженість ζ_k (або різні принципи оптимальності) навіть в межах одної розв'язуваної багатокритеріальної задачі, але з іншими початковими умовами, варто використовувати деяку одну скалярну згортку частинних критеріїв.

Отже, універсальна згортка повинна бути виразом адаптаційної схеми компромісів, що є головною змістовною сутністю дослідження багатокритеріальних систем. Скалярна згортка в явному вигляді повинна також вміщувати характеристики напруженості ситуації ζ .

Для формалізації вибору схеми компромісів в [1] запропонована концепція НСК. З можливих функцій, що задовольняють перерахованим вимогам, розглянута найпростіша:

$$I(\alpha, i_0) = \sum_{k=1}^s \alpha_k [1 - i_{ok}(y)]^{-1}, \alpha_k \geq 0, \sum_{k=1}^s \alpha_k = 1, \quad (6)$$

де $a_k = \text{const}$ – формальні параметри, які мають подвійну інтерпретацію. З одного боку – це коефіцієнти, які виражають пріоритет критеріїв. З іншого боку – коефіцієнти регресії змістовної регресивної моделі, побудованої на основі концепції нелінійної схеми компромісів.

Нелінійна схема компромісів (6) враховує як поведінку моделі інтегральної оптимальності (5) у спокійних ситуаціях, так і мінімаксної моделі (4) у напружених. Вона, в явному вигляді, залежна від характеристик напруженості ситуації (3):

$$y^* = \arg \min_{y \in Y} \sum_{k=1}^s \alpha_k [1 - i_{0k}(y)]^{-1}. \quad (7)$$

З виразу (7) видно, що якщо який-небудь з відносних частинних критеріїв, наприклад $i_{0k}(y)$, почне близько наближатися до своєї межі (одиниці), тобто ситуація стане напруженою, то відповідний член $I_k = 1 / \alpha_k [1 - i_{0k}(y)]$ у сумі, яку мінімізуємо, зросте настільки, що проблема мінімізації всієї суми зведеться до мінімізації тільки даного найгіршого члена, тобто, в остаточному результаті, критерію $i_{0k}(y)$. Це еквівалентно дії мінімаксної моделі (4). Якщо ж відносні частинні критерії далекі від одиниці, тобто ситуація спокійна, то модель (7) діє еквівалентно моделі інтегральної оптимальності (5). У проміжних ситуаціях виходять різні степені часткового вирівнювання критеріїв. Для унеможливлення ділення на нуль в напружених ситуаціях при оптимізації по формулі (7) використовують умову: якщо $i_{0k}(y) \geq 0,95$, то приймають $i_{0k}(y) = 0,95$. Отже, НСК (6) адаптується до різних ситуацій в процесі багатокритеріального рішення. Тут адаптація здійснюється неперервно, в той же час як традиційний вибір схеми компромісів відбувається дискретно і в результаті до суб'єктивних помилок додаються помилки, пов'язані з квантуванням схем компромісів.

В [1] показано, що коли $i_0(y)$, $i = \overline{1, m}$ – неперервні і строго опуклі на паралелепіпеді $\Pi_y = \{y \in E^n \mid a_i \leq y_i \leq b_i, i = \overline{1, n}\}$ функції, то скалярна

згортка за НСК $\Phi(y) = \sum_{k=1}^s \alpha_k (1 - i_{0k}(y))^{-1}$, $y \in \Gamma_y$, при нормованих частинних

критеріях має єдиний мінімум на паралелепіпеді Π_x , тобто функція $\Phi(y)$ є унімодальною. Отже, для частинних критеріїв підбираються строго опуклі функції, щоб задача оптимізації за схемою (7) мала єдиний розв'язок.

Переваги НСК полягають у тому, що, по-перше, її використання є досить простою по обчислювальних витратах і при цьому дозволяє одержати розв'язок з множині Парето з урахуванням обмежень за принципом «якомога далі від обмежень». По-друге, скалярна згортка (6) при опуклості частинних критеріїв має властивість унімодальності (тобто задача стає однокстремальною). Також НСК має властивість безупинної адаптації до різних ситуацій, у яких потрібно прийняти багатокритеріальний розв'язок. У напружених ситуаціях (коли один або декілька частинних критеріїв знаходяться в небезпечній близькості від обмежень) вона діє еквівалентно мінімаксовій моделі, у досить спокійних ситуаціях згортка в (6) діє еквівалентно моделі інтегральної оптимальності (тобто економічній схемі компромісів). У проміжку між обома полюсами нелінійна згортка дає різні ступені вирівнювання частинних критеріїв. При цьому застосування нелінійної схеми компромісів дозволяє підвищити точність розв'язання завдяки безперервності адаптації.

Постановка ЗНП. Нехай R^n – n-мірний простір векторів $y=(y_1, y_2, \dots, y_n), g(y)$ і $\varphi(y)$ – задані вектори-функції, визначені на R^n :

$$\begin{aligned} y &= (y_1, y_2, \dots, y_n), \\ g(y) &= \{g_1(y), g_2(y), \dots, g_m(y)\} = 0 \text{ – обмеження у формі рівностей,} \\ \varphi(y) &= \{\varphi_1(y), \varphi_2(y), \dots, \varphi_r(y)\} \geq 0 \text{ – обмеження у формі нерівностей,} \end{aligned} \quad (8)$$

де $g_i(y)$ і $\varphi_i(y)$ – скалярні функції.

Позначимо через G множину векторів у просторі R^n , для яких $g(y)=0$ і $\varphi(y) \geq 0$, тобто:

$$G \equiv \{y; g(y)=0; \varphi(y) \geq 0\}.$$

Нехай $F(y)$ – задана скалярна функція. ЗНП полягає у знаходженні вектора \tilde{y} на R^n , мінімізуючого функцію $F(y)$ на множині G , тобто такого, що:

$$F(\tilde{y}) = \min_{y \in G} F(y). \quad (9)$$

Функція $F(y)$ називається цільовою функцією задачі (8).

Якщо в ЗНП функції $F(y)$, $g(y)$ і $\varphi(y)$ – лінійні, то вона називається задачею лінійного програмування (ЗЛП).

Усунення багатокстремальності ЗНП.

Наведемо багатокритеріальну модель ЗНП, оскільки нас цікавить кожний компонент ЗНП: і цільова функція, і система обмежень у якості частинних критеріїв, притаманних багатокритеріальним задачам. Щоб подолати

багатоекстремальність або «ефект лабіринту» ЗНП, необхідно використати НСК, яка зводить ЗНП до опуклої ЗНП (в разі опуклості частинних критеріїв). Спрощену модель ЗНП можна вирішувати відомими методами.

В роботі [4] автором була представлена багатокритеріальна модель ЗНП, проте є можливість спростити представлену там постановку цієї моделі, що і буде показано нижче.

Нехай задана множина можливих розв'язків Y , яка складається з векторів $y = \{y_i\}_{i=1}^n$ n -мірного евклідового простору. Якість розв'язку оцінюється по сукупності суперечливих частинних критеріїв, що утворюють s -мірний вектор $I(y) = \{I_k(y)\}_{k=1}^s \subset F$, який визначений на множині Y , і який належить класові F допустимих векторів ефективності. Вектор частинних критеріїв обмежений допустимою областю: $I \in M$.

Для обмежень, що утворюють допустиму область M у формі рівностей $g(y)=0$, складемо частинні критерії суми квадратів нев'язок:

$$I_{\text{рівн}_i} = g_i^2(y) \leq m\varepsilon_1^2, i = \overline{1, m}. \quad (10)$$

Для обмежень у формі нерівностей $\varphi(y) \geq 0$ перетворимо обмеження у вигляді нерівностей у рівності за допомогою введення нової змінної v_i , що має розмірність r :

$$\varphi_i(y) - v_i^2 = 0. \quad (11)$$

Такий підхід використовується для методу множників Лагранжа, при перетворенні умовної задачі оптимізації в безумовну. Для методу множників Лагранжа це перетворення запишемо як:

$$I(y, \lambda, v) = F(x) + \sum_{i=1}^r \lambda_i [\varphi_i(y) - v_i^2] + \sum_{j=r+1}^{r+m} \lambda_j g_j(y); j = \overline{1, r+m}; i = \overline{1, n}, \quad (12)$$

де задача мінімізації зведеться до розв'язання системи нелінійних рівнянь (СНР) розмірності $2r+m+n$ рівнянь:

$$\frac{\partial I(y)}{\partial \lambda_j} = 0; \frac{\partial I(y)}{\partial y_i} = 0; \frac{\partial I(y)}{\partial v_l} = 0, j = \overline{1, r+m}, i = \overline{1, n}, l = \overline{1, r}. \quad (13)$$

Для обмежень у формі нерівностей $\varphi(y) \geq 0$ складемо частинні критерії суми квадратів нев'язок:

$$I_{\text{нерівн}_l} = [\varphi_l(y) - v_l^2]^2 \leq \varepsilon_2^2, l = \overline{1, r}. \quad (14)$$

Отже, набір частинних критеріїв багатокритеріальної задачі для ЗНП (8) запишеться в такий спосіб:

$$\begin{cases} \min I_1 = F(y); 0 \leq I_1 \leq I_{1\max}; \text{при } g_i(y) = 0, i = \overline{1, m} \\ \min I_{\text{рівн}_i} = g_i^2(y), 0 \leq I_{\text{рівн}_i} \leq I_{\text{рівн}_{i\max}}; I_{\text{рівн}_{i\max}} = \varepsilon_i; \\ \text{при } \varphi_l(y) \geq 0, l = \overline{1, r}, \min I_{\text{нерівн}_l} = [\varphi_l(y) - v_l]^2 \\ 0 \leq I_{\text{нерівн}_l} \leq I_{\text{нерівн}_{l\max}}, I_{\text{нерівн}_{l\max}} = \varepsilon_l. \end{cases} \quad (15)$$

$$I^* = \sum_{j=1}^{m+r+1} \frac{1}{\left(1 - \frac{I_j}{I_{j\max}}\right)^2}.$$

Для векторного критерію I , компонентами якого є частинні критерії, кількість змінних: $r+m+n$, n – розмірність змінних y_1, y_2, \dots, y_n ; m – кількість обмежень вигляду рівностей; r – кількість обмежень вигляду нерівностей.

Багатокритеріальна задача (15) зводиться до розв'язання однієї задачі оптимізації за НСК:

$$y^* = \arg \min I^* \quad (16)$$

при обмеженнях з (6).

Необхідні умови мінімуму скалярного критерію I^* дають систему кінцевих рівнянь низької розмірності:

$$\frac{\partial I^*}{\partial y_i} = 0, i = \overline{1, n}, \quad (17)$$

яка зводиться, наприклад, з використанням методу Ньютон до СЛАР.

У роботі [4] показано, що багатокритеріальна модель (16) забезпечує вибір точки розв'язку на множині рішень, оптимальних по Парето, з урахуванням заданих обмежень на припустиму область зміни векторного критерію, якщо множина Парето належить цієї області. Тому для розв'язання багатокритеріальних задач, у яких задані обмеження з формули (15) на компоненти векторного критерію, варто рекомендувати модель (16).

Вкажемо недоліки НСК (16), яка складається з частинних критеріїв (15):

- громіздкість рівнянь при великій розмірності;
- якщо розв'язок знаходиться на обмеженні, то він буде знайдений з похибкою, хоча і меншою за її граничне значення. За допомогою формули (16)

неможливо досягнути принципово точного розв'язку, інакше знаменники доданків будуть обертатися в нуль.

- наблизений розв'язок скалярного критерію.

Переваги НСК:

- Система нелінійних рівнянь для НСК має розмірність $r+m+n$ рівнянь, у той час як для методу невизначених множників Лагранжу – $2r+m+n$.
- Унімодальність згорнутого критерію. Нелінійна схема компромісів при опуклих частинних критеріях гарантує один дійсний корінь у межах обмежень.
- Нелінійна схема компромісів зводить задачу (9) з обмеженнями (6) до опуклої ЗНП, якщо частинні критерії – опуклі.

Після застосування формули (16) ЗНП (9) можна розв'язувати також як і безумовну задачу оптимізації, але знайти всі розв'язки \tilde{y} , при яких $F(\tilde{y}) = \min_{y \in G} F(y)$ і вибрати з них тільки той розв'язок, який задовольняє обмеженням на частинні критерії. Загальні методи безумовної оптимізації, реалізовані програмно, в даному випадку неприйнятні, тому що знаходять локальні мінімуми поза обмеженнями, тому краще користуватися загальними методами і програмами розв'язку ЗНП.

Сортування обмежень ЗНП за значущістю за допомогою багатокритеріальної постановки ЗНП.

Використаємо переваги НСК в багатокритеріальній оптимізації для гнучкої адаптації до напруженості критеріїв при спрощенні ЗНП.

В роботі [2] запропонована методика, в якій використовується НСК для гнучкої адаптації у відповідності до напруженості критеріїв, тобто коли $I_i \rightarrow I_{im}$. Ця методика дозволяє виявити конфліктні критерії, відсортувати критерії за ступенем конфліктності і в подальшому використовувати тільки конфліктні критерії. Неконфліктні критерії можна не враховувати як такі, що не впливають на результати розв'язку. Тому такий підхід можна використати також для додаткового спрощення початкової задачі (9) з обмеженнями (6). По аналогії з розглянутими в [2] багатокритеріальними задачами можна стверджувати, що НСК може слугувати для класифікації обмежень (6) за ступенем конфліктності. Неконфліктні обмеження не враховуються в подальшому розв'язку задачі (9).

Нехай, наперед відомо, що серед критеріїв, тобто обмежень ЗНП $I_k(y)$ є напружені $I_n(y)$, але невідомо, які саме. Це впливає через нерівномірність зміни кожного частинного критерію в процесі оптимізації. Чим швидше змінюється критерій, тим більший ризик його наближення до свого граничного значення. Тоді схема (7) у цій ситуації реалізує дію Чебишевського (мінімаксного) оператора по

цьому частинному критерію (або критеріях). Інші (або спокійні) критерії u_c при оптимізації будуть ігноруватися, хоча це не говорить про те, що вони не важливі для ОПР, який включив їх у вектор $i(y)$. Через присутність напружених критеріїв, розв'язок виходить нестійким і незбалансованим, через невиконання вимог по інших частинних критеріях, і тому є незадовільним. Тому, щоб збалансувати процес оптимізації в задачі (7), необхідно вводити обмеження за спокійними критеріями. Якість розв'язку при цьому може бути значно поліпшеною, однак задача істотно ускладнюється, оскільки не враховується одна з головних переваг НСК (7) (за умови строгої опуклості $i(y)$) – відсутність обмежень, що вже закладені в її структурі в якості нормуючого вектора обмежень. Усі частинні критерії рівні між собою для схеми інтегральної оптимальності (5), як говорилося раніше, тільки в спокійній ситуації.

Виходячи з викладеного, можна запропонувати багатокритеріальну модель ЗНП на основі (15), (16), яка враховував би як наявність напружених частинних критеріїв і адаптацію до поточної ситуації за схемою (7), так і спокійних, враховуючих властивості схеми (5).

На першому етапі здійснюється оптимізація за НСК (7) для виявлення серед усіх частинних критеріїв напружених u_n і подальшого сортування їх по напруженості.

На другому етапі вирішується задача знаходження оптимального розв'язку y^* за допомогою формули:

$$y^* = \arg \min_{y \in Y} \left(\sum_{k=1}^{s_n} [1 - i_k(y)]^{-1} + \sum_{k=1}^{m+r-l-s_n} i_{ok}(y) \right), \quad (18)$$

де s_n – кількість напружених критеріїв.

Тут перша сума адаптується до напруженої ситуації, а друга – збільшує внесок у вектор $i(y)$ звичайних, «спокійних» критеріїв. Як видно, запропонована формула пов'язує у собі переваги як нелінійної схеми компромісів (7), так і схеми інтегральної оптимальності (5).

Необхідно використати наближений розв'язок, отриманий за допомогою НСК за формулами (16) або (18), як початкове наближення і вирішувати відомими методами спрощену задачу.

Таким чином, на основі результатів, отриманих в [2], для спрощення початкової ЗНП, її можна представити у вигляді скалярного критерію (18). При чисельній реалізації ЗНП за цією схемою не потрібно вводити додаткові обмеження за спокійними критеріями, які є немінучими при наявності напружених критеріїв, тобто задача оптимізації за запропонованою схемою є безумовною, що показали дослідження за допомогою моделювання.

Розв'язання спрощеної ЗНП як безумовної задачі багатокритеріальної оптимізації.

Після застосування НСК вже спрощену ЗНП з малою кількістю обмежень на частинні критерії на основі (16) в силу унімодального мінімуму скалярного критерію можна вирішувати як безумовну задачу оптимізації, але знайти всі мінімуми і вибрати один, що задовольняє обмеженням на частинні критерії. Загальні методи і програми безумовної оптимізації тут не працюють, тому що знаходять локальні мінімуми поза обмеженнями, тому краще користуватися загальними методами і програмами рішення ЗНП.

В даному випадку спрощення – зниження розмірності за допомогою відкидання обмежень, від яких наближене рішення знаходиться далеко.

Аналогічні труднощі виникають при чисельній реалізації безумовної оптимізації за допомогою стандартних програм, які можуть не працювати, оскільки вони шукають мінімум поза області визначення частинних критеріїв. Використовувати такі програми можна тільки для умовної оптимізації із зазначенням обмежень на частинні критерії. Тому безумовну оптимізацію ЗНП необхідно проводити класичним методом – методом множників Лагранжа: отримати систему кінцевих рівнянь, знайти частинні похідні, що є необхідною умовою оптимуму функцій декількох змінних і прирівняти до нуля). Знайти відомими чисельними методами розв'язок всередині обмежень на частинні критерії. Розв'язки поза обмежень відкинути.

Крім того, НСК вимагає визначення обмежень на саму цільову функцію, оскільки вона є рівноправним частинним критерієм, також як і критерії, сформовані з обмежень ЗНП. Потрібно знайти обмеження на компоненти вектора змінних $0 \leq I_i \leq I_{i\max}$, які визначаються з технічного завдання або з фізичних рамок існування рішень. Для цього необхідно вирішити або задачу визначення максимального значення цільової функції (без інших обмежень), або лінійні (лінійно-квадратичні) випадки обчислення цільової функції при максимальних значеннях компонент вектора змінних y_i (тільки в окремому випадку).

Наведемо основні особливості НСК. Багатокритеріальна модель ЗНП на основі НСК по суті – ЗНП: умовна оптимізація скалярного критерію ($\min I$) при обмеженнях на частинні критерії ($0 \leq I_i \leq I_{i\max}$). Допускається рішення ЗНП за допомогою НСК як безумовної задачі оптимізації у відкритій області $\frac{\partial I}{\partial y} = 0$.

Після визначення всіх локальних екстремумів, що є рішенням безумовної задачі оптимізації, необхідно відкинути всі корені за межами $0 \leq I_i(y) \leq I_{i\max}$ обмежень на частинні критерії. Отримані розв'язки перевірити на виконання умов $\phi_i(y) \leq 0$ і залишити тільки ті, які не виконуються. Вирішити спрощену задачу і знову

перевірити рішення для відкинутих обмежень, якщо ці обмеження не виконуються, то включити їх в систему обмежень $\varphi_i(y) \leq 0$ і т.д.

Алгоритм сортування обмежень ЗНП за значущістю за допомогою НСК.

Дана ЗНП, що складається з m обмежень:

$$I(y) = \min F(y), \quad \varphi_i(y) \leq c_i, \quad i = \overline{1, m}.$$

Алгоритм сортування обмежень ЗНП складається з етапів:

1. Розщепити на m ЗНП, де m – кількість обмежень-нерівностей:

$$\begin{aligned} i_1(y) &= \min F(y), \quad \varphi_1(y) \leq c_1; \\ i_m(y) &= \min F(y), \quad \varphi_m(y) \leq c_m; \end{aligned} \quad (19)$$

2. Вирішити за допомогою звичайних методів m ЗНП, що містять по одному обмеженню. Отримати розв'язки $\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m$.

3. Обчислити значення частинних критеріїв по отриманим розв'язкам $\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m$. Це дозволить виявити напружені і спокійні критерії або обмеження. НСК використовується як класифікатор обмежень і частинних критеріїв для кожної з m ЗНП з п. (1):

$$\begin{aligned} I_1 &= 1 / (1 - F(\tilde{y}_1) / F_{\max}); \\ I_2 &= 1 / (1 - \varphi_1(\tilde{y}_1) / \varphi_{1\max}); \\ &\dots \\ I_{m+1} &= 1 / (1 - \varphi_m(\tilde{y}_m) / \varphi_{m\max}). \end{aligned}$$

4. Відібрати групу конфліктних обмежень типу нерівностей по відношенню до цільової функції, що представлена I_1 . Ці нерівності увійдуть в нову спрощену ЗНП.

5. Відкинути спокійні критерії або обмеження і вирішити методом Лагранжа ЗНП тільки з напруженими або значущими критеріями.

6. За потребою розв'язати спрощену ЗНП за допомогою багатокритеріальної моделі на основі НСК.

На простому прикладі покажемо алгоритм, на основі якого ЗНП спрощується класифікатором обмежень на основі НСК.

Приклад 1. Знайти мінімум цільової функції $F(y)$ при обмеженнях $\varphi(y)$:

$$\begin{aligned} \min F(y) &= y_1^2 + y_2^2; \quad \varphi_1(y) = (y_1 - 2)^2 + (y_2 - 2)^2 \leq 2; \\ \varphi_2(y) &= -y_1 - 2y_2 \leq -4; \quad \varphi_3(y) = y_1 - 2y_2 \leq -1 \end{aligned} \quad (20)$$

Дана задача має два невідомих, три обмеження і тому легко розв'язується за допомогою методу невизначених множників Лагранжа. Знайдений цим

методом розв'язок $\tilde{y}=(0,8; 1,6)$. Однак у загальному випадку (наприклад, при великій розмірності) застосування НСК може виявитися необхідним з висловлених раніше міркувань.

Знаходимо F_{\max} , $\varphi_{1-3\max}$. Необхідно знайти F_{\max} у заданих межах зміни її аргументів, відкидаючи всю систему обмежень типу рівностей і нерівностей. З нерівності $(y_1-2)^2+(y_2-2)^2\leq 2$ можна визначити область припустимих значень (ОПЗ) аргументів $0\leq y_1\leq 3$, $0\leq y_2\leq 3$. У загальному випадку ОПЗ аргументів визначається з технічного завдання реальних ЗНП.

Нехай нерівності φ_{1-3} будуть обчислюватися з заданою похибкою, оскільки $\varphi_{1-3\max}\neq 0$, бо знаходиться в знаменнику виразу (20). Отже, ЗНП (20) має вигляд:

$$\begin{aligned} F(y) &= y_1^2 + y_2^2; F_{\max}=9; \quad \varphi_1(y) = (y_1-2)^2+(y_2-2)^2-2; \varphi_{1\max} = 10^{-2}; \\ \varphi_2(y) &= -y_1-2y_2+4; \varphi_{2\max} = 10^{-2}; \quad \varphi_3(y) = y_1-2y_2+1; \varphi_{3\max} = 10^{-2}. \end{aligned} \quad (21)$$

Знаходимо наближений розв'язок задачі (21). Наприклад, замість вже отриманих точних значень $\tilde{y}=(0,8; 1,6)$ методом невизначених множників Лагранжа, за допомогою оптимізаційних програм в середовищі Mathcad можна одержати $\tilde{y}=(0,799993259; 1,60000337)$.

Якщо важлива точність, то отриманий розв'язок можна взяти як початкове наближення й уточнити відомими методами. Зазначимо, що оптимізаційні програми для розв'язання ЗНП, як правило, самі одержують наближений розв'язок \tilde{y} . Сформуємо з усіх компонент ЗНП (20) частинні критерії для НСК, і обчислимо їх значення згідно отриманого розв'язку $\tilde{y}=(0,8; 1,6)$:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{1}{\left(1 - \frac{F(\tilde{y})}{F_{\max}}\right)^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\tilde{y}_1^2 + \tilde{y}_2^2}{F_{\max}}\right)^2} = 6,429; \quad I_2 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\varphi_1(\tilde{y})}{\varphi_{1\max}}\right)} = \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{(y_1-2)^2 + (y_2-2)^2 - 2}{10^{-2}}\right)^2} = 81,857; \quad I_3 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\varphi_2(\tilde{y})}{\varphi_{2\max}}\right)} = \quad (22) \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{-y_1 - 2y_2 + 4}{10^{-2}}\right)^2} = -499,75; \quad I_4 = \frac{1}{\left(1 - \frac{\varphi_3(\tilde{y})}{\varphi_{3\max}}\right)} = \\ &= \frac{1}{1 - \left(\frac{y_1 - 2y_2 + 1}{10^{-2}}\right)^2} = -7,523 \times 10^{-5}. \end{aligned}$$

ЗНП (20) розбиваємо на три ЗНП, знаходимо для кожної задачі розв'язки \tilde{y}_1 - \tilde{y}_3 і згідно цих отриманих розв'язків значення критеріїв I_1 - I_4 для НСК, що містять в знаменниках напруженість:

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; (y_1-2)^2+(y_2-2)^2-2 \leq \varphi_{1\max}; \quad (23, \text{а})$$

$$\tilde{y}_1 = (0,997; 0,998); I_1 = 1,786; I_2 = -384,366.$$

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; y_1+2y_2-4 \leq \varphi_{2\max}. \quad (23, \text{б})$$

$$\tilde{y}_2 = (0,798; 1,596); I_1 = 1,04; I_3 = 2,346 \times 10^{13}.$$

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2;$$

$$y_1+2y_2-1 \leq \varphi_{3\max}, \tilde{y}_3 = (0; 0); I_1 = 1; I_4 = 1 \times 10^{-4}. \quad (23, \text{в})$$

Для ЗНП (23, а) $|I_2| \gg I_1$, отже, нерівність $\varphi_1(y)$ – «напружена», або конфліктна, її відкинути не можна. Це саме можна сказати за нерівність $\varphi_2(y)$ в (23, б), оскільки $|I_3| \gg I_1$, проте для нерівності $\varphi_3(y)$ в (23, в) вже $|I_4| \gg I_1$ «спокійна» і ніяк не впливає на результат розв'язку ЗНП (20).

Отже, ЗНП (20) спрощується до вигляду:

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; \varphi_1(y) = (y_1-2)^2+(y_2-2)^2 \leq 2; \quad (24)$$

$$\varphi_2(y) = -y_1-2y_2 \leq -4.$$

Змінимо умову-нерівність $\varphi_3(y) = y_1-y_2 \leq -1$ таким чином, щоб вона стала значущою в ЗНП (20).

Приклад 2. Знайти мінімум цільової функції $F(y)$ при обмеженнях $\varphi(y)$:

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; \varphi_1(y) = (y_1-2)^2+(y_2-2)^2 \leq 2; \quad (25)$$

$$\varphi_2(y) = -y_1-2y_2 \leq -4; \varphi_3(y) = y_1-y_2 \leq -1.$$

Знайдений методом невизначених множників Лагранжа розв'язок $\tilde{y} = (2; 1)$.

Сформуємо з усіх компонент ЗНП (25) частинні критерії для НСК, і обчислимо їх значення згідно отриманого розв'язку \tilde{y} :

$$I_1 = \frac{1}{1 - \left(\frac{y_1^2 + y_2^2}{F_{\max}} \right)^2} = 0,191; I_2 = \frac{1}{1 - \left(\frac{(y_1-2)^2 + (y_2-2)^2 - 2}{10^{-2}} \right)^2} = -1 \times 10^{-4};$$

$$I_3 = \frac{1}{1 - \left(\frac{-y_1 - 2y_2 + 4}{10^{-2}} \right)^2} = 1,01; I_4 = \frac{1}{1 - \left(\frac{-y_1 + y_2 + 1}{10^{-2}} \right)^2} = 1,01. \quad (26)$$

ЗНП (25) розбиваємо на три ЗНП, знаходимо для кожної задачі розв'язки \tilde{y}_1 - \tilde{y}_3 і згідно цих отриманих розв'язків значення критеріїв I_1 - I_4 для НСК. Для ЗНП з $\varphi_1(y)$, $\varphi_2(y)$ результат співпадає з (23,а), (23, б) відповідно, для ЗНП з $\varphi_3(y)$:

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; -y_1+y_2+1 \leq \varphi_{3\max}. \quad (27)$$

$$\tilde{y}_3 = (0,495; -0,495); I_1 = 1,064; I_4 = -5,629 \times 10^{14}.$$

Для ЗНП (25) $|I_{3,4}| \gg I_2$, отже, нерівність $\varphi_1(y)$ можна відкинути, бо ніяк не впливає на результат розв'язку ЗНП (25).

Отже, ЗНП (25) спрощується до вигляду:

$$\min F(y) = y_1^2 + y_2^2; \varphi_2(y) = -y_1 - 2y_2 \leq -4; \varphi_3(y) = y_1 - y_2 \leq -1.$$

Наведемо переваги алгоритму сортування обмежень ЗНП, що здійснюється на основі класифікатора НСК:

1. Обмеження ЗНП сортуються за ступенем конфліктності з їх поділом на напружені і спокійні.

2. Початкова ЗНП спрощується, бо містить тільки обмеження, що конфліктують з цільовою функцією, що і показано в наведених прикладах.

Висновки

В роботі наведені різні способи спрощення задачі нелінійного програмування. В цих задачах серед множини обмежень на допустиму область розв'язків можуть бути суттєві і несуттєві обмеження, які можна відкинути, що призведе до спрощення початкової постановки ЗНП. Компоненти початкової ЗНП, тобто її цільова функція і система обмежень розглядаються як частинні критерії в багатокритеріальній постановці ЗНП. Розглянуті різні скалярні згортки частинних критеріїв і проаналізовані їх можливості в спрощенні ЗНП. Приділено увагу механізму взаємній компенсації конфліктних частинних критеріїв, яка відбувається між ними в процесі оптимізації скалярної згортки.

Використання скалярної згортки у вигляді нелінійної схеми компромісів у якості класифікатора обмежень дозволяє звести розв'язування складної задачі нелінійного програмування до простішої, тим самим зменшивши обчислювальну складність. В цьому способі спрощення використання скалярної згортки у вигляді нелінійної схеми компромісів – це не спосіб розв'язання ЗНП, а спосіб спрощення ЗНП великої розмірності в ЗНП малої розмірності, яка вирішується відомими методами. В даному випадку

спрощення – зниження розмірності за допомогою відкидання обмежень, від яких наближений розв’язок знаходиться далеко.

Була додатково спрощена вже існуюча багатокритеріальна модель ЗНП. Представлення ЗНП великої розмірності більш складною багатокритеріальною задачею виправдане зниженням обчислювальної складності задач ЗНП. Здійснюється редукція ЗНП великої розмірності в ЗНП меншої розмірності, яку можна розв’язувати звичайними оптимізаційними методами. На відміну від інших скалярних критеріїв, нелінійна схема компромісів дозволяє знайти неополіпшуваний або оптимальний по Парето розв’язок, а у випадку опуклих частинних критеріїв – унімодальний (єдиний) розв’язок. Складна задача представляється простішою моделлю, вираженою системою рівнянь невеликої розмірності.

Література:

1. А. Н. Воронин, Ю. К. Зиатдинов, О. И. Козлов, и В. С. Чабанюк, Векторная оптимизация динамических систем: под ред. А. Н. Воронина, Київ, Україна: Техніка, 1999.

2. А. А. Засядько, «Два этапа методики гибкой адаптации в задачах многокритериальной оптимизации», Вісник ЧДТУ, № 2, с.14 – 17, 2002.

3. А. А. Засядько, «Решение задачи восстановления параметров объектов информационного обеспечения автоматизированных систем управления», Системи обробки інформації: Збірник наукових праць, Вип. 4 (141), с. 35 – 40, 2016.

4. А. А. Засядько, «Зниження обчислювальної складності в задачі нелінійного програмування великої розмірності», Вісник УБС, №2(17), с. 158 – 162, 2016.

5. D. H. Chung, «Optimal systems with multiple cost functionals, SIAM J. Control», Vol. 5, Issue 3, p. 345 – 350, 1967.

2.2. Сжатие изображений на основе методов выделения и кодирования областей

Введение и постановка задачи. Характерной особенностью изображения как сигнала с большой информационной избыточностью является наличие в нем геометрических образов, содержащих связанные множества близких по значению (сильно коррелированных) отсчетов. Поэтому в связи с успехами в области изучения механизма зрения, распознавания образов и анализа сцен открывается еще одна возможность в описании и кодировании изображений на основе контурно-текстурной модели, которая сводится к сегментации изображения на отдельные области (текстуры), окруженные контурами так, чтобы эти контуры по возможности соответствовали контурам объектов на изображении. Контурная и текстурная информация затем кодируется по отдельности. Идеология этого направления была заложена М. Кунтом в 1985 году [1] и названа им «Методы кодирования изображений второго поколения». Эти методы кодирования согласуются со зрительной системой человека и пытаются имитировать ее функции хотя бы в известной их части, что позволяет надеяться на получение более высоких коэффициентов сжатия, если подвергнуть такой предварительной обработке каноническую форму представления изображений, прежде чем применять классическую теорию кодирования источника.

Основная часть

Анализ и прогнозирование подходов.

Базовой составляющей методов сжатия второго поколения, которые основаны на устранении структурной избыточности, является сегментация изображения, то есть разбиение его на однородные (в смысле некоторого критерия) области. Процедура сегментации находится на стыке задач обработки и распознавания изображений. В литературе методам сегментации посвящено очень большое число публикаций. В качестве обзорных работ, представляющих в основном исторический интерес можно назвать работы Харалика и Шапиро [2], Невата, а также других авторов. Более поздние работы редки – это например работа Пэла [3]. Одной из причин отсутствия удачных обзорных публикаций можно назвать то, что производительность алгоритма сегментации трудно оценить на более высоком формальном уровне, чем простой разбор нескольких конкретных примеров. Перечень основных оригинальных работ в области сегментации заканчивается фундаментальными

трудами Гонсалеса [4] и Форсайта [5]. Анализ этих работ показывает, что существуют два общих подхода к решению задачи сегментации.

Первый подход, широко известный и хорошо освещенный в литературе основан на разрывности свойств точек изображения при переходе от одной области к другой. Этот подход сводит задачу сегментации к задаче выделения границ областей. Второй подход основан на выделении точек изображения, однородных по своим локальным свойствам, и объединении их в область, которой позже будет присвоено имя или смысловая метка. В литературе первый подход называют сегментацией посредством выделения границ областей (контуров), а второй – сегментацией посредством разметки точек областей. Второй подход к сегментации на основе разметки точек области приводит к значительно более трудоемким алгоритмам, но они потенциально более эффективны. Основными здесь являются методы пороговой обработки, кластер-анализа и выращивания областей [3, 4, 5].

Метод пороговой обработки основан на преобразовании функции яркости изображения оператором вида:

$$\begin{aligned}
 & \text{ТН} : f(x, y) \rightarrow S(x, y), \\
 & S(x, y) = \begin{cases} \lambda_j & \text{при } T_j \leq f(x, y) < T_{j+1} \\ \lambda_0 & \text{при } f(x, y) \leq T_0 \\ \lambda_{k-1} & \text{при } f(x, y) > T_{k-1} \end{cases}, \quad (1)
 \end{aligned}$$

где $S(x, y)$ – сегментированное изображение; k – число областей сегментации;

$\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}$ – метки сегментированных областей;

T_0, T_1, \dots, T_{k-1} – упорядоченные величины порогов $T_0 < T_1 < \dots < T_{k-1}$, которые определяются по гистограмме дискретизированного и квантованного изображения.

Пороговая обработка позволяет выделить объекты из окружающего их фона на основе выбора значения порога T , разграничивающего моды распределения яркостей на изображении. Тогда любая точка (x, y) , в которой $f(x, y) > T$, называется точкой объекта, а в противном случае – точкой фона. Вообще говоря, задачи сегментации реалистичных многомодальных полутоновых изображений достаточно сложны и лучше всего решаются с использованием методов автоматической классификации (кластер-анализа) и выращивания областей.

В алгоритмах сегментации изображений методы кластеризации применяются следующим образом. Для каждой точки изображения определяется некоторый набор характеристик (признаков). В пространстве этих признаков выделяют скопления точек, которые находятся бы на сравнительно небольших расстояниях друг от друга. Такие однородные скопления называют кластерами. Точки одного кластера, составляющие на изображении связные компоненты, являются искомыми сегментами.

Впервые методы автоматической классификации для сегментации и анализа изображений были использованы Хараликом и Келли, а также Коуммэном и Эндрюсом [4].

Мы позволим себе утверждать, что при решении сложных задач сжатия больших массивов информации в том числе и изображений, необходимо использовать сочетание методов классификации и снижения размерности. Методы классификации позволяют, как правило, перейти от массива, содержащего информацию по всем n статистически обследованным объектам, к соответствующей информации только по k эталонным образцам ($k \ll n$), где в качестве эталонных образцов берутся специальным образом отобранные наиболее типичные представители классов, полученных в результате операции разбиения исходного множества объектов (пикселей) на однородные группы. Методы же снижения размерности позволяют заменить исходную систему показателей $X = (x^{(1)}, \dots, x^{(p)})$ набором вспомогательных (наиболее автоинформативных) переменных $Z(X) = (Z^1(X), \dots, Z^{(p')}(X))$. Этот процесс использует, в частности, логику и приемы классификации, и сам в свою очередь используется в классификационных процедурах. Таким образом, размерность информационного массива понижается от $p \times n$ до $p' \times k$, то есть во многие десятки раз, если учесть, что p' и k обычно на порядки меньше соответственно p и n .

Другой метод сегментации на основе разметок точек изображения называется методом наращивания областей и состоит в попарном сопоставлении соседних точек, начиная с некоторой «стартовой» точки, по критерию однородности и присвоении соседней точке той же или новой метки в зависимости от результатов сравнения. Процесс идет последовательно путем разрастания однородных областей до тех пор, пока все пиксели изображения не будут проиндексированы. Если стартовые точки выбраны удачно (далеко от границ области) и критерий однородности прост, то вычисления получаются достаточно простыми и результативными. В отсутствие априорной информации все обстоит значительно хуже и требуется обязательная постобработка для

ликвидации ложных областей или для объединения разорванных частей одной области.

Такой подход был использован Кунтом в методах кодирования второго поколения, но широкого практического применения они тогда не нашли ввиду отсутствия должной технологической поддержки со стороны универсальных и специализированных электронных вычислительных средств. И только в последние годы появились сообщения по сжатию изображений, в которых нашли отражение теоретические и практические результаты, основанные на методах второго поколения, использующих эффективную модель «контур+текстура» на основе классификации методами кластер-анализа, а также алгоритмы разделения фона и переднего плана для сжатия изображений.

Сокращение содержательной избыточности изображений. Сокращение содержательной избыточности изображений основано на развитии контурно-текстурной модели и сводится к тому, что цифровое изображение $V(i, j)$ реальной сцены является совокупностью изображений отдельных объектов и фона, которое можно представить в виде:

$$V(i, j) = H_1(i, j) + \dots + H_S(i, j) + H_\phi(i, j), \quad (2)$$

где S – число объектов сцены; $H_k(i, j)$ – изображение k -го объекта или видимой его части ($k = 1, \dots, S$); $H_\phi(i, j)$ – изображение фона.

Затем объекты и фон кодируются соответствующим методом с различной степенью качества. При этом

$$\left. \begin{aligned} H_k(i, j) &= 0 \text{ при } (i, j) \notin D_k \\ H_\phi(i, j) &= 0 \text{ при } (i, j) \notin D_\phi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $D_k \subset D$ – область k -го объекта; $D_\phi \subset D$ – область фона; $D_1 \cup \dots \cup D_S \cup D_\phi = D$, $D_i \cap D_j = \emptyset$ при $i \neq j$, а D является растром изображения, на котором определена функция яркости V в виде матрицы $V(i, j), L(i, j) \in D$, $i = 1, \dots, n$, $j = 1, \dots, m$.

Нахождение областей объектов D_1, \dots, D_S и области фона D_ϕ является очень сложной задачей сегментации и для ее решения необходимо для представления входного изображения в виде (2) построить отображение:

$$\pi : D \rightarrow \{0, 1, \dots, S\}, \quad (4)$$

обладающее следующими свойствами:

$$\left. \begin{aligned} \pi(i, j) &= \ell, \text{ если } (i, j) \in D_\ell, \ell \in \{1, \dots, S\} \\ \pi(i, j) &= 0, \text{ если } (i, j) \in D_\Phi \end{aligned} \right\}$$

Отображение (4) можно назвать правилом разметки точек растра D : каждая точка $(i, j) \in D$ получает смысловую метку с номером $\pi(i, j)$. При этом точки с одной меткой представляют собой область отдельного объекта или область фона.

Построение отображения π можно провести только на основе эвристических соображений. Понятие «объект» и «фон» в терминах свойств матрицы B размером $n \times m$ формализовать невозможно и решение задачи сегментации зависит от конкретной цели обработки того или иного класса изображений. Эта зависимость связана с условностью понятий «объект» и «фон», смысловое содержание которых может меняться на противоположное при обработке одного и того же изображения в разных прикладных задачах. Если имеется априорная информация о распределении яркостей в области объекта и в области фона, то эта зависимость падает и понятия «объект» и «фон» поддаются частичной формализации. Однако такая ситуация практически отсутствует в системах кодирования реалистичных содержательных изображений, что говорит о недостаточности данной теории сегментации и необходимости ее развития и модификации в контексте решения задач сжатия изображений.

В целях получения приемлемой сложности решения задачи автоматического выделения объектов часто используют поиск на изображении окон (шаблонов), имеющих простую форму и стилизованное содержание. Такой подход использован в системе для нахождения лиц [5]. Модель системы предполагает, что все лица имеют определенный размер и занимают область известной формы, а для подходящей маркировки используется алгоритм кластеризации и большое число изображений-образцов, который требует одинаковые условия освещенности на исходном изображении.

В другой работе описано средство поиска лиц с помощью нейронных сетей, преобразующих окно шаблона во фронтальную проекцию. Однако если внешний вид объекта изменяется, то сравнение с шаблоном становится более сложным, поскольку требуется применить гораздо большее их количество. Системы, которые используют методы корреляционного поиска на мультимасштабной пирамиде сжатых изображений, требуют анализа очень большого объема данных, что приводит к чрезвычайно большим вычислительным затратам.

В цифровых библиотеках изображений средства поиска пытаются оценить семантику на уровне объектов. Такие системы вначале сегментируют

изображение, а затем фокусируются на некоторых сегментах. Сегментация здесь является ключевым вопросом, поскольку она определяет какую информацию при сравнении изображений можно отбросить как несущественную.

Объектно-ориентированное кодирование применяется также при сжатии-восстановлении динамических изображений на основе новых стандартов хранения таких данных, которые получили название «продвинутое видео» (Advanced Video Coding) и пришли на смену стандартам MPEG-2 и H.263. Стандарт ISO/IEC 14496 Part 2 (MPEG-4 Visual) улучшил популярный стандарт MPEG-2, а H.264/MPEG-4 Part 10 повысил эффективность H.263. Одной из ключевых новаций этих стандартов стал отход от традиционного представления о видеоданных как последовательности прямоугольных видеок кадров. Вместо этого видеопоследовательность трактуется как семейство, состоящее из одного или нескольких объектов произвольной формы, которые в зависимости от принадлежности их к переднему или заднему плану могут быть закодированы с различным визуальным качеством и временным разрешением.

Все вышеуказанное лишний раз подчеркивает острую необходимость в разработке новых и модификации известных методов автоматического выделения объектов на реалистичных изображениях различных классов, что позволит дополнить и обогатить в целом теорию и практику как кодирования, так и анализа изображений.

Метод кодирования изображений на основе выращивания областей.

На первом этапе предложенного метода кодирования изображений на основе выращивания областей элементы изображения разделяются на контурные и текстурные. Эта процедура разбивает изображение на множество смежных областей с тем условием, что изменения уровня яркости (речь идет о монохромных изображениях) внутри области не давали резких разрывов, то есть контуров. Сегментация изображения проводится в три этапа: предобработка, выращивание областей и устранение артефактов.

Предобработка предназначена для сокращения локальной зернистости исходного изображения и не должна нарушать его контуры. Она нужна для того, чтобы после выращивания не оказалось слишком много малых областей, так как эти малые области не соответствуют, как правило, реальным объектам исходного изображения и дают, таким образом, ложные контуры. Ключевая проблема предобработки состоит в том, чтобы решить две противоречащие друг другу задачи: удаление мелкой зернистости в изображении и сохранение контуров. Данная задача решается при помощи фильтров, частотные

характеристики которых адекватны фильтрам нижних частот в областях свободных от контуров и фазовым фильтрам в областях высокого контраста. Для достижения более качественной предобработки требуется итерационное применение данной процедуры. Однако с целью экономии времени на проведение сегментации изображения, процедуру предобработки можно заменить процедурой объединения (выращивания) областей, на втором этапе сегментации. Имеется в виду следующее. Если область мала, то есть количество принадлежащих ей элементов меньше заданного параметра L_{\min} , то объединить эту область можно с той соседней областью, которая наиболее близка к ней по среднему значению уровня яркости, и повторять этот шаг пока не будут удалены все малые области.

Основной этап сегментации – выращивание областей, состоит в следующем. Области, подлежащие выделению, должны характеризоваться некоторым свойством. Этим свойством могут быть, например, уровень яркости для элемента изображения, вариации уровня яркости или энергии внутри заданной полосы частот. От выбора этого свойства во многом зависит сложность метода обработки и точность контуров, полученных после сегментации. Ниже в качестве классифицирующего свойства для областей рассматривается уровень яркости. Это позволяет получить сравнительно простой и быстрый алгоритм выращивания областей.

Алгоритм «выращивания областей» для изображений в черно-белых полутонах состоит в следующем:

Задается единственный классифицирующий параметр $\Delta_{\max} > 0$. Произвольно выбирается элемент изображения (пиксель), и рассматриваются все его соседние элементы. Те из них, который по яркости отличаются от исходного меньше, чем на Δ_{\max} , объединяются с ним в одну область. Аналогичным образом обрабатывается каждый вошедший в «выращиваемую» область элемент – если его соседние элементы отличаются от него по яркости менее, чем на Δ_{\max} , они присоединяются к «выращиваемой» области. Когда больше не остается смежных с данной областью элементов, удовлетворяющих указанному условию, формирование области заканчивается и начинается «выращивание» следующей области, начиная с произвольного элемента, не вошедшего в первую область.

Алгоритм завершает работу, когда каждый элемент изображения принадлежит какой-либо области.

Эта процедура разбивает изображение на множество смежных областей, причем изменения уровня яркости внутри каждой области при достаточно малом значении параметра Δ_{\max} не имеет резких скачков. В идеале величина параметра Δ_{\max} выбирается немного меньшей, чем перепады яркости на контурах изображения. Таким образом контуры оказываются границами «выращенных» областей, чем достигается их достоверность объектам сцены. Слишком малая величина параметра Δ_{\max} порождает лишние паразитные контуры, а слишком большая – не выявляет информативные контуры, которые оказываются внутри областей.

Отметим одну модификацию этого алгоритма. При определении, принадлежит ли смежный элемент «выращиваемой» области, его яркость можно сравнивать с яркостью самого первого элемента, с которого началась процедура «выращивания». Или со средним значением яркости тех элементов, которые уже вошли в область. Тогда изображение будет разбито на области, в которых яркости двух любых элементов гарантировано отличаются меньше, чем на $2\Delta_{\max}$. В этом случае получаются области, в которых при достаточно малом Δ_{\max} можно при кодировании все элементы заменить одним, например, исходным или, что дает лучшие результаты, элементом, полученным усреднением яркости по всей области.

Далее алгоритм «выращивания областей» дополняется процедурой объединения областей, позволяющей избавиться от малых ложных контуров. Это дает возможность увеличить коэффициент сжатия при удовлетворительном качестве полученных изображений.

Процедура объединения областей.

Задается единственный параметр C_{\max} – максимально допустимое значение контраста. Рассматриваются две произвольные смежные области. Для них вычисляется контрастность на их общей границе:

$$\sum \frac{|G(a) - G(b)|}{G(a) + G(b)},$$

где $G(c)$ – яркость элемента c , и суммирование проводится по всем смежным парам элементов a и b , один из которых принадлежит одной области, а другой – другой области.

Если на их общей границе контрастность не превышает значения параметра C_{\max} , то эти области объединяются в одну. Необходимо повторять

данный шаг итеративно для всех областей, пока не останется смежных пар областей с уровнем контраста, меньшим C_{\max} .

После выделения контуров методом «выращивания областей» (МВО) для кодирования изображения создается битовая карта границ областей и для каждой области записывается среднее значение уровня яркости всех ее элементов. Эти данные кодируются без потерь по стандарту JBIG-1.

Метод сжатия изображений на основе алгоритма выращивания областей до настоящего времени не содержал однозначных рекомендаций по выбору решающего свойства при выращивании и объединении областей. В работе экспериментально показано (см. ниже), что для получения приемлемого качества восстановленного изображения области, содержащие более 20 внутренних точек, не должны удаляться. Для достижения максимальных значений коэффициента сжатия число областей после процедуры сегментации не должно превышать 140-180, однако, качество восстановленного изображения при этом плохое. Эти эмпирические данные позволили программным образом регулировать параметры Δ_{\max} и C_{\max} , от которых зависит число областей и, следовательно, степень сжатия и качество восстановленного изображения. Пошагово алгоритм кодирования на основе выращивания областей можно представить следующим образом.

1. Первым этапом работы алгоритма является разбиение исходного изображения I на области R_i , так что бы выполнялись следующие условия:

$$\begin{aligned} \cup R_i &= I; \\ \cap R_i &= \emptyset. \end{aligned}$$

1.1 В качестве рассматриваемого изображения выбирались изображения с палитрой в градации серого и глубиной цвета 8 бит. На исходном изображении выделяются области, в которых значения серого содержатся в определенном заданном интервале.

1.1.1 Если текущий элемент изображения не принадлежит какой-либо области, то необходимо перейти к следующему шагу; если же все элементы изображения принадлежат каким-либо областям, то требуется перейти к пункту 1.2. В противном случае взять следующий элемент изображения и повторить этот шаг.

1.1.2 Создать новую область на изображении, в которой будет только данный элемент изображения и задать интервал яркости для данной области $[G(a_{i,j}) - \theta; G(a_{i,j}) + \theta]$, где $a_{i,j}$ – текущий элемент изображения, $G(\cdot)$ – значение

яркости элемента изображения, θ - устанавливаемый порог. После выполнения данного шага изображение будет разбито на непересекающиеся области, и его представление будет похоже на мозаику.

1.1.3 Если соседний элемент изображения $a_{k,l}$ не принадлежит какой-либо области и $G(a_{k,l}) \in [G(a_{i,j}) - \theta; G(a_{i,j}) + \theta]$, то необходимо присоединить данный элемент изображения к данной области. Повторять этот шаг, пока соседние элементы будут удовлетворять заданному условию.

1.1.4 Вернуться к пункту 1.1.1

1.2 На данном этапе, ранее выделенные области будут объединены в более крупные области.

1.2.1 Если область мала (количество принадлежащих ей элементов меньше заданного значения L_{\min}), то объединить эту область с той соседней областью, которая наиболее близка к ней по среднему уровню яркости элементов данной области. Повторять этот шаг пока не будут удалены все малые области.

1.2.2 Если область и ее сосед на границе имеют малую контрастность, то есть $\sum \frac{|G(a) - G(b)|}{G(a) + G(b)} < C_{\max}$, где a и b – граничные элементы одной и второй соседних областей, а C_{\max} – максимально допустимое значение контраста, то эти области также объединяются в одну. Необходимо повторять данный шаг для всех областей.

2. На втором этапе производится кодирование полученных (образованных), таким образом, областей.

2.1 Запись числа полученных областей.

2.2 Для каждой области записывается среднее значение уровня яркости всех ее элементов.

2.3 Создается и кодируется карта границ областей (карта регионов) $V = \{b_i\}$.

2.3.1 Для этого в каждом элементе изображения производится следующая операция: если $\{a_{i,j}, a_{i+1,j}, a_{i,j+1}\} \subseteq R_k$, то $b_{i,j} = 0$ (элемент области не лежит на границе), иначе $b_{i,j} = 1$.

2.3.2 Полученная таким образом битовая карта границ областей кодируется без потерь данных по стандарту JBIG-1 (ISO-11544).

Восстановление закодированного изображения осуществляется следующим образом.

1. Из файла, содержащего сжатые данные, считываются значения количества областей и значения среднего уровня яркости в этих областях.

2. Производится восстановление карты границ областей, закодированной по алгоритму JBIG-1.

3. По конфигурации карты границ восстанавливается преобразованное изображение.

3.1 Если все области восстановлены, то обработка прекращается, иначе требуется найти первый элемент в изображении, который не принадлежит восстановленной области.

3.2 По соответствующему значению среднего уровня яркости данной области необходимо закрасить (залить) область, вместе с границами, любым известным методом заливки.

3.3 Обозначить вновь покрашенные элементы изображения как принадлежащие восстановленной области.

3.4 Далее вернуться к пункту 3.1.

Как видно, алгоритм восстановления изображений намного проще и соответственно быстрее алгоритма кодирования, что позволяет говорить о несимметричности данного метода.

Для проведения качественного и количественного сравнительного анализа известных и предложенного методов кодирования в качестве исследуемых изображений выбирались, как и ранее, оцифрованные изображения с растром 256x256 в градации серого цвета, в которых каждый элемент изображения квантован на 256 уровней (8 бит). Исследуемые изображения представляют собой различные классы изображений: панорамное изображение (Cameman.bmp); портрет (Zelda.bmp); натюрморт (Peppers.bmp). Они широко используются для тестирования различных методов компрессии изображений (библиотеки стандартных изображений: <http://www.icsl.ucla.edu>).

Графики зависимости коэффициента сжатия от СКО(%) и результаты кодирования исследуемых изображений при различных методах кодирования приведены на рис. 1, 2, 3, 4, 5, и 6. (ВО – предложенный метод контурно-текстурного кодирования на основе выращивания областей; JPEG – классический формат компрессии).

Как видно, из рис. 1 и 3, точка пересечения кривых зависимостей $K_{сж.}$ от СКО (%) при кодировании соответствующих изображений методами выращивания областей и JPEG компрессии находится в пределах 12 % – 13 % СКО, что соответствует удовлетворительной оценки качества восстановленного изображения.

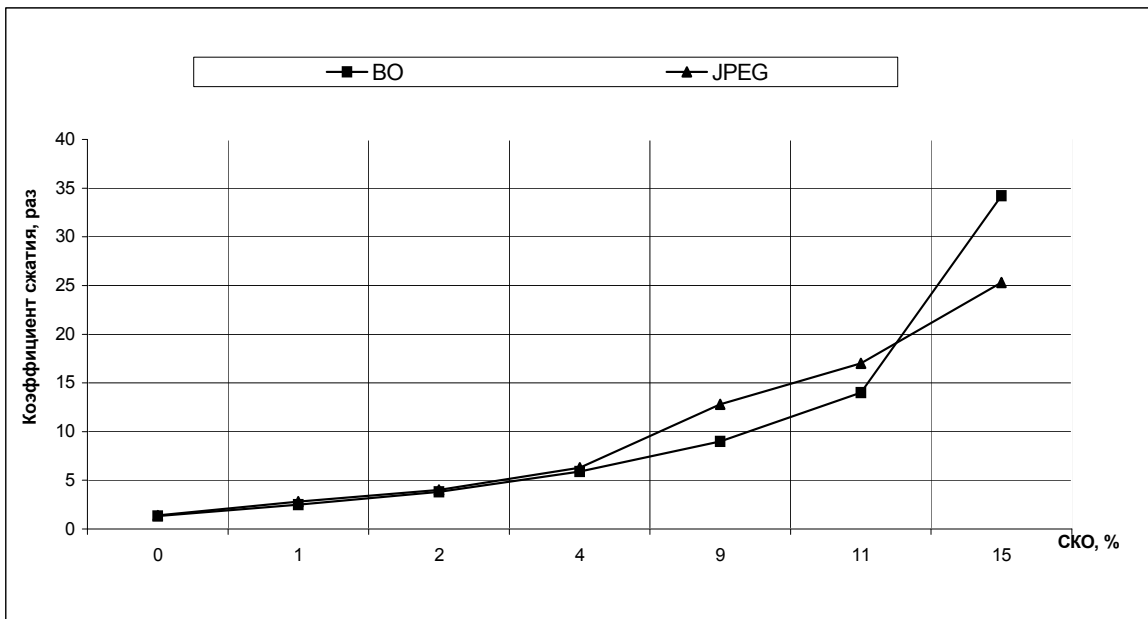


Рис. 1 – Зависимость коэффициента сжатия от СКО при кодировании изображения *Satagatap.bmp* методом выращивания областей и JPEG-кодировании



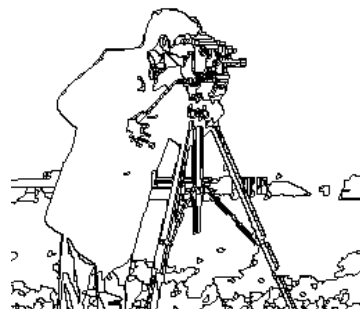
а)



б)



в)



г)

Рис. 2 – Результаты кодирования изображения *Satagatap.bmp*. а) Исходное изображение в формате *.bmp; б) JPEG компрессия; в) метод выращивания областей; г) результат процедуры сегментации. Количество классов 148

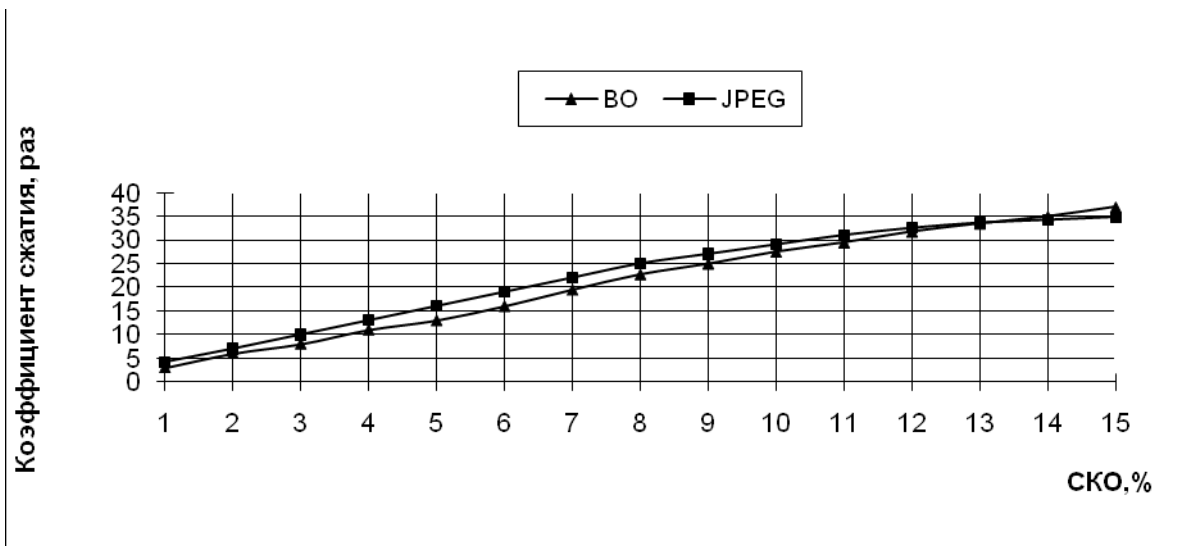


Рис. 3 – Зависимость коэффициента сжатия от СКО при кодировании изображения *Peppers.bmp* методом выращивания областей и JPEG-кодировании

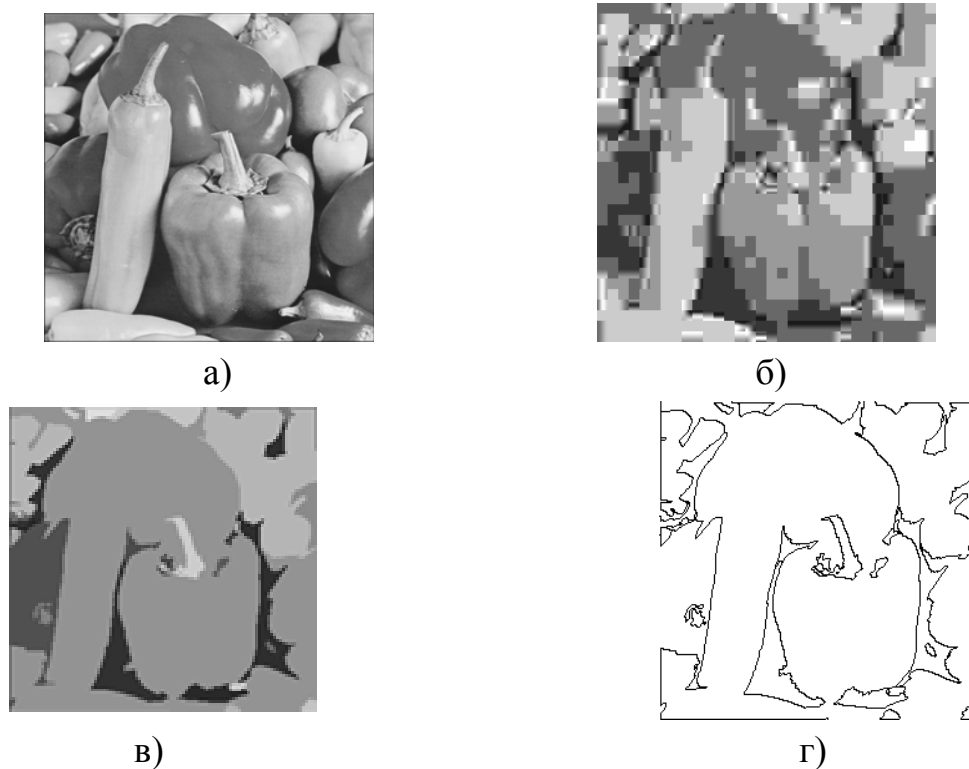


Рис. 4 – Результаты кодирования изображения *Peppers.bmp*. а) Исходное изображение в формате *.bmp; б) JPEG компрессия; в) метод выращивания областей; г) результат процедуры сегментации. Количество классов 56

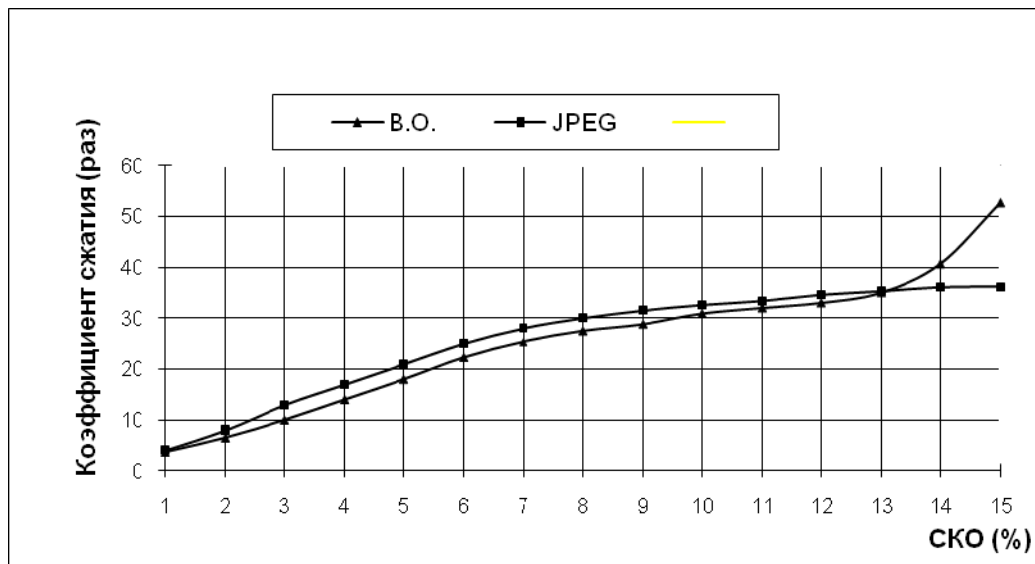


Рис. 5 – Зависимость коэффициента сжатия от SKO при кодировании изображения *Zelda.bmp* методом выращивания областей и JPEG-кодировании

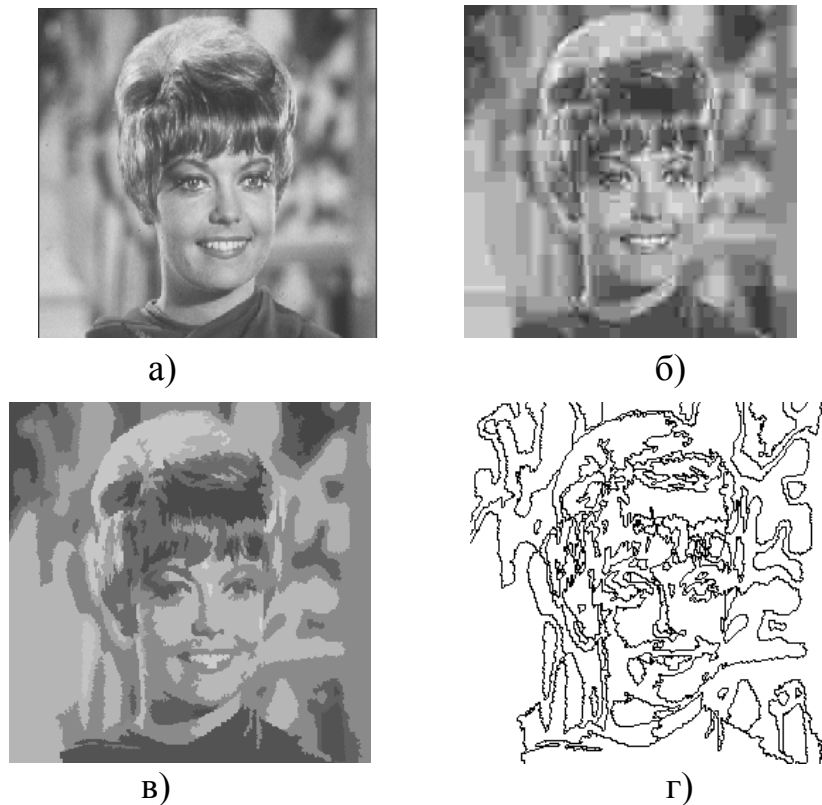


Рис. 6 – Результаты кодирования изображения *Zelda.bmp*. а) Исходное изображение в формате *.bmp; б) JPEG компрессия; в) метод выращивания областей; г) результат процедуры сегментации. Количество классов 182

Выводы

Из приведенных зависимостей можно сделать вывод, что характеристики кодирования изображений с помощью метода выращивания областей близки к

соответствующим показателям при кодировании изображений методом JPEG-компрессии. Преимущество начинает проявляться только при довольно больших значениях СКО (>12 %), когда количество областей, на которое сегментировано изображение, становится малым. Восстановленные изображения в таких случаях имеют существенные искажения, которые проявляются по-разному. В JPEG-кодированных изображениях видна структура сегментов и заметен эффект Гиббса, при кодировании выращиванием областей проявляется грубая мозаичная структура, которая также ухудшает качество изображений. Алгоритм выращивания областей является сравнительно медленным, но его весьма существенное преимущество заключается в том, что текстурные области сегментации являются связными, а контуры – непрерывными. Оба этих свойства могут быть полезными при решении задач распознавания образов.

Литература:

1. М. Кунт, А. Икономопулос, и М. Кошер, Методы кодирования изображений второго поколения, ТИИЭР, Т. 73, № 4, с. 59 – 86, 1985.
2. R. Haralick, and Shapiro, «Image segmentation techniques», GVGIP: Image Understanding, Vol. 29(1), p. 100 – 132, 1985.
3. N. Pal, and S. Pal, «A review on image segmentation techniques», Pattern Recognition, V. 26(9), p. 1277 – 1294, 1993.
4. Р. Гонсалес, и Р. Вудс, Цифровая обработка изображений: изд. 3-е, испр. и доп., Москва, Россия: Техносфера, 2012.
5. Д. Форсайт, и Д. Понс, Компьютерное зрение. Современный подход: пер. с англ., Москва, Россия: Вильямс, 2004.

2.3. Дослідження мультифрактальних властивостей генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова

Вступ та постановка задачі. Сьогодні для математичного опису телекомунікаційних процесів використовують математичні моделі самоподібного часового ряду. На графіках, де зображена завантаженість каналу комп'ютерної мережі самоподібність виражена наявністю викидів, кількість яких перевищує за передбачення класичної статистичної теорії (рис. 1), де на горизонтальній вісі показаний час в умовних одиницях, а по вертикалі завантаженість мережі відносно максимальної пропускної спроможності.

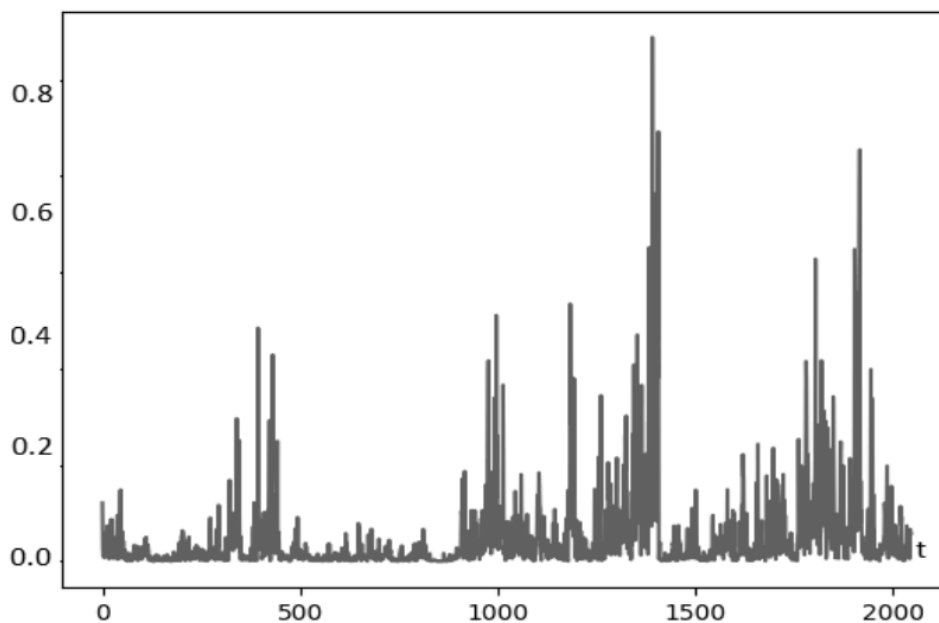


Рис. 1 – Приклад самоподібного трафіку [3]

В більшості випадків для самоподібного трафіку, передбачення параметрів за якістю обслуговування QoS, аналітичні вирази побудувати не вдається, або такі перетворення можливо побудувати для занадто специфічних ситуацій, тому переважно аналітичні викладки є недоцільними. З цієї причини для визначення основних показників якості обслуговування, таких як джитер, запізнення, середня кількість відмов, та інших, використовують імітаційне моделювання за допомогою генераторів самоподібного трафіку. Це призводить до потреб в простих, з точки зору кількості обчислень, генераторів самоподібного трафіку з керованими фрактальними властивостями, які б давали числові послідовності з властивостями як можна ближчими до властивостей реального трафіку телекомунікаційної мережі, що досліджується.

З огляду актуальності виконання задачі керування фрактальними властивостями генерованого трафіку, робота присвячена визначенню

залежності фрактальних властивостей моделі трафіку від використаного масштабування.

Проведений аналіз досліджень та публікацій виявив наступне. В [1] розглянуто загальні методи фрактального та мультифрактального аналізу часових рядів. Описані методи визначення основних показників числових послідовностей, які використовуються для аналізування трафіку в телекомунікаційних системах та мережах. У [1] також сформульовані базові визначення та поняття теорії фрактального виміру та фрактального аналізу.

Важливість мультифрактального аналізу процесів обміну інформацією в комп'ютерних мережах описано в [2], де проведено аналіз Інтернет трафіку, статистика якого збиралася більше чотирнадцяти років. При цьому автори описують наявність розвитку глобальної мережі, при якому спостерігаються зміни в фрактальних показниках на всіх рівнях масштабування. Стаття містить докази існування самоподібності різного характеру на окремих часових масштабах.

У [3] основну увагу присвячено використанню навченої нейронної мережі для автоматизації класифікації трафіку за його фрактальними та мультифрактальними властивостями. Автори успішно використовують результати роботи для детектування DDoS атак. Це доводить відмінність мультифрактальних показників трафіку для даних різного виду. Тезис значного впливу на фрактальність трафіку підтверджено в [5], наведено інформацію про успішне використання фрактального аналізу для ідентифікації потоків трафіку P2P, ігор, передачі інформації у хмарах, сканування портів та дій ботнету.

В [1–5] показано використання мультифрактального моделювання числових послідовностей для відновлення втрачених фрагментів часових рядів. Мультифрактальна інтерполяція дає кращі результати за випадкове заповнення та за класичні методи інтерполяції. Робота [8] також використовує фрактальну інтерполяцію для відновлення трафіку з відомими фрактальними властивостями, на іншому часовому масштабі.

Результати дослідження [1–5] показують, що моделювання складних мереж стає можливим при врахування ієрархічної самоподоби в матриці суміжності. Фактично цей підхід дає можливість вносити класифікацію великих мереж, проводити моделювання. Також теорія застосовна для мереж більш широкого змісту, наприклад, до ієрархічних зв'язків між структурними одиницями різних порядків або масштабування.

Наступні роботи [1–5] мають відношення до моделювання процесів обміну інформацією в комп'ютерних мережах з метою відновлення втрачених

даних, імітаційне моделювання роботи телекомунікаційної мережі на різних масштабах та типів даних, аналіз трафіку мережі для різних застосунків. Всі ці задачі вимагають наявності імітації джерела мультифрактального трафіку з керованими властивостями.

І наявність потоку публікацій з урізноманітненням методів та засобів моделювання мультифрактального трафіку підкреслюють актуальність розвитку засобів як в напрямку підвищення точності відтворення заданих властивостей, так і в напрямку зменшення обчислювальної складності реалізацій генераторів мультифрактального трафіку, що дозволить без використання більш коштовних систем підвищити швидкодію, або складність моделювання процесів в телекомунікаційних мережах.

Основна частина

Раніше було визначене наступне завдання. Нехай проводиться вивчення поведінки маршрутизатору в телекомунікаційній комп'ютерній мережі, який має N рівнозначних каналів з підключеними клієнтами, має можливість перенаправити M пакетів за одиницю часу та містить загальний внутрішній буфер-чергу на K пакетів.

Тоді клієнти, які під'єднані до ліній входу/виходу (I/O на схемі), є генераторами фрактального трафіку та споживачами цього трафіку. Кожен клієнт генерує фракталоподібний трафік, але й зміна адреси посилання повинна змінюватися фрактально. Для забезпечення роботи описаної схеми потрібно мати генератор фракталоподібного трафіку з можливістю регулювання інтенсивності запитів та їх фрактальної розмірності. Під час проведення імітації, кожен клієнт генерує з вказаною ймовірністю наявність пакету даних а також генерує випадкового отримувача пакету даних. Вибір отримувача пакету теж повинне мати фрактальну природу (для завантаження великого об'єму інформації звернення до одного й того джерела є високоймовірним, а при проведенні сканування мережі – запити гарантовано будуть переходити по клієнтам по черзі).

Проблема генерування фракталоподібного трафіку розв'язується генераторами на основі розподілу Парето, проте обрання отримувача пакету проводиться за допомогою простого рівномірного розподілу для відомих авторам системам імітації. Причиною цього є незастосовність розподілу Парето для імітування обрання отримувача інформаційного пакету.

Процес моделювання проводиться за програмними «квантами часу», коли відбувається передача одного пакету фіксованої величини та обробка

фіксованої кількості пакетів з черги. Якщо кілька пакетів претендують на перехід до одного й того ж приймача, то надсилається лише той, що перший надійшов до системи. При переповненій черзі можна використовувати два варіанти: скидати «старі» пакети з черги, або блокувати приймання нових пакетів з джерел трафіку.

В процесі виконання моделювання заплановано порівняння теоретичних передбачень з експериментально визначеними величинами як для максимально повного так і для усіченого розподілу Парето, яке використано для генерування трафіку набором клієнтів. При цьому обмеження пропускнуєї спроможності окремих каналів враховано в реалізації генератора трафіку в разі використання усіченого варіанту розподілу.

Основною задачею даної роботи є аналіз властивостей бінарного числового ряду, який отримано за допомогою генератора на основі графової моделі станів та ймовірності переходів між ними. Такий генератор трафіку є представником генераторів з використанням ланцюгів Маркова (рис. 2).

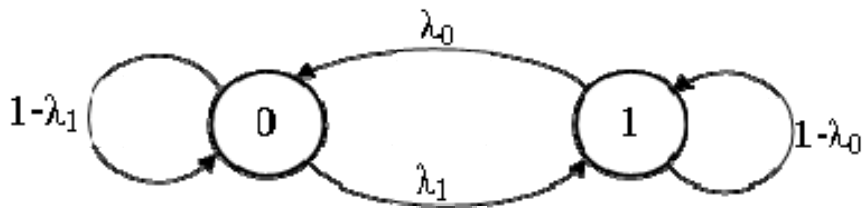


Рис. 2 – Модель генератора фрактального трафіку

В моделі використано стани, які відповідають за вихідне генероване значення. Наступне значення отримується за випадковими переходами, де λ_0 та λ_1 відповідають за ймовірності змінити стан на наступний квант часу, а ймовірності $1-\lambda_0$ та $1-\lambda_1$ – зберегти поточний стан.

Зазначений генератор не використовує розподіли з важким хвостом та не вимагає складних обчислень, використовуються лише стандартні відпрацьовані генератори псевдовипадкового числа на проміжку $[0;1)$ з рівномірним розподілом. Мала кількість операцій для обчислення є значною перевагою для практичного застосування в системах імітаційного моделювання формування трафіку в телекомунікаційних мережах і дозволяє заощадити час обчислювання.

Фрактальна розмірність числового ряду може бути виражена різними метриками, що може привести до інших значень фрактальної розмірності. Використання окремої метрики на моделі та реальних даних також дозволяє порівняти їх фрактальні властивості.

Тому, для генератора, модель якого показана на рис. 2, побудована окрема метрика числового ряду, для якої вважається ширина покриття одиничною, якщо всі n послідовних не дорівнюють одному значенню, та нульовому, якщо всі n послідовних значень рівні лише 1 або 0. Завдяки цьому легко отримати аналітичну форму розрахунку ймовірності зустріти сегмент нульового розмаху з n елементів, і ця ймовірність дорівнює:

$$\lambda_1(1 - \lambda_0)^n + \lambda_0(1 - \lambda_1)^n.$$

На основі статистичного моделювання роботи зазначеного генератора, отримано математичне сподівання розмаху випадкового блукання з n кроків, що дало можливість аналітично визначити фрактальну розмірність ряду. При цьому фрактальна розмірність залежить від довжини n отриманої числової послідовності за наступним законом (1):

$$d(n, \lambda_0, \lambda_1) = 2 + \frac{\lambda_1(1 - \lambda_0)^n \ln(1 - \lambda_0) + \lambda_0(1 - \lambda_1)^n \ln(1 - \lambda_1)}{\lambda_0 + \lambda_1 - \lambda_1(1 - \lambda_0)^n - \lambda_0(1 - \lambda_1)^n}. \quad (1)$$

Для значення ймовірностей переходу $\lambda_0 = \lambda_1 = 0.5$, що відповідає класичному випадковому процесу, показано графік залежності фрактальної розмірності D від кількості елементів генерованого ряду n отриманого з формули (1), рис. 3:

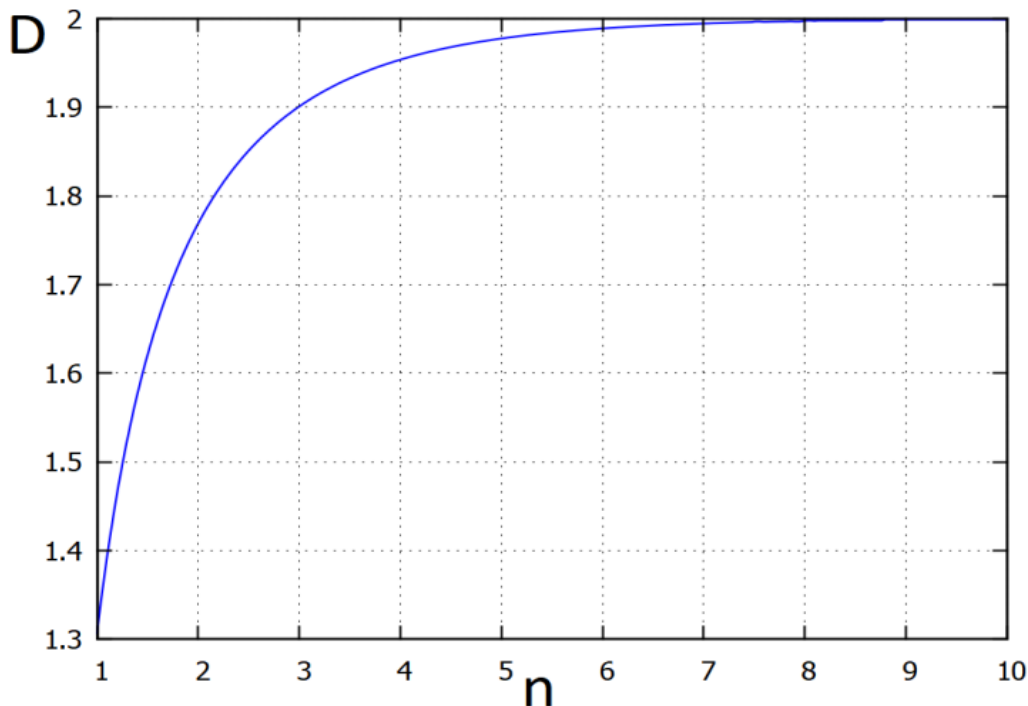


Рис. 3 – Теоретично визначена фрактальна розмірність $D(n)$ при ймовірності зміни стану $\lambda_0 = \lambda_1 = 0.5$

Наявність в математичних об'єктах на різних рівнях масштабування різних значень фрактальної розмірності має назву мультифрактальність. В [3] показана наявність мультифрактальності в трафіку комп'ютерних мережах.

Для використання методів фрактального аналізу часових рядів на основі розмірності Мінковського або R/S аналізу, потрібно проводити додаткові дослідження.

Використані методи розрахунку фрактальної розмірності

Для визначення фрактальної розмірності можна скористатися означенням фрактальної розмірності в інтерпретації Мінковського (2), [1–3]:

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln(N)}{-\ln(\varepsilon)}, \quad (2)$$

де використано позначення:

- ε – розмір, або діаметр підмножини, яким покривають множину, розмірність якої визначається;
- N – мінімальна кількість підмножин ε , яку потрібно використати для покриття всієї множини, розмірність якої визначається.

Безпосередньо використати означення (2) до дискретної множини не є можливим з причини того, що існує мінімум ε . Тому потрібно скористатися фіксованими значеннями ε .

Нехай для покриття основної множини використовують покриття розмірами ε та $k\varepsilon$ (k – для дискретної системи ε заданим натуральним числом; ε – невідомий коефіцієнт, який характеризує обрану дискретну систему). Тоді, відповідно обраним підмножинам, кількість таких підмножин для покриття складатиме $N(\varepsilon)$ та $N(k\varepsilon)$. Метод розрахунку метрики $N(k\varepsilon)$ є досить довільним, і обирається згідно величин, які вивчаються в конкретному процесі. З відношення (2), при умові відкидання визначення межі, для дискретної системи, матимемо (3):

$$-D \ln(k) - C = \ln(N(k\varepsilon)), \quad C = D \ln(\varepsilon). \quad (3)$$

Тут $\ln(k)$, $\ln(N(k\varepsilon))$ є величинами, які розраховуються для кількох значень k ; D та C отримуються в результаті лінійної регресії до точок $(\ln(k), \ln(N(k\varepsilon)))$. З причини випадковості числового ряду, $N(k\varepsilon)$ теж є випадковою величиною, з певним математичним сподіванням та дисперсією. Як в наслідок, отримані точки $(\ln(k), \ln(N(k\varepsilon)))$ будуть наближатися до прямої, але не обов'язково належатимуть їй.

З метою зменшення додаткових розрахунків та перетворень, в розглянутому генераторі, було змінено подію генерування «0» на генерування

«-1», в результаті для $\lambda_0 = \lambda_1$ математичне сподівання генерованої послідовності стало складати 0, а стандартне відхилення 1. Наступним кроком, побудовану послідовність $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ замінено на кумулятивний ряд, який відповідає випадковому блуканню $\{b_1, b_2, \dots, b_n | b_i = a_1 + a_2 + \dots + a_i\}$. Для такого ряду вводиться розрахунок ширини покриття $N(k\varepsilon)$ сегменту довжиною в k дискретних елементів:

$$N(k\varepsilon) = \sum_{i=0}^{n/k-1} (\max(b_{i \cdot k+1} \dots b_{i \cdot (k+1)}) - \min(b_{i \cdot k+1} \dots b_{i \cdot (k+1)})). \quad (4)$$

Більш зручно в якості n брати степінь двійки, тоді k можна буде теж змінювати вдвічі при побудові опорних точок для лінійної апроксимації. Вказаний процес для $k=8, 16, 32, 64, 128$ дозволив побудувати п'ять точок, для яких лінійна апроксимація визначає показник Херста пробної послідовності в 0.53 як кут нахилу отриманої прямої (рис. 4).

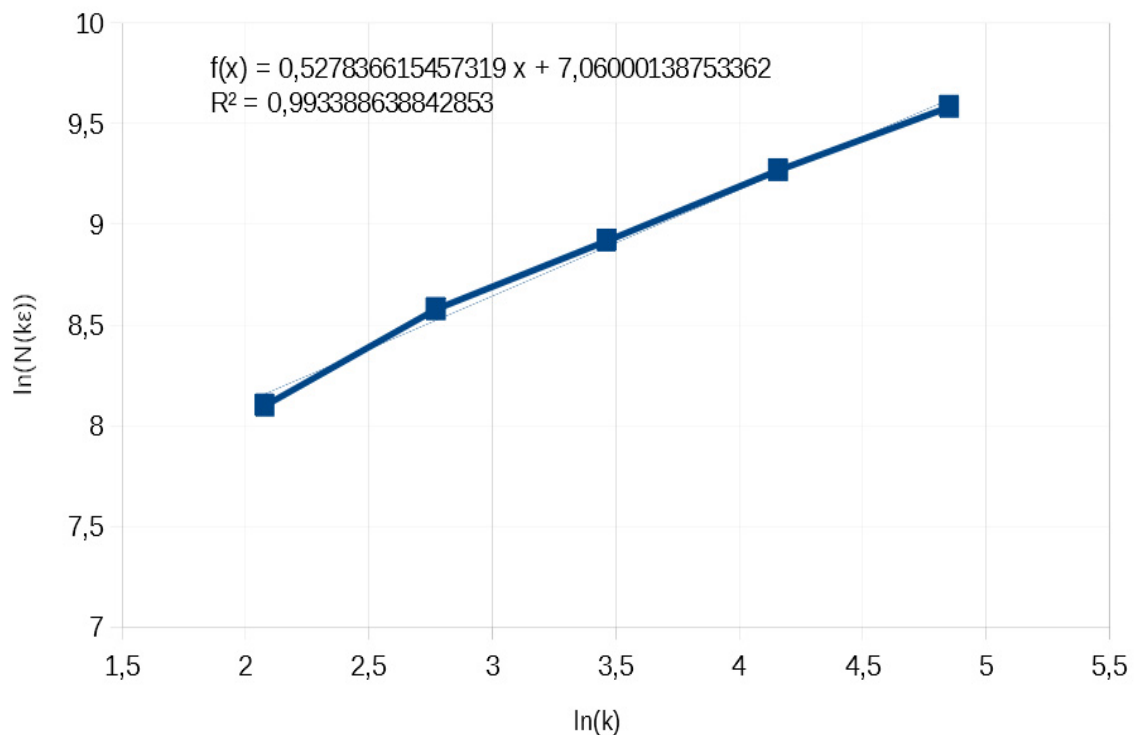


Рис. 4 – Визначений коефіцієнт Херста $H=0.53$, що відповідає фрактальній розмірності $D=1.47$ при ймовірностях змінити стан $\lambda_0=\lambda_1=0.5$

Теоретично для випадкової послідовності результат мав складати $H=0.5$, або що те саме $D=1.5$. Це є близьким до отриманих результатів.

Класично ширина покриття $N(k\varepsilon)$ для кривих на площині повинна виражатися у кількості квадратів зі стороною $k\varepsilon$, що покривають криву випадкового блукання. Але прийнята міра (4) є асимптотично рівною до міри

Мінковського, більш того, при однаковому виборі значення k , показник Херста співпадає з отриманим за допомогою R/S аналізу, для якого зв'язок з фрактальною розмірністю вже відомий.

Аналіз впливу обрання масштабу на отриману фрактальну розмірність

З метою експериментального підтвердження залежності фрактальної розмірності числового ряду від обраного масштабу, було використано 11 реалізацій послідовностей в 1024 чисел «-1», «1». Для кожної з 11 реалізацій було розраховано показник Херста з п'яти контрольних точок при $k=\{1024, 512, 256, 128, 64\}; \{512, \dots, 32\}; \{256, \dots, 16\}; \{128, \dots, 8\}$. Результати чисельного експерименту показані на таблицях 1, 2, 3.

Одинадцять експериментів, для кожного з режимів генерування, утворюють у відповідному масштабі незалежне вимірювання показника Херста. Це дозволяє використати статистичну обробку результату, для якого знайдено середнє значення показника Херста та стандартне відхилення σ середнього значення, яке обернено пропорційне кореню з довжини вибірки. На основі стандартного відхилення розрахований довірний інтервал з надійністю 99 %, який забезпечується для відхилення від середнього значення $\pm 3\sigma$. Межі інтервалу надійності в 99 % в таблиці показано відповідно в стовпцях -3σ та $+3\sigma$ відповідно.

В результаті з усіх трьох таблиць свідчать про зміну показника Херста зі зміною масштабування, що є підтвердженням припущення, яке було висунуте в попередньому пункті на основі аналітичної формули (1) для спрощеної метрики розрахунку фрактальної розмірності (табл. 1).

Таблиця 1

Показники Херста при генеруванні послідовності з параметрами $\lambda_0=\lambda_1=0.95$

k	1	2	3
1024..64	0.38	0.23	0.48
512..32	0.40	0.33	0.52
256..16	0.42	0.35	0.53
128..8	0.42	0.35	0.46
k	4	5	6
1024..64	0.44	0.34	0.29
512..32	0.50	0.34	0.38
256..16	0.48	0.38	0.41
128..8	0.40	0.40	0.39
k	7	8	9
1024..64	0.42	0.46	0.40
512..32	0.45	0.44	0.41

256..16	0.41	0.45	0.45
128..8	0.41	0.42	0.43
k	10	11	Mean
1024..64	0.26	0.40	0.37
512..32	0.31	0.48	0.41
256..16	0.39	0.47	0.43
128..8	0.41	0.43	0.41
k	-3σ	$+3\sigma$	
1024..64	0.30	0.45	
512..32	0.35	0.48	
256..16	0.38	0.48	
128..8	0.39	0.44	

З табл. 1 видно, що при високій ймовірності змінити попередній стан на протилежний, модуляція трафіку відбувається майже постійно, що призводить до значно меншої ймовірності отримання викидів. Це відбивається на показнику Херста, який має значення, для різних масштабів, від 0.37 до 0.41. Побудований сигнал при таких параметрів показано на рис. 5.

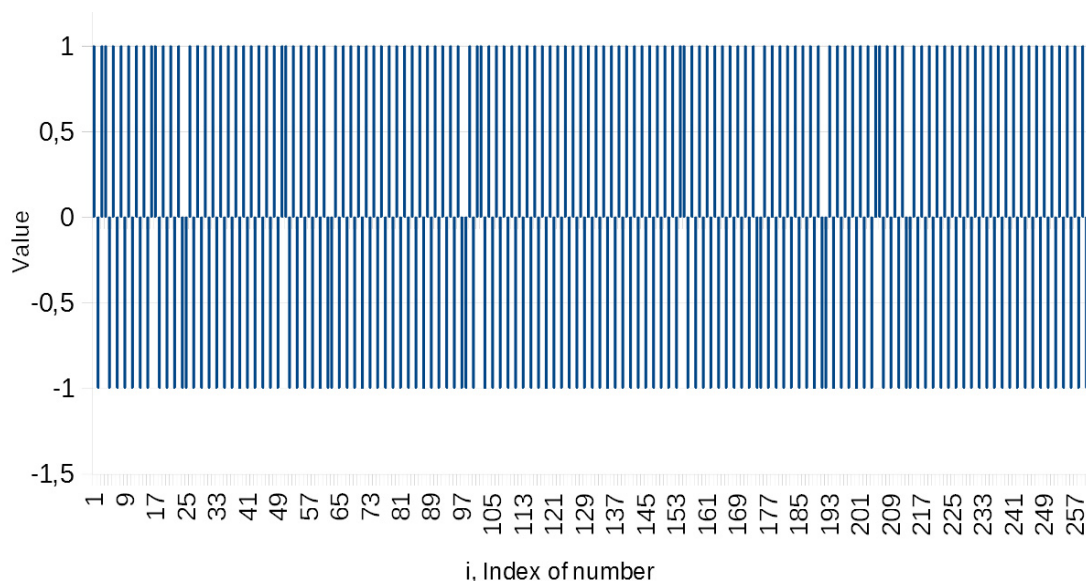


Рис. 5 – Гістограма сигналу, який отриманий генеруванням з параметрами $\lambda_0 = \lambda_1 = 0.95$

В результаті випадкового блукання на основі отриманої послідовності, віддалення від початку руху буде відбуватися значно повільніше, бо на кожен крок в сторону буде значно більш висока ймовірність отримання наступного кроку протилежного напрямку.

Наступна табл. 2 містить результати чисельного експерименту з налаштуванням генератора на рівну ймовірність збереження та зміни поточного

стану $\lambda_0=\lambda_1=0.50$. В такому режимі генератор повинен відповідати класичному випадковому процесу з показником Херста $H=0.5$. Однак, з таблиці 2 видно, що результати визначення показника Херста вже при різниці k в чотири рази, дають оцінки значення показника Херста з надійністю більше 99 %, які не перетинаються. Тобто, з надійністю більше 99 %, дослідження числового ряду на 1024 відліках дають менші значення показника Херста ніж на 256 відліках. Це свідчить про відмінність фрактальних властивостей числової послідовності на різних масштабах. Відповідно до цього факту, можна обирати довжину черги для системи обслуговування, для якої показник Херста матиме значення близьке до 0.5, і використовувати для визначення характеристики такої системи обслуговування теорію випадкового потоку Пуассона без врахування самоподібності за допомогою класичної статистики.

Таблиця 2

**Показники Херста при генеруванні послідовності
з параметрами $\lambda_0=\lambda_1=0.5$**

k	1	2	3
1024..64	0.41	0.46	0.39
512..32	0.48	0.48	0.53
256..16	0.52	0.55	0.58
128..8	0.55	0.59	0.61
k	4	5	6
1024..64	0.41	0.50	0.37
512..32	0.47	0.54	0.48
256..16	0.52	0.52	0.55
128..8	0.57	0.57	0.57
k	7	8	9
1024..64	0.40	0.54	0.35
512..32	0.45	0.60	0.47
256..16	0.52	0.56	0.56
128..8	0.56	0.59	0.60
k	10	11	Mean
1024..64	0.41	0.42	0.42
512..32	0.52	0.46	0.50
256..16	0.59	0.55	0.55
128..8	0.66	0.59	0.59
k	-3σ	$+3\sigma$	
1024..64	0.37	0.47	
512..32	0.46	0.54	
256..16	0.52	0.57	
128..8	0.56	0.61	

Переглянути фрагмент отриманої послідовності з параметрами генерування $\lambda_0=\lambda_1=0.50$ можна на рис. 6.

Останній експеримент, результати якого наведено в табл. 3, був проведений з параметрами генерування $\lambda_0=\lambda_1=0.05$, тобто ряд з малою ймовірністю змінює напрям руху.

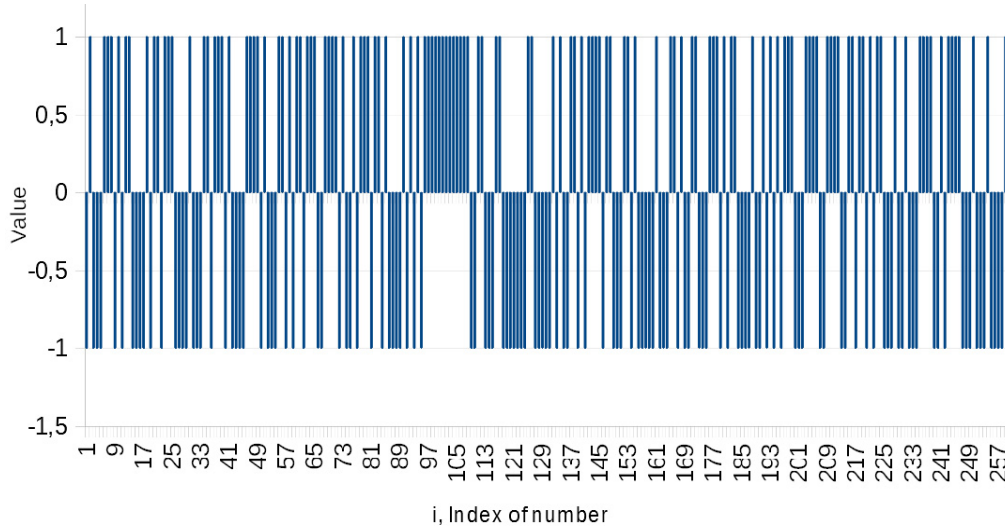


Рис. 6 – Гістограма сигналу, який отриманий генеруванням з параметрами $\lambda_0=\lambda_1=0.50$

Таблиця 3

Показники Херста при генеруванні послідовності з параметрами $\lambda_0=\lambda_1=0.05$

k	1	2	3
1024..64	0.48	0.58	0.45
512..32	0.52	0.63	0.56
256..16	0.66	0.77	0.72
128..8	0.78	0.83	0.83
k	4	5	6
1024..64	0.54	0.61	0.58
512..32	0.60	0.66	0.61
256..16	0.77	0.67	0.69
128..8	0.84	0.73	0.82
k	7	8	9
1024..64	0.51	0.37	0.64
512..32	0.58	0.49	0.69
256..16	0.62	0.65	0.79
128..8	0.73	0.79	0.86
k	10	11	Mean
1024..64	0.39	0.64	0.53
512..32	0.45	0.69	0.59
256..16	0.58	0.76	0.70
128..8	0.73	0.80	0.80
k	-3σ	+3σ	

1024..64	0.44	0.61	
512..32	0.52	0.66	
256..16	0.64	0.76	
128..8	0.75	0.84	

В результаті, числова послідовність персистентна і здатна зберігати деякий час тренд. Але в той самий час, на великих проміжках в 1024 відліків, спостерігається значення показника Херста близьким до $H=0.5$. Це значить, що на великих відстанях, розмах кумулятивного ряду не відрізняється від кумулятивного ряду класичної випадкової послідовності, де різниця між максимальним та мінімальним значенням зростає в середньому пропорційно кореню з кількості зроблених кроків.

На малих відстанях, показник Херста сильно відрізняється, і сягає до $H=0.8$. Відповідно до цього, існує масштаб для якого самоподібний трафік, як і в попередньому випадку, матиме властивості класичного випадкового процесу.

Фрагмент отриманої послідовності можна побачити на рис. 7.

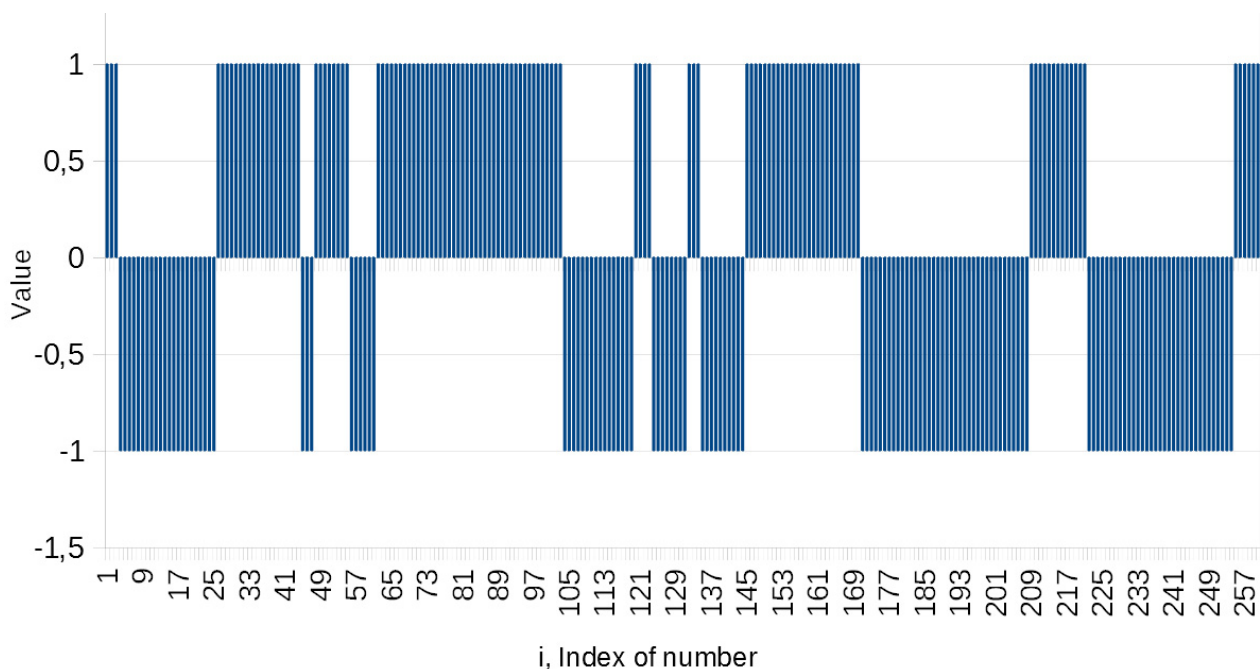


Рис. 7 – Гістограма сигналу, який отриманий генеруванням з параметрами $\lambda_0=\lambda_1=0.05$

Висновки

Генератори самоподібного трафіку на ланцюгах Маркова відрізняються від аналогів меншими вимогами до обчислювальної потужності систем моделювання, що дозволяє підвищити продуктивність імітаційного

моделювання руху інформації в телекомунікаційних системах та комп'ютерних мережах, тому актуальним є подальший розвиток та вивчення таких систем.

На основі спрощеної метрики $N(k\epsilon)$ побудовано аналітичний вираз розрахування фрактальної розмірності результату генерування бінарного числового ряду на основі ланцюга Маркова. Відмічено залежність фрактальної розмірності від довжини проміжку, на якому проводиться розрахунок фрактальної розмірності, та зроблено припущення про повторення властивості мультифрактальності на класичних метриках, таких як рахування розмірності на основі R/S аналізу або розмірності Мінковського.

З метою перевірки припущення було проведено чисельний експеримент, який з надійністю вищу за 99 % підтвердив припущення про мультифрактальність числової послідовності, що отримана генераторами на ланцюгах Маркова.

Робота може бути продовжена з метою розробки методів для керування параметрами мультифрактальності, або можливості усунення мультифрактальності в разі потреби.

Література:

1. Jan W. Kantelhardt, Fractal and Multifractal, Time Series Institute of Physics, Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Germany: Halle, 2008.
2. Lyudmyla Kirichenko, Tamara Radivilova, and Vitalii Bulakh, Machine Learning in Classification, Time Series with Fractal Properties Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Germany: Halle, 2018.
3. Mackenzie Haffey, Martin Arlitt, and Carey Williamson, «Modeling, Analysis, and Characterization of Periodic Traffic on a Campus Edge Network», 2018 IEEE 26th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS), p. 170 – 182, 2018.
4. A. Smirnov, A. A. Kuznetsov, D. A. Danilenko, and A. Berezovsky, «The statistical analysis of a network traffic for the intrusion detection and prevention systems», Telecommunications and Radio Engineering, Vol. 74, Issue 1, p. 61 – 78, 2015.
5. O. Smirnov, A. Kuznetsov, A. Kiian, A. Zamula, S. Rudenko, V. Hryhorenko, «Variance Analysis of Networks Traffic for Intrusion Detection in Smart Grids», 2019 IEEE 6th International Conference On Energy Smart Systems (2019 IEEE ESS), Kyiv, Ukraine April 17-19, p. 353 – 358, 2019.

2.4. Дослідження хмарних технологій як сервісів для системи інженерних розрахунків

Вступ та постановка задачі. Тенденції росту пропозицій ринку хмарних сервісів України і прогнози світових витрат IDS (International Data Corporation) [1] підтверджують необхідність використання хмарних сервісів. В зв'язку з чим і постає завдання провести дослідження таких сервісів не лише на вітчизняному ринку, а й в світовій індустрії. Будь-яку послугу, що надається користувачеві за запитом через Інтернет із серверів постачальників хмарних обчислень будемо називати *хмарним сервісом* (as a Service, aaS). Таким чином хмарні сервіси саме і створені для того, щоб забезпечити простий, масштабований доступ і повністю керуються постачальником хмарних послуг. З метою задоволення потреб своїх користувачів хмарний сервіс може динамічно масштабуватись, тим паче, що компанії не турбуються про власні ресурси і IT-персонал, оскільки постачальник хмарних послуг забезпечує для цього необхідну апаратуру та програмне забезпечення.

Для ефективного вибору платформи для розміщення технологічного забезпечення підприємства, а саме систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (Computer Aided Engineering as a Service (CAEaaS)), постає нелегке завдання мінімізації часу відповіді для критично важливих програм як корпоративних користувачів, так і масових клієнтів. Сучасні тенденції розвитку хмарних технологій не зменшують ймовірність помилкових концептуальних рішень. Адже «не знання» не звільняє від відповідальності за зроблений вибір. Таким чином необхідно вирішити проблематику, яка полягає у дослідженні існуючих хмарних сервісів, визначення серед цих сервісів місця CAEaaS.

В роботах [1–5] розглядаються лише три основні моделі обслуговування хмарних технологій. Оскільки моделі обслуговування хмарних технологій відображають будову не тільки хмарних технологій, але й інформаційних технологій в цілому, то на думку авторів дані дослідження не повною мірою охоплюють технічні і технологічні можливості хмарних обчислювальних технологій. Таким чином дослідження є дещо обмеженим.

Мета роботи. Дослідити можливості використання нової парадигми хмарних обчислень в системах, що підтримують автоматичну роботу технологічних процесів підприємств. Знайти зв'язок хмарних сервісів з рішенням інженерних задач, з метою усунення наступних проблем: пошуку необхідних платформ і сервісів для забезпечення технологічного процесу;

повторного використання програмного обчислення; моделювання і створення фізичного прототипу. Дослідити існуючі хмарні сервіси, визначити серед цих сервісів місце SAEaaS.

Основна частина

1. Моделі хмарних сервісів

Хмарні обчислення можуть надаватися в вигляді: сервісів, технологій, програм, платформ і інфраструктури [1–5]. Коли йде мова про хмарні обчислення (від англ. *cloud computing*), то за визначенням А.Е.Кононюка [2]: «розуміють забезпечення користувача комп'ютерними ресурсами і потужностями в вигляді інтернет-сервісів». Відповідно до вимог NIST (національного інституту стандартів і технологій США) [1–5] хмарні технології повинні об'єднувати Штати, Європу, Азію та забезпечувати можливість універсального з'єднання, відкритий доступ, надійність, сумісність і користувацький вибір, конфіденційність, безпеку, стійкий розвиток і економічну вигоду. В рамках даної роботи проаналізуємо саме хмарні обчислення як сервіси, які зазвичай називають aaS (від «as a Service», тобто «як сервіс», або «в вигляді сервісу»). Проведемо дослідження існуючих хмарних обчислень як сервісів.

Content as a service (CaaS) або **managed content as a service (MCaaS)** (керований контент як сервіс) це орієнтована на сервіс модель [1–5], де постачальник послуг доставляє контент на вимогу споживачеві сервісу за допомогою веб-служб, які ліцензуються після передплати. Вміст розміщується постачальником послуг централізовано у хмарі та пропонується зацікавленим споживачам і доставляється в будь-які застосунки чи систему.

Data as a service (DaaS) дані як сервіс – це модель надання та розповсюдження інформації, в якій файли даних (включаючи текст, зображення, звуки та відео) надаються клієнтам через мережу, як правило, в Інтернеті [1-5]. Модель використовує хмарну базову технологію, яка підтримує веб-сервіси та SOA (сервісно-орієнтовану архітектуру). Інформація DaaS зберігається у хмарі та є доступною через різні пристрої. Сервіс також вивантажує хмарний провайдер даних для хмарного постачальника. Як приклад використання DaaS можна навести Fidelitone, компанія з управління ланцюжками поставок та логістики, що використовує рішення ARI DataStream DaaS для розгортання каталогів деталей у канал клієнтів; Urban Mapping, послуга географічних даних, надає клієнтам дані для вбудовування у власні веб-сайти та програми; Xignite – це компанія, яка надає клієнтам фінансові дані; D&B Hoovers надає клієнтам ділові дані про різні організації. DaaS тісно

пов'язаний зі зберіганням як сервісом (SaaS) та програмним забезпеченням як сервісом (також скорочено SaaS) і може бути інтегрований з однією або обома з цих моделей надання. Як і у випадку з цими та іншими технологіями хмарних обчислень, прийняття DaaS можуть заважати проблеми щодо безпеки, конфіденційності та власності.

Desktop as a service (теж DaaS) робочий стіл як сервіс – це ті ж самі віртуальні настільні комп'ютери, але вже розміщені у хмарі. Тобто віддалена віртуалізація на робочому столі також може бути надана за допомогою хмарних обчислень, подібних до тих, що надаються з використанням програмного забезпечення як моделі обслуговування SaaS. Хмарні віртуальні настільні комп'ютери поділяються на дві технології [1-5]: керована VDI (virtual desktop infrastructure), яка базується на технології VDI, що надається як послуга керованого аутсорсингу, та настільний сервіс (DaaS), що забезпечує більш високий рівень автоматизації та реальну багатосторонність, знижуючи витрати на технологію. Постачальник DaaS, як правило, несе повну відповідальність за розміщення та підтримку інфраструктури для комп'ютера, зберігання та доступу, а також ліцензій на застосунки та прикладне програмне забезпечення, необхідні для надання послуги настільних комп'ютерів взамін фіксованої щомісячної плати. Провідні постачальники DaaS: VMware – Horizon Cloud; MTM Technologies – AnywhereApp; Microsoft – Windows Virtual Desktop; dinCloud – dinWorkspace; Evolve IP; Cloudalize – Desktop-as-a-Service; Citrix – Managed Desktops; Amazon Web Services – WorkSpaces.

Function as a service (FaaS) функція як сервіс – це хмарний обчислювальний сервіс, що забезпечує платформу, що дозволяє клієнтам розробляти, запускати та керувати функціональними застосунками без будь-якої інфраструктури. Тобто такий сервіс має безсерверну архітектуру і, як правило, використовується під час створення програм мікросервісів. Для користувачів сервісу FaaS є важливим пом'якшення так званих «холодних стартів», оскільки розмір артефакту, логіка запуску, мова програмування, конфігурація (пам'ять, VPC) можуть стати першопрчиною затримки запуску.

Infrastructure as a service (IaaS) інфраструктура як сервіс – хмарний сервіс, який забезпечує основну обчислювальну інфраструктуру: сервери, сховища та мережеві ресурси (віртуальний центр даних). Тобто іншими словами, IaaS – ще порівнюють з орендою автомобіля, за обслуговування і оновлення якого ви не несете відповідальність. Відноситься до основних, базових сервісів, які використовують для побудови інших сервісів. Так частковими випадками IaaS є DaaS (Desktop as a Service) віртуальний робочий

стіл як послуга; WaaS, (Workplace as a Service) робоче місце як послуга – надання віртуалізованого робочого місця. Основні постачальники послуг IaaS включають веб-служби Amazon, Microsoft Azure та Google Compute Engine. Застосовується модель оплати за те, що ви використовуєте. Ідеально підходить для ІТ-адміністраторів, хоча й коштує дорого. Ось кілька сценаріїв використання IaaS [1-5]: хостинг веб-сайтів або застосунків; віртуальні центри обробки даних (ЦОД); аналіз величезної кількості даних.

Integration platform as a service (IPaaS) інтеграційна платформа як сервіс – це форма інтеграції систем у бізнес, що надається як хмарні обчислювальні послуги, що стосуються даних, процесів, архітектури, орієнтованої на сервіс (service-oriented architecture SOA) та інтеграції застосунків. Інтеграційна платформа як сервіс IPaaS забезпечує єдиний набір інструментів і послідовний процес переміщення даних між усіма програмами вашого підприємства, незалежно від того, чи вони локальні, чи хмарні. Платформа розміщується та управляється вашим постачальником хмарних послуг і пропонується як послуга – ви просто підписуєтеся на платформу, вибираєте інструменти та сервіси, необхідні для налаштування та автоматизації інтеграції між застосунками та приступаєте до роботи. Хмарний постачальник обробляє решту, включаючи управління даними, безпеку, програмні виправлення, управління обладнанням та нові оновлення функцій, коли вони стають доступними. IPaaS зазвичай доступний за щомісячну абонентську плату або ставку оплати за користування. IPaaS не слід плутати з PaaS платформою як послугою. PaaS надає хмарне середовище з усім необхідним для підтримки повноцінного життєвого циклу створення та доставки веб-(хмарних) застосунків – все без витрат і складності придбання та управління базовим обладнанням, програмним забезпеченням, забезпеченням та хостингом. IPaaS може доповнити PaaS, надаючи інструменти, необхідні для інтеграції цих веб-застосунків та даних, що їх живлять. Cloudreach – постачальник послуг інтеграції, що швидко зростає [1–5].

Mobile backend as a service (MBaaS) мобільний сервіс як послуга або **Backend as a Service (BaaS)** бекенд як сервіс – набір готової серверної функціональності, який дозволяє спростити і прискорити розробку застосунків. Іншими словами, це повноцінне середовище розробки, розміщене в хмарі, що дозволяє користуватися усіма перевагами технології, такими як, наприклад, необмежена масштабованість. Між BaaS і безсерверними обчисленнями існує певне перекриття, оскільки в обох розробник повинен лише написати свій код програми і не замислюватися про підсистему. Крім того, багато постачальників

ВaaS також пропонують серверні обчислювальні сервери. Однак існують значні експлуатаційні відмінності між програмами, побудованими за допомогою ВaaS, та справжньою архітектурою без сервера. Резервні програми безсерверних програм розбиваються на функції, кожна з яких реагує на події та виконує лише одну дію. Тим часом функції ВaaS на сервері створюються, але розробникам не потрібно займатися кодуванням нічого іншого, крім власної програми. Три основні постачальники в просторі МВaaS – це Firebase Google, Apple CloudKit та Kinvey.

Network as a service (NaaS) мережа як сервіс – послуга за поданням мережевої інфраструктури в якості альтернативи власної мережі. Можливості NaaS дозволяють користуватися інструментами маршрутизації, а також збільшувати або зменшувати пропускну спроможність каналу. NaaS пакує мережеві ресурси, послуги та застосунки як продукт, який можна придбати для багатьох користувачів, як правило, за контрактний період часу. Він може включати такі послуги, як підключення до широкої мережі (WAN), підключення до центру даних, пропускну здатність на вимогу (Bandwidth On Demand), служби безпеки та інші програми. Хмарні сервіси, такі як NaaS та PaaS, надаються шляхом створення великої масштабованої інфраструктури, яку можна віртуалізувати, щоб її можна було продати окремим клієнтам. До великих постачальників NaaS належать основні CSP (Common server platform), включаючи Amazon та Rackspace, а також глобальні постачальники послуг, такі як AT&T, Communications Level 3, Telefonica та Verizon. Загалом, NaaS застосовується до широкого набору програм та послуг. Наприклад, Aгуака та Pertino пропонують WAN і захищають віртуальну приватну мережу (VPN) як послугу, Akamai пропонує CDN як послугу, Amazon пропонує веб-хостинг, приватну хмару та зберігання як послугу, а багато постачальників послуг пропонують пропускну здатність на вимогу і мережі розміщення як послугу. Навіть постачальники послуг можуть передати аутсорсинг своїх мереж, як у випадку з оператором мобільної віртуальної мережі (MVNO).

Platform as a service (PaaS) платформа як сервіс або **application platform as a service (aPaaS)** платформа застосунків як послуга або послуга на основі платформи – такий хмарний сервіс, який надає клієнтові готову програмну платформу. Клієнти можуть встановлювати будь-які застосунки та використовувати будь-які інструменти в інфраструктурі, яку вони отримують. А ось операційною системою, обробкою даних, мережею, серверами та сховищами керує і обслуговує постачальник (сервіс-провайдер). Таким чином постачальники PaaS забезпечують повну інфраструктуру (сервери, бази даних,

операційні системи, середовище тестування, тощо) для розробки застосунків, тоді як розробники відповідають лише за код. Тобто іншими словами, PaaS – ще порівнюють з використанням таксі, за обслуговування і оновлення якого ви не переймаєтесь, а лише вказуєте адресу. Також відноситься до основних, базових сервісів, які використовують для побудови інших сервісів. SaaS (Communication as a Service) комунікації як сервіс – надання хмарних послуг зв'язку (IP-телефонії, пошти тощо); SECaaS інформаційна безпека як сервіс; BaaS (Backup as a Service) резервне копіювання як сервіс; aPaaS (application Platform as a Service) платформа бізнес-застосунку як сервіс – різновид PaaS, який передбачає доступ споживача до хмарного сервісу, що надає повноцінне середовище для проектування та розгортання власних бізнес-застосунків; DaaS (Disaster Recovery as a Service) аварійне відновлення як сервіс, за допомогою якого клієнт регулярно платить встановлену договором страхову премію, а постачальник надає потужності на тимчасовій основі, поки клієнт відновлює основний майданчик після збою. PaaS спочатку призначався для застосунків на публічних хмарних сервісах, перш ніж розширився на приватні та гібридні варіанти. Переваги PaaS полягають насамперед у тому, що він дозволяє програмувати більш високий рівень із різко зниженою складністю; загальна розробка застосунку може бути ефективнішою, оскільки зменшуються ресурси інфраструктури; і технічне обслуговування та вдосконалення програми, таким чином, простіше. До недоліків різних постачальників PaaS, на які посилаються користувачі, можна віднести підвищення цін у більших масштабах, відсутність функціональних можливостей, зниження контролю, та труднощі систем маршрутизації трафіку [1–5]. Прикладами послуг PaaS є Heroku, Elastic Beanstalk (що пропонують Amazon Web Services) та Google App Engine. PaaS ідеально підходить для розробників програмного забезпечення. При розміщенні сервісів деякої компанії безпосередньо в хмарі не потрібно забувати про безпеку, адже загрози не зникають. Вони такі ж, як і при локальному використанні сервісів.

Security as a service (SECaaS або SaaS) безпека як сервіс – це бізнес-модель, у відповідності до якої підприємства економлять на обладнанні і висококваліфікованому обслуговуванні, за рахунок швидкого використання даного хмарного сервісу. Безпека розповсюджується на веб-технології, листування, локальні мережі. Тому власні системи безпеки не потрібні, адже їх забезпечує сервіс SECaaS. До функцій захисту SECaaS відносять: протидію DDoS атакам, захист корпоративного веб-сервера, захист облікових записів від крадіжки, шифрування документів, Data Leak Prevention, Zero – day, ATP і т.і. В

Україні сервіс SECaaS надають наступні провайдери: Wolfson, Датагруп, Укртелеком [1 – 5]. Одним із самих поширеніших базових сервісів є надання замовникові в користування яких-небудь програм, які розташовані в хмарі сервіс-провайдера.

Software as a Service (SaaS) програмне забезпечення як сервіс – являє собою модель ліцензування та доставки ПЗ, яка організовується централізовано на підписаній основі. Ще його називають «програма на вимогу». До програм SaaS зазвичай звертаються користувачі за допомогою веб-браузера. SaaS стала загальною моделлю доставки для багатьох ділових застосунків, включаючи офісне ПЗ, ПЗ для обміну повідомленнями, ПЗ для обробки заробітної плати, ПЗ для СУБД, ПЗ для управління, ПЗ для САПР, ПЗ для розробки, гейміфікація, віртуалізація, облік, співпраця, керування співпраці з співробітниками (CRM), інформаційні системи керування (MIS), планування ресурсів фірми (ERP), виставлення рахунків, керування людьми як ресурсами (HRM), придбання досвіду, системи керування навчанням, керування контентом (CM), географічні ІС (ГІС), і навіть керування службою підтримки. SaaS включений у стратегію майже всіх провідних корпоративних програмних компаній. Всі програмні та технічні засоби надаються та керуються постачальником, тому не потрібно нічого встановлювати чи налаштовувати. Застосунок готовий до запуску, як тільки надається логін та пароль. SaaS – це як їхати автобусом. Автобусу призначили маршрут, який ви оплатили попередньо, і вам нічого не потрібно виконувати, ви просто насолоджуєтеся їздою з іншими пасажирями. Сервіс SaaS ідеально підходить для кінцевих користувачів. Насправді послуги Gmail та Hotmail електронної пошти – приклади хмарних служб SaaS. Іншими прикладами послуг SaaS є офісні інструменти (Office 365 та Google Docs), програмне забезпечення для керування співпраці з клієнтами (Salesforce), програмне забезпечення для управління подіями (Planning Pod) тощо. До прикладів програм як сервісів, створених в Україні можна віднести: Unisender, Zadarma, YouScan, Yaware, Worksection, WORKABOX, Serpstat, Reply.io, PromoRepublic, iFin, bpm'online sales, Binotel, Хорошоп, Таксер.

Data Base as a Service (DBaaS) база даних як сервіс – хмарний ресурс, який ще називають правою рукою розробника бази даних, що допомагає використовувати хмарні сховища даних, документів, ключів і цінностей для координації та керування роботою підприємств. При цьому постачальник послуги забезпечує розробників базою даних на вимогу у приватній або загальнодоступній хмарі. Оплата здійснюється лише за ті ресурси, якими ви

користуєтесь, понад 40 сервісів надається безкоштовно. Їх головна перевага – можливість ефективно вирішувати питання масштабування та гнучкості для сучасних програм, а також економія на техніці, ліцензіях і безпеці.

Information as a Service (теж IaaS) інформація як сервіс – враховує динаміку будь-якої інформації і надає її актуальне значення щосекунди (щомиті) завдяки віддаленій хмарі.

Integration as a Service (теж IaaS) інтеграція як сервіс – передбачає надання хмарного інтеграційного пакету в повному обсязі. Це можуть бути окремі інтерфейси між застосунками або керування цілими алгоритмами для оптимізації, інтеграції та централізації.

Management або Governance as a Service (MaaS або GaaS) адміністрування або керування як сервіс – ресурс, призначений для керування будь-якою кількістю хмарних ресурсів з заданими параметрами (virtualization, use of resources, topology).

Process as a Service (теж PaaS) процес як сервіс – ресурс в хмарі, який служить для керування поєднанням даних або послуг в межах одного бізнес-проекту, що розміщені на одній хмарі або доступні на інших хмарах.

Storage as a Service (STaaS) зберігання як сервіс – сервіс, що забезпечує дисковим простором за вимогою. Зовнішній склад даних знаходиться в хмарі. Послуга Storage as a Service є найпростішою і базовою для інших ресурсів. Користувач має додаткові мережні директорії або окремий логічний диск. Додатковою обов'язковою умовою провайдера є резервування, що можна віднести до переваг даного сервісу. Microsoft OneDrive і Google Drive саме й використовують послуги STaaS.

Testing as a Service (TaaS) тестування як сервіс – ця послуга використовується для економії як техніки так і ПЗ. А саме перевірка безпосередньо систем на місці і систем, які знаходяться в хмарі відбувається з застосуванням тестів ПЗ в хмарі.

Disaster Recovery as a Service (DRaaS) аварійне відновлення як сервіс – сервіс швидкого післяаварійного відновлення роботи віртуальних серверів в резервному ЦОД на випадок відмови власного локального. Послуга передбачає відновлення роботи після збою менш ніж за 15 хвилин, що забезпечує безперебійну роботу бізнес підприємств з жорсткими вимогами до застосунків і системних сервісів. Підтримує функцію резервування.

Backup as a Service (BaaS) резервне копіювання як сервіс – це унікальна інтегрована цілодобова послуга для збереження критично необхідних даних в хмарі. Сервіс призначений для безперебійної роботи підприємств в

непередбачених умовах, таких як зловмисне або неумисне ушкодження даних в результаті використання програм-шкідників, збою програм або помилок з боку користувачів. Таким чином підприємства не переймаються у власних надійних сховищах. На українському ринку хмарних сервісів цю послугу забезпечує компанія «Парковий» і надійно зберігає дані від одного віртуального комп'ютера до інфраструктури підприємства з тарифом 1 грн. за 1 GB від 1 до 448 днів.

Monitoring as a Service (MaaS) моніторинг як сервіс – це сучасна модель доставки хмарних послуг, що призначена для контролю в режимі реального часу поточного стану окремої обчислювальної машини і системних сервісів у хмарі. В Україні хмарний MaaS надається тільки клієнтам хмари De Novo і по суті є простим інструментом моніторингу сервісів IaaS.

Hardware as a Service (HaaS) устаткування як сервіс – досить нова послуга, в рамках якої апаратна серверна інфраструктура надається із хмари. Походить від SaaS, але постачальник рішення надає готові пакети, де вже є не лише програмне, а й апаратне забезпечення, впровадження і подальша підтримка. По суті, це найбільш широкий варіант IT-аутсорсингу, у рамках якого оптимізована інфраструктура замовника розгортається або на його території, або в дата-центре, або в хмарі.

Communications as a Service (CaaS) комунікація як сервіс – це сукупність різних послуг постачальників, що полегшують ділові комунікації з метою зниження витрат та збільшення ефективності процесів в бізнесі і не тільки з застосуванням аудіо- або відеозв'язку. CaaS включають передачу голосу через Інтернет (протокол VoIP) або Інтернет-телефонні рішення та відеоконференції.

Container as a Service (CaaS) контейнер як сервіс – це послуга, що розвивається, яка дозволяє користувачам керувати та розгортати контейнери, програми та кластери за допомогою віртуалізації на основі контейнерів. CaaS є дуже корисним для IT-підрозділів та розробників у створенні захищених та масштабованих застосунків з контейнерами. За допомогою CaaS це можна досягти, використовуючи локальні центри обробки даних або з хмари.

Resource as a Service (RaaS) ресурс як послуга – це нова модель купівлі та продажу ресурсів хмарних обчислень. Замість провайдерів, які продають виключно серверні віртуальні машини протягом деякого часу (як це робиться в сучасних хмарах IaaS), провайдери все частіше продають окремі ресурси (такі як процесор, пам'ять та ресурси введення/виведення) протягом декількох раз за секунду.

Customer Relationship Management as a Service (CRMaaS) керування взаємовідносинами з клієнтами як сервіс пропонує спосіб використання інформації щодо клієнтів, безпечно ділитися нею, відстежувати та реєструвати діяльність у всьому бізнесі. Ідеально підходить для клубів та ігрових майданчиків.

Bookkeeping as a Service (BaaS) бухгалтерський облік як сервіс пропонує віртуальний сервіс бухгалтерії в цілому.

Даний перелік хмарних сервісів не охоплює всі можливі варіанти, оскільки в якості сервісу може бути будь-що Anything as a Service або все All as a Service (AaaS).

Зарубіжні та вітчизняні провайдери розширюють з кожним роком кількість хмарних послуг в Україні. Рекламні пропозиції українських компаній Воля, De Novo, Tucha, Vega, забезпечують підтримку ряду хмарних сервісів: IaaS; STaaS; BaaS; RaaS; CRMaaS; SaaS; BaaS (Bookkeeping as a Service).

2. Зв'язок хмарних сервісів з рішенням інженерних задач

Аналіз моделей обслуговування хмарних сервісів показав, що основними сервісами, які призначені для вирішення різних інженерних задач, розрахунків, аналізу і створення моделей фізичних процесів є PaaS і SaaS сервіси [1–5].

PaaS ідеально підходить для ефективного надання програмних середовищ та інструментів для розробників промисловим організаціям, які розробляють і тестують програмне забезпечення та застосунки для баз даних. Це забезпечує повне та централізоване середовище розвитку, яке доступне на вимогу.

При правильній реалізації SaaS може означати значну економію коштів від традиційного підходу до володіння програмним забезпеченням. Ця модель хмарної послуги пропонує мінімізовані витрати на налаштування устаткування та програмного забезпечення, навіть якщо вона забезпечує надмірність і високу доступність, що дозволяє обслуговувати запущені програми. Кінцеві користувачі звільняються від управління та контролю базової ІТ-інфраструктури. Ліцензії на безпеку, мережу, обчислення та всі ліцензії на програмне забезпечення вкладаються в щомісячну або щорічну плату, виключаючи або значно скорочуючи капітальні витрати. Натомість існує разова вартість доступу до будь-яких бажаних послуг. Організації платять за те, що вони використовують, і часто мають можливість додавати або видаляти послуги за потребою.

Деякі середовища, що базуються на хмарі, включають складні середовища моделювання для повного тестування проектних застосунків перед

переміщенням їх у виробничу систему. Програми та застосунки для баз даних можуть бути спеціальними програмами, які промислові організації раніше використовували, але зараз розгортаються на віртуальних машинах у хмарі. Вони також можуть бути застосунками, побудованими з нуля в хмарі за допомогою платформи та інструментів, наданих постачальником послуг автоматизації.

У деяких випадках те саме програмне забезпечення може використовуватися для програм SaaS і PaaS. Інженери з управління та процесів можуть використовувати модель PaaS для розробки програми та SaaS для їх виробничого середовища. Наприклад, автоматизація, керування процесами та програмне забезпечення SCADA, що традиційно пропонується лише на базі замовника, доступні як позапроцесорне середовище розробки та моделювання (Open VEP) або як програмне забезпечення SCADA, оптимізоване для забезпечення надійності та безпеки для моніторингу на рівні підприємства та контролю широкорозповсюджених активів.

Розміщення такого програмного забезпечення в центрі обробки даних з прямим високошвидкісним підключенням до телекомунікацій та Інтернету дає можливість швидкодіючого та надійного підключення до всіх віддалених пристроїв та візуалізації загального бізнесу.

В рамках даних сервісів з'являється досить новий перспективний сервіс **CAEaaS** (англ. Computer Aided Engineering as a Service) комп'ютерні системи інженерного аналізу як сервіс, який покликаний перенести роботу систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу.

CAE або Computer-Aided Engineering – термін, що використовується для опису процедури всього процесу інженерії продукту, від проектування та віртуального тестування за допомогою складних аналітичних алгоритмів до планування виготовлення. Комп'ютерна інженерія є стандартною в майже будь-якій галузі, яка використовує якесь програмне забезпечення для розробки продуктів. CAE – це наступний крок не тільки розробки продукту, але й підтримки інженерного процесу, оскільки він дозволяє виконувати випробування та моделювання фізичних властивостей виробу без необхідності фізичного прототипу. У контексті CAE, найбільш часто використовуються типи моделювання аналізу, що включають аналіз кінцевих елементів, обчислювальну динаміку рідин, термічний аналіз, багатодіагностику та оптимізацію. Використовуючи переваги інженерного моделювання, особливо в поєднанні з потужністю та швидкістю високоєфективних хмарних обчислень, вартість та

час кожного циклу ітерації проектування, а також загальний процес розробки можуть бути значно скорочені. Стандартний робочий процес CAE – спочатку генерувати початкову конструкцію, а потім моделювати геометрію САПР. Потім результати моделювання оцінюються та використовуються для вдосконалення конструкції. Цей процес повторюється до тих пір, поки всі вимоги продукту не будуть виконані та практично не підтверджені. У разі будь-яких слабких місць або областей, коли продуктивність цифрового прототипу не відповідає очікуванням, інженери та дизайнери можуть вдосконалити модель CAD (від англ. Computer-Aided Design – це професійна конструкторська система, що об'єднує в собі потужні параметричні засоби 2D і 3D-моделювання) та перевірити наслідки їх зміни, перевіривши оновлений дизайн у новій симуляції. Цей процес підтримує швидший розвиток продукту, оскільки немає необхідності будувати фізичні прототипи на ранніх стадіях розробки. Моделювання за допомогою методів CAE займе лише декілька годин, порівняно з днями чи, ймовірно, тижнями, які потребують побудови фізичного прототипу. Кожен, знайомий з процесом розробки продукту, знає, що перед початком серійного виробництва товару неминуче потрібно побудувати фізичний прототип, але моделювання може допомогти зменшити кількість цих прототипів. Плануючи інтегрувати методи моделювання в процес розробки продукту, важливо знати про навколишнє середовище (сили, температури тощо), якому товар буде піддаватися. Знання цих умов має вирішальне значення для правильного налаштування моделювання. Прогнозним значенням будь-якого моделювання може бути лише точність зроблених граничних умов. Досі, окрім прогнозування факторів та умов навколишнього середовища, інженерне моделювання було складним завданням, яке в основному виконували досвідчені інженери та експерти з моделювання. Початківцям необхідно довго навчатися. Сучасні засоби моделювання CAE намагаються розбити ці бар'єри, дозволяючи навіть недосвідченим користувачам без глибокого знання фізичних процесів та спеціальних характеристик отримувати гарні результати моделювання.

Моделювати складну геометрію дуже складно навіть для сучасних комп'ютерів. Ось чому потрібно багато обчислювальних потужностей для виконання реалістичних результатів моделювання. Великі компанії із складною IT-інфраструктурою можуть використовувати власні сервери для розміщення та запуску моделювання. Зростання хмарних обчислень дає меншим компаніям, які зазвичай не можуть дозволити собі купувати та обслуговувати необхідне обладнання, доступ до тих же інструментів моделювання та можливостей, які

раніше були зарезервовані лише для декількох. Цей зрив на ринку продуктів для імітації дає змогу всім імітувати вироби, які вони розробляють.

CAE можна використовувати майже в будь-якій галузі та компанії, яка розробляє продукт, що піддається впливу різних середовищ. Промисловості, що використовують технологію автоматизованого машинобудування в процесі розробки своїх продуктів, включають, але не обмежуються ними: автомобілебудування, аерокосмічний, заводський інжиніринг, електроніку, енергетику, товари народного споживання та кондиціонери. Продукти, які можна імітувати, варіюються від надзвичайно малих частин виробів до дуже великих і складних конструкцій, таких як гоночні машини, мости або навіть електростанції.

Тестування конструкційної цілісності крана, який несе певне навантаження на дах, є можливим застосуванням, а також оцінка акустичної конструкції концертного залу або конвективного потоку всередині лампочки; все це приклади програм, де моделювання може зменшити затрати на величезний обсяг роботи, а іноді і рятувати життя.

Окрім витрат на ліцензування та навчання, пов'язані з програмним забезпеченням CAD та CAE, локальні обчислювальні сервери потребують технічного обслуговування, оновлення програмного та апаратного забезпечення, IT-персоналу, енергетичних потреб та витрат на оренду додаткового місця. Хмарні рішення пропонують альтернативу, коли витрати на ліцензування замінюються платою яка зменшується, коли збільшується доступ до спільних ресурсів у хмарі.

3. Результати дослідження

Під час аналізу результатів виникла необхідність зупинитись на знаходженні місця CAE серед хмарних сервісів. Для деяких провайдерів сервіси наведені в табл. 1.

Сервіс PaaS забезпечує зовнішню мережну підтримку, яка доповнюється IT інфраструктурою, обчислювальними ресурсами, виробничим технічним забезпеченням, прикладним програмним забезпеченням завдяки сервісам IaaS, NaaS і SaaS.

Для прикладу розглянемо два загальновідомі бренди CAE [1–5].

**Характеристики сервісів, що використовуються для вибору послуг
постачальників**

Вид сервісу	Провайдери	Сервіс
IaaS	Google Drive, Dropbox Amazon еластичні хмарні обчислення	Онлайн-зберігання, синхронізація файлу Віртуальні машини
PaaS	Microsoft Windows Azure Amazon сервіс реляційних баз даних Salesforce.com, мережні сайти	Розвиток і розміщення мережесих застосунків Система запиту бази даних для аналізу великих наборів даних Розвиток інтерфейсів користувача і соціальних мережесих сайтів
Haas	Ponoko, shapeways MFG.com, Quickpats.com	Виготовлення добавок Постачання пошукових систем, хмара-заснована на e-Sourcing
SaaS	Autodesk 360 платформа Dassault Systemes Sabalcore	CAD файловий редактор, мобільний оглядач, надання хмари 3D моделювання Високопродуктивні обчислення у хмарі
CAEaaS	ANSYS WinMachine	Універсальна програмна система кінцево-елементного аналізу Система для проектування і розрахунку в області машинобудування

ANSYS – система, що активно застосовується на таких відомих підприємствах, як ABB, BMW, Boeing, Caterpillar, Daimler – Chrysler, Exxon, FIAT, Ford, БелАЗ, General Electric, Lockheed Martin, MeyerWerft, Mitsubishi, Siemens, Shell, Volkswagen – Audi та ін. Дійсно має свої активи в хмарі і щорічно оновлюється не вимагаючи перевстановлення ключів. А ось на відміну від неї універсальна система для проектування і розрахунку в області машинобудування APM WinMachine встановлюється з диску або флешки і після кожного оновлення вимагає новий електронний ключ.

Тобто не всі системи CAE можна використовувати в якості сервісу CAEaaS, а лише ті що доступні в хмарах.

Ще одними з найважливіших питань які необхідно враховувати при виборі хмарної платформи є питання ціни і безпеки (тема наступного дослідження). Ціни українських провайдерів доступніші і прозоріші, але досвід дає перевагу не на користь вітчизняних постачальників.

Висновки

У роботі проведений розширений аналіз хмарних обчислень як сервісів. Серед наведених сервісів виділено базові сервіси IaaS, SaaS, PaaS, які є основою для існування більш уніфікованих сервісів, що збільшують область використання. Визначено, що для того, щоб перенести роботу систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу з'явився новий перспективний сервіс CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service) – комп'ютерні системи інженерного аналізу як сервіс. Успіх реалізації того чи іншого проектного рішення залежить від усвідомлення відповідального вибору на самому першому етапі. На жаль, Україна в підтримці хмарного сервісу CAEaaS робить лише перші кроки і забезпечити технологічні потреби підприємств може при умові залучення закордонних постачальників. Адже, якщо б мова йшла про економічну доцільність використання українських ЦОД, то тут перевага віддавалася б за меншою віддаленістю постачальника. На думку авторів роботи, за хмарним сервісом CAEaaS майбутнє української промисловості. Адже САЕ допомагає скоротити витрати і час на розробку продукту, покращити якість та довговічність продукту. Дизайнерські рішення можна приймати виходячи з їх впливу на продуктивність. Конструкції можна оцінити та вдосконалити, використовуючи комп'ютерне моделювання, а не фізичне тестування прототипів, економлячи гроші та час. САЕ може дати уявлення про ефективність раніше в процесі розробки, коли зміни дизайну зробити дешевше. САЕ допомагає інженерним командам керувати ризиками та розуміти наслідки для продуктивності їх конструкцій. Комплексне керування даними САЕ та управління процесами розширює здатність ефективно використовувати уявлення про ефективність та вдосконалювати конструкції для широкої спільноти. Гарантійний вплив зменшується шляхом виявлення та усунення потенційних проблем. При належному інтегруванні в розробку продукту та виробництва САЕ може включити попереднє вирішення проблеми, що може значно зменшити витрати, пов'язані з життєвим циклом продукту.

Література:

1. Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023. USA, Framingham, July 3, 2019. [Online]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45340719>. Accessed on: Jan., 16, 2020.

2. А. Е. Кононюк, Фундаментальная теория облачных технологий: Общенаучные подходы формирования систем облачных технологий: кн. 1, Киев, Украина: Освіта України, 2018.

3. К. О. Вольська, та А. П. Дикий, «Бухгалтерський облік у «хмарі»: порядок переходу та адаптації інформаційної системи підприємства», Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу, ЖДТУ, № 2(37), с. 24 – 29, 2017. DOI: 10.26642/pbo-2017-2(37)-24-29.

4. Хмарні обчислення, Integrity Systems. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>. Дата звернення: Січ. 27, 2020.

5. А. Е. Кононюк, Фундаментальная теория облачных технологий: Введение в фундаментальную теорию облачных: кн. 2, Киев, Украина: Освіта України, 2018.

2.5. Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G

Вступ та постановка задачі. 5G це нове покоління радіосистем і мережевої архітектури, яке буде представляти з себе максимальний широкопasmовий доступ, ультра-надійність, малий час затримки підключення і масивні мережі для користувачів та Інтернет речей [1–5]. 5G буде набагато більше, ніж просто нова технологія радіозв'язку. Вона буде поєднувати в собі існуючі технології радіодоступу з новими, оптимізованими для конкретних смуг частот і розгортання мережі, сценаріїв і варіантів використання. 5G також буде використовувати принципово нову мережеву архітектуру, засновану на технологіях Network Function Virtualization (NFV) і Software Defined Networking (SDN) [1, 4, 5]. Програмованість матиме ключове значення для досягнення гіпер-гнучкості, так як стільниковим операторам потрібно буде підтримувати нові вимоги зв'язку, що висуватимуться до них з широкого кола користувачів, пристроїв, компаній з різних галузей промисловості та інших організацій. Мережі 5G повинні бути програмованими, програмно забезпеченими і управлятися цілісно, щоб забезпечити різноманітний і вигідний спектр послуг.

Метою роботи є дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G.

Основна частина

Концепція 5G

Визначають п'ять ключових аспектів, які описують трансформацію сучасних комунікацій в епоху 5G [4, 5]:

– Можливості визначають нові вимоги, які повинна підтримувати технологія 5G і нові ресурси, які вона створить.

– Універсальна радіосистема досліджує різні технології радіодоступу, які в сукупності забезпечують ультра-гнучке підключення.

– Система систем визначає архітектуру мережі, яка буде необхідна, як вона буде підтримувати нові вимоги і забезпечувати великий досвід і надійний захист, які очікують користувачі та підприємства з різних галузей.

– Практичність пропонує основні етапи розвитку 5G і як оператори зв'язку зможуть розгорнути мережі в найбільш ефективний спосіб.

– Потенціал описує, як нова комунікаційна ера 5G змінить повсякденне життя людей, різні галузі промисловості і весь бізнес стане провайдером зв'язку.

Найбільша різниця між 5G і успадкованими проектними вимогами є різноманітність сценаріїв використання, котрі мережі 5G повинні підтримувати в порівнянні з сучасними мережами, які були розроблені в першу чергу для забезпечення високошвидкісного широкосмугового стільникового зв'язку. Проте, 5G буде для людей і речей, які можуть бути широко розділені на три категорії використання [5]:

– Масивний широкосмуговий доступ, що забезпечує гігабайт трафіку за потреби.

– Максимальний зв'язок з пристроєм, що вимагає негайну eye-to-hand зворотну синхронізацію для дистанційного керування роботами і забезпечення Tactile Internet.

– Широкомасштабний зв'язок з пристроєм, який забезпечує з'єднання мільярдів сенсорів і пристроїв.

Нове 5-е покоління стільникових пристроїв буде побудовано навколо двох основних принципів проектування, якими керуються всі вимоги і технічні рішення.

Ключовим принципом проектування мереж 5G є гнучкість, для підтримання невідомих видів використання, які неминуче виникнуть в майбутньому. Випадки використання для 5G будуть більш різноманітними, ніж будь-коли, і вимагатимуть дуже різноманітні характеристики каналу зв'язку. Ось деякі приклади:

– Масові передачі даних вимагають великих розмірів пакетів і багато виділених ресурсів.

– Нестационарні датчики потребують тільки невеликі розміри пакетів і рідкісні виділенні ресурси, але в свою чергу, вимагають ефективний режим сну батареї.

– Гнучка адаптація до швидких змін трафіку у висхідній та низхідній лініях зв'язку.

– Поточкове відео вимагає узгодження затримки зі швидкістю передачі даних.

Системи зв'язку після 2020 року повинні бути досить гнучкими, щоб вмістити всі різні варіанти використання без збільшення складності управління [4, 5].

Ще одна причина того, що гнучкість – перший ключовий принцип проектування 5G є те, що будь-яка нова технологія або система, яку розробляють для 5G повинна бути в майбутньому виправдана і використовуватись щонайменше до 2030 року. Це означає, що людство

малоймовірно може в даний час передбачити всі майбутні випадки використання. Тому, нові компоненти 5G необхідно розроблятися таким чином, щоб була змога легко розширити їх для пристосування до невідомих на цей час сценаріїв.

Надійність – ще один ключовий принцип проектування. Гнучка інтеграція різних технологічних компонентів буде рухати мережі від кращого стільникового широкосмугового зв'язку в напрямку дійсно надійного зв'язку. Надійність це не тільки доступне оснащення, вона також включає в себе сприйняття нескінченної пропускної здатності та покриття, котрі майбутні стільникові мережі будуть забезпечувати в будь-який час і в будь-якому місці. Це означає, що для всіх випадків використання і переважної більшості користувачів, необхідні дані будуть отримані у встановлений термін і не будуть залежати від технології, що використовується.

Крім того, надійність стає все більш важливою, оскільки ми покладаємо на стільниковий зв'язок контроль і безпеку. Надійне з'єднання може бути визначено як ймовірність правильного декодування певного пакета даних протягом певного періоду часу. Це означає, що повторна передача може бути необхідна для забезпечення прийому правильного пакету даних, процес, який неминуче призведе до затримки передачі. Таким чином, навіть для отримання числа затримок технології LTE з більш високою надійністю, буде потрібна більш низька система затримки [2, 3].

Вважаючи надійність ключовим принципом проектування 5G впливає, що [4, 5]:

– вимога виражається в % користувачів, а не місця/покриття, тому що навіть надійна мережа повинна бути економічно ефективною для постачальників послуг;

– механізми компромісу між надійністю зв'язку (низький рівень помилок пакетів), пропускною здатністю і/або затримкою введені в простий і ефективний спосіб;

– кілька мережевих шарів і технології радіодоступу використовуються для того, щоб забезпечити найбільш надійний зв'язок на основі потреб програми користувача, місця розташування і мобільності.

Вимоги до архітектури мережі 5G

Нова мережева архітектура буде мати важливе значення для задоволення потреб в період після 2020, для керування складними багат шаровими ті мультитехнологічними мережами, а також для досягнення вбудованої

гнучкості. Ера мереж 5G буде програмованою, з керуванням програмного забезпеченням і цілісним управлінням [5].

Стільникові мережі 5G будуть зосереджені на якість обслуговування клієнтів і повинні бути побудовані навколо потреб користувачів. Вартість мереж буде залежати від їх персоніфікації і досвіду їх використання.

Мережі будуть пізнавати і оптимізувати себе автономно. Когнітивні мережі будуть використовувати великі аналітичні данні і штучний інтелект для вирішення складних завдань оптимізації в режимі реального часу і в передбачений спосіб. Всі частини мережі будуть хмарними, щоб використовувати існуючі ресурси найкращим чином. З більшим інтелектуальним розміщенням ближче до користувача і здатністю обробляти великі обсяги даних, продуктивність мережі можна буде прогнозувати і оптимізувати.

Ця мережева архітектура спричинить за собою повне використання відкритих програмних технологій, відповідність будь-якій галузі і більш тісне співробітництво з ІТ-гравцями. У той же час, органи по стандартизації та організації, такі як 3GPP і ETSI будуть продовжувати допомагати визначити найкращий стандарт 5G, забезпечуючи сумісність щодо радіо інтерфейсу, відповідного програмного забезпечення і архітектури управління мобільністю [5].

Банально, тому що не можливо передбачити всі майбутні застосування, додатки і бізнес-моделі, мережа повинна бути гнучкою і масштабованою, щоб впоратися з невідомим.

Останні вимоги епохи мереж 5G в 2020 році і за її межами сформували архітектурне бачення майбутньої мережевої архітектури «Cognitive and cloud Optimized Network Evolution» (CONE). CONE включає в себе фундаментальні зміни з восьми мережевих доменів, як мобільних, так і фіксованих (рис), та поєднує в собі топологічне уявлення радіодоступу і базових мереж з функціональною архітектурою з точки зору мережевих функцій.

Дослідження ключових технологій для забезпечення вимог 5G

Взагалі ключові принципи архітектури мережі 5G полягають в наступному [4, 5]:

– Поділ мережевих вузлів на елементи, що забезпечують роботу протоколів «площині користувача» (UP – User Plane) і елементи, що забезпечують роботу протоколів «площині управління» (CP – Control Plane), що значно збільшує гнучкість в частині масштабування і розгортання (допускаючи

централізоване і децентралізоване розміщення окремих складових мережевих вузлів).

– Поділ мережевих елементів на мережеві шари (Network Slicing), ґрунтуючись на послуги, що надаються конкретним групам кінцевих користувачів.

– Реалізація мережевих елементів у вигляді віртуальних сеті функцій – VNF (Virtual Network Functions).

– Підтримка одночасного доступу до централізованих і локальних службам, що дозволяє реалізовувати концепції хмарних (fog computing) і прикордонних (edge computing) обчислень.

– Визначення конвергентної архітектури, що об'єднує різні типи мереж доступу (AN – Access Network) – 3GPP (New Radio – NR) і не 3GPP (WiFi та ін.) з єдиною опорною мережею (CN – Core Network).

– Підтримка єдиних алгоритмів і процедур автентифікації (вне залежності від типу мережі доступу).

– Підтримка мережевих функцій без збереження стану (stateless), де обчислювальний ресурс відділений від ресурсу зберігання.

– Підтримка роумінгу з маршрутизацією трафіку як через домашню мережу (Home routed), так і з локальним приземленням (Local breakout) в гостьовій мережі (VPLMN).

В архітектурі 5G взаємодія між мережевими функціями представлено двома способами:

– сервіс-орієнтоване, коли одні мережеві функції (наприклад, AMF) дозволяють іншим авторизованим мережним функціям отримувати доступ до їх сервісів;

– частиною інтерфейсу, яке показує яка взаємодія існує між сервісами втратити зв'язок із мережею, описаних як взаємодія точка-точка (наприклад, інтерфейс N11) між будь-якими двома мережевими функціями (наприклад, AMF і SMF).

Мережеві функції на площині управління 5G повинні використовувати тільки сервіс-орієнтовані інтерфейси для їх взаємодії.

Мережа 5G включає в себе наступні основні програмні модулі і мережеві функції (NF):

– функція управління доступом і мобільністю (AMF – Access and Mobility Management Function);

– функція управління сесіями (SMF – Session Management Function);

– функція передачі даних користувачів (UPF – User Plane Function);

- модуль керування даними користувачів (UDM – Unified Data Management);
- уніфікована база даних (UDR – Unified Data Repository);
- система зберігання неструктурованих даних (UDSF – Unstructured Data Storage Function);
- функція вибору мережевого шару (NSSF – Network Slice Selection Function);
- функція управління політиками (PCF – Policy Control Function);
- функція забезпечення взаємодії з зовнішніми додатками (NEF – Network Exposure Function);
- сховище втратити зв'язок із мережею (NRF – NF Repository Function);
- прикладна функція (AF – Application Function);
- функція підтримки обміну короткими текстовими повідомленнями за допомогою протоколу NAS (SMSF – SMS Function);
- функція взаємодії з не-3GPP мережею доступу (N3IWF – Non-3GPP InterWorking Function);

Для забезпечення вимог до мереж 5G в розглянутій вище архітектурі необхідно буде використовувати принципово нові технології, такі, наприклад, як SDN, NFV, SDR, MEC та інші.

Розглянемо їх більш детально.

Концепція SDN

Концепція SDN базується на наступних принципах [4, 5]:

- розділення control plane та data plane. В SDN відбувається розділення процесів передачі інформаційного трафіку та трафіку управління.
- єдиний, уніфікований, незалежний від постачальника інтерфейс між рівнем управління та рівнем передачі даних.
- логічно централізоване управління мережею, здійснюване за допомогою контролера.
- програмованість мережі. Метою ПКМ є можливість застосовувати програмні додатки, що будуть впливати на всю мережу. Ці додатки можуть підвищити надійність мережі шляхом надання нових засобів безпеки, покращити маршрутизацію трафіку та процес надання пріоритетів, що призводить до кращої якості обслуговування;
- віртуалізація фізичних ресурсів мережі.

Для кращого розуміння концепції SDN, необхідно розглянути архітектуру традиційних IP-мереж і визначити їх відмінності.

В сучасній IP-мережі (зображено на рис. 1.) функціонують маршрутизатори та комутатори – складні мережеві пристрої, що використовують велику кількість протоколів.



Рис. 1 – Спрощена архітектура IP-мережі

При цьому, основна їх функція – комутація каналів зв'язку. Для виконання даної функції маршрутизатори використовують протоколи маршрутизації, такі як RIP, OSPF (Open Shortest Path First), IS-IS (Intermediate System to Intermediate System) – для маршрутизації всередині автономних систем та BGP (Border Gateway Protocol) – для маршрутизації від/до інших автономних систем. Комутатори застосовують протокол STP для можливості функціонування в мережах з «вузлами» та VLAN для ізоляції трафіку. Весь функціонал виконується кожним із пристроїв самостійно, при цьому жоден з пристроїв не має детального бачення мережі, а зв'язується лише зі своїми прямими сусідами. Тому між сусідами постійно генерується службовий трафік по тим же каналам зв'язку, по яким передається інформаційний трафік.

Концепція SDN передбачає розділення площин трафіку і управління [4, 5] Спрощена архітектура зображена на рис.2. В SDN-мережах весь інтелект апаратного забезпечення (площина управління) переноситься до єдиного центру – контролера. Таким чином, SDN-комутатори – прості пристрої, єдиною функцією яких є комутація і передача даних (функція площини трафіку). Робота контролера може бути частково чи повністю автоматизована завдяки програмним додаткам, що самостійно керують мережевими ресурсами. Контролер приймає всі рішення, базуючись на повному баченні мережі і застосовує їх одночасно до усіх пристроїв мережі. Наприклад, при надходженні великого потоку трафіку, правил маршрутизації якого комутатор не знає, контролер приймає рішення один раз для усіх пристроїв; в традиційній мережі кожен пристрій має здійснювати маршрутизацію окремо. Сигнальна інформація надходить до нього по окремим каналам, ізольованим (часто фізично) від

каналів передачі даних. Все це покращує ефективність роботи мережі і збільшує швидкість обробки даних, особливо для великих об'ємів трафіку.

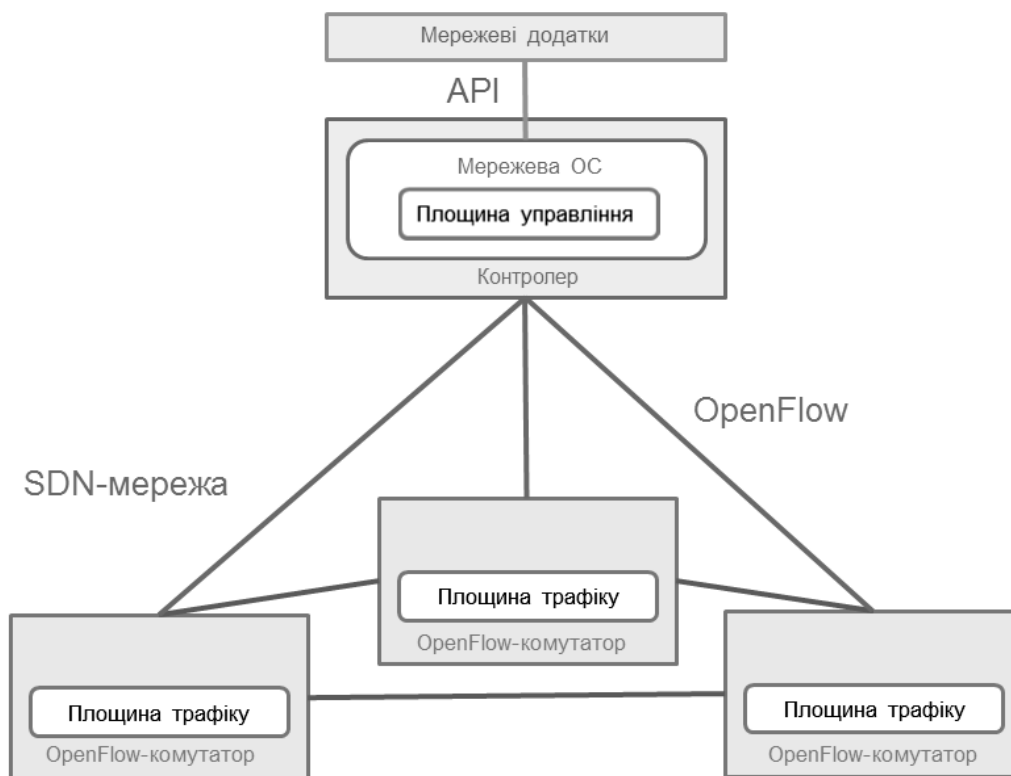


Рис. 2 – Спрощена архітектура SDN-мережі

Реалізація концепції SDN на практиці дозволить операторам ISP (Internet Service Provider) отримати незалежний від виробників обладнання контроль над всією мережею з єдиного місця, що значно спростить її експлуатацію. Що не менш важливо, конфігурування мережі сильно спроститься, і адміністраторам не доведеться вводити сотні рядків коду окремо для різних комутаторів або маршрутизаторів. Характеристики мережі можна буде оперативно змінювати в режимі реального часу, відповідно, терміни впровадження нових додатків і сервісів значно скоротяться.

Для реалізації SDN-мереж використовують два основних методи [4]:

– Реалізація SDN на базі спеціальних комутаторів (протокол Openflow). При такій побудові мережі в якості мережевого обладнання використовуються комутатори, які для взаємодії з контролером використовують протокол Openflow. При цьому інше обладнання, таке як IP-комутатори та маршрутизатори, не використовується в «чистій» SDN-мережі.

– Реалізація SDN на базі віртуальних комутаторів за технологією Overlay. Така SDN-мережа може бути побудована поверх звичайної мережі, при цьому до фізичного комутатора чи маршрутизатора приєднується запущений на

гіпервізорі віртуальний комутатор (наприклад Open vSwitch), що підтримує протокол Openflow. Весь трафік, що надходить на фізичний пристрій, пересилається на програмний комутатор, де відбувається його маршрутизація. Після цього трафік відправляється потрібному адресату з фізичного комутатора.

В архітектурі SDN можна виділити три рівні, вказані на рис. 3:

– інфраструктурний рівень, що являє собою набір мережевих пристроїв (комутаторів і каналів передачі даних);

– рівень управління, що включає в себе мережеву операційну систему, яка забезпечує додаткам мережеві сервіси, і програмний інтерфейс для управління мережевими пристроями і мережею;

– рівень мережевих додатків для гнучкого та ефективного управління мережею.

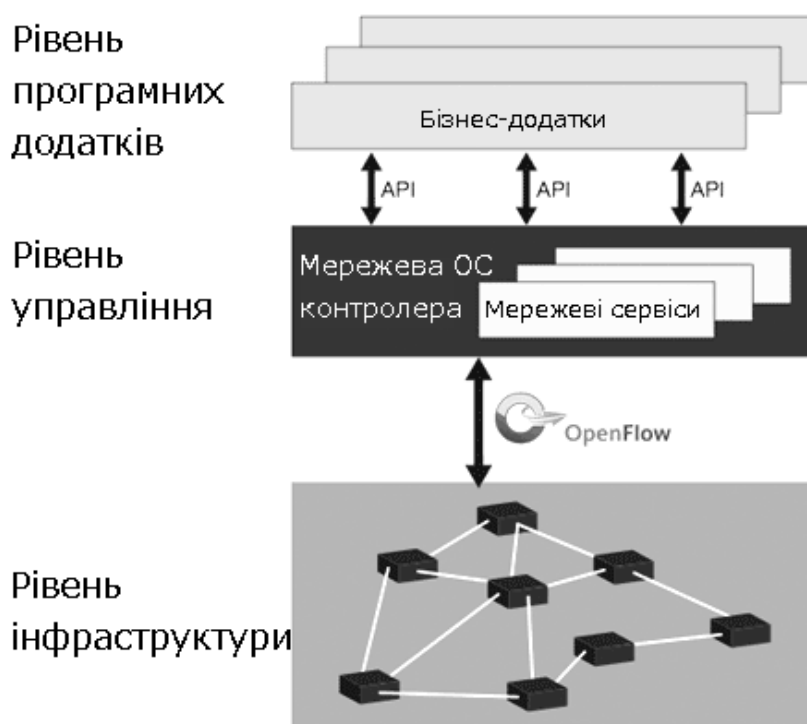


Рис. 3 – Архітектура SDN

Рівень мережевих додатків SDN дозволить програмувати мережу як єдине ціле, а адміністраторам не доведеться займатися окремими пристроями. Він зв'язаний з контролером інтерфейсом API (Application Programming Interface) – прикладним програмним інтерфейсом, що широко використовується сучасними програмістами, а тому полегшує написання програмного забезпечення для контролера.

На рівні управління функціонує контролер з встановленою на нього мережевою ОС. Контролер характеризується повним баченням мережі, що дозволяє роздавати пристроям мережі інструкції по обробці трафіку тощо.

На рівні інфраструктури знаходяться прості пристрої, яким не потрібно працювати з сотнями протоколів – досить слідувати інструкціям контролера, а значить, вони можуть бути простими і дешевими.

Для взаємодії між рівнем контролю та рівнем інфраструктури використовують протокол OpenFlow. Протокол використовується для управління мережевими комутаторами і маршрутизаторами з контролера мережі. Це управління замінює або доповнює працюючу на комутаторі (маршрутизаторі) вбудовану програму, що здійснює побудову маршруту, створення карти комутації і т. д. Контролер використовується для управління таблицями потоків комутаторів, на підставі яких приймається рішення про передачу прийнятого пакета на конкретний порт комутатора. Таким чином в мережі формуються прямі мережеві з'єднання з мінімальними затримками передачі даних і необхідними параметрами.

Пристрій OpenFlow складається, як мінімум, з трьох компонент [4]:

- таблиця потоків (flow table);
- безпечний канал (secure channel);
- власне протокол OpenFlow.

Така концепція побудови комп'ютерної мережі надає цілий ряд можливостей, більшість яких неможливо реалізувати при використанні традиційної архітектури. Далі проведено аналіз основних можливостей, які надає концепція програмно-конфігурованих мереж.

1. Централізоване управління ресурсами мережі.
2. Уніфікація управління.
3. Програмування додатків API.
4. Розширення можливостей обладнання.
5. Маршрутизація в SDN. Підвищення швидкості передачі.
6. Віртуальні мережі SDN.
7. Засоби безпеки.
8. Динамічна переконфігурація.
9. Можливість проводити будь-які експерименти на окремій віртуальній мережі, використовуючи обладнання, що обслуговує основну мережу, не порушуючи її роботу.

Можливість організації нових послуг, оскільки знімаються фізичні обмеження, що накладаються обмеженим числом виробників обладнання.

Концепція NFV

Network Functions Virtualization (NFV) – це архітектурна концепція, яка використовує технології віртуалізації на рівні мережі і мережевих функцій. Певною мірою NFV можна вважати розвитком концепції SDN (Software-Defined Networking), але більш правильним буде зворотнє твердження про те, що NFV використовує SDN. SDN всередині NFV може застосовуватися на мережевому рівні як в інфраструктурі, так і в споживача сервісу. Контролер SDN може бути вбудований в систему менеджменту NFV, може бути реалізований як віртуальна або навіть апаратна сутність. Концептуальне поєднання архітектур NFV і SDN на якісному рівні описано в документі Network Functions Virtualisation (NFV); Ecosystem; Report on SDN Usage in NFV Architectural Framework Європейського інституту телекомунікаційних стандартів (ETSI).

В першу чергу, NFVi (NFV Infrastructure) – інфраструктура, яка реалізує концепцію віртуалізації втратити зв'язок із мережею. Це мережева і обчислювальна платформа, на якій базується віртуалізація, рівень самої віртуалізації. VNFs (Virtualised Network Functions) – віртуалізовані функції, наприклад: Firewall (FW), DHCP, Mobility Management Entity (MME), Evolved Packet Core (EPC), Serving Gateway (SGW) і ін. Система MANO (NFV Management and Orchestration) – система комплексного управління та моніторингу. vCPE (virtual Customer Premises Equipment) – віртуалізація кінцевих пристроїв замовника в операторському хмарі (контейнер VNF). Гнучка схема надання даних сервісів бізнесу – це основна рушійна сила для переходу провайдера на концепцію NFV (на думку Infonetics Research Survey, 2014 року).

Розподілена схема NFV включає наступні варіанти базування компонент:

– в ЦОД провайдера послуги – вся обробка відбувається в ЦОД провайдера;

– в замовника сервісу – частина обробки відбувається на майданчику замовника сервісу;

– змішаний режим – поєднання обох варіантів локалізації.

Перелічимо основні цілі, які можуть бути досягнуті в результаті переходу на концепцію NFV:

– прискорення інноваційних процесів в наданих сервісах за допомогою програмного розгортання і впровадження мережевих функцій та наскрізних послуг;

– поліпшення експлуатаційної ефективності в результаті спільної автоматизації і скорочення операційних процедур, а також зниження енергоспоживання за рахунок міграції робочих навантажень і відключення невикористаного обладнання;

– стандартизація інтерфейсів між мережевими функціями і їх керуючими об'єктами і можливість надання мережесистемними елементами різними гравцями (наприклад, VNaaS-провайдер 1 на базі IaaS-провайдера 2);

– підвищення ефективності капіталів і загальної гнучкості мережевої архітектури завдяки відходу від апаратних реалізацій.

Таким чином, наприклад, стосовно до мережесистемних операторів послуг і їх клієнтам забезпечуються наступні переваги:

– скорочення операційних капітальних витрат і операційних витрат (CAPEX / OPEX) за рахунок зниження вартості обладнання і зниження споживання енергії;

– скорочення «виходу на ринок» для розгортання нових мережесистемних сервісів, поліпшення віддачі від інвестицій в нові послуги;

– велика гнучкість для збільшення, зменшення або розвитку послуг; відкритість для ринку віртуальних пристроїв і «чистих» учасників;

– можливість апробування та впровадження нових інноваційних послуг з меншим ризиком; відхід від частих EoL / EoS, спрощення RMA та інших процедур за рахунок скорочення різноманітності парку апаратних пристроїв.

Аналіз можливостей використання MEC для мереж 5G

Multi-Access Edge Computing (MEC) пропонує розробникам додатків та постачальникам контентних можливостей хмарних обчислень та середовищу IT-сервісу на межі мережі [4, 5]. Це середовище характеризується наднизькою затримкою та високою пропускнуною здатністю, а також доступом до інформації в радіомережі в реальному часі, яку можна використовувати додатками.

MEC забезпечує нову екосистему та ланцюжок вартості. Оператори можуть відкрити свою мережу радіодоступу (RAN) для уповноважених третіх сторін, що дозволяє їм гнучко та швидко розгорнути інноваційні програми та послуги до мобільних абонентів, підприємств та вертикальних сегментів.

MEC – це природний розвиток в еволюції мобільних базових станцій та конвергенції IT та телекомунікаційних мереж. Багаторазовий обчислювач Edge дозволить отримати нові вертикальні бізнес-сегменти та послуги для споживачів та клієнтів підприємств. Сюди включається:

– відеоаналітика;

– послуги локації;

- Інтернет-речі (IoT);
- доповнена реальність;
- оптимізований локальний розподіл вмісту та кешування даних.

Це однозначно дозволяє програмам використовувати локальний вміст та інформацію в режимі реального часу за умови існування локальної мережі доступу. За допомогою розгортання різних служб та кешування вмісту на межі мережі, основні мобільні мережі позбавляються від подальших перевантажень і можуть ефективно обслуговувати інші більш глобальні цілі.

MEC дозволяє операторам стільникового зв'язку відкривати свою радіолінію, що реагує на уповноважену третю сторону, таким чином, як розробники пропонують і встановлюють контент. Для них MEC надає стандартизовану відкриту середу з максимальною можливістю виходу, мінімальними затримками та збереженням доступу у реальному часі до оперативної інформації [4, 5].

Недавно група ETSI, що займається MEC, розповсюджує сферу своєї діяльності, включаючи в себе таку саму загальну мережу інших технологій, і ввімкнула термін Multi-Access Edge Computing.

Використовуючи архітектуру Multi-Access Edge Computing, оператори передають можливість розширення на кордонах, використовуючи нове покоління, в CDN, DNS, 5G та телеметричних сервісах IoT, мобільних трафіках. Вони зможуть запропонувати геолокаційні служби, відеоаналітику, послуги доповненої реальності та інформацію для підключених автомобілів. Більше того, у вашому операторі буде можливість представити інфраструктуру за сервісною моделлю сторонніх організацій. Це важливо для першої очевидності для середнього та малого бізнесу, яка відкрита для сучасних технологій.

Multi-Access Edge Computing ідеально підходить для того, щоб забезпечити готовність наявної інфраструктури для розширення послуги високої пропускної здатності з ультрамалими затримками і в майбутньому плавно перейти до мереж 5G.

Висновки

Проведені в даній роботі дослідження надали змогу отримати наступні результати. Було проаналізовано ключові напрямки та рушійні сили розвитку стільникових мереж зв'язку п'ятого покоління. Тому в даній роботі було проведено змістовний аналіз перспективних стільникових мереж 5G, визначено основні рушійні сили розвитку мобільного широкопasmового доступу. Також було проаналізовано узгоджену архітектуру стільникових мереж 5G. В даній

архітектурі планується використання сучасних технологічних рішень, що нададуть змогу забезпечити критичні вимоги до сучасних стільникових мереж. До цих технологій відноситься віртуалізація мережевої архітектури (NFV), програмно-конфігуровані мережі (SDN) та MEC. В роботі були розглянуті перспективи використання кожного із запропонованих технологічних рішень, а також обмеження та недоліки їх використання.

Література

1. В. Ф. Єрохін, Б. А. Гиндич, та О. В. Кувшинов, «Аналіз і прогноз розвитку систем мобільного зв'язку загального користування», Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ», № 1, с. 54 – 64, 2011.

2. IMT-Advanced (4G) Mobile wireless broadband on the anvil. [Online]. Available: http://itu.int/newsroom/press_releases/2009/48.html. Accessed on: Febr. 21, 2020.

3. ETSI TR 136 913 V14.0.0 (2017-04) LTE: Requirements for further advancements for Evolved Universal Terrestrial Radio. [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/136900_136999/136913/09.00.00_60/tr_136913v090000p.pdf. Accessed on: Febr. 21, 2020.

4. Р. С. Одарченко, «Обґрунтування основних вимог до систем безпеки стільникових мереж 5-го покоління», Безпека інформації, № 3, т. 21, с. 102 – 106, 2015.

5. 5G Infrastructure Association: Vertical Sectors White Papers. [Online]. Available: <https://5GPPP.eu/whitepapers>. Accessed on: Febr. 21, 2020.

2.6. Розроблення програмного забезпечення організації життєвого циклу віртуальних спільнот

Вступ і постановка задачі. Запропоновані методи та алгоритми виконання етапів організації життєвого циклу віртуальної спільноти є основою програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Основне призначення програмно-алгоритмічного комплексу є автоматизація процесу створення віртуальної спільноти, збереження та дотримання документація зі створення та управління віртуальною спільнотою.

Завдання програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти – це:

- формування виконавчої групи зі створення віртуальної спільноти – внесення інформації про менеджера та виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- документування проміжних результатів у формі звітів, внесення їх у базу даних організації життєвого циклу віртуальної спільноти, зокрема документування показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- визначення критичності показників організації життєвого циклу віртуальних спільнот;
- визначення планових показників організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Споживачі програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальних спільнот:

- власники та адміністратори віртуальних спільнот;
- маркетологи;
- PR-спеціалісти компаній, політичних партій, відомих особистостей.

Програмно-алгоритмічний комплекс організації життєвого циклу віртуальної спільноти розроблений за допомогою мови програмування C# (Windows Forms).

Опираючись на розроблену базу даних організації життєвого циклу віртуальної спільноти (SQL server), використали технологію Entity Framework з підходом Database First. Для роботи з соціальними мережами використали бібліотеку PhantomJSDriver. Ця бібліотека дає змогу автоматично створювати спільноту та завантажувати основну фотографію спільноти.

Основна частина

1. Програмно-алгоритмічний комплекс організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Структуру програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти наведено на рис. 1.

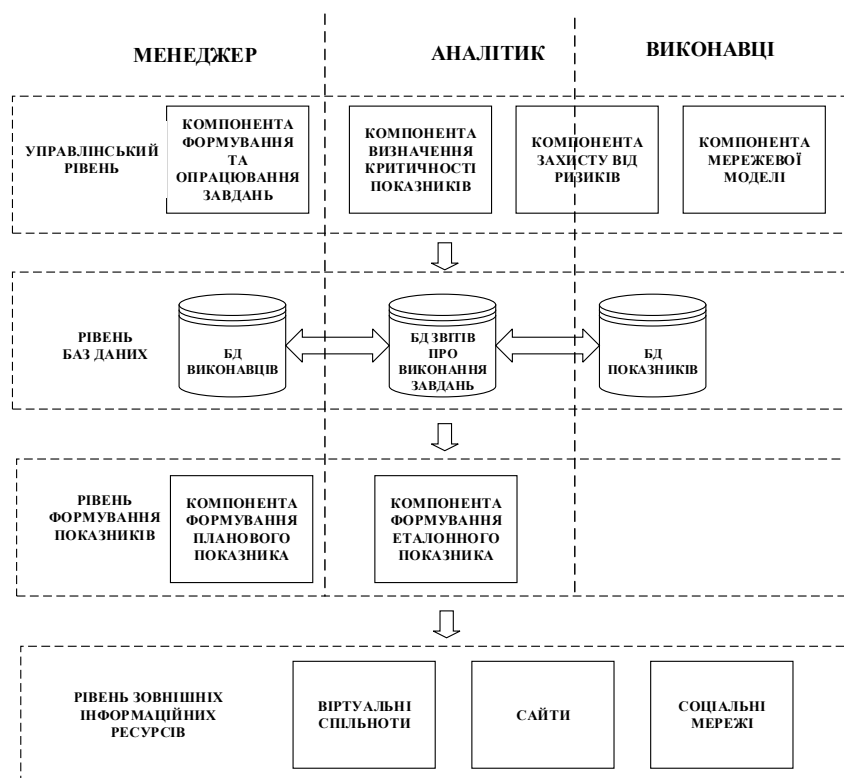


Рис. 1 – Структура програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Структура програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти складається з чотирьох рівнів:

– **управлінський рівень компонент.** Рівень виконання організації життєвого циклу віртуальної спільноти відповідає за виконавчі компоненти життєвого циклу віртуальної спільноти. Виконавцями компонент цього рівня є менеджер, аналітик та виконавці напрямів:

– **рівень баз даних.** Рівень баз даних містить бази даних організації життєвого циклу віртуальної спільноти, в яких зберігається вся інформація про хід створення віртуальної спільноти;

– **рівень формування показників.** Елементом цього рівня є компонента формування еталонного показника завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти та компонента формування пльного показника завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

– *рівень зовнішніх інформаційних ресурсів*. Рівень охоплює такі інформаційні ресурси, як: соціальні мережі, віртуальні спільноти, сайти.

За виконання усіх рівнів програмного комплексу організації життєвого циклу відповідають виконавці, які поділені на робочі місця.

Робоче місце «Менеджер». Робоче місце «Менеджер» відповідає за організацію життєвого циклу віртуальної спільноти. Основні функції робочого місця полягають у формуванні завдань, розподілі завдань між виконавцями команди «Виконавці», документуванні та прийнятті ключових рішень щодо організаційного процесу створення віртуальної спільноти.

Результатом роботи робочого місця «Менеджер» є:

- сформовані завдання напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти для команди «Виконавці»;
- обчислені планові показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- отримані та занесені в базу даних звіти про виконання завдань організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- готова та функціонуюча віртуальна спільнота;
- підтримка діяльності віртуальної спільноти протягом усього періоду її існування.

Результати роботи робочого місця «Менеджер» записуються з бази даних показників та базу даних звітів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Робоче місце «Аналітик». Робоче місце «Аналітик» відповідає за аналізування даних у певній сфері діяльності. Фахівцем робочого місця є аналітик. У силу проектних обмежень віртуальної спільноти аналітиків може бути декілька, адже аналітик – це не конкретна професія, за спеціальністю аналітик поділяється на: аналітик-маркетолог, системний аналітик, фінансовий аналітик та ін.

Основні функції робочого місця полягають у аналізуванні предметної галузі віртуальної спільноти, аналізуванні еталонних спільнот, що, своєю чергою, може містити підзавдання для аналізування окремих спеціальностей.

Результатом роботи робочого місця «Аналітик» є:

- сформовані показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти на основі аналізу предметної галузі;
- сформовані еталонні показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сформовані виконавцем показники записуються з базу даних показників організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Команда «Виконавці». Команда «Виконавці» – команда виконавців, які відповідають за виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Робочі місця відповідають напрямам організації життєвого циклу віртуальної спільноти, а саме: користувацькому, інформаційному, репутаційному, ресурсному. До робочого місця може бути прикріплено декілька виконавців залежно від специфіки створюваної віртуальної спільноти.

«Виконавець користувацького напрямку». Робоче місце, що відповідає за виконавців користувацького напрямку. Виконавці цього робочого місця відповідають за діяльність пов'язану з учасниками віртуальної спільноти. Виконавців, що закріплені за цим робочим місцем може бути декілька залежно від кількості та складності завдань, що їх делегував менеджер.

Результатом роботи робочого місця «Виконавець користувацького напрямку» є:

- виконання завдань користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти делегованих менеджером віртуальної спільноти;
- формування вхідних та вихідних показників завдань користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- формування звіту про виконання завдання користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти, подання його менеджеру спільноти;
- виконання заходів протидії спільноти від соціально-орієнтованих ризиків, які належать до користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

«Виконавець інформаційного напрямку» – це робоче місце, що відповідає за виконавців завдань інформаційного напрямку. Виконавці цього робочого місця відповідають за діяльність, пов'язану з інформаційним наповненням віртуальної спільноти.

Результатом роботи робочого місця «Виконавець інформаційного напрямку» є:

- залучена необхідна та встановлена замовниками та менеджером віртуальної спільноти кількість учасників віртуальної спільноти;
- виконання завдань інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти делегованих менеджером віртуальної спільноти;

- формування вхідних та вихідних показників завдань інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- формування звіту про виконання завдання інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти, подання його менеджеру спільноти;
- виконання заходів протидії спільноти від соціально-орієнтованих ризиків, які відносяться до інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

«Виконавець репутаційного напрямку» – це робоче місце, що відповідає за виконавців завдань репутаційного напрямку. Виконавці цього робочого місця відповідають за діяльність, пов'язану з підтримкою репутації віртуальної спільноти.

Результатом роботи робочого місця «Виконавець репутаційного напрямку» є:

- виконання завдань репутаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти делегованих менеджером віртуальної спільноти;
- формування вхідних та вихідних показників завдань репутаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної;
- формування звіту про виконання завдання репутаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти, подання його менеджеру спільноти;
- виконання заходів протидії спільноти від соціально-орієнтованих ризиків, які відносяться до репутаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Виконавець «Ресурсного напрямку» – це робоче місце, що відповідає за виконавців ресурсного напрямку. Виконавці цього робочого місця відповідають за діяльність пов'язану з технічними та технологічними характеристиками віртуальної спільноти. Виконання завдань ресурсного напрямку здійснює без показників. Виконавці відповідають за вибір платформи, де створюватиметься віртуальна спільнота, та за технічну підтримку.

1.1. Компоненти управлінського рівня

«Компонента мережевої моделі». Мережева модель організації життєвого циклу віртуальної спільноти побудована на основі мережі Петрі. Модель відповідає процесу функціонування віртуальної спільноти. При організації життєвого циклу віртуальної спільноти мережева модель є основним інструментом для моделювання виконання завдання напрямів паралельними процесами.

«Компонента формування та опрацювання завдань». Компонента відповідає за формування та опрацювання завдань. Компонента відповідає за структурування процесу формування завдань організації життєвого циклу віртуальних спільнот. Завдання формує менеджер віртуальної спільноти та делегує їх виконавцям завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Також компонента відповідає за структурування процесу опрацювання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. За виконання управлінського алгоритму опрацювання завдань організації життєвого циклу віртуальних спільнот відповідає виконавець напряму, якого призначає менеджер віртуальної спільноти.

«Компонента визначеності критичності показників». Для швидкого та якісного виконання поставлених завдань відповідно до мети та цілей створення віртуальної спільноти постає необхідність визначення критичності показників завдань організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Для визначення критичності показників необхідні вхідні та планові показники завдань організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

«Компонента захисту від ризиків». Відповідає за захист появи соціально-орієнтованим ризикам, який передбачає заходи з протидії. Виконавці компоненти менеджер та виконавці напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

1.2. Рівень формування показників

«Компонента формування еталонного показника». Еталонні показники є важливими при формуванні планового показника завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. За формування еталонних показників відповідає менеджер віртуальної спільноти та призначений ним аналітик.

«Компонента формування планового показника». Планові показники близькі до ідеальних показників та відіграють важливу роль. Формує плановий показник менеджер створення віртуальної спільноти. Для формування якісного планового показника організації життєвого циклу віртуальної спільноти необхідно отримати від аналітика еталонний показник та показник на основі аналізу предметної галузі.

1.3. Рівень баз даних

Рівень баз даних містить базу даних показників завдань організації життєвого циклу віртуальної спільноти, базу даних звітів про виконані завдання організації життєвого циклу віртуальної спільноти та компоненту формування завдань. База даних звітів та база даних показників адаптується відповідно до вимог віртуальної спільноти.

База даних звітів. Використовується як джерело даних про звіти організації життєвого циклу віртуальної спільноти. «База даних звітів» містить звіти про виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

База даних показників. Інформація про показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти

База даних показників містить:

- вхідні показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- вихідні показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- показники на основі аналізу предметної галузі організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- еталонні показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- планові показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

База даних виконавців. Інформація про менеджера та виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Інформація, необхідна для присвоєння їм виконання завдань, комунікування між виконавцями.

База даних містить:

- прізвище, ім'я, по батькові виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- посаду чи спеціалізацію, за яку відповідає під час організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- телефон виконавця організації життєвого циклу віртуальної спільноти;
- електронна пошта виконавця організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

1.4.Рівень зовнішніх інформаційних ресурсів

Рівень зовнішніх інформаційних ресурсів включає сукупність інформаційного середовища WWW, необхідного для аналізу предметної області та еталонних спільнот. Необхідні інформаційні ресурси для аналізу: віртуальні спільноти, сайти, соціальні мережі.

Соціальна мережа – соціальна служба у Вебі, яка дозволяє створювати профілі користувачів, будувати зв'язки, створювати інформаційне наповнення мережі Інтернет. На сьогодні, соціальні мережі найпоширеніша платформа

створення віртуальних спільнот. Дослідження показали що найпопулярнішою мережею у світі є Facebook, вона користується популярністю і в Україні.

Сайт – сукупність веб-сторінок у мережі Інтернет. Сайти є одним з джерел інформаційного наповнення мережі Інтернет. Їхній зміст добре підходить для аналізу предметної області.

Віртуальна спільнота – соціальне об'єднання людей в мережі Інтернет, учасники якого взаємодіють між собою. Є необхідним інформаційним ресурсом для формування еталонного показника завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

1.5. Розроблення інформаційної структури

Ключовою задачею в процесі створення програмного засобу організації життєвого циклу віртуальної спільноти є проектування бази даних.

Концептуальна модель організації життєвого циклу віртуальної спільноти є первинним прототипом для проектування бази даних з врахування усіх задач, що виникають у процесі створення та управління віртуальною спільнотою.

Інформація з цієї бази даних є необхідною для функціонування компонент системи організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Моделювання бази даних для системи організації життєвого циклу віртуальної спільноти здійснюється на основі концептуальної моделі даних «сутність – зв'язок».

На діаграмі рис. 2 наведено сутності для зберігання користувацької, інформаційних та репутаційних показників організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Сутність «Віртуальна спільнота» містить інформацію про створювану чи існуючу віртуальну спільноту. Атрибут «Опис спільноти» містить інформацію про мету та завдання віртуальної спільноти.

Сутність «Показники інформаційного напрямку» містить інформацію про параметри показників завдань інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Показники репутаційного напрямку» містить інформацію про параметри показників завдань репутаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Показники користувацького напрямку» містить інформацію про параметри показників завдань користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

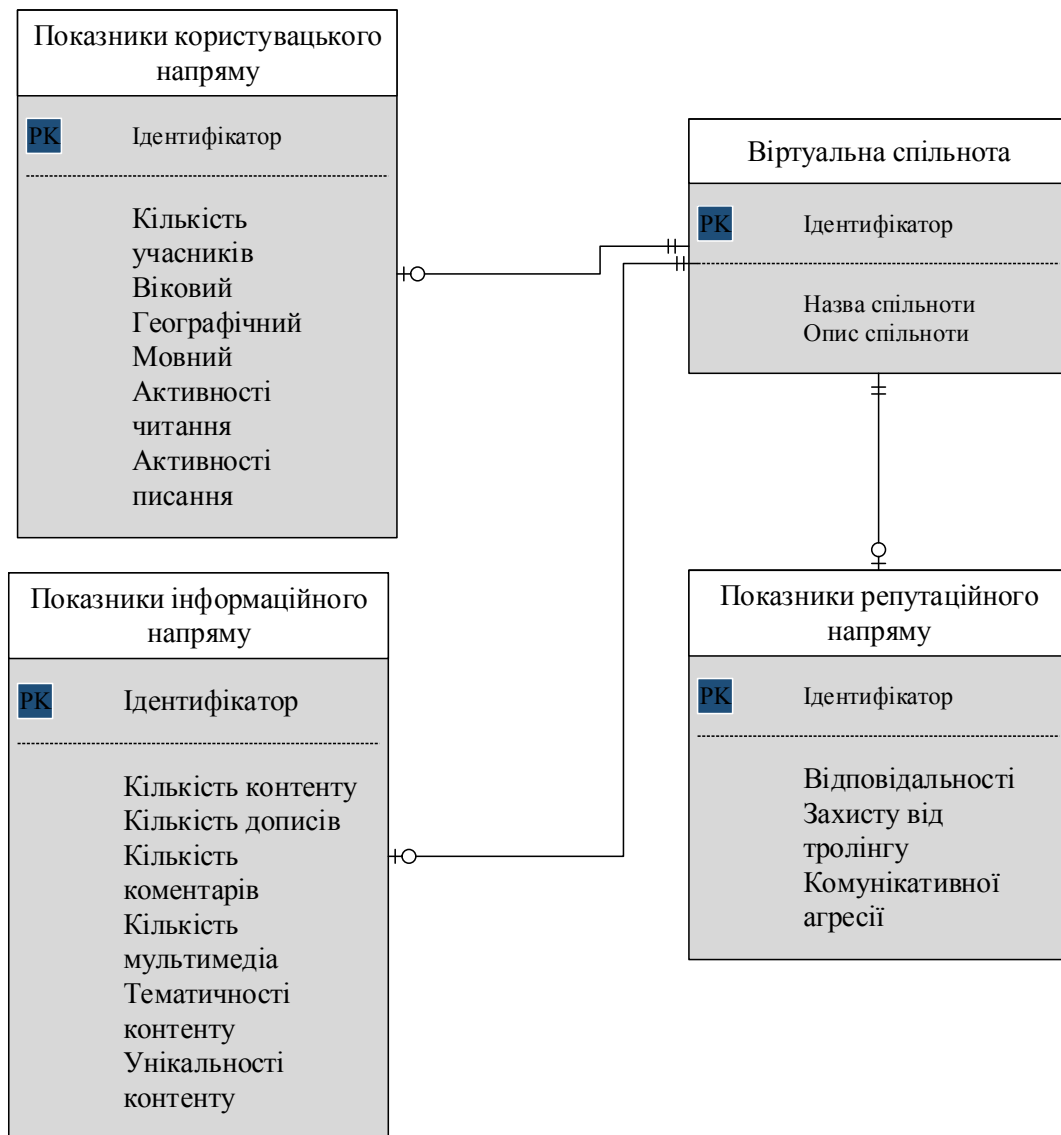


Рис. 2 – База даних «Показники»

На діаграмі рис. 3 наведено сутності для зберігання даних про виконавців організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Сутність «Віртуальна спільнота» містить інформацію про створювану чи існуючу віртуальну спільноту. Атрибут «Опис спільноти» містить інформацію про мету та завдання віртуальної спільноти.

Сутність «Менеджер» містить інформацію про менеджера організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Виконаці етапів» містить інформацію про виконавців етапів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Атрибути є первинними даними виконавця.

Сутність «Виконавці напрямів» містить інформацію про виконавців напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Атрибути є первинними даними виконавця.

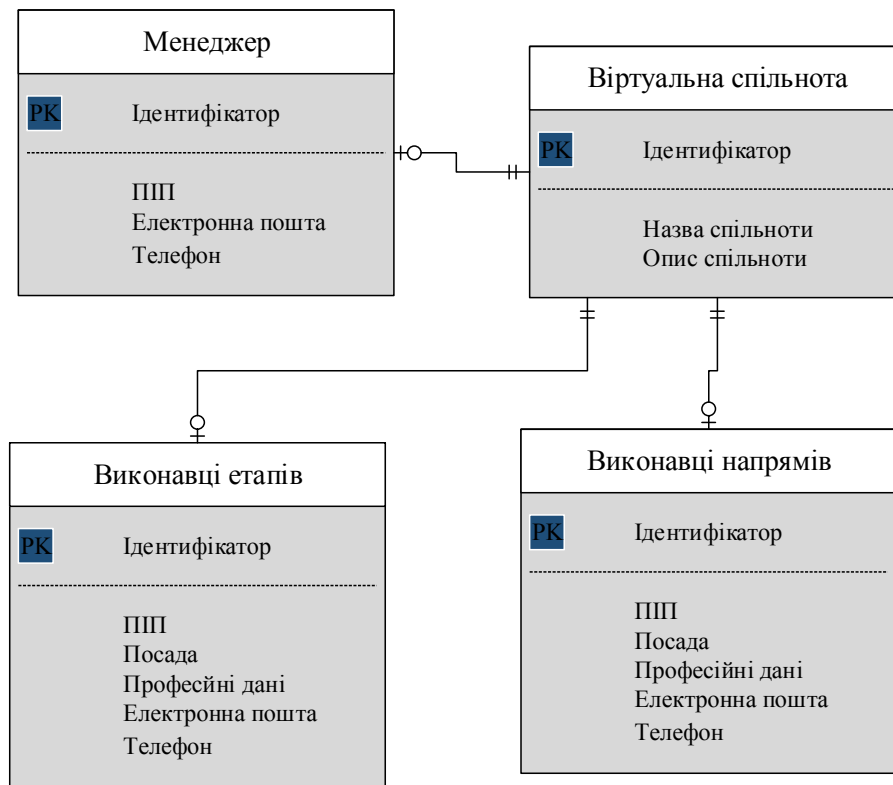


Рис. 3 – База даних «Виконавці»

На діаграмі рис. 4 наведено сутності для системи організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

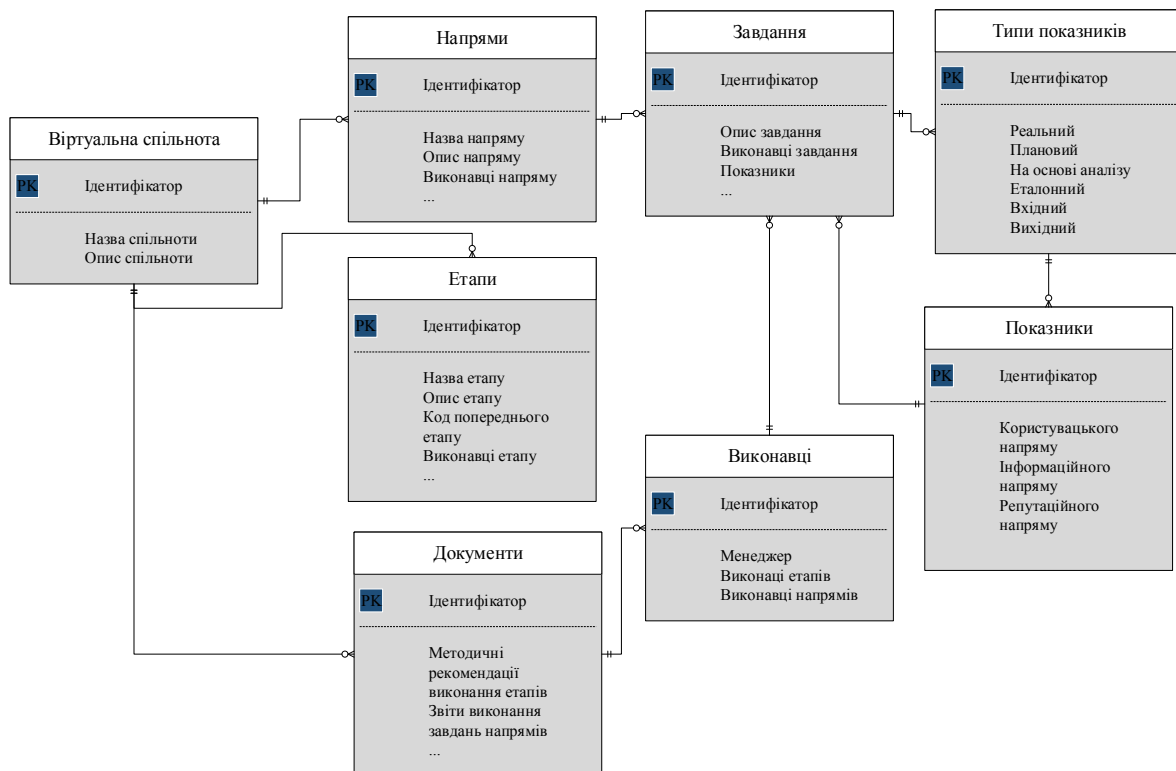


Рис. 4 – Концептуальна модель організації життєвого циклу віртуальних спільнот

Сутність «Віртуальна спільнота» містить інформацію про створювану чи існуючу віртуальну спільноту. Атрибут «Опис спільноти» містить інформацію про мету та завдання віртуальної спільноти.

Сутність «Виконавці» містить всю необхідну інформацію про виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Етапи» містить інформацію про етапи організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Документи» містить інформацію про звіти організації життєвого циклу віртуальної спільноти, які подають менеджеру віртуальної спільноти.

Сутність «Завдання» містить інформацію про завдання напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти та про виконавця напряму, виконавців завдання та параметрів показників відповідно до завдання напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Напрями» містить інформацію про напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти та про виконавця напряму.

Сутність «Типи показників» містить інформація про типи показників необхідних для виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Сутність «Показники» містить інформацію про показники організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

2. Розроблення користувацького інтерфейсу для організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Суть програно-алгоритмічного комплексу:

- робота над створенням та управлінням спільноти,
- формування команди виконавців та управління виконавців,
- документація процесу організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Розроблено користувацький інтерфейс «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» (рис. 5).

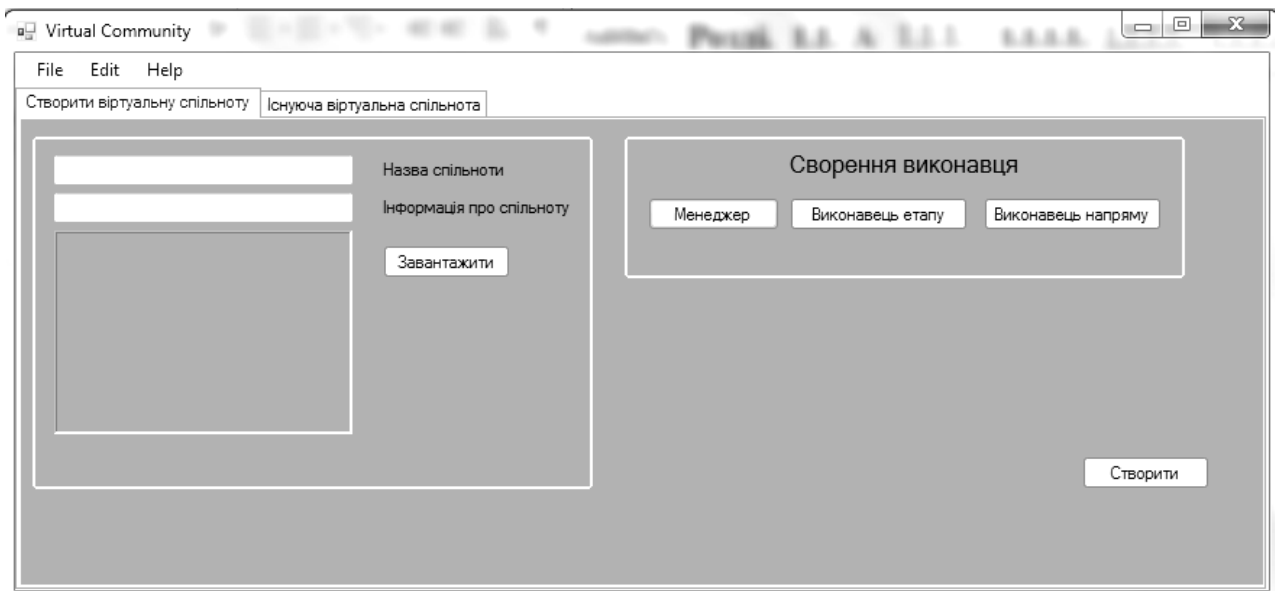


Рис. 5 – Користувацький інтерфейс «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти»

Під час створення віртуальної спільноти первинними даними будуть: назва спільноти, інформація про спільноту та основна світлина віртуальної спільноти. Менеджер віртуальної спільноти також визначає виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Під час визначення виконавців менеджер організації життєвого циклу віртуальної спільноти здійснює облік виконавців, де включені первинні дані про виконавців: прізвище та ім'я, посаду (спеціальність), телефон, електронна пошта (рис. 6).

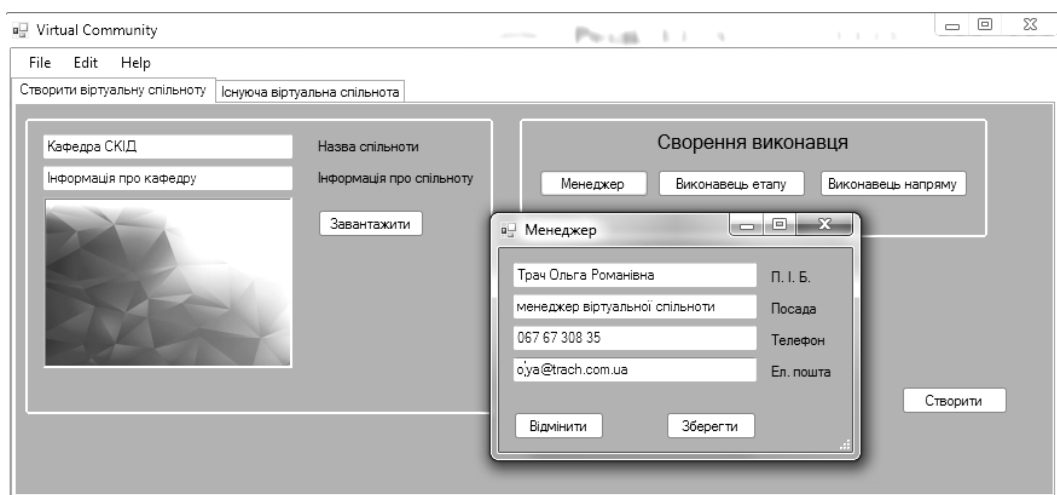


Рис. 6 – Користувацький інтерфейс «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти»

Інформація про виконавців записується в базу даних виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Відповідно до поставленого завдання напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти менеджер обирає напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти, обирає відповідного виконавця, та показники напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти, а також визначає терміни виконання завдання та вибирає пріоритетність завдання організації життєвого циклу віртуальної спільноти (рис. 7).

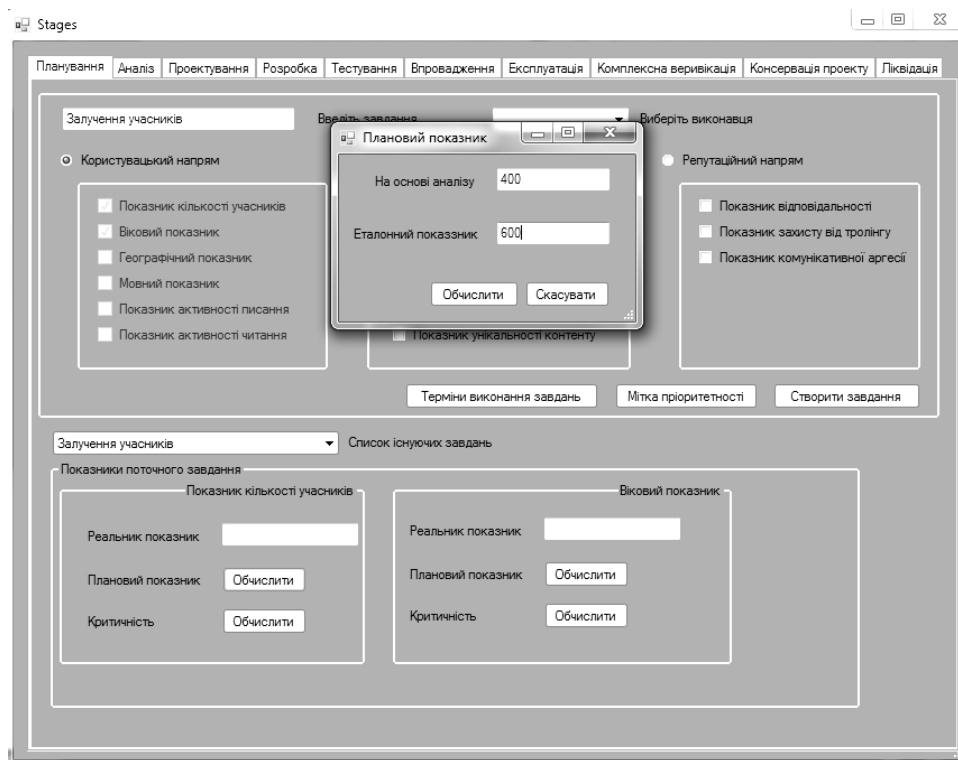


Рис. 7 – Користувацький інтерфейс «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти»

Наступним кроком у програмному засобі «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» є визначення планового показника, який обчислюється на основі еталонного показника та показника на основі аналізу.

Важливим у програмному засобі «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» також є визначення критичності показників під час виконання завдань напрямів організації життєвого циклу згідно з розробленими алгоритмами у розділі. Ця функція покращує часові характеристики виконання етапів, оскільки ліквідує затримки при виконанні завдань напрямів, а неякісні завдання відразу відхиляються.

Всі результати обчислень показників записуються в базу даних організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Виконавці на основі цих даних формують звіт менеджеру про виконання завдання напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

3. Апробація результатів дисертаційних досліджень

Одним з важливих результатів є розроблення програмно-алгоритмічного комплексу організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Апробацію програмно-алгоритмічного комплексу «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» здійснювалось в офіційній спільноті кафедри соціальних комунікацій та інформаційної діяльності «Кафедра СКІД». Спільнота існувала без системи організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Проте ввівши в процес функціонування спільнот систему організації життєвого циклу віртуальної спільноти реальні показники функціонування віртуальних спільнот збільшились.

Впровадження програмного засобу «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» відбулося на етапі управління віртуальною спільнотою. Що, своєю чергою, значно покращило реальні показники напрямів. Період, обраний для отримання результатів, такий: тиждень до впровадження програмного засобу та тиждень після впровадження програмного засобу «Організація життєвого циклу віртуальної спільноти».

При застосуванні методів організації життєвого циклу віртуальних спільнот зменшилась кількість виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти кафедри соціальних комунікацій та інформаційної діяльності «Кафедра СКІД» у соціальній мережі Facebook.



Рис. 8 – Кількість виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти «Кафедра СКІД»

Правильний розподіл завдань між виконавцями покращив результати управління спільнотою та налагодив взаємозв'язок між виконавцями. Попри зниження виконавців усі мають чітко розподіленні завдання, кожен виконавець відповідає за свій діапазон робіт.

Постійне збереження проміжних результатів діяльності віртуальної спільноти дає можливість здійснювати порівняння та аналіз роботи над управлінням та просуванням спільноти.

Ефективністю організації життєвого циклу віртуальної спільноти є суттєве зниження часових та фінансових затрат на створення віртуальних спільнот. Це підтверджують фактичні дані досліджень та отримані результати від впровадження математичного та програмного забезпечення організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Показник ефективності організації життєвого циклу віртуальної спільноти визначаємо так:

$$\text{Efficiency(Com)} = \frac{N^{(\text{Task})}}{N^{(\text{Arm})}},$$

де $N^{(\text{Task})}$ – кількість завдань для організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$N^{(\text{Arm})}$ – кількість виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Зменшення кількості виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти, при великій кількості паралельних та прогнозованих завдань, зменшує фінансові затрати на створення спільноти. Отримані результати дозволяють підвищити ефективність загального процесу створення віртуальної спільноти на (30–40) % залежно від специфіки віртуальної спільноти.

Висновки

У розділі представлено дослідження з побудови програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот. Розроблено архітектуру програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот, описано компоненти архітектури програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Програмний засіб призначений для роботи над створенням віртуальної спільноти та управлінням виконавцями організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Результатом роботи програмного засобу «Організатор життєвого циклу віртуальної спільноти» є облік параметрів показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, що дає змогу здійснювати порівняння в певні періоди часу.

Література:

1. O. Trach, and A. Peleshchyshyn, «Development of Models and Methods of Virtual Community Life Cycle Organization», *Advances in Artificial Systems for Medicine and Education II. AIMEE2018 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 902, p. 473 – 483, 2020.
2. О. Трач, «Структура програмного засобу організації життєвого циклу віртуальних спільнот», *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського, Серія: Технічні науки*, Т. 29 (68), № 5, ч. 2, с. 72 – 77, 2018.
3. О.Трач, «Критичність показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти», «Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки», № 5 (253), С. 177 – 181, 2017.
4. O. Trach, S. Fedushko, «Development and Exploitation of Software Complex of Virtual Community Life Cycle Organization», *International Journal of Computer Science and Business Informatics*, Vol. 17, Issue 1, p. 1 – 11, 2017.
5. Yu. Syerov, O. Trach, and S. Fedushko, «Effect of Implementation of improved Methods of the Life Cycle Stages Organisation to the Online Community Management», *International Journal of Computational Research and Development*, Vol. 1, Issue 1, p. 1 – 5, 2016.

2.7. Development of telegram bot for a copy center

Introduction and formulation of the problem. The rapid development of technology has led to significant changes in people's lives. There has been an increase in productivity throughout the day due to the time reduction for solving problems. Mobile devices have reached a level of popularity that no one can live without the ability to find the information in the shortest possible time, instant data transfer and the ability to communicate anywhere and anytime. Increasingly, people choose applications to communicate with each other via messengers – Viber, Telegram, Skype, Facebook Messenger. The combination of instant messaging and marketing has made it possible for bots – applications to automate simple and repetitive tasks in a short time. Today the development of bots in the business field is a particularly pressing issue.

The purpose of the work is to attract more customers for copy center by developing a Telegram bot.

The technique of developing a bot is to implement issues related to the most effective ordering in the copy center.

Main part

Overview of platforms for bot development

The dynamic lifestyle of people has led to the emergence of trends save time on tasks that can be coped by modern technology domain. So various mobile apps have emerged – one for notes, some for ordering food, and third for finding places to relax, etc. But they are not used at the same time and take up a lot of space on the phone, as result, user deletes some applications that are no longer relevant for installing new applications. There is also a certain category of apps that are always on mobile devices – messengers that are used to communicate with people. Therefore, to solve such problems, bots were developed in communication applications.

A bot is a special program that can be used to reply user requests automatically. Instant messaging systems are methods of communication, but combined with bots are extremely promising for promoting and selling goods and services. It is much easier for the average person to push some buttons or write a few messages make an order than call to manager.

Today, messengers help stay connected 24/7. Achievements in the IT industry were bots that become an alternative for sites or apps. Users need to get used to the sites, study them to place an order. The survey identified the following advantages of bots over classic methods of interacting with a customer [1] (fig. 1).

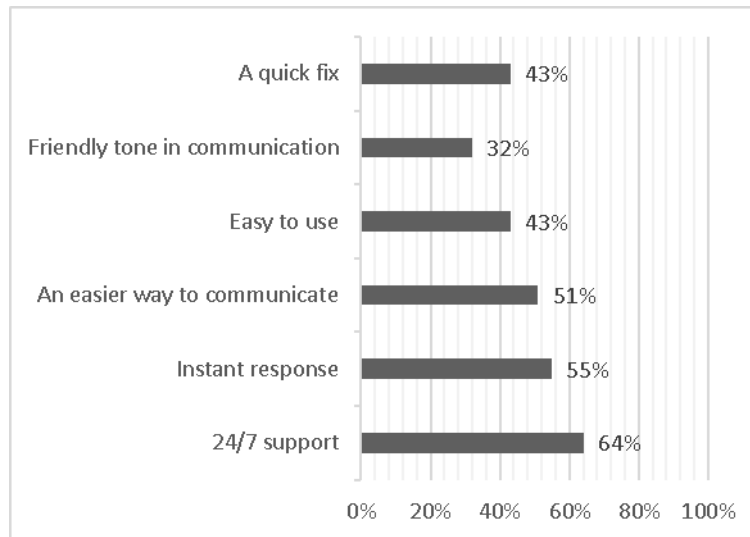


Fig. 1 – Advantages of using bots

You can develop a bot on various platforms – WhatsApp, Viber, Skype, Telegram, Facebook Messenger, Wechat. Ukrainians prefer Viber, which is used by 87 % of the population every day, with the second largest number of users in Facebook Messenger – 48 %, while the platform with the highest capabilities of Telegram is third in the rating – 40 % [2] (fig. 2).

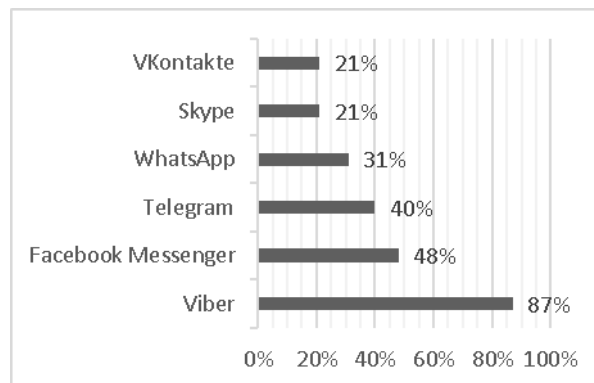


Fig. 2 – The most popular messengers in Ukraine

To create a bot on the Viber platform, you need to pre-register a public account. The disadvantage of this API is the ability to use only text, images or mailing buttons, which does not allow to fully develop a user-friendly and intuitive store interface for the user. It is best to develop Viber bots to send mass messages about offers, new products or services.

The most promising platform for using bots for sale is Telegram, as the number of users increases annually with geometric progression, which provides opportunities to attract new potential customers. The unique capabilities of the Telegram Bot API – creating a customized keyboard, additional interfaces for default settings, encourage both well-known brands and small businesses to develop their own bot.

Telegram does not process payments from users, but instead uses different payment systems around the world – Stripe, Rave by Flutterwave, Yandex.Money, Sberbank, Tranzzo, Payme, CLICK, LiqPay [3]. These payment systems process and store confidential information, including credit card details.

Consideration should also be given to the inline bot mode, which allows users to communicate with the bot in any correspondence or group. Built-in bots can help with a variety of tasks, such as reserving a table at a restaurant or searching avia tickets.

Visual design plays an important role in building a positive experience. Average bot users will probably not notice the features of interaction or information architecture, but focus on the visual component. According to statistics, the first impression of 94 % depends on the design and convenience of the bot, so the satisfaction of the potential customer from using the bot is directly proportional to the correct visual design [4].

The basic interface elements of Viber, Facebook Messenger and Telegram bots are universal, available in each instant messaging application. However, each messenger has its own peculiarities and limitations. Table 1 shows a comparative description of the main elements of the bot interface for the three most used messengers in Ukraine.

Table 1

Comparative table of features of the messenger interface elements

Interface element	Viber	Facebook Messenger	Telegram
1	2	3	4
Text message	A maximum of 1056 characters can be entered	The limit is 640 of UTF-8 characters	The maximum number of characters is 4096 of UTF-8 characters
Image	The maximum size is 1MB. Only non-captioned jpeg images are supported	The maximum size is up to 1GB Supports jpg, png and gif, non-captioned	The maximum size is up to 1GB.Caption for image up to 200 characters
Video	The maximum size is 50 MB. Only mp4, H264 format is supported	The maximum size is up to 1 GB. MP4 or MOV recommended, but other formats are also supported	The maximum size is 1.5GB. You can send video of any format

1	2	3	4
Audio	Audio files cannot be listened to in the application, they must be downloaded and opened in the player	Audio files can be listened to in the application	Audio files can be listened to in the application
Slider	JPG or PNG images, up to 500 kb. Up to 3 buttons. Description (up to 120 characters). Maximum of 6 cards in one slider	Jpg, png and gif images. Subject (up to 80 characters). Subtitle (up to 80 characters). Up to 3 buttons. Maximum of 10 cards in one slider	Slider is missing, it is possible to send one card at a time
Persistent Menu	Viber doesn't have the ability to create a persistent menu	Facebook allows you to add a main menu with 3 items and up to 3 hierarchical levels, with 5 objects of call-to-action	In the Telegram the menu is represented by a list of commands

It can be said that Viber instant messenger is used by the majority of Ukrainians, however, there are significant limitations of the GUI elements that do not allow the full development of the ordering program.

Although Facebook Messenger offers a lot of opportunities for developing bots, but problems that occasionally arise while sending messages will adversely affect on the experience of working with the program.

Therefore, Telegram is the best platform for developing an automated bot for sales, as the graphical elements provided by the instant messenger application are sufficient to create a comprehensible and easy-to-use application.

Bot logic

In order to reach a larger audience of potential customers and automate the process of ordering for the copy center, it was decided to create a bot using a platform with the ability to create a custom Telegram keyboard. Based on the conducted surveys, a bot interaction script was developed to form all possible scenarios when viewing the product catalog and sales automation. When development a bot, the

possibility was taken into account that at each stage the user can recall or want another product that was not previously in the basket, so the opportunity to return to the product catalog and then resume ordering (fig. 3).

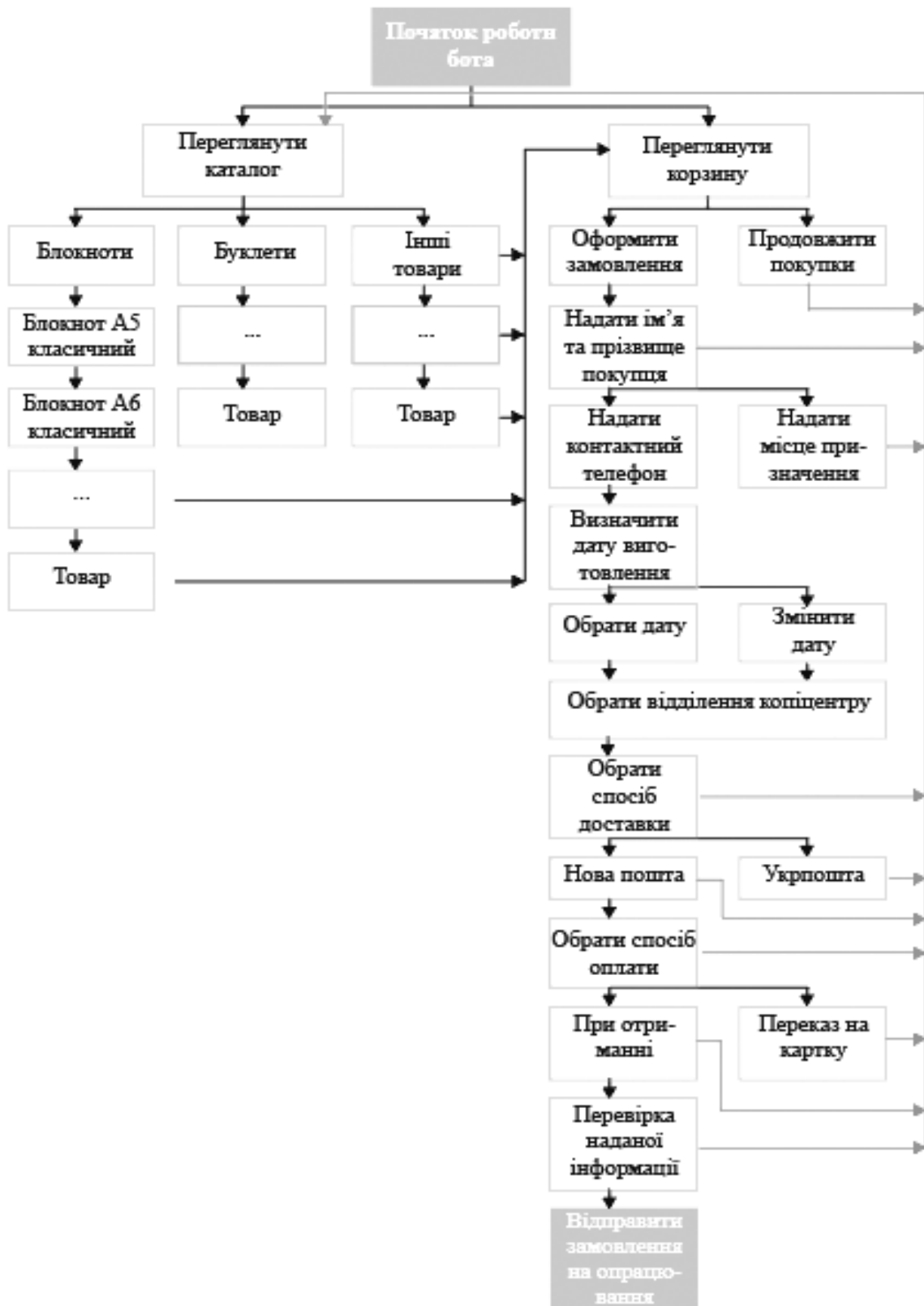


Fig. 3 – Scheme of the bot

Description of how the bot works

The Printing & Publishing bot can be found via the Telegram search, and a brief description of the robot and avatar features has been added to facilitate identification. You need to enter the default / start command to get started. Afterwards, a small greeting with an animation sticker and a text message appears (fig. 4).

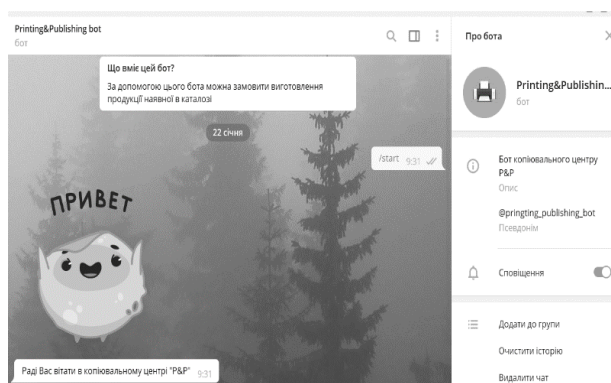


Fig. 4 – Getting started with the developed bot

To display the list of products that can be produced by the copy center, you need to press the Catalog button (fig. 5) on the keyboard generated by the bot, and when you press the Cart button, a text message will appear with a list of selected goods.

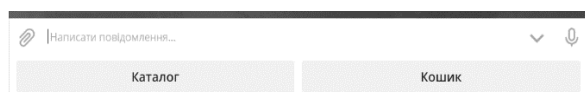


Fig. 5 – Bot Keyboard Buttons – Catalog and Cart

Product catalog consists of such names – tags, notebooks, booklets, business cards, printing on packages, menus, calendars, envelopes and flyers, which are displayed in correspondence as inline buttons (fig. 6). You can change the number of product names.

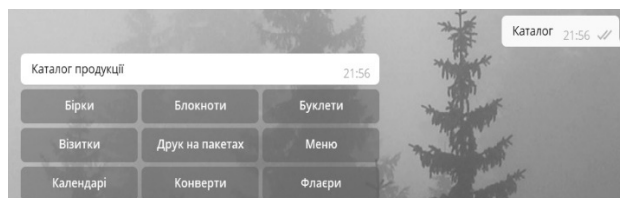


Fig. 6 – Display of product catalog

When you click on any of them, products of this type of product appear – messages with an image, a name and a brief description (price, material, quantity, varnish availability, size), which copy center offers to make. The Telegram bot also

proposes to select the item for carting by clicking on the inline buttons with the name of the product, after which a window with the inscription added to the order (fig. 7) will appear.

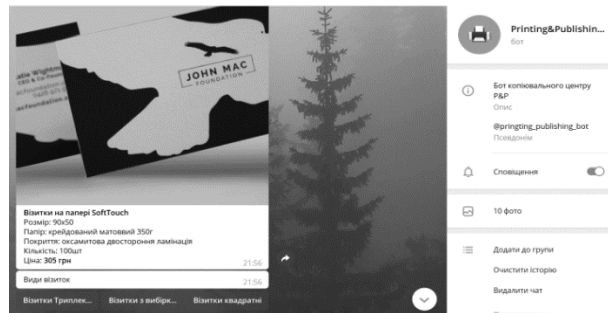


Fig. 7 – Display items and add to cart

After selecting a product, the bot enables the user to either continue shopping by opening the keyboard and clicking Catalog, or start ordering with the appropriate button under the message. In order to place an order, you must provide contact information, customer name. You can enter your mobile phone number and where to send the item using the Telegram keyboard. You can continue to enter customer information by selecting the Delivery button in the menu. Fig. 8 shows bot's keyboard layout for ordering. If the customer wants to add something to the order list, then press «Back», then a keyboard with two values – «Catalog» and «Cart» will appear.

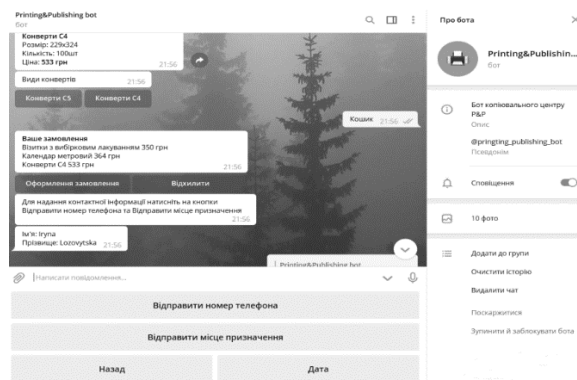


Fig. 8 – The process of placing an order and entering contact information

The customer's phone number is sent as a contact with the client's permission (fig. 9).

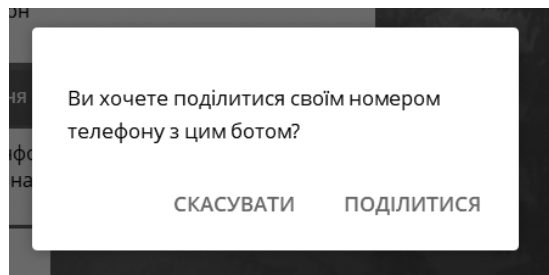


Fig. 9 – Providing a bot phone number

The delivery city is provided as the user's geolocation and is remembered by the bot as an array of geographical coordinates – latitude and longitude (fig. 10). This feature is unfortunately not supported on the Desktop version of Telegram.

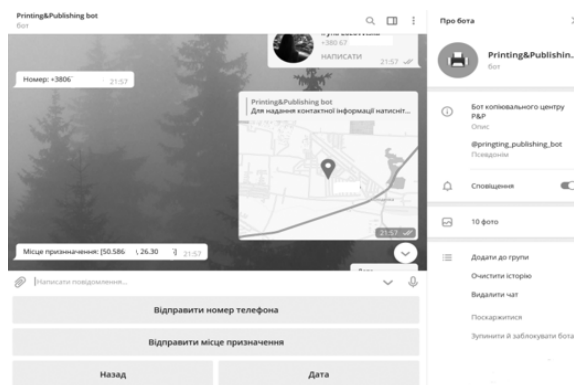


Fig. 10 – Determining the place of delivery

The next step is to determine the date. It can be selected via the calendar using the inline buttons (fig. 11).

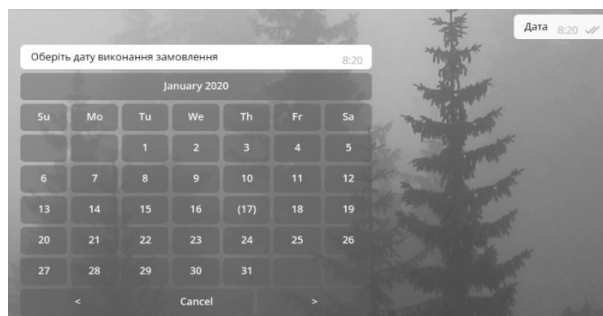


Fig. 11 – Determination of production date

After that, the schedule of loading of the offices of the copy centers – in Kiev, Lviv, Kharkiv is displayed. The user can choose in which city the product will be manufactured (fig. 12).

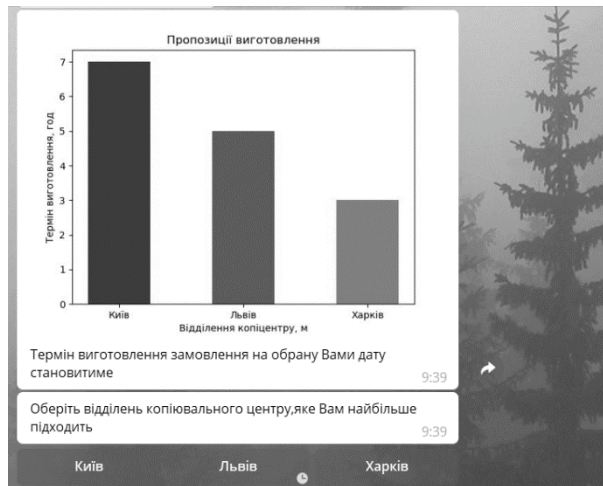


Fig. 12 – Select a copy center branch

The selection of the branch by the user is accompanied by the location of the copy center (fig. 13). To proceed with the registration, we click Delivery, to change the buyer information or order – «Back».

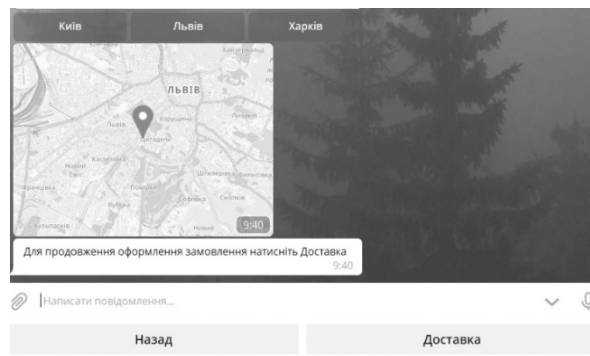


Fig. 13 – Geolocation of the selected copy center branch

Delivery of manufactured goods is possible in two ways – UkrPoshta and Nova Poshta, to select the user need to click on the bot menu button, which will send a text message with the name of the postal service (fig. 14). If you wish to continue shopping, select «Back» and the bot returns to the catalog and cart.

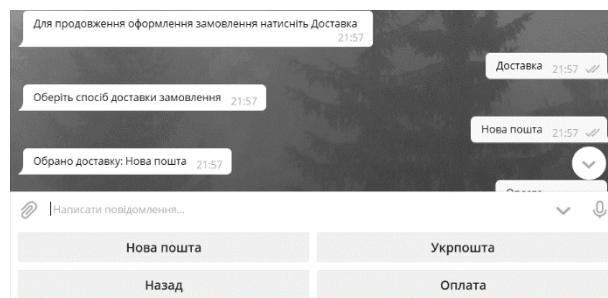


Fig. 14 – Choosing a method of delivery of products

The client can choose the payment method on the keyboard of the bot either upon receipt of the products or pay by card. There are also two more buttons, namely «Back» to return to the catalog and «Next» to check the order information provided (fig. 15).



Fig. 15 – Buttons of the keyboard of the bot when choosing a payment method

As noted above, the Next button invokes the bot function to generate a message with a list of selected products, the total amount payable, the contact details and the inline buttons «Order» to send information for processing to the copy center or «Reject» to change the order (fig. 16).

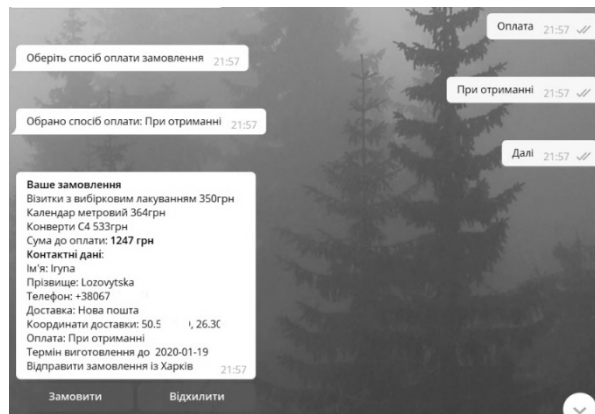


Fig. 16 – Checking order details

If all information is entered by clicking on «Order», a pop-up window will appear with the words «Your order is accepted for processing, thank you» and the data will be sent by e-mail (fig. 17), otherwise – «Fill in all contact information fields».

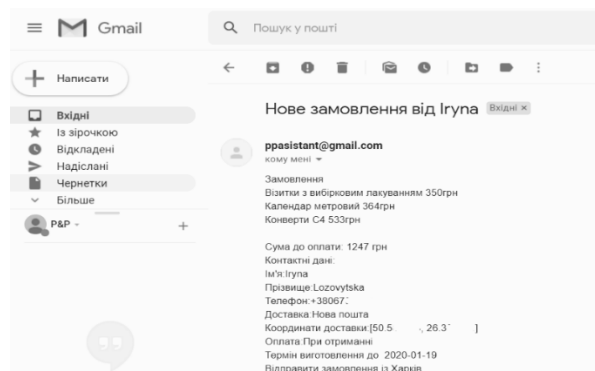


Fig. 17 – Letter with order details

In the development of text messages from the bot used bold typeface to draw attention to a particular fragment, for example in fig. 18 «contact information» is selected so that user focus on this information.

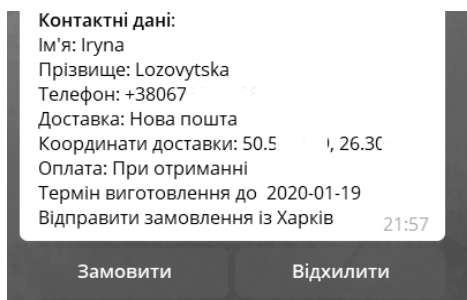


Fig. 18 – Drawing users' attention to important information

In case of problems or questions the user can enter the command «/ help» and a message will appear with a link to the chat bot of the support service (fig. 19), developed by using Dialogflow.

The support chatbot recognizes the Ukrainian text and can provide answers to frequently asked questions; a Support agent in Dialogflow was created for this purpose and dialogue options were developed (fig. 20).

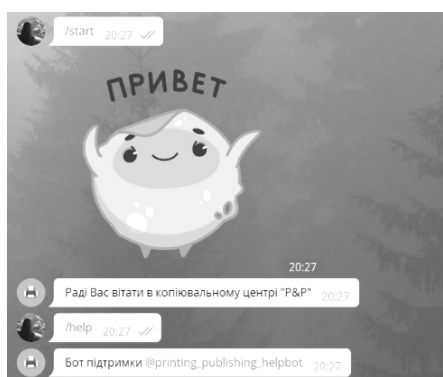


Fig. 19 – How /help command works

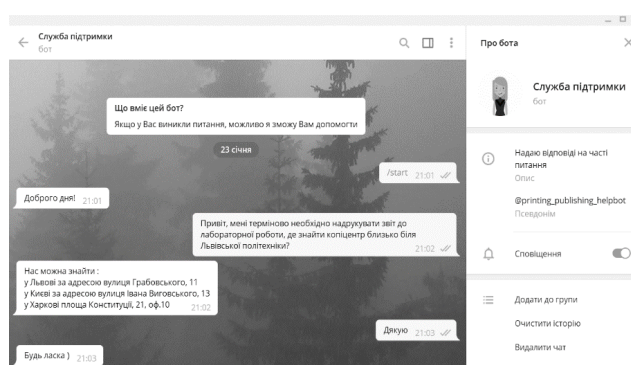


Fig. 20 – Support Agent Development

The creation of a dialogue interface of the support service was as follows – a list of questions formulated in different ways was given and answers for them (fig. 21).

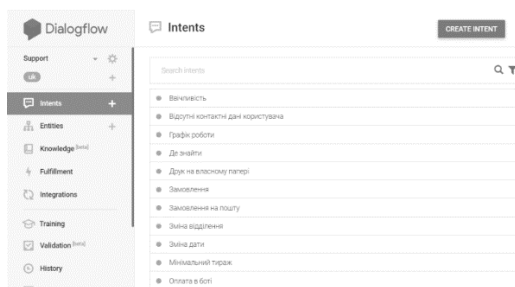


Fig. 21 – List of questions and answers for support services bot

Subsequently, the user was tested for correct recognition of the questions asked. In fig. 22 gives an example of how a bot answers for question.



Fig. 22 – Checking the correctness of the chat bot's answers

We make erroneous data entry to verify that the bot recognizes the information and provides the correct answer. Fig. 23 indicates that bot for support is malfunctioning.

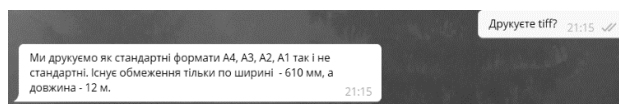


Fig. 23 – Chat bot error detection

While typing the word tiff an error was made and the bot reacted incorrectly, to eliminate it, let's train the agent «Support», a method of indicating a variant of dialogue (fig. 24).

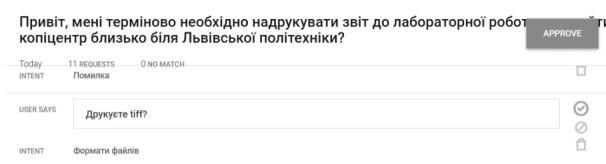


Fig. 24 – Agent training

Let's check whether the changes in the logic of the chat bot and fig. 25 exemplifies that agent training has helped.



Fig. 25 – The correct work of the chat bot

Conclusions. As a result, it was determined that to increase sales and customer engagement with mobile phones for the copy center, you can use messenger bots that

meet the following criteria – the developed bot does not take up additional memory on the device, has no unique design that would interfere perceive information to the user, ease of use, 24/7 support, easy way to communicate.

In identifying the platform for the development of the robot, it was found that while the Ukrainians prefer Viber – 87 %, Facebook Messenger – 48 %, Telegram – 40 %, the most promising for the development of intelligible and easy to use bots is the last. In order to develop a robot that takes into account all possible scenarios of user actions, a survey was conducted and bot logic was created.

By using Python programming language was developed Telegram bot that helps you place orders online: select products through a catalog, add to cart, place orders, provide customer contact details, and select date of production and branch of the copy center, choose delivery and payment method, send order details to email. To provide users with support, a chatbot was created using Dialogflow, a human literacy tool. The assistant can answer questions related to the copy center and the bot. The chat bot has been tested and the agent has been trained to detect errors.

References:

1. T. Sutikno, L. Handayani, D. Stiawan, M. A. Riyadi, & I. M. I. Subroto, «WhatsApp, viber and telegram: Which is the best for instant messaging?», *International Journal of Electrical & Computer Engineering* (2088-8708), № 6(3), 2016.
2. H. Setiaji, & I. V. Papatungan, «Design of telegram bots for campus information sharing», in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 325, No. 1, 2018.
3. N. Modrzyk, *Building Telegram Bots: Develop Bots in 12 Programming Languages Using the Telegram Bot API*. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, № 12(2), p. 45 – 50, 2018.
4. B. N. Prastowo, N. A. S. Putro, & O. A. Dhewa, «PLO User Interface based on Telegram Bot», *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, № 13(1), p. 21 – 30, 2018.

2.8. Місце і роль е-навігації в глобалізаційних процесах організації безпеки морських перевезень

Вступ та постановка задачі. Актуальність теми дослідження в тому, що концепція «е-навігація» діскуросмислює інтеграцію «інформація на борту судна-інформація на березі» і є центральною для забезпечення навігаційної безпеки. Дана концепція інформаційної взаємодії систем свідчить не тільки про загально теоретичному сенсі постанови проблеми, а й її праксеологічні значенні на користь безпечного судноплавства. Новий підхід до інтеграції інформаційних систем призводить до того, що з другої половини 90-х рр. ХХ ст. формуються е-системами.

Становлення і розвиток інтеграційних систем як високорозумних, високотехнологічних, високоінтелектуальних е-систем, які при дослідженні проблеми безпечного судноплавства намагаються вдосконалити сегмент ринку, як судноводіння інноваційними технологіями. У зв'язку з цим е-системи розглядають трирівневу модель інформатизації:

- 1) медіатизацію – процес вдосконалення засобів і поширення інформації;
- 2) комп'ютеризацію – процес вдосконалення засобів пошуку та обробки інформації;
- 3) інтелектуалізація – процес розвитку здатності сприйняття і конструювання принципово нової соціально значимої інформації.

З вище зазначених обставин інтеграцію систем можна представити у вигляді процесу оволодіння інформацією, перетворюючи її в головний ресурс управління, за посередництвом інформаційно-технічних засобів, що підвищують ефективність позиціонування в рамках різних форм і порядків практики.

Вважаємо, що за таким сценарієм в процесі інформатизації відбувається прогресивно наростаюче використання в судноплавстві інформаційних технологій і їх інформації. Інформація розглядається не тільки як мета і засоби діяльності, а й як результат діяльності. На такій основі формуються принципово нові технології для підвищення безпеки судноводіння.

Процеси інформаційної технологізації судноводіння зумовили кардинальні зміни в характері розвитку напрямку безпеки судноплавства.

Нещодавно став проявляти себе новий інформаційний феномен, який отримав назву «комп'ютерно-інтегровані системи», що сформувався під

впливом нових технологій і інструментальної інформації, який опанував у всіх її прагматичних імплікаціях.

Це середовище розглядається як особливий лад, який базується на трансформації знань в управлінській інновації судноводіння рис. 1.

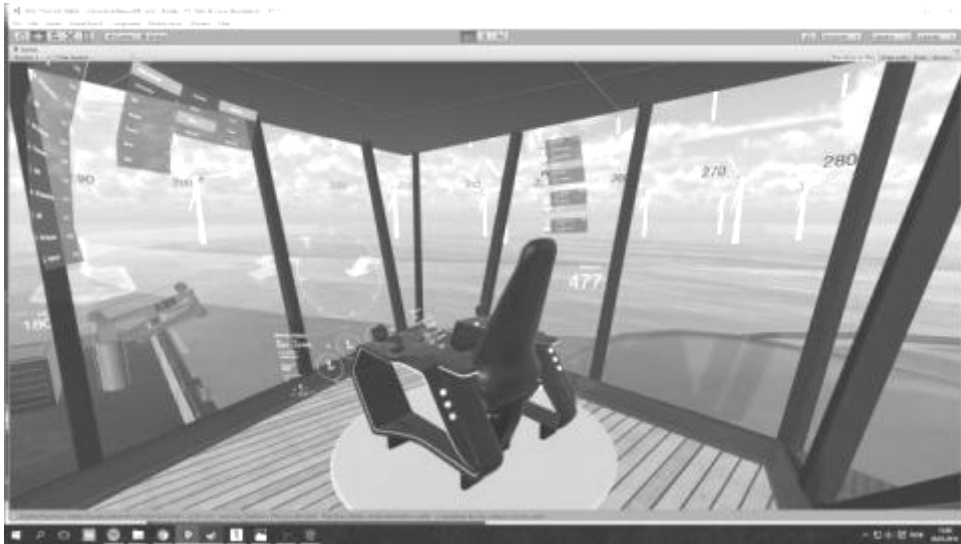


Рис. 1 – Отримання інтегрованих даних з моніторинга судів в режимі реального часу і прогнозами руху для підвищення ефективності прийняття рішень

У науковій літературі відзначені ключові особливості інформації: універсальна подільність, потенційна невичерпність, відтворюваність, відсутність обмежень рамками території, інваріантність при розподілі та споживанні. Такі якості інформації як ресурсу і визначають специфіку нової реальності, бо інформація екстериторіальна, може перебувати одночасно в різних частинах простору, немає перешкод можливості її використання.

Науковий базис для вирішення проблеми безпечного судноплавства заснований на аналізі опублікованих робіт вчених таких як Демиденко П. П., Вагущенко Л. Л., Lurton X., Lamarche G., Корякін Ю. А., Смирнов С. А., Яковлев Г. В., Чуркін О. Ф., Старожицька В. В., M. Sozer, M. Stojanovic, J. G. Proakis, Маркович І. І., Душенину Ю. В., Шелестенко Е. Ю., Freddy, Шендеров Е. Л., Buckingham M. J., Куперман У., Єнсен Ф., Geerits T. W. та ін.

Метою роботи є широке використання інформаційних технологій в судноводінні, які дозволяють значно підвищити ефективність і безпеку експлуатації суден, одночасно знижуючи навантаження на судноводіїв, особливо в складних умовах плавання [1]. Все ж впровадження нових

технологій відстає від вимог технологічного прогресу, і тим самим уповільнює розвиток судноплавної індустрії. З цього випливає, що аварії, пов'язані з судноводінням, продовжують мати місце, незважаючи на розвиток і доступність сучасних суднових і берегових систем, призначених для поліпшення розуміння ситуацій та якості прийнятих рішень. На повільному викоріненні такої ситуації позначається довгий процес проектування нових суден і експлуатації старих, високий ступінь регулювання в питанні безпеки як з боку національних організацій, так і з боку міжнародних. З точки зору комунікацій сильно заважає нерозвинена і дорога техніка, заснована на супутниковому зв'язку. Саме необхідність поліпшення обстановки, що склалася стала причиною створення під егідою ІМО концепції е-Навігації, яку можна вважати одним з найбільш перспективних шляхів розвитку інформаційних технологій в сфері морського транспорту [2].

Концепція е-Навігація має на увазі кілька структурних систем: описову; функціональну; організаційну.

Структура, яка відображає вхідну і вихідну інформацію системи і характер перетворення вхідних сигналів у вихідні, називається її описовою структурою.

Структура функціональних пристроїв системи і зв'язків між ними є її функціональною структурою.

Організаційна структура концепції відображає ієрархію керуючих нею органів і обслуговуючих підрозділів.

За функціональною ознакою входять в концепцію е-Навігація, що забезпечують і обслуговують судноводіння засоби умовно можна розділити на:

- навігаційні засоби;
- засоби навігаційного огородження;
- комунікаційні засоби;
- засоби ідентифікації і відстеження руху суден;
- системи управління рухом суден;
- системи попереджень, повідомлень, сигналізації, реєстрації.

Всі елементи концепції е-Навігації для виконання своїх завдань повинні бути сумісні. Сумісність систем включає: технічну; програмну; інформаційну; організаційну; лінгвістичну; метрологічну.

Саме ж ядро концепції е-Навігації складається з комбінації навігаційних і управління водними шляхами функцій і обов'язків рис. 2 [3].

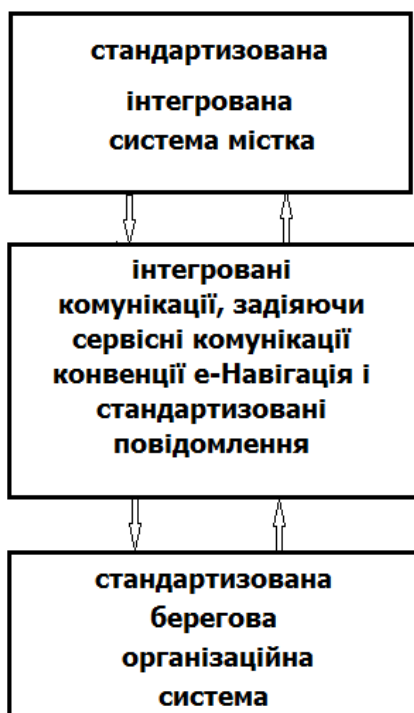


Рис. 2 – Ядро конвенції е-Навігація

Підсумовуючи необхідні і достатні вимоги, що пред'являються до концепції е-Навігації, для прискорення зростання судноплавної індустрії, на даний момент прийнято наступне визначення концепції e-Navigation: Концепція e-Navigation, впроваджувана Міжнародною морською організацією (ММО, ІМО), має на увазі «узгоджені» збір, інтеграцію, передачу, відтворення і аналіз інформації про ситуацію на морі, на борту судна і на берегових об'єктах з використанням електронних засобів з метою вдосконалення процесу плавання «від причалу до причалу» і функціонування відповідних служб для забезпечення надійності та безпеки мореплавання, а також захисту морського навколишнього середовища [4]. Перефразовуючи це визначення видно необхідність впровадження глобального стратегічного підходу, що забезпечує ефективне інтегрування навігаційних засобів нового покоління рис. 3.

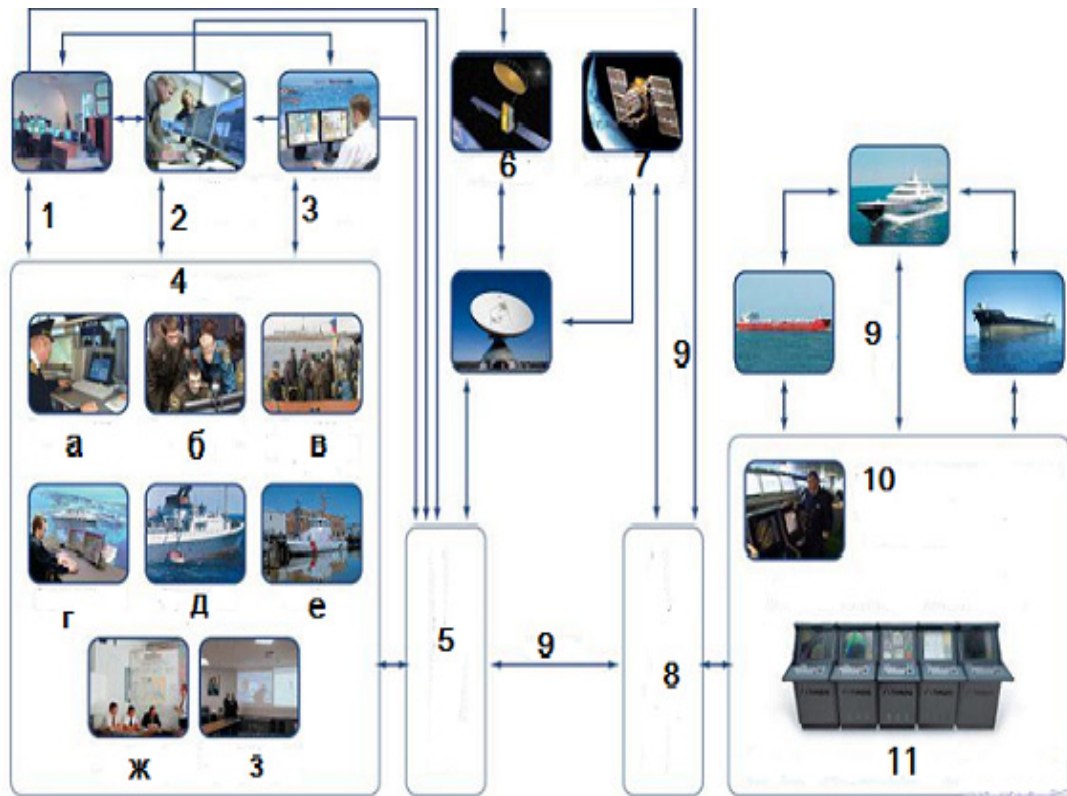


Рис. 3 – Обмін даними в концепції e-Navіgation

- 1 – система управління рухом суден
- 2 – дистанційна підготовка
- 3 – моніторинг флоту
- 4 – користувачі: а) портова влада; б) прикордонна служба; в) пошуково-рятувальна служба; г) судновласник; д) лоцманська служба; е) митниця; ж) логістична служба; з) екологічна служба
- 5 – канал обміну даними е-навігації
- 6 – inmarsat
- 7 – ГЛОНАСС / GPS
- 8 – канал обміну даними е-навігації
- 9 – дані
- 10, 11 – інтегрована навігаційна система:
 - 10 – судно, суднові механізми, системи управління безпекою
 - 11 – оптимізація планування рейсів.

Невелике есе вимог комп'ютерно-інтегрованих навігаційних систем.

Актуальним є концептуальні рішення задач ефективного проектування, монтажу та обслуговування інтегрованих навігаційних систем з урахуванням швидкого розвитку і вдосконалення матеріально-технічної бази.

Для розуміння архітектури інтегрованих систем потрібно кілька взаємодоповнюючих уявлень:

з точки зору кількості варіантів використання (щоб виявити зовнішні вимоги до системи);

з проектування (з метою обмеження предметної області і області рішення);

з точки зору процесів (моделювання розподілу процесів і потоків в системі);

з точки зору реалізації, що дозволяє розглянути фізичну реалізацію системи;

з точки зору розгортання, що допомагає зосередитися на питаннях системного проектування.

Кожне з перерахованих уявлень відображає множина структурних і поведінкових аспектів, які в своїй сукупності складають детальне креслення програмної системи.

По-перше, в подібних новітніх системах необхідно враховувати швидкість розвитку сучасних баз даних і системами управління базами даних, в тому числі моделі баз даних, архітектура доступу до даних, сервери баз даних та ін.

По-друге, що стосується мережевого обладнання, тут необхідно враховувати характеристики промислових мереж, в тому числі Industrial Ethernet, топологію і методи доступу, а також характеристики активного обладнання.

Як правило, системи функціонують на двох рівнях, на яких саме і реалізується безпосереднє управління технологічними процесами. Специфіка кожної конкретної навігаційної системи на кожному рівні визначається програмно-апаратною платформою, що була застосована.

Розглядаючи інтелектуальні пристрої контролю технологічних параметрів на нижчому рівні – контролерів – велике значення приділяється:

якості програмованих логічних контролерів;

інструментальним системам програмування контролерів.

До цього рівня відносять різні датчики для збору інформації про хід технологічного процесу, електроприводи і виконавчі механізми для реалізації регулюючих і керуючих впливів. Датчики надають інформацію локальним програмованим логічним контролерам (PLC – Programming Logical Controoller), що мають наступні функціональні можливості:

накопичення та обробка інформації щодо параметрів технологічного процесу;

управління електроприводами і іншими виконавчими механізмами;
рішення задач автоматичного логічного управління і інше.

Оскільки отримана інформація проходить первинну обробку в контролері, то це значно впливає на пропускну здатність каналів зв'язку і тим самим значно зменшують вимоги щодо них. Але слід зауважити, що для апаратно-програмних засобів контролерів висувуються жорсткі вимоги щодо надійності, часу реакції на виконавчі пристрої, датчики і інше. Тому для чутливих з цієї точки зору об'єктів рекомендується використовувати контролери з операційними системами реального часу.

Розробка, налагодження та виконання програм управління локальними контролерами здійснюється за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення, це є інструментальне програмне забезпечення, що має відкриту архітектуру.

В якості верхнього рівня – диспетчерського – розглядаємо, перш за все, одну чи кілька станцій управління, що представляють собою автоматизоване робоче місце оператора, а також може розміщувати сервер бази даних. Станції управління призначені для відображення ходу технологічного процесу і оперативного управління і є спеціалізованим програмним забезпеченням, орієнтованим на забезпечення інтерфейсу, а також комунікацію із зовнішнім середовищем.

Для впровадження програми e-Navigation є основа і фундаментальні нагальні завдання. Апорія сучасного морського обладнання: при високих вимогах до механічної міцності і стійкості до впливу середовища практично не здійснюється контроль надійності програмного забезпечення. При сталому порядку впровадження інноваційного обладнання на флоті гармонізація вимог до такого устаткування вимагає додаткових зусиль, і в кінцевому рахунку на практиці видно, що щось упустили. Виробники витрачають жоден місяць на налагодження режимів відображення інформації на дисплеях. Іншими словами підставою для впровадження концепції стали:

1. Дезінтеграція існуючих технологій навігації та управління судноплавством;
2. Відсутність стандартів для берегового і суднового навігаційного обладнання;
3. Підвищення ризику впливу людського фактору на безпеку судноплавства.

І в 2005 році на засідання Комітету з безпеки на морі (IMO's Maritime Safety Committee (MSC)) представники Великобританії вперше запропонували концепцію е-навігація. Через рік Японія, Нідерланди, Норвегія, Сінгапур, Маршаллові острови, США офіційно запропонували розробити глобальну стратегію на водному транспорті під назвою e-Navigation.

Принциповою відмінністю концепції e-Navigation є скрупульозне дослідження базової необхідності різних груп користувачів і виявлення відсутніх ланок в існуючих технологіях навігації, включаючи систему моніторингу руху суден.

Стратегічний план впровадження концепції e-Navigation (strategy implementation plan (SIP)), затвердив Комітет з безпеки на морі (MSC94) в 2014 р.

Для реалізації концепції e-Navigation було поставлено 9 завдань. При дослідженні позначили першорядної важливості 5 завдань:

- 1) вдосконалення проектування містків;
- 2) стандартизація та автоматизація процедур складання обов'язкових доповідей береговим і портовим властям;
- 3) підвищення надійності і цілісності обладнання містка;
- 4) об'єднання та подання на графічних дисплеях інформації, що отримується за допомогою засобів зв'язку;
- 5) вдосконалення передачі на борт даних систем управління рухом суден.

На платформі цих п'яти завдань, вирішення охопили 15 напрямків.

Одне з питань, який повинні вирішити розробники – стратегічного плану впровадження – це забезпечення судноводіїв необхідними даними при плаванні:

- на акваторіях портів і при підході до них;
- в прибережних водах і районах обмеженого судноплавства;
- у відкритому морі;
- в приполярних районах.

З цією метою здійснюються розробки спеціальних «портфоліо морських сервісів» (Maritime Service Portfolio – MSP) їх число досягло 16. Наприклад:

MSP1 повинно містити всі сервіси, що поставляються судноводіїв з боку систем управління рухом суден;

MSP2 – процедури навігації в критичних ситуаціях;

MSP13 – сервіси, що забезпечують плавання в льодах з регулярною коректурою карт крижаних полів.

Одночасно в стратегічному плані впровадження просувається думка про те, що найважливішим елементом е-Навігації є зв'язок. Саме зв'язок забезпечує вирішення проблеми вдосконалення передачі на борт даних систем управління рухом суден, передаючи на судно відповідні MSP, і стандартизація та автоматизація процедур складання доповідей береговим і портовим властям, доставляючи береговим службам звітну судову документацію. При цьому передачу даних при аварійних ситуаціях передбачалося покласти на глобальну морську систему зв'язку при лихо, дані з безпеки плавання – на автоматичні ідентифікаційні системи, а для передачі решти трафіку використовувати супутникові системи зв'язку і наземні мережі.

Для вирішення цих навігаційних завдань доступні сигнали чотирьох глобальних навігаційних супутникових систем:

- американської GPS (розгорнута в повному складі);
- російської ГЛОНАСС (розгорнута в повному складі);
- європейської Galileo (на завершальному етапі розгортання);
- китайської Бейдоу (на завершальному етапі розгортання).

Системи глобальних навігаційних супутникових систем складають і складатимуть основу національних систем координато-часового та навігаційного забезпечення ще не одне десятиліття. Простота, низька вартість, малі енергоспоживання і габарити споживчої апаратури в поєднанні з безпрецедентно високою точністю і оперативністю отримання навігаційних рішень в будь-якій точці земної кулі і в близько земному просторі визначають пріоритет застосування систем глобальних навігаційних супутникових систем в порівнянні з іншими системами навігації. Технології супутникової навігації широко застосовуються в інтересах оборони і безпеки, а також практично у всіх галузях економіки. Уразливість глобальних навігаційних супутникових систем до чутливими до перешкод, в тому числі до штучних навмисним перешкод, посилення вимог споживачів в умовах нових викликів вимагає від розробників вдосконалення технологій, як в самих глобальних навігаційних супутникових систем для забезпечення навігаційної незалежності і безпеки спонукає багато держав до створення своїх власних супутникових навігаційних систем і їх функціональних доповнень. Саме цей фактор вплинув на рішення Євросоюзу і Китаю створити власні глобальні навігаційні системи, незважаючи на те, що двох систем формально досить для вирішення навігаційних завдань. Індія і Японія також прийняли рішення про створення своїх власних регіональних супутникових навігаційних систем. Але на практиці ці системи більше розглядаються як функціональні доповнення до американської GPS.

Не одноразово підкреслювалося, що одним головних компонентів концепції e-Navigation є зв'язок. Системи зв'язку майбутніх поколінь, згідно зі стратегічним планом впровадження, потрібно створювати на базі IP-і «хмарних» технологій.

Вид тестового майданчика для випробувань проектів розробки (рис. 4).

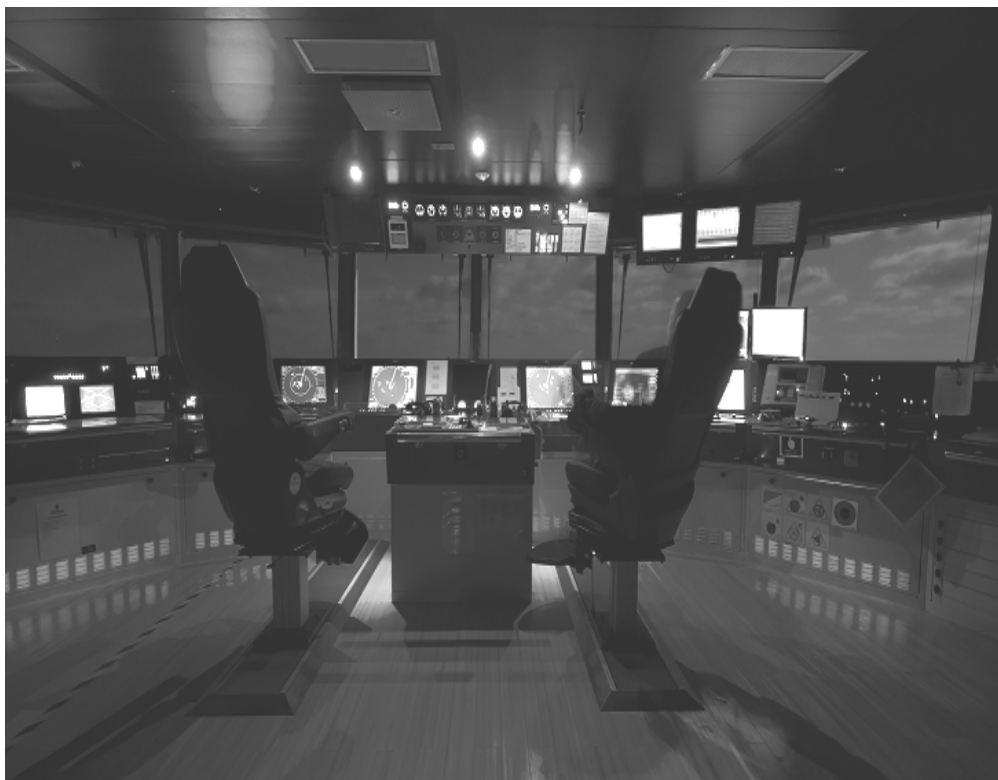


Рис. 4 – Тестовий майданчик e-Navigation

Тестовий майданчик – це платформа для випробувань проектів розробки. Випробувальні стенди зазвичай включають в себе ретельне, прозоре і відтворюється тестування наукових теорій, інноваційних рішень, обчислювальних інструментів і нових технологій.

Згідно керівництву IALA 1107, випробувальні стенди для електронної навігації дозволяють завчасно виявляти і оцінювати функціональність нової системи, зручність використання, області удосконалень, виявлення слабких місць і соціально-технічний вплив.

Тестові майданчики не повинні бути обмежені або обмежені поточною архітектурою, структурами даних або процедурами.

Випробувальні стенди зазвичай включають в себе ретельне, прозоре і відтворюється тестування наукових теорій, інноваційних рішень, обчислювальних інструментів і нових технологій.

Згідно керівництву, IALA 1107, випробувальні стенди для електронної навігації дозволяють завчасно виявляти і оцінювати функціональність нової системи, зручність використання, області удосконалень, виявлення слабких місць і соціально-технічне вплив.

На сайті <https://www.iala-aism.org/technical/e-nav-testbeds/> у відкритому доступі можна побачити повний список реалізованих проєктів, активні випробувальні стенди та стенди, на яких випробування завершені.

Незважаючи на жорсткі вимоги концепції у вирішенні завдань вищої пріоритетності в таких напрямках, як:

- стандартизація діалогу і інструкцій з експлуатації;

- відповідність обладнання містка вимогам оповіщення про всі виникаючі несправності;

- індикація інформації, що відображає поточні точність функціонування і надійність обладнання;

- автоматичний збір всієї наявної на борту інформації;

- уявлення документації з використанням режиму «одного вікна»;

- приведення національних вимог до звітної документації у відповідність з узгодженим міжнародним стандартом;

- впровадження в обладнання вбудованого тесту контролю цілісності;

- розробки стандартної процедури контролю терміну служби;

- підвищення надійності вироблення і відновлення апаратури координато-часового забезпечення шляхом об'єднання і резервування коштів;

- висновок на багатофункціональний графічний дисплей ІНС даних з безпеки мореплавання, автоматичної ідентифікаційної системи, цифрової карти, радара і інше;

- впровадження єдиної морської структури даних, використовуючи універсальну модель гідрографічних даних, розроблену Міжнародною гідрографічною організацією;

- застосування стандартизованого інтерфейсу передачі даних з зв'язкового в навігаційне обладнання;

- видача береговими службами на борт судна гарантовано достовірних даних про районі його дії;

- автоматичний вибір для використання відповідного засоби зв'язку з урахуванням смуги пропускання, переданого контенту, цілісності і вартості трафіку;

слід виявити можливі методи і засоби передачі даних, вибір яких повинен бути підтверджений результатами тестових випробувань для різних районів плавання.

Неможливо ні побачити, що концепція е-Навігація – є система територіально розподілена інтегрована. З цього випливає, що апаратне, інформаційне та програмне забезпечення розподілені територіально. Але доводиться, з жалем спостерігати, антиномію новітніх морських засобів: при жорстких вимогах до механічної міцності і стійкості до впливу середовища практично не контролюється надійність програмного забезпечення.

Ознайомившись з розробками концепції е-Навігація, розглянемо її основні проекти, які створені на добре відпрацьованих хмарних технологіях Інтернету.

Щоб втілити в життя концепцію е-Навігація важлива присутність інформаційної інфраструктури, яка зможе передавати цілісну інформацію на суда, між судами, а також між судном і берегом. Першою, в рішенні цієї проблеми, запропонувала свою концепцію, засновану на відпрацьованих хмарних технологіях інтернету, Данія, «Хмара моря». Далі був проект «EfficienSea», в якому взяли участь фахівці таких країн, як Швеція, Норвегія, Фінляндія, Данія, Естонія і Польща, орієнтований на Балтику. На зміну EfficienSea прийшов проект EfficienSea 2 (2015–2017 рр.), в розробці якого брали участь вже 12 країн, в силу чого він перетворився з регіонального в європейський. У 2012 році Великобританія, Данія, Німеччина, Швеція, Норвегія, Нідерланди та до 2015 року розробляли проект ACCSEAS. У 2018 році Норвегія, Нідерланди, Бельгія почали розробляти проект Hull-to-Hull, який фінансує ЄС, завершальна стадія цього проекту в 2020 році.

Функціональним ядром платформи морського зв'язку всіх проектів, які створюються на основі хмарних технологій, є одні і ті ж елементи, які визначили головне «хмара море», на думку багатьох фахівців, що ступінь відпрацювання їх знаходиться на такому рівні, що платформа морського зв'язку може стати не тільки базисом «Інтернету речей» на море, а й передумовою переходу е-Навігації з стадії тестових перевірок в аспект впровадження.

Функції «хмара море» були спрямовані на вирішення таких проблем, як:
стандартизація та автоматизація процедур складання доповідей береговим і портовим властям;

комплексування і висновок на дисплеї інформації містка, одержуваної з використанням засобів зв'язку.

Ці проблеми є як судновими, так і береговими компонентами е-Навігації, які реалізують фізичний зв'язок між абонентами і функціональну зв'язок з системою людино-машинного інтерфейсу.

Фундамент «хмара море» становить:

1) морський реєстр ідентифікації, що забезпечує розпізнавання судів, систем управління рухом суден, офісів судновласників і інше, відкриваючи при цьому доступ до передачі кріптографованої інформації, яка спрямована на вирішення проблеми стандартизації та автоматизації процедур складання доповідей береговим і портовим властям;

2) реєстр Maritime Service Portfolio, який грає роль цифрових «жовтих сторінок» для зареєстрованих в «хмару море» морських суб'єктів та інформаційних служб;

3) морська служба передачі повідомлень, яка вибирає найкращу з доступних ліній зв'язку та забезпечує безпечну передачу даних.

Фундаментом EfficienSea є:

1) передача за запитом на борт судна як метеоданих, так само океанографічних даних по маршруту з використанням спеціально створеної служби METOC;

2) висновок на електронну карту вироблюваних системами управління рухом суден даних з безпеки мореплавання з урахуванням реального місця розташування судна;

3) передача через автоматичну ідентифікаційну систему свого маршруту оточуючим судами береговим службам;

4) передача на судно коректур маршруту, вироблених системою управління рухом суден.

Але ніщо не стоїть на місці, а розвивається в вигляді конусоподібної спіралі, так EfficienSea трансформується в європейський проект EfficienSea 2, результат такої трансформації представлений у вигляді «Платформи морського зв'язку» прийшла нас зміну ОМ, «УКХ-системи обміну даними» (VHF Data Exchange System), «Шаблони морських донесень» і цілого пакета цифрових сервісів в допомогу споживачам. Для ефективної роботи «Платформи морського зв'язку» необхідні відповідні засоби зв'язку, роль яких у цьому проекті взяла на себе система VHF Data Exchange System. До цієї розробки основна частина інформації між судном і берегом передавалася засобами автоматичної ідентифікаційної системи, яку встановлювали на судах з 2002р. Але канал обміну автоматичної ідентифікаційної системи в даний час перевантажений, що покласти на нього будь-які додаткові процедури, необхідні

розвитком е-Навігації, виявилось неможливим. Саме тому і була створена система VHF Data Exchange System, яка виконує функції наступного призначення:

існуючої автоматичної ідентифікаційної системи, включаючи ідентифікацію суден, передачу повідомлень про місце положенні і маршруті судна і інше;

передачі високошвидкісних (до 302 Кбіт / с) даних з використанням як наземних (VDE terrestrial), так і супутникових каналів зв'язку (VDE satellite), забезпечуючи, на відміну від автоматичної ідентифікаційної системи, глобальне покриття.

Великою підмогою капітанам суден по служить і «Шаблони морських донесень», призначений для стандартизації та автоматизації процедури складання обов'язкових доповідей береговим і портовим властям, на що зараз у них йде до двох годин. Що стосується згаданих сервісів, вони забезпечують, в тому числі:

висновок на електронній навігаційній карті льодових полів;

збір і обмін даними по проходах в льодах;

оптимізацію маршруту судна, обмін планами руху суден і виявлення районів безпечного плавання.

2020 рік є завершальним для проекту Hull-to-Hull, який фінансується ЄС. Самоціллю проекту є забезпечення безпечної навігації в безпосередній близькості від рухомих і нерухомих об'єктів, які створили умови для просування створюваних при цьому продуктів і на безпілотні судна. Базис варіантів розв'язання задачі полягає в застосуванні показань різних навігаційних датчиків, і перш за все глобальної навігаційної супутникової системою Galileo і EGNOS, а також на 3-D-моделях самих об'єктів. Оперуючи таким підходом, судноводій зможе прецизійно оцінювати, як відстань до навколишніх об'єктів, включаючи рухомі судна, так і швидкість зближення з ним. За існуючими оцінками для безпілотних суден похибка визначення цієї відстані не повинна перевищувати декількох дециметрів, що передбачається забезпечити за рахунок інтегрування даних, одержуваних від приймача глобальної навігаційної супутникової системою при роботі в двочастотному мультисистемному режимі, інерціального вимірювального модуля, автоматичної ідентифікаційної системи, лидара, радара і відеокамер. Більш того, як показники датчиків, так і самі 3-D-моделі будуть транслюватися оточуючим судам.

Не можна забувати про кліматичні умови і їх зміни, а саме про глобальне потепління. Спостерігаючи за кліматичної особливістю Арктики, де глобальне потепління суттєво відкоригував льодову картину, сприяючи появі нових маршрутів в блокованих льодами зонах. З огляду на кліматичні зміни, ЄС запустила проект SEDNA, що виконується консорціумом з 13 учасників, здебільшого – університетів, що представляють Великобританію, Швецію, Норвегію, Ірландію, Фінляндію і Китай. Ядро цього проекту в розробці комплексного підходу, заснованого на оцінці ризику, для безпечної арктичної навігації, проектування і експлуатації суден.

Висновки

Узагальнивши викладене, підтверджується правильність напрямку концепції е-Навігація, на практиці буде потурати:

при розробці, у виробників навігаційної техніки появи вимог, узгоджені з споживачем;

стандартизувати розробку всіх напрямків комп'ютерно-інтегрованих навігаційних систем, особливо місткових, що призведе до високоефективного навчання судноводіїв;

зниження навігаційних аварій, особливо в зоні охоплення системи управління рухом судна;

підвищення рівня інформованості судноводія, в силу трансформації доступу до стандартизованих, найголовніше – надійним даними.

Література:

1. Л. Л. Вагуценк, Современные информационные технологии в судовождении: элект. учебн. пособ., Одесса, Украина: ОНМА, 2013.

2. К. К. Евсюгин, и К. С. Толмачев, «Е-Навигация и ее перспективы в современном судоходстве», на студ. форум: электрон. научн. журн. 2019, № 10(61). [Электронный ресурс]. Доступно на: <https://nauchforum.ru/journal/stud/61/48703>. Дата обращения: 02.02.2020.

3. Ю. П. Михайлюк, С. Е. Ломоносов, и В. Р. Душко, Цифровая навигация: учеб.-метод. пособ., Севастополь, Украина: СевГУ, 2019.

4. e-Navigation сегодня: Определение, стратегия, цели, задачи, тестовые проекты и разработанные технологии, Санкт-Петербург, Россия: Группа «Кронштадт» Малый пр-т. В. О., 54-4, 2016.

2.9. Завадостійке перетворення даних

Вступ та постановка задачі. Актуальність дослідження. У зв'язку з безперервним збільшенням обсягу інформації, що накопичується у всіх областях людської діяльності, все більшого значення набувають технології її завадостійкого представлення. Під завадостійким представленням інформації слід розуміти деяку форму зберігання інформації, яка дозволяє знаходити та виправляти певну кількість помилок. Інформаційним носієм може бути будь-яка фізична субстанція, будь то людський мозок, пам'ять обчислювальної машини або простий лист паперу. Ми звикли говорити, що носій інформації містить інформацію як якийсь реальний об'єкт. Насправді ж інформація є не більше ніж атрибут інформаційного носія. Справа в тому, що інформація сама по собі не існує окремо від носія. Інформація є породження інформаційного носія: отримати інформацію - означає «прочитати» стан її носія. Таким чином, інформація є нічим іншим, як абстракцією, і треба чітко усвідомлювати, що, коли мова йде про методи завадостійкого подання інформації, насправді маються на увазі способи зміни стану не самою інформації, а, скоріше, її носія. Спосіб отримання завадостійкого представлення інформації носить назву завадостійкого кодування.

Метою цієї статті є дослідження та удосконалення алгоритму синтезу завадостійких кодових послідовностей.

Об'єктом дослідження є завадостійкі кодові послідовності.

Предметом дослідження є алгоритми синтезу завадостійких кодових послідовностей.

Для реалізації поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- 1) провести дослідження алгоритмів синтезу завадостійких кодових послідовностей;
- 2) провести дослідження та здійснити практичну реалізацію алгоритму синтезу завадостійких кодових послідовностей;
- 3) провести дослідження та здійснити практичну реалізацію алгоритму знаходження та виправлення помилок одержаних завадостійких кодових послідовностей.

Наукова новизна полягає в розробці удосконаленого методу синтезу завадостійких кодових послідовностей.

Практична цінність. При передачі кодових послідовностей по каналах бездротового зв'язку можуть виникнути завади, які можуть спотворити дані.

Цю проблему варто вирішувати за допомогою одержаних завадостійких кодових послідовностей. Завадостійкі кодові послідовності дозволяють в системи прийому-передачі даних знаходити та виправляти помилки. Запропоновані завадостійкі кодові послідовності мають практичну цінність, так як одержувана кодова послідовність дозволяє знаходити до 50 % та виправляти до 25 % спотворених символів від довжини завадостійкої кодової послідовності.

Постановка задачі. Необхідно знайти таку завадостійку кодову послідовність, яка здатна в найбільшому обсязі знаходити і виправляти помилки в залежності від довжини отриманої кодової послідовності.

Основна частина

В основі алгоритмів синтезу завадостійких кодових послідовностей покладений принцип надмірності, який надає можливість знаходити і виправляти помилки за рахунок особливостей структур цих послідовностей.

Завадостійкі нееквідистантні кодові послідовності

Завадостійка кодова послідовність складається з набору нулів і одиниць, за допомогою яких перетворюють символи для подальших дій прийому-передачі. Основними властивостями цих завадостійких кодових послідовностей є покращені характеристики щодо знаходження і виправлення помилок. Від таких кодових послідовностей в першу чергу залежить завадостійкість системи. При однакових довжинах властивості завадостійких кодових послідовностей можуть відрізнятися. Завадостійкість буде залежати як від довжин цих кодових послідовностей, так і від декількох інших характеристик, наприклад - взаємної кореляції послідовностей. Тобто, вибір найкращої завадостійкої кодової послідовності зводиться до алгоритму пошуку таких кодових послідовностей.

Існуючі способи перетворення кодових послідовностей не повністю дають можливість удосконалити системи кодування/декодування. Тому одною з важливих задач є дослідження ефективних моделей удосконалення кодування/декодування інформації за такими показниками як: швидкість передачі даних, завадостійкість кодових послідовностей, простота виправлення та знаходження помилок. Такими моделями можуть бути нееквідистантні кодові послідовності, які складаються з цілих чисел або послідовностей чисел, визначених як їх значеннями та і значеннями всіх послідовних сум поруч розташованих елементів.

Для вирішення цієї проблеми розглянемо нееквідистантні кодові послідовності. Під нееквідистантними кодовими послідовностями будемо вважати послідовності, в яких дозволені кодові комбінації утворюють послідовності з різними відстанями між одиницями та нулями.

Ці нееквідистантні кодові послідовності мають деякі переваги перед іншими завадостійкими послідовностями. Це простота знаходження і виправлення помилок на стороні прийому даних, бо поява символу «1» та/або символу «0», у вигляді завади говорить про помилку, так як змінилась кількість дозволених відстаней. Помилка не знаходиться тільки тоді, коли кількість хибних кодів рівна або більше кодової відстані. Якщо в цій нееквідистантній кодовій послідовності появились спотворені символи, то вони будуть виявлені, що сприяє високій завадостійкості нееквідистантної послідовності.

Задачу покращення завадостійких характеристик нееквідистантних кодових послідовностей варто вирішувати на основі застосування ідеальних кільцевих в'язанок (ІКВ).

Ідеальною числовою в'язанкою будемо називати в'язанку, в якій множина всіх чисел вичерпує значення, які є пропорційні елементам натурального ряду з заданою кількістю повторів для кожного елемента цього ряду.

Нееквідистантною кодовою послідовністю називається послідовність $K_n=(k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n)$ елементів, де всі можливі поруч розташовані елементи у вигляді кільцевих сум дають значення всіх чисел натурального ряду $1, 2, \dots, S_n=n^2-(n-1)$.

Виходячи з визначення побудуємо таблицю кільцевих сум моделі нееквідистантної кодової послідовності K_n .

Загальне число всіх кільцевих сум ваг елементів нееквідистантної кодової послідовності, які мають різні значення:

$$S_n=n^2-(n-1). \quad (1)$$

При значеннях $p_j=1, q_j=n$, а також при значеннях $p_j \neq 1, q_j=p_j-1$ кільцеві суми ваг елементів нееквідистантної кодової послідовності дорівнюють S_n . (табл. 1).

Дозволені кільцеві суми завадостійкої нееквідистантної кодової послідовності

p _j	q _j					
	1	2	l-1	l	n-1	n
1	k ₁	$\sum_{i=1}^2 k_i$	$\sum_{i=1}^{l-1} k_i$	$\sum_{i=1}^l k_i$	$\sum_{i=1}^{n-1} k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i$
2	$\sum_{i=1}^n k_i$	k ₂	$\sum_{i=2}^{l-1} k_i$	$\sum_{i=2}^l k_i$	$\sum_{i=2}^{n-1} k_i$	$\sum_{i=2}^n k_i$
l-1	$\sum_{i=1}^{n-1} k_i + \sum_{i=1}^1 k_i$	$\sum_{i=1}^{n-1} k_i + \sum_{i=1}^2 k_i$	k _{l-1}	$\sum_{i=1}^l k_i$	$\sum_{i=1}^{n-1} k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i$
l	$\sum_{i=1}^n k_i + \sum_{i=1}^1 k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i + \sum_{i=1}^2 k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i$	k _l	$\sum_{i=1}^{n-1} k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i$
n-1	$\sum_{i=n-1}^n k_i + \sum_{i=1}^1 k_i$	$\sum_{i=n-1}^n k_i + \sum_{i=1}^2 k_i$	$\sum_{i=n-1}^n k_i + \sum_{i=1}^{l-1} k_i$	$\sum_{i=n-1}^n k_i + \sum_{i=1}^l k_i$	k _{n-1}	$\sum_{i=n-1}^n k_i$
n	$\sum_{i=n}^n k_i + \sum_{i=1}^1 k_i$	$\sum_{i=n}^n k_i + \sum_{i=1}^2 k_i$	$\sum_{i=n}^n k_i + \sum_{i=1}^{l-1} k_i$	$\sum_{i=n}^n k_i + \sum_{i=1}^l k_i$	$\sum_{i=1}^n k_i$	<u>k_n</u>

Число S_n^* кільцевих сум на послідовності ваг елементів визначається наступною залежністю:

$$S_n^* = n(n-1) \quad (2)$$

Розглянемо побудову завадостійкої кодової послідовності. В якості прикладу візьмемо нееквідистантну кодову послідовність, побудовану у відповідності до ваг елементів ІКВ 8-го порядку 4-ої кратності:

$$1, 1, 1, 2, 2, 1, 3, 4.$$

Так як ці значення ваг елементів є числами в'язанки 8-го порядку 4-ої кратності, то кожне з цих чисел натурального ряду від 1 до $n(n-1)/r=15$ буде представлено різними чотирма способами, а кількість всіх способів дорівнює кількості отриманих чисел.

Для нееквідистантної кодової послідовності з кількістю n елементів в'язанки наш алгоритм надає можливість кодування будь-яких чисел від 1 до $S_n = n(n-1)/r+1$.

Кодові комбінації нееквідистантної кодової послідовності 00000100, 00100000, 01000000, 10000000 представляють чотири способи кодування числа 1. Число 2 кодується наступним чином 00001000, 00010000, 01100000, 11000000. Число 3 кодується відповідно 00000010, 00001100, 00110000, 11100000, число 4 – 00000001, 00000110, 00011000, 01110000, і т. д., число 14 – 10111111, 11111011, 11011111, 01111111, число 15 – 11111111.

Синтезовану завадостійку кодову послідовність на основі ваг ІКВ показує табл. 2.

Таблиця 2

**Завадостійка кодова послідовність на основі ваг ІКВ порядку $n=8$
кратності $r=4$: 1, 1, 1, 2, 2, 1, 3, 4**

1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0
0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1

Кожній числовій комбінації завадостійкій нееквідистантній кодовій послідовності відповідає набір одиниць та нулів, який будується за вагами ІКВ за наступним правилом: 1 це 1, 2 – 10, 3 – 100, 4 – 1000 і так далі.

Кількість різних $S_N(S_N - 1)/2$ кодових послідовностей містить точно R із N одиничних символів у відповідних розрядах, що впливає з властивостей ІКВ. Інші $N-R$ символів будь-яких двох нееквідистантних кодових послідовностей відрізняються від символів, які представлені в однойменних розрядах.

Таким чином мінімальна кодова відстань будь-якої завадостійкої нееквідистантної кодової послідовності, що побудована за допомогою ІКВ буде визначена у вигляді співвідношення порядку та кратності ІКВ:

$$d_{\min} = 2(N - R) \quad (3)$$

Для збільшення кількості дозволених комбінацій нееквідистантних кодових послідовностей за допомогою ІКВ побудуємо дзеркальну завадостійку нееквідистантну кодову послідовність з вагами ІКВ, де поміняємо місцями одиниці і нулі при кодуванні.

Кодові комбінації 01111111, 10111111, 11011111, 11111011 відповідають 4-м способам кодування числа 1. Кодуванню числа 2 відповідають 00111111, 10011111, 11101111, 11110111. Числу 3 відповідають 00011111, 11001111, 11110011, 11111101, числу 4 – 10001111, 11100111, 11111001, 11111110 і т. д., числу 14 – 10000000, 01000000, 00100000, 00000100, числу 15 – 00000000.

Реалізовану дзеркальну завадостійку нееквідистантну кодову послідовність з вагами ІКВ ілюструє табл. 3.

Таблиця 3

**Дзеркальна завадостійка кодова послідовність на основі ваг ІКВ
порядку n=8 кратності r=4: 1, 1, 1, 2, 2, 1, 3, 4**

0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0

Кількість дозволених комбінацій основної та дзеркальної завадостійких кодових послідовностей:

$$P = 2S_N^R \quad (4)$$

Кількість помилок t_1 , які виявляються за допомогою завадостійкої кодової послідовності, визначається за допомогою мінімальної кодової відстані d_{min} :

$$t_1 \leq d_{min} - 1. \quad (5)$$

Кількість помилок t_2 , які виправляються за допомогою завадостійкої кодової послідовності, визначається кількістю помилок, що виявляються t_1 :

$$t_2 \leq (t_1 - 1) / 2 \quad (6)$$

Визначимо залежність, що визначає кількість помилок, що можуть бути виявлені t_1 завадостійкою кодовою послідовністю:

$$t_1 \leq 2(N - R) - 1. \quad (7)$$

Визначимо залежність, що визначає кількість помилок, що можуть бути виправлені t_2 завадостійкою кодовою послідовністю:

$$t_2 \leq N - R - 1 \quad (8)$$

Мінімальну кодова відстань для завадостійкої кодової послідовності визначимо як:

$$d_{1,2} = S_N - 2(N - R) \quad (9)$$

Знайдемо залежності для визначення кількості помилок, що можуть бути виявлені за допомогою завадостійкої кодової послідовності:

$$t_1 \leq 2(N - R) - 1, \text{ якщо } S_N \geq 4(N - R) \quad (10)$$

$$t_1 \leq S_N - 2(N - R) - 1, \text{ якщо } S_N < 4(N - R) \quad (11)$$

Знайдемо залежності для визначення кількості помилок, що можуть бути виправлені за допомогою завадостійкої кодової послідовності:

$$t_2 \leq N - R - 1, \text{ якщо } S_N \geq 4(N-R) \quad (12)$$

$$t_2 \leq \frac{S_N - 2(N - R + 1)}{2}, \text{ якщо } S_N < 4(N-R) \quad (13)$$

Знайдемо оптимальний взаємозв'язок між значеннями параметрів N і R з точки зору найкращої коригуючої здатності завадостійкої кодової послідовності. Завадостійкість цієї кодової послідовності зростає зі збільшенням значення різниці $L=N-R$.

Найбільше значення L буде за умови:

$$S_N = 2N. \quad (14)$$

Наведемо взаємозв'язок між параметрами N і R , коли завадостійка кодова послідовність максимально виявляє та виправляє найбільшу кількість помилок:

$$L = \begin{cases} N/2, & N - \text{парне} \\ (N-1)/2, & N - \text{непарне} \end{cases} \quad (15)$$

Отримані на основі ідеальних кільцевих в'язанок завадостійкі кодові послідовності можуть знаходити до $N-1$ та виправляти до $N/2-1$ помилок за парними значеннями N , і знаходити до N та виправляти до $(N-1)/2$ помилок за непарними значеннями N за умови, що кількість дозволених комбінацій завадостійких кодових послідовностей на основі в'язанок теоретично збільшується вдвічі за рахунок впровадження дзеркальних завадостійких кодової послідовностей.

Для виконання роботи була вибрана мова програмування Borland Delphi 7 якій не потрібно потужний комп'ютер і яка має можливості для вирішення поставлених задач. Програмний продукт написаний на Borland Delphi 7 і безпомилково працює під Windows 10. Отже програмний продукт працює під широко застосованою платформою для робочих та серверних систем. Наразі відлагоджена працююча версія, в якій під час проведення тестів не були виявлені помилки.

Розглянемо діаграму програмних компонентів для процесу синтезу нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей на основі ІКВ у вигляді модулів кодування завадостійкої послідовності, модулів генерації

випадкових завад, модулів декодування завадостійкої послідовності, яка надана на рис. 1.

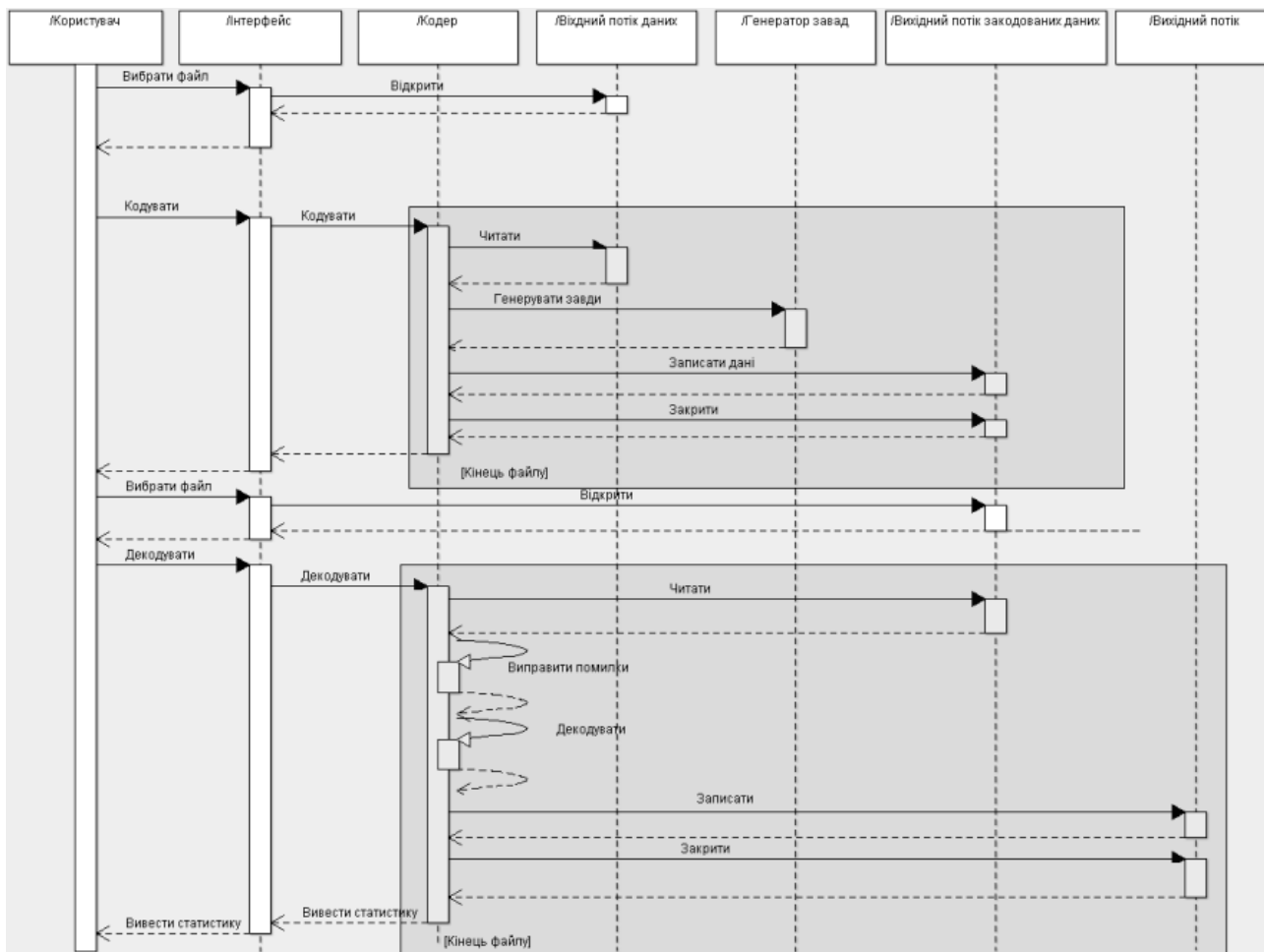


Рис. 1 – Діаграма програмних компонентів

Діаграма програмних послідовностей показує процес роботи програмного продукту завадостійкого кодування за допомогою нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей та ілюструє можливості знаходження та виправлення випадкових завад.

Програмний продукт простий в користуванні, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Опишемо елементів на формі програмного продукту:

- Вхідними даними будуть параметри завадостійкої нееквідистантної кодової послідовності порядку N кратності R (рис. 2);
- Кількість помилок, які підлягають виправленню (у відповідності з даними, представленими у вікні Info (рис. 2–4).

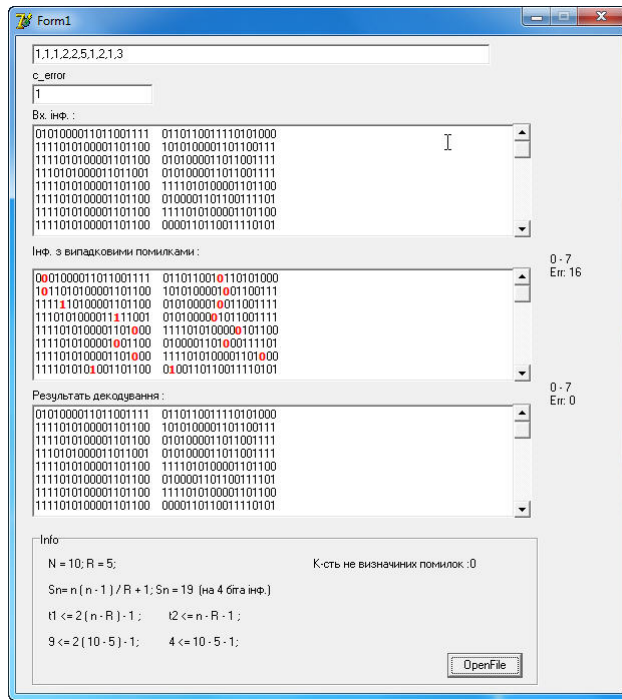


Рис. 2 – Проведення операцій кодування, генерації завад та операцій декодування з виправленням однократної помилки

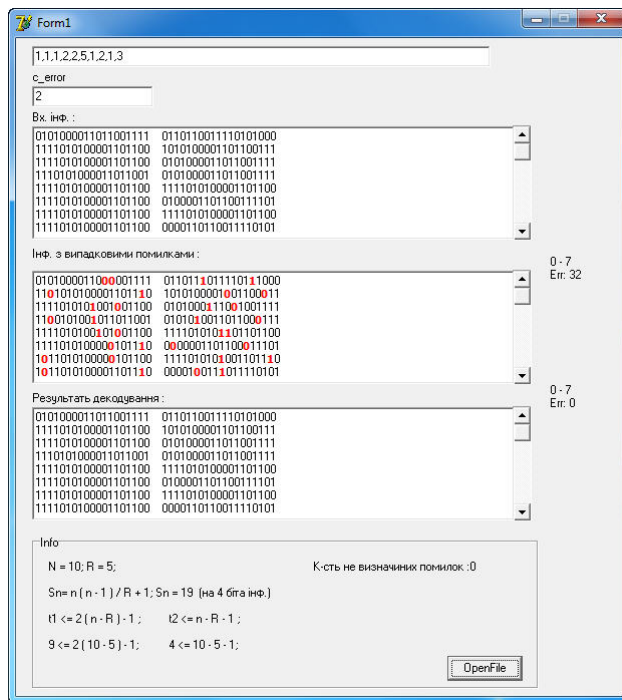


Рис. 3 – Проведення операцій кодування, генерації завад та операцій декодування з виправленням двократної помилки

• Кнопка «OpenFile», за допомогою якої вибирається файл для проведення кодування, генерації завад і проведення декодування зі знаходженням та виправленням помилок.

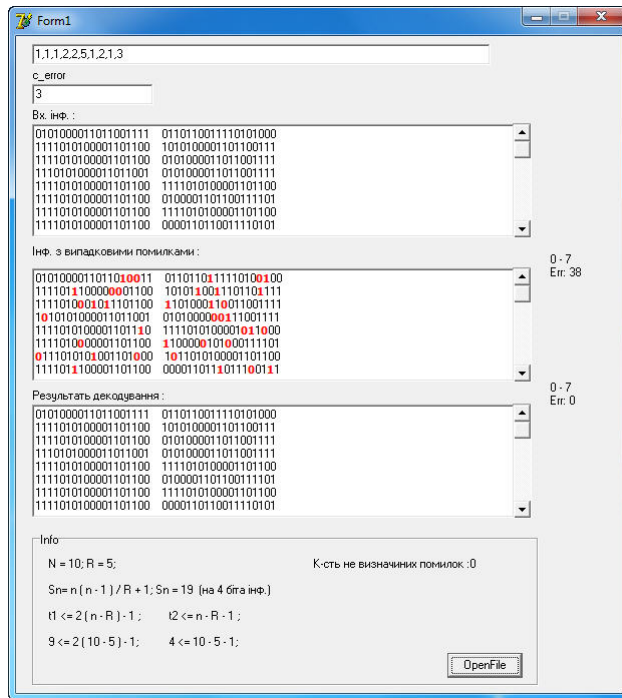


Рис. 4 – Проведення операцій кодування, генерації завад та операцій декодування з виправленням трьохкратної помилки

Для виконання операцій кодування та декодування необхідно використати кнопку «OpenFile». Результати проведеного кодування і декодування зі знаходженням та виправленням помилок в кількості до п'яти з використанням завадостійких нееквідистантних кодових послідовностей проілюстровані на рис. 2–6.

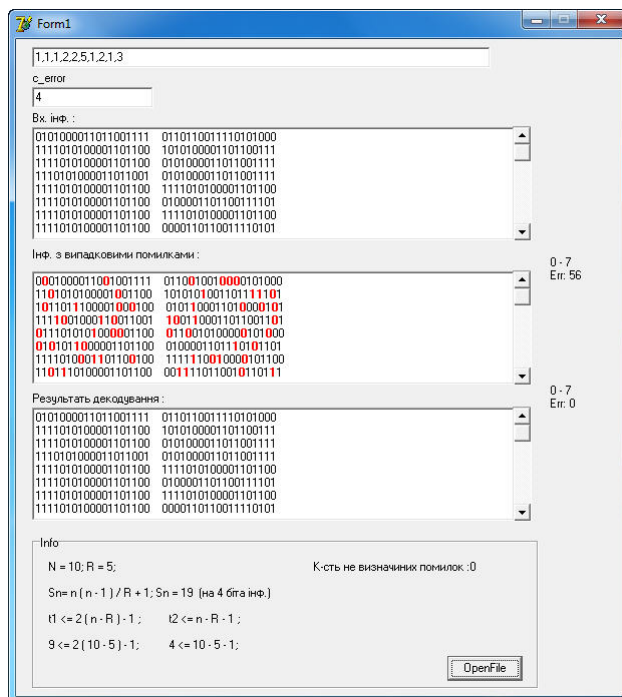


Рис. 5 – Проведення операцій кодування, генерації завад та операцій декодування з виправленням чотирьохкратної помилки

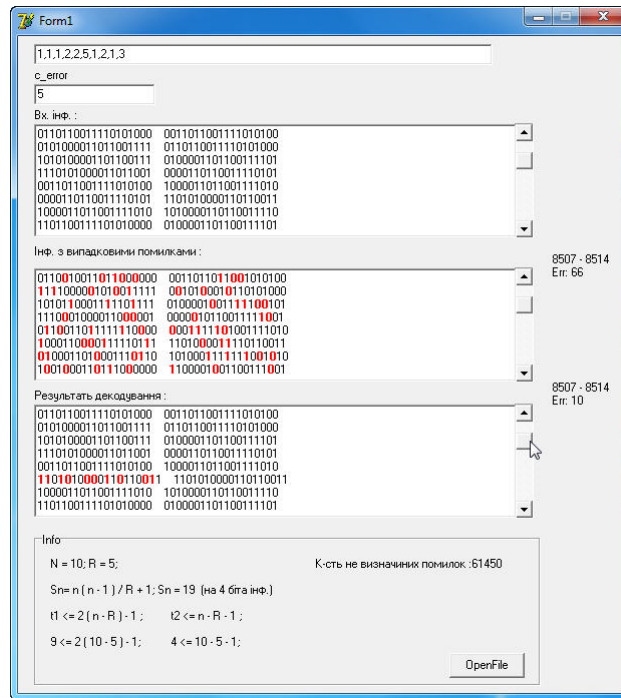


Рис. 6 – Проведення операцій кодування, генерації завад та операцій декодування з виправленням n 'ятикратної помилки

Аналізуючи наведені експерименти, бачимо, що знаходження та виправлення всіх помилок представлено на рис. 2–5, а також на рис. 6 є досить значна кількість знайдених, але не виправлених помилок, що повністю відповідає теорії нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей.

Висновки

Перевагою запропонованого алгоритму синтезу нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей за допомогою ідеальних кільцевих в'язанок є більша завадостійкість отриманих послідовностей. Порівнюючи інші методи побудови завадостійких кодових послідовностей, слід сказати, що застосування ідеальних кільцевих в'язанок суттєво спрощує синтез цих послідовностей.

Застосування алгоритму кодування і декодування даних на основі нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей дає змогу покращення завадостійкості отриманих послідовностей. Перспективою подальших досліджень є зменшення досить значної надлишковості. Для цього у роботі запропоновано застосування дзеркальних нееквідистантних завадостійких кодових послідовностей.

Література:

1. Tsmots, V. Rabyk, O. Riznyk, & Y. Kynash, «Method of Synthesis and Practical Realization of Quasi-Barker Codes», 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, p. 76 – 79, 2019. doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929882.
2. O. Riznyk, O. Povshuk, Y. Kynash, & I. Yurchak, «Composing method of anti-interference codes based on non-equidistant structures», 2017 XIIIth International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, p. 15 – 17, 2017.
3. O. Riznyk, O. Povshuk, Y. Noga, & Y. Kynash, «Transformation of Information Based on Noisy Codes», 2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP), Lviv, p. 162 – 165, 2018. doi: 10.1109/DSMP.2018.8478509.
4. O. Riznyk, Y. Kynash, O. Povshuk, and Y. Noga, «The Method of Encoding Information in the Images Using Numerical Line Bundles», 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, p. 80 – 83, 2018. doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526751.
5. R. Oleg, K. Yurii, P. Oleksandr, and B. Bohdan, «Information technologies of optimization of structures of the systems are on the basis of combinatorics methods», 2017 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, p. 232 – 235, 2017. doi:10.1109/STC-CSIT.2017.8098776.

2.10. Формування та фільтрація сигналів вейвлет – перетворення в задачі цифрової обробці сигналів

Введення і постановка завдання. Для таких завдань, як стискування зображень, завдань при обробці і синтезі різних сигналів, при аналізі зображень самої різної природи, при згортку (стисканні) великих обсягів інформації, та для захисту інформації у теперішній час використовуються повсюдно вейвлеті фільтрації.

Основна частина. При реалізації алгоритмів швидкого розкладання сигналу в вейвлет-базисі довжина вибірки вибирається рівною мірою двійки $N = 2^j$, так як перехід від одного рівня декомпозиції до іншого (більш детальному) еквівалентно зменшенню вдвічі довжини вибірки.

$$y_{\text{нч}}(k) = (x * g)(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(i)g(k-i). \quad (1)$$

Імпульсна характеристика ВЧ-фільтра $h(i)$ задається наступним чином:

$$g(i) = (-1)^i h(2M - i - 1), \quad (2)$$

де постійна M визначає довжину області завдання вейвлет-базису.

Збільшення M дозволяє використовувати симетричні функції (які мають нульові моменти), і гарантує мінімальну ймовірність помилки при відновленні стисненого сигналу після фільтрації.

Разом з цим, зі збільшенням M супроводжується призводить до істотного зростання коефіцієнтів фільтра, що призводить до суттєвих недоліків (підвищення часу обчислень).

Затухаючі характеристики дискретного вейвлет перетворення при збільшенні M відчуває деякі недоліки при вирішенні деякого ряду завдань. У зв'язку з цим вибір вейвлет-перетворення повинен задовольняти залежно від пріоритетів і вибору сигналів в цифровій обробці сигналів.

У завданнях цифрової обробки сигналів, синтезу фільтрів, розпізнаванні об'єктів і стисненні зображень в якості основних функцій для реалізації ДВП застосовують вейвлеті Хаара, Добеши в 1980-х роках запропонувала сімейство

ортогональних функцій [1]. Для розрахунку швидкого вейвлет-перетворення запропонуємо такі функції.

Для $M \in \mathbb{N}$, вейвлет $D^{2 \cdot M}$ являє собою функцію виду $\psi = M^\psi \in L^2(\mathbb{R})$, котра визначається виразом:

$$\psi(x) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{2M-1} (-1)^k h_{2M-1-k} \times (2x - k), \quad (3)$$

де $h_0, \dots, h_{2M-1} \in \mathbb{R}$ – постійні коефіцієнти, що задовольняють умові.

$$\sum_{k=0}^{M-1} h_{2k} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \sum_{k=0}^{M-1} h_{2k+1}, \quad (4)$$

для $l = 0, 1, \dots, M-1$ виконується вимога

$$\sum_{k=2l}^{2M-1+2l} h_k h_{k-2l} = \begin{cases} 1, & l = 0, \\ 0, & l \neq 0. \end{cases} \quad (5)$$

Приклад масштабується функції вейвлета Добеши наведено на рис. 1 при малих M коефіцієнти h_k можуть бути записані у вигляді точних виразів, наприклад, вейвлет D^4 задається коефіцієнтами:

$$\begin{aligned} h_0 &= \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 + \sqrt{3}); & h_1 &= \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 + \sqrt{3}); \\ h_2 &= \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 - \sqrt{3}); & h_3 &= \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 - \sqrt{3}). \end{aligned} \quad (6)$$

При збільшенні M визначення h_k проводиться шляхом вирішення алгебраїчних рівнянь ступеня M . Незважаючи на те, що ці рівняння можуть бути вирішені за будь-якої необхідної точністю, значення h_k тепер задаються у вигляді таблиць (із заздалегідь визначеним числом розрядів) (рис. 1).

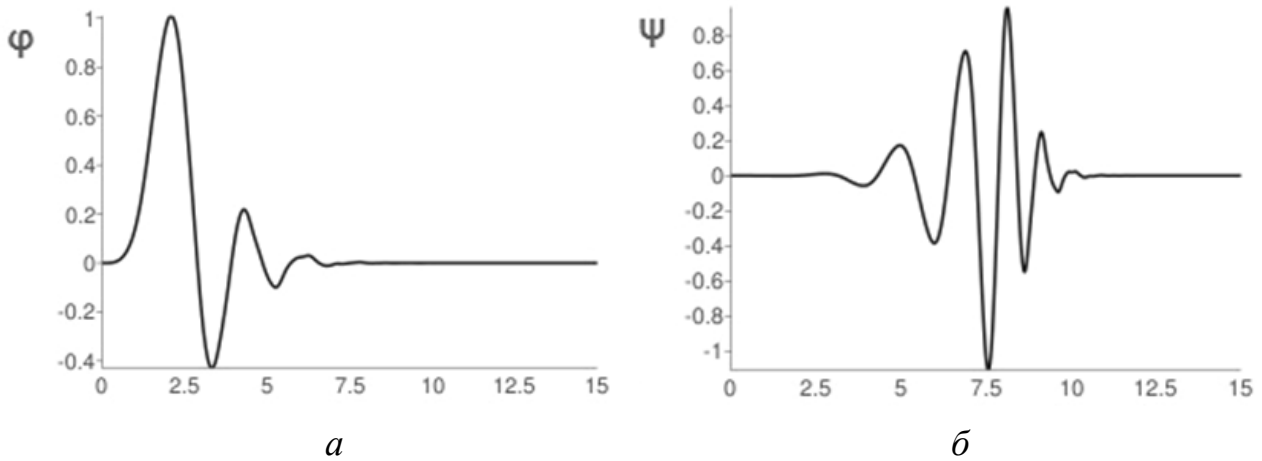


Рис. 1 – Приклад скейлинг-функції (а) і вейвлета Добеши (б) для $M=10$

Як приклад наведемо набір коефіцієнтів ВЧ-фільтра, за допомогою якого визначається широко застосовуваний на практиці вейвлет D^8 :

$$\begin{aligned}
 h_0 &= -0,0757657, & h_1 &= -0,0296355, \\
 h_2 &= 0,4976187, & h_3 &= 0,8037388, \\
 h_4 &= 0,2978578, & h_5 &= -0,0992195, \\
 h_6 &= -0,0126040, & h_7 &= 0,0322231.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

У практичних обчисленнях зазвичай використовуються коефіцієнти з точністю до 32-х або 64-х десяткових розрядів.

Після одноразового проходження сигналом $x(i)$ квадратурних дзеркальних фільтрів з характеристиками $g(i)$ і $h(i)$, здійснюється проріджування вихідних сигналів, при якому вибираються парні або непарні відліки, що відповідає схемі субполосного кодування. Це проріджування можна провести з тієї причини, що розглянута фільтрація призводить до зменшення в два рази частотного діапазону сигналу. Послідовності відліків, отриманих після квадратурних дзеркальних фільтрів, визначаються наступним чином:

$$y_{НЧ}(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(i)g(2k - i), \quad y_{ВЧ}(k) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} x(i)h(2k - i).
 \tag{8}$$

Зріджені сигнали знову надходять на вхід фільтрів. Схематично процедура багатомасштабного аналізу на основі одновимірного ДВП

представлена на рис. 2а. На рис. 2б показано, як при переході на наступний рівень дозволу змінюється смуга частот сигналу.

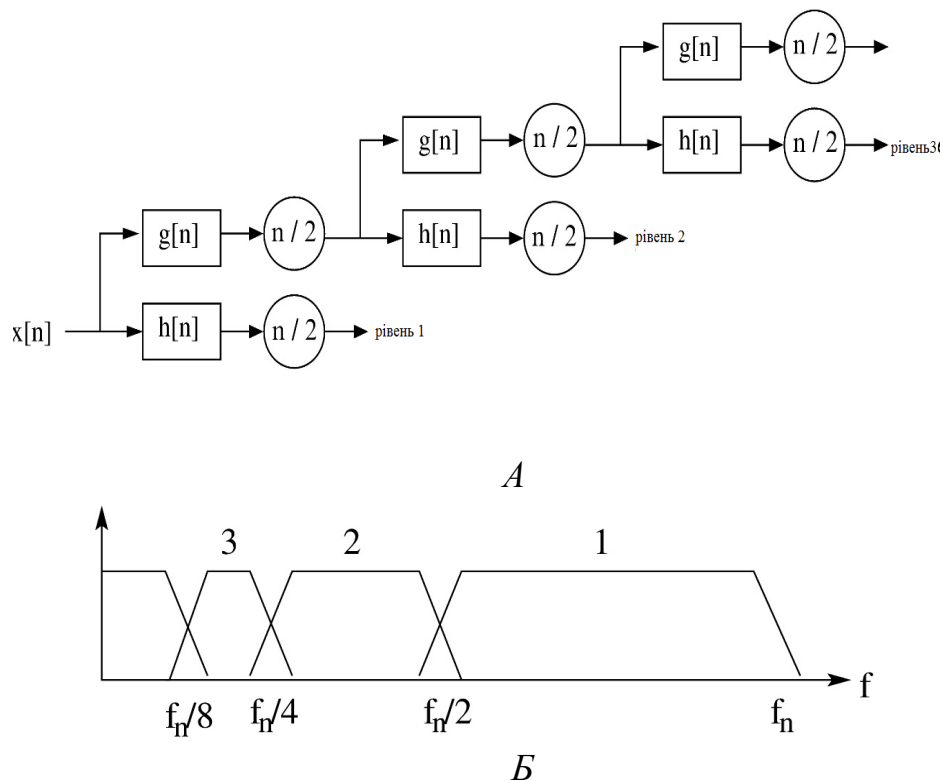


Рис. 2 – Схематичне уявлення одновимірного ДВП в рамках багатомасштабного аналізу (а) і відповідне зменшення смуги частот при переході на наступний рівень дозволу (б)

Незважаючи на те, що в результаті проріджування кожен з тимчасових рядів буде характеризуватися діапазоном частот вдвічі менше, ніж у сигналу до фільтрації, наявність двох послідовностей (на виході кожного фільтра) дозволяє однозначно відновити вихідний сигнал при зворотному перетворенні.

Коефіцієнти розкладання по вейвлет $d_{j,k}$ відображають амплітудні характеристики аналізованих процесів на різних рівнях дозволу. Для фільтрації перешкод невеликі по абсолютній величині вейвлет-коефіцієнти на малих масштабах (найбільш схильні до впливу флуктуацій) відкидають перед проведенням зворотного перетворення (метод порогової фільтрації). При цьому якість фільтрації істотно залежить від вибору варіанта завдання порогової функції [3], на яку збільшуються відповідні коефіцієнти перед зворотним перетворенням («м'який» або «жорсткий» – рис. 3) і від вейвлет-базису. Відповідний вибір сприяє отриманню більш високої якості очищення сигналу або зображення від перешкод.

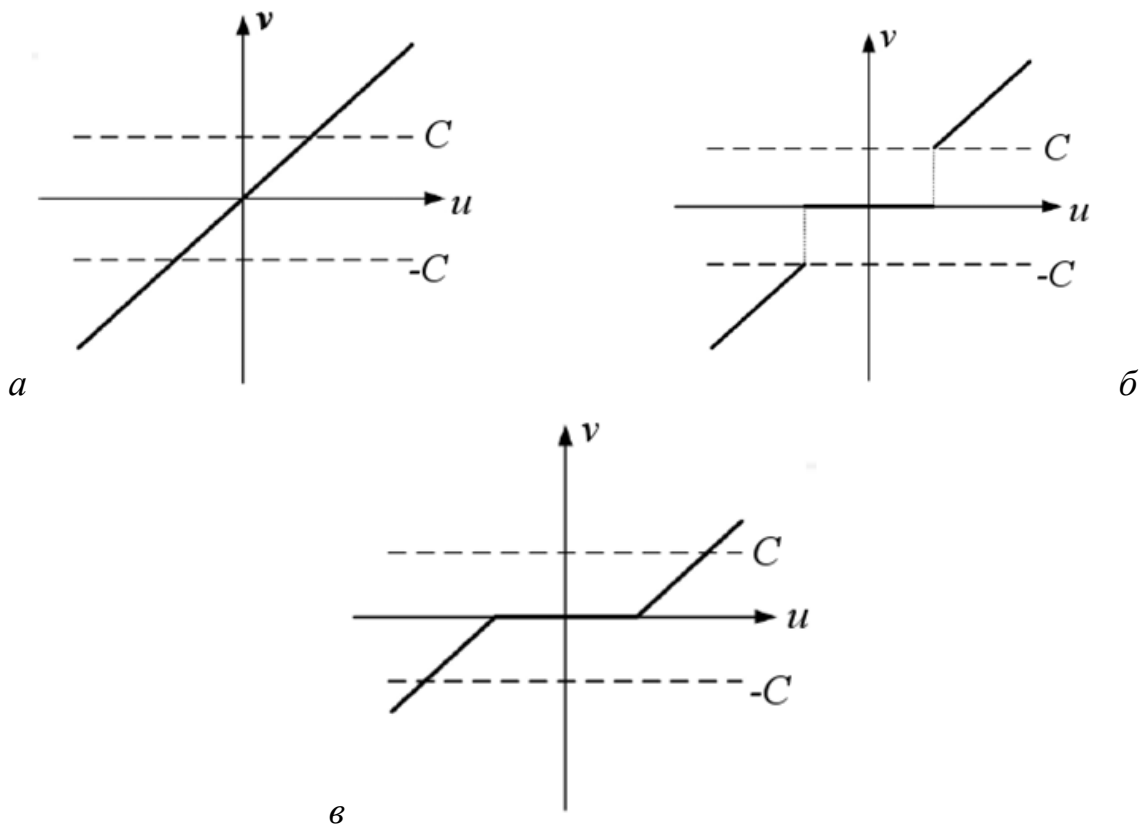


Рис. 3 – Завдання порогової функції при вейвлет-фільтрації:
а – вихідний сигнал, *б* – «жорсткий» варіант завдання порогової функції,
в – «м'який» варіант завдання порогової функції

На рис. 3 зображені три варіанта завдання порогової функції $v(u)$ для коефіцієнтів вейвлет-перетворення. У варіанті (*а*) виконується рівність $v(u) = u$, яке означає відсутність коригувань коефіцієнтів, і в результаті зворотного перетворення буде отримано вихідний сигнал. У варіанті (*б*) функція задається у вигляді:

$$v(u) = \begin{cases} u, & |u| \geq C, \\ 0, & |u| < C. \end{cases} \quad (9)$$

При використанні такої порогової функції залишаються незмінними великі по модулю (найбільш значущі) вейвлет-коефіцієнти, і обнуляються малі. Нарешті, для варіанта (*в*) порогова функція вибирається так:

$$v(u) = \begin{cases} u - C, & u \geq C, \\ u + C, & u \leq -C, \\ 0, & |u| \leq C. \end{cases} \quad (10)$$

Відзначимо, що в останньому випадку зменшення абсолютних значень всіх вейвлет-коефіцієнтів, включаючи великі по модулю, може привести до зміни амплітуди відновленого сигналу. Для тих додатків, де важливо зберегти незмінними амплітудні характеристики, такий підхід непридатний, проте існують завдання, де важливіше зберегти регулярність сигналу, ніж точно відтворити його амплітуду. Прикладом служить фільтрація зображень від різних перешкод, де метод «м'якого» завдання порогової функції є широко використовуваним підходом. При аналізі сигналів збереження незмінною амплітуди також не завжди є обов'язковою вимогою.

Наприклад, аудіо-сигнал після фільтрації може бути посилений, і попереднє очищення його від перешкод важливіше зміни амплітудних характеристик.

Що стосується аналізу зображень процедура розкладання по вейвлет передбачає перехід до двовимірної реалізації дискретного вейвлет-перетворення двовимірного ДВП. Такий підхід, зокрема, використовується в комп'ютерній графіці в рамках формату JPEG2000. При практичній реалізації даного формату розглядається розширення одновимірного ДВП, при якому окремо аналізуються рядки і стовпці двовимірного зображення. У цьому випадку проводиться аналіз зображення по горизонталях, вертикалях і діагоналях з однаковим дозволом, і відповідні фільтри формуються на основі творів характеристик НЧ і ВЧ-фільтрів для одновимірного випадку.

На кожному кроці розкладання по вейвлет вихідне зображення перетворюється в 4 зображення меншого розміру (1/4 частина вихідного).

Розглянемо зображення с позначками LL, LH, HL, HH, де символ L відповідає застосуванню НЧ-фільтра, а символ H-ВЧ-фільтра.

Зображення LL є згладжені вихідне зображення (має менший дозвіл), а зображення LH, HL, HH відображають деталі, які мають орієнтацію по вертикалі, горизонталі та діагоналі, відповідно. Будучи об'єднаними з LL, вони дозволяють відновити вихідне зображення. Після виключення їх з розгляду, здійснюється перехід на інший рівень дозволу, де зображення LL знову розкладається на 4 складові частини: LLL, LLH, LHL, LHH, і дана процедура повторюється до досягнення найменшого рівня дозволу.

Для фільтрації зашумлених зображень вносяться корективи в коефіцієнти розкладання на різних масштабах. З цією метою коригуються коефіцієнти розкладання для фрагментів LH, HL, HH або відповідних фрагментів на 2-м, 3-м і т.д. рівні дозволу. Для коригування коефіцієнтів також застосовуються різні варіанти завдання порогових функцій (рис. 3).

Для порівняння якості вейвлет-фільтрації, що проводиться із застосуванням різних підходів, доцільно ввести кількісні критерії. Стосовно до сигналів, зазвичай вводять в розгляд величину середньоквадратичної помилки:

$$E = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x(i) - y(i)]^2. \quad (11)$$

Дана величина дозволяє порівняти два сигнали і кількісно охарактеризувати ступінь подібності (або, навпаки, ступінь відмінності) між ними. Якщо один із сигналів є інформаційним (що не містить перешкод), а другий – сигналом, отриманим після фільтрації (і частково містить флуктуації в разі неідеального фільтра), то в кожен момент часу оцінюється помилка $e(i) = x(i) - y(i)$, яка далі усереднюється. Отримана величина дозволяє судити про якість очищення інформаційного сигналу від перешкод.

Відмітимо, що E не залежить від тимчасових або просторових взаємозв'язків між вибірками вихідного сигналу.

При аналізі сигналів або зображень дослідник має справу з сильно структурованими об'єктами, зокрема, порядок проходження відліки відображає важливі інформаційні характеристики. Внесення спотворень (наприклад, порушення кореляцій певної тривалості) буде впливати на якість інформаційного повідомлення, однак ці спотворення можуть не відбиватися в величині E .

З цієї причини, наприклад, при аналізі аудіо-сигналів, що містять інформаційні повідомлення, застосовують додаткові заходи, які дають більш надійну оцінку якості в порівнянні зі середньоквадратичною помилкою. Більш детально ці питання будуть розглянуті в 3-му розділі дисертаційної роботи.

Крім середньоквадратичної помилки або квадратного кореня з величини (11) при аналізі результатів фільтрації розглядають відношення сигнал / шум:

$$\text{SNR} = 10 \lg \left(\frac{\sum_{i=1}^N [x(i)]^2}{\sum_{i=1}^N [x(i) - y(i)]^2} \right). \quad (12)$$

У формулі (12) $x(i)$ – вихідний сигнал, що містить флуктуації, $y(i)$ – відфільтрований сигнал, тобто оцінка сигналу, «очищеного» від шуму, i , відповідно, різниця значень $|x(i) - y(i)|$ характеризує шумову складову (в разі ідеального фільтра). Розрахунки кількісних критеріїв доцільно проводити на додаток до візуальної оцінки якості фільтрації.

Що стосується аналізу зображень формули (11) і (12) коригуються таким чином:

$$E = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M [x(i,k) - y(i,k)]^2,$$

$$\text{PSNR} = 10 \lg \left(\frac{255}{\sqrt{\frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^M [x(i,k) - y(i,k)]^2}} \right). \quad (13)$$

В даному випадку оцінюється так зване пікове відношення сигнал / шум «Peak Signal to Noise Ratio».

Проілюструємо фільтрацію із застосуванням одновимірного ДВП і двовимірного ДВП на конкретних прикладах. В якості тестового сигналу була обрана траса сейсмограми первинного польового матеріалу, записаного на території Саратовської області і отриманого методом відбитих хвиль [2].

Даний сигнал (рис. 4а) містить перешкоду (поверхневу хвилю порівняно великої амплітуди, локалізовану в діапазоні [0.25 – 0.5] с.). Вона перекривається по частотному діапазону з інформаційним сигналом, тому для аналізу та адекватної розшифровки інформації про структуру земної кори необхідно вирішити задачу фільтрації відповідної перешкоди. Застосування вейвлет-фільтра на основі одновимірного ДВП є в зв'язку з цим доцільним прийомом, так як перешкода є локалізованою, і необхідно усунути її без спотворень сигналу в тих областях за часом, де перешкоди відсутні.

На відміну від фільтрації високочастотних (і при цьому низькоамплітудних) перешкод, в даному випадку необхідно проводити корекцію великих за абсолютною величиною вейвлет-коефіцієнтів [3]. Іншими словами, ми застосовуємо інший принцип – коригуються великі коефіцієнти (що відносяться до перешкоди), а малі коефіцієнти залишаються без змін. В іншому алгоритмі фільтрації зберігається без змін.

Важливо звернути увагу на те, що завдання фільтрації перешкоди в розглянутому прикладі полягає не в повному усуненні коливань в зазначеному часовому діапазоні, а в збереженні корисного сигналу, що має частково перекривається частотний діапазон.

При використанні прийомів фільтрації на основі безперервного вейвлет-перетворення з цією метою можна провести частотно-часове розкладання сигналу. Метод, який застосовує ДВП, є менш наочним, але при цьому володіє значно меншою надмірністю і більш високою швидкістю.

Після застосування одновимірного ДВП з вейвлетом Добеши D^8 до сигналу, поданого на рис. 4а, був отриманий набір вейвлет-коефіцієнтів (рис. 4б), що містить як корисну геофізичну інформацію, так і відомості про заваді. В ході аналізу відповідного набору вейвлет-коефіцієнтів було встановлено, що вейвлет-коефіцієнти, що містять відомості про заваді, переважно розташовані в діапазоні $n = [30, 70]$ і мають велику амплітуду. Тому для їх корекції можна застосовувати амплітудний критерій [4].

Якщо всіх вейвлет-коефіцієнтів прирівняти до нуля в діапазоні $n = [30, 70]$ призводить до зменшення перешкоди (рис. 5а). При цьому коригуються тільки осциляції, що припадають на часовий діапазон $[0.25 - 0.5]c$, а інформаційний сигнал поза цього діапазону залишається неспотвореним. Шляхом вибору частини вейвлет-коефіцієнтів, що піддаються корекції, можна контролювати якість очищення інформаційного сигналу. Представлені на рис. 5а результати фільтрації були отримані для випадку, коли корекції піддаються вейвлет-коефіцієнти лише на 1-му рівні дозволу.

За аналогією можна провести корекцію коефіцієнтів на більш високих рівнях дозволу (рис. 5б), що дозволяє зменшити амплітуду коливань в уже згаданому часовому діапазоні. Очевидним недоліком розглянутого прийому вейвлет-фільтрації є спотворення інформаційного сигналу. В останньому випадку спостерігається менший розмах коливань в області присутності перешкоди. Вони пов'язані як із застосуванням вейвлетів з порівняно малою областю завдання (недостатньо гладких функцій), так і з вибором правила для

корекції коефіцієнтів. Дана проблема проілюстрована на рис. 6а. Щоб знизити помилки реконструкції сигналу, можуть застосовуватися різні прийоми. Одна з проблем полягає в наявності розривів при переході від області вейвлет-коефіцієнт, що піддаються корекції, до області, де вейвлет-коефіцієнти залишаються неспотвореними (по аналогії з жорстким завданням порогової функції, але з тією відмінністю, що корекції піддаються коефіцієнти, що перевищують поріг).

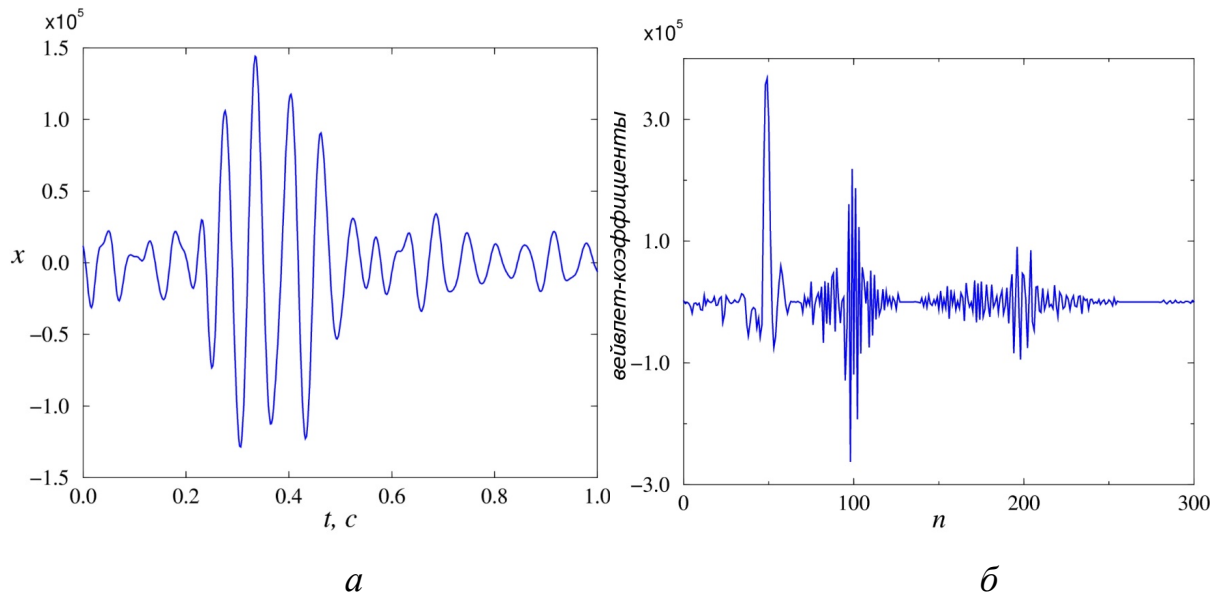


Рис. 4 – Фрагмент аналізованої траси сейсмограми, що містить перешкоду (а) і відповідний набір вейвлет-коефіцієнтів (б)

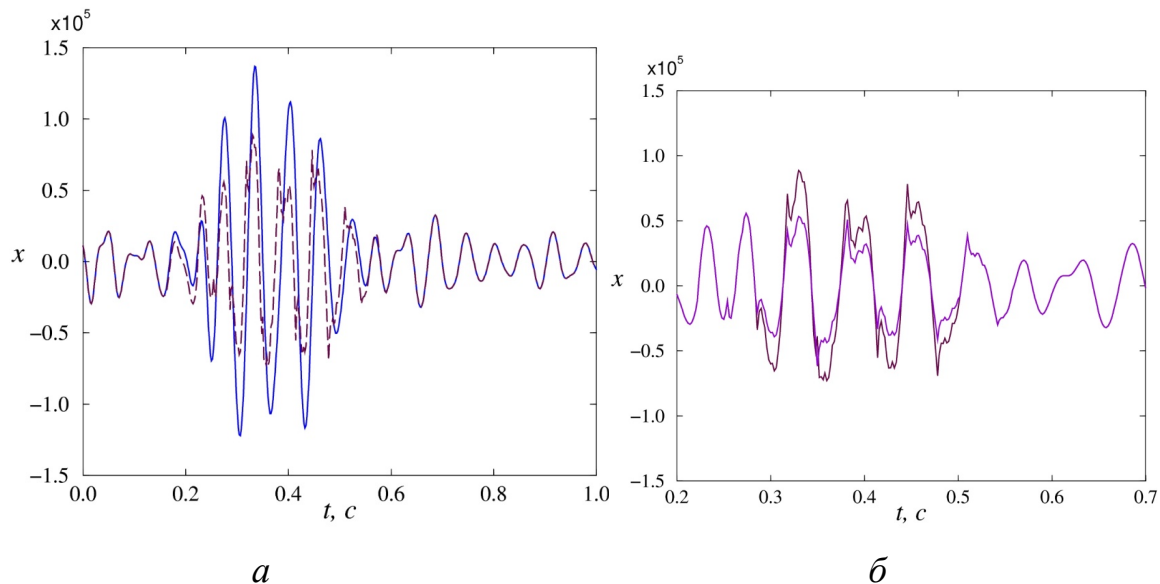


Рис. 5 – Сигнал до і після фільтрації при проведенні корекції вейвлет-коефіцієнтів тільки на 1-му рівні дозволу (а) і на всіх рівнях дозволу (б)

Для усунення подібних розривів може застосовуватися прийом, що полягає в застосуванні більш гладкою порогової функції. На рис. 6б

проілюстровано, як застосування порогової функції (14) (рис. 6в) для згладжування вейвлет-коефіцієнтів, що піддаються фільтрації, дозволяє знизити вносяться спотворення.

$$v(u) = \begin{cases} u, & |u| \geq C, \\ C - \sqrt{C^2 - u^2}, & 0 < u < C, \\ \sqrt{C^2 - u^2} - C, & -C < u < 0. \end{cases} \quad (14)$$

Як видно з рис. 6, застосування порогової функції (14) уменшається перекручування відновленого сигналу.

Ці висновки були зроблені для численних прикладів зашумлених даних. У всіх прикладах згладжування порогової функції покращувало якість реконструкції сигналу. Ефективне значення помилка фільтрації при використанні функції (14) була істотно менше, ніж для жорсткого варіанту (9), і приблизно на 0.5 % – 1 % менше, ніж для м'якого варіанту (10).

Таким чином, підтверджено перевагу згладжування порогової функції для зменшення помилки. Однак, оскільки варіант (10) є стандартним варіантом, що забезпечує порівнянну точність і деяку перевагу з точки зору швидкості обчислень, ми в основному використовували його в задачах фільтрації сигналів в каналі зв'язку.

При усуненні великих за амплітудою перешкод найчастіше досить складно оцінити якість проведеної фільтрації, так як кількісні критерії (11) і (12) є непридатними. Крім того, відповідна фільтрація може і повинна проводитися спільно з експертами у відповідній області, які можуть на основі візуального аналізу оброблених даних зробити висновок про ефективність очищення інформаційного сигналу. З цієї причини далі будемо розглядати задачу про вейвлет-фільтрації сигналів, що містять високочастотні і низькоамплітудні перешкоди, після усунення яких можна провести оцінку помилки фільтрації.

Корисний прийом на етапі тестування методів вейвлет-фільтрації полягає в підмішуванні шуму з відомими статистичними характеристиками в інформаційний сигнал з подальшою його фільтрацією.

У цьому випадку використання апріорної інформації дозволяє провести зіставлення ефективності різних методик очистки сигналу від шуму.

Якщо додається шум має статистику, близьку до перешкод, які містяться в регистрируемом сигналі, то попередня настройка параметрів фільтра дозволить підвищити якість вейвлет-фільтрації.

На рис. 7 наведені характерні приклади залежностей середньоквадратичної помилки фільтрації від вибору базисної функції сімейства вейвлетів Добеши. Відповідно до рис. 7а, найменша помилка досягається при виборі базису D^{17} (Відносна помилка фільтрації 2.8%), а на рис. 7б – для вейвлета D^{13} .

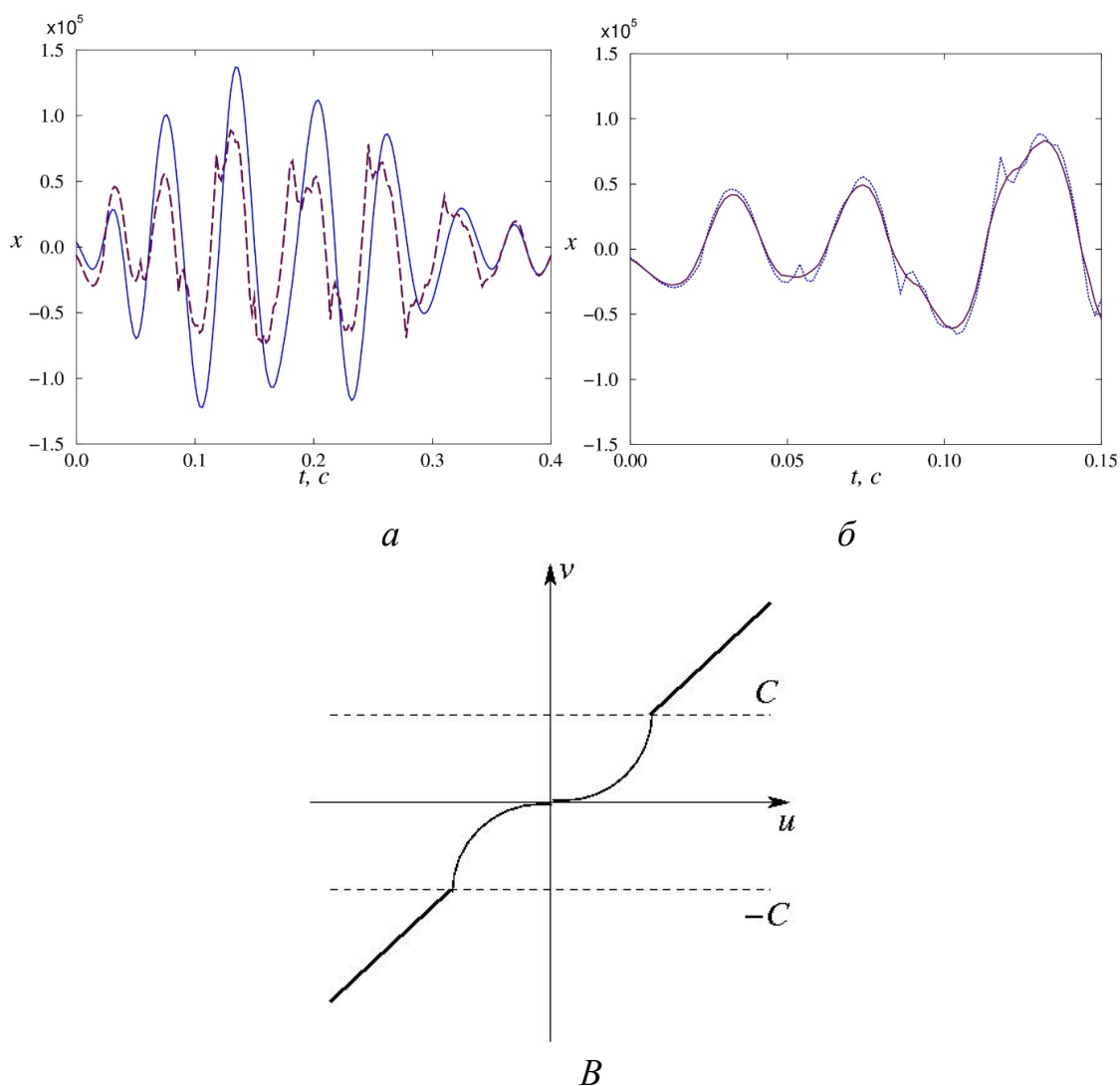


Рис. 6 – Спотворення сигналу після проведення фільтрації (а) і перехід до більш гладкої функції часу (б) в разі використання порогової функції (в) при корекції вейвлет-коефіцієнтів

Величина помилки варіюється в залежності від вибору вейвлет-функції, але для функцій Добеши $D^9 - D^{20}$ ці зміни є незначними, і будь-який з

вейвлетов розглянутого сімейства може застосовуватися для фільтрації перешкод. Результати в значно більшою мірою залежать від вибору порогового рівня C . Відповідно до рисунку 8, існує оптимальне значення C , що забезпечує мінімізацію помилки фільтрації. При цьому даний пороговий рівень необхідно вибирати в залежності від дисперсії шуму в розглянутому сигналі. Зокрема, для двох відносин сигнал / шум, представлених на рис. 7а, б (відповідно, 1 дБ і 20 дБ), величина порогового рівня відрізняється майже в 12 разів ($C \approx 2800$ і $C \approx 150$). Таким чином, вибір C необхідно проводити після оцінки рівня присутніх перешкод в уже згадуваному сигналі.

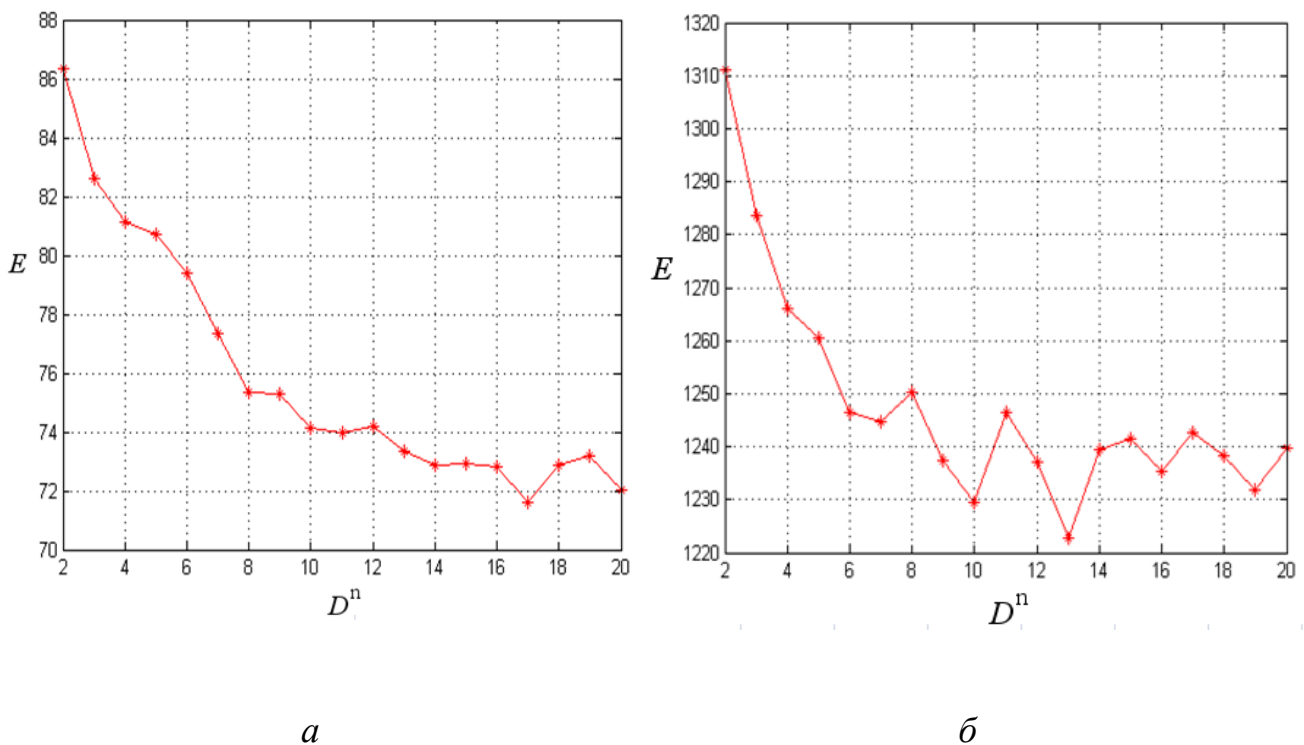


Рис. 7 – Залежно середньоквадратичної помилки фільтрації від вибору базисної функції сімейства вейвлетів Добеши при жорсткому варіанті завдання порогової функції і двох відносинах сигнал/шум: 30 дБ (а) і 3 дБ (б)

Для інших базисних функцій і відносин сигнал / шум при виконанні розрахунків також було зафіксовано наявність мінімуму помилки при варіюванні параметра C . Так, на рис. 8в, г продемонстровані залежності середньоквадратичної помилки від порогового рівня для функції D^{12} і відносин сигнал / шум 5 дБ і 30 дБ. При цьому розглядався м'який варіант завдання порогової функції. Як і раніше необхідно проводити вибір C залежно від дисперсії шуму. Ця обставина пояснюється тим, що при збільшенні

інтенсивності присутніх флуктуацій необхідно збільшувати відносно число коректованих вейвлет-коефіцієнтів.

При жорсткому завданні порогового рівня знову спостерігається істотна залежність результатів від величини порогового рівня C , але вона є менш гладкою.

Щоб визначити оптимальне значення C , можна застосовувати підходи, засновані на апроксимації відповідної залежності, наприклад, поліноміальної апроксимації.

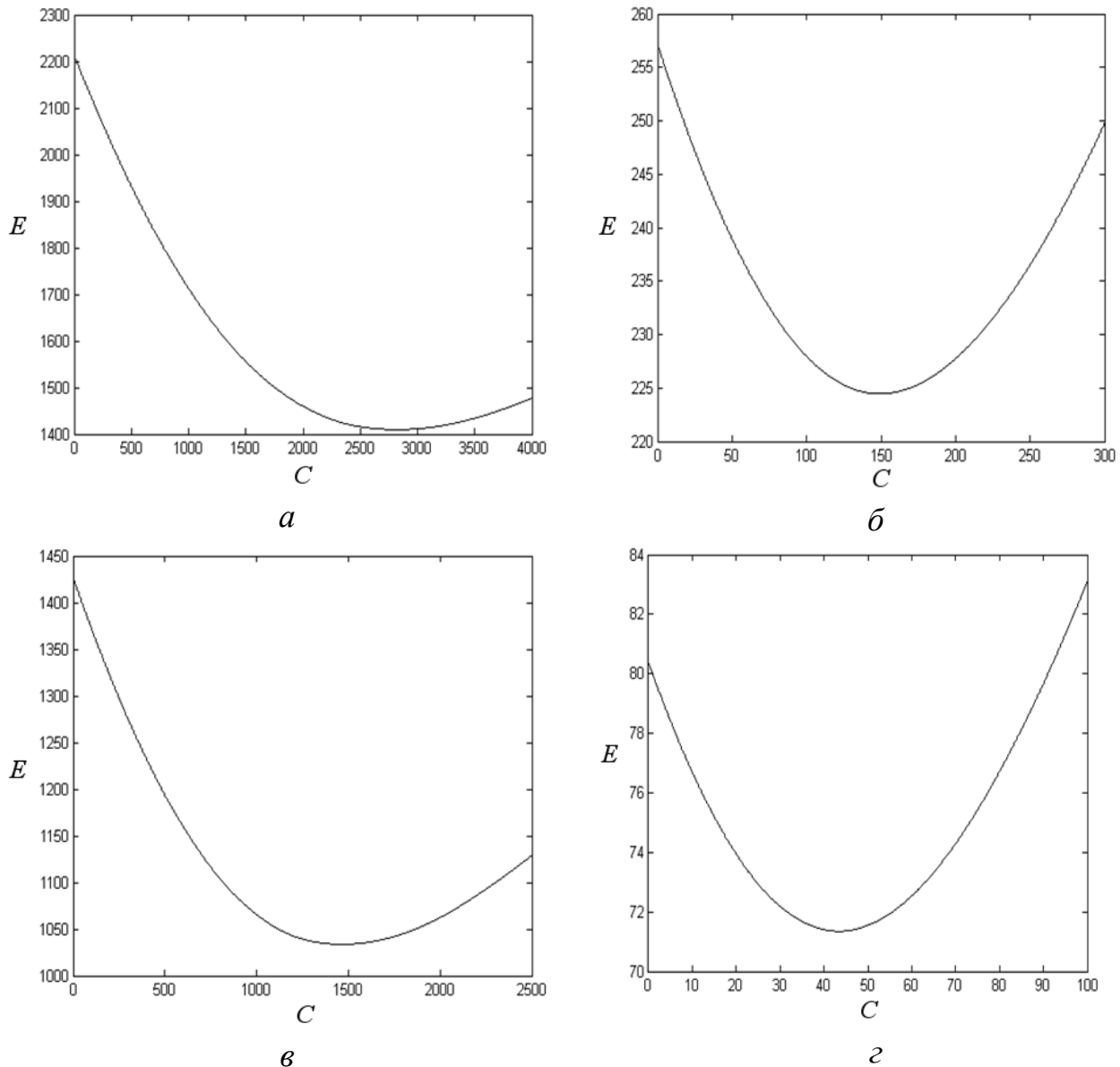


Рис. 8 – Залежно середньоквадратичної помилки вейвлет-фільтрації з використанням вейвлетів Добеши D^{10} (а, б) и D^{12} (в, г) і м'якого варіанту завдання порогової функції від величини порогового значення для траси сейсмограми при відносинах сигнал / шум 1 дБ (а), 20 дБ (б), 5 дБ (в), 30 дБ (г)

Незважаючи на те, що залежно, представлені на рис. 9, є в значній мірі «порізаніми», вони також дозволяють зробити висновок про наявність мінімальної помилки, що досягається при відповідному виборі порогового значення.

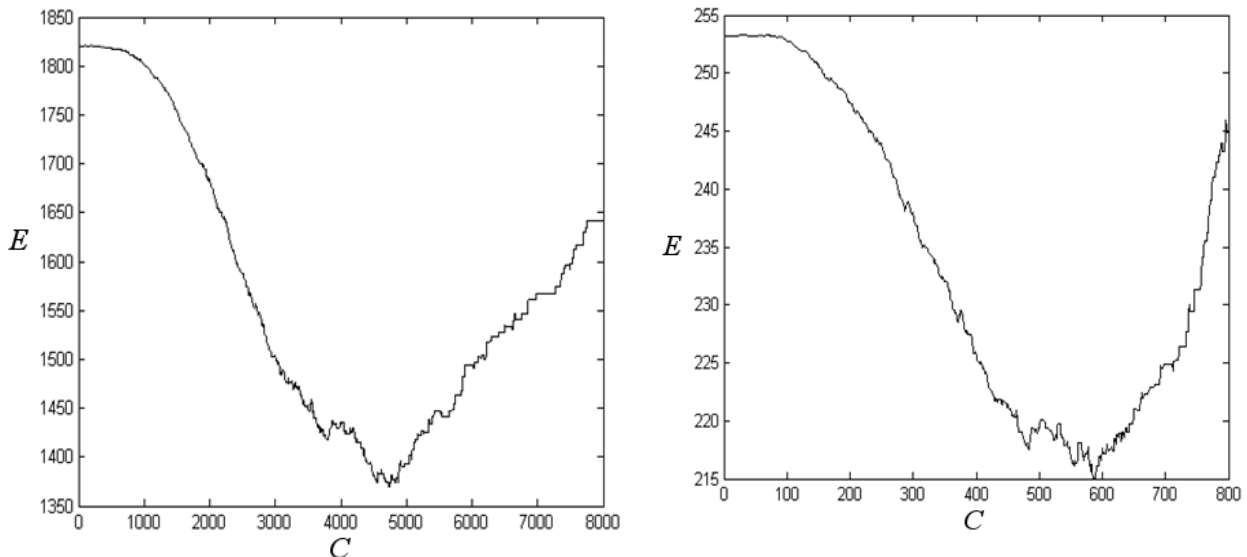


Рис. 9 – Залежно середньоквадратичної помилки вейвлет-фільтрації з використанням вейвлетів Добеши D^{10} і жорсткого варіанта завдання порогової функції від величини порогового значення для траси сейсмограми при відносинах сигнал / шум 3 дБ (а) і 20 дБ (б)

Відповідно до рис. 10, при м'якому варіанті завдання порогової функції відбувається зниження помилки відновлення сигналу по його вейвлет-коефіцієнтами приблизно на 8 % в порівнянні з жорстким варіантом (ця величина залежить від рівня шуму і збільшується з ростом інтенсивності присутніх перешкод).

Ще один важливий момент, на який необхідно звернути увагу. Мінімум залежності помилки від величини C для м'якого варіанту досягається при менших значеннях C . Оскільки дана величина задає поріг для вейвлет-коефіцієнтів, які можуть бути обнульовані при фільтрації перешкод, зменшення C означає, що менша частина інформативних коефіцієнтів буде усуватися на етапі фільтрації.

В результаті знижується ймовірність видалити коефіцієнти, які характеризують корисний сигнал, і, як наслідок, знижується ймовірність внесення випадкових спотворень.

Даний висновок підтверджується додатковими розрахунками, проведеними при різних відносинах сигнал / шум.

У всіх розглянутих випадках м'який варіант завдання порогової функції призводить до зниження ризику порогової фільтрації (рис. 10 б).

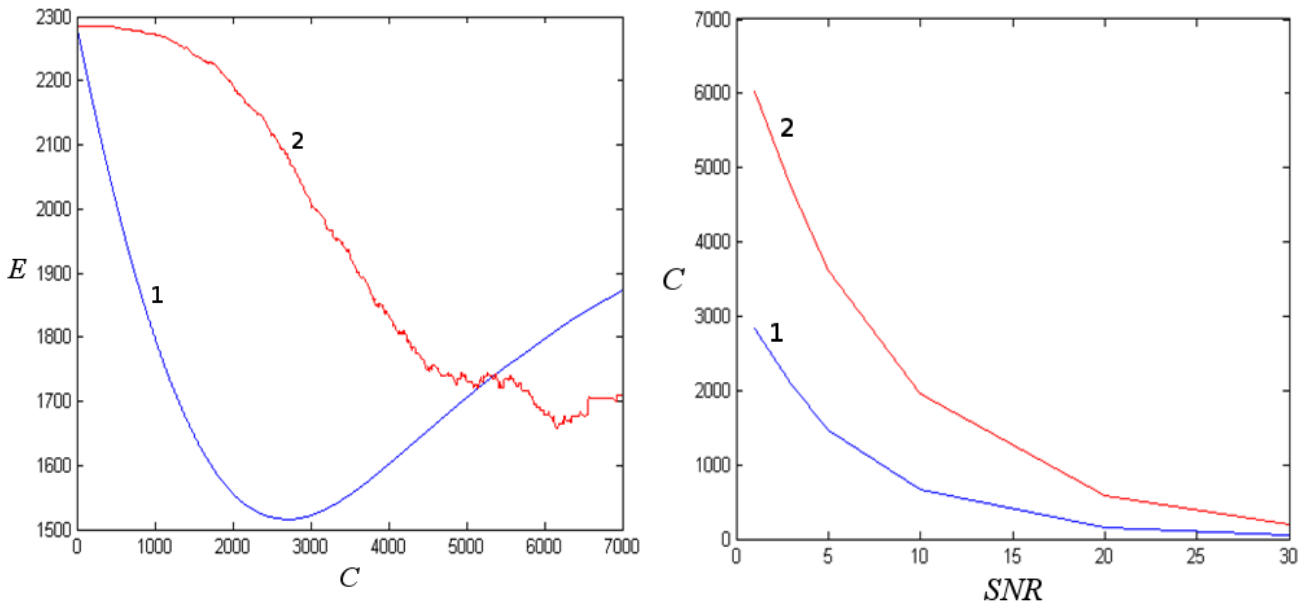


Рис. 10 – Залежно середньоквадратичної помилки вейвлет-фільтрації при використанні вейвлетів Добеши D^{10} (а) і залежно оптимального порогового рівня від відносини сигнал / шум, дБ (б) для випадків м'якого (1) і жорсткого (2) варіантів завдання порогової функції

Таким чином, важливим завданням є вибір параметра C , який повинен проводитися з урахуванням рівня шуму в аналізованих експериментальних даних. До числа широко застосовуваних способів вибору C відноситься універсальний пороговий рівень:

$$C = \sigma \sqrt{2 \ln N}, \quad (15)$$

де σ – стандартне відхилення шуму,

N – число вейвлет-коефіцієнтів ($N \geq 4$).

При проведенні дискретного вейвлет-перетворення число коефіцієнтів змінюється в 2 рази при переході від одного рівня дозволу до іншого. З цієї причини можуть застосовуватися як підходи на основі глобального введення порогу (C є фіксованою величиною, що не залежить від рівня дозволу), так і більш гнучкі підходи, що передбачають завдання різних порогових рівнів C_j в залежності від дозволу j .

Висновки

Підсумовуючи результати дослідження, можна дійти наступних висновків. Було розглянуто стандартний підхід до вирішення завдання

очищення сигналу від перешкод і випадкових спотворень, що застосовує вейвлети Добеши і коригування коефіцієнтів розкладання сигналу по базису вейвлет-функцій із застосуванням м'якого і жорсткого варіантів завдання порогового значення.

Було показано, що використання комплексних базисів забезпечує перевагу як з точки зору помилки порогової фільтрації, так і з точки зору зниження ризику випадкових спотворень при реконструкції корисного сигналу по вейвлет-коефіцієнтами. Відповідні висновки були зроблені для тестового сигналу і експериментальних даних.

У всіх розглянутих прикладах застосування комплексного вейвлет-перетворення призводило до зменшення помилки і зниження порогового рівня при коригуванні вейвлет-коефіцієнтів.

Проведені дослідження дозволяють рекомендувати метод комплексного вейвлет-перетворення в якості ефективного інструменту очищення від перешкод сигналів і зображень різної природи.

Література:

1. В. И. Солодкая, Е. В. Ошаровская, та Н. А. Патлаенко, «Вейвлет-преобразование с рекуррентным алгоритмом сжатия», в матеріалах 14 міжнародної НТК, 5 – 10 червня 2015, Одеса, 2015, с. 189–190.
2. М. А. Патлаенко, О. В. Ошаровська, та Н. С. Самусь, Адаптивний пошук порогів квантування вейвлет коефіцієнтів, в матеріалах 16 міжнародної НТК, 10 – 15 червня 2016, Одеса, 2016, с. 173.
3. В. Е. Джакония, А. А. Гоголь, и Я. В. Друзин, Телевидение: учеб. для вузов. 4-е изд., Москва, Россия: Горячая линия – Телеком, 2007.
4. Е. В. Ошаровская, и Н. А. Патлаенко, Адаптивное управление пороговыми значениями спектральных коэффициентов цифровых изображений, Матеріали I міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми автоматики та приладобудування» 07 – 08 грудня 2017, Харків, 2017, с. 33 – 34.
5. Oleg Gofaizen, Olena Osharovska, Mikola Patlaenko, and Volodimir Pyliavskiy, «Complex Algorithm of Image Wavelet Compression: Distortion Evaluation in the Light of Trade of Contour Separation and Compression Ratio», 2018 9-th International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals. Conference Program. Book of Abstracts September 4-7, 2018, Odessa – Kharkiv, 2018, p. 131 – 135. DOI: 10.1109/UWBUSIS.2018.8520013.

Глава 3

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ, МЕДИЦИНІ ТА ОСВІТІ

3.1. Методи оптимізації рішень щодо аналізу персоналізованих даних

Вступ і постановка задачі. У сучасних умовах розробка і здійснення єдиної фінансової політики займає значне місце в загальному механізмі управління підприємством. Роль управління фінансами визначається тим, що вона торкається всіх сторін її економічної діяльності: практичній, аналітичній, науково-технічній, маркетинговій, матеріально-технічного забезпечення і т. п., та відображає вплив численних внутрішніх і зовнішніх факторів. Особливе місце серед цілей і завдань підприємства в області управління фінансами займають: постійне збільшення вартості підприємства, максимізація вартості вкладених в нього власних коштів, мінімізація залучення зовнішнього капіталу. Саме тому вивчення раціонального оцінювання процесу управління фінансами є актуальною темою в сучасних умовах нестабільного фінансового ринку.

В умовах ринкової економіки необхідно покращити процес управління фінансами підприємства, що сприятиме підвищенню якості фінансових операцій та зростання прибутку підприємства, внаслідок цього виникає необхідність пошуку кваліфікованого механізму для персоналізованого управління фінансовими потоками підприємства, визначення структури капіталу по складу і джерелам надходження та оцінки прийнятих фінансових рішень.

Використання показників комплексної оцінки стану підприємства під час проведення аналізу фінансової успішності дозволить передбачити динамічні зміни, що відбуватимуться у фінансовому стані компанії під впливом впроваджених рішень, а також підібрати найбільш адекватні рішення для зміни стратегії розвитку. Для вдалої реалізації пошуку стратегії необхідно забезпечити індивідуальний підхід щодо визначення якості управління фінансами, за рахунок урахування персональних даних діяльності підприємства.

Для персоналізованої оцінки стану успішності підприємства та досягнення значного скорочення термінів планування, зниження його трудомісткості, розширення можливостей щодо аналізу різних версій плану і вибору оптимального варіанту стратегії розвитку, виникає потреба створення інтелектуальної системи ефективного управління фінансовими процесами підприємства. Як результат застосування цієї системи, отримані пропонувані рішення відповідають завданням сучасних інформаційних технологій

фінансового управління, та забезпечують своєчасне надання достовірної інформації фахівцям та керівникам для прийняття обґрунтованих рішень.

Основна частина

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблема управління фінансами завжди знаходилися в центрі уваги сучасного менеджменту, бо нестача або неправильний розподіл фінансових ресурсів можуть спричинити уповільнення рівня продуктивності підприємства за рахунок зниження важливих показників його діяльності. Ефективне управління фінансовими ресурсами забезпечує раціональне використання фінансових коштів на всіх управлінських ланках ринкової структури. Тому у країнах світу досліджуються проблеми фінансового управління, зокрема: В. Г. Гетьман, Д. Брюммерхофф, А. Премчанд, Н. А. Каморджанова, Н. П. Кондраков, Н. Н. Тренев, Е. С. Стоянова, І. А. Домбровська і Ю. А. Малишева. Це обумовлюється практичною необхідністю щодо економії трудових, матеріальних та фінансових ресурсів [1, 5].

З урахуванням теорії ключового принципу конкурентної боротьби, де перемагає той, хто швидше за інших реагує на зміни в бізнесі й приймає більш вірні та стратегічні рішення. Саме інформаційні технології допомагають керівникам підприємств у розв'язанні цих складних задач. Тому зміст систем інформаційного забезпечення фінансового менеджменту, визначається галузевими особливостями діяльності підприємств, їх організаційно-правовою формою функціонування, обсягом і ступенем диверсифікації фінансової діяльності та рядом інших умов. Конкретні показники таких системи формуються за рахунок як зовнішніх (що знаходяться поза підприємством), так і внутрішніх джерел інформації.

Проблемами розробки, створення і впровадження інформаційних систем на підприємстві займалися такі вчені як: А. М. Береза, В. М. Гужва, В. С. Пономоренко, Г. А. Титаренко та ін.

Для ефективного управління фінансами підприємством і прийняття правильних раціональних рішень впроваджують ІС в бізнес-процеси підприємства.

Аналіз проблеми управління фінансами підприємства

Рішення щодо оцінки фінансового стану підприємства проводяться на основі даних балансу підприємства. Рішення які приймаються для розв'язку даного класу задач відповідають як вимогам національного законодавства, так і міжнародним стандартам.

Деякі з існуючих інформаційних систем ведення фінансового аналізу підприємств призначені для виявлення основних тенденцій його розвитку, розрахунку базових нормативів для планування і прогнозування, оцінки його кредитоспроможності. Ці програми призначені для професійних економістів-аналітиків, які розуміють суть економічних явищ, а також для початківців. На підставі огляду існуючих систем та використовуючи дані за критеріями стандартної звітності, можна провести аналіз за наступними напрямками (рис. 1).

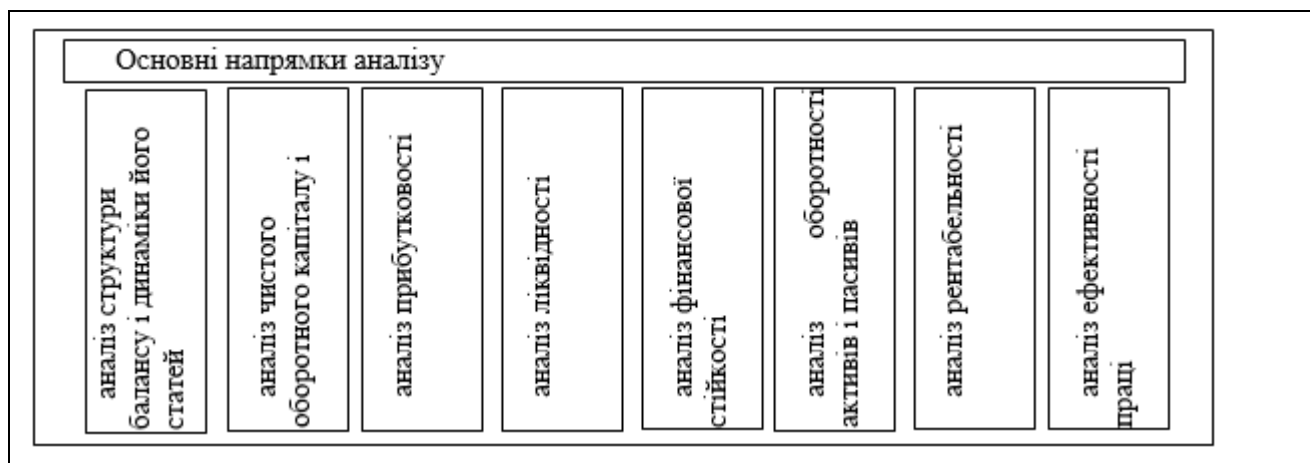


Рис. 1 – Основні напрямки фінансового аналізу підприємства

Необхідною умовою даного класу систем є адаптивність під кожного клієнта. Працюючи з задачею аналізу, можна зіткнутися з необхідністю врахування специфічних особливостей – галузі, підприємства чи проекту. У зв'язку з цим розробляється стратегія рішень саме під конкретний бізнес, що є дуже ефективно для прийняття персоналізованих рішень.

Основною метою формування фінансових рішень є отримання ключових параметрів певного підприємства, що дають об'єктивну і точну картину його фінансового стану, прибутків і збитків, змін в структурі активів і пасивів, у розрахунках з дебіторами і кредиторами. При цьому необхідне формування поточного фінансового стану, так і його проекція на найближчу або більш віддалену перспективу, тобто очікувані параметри фінансового стану.

В процесі реалізації головної мети управління фінансами виникає потреба щодо вирішення основних завдань:

- забезпечення формування необхідного обсягу фінансових ресурсів;
- забезпечення ефективного використання фінансових ресурсів;
- забезпечення ефективного управління грошовим обігом підприємства;

- забезпечення необхідного рівня ліквідності оборотних активів підприємства;
- забезпечення максимізації прибутку фірми;
- забезпечення фінансової стійкості і платоспроможності підприємства.

Перераховані завдання процесу управління фінансами взаємопов'язані, а іноді і взаємообумовлені. Тому в процесі фінансового управління окремі завдання повинні бути взаємно оптимізовані для найбільш ефективного результату при вирішенні його основної мети.

Успішне функціонування підприємства першочергово залежить від об'єктивної, продуманої та запланованої стратегії фінансового функціонування та розвитку.

Основними завданнями фінансової стратегії на даний час вважаються рис. 2.

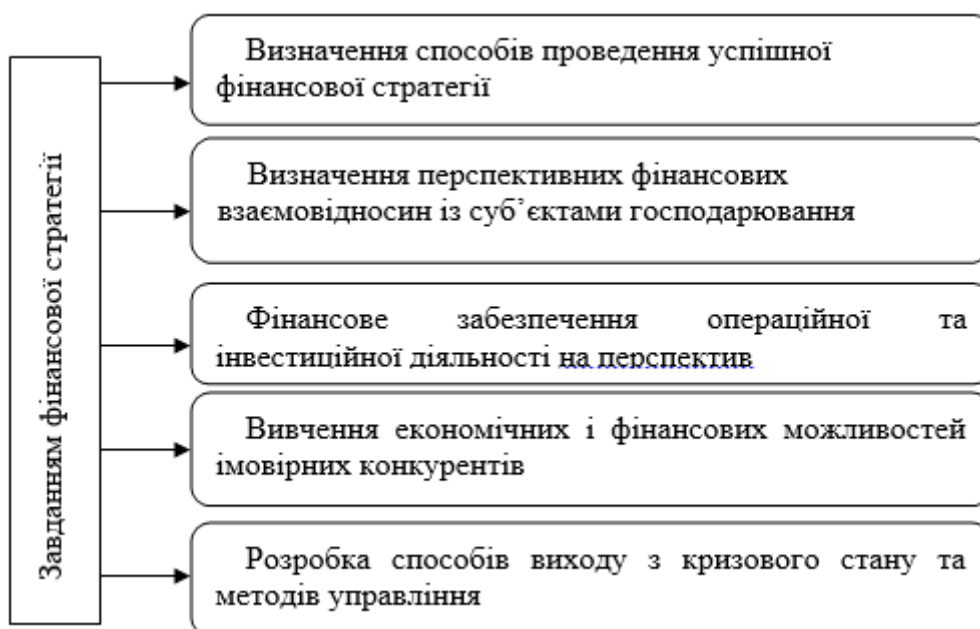


Рис. 2 – Основні завданнями фінансової стратегії

Сучасна концепція використання обчислювальної техніки й інформаційних технологій та впровадження експертних знань, передбачає створення інтелектуальних інформаційних систем у конкретних предметних сферах діяльності: менеджменті, аудиті, статистиці, міжнародному бізнесі, фондовому ринку цінних паперів і т.п.

Концепція розробки нових підходів щодо успішного ведення управління фінансовими потоками припускає дотримання трьох принципів:

- потреби нового продукту у споживача;
- координація діяльності для задоволення потреб споживача;

- аналіз прибутковості (аналіз результатів інноваційної діяльності).

Методи оптимізації стратегічних рішень

На сьогоднішній день існує множина методів та алгоритмів, які допомагають вирішити задачі даного класу, проте, зважаючи на постановку задачі розглянемо лише деякі методи, що найбільш відповідають завданням системи прийняття рішень.

Засоби інтелектуального аналізу (DMg) призначені для отримання на основі аналітичної обробки даних, накопичених в інформаційних сховищах, знань про ті чи інші об'єкти економічного аналізу. Для виконання інтелектуального аналізу використовуються різні методи прикладної математики і інформаційних технологій, в першу чергу методи лінійної алгебри, класичного математичного аналізу, дискретної математики, багатовимірний статистичний аналіз, який ділиться на факторний, дисперсійний, регресійний, кореляційний. Ці методи дозволяють вирішувати численні завдання в галузі економіки та менеджменту, які є складовою частиною аналітичної підготовки прийняття рішень.

Для персоналізованої оцінки фінансової діяльності розглянуто декілька методів оптимізації рішень, а саме:

- метод кластерного аналізу;
- метод асоціативних правил;
- метод логічного виведення.

Ієрархічні агломеративні методи

Береться до уваги один з ієрархічних агломеративних методів – метод одиничного зв'язку. Суть цього методу полягає у пошуку двох подібних об'єктів за матрицею подібності. За правилом об'єднання для цього методу новий кандидат на включення до складу кластера приєднується до наявної групи в тому випадку, якщо він має вищий рівень подібності з певним членом цієї групи. Отже, для об'єднання двох об'єктів потрібен лише один зв'язок між ними.

Послідовність об'єднання параметрів системи можна подати візуально у вигляді деревоподібної діаграми – дендрограми. Деревоподібна діаграма, що відображає результат застосування методу одиничного зв'язку до шести точок даних показана на рисунку 3. Для повної кластеризації цим методом на основі матриці подібності розмірністю $(N \times N)$ потрібно рівно $(N-1)$ кроків. На першому кроці об'єкти розглядаються як окремі кластери, а на наступних кроках усі параметри поступово об'єднуються в основну групу. Результатом

роботи цих методів є кластери, що не перекриваються, однак є вкладеним елементом іншого ширшого кластера на вищому рівні подібності.

Приклад 1

Нехай у системі знаходиться ряд критеріїв оцінки: коефіцієнт абсолютної ліквідності (K1), проміжний коефіцієнт покриття (K2), загальний коефіцієнт покриття (K3), коефіцієнт власності (K4), коефіцієнт залучених коштів (K5), коефіцієнт співвідношення залучених і власних коштів (K6), які поступово об'єднуються в основну групу (рис. 3).

Поряд зі своєю універсальністю і простотою ієрархічні агломеративні методи мають ряд недоліків:

- затрати обчислювальних ресурсів для збереження великої матриці подібності (у випадку ПСУФ номер може сягати декілька тисяч);
- оскільки у цих методах об'єкти розділяються по кластерах лише за одне проходження, то невдале початкове розбиття не може бути змінене на наступних кроках.

Зважаючи на недоліки даного методу, його застосування при визначенні фінансових рішень не є доцільним внаслідок специфіки прийняття рішень при визначенні стратегії управління фінансами.

Алгоритми пошуку асоціативних правил

Дані алгоритми призначені для знаходження всіх правил, причому підтримка і достовірність цих правил повинні бути вищі за деякі наперед певні пороги, що називаються відповідно мінімальною підтримкою (minsupport), тобто скільки раз зустрічається у базі, і мінімальною достовірністю (minconfidence).

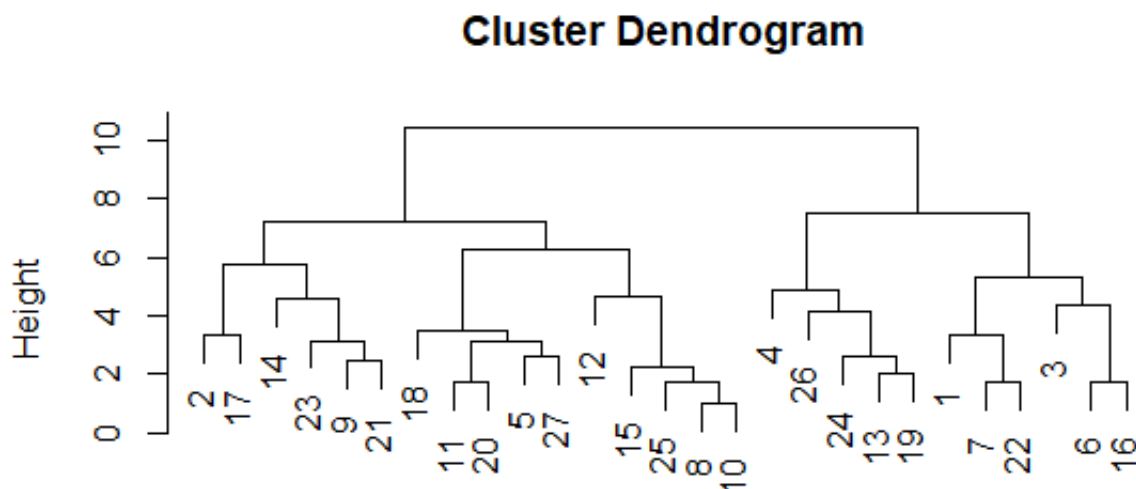


Рис. 3 – Приклад дендрограми для 27 даних
Асоціативне правило має вигляд: «3 події R слідує подія U»

В результаті такого виду аналізу ми встановлюємо закономірність наступного вигляду: «Якщо в транзакції зустрівся набір елементів R, то можна зробити висновок, що в цій же транзакції повинен з'явитися набір елементів U)».

Одна з проблем пошуку асоціативних правил – алгоритмічна складність при знаходженні наборів елементів, що часто зустрічаються, оскільки із зростанням кількості елементів u_m , експоненціально росте кількість потенційних наборів елементів U, де $u_m \in U$:

$$U = \{ u_1 \wedge u_2 \wedge \dots \wedge u_m \}.$$

Існують алгоритми пошуку асоціативних правил: AIS та SETM. У цих алгоритмах елементи множини наборів генеруються і підраховуються «на льоту», під час сканування бази даних. Незручністю їхнього застосування – зайве генерування і підрахунок дуже багатьох елементів, що часто зустрічаються. Для поліпшення їх роботи був запропонований алгоритм Apriori. Робота даного алгоритму складається з декількох етапів, кожний з яких має наступні кроки:

- формування кандидатів;
- підрахунок кандидатів.

Формування кандидатів – етап, на якому алгоритм, скануючи базу даних, створює множини і-елементних наборів (і – номер етапу). На цьому етапі підтримка наборів не розраховується.

Підрахунок кандидатів – етап, на якому обчислюється підтримка кожного і-елементного набору. Також здійснюється відсікання наборів, підтримка яких менше мінімуму, встановленого користувачем .

Вперше завдання пошуку асоціативних правил було запропоноване для знаходження типових шаблонів покупок, що здійснюються в супермаркетах. Ми можемо його застосувати до іншої предметної області – фінансового аналізу – для вибору шаблонів рішень, які часто застосовуються при певному значенні критерію оцінки.

Приклад 2

Розглянемо роботу алгоритму Apriori на прикладі транзакційної бази даних DB. Мінімальний рівень підтримки рівний 3. Привласнимо значенням препаратів змінні (табл. 1) TID – унікальний ідентифікатор, що визначає кожну операцію або транзакцію.

Таблиця 1

Набори рішень, що часто застосовуються

TID	Запропоновані рішення	Запропоновані рішення
100	план чисельності і складу працівників; планування фонду заробітної плати; план розрахунку вартості капіталу;	q, b, c
200	планування фонду заробітної плати; план виробництва та реалізації продукції;	b, d
300	планування фонду заробітної плати; план чисельності і складу працівників; план виробництва та реалізації продукції; план розрахунку вартості капіталу;	b, q, d, c
400	план підвищення продуктивності праці; план виробництва та реалізації продукції;	e, d
500	план чисельності і складу працівників; планування фонду заробітної плати; план розрахунку вартості капіталу; план виробництва та реалізації продукції;	q, b, c, d
600	план чисельності і складу працівників;	f

$$qbc = \{q, b, c\}$$

Розглянемо набір рішень, що включає, наприклад {план чисельності і складу працівників; планування фонду заробітної плати; план розрахунку вартості капіталу}. Представимо його за допомогою змінних. Цей набір рішень зустрічається в нашій базі даних три рази, тобто підтримка цього набору дорівнює 3:

$$SUP(qbc) = 3.$$

При мінімальному рівні підтримки (дорівнює 3) набір рішень qbc є шаблоном, що часто зустрічається.

$\min_sup = 3$, {план чисельності і складу працівників; планування фонду заробітної плати; план розрахунку вартості капіталу} – шаблон, що часто зустрічається.

Проте алгоритм Аргіогі зменшує кількість кандидатів, відсікаючи тих, які свідомо не можуть зустрічатися часто, на основі інформації про відсічених кандидатів на попередніх етапах роботи алгоритму.

Таким чином, набір береться до уваги, якщо його підтримка вище визначеного користувачем мінімального значення (minsupport). Ці набори називають частими.

Відсікання кандидатів відбувається на основі припущення про те, що у наборі відібраних рішень всі підмножини повинні часто зустрічатися. Якщо в наборі знаходиться підмножина, яка на попередньому етапі була визначена як така, що нечасто зустрічається, цей кандидат вже не включається у формування і підрахунок кандидатів.

Перевагою апріорних методів є висока точність і стабільність, хоча вони працюють лише з бінарними ознаками об'єктів та «не знаходять» асоціативних залежностей з малою підтримкою.

Особливості даного алгоритму при відсіканні кандидатів, які не часто зустрічаються, не суттєво впливають на його застосування при прийнятті фінансових рішень під час вибору схеми стратегії розвитку.

Алгоритм логічного виведення

Процедуру логічного виведення не можна віднести ні до прямого, ні до зворотного механізму виведення, умовно її називають посереднім ланцюгом міркувань. Механізм полягає у призначенні вартості кожній події (рішенню) E_i , що відображає вартість даної події в процесі логічного виведення. Під час діалогу із користувачем вибираються події з найбільшими цінами. В процесі виведення вартості подій весь час перераховуються в залежності від отриманих поточних результатів.

Приклад 3

В базі знань є скінчена множина гіпотез H_1, H_2, \dots, H_n та скінчена множина подій E_1, E_2, \dots, E_s , де кожній гіпотезі H_i відповідає своя підмножина подій E_i .

Алгоритм полягає у формуванні масиву $P(H_i)$ апріорних імовірностей для всіх гіпотез H_i .

Як вартість події використовують вираз:

$$P(H/E) = \frac{P(E/H)P(H)}{P(E)},$$

де $P(H/E) = \frac{P(E/H)P(H)}{P(E)}$ відповідає формулі Байєса, а вираз $P(H/\bar{E})$:

$$P(H/\bar{E}) = \frac{(1 - P(E/H))P(H)}{1 - P(E)}.$$

У випадку ПСУФ $P(H/E)$ – імовірність застосування планування фонду заробітної плати коли підприємство залежне від інвестицій; $P(H/E)$ – імовірність застосування планування фонду заробітної плати коли підприємство не залежне від інвестицій.

Таким чином, $C(E)$ визначається як сума максимально можливих імовірностей по всіх n гіпотезах, що містяться в базі знань. Далі система вибирає подію з максимальною вартістю $C(E)$ і задає відповідне запитання користувачеві. За отриманою відповіддю виконується перерахунок усіх імовірностей $P(H_i)$. Після формування нового масиву імовірностей знову перераховуються усі вартості подій і процес повторюється.

Одним з принципів, що реалізується в даних ЕС, є використання верхніх та нижніх порогів для імовірностей окремих гіпотез. Якщо імовірність $P(H)$ після врахування всіх подій перевищує верхній поріг $Max(H)$:

$$P(H) > Max(H),$$

то гіпотеза H приймається як основа для можливого висновку. Якщо

$$N; P(H); \sum_{i=1}^n E_i; P(E_{nk} / H);,$$

де $Min(H)$ – нижній поріг, тоді гіпотеза H відкидається як неправдоподібна.

Якщо в певний момент роботи системи з'ясується, що для будь-якої гіпотези H_k виконується умова:

$$\forall_i \neq k, \text{ для } \forall_i \neq k,$$

де $P_{min}(H)$ – поточна мінімальна імовірність гіпотези H та відповідно $P_{max}(H)$ – поточна максимально допустима імовірність для гіпотези H .

Тоді гіпотеза H_k є більш імовірною і продовження експертизи не є доцільним.

База знань відповідної ПСУФ містить записи, що торкаються знань про конкретні рішення (гіпотези) і знання по критеріях, при яких призначаються відповідні етапи. Кожна гіпотеза має відповідний формалізований запис:

$$N; P(H); \sum_{i=1}^n E_i; P(E_{nk} / H); P(E_{nk} / \bar{H}),$$

де N – назва гіпотези H ; $\sum_{i=1}^n E_i$ – кількість усіх подій цієї гіпотези,

n_k – номер події,

$P(E_{nk} / H)$ – імовірність виконання події для даної гіпотези,

$P(E_{nk} / \bar{H})$ – імовірність виконання події при невірності даної гіпотези.

Маємо гіпотези H_i :

- планування фонду заробітної плати: 0,1;2;(1;0;0,99);(2;0,7;0,05);

- план підвищення продуктивності праці: 0,05;2; (2;1;0,01); (6;0,9;0,02).

Події (симптоми) E_i подані в табл. 2.

Таблиця 2

Вартості подій

Подія	$C_1(E_i)$	$C_2(E_i)$
кредитопотенційне	0,9174	0,9991
велика участь капіталу	2,2381	0,0011
залежне від інвестицій	1,4151	1,2135
ліквідне	0,1376	0,8153

За даними таблиці можемо стверджувати, що по вартостях подій $C_1(E_i)$ перший запит буде пов'язаний з подією E_2 (у нього максимальна ціна 2,2381):
Чи велика участь капіталу?

Якщо користувач відповість «ТАК», тоді перераховуються імовірності й нові вартості. З таблиці 2 бачимо, що за вартістю події $C_2(E_i)$ наступний запит буде пов'язаний з подією E_3 (у нього максимальна ціна 1,2135). Отже наступне питання буде: *Чи залежне від інвестицій?*

На підставі проведених спостережень, можемо стверджувати, що механізм логічного виведення є досить громіздким, вимагає постійних перерахунків параметрів після кожного запиту, що супроводжується перевіркою коректності виведених результатів системи, створює ефект більш «уважного» відношення експертної системи до предмету експертизи. При неоднозначності результатів, на підставі виконання різних умов вибірок, виникає багато альтернативних рішень, що ускладнюють процес пошуку цільових стратегічних рішень.

Доцільність використання даного методу у прийнятті рішень при визначенні фінансового аналізу є низькою, бо неоднозначності результатів знижує об'єктивність та якість проведеного управління фінансами підприємства.

Особливості реалізації системного рішення

Для вирішення основних задач пропонується розробка інтелектуальної інформаційної системи управління фінансами, яка пропонуватиме користувачу найбільш оптимальні варіанти рішень стратегії розвитку за рахунок інтелектуальної складової.

Прототипом такої системи є інтелектуальна інформаційна система управління фінансами, що характеризується сукупністю інформаційних, технічних, програмних і технологічних засобів, засобів телекомунікацій, баз знань і банків даних, методів і процедур, інженерно-технічного персоналу, що реалізують функцію збору, передачі, обробки, аналізу, прогнозування і накопичення інформації для підготовки і прийняття ефективних управлінських рішень фінансової стратегії розвитку підприємства. В основі розробки інформаційного забезпечення конкретної ПСУФ при організації внутрішньої інформаційної бази (вибору необхідного складу показників, способу їх організації, методів групування і вибірки необхідних даних).

Ефективне функціонування ПСУФ базується на комплексному використанні сучасних технічних і програмних засобів обробки інформації, а саме:

- Математичне забезпечення ПСУФ – це сукупність алгоритмів, що забезпечують формування результативної інформації щодо стратегічних дій в управлінні фінансів.

- Програмне забезпечення дозволяє: удосконалити організацію роботи ПСУФ із метою максимального використання її можливостей щодо підвищення продуктивності і якості роботи користувача та адаптації задач користувача до ресурсів конкретної предметної області.

- Лінгвістичне забезпечення ПСУФ включає мови спілкування з користувачем, мови запитів. Мовні засоби забезпечують однозначну змістовну відповідність дій користувача й апаратної частини.

- Організаційне забезпечення ПСУФ включає комплекс документів, що регламентують діяльність фахівців при використанні ПК або терміналів на їх робочому місці, визначають функції і задачі кожного фахівця, взаємодію працівників і персоналу-супроводу інструктивними матеріалами по обробці інформації.

- Методичне забезпечення ПСУФ складається з методичних вказівок, рекомендацій і положень по впровадженню, експлуатації й оцінці ефективності їх функціонування. Містить довідкову інформацію про ПСУФ у цілому і про окремі його функції, засоби навчання, демонстраційні приклади.

Правове забезпечення ПСУФ – це нормативно-правові документи, що визначають юридичні права й обов'язки фахівців в умовах функціонування систем даного класу. Такі документи строго пов'язані з комплексом розробок, що регламентують порядок збереження і захист інформації, правила ревізії даних, забезпечення юридичної чинності операцій, що здійснюються на ПСУФ.

Удосконалювання інформаційних технологій надає користувачам будь-яке сполучення централізації і децентралізації виконання операцій, яке залежить від призначення, структури і просторового розміщення автоматизованих об'єктів, інтенсивності надходження й обсягів опрацьованої інформації, режимів обробки і програмного середовища, функцій користувачів і організації їх діяльності.

ІСУФ система забезпечує керування даними в межах підприємства (організації), автоматизуючи операції по обміну інформацією у межах окремих груп користувачів.

На рис 4 відображено діаграму декомпозиції процесу розробки етапів управління грошовими потоками.



Рис. 4 – Діаграма декомпозиції процесу розробки етапів оцінки та управління фінансовими процесами

Інформаційне наповнення ІСУФ при визначенні кола користувачів і з'ясуванні сутності розв'язуваних ними задач здійснює інформаційне забезпечення системи. З урахуванням сучасних технологій управління проєктів користувачі поділені на дві категорії. Розроблювальна система розрахована для різних категорій користувачів, що відрізняються видами представлення даних.

Застосування ІСУФ не порушує звичний користувачеві ритм роботи. Увага користувача концентрується на логічній структурі розв'язуваних задач, а не на характеристиці реалізації програмної системи. Однак якщо задана дія не виконується, користувач буде повідомлений про причину й інформацію проблеми.

Залежно від ролі користувача в системі вхідними даними будуть:

- Авторизаційні дані;
- Період фінансової звітності;
- Показники фінансової діяльності;

Від експерта вхідними даними будуть вважатись:

- Авторизаційні дані;
- Показники успішності;
- Стратегічні рішення.

Вихідними даними вважаються:

- Оцінка стану фінансової діяльності підприємства;
- Період застосування стратегічних рішень;
- Пропоновані стратегічні рішення розвитку.

Проаналізувавши прототипи такого класу систем, та зробивши відповідний аналіз їхнього функціоналу, вирішено організувати систему з поданою структурою:

- Реєстрація (Відкрита) – коротка інформація про підприємство, реєстрація його в системі, форма для входу та меню.
- Терміни оцінки – визначення періоду фінансової звітності.
- Основні фінансові показники – інформація за звітний період підприємства про його фінансову діяльність.
- Аналіз діяльності – визначення критеріїв оцінки фінансової успішності підприємства та формування загального переліку характеристик діяльності.
- Рекомендації – перелік стратегічних рішень для підвищення ефективності фінансової діяльності підприємства за рахунок оптимізації управлінських рішень щодо керування фінансовими процесами.

Мета функціонування ПСУФ полягає у поданні користувачеві лише необхідної інформації – мінімальної, але достатньої для прийняття рішень. ПСУФ забезпечує обробку та фільтрацію інформації, підбір необхідних параметрів та варіанти розрахунків. Це викликає певні вимоги до формування баз даних та знань, встановлення актуальності та цінності інформації, форми передачі та вибору методів агрегації даних з мінімальними витратами.

Під час використання систем підтримки прийняття рішень можуть бути отримані дані альтернатив. Ви можете одночасно використовувати базу даних для деталізації деяких обчислень для зміни вхідних даних або методів вирішення проблем, базу знань експертних знань для формування кваліфікованих та обґрунтованих рішень

Діаграма послідовностей (рис. 5) показує взаємодію між усіма суб'єктами системи та відображає загальну концепцію системи.

Для системи характерні наступні основні властивості:

- складність;
- дискретність;
- цілісність;
- різноманітність елементів та різниця їх природи;
- структура.

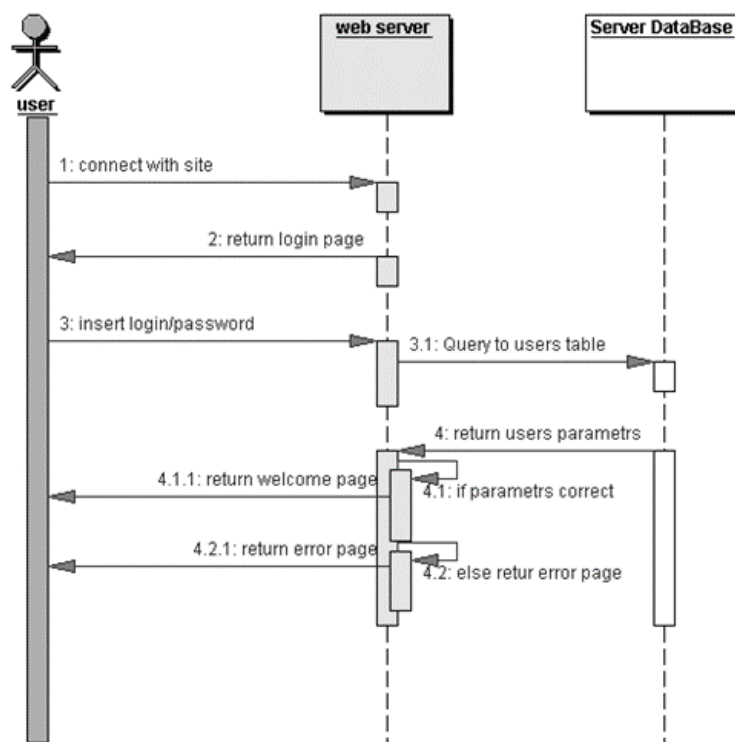


Рис. 5 – Діаграма послідовності

У ПСУФ вирішено комплекс взаємозалежних завдань, реалізація яких за допомогою сучасних методів управління, використання економіко-математичних методів та моделей, комплексу технічних засобів та інформаційних технологій забезпечує автоматизацію виконання функцій та процедур прийняття фінансово кваліфікованих рішень.

Запропонована система підтримки прийняття управлінських рішень забезпечує процес персоналізованого підходу щодо прогнозування стратегічних етапів вдосконалення фінансової політики підприємства та швидке виконання оцінки його стану на підставі проведення аналізу фінансової звітності. Інтерактивність, простота та доступність даної системи забезпечить її масове використання різними користувачами, що сприятиме підвищенню показників успішності фінансової діяльності підприємств.

Висновки

Враховуючи особливості алгоритму пошуку асоціативних правил щодо відсікання кандидатів, які не часто зустрічаються та не суттєво впливає на його застосування при прийнятті фінансових рішень під час вибору схеми стратегії розвитку. Отримані результати свідчать про високу точність і стабільність управлінських рішень щодо фінансового розвитку підприємства.

Успішне функціонування підприємства першочергово залежить від об'єктивної, продуманої та запланованої стратегії фінансового функціонування та розвитку. Запропонована експертна система підтримки управлінських рішень вирішує комплекс взаємозалежних задач, реалізація яких на основі використання сучасних методів керування, застосування економіко-математичних методів і моделей, комплексу технічних засобів і інформаційних технологій забезпечує автоматизацію виконання функцій і процедур прийняття фінансових кваліфікованих рішень.

Ціль функціонування ПСУФ полягає у представленні користувачу тільки необхідної інформації – мінімальної, але достатньої для прийняття рішення, за рахунок обробки і фільтрації інформації, вибору необхідних показників і варіантів розрахунків.

Література:

1. Г. А. Титоренко, Автоматизированные информационные технологии в экономике: учебн., Москва, Россия: ЮНИТИ, 2002.
2. В. Бурцев, «Характеристика системы внутреннего (финансового) контроля коммерческой организации», Финансовый бизнес, № 8, с. 24 – 27, 2000.
3. В. М. Гужва, Інформаційні системи і технології на підприємствах: навч. посіб., Київ, Україна: КНЕУ, 2001.
4. А. Марк Дэвид, и Клемент МакГоуэн, Методология структурного анализа и проектирования SADT (Structured Analysis & Design Technique). [Электронный ресурс]. Доступно: <http://www.interface.ru/fset.asp?Url=/case/sadt0.htm>. Дата доступа: Febr. 21, 2020.
5. Є. В. Калюга, Фінансово-господарський контроль у системі управління: монографія, Київ, Україна: Ельга, Ніка-Центр, 2002.

3.2. Application of neural networks in text processing and recognition tasks

Introduction and formulation of the problem. With the development of information technology it has become possible to facilitate, accelerate and improve the quality of recognition of printed or handwritten texts. The first element of the letter recognition system is a scanner or a digital camera that inserts text images into the computer. To create a text document, you need to recognize individual characters in this image. There is a range of software that have virtually automated the process of recognizing texts. However, it is not always possible to ensure a satisfactory result in the case of distortions of printer or handwrittend text images of various types (geometric, noise, etc.).

In the article, on the basis of context-free grammars is shown the possibility of building an OCR system using neural network technologies.

The problem of effective text recognition plays an important role in the areas of informatization of various processes of human activity. The textual presentation of information, in comparison with graphic, allows significantly reduce the costs of storing and transmitting information, and also allows us to implement all methods of using and analyzing electronic documents. Therefore, the greatest interest from a practical point of view is precisely the transformation of information from paper carriers into a text electronic document.

Image recognition is a scientific discipline, the purpose of which is to identify objects by several criteria or classes. The need for such recognition arises in many areas, from machine vision, character recognition, diagnostics in medicine, speech recognition to narrowly specialized tasks. In spite of the fact that some of these tasks are solved by a person at a subconscious level with a high speed, up to now computer programs have not been created to solve them in the same general form [1, 2]. In this regard, the problem of pattern recognition has become widespread, including in the field of artificial intelligence and robotics.

All methods for recognizing objects are divided into two types: methods based on decision theory and structural methods. The first ones are based on calculations using quantitative values such as length, texture, etc. The second ones are oriented towards images, for which qualitative quantities, for example, relational, are more suitable. Also, recognition of objects plays an important role in learning based on a well-known sample.

Under the image implies some sort of ordered set of attributes. A class of images is a collection of objects with the same properties.

A classifier or decisive rule is the rule of assigning an image to one of the classes based on its vector of attributes. In practice, there are three types of signs representation that are widely used: a vector of attributes (for quantitative values), a character string, and trees of signs (for structural variables) [3].

The methods based on the comparison are sets of vectors of signs for each class of objects. The new image will be assigned to the class that will be the closest, within the predefined metric. Obviously, the simplest approach is to find the minimum distance, which is calculated using the Euclidean norms between the vectors of the unknown object signs and the prototype vectors. The conclusion that an object belongs to a certain class occurs at the smallest of these distances.

Examples of classification tasks are: character recognition, speech recognition, medical diagnosis, weather forecast, face recognition, classification of documents, etc.

Thus, the first problem of recognition is the discovery of such features that clearly divide the space into classes.

Main part. Comparison of objects can be made on the basis of their representation in the form of vectors of measurements. It is convenient to represent the measurements in the form of real numbers. Then the similarity of the signs vectors of two objects can be described by means of the Euclidean distance:

$$\|x_1 - x_2\| = \sqrt{\sum_{j=1,d} (x_{1,i} - x_{2,i})^2} . \quad (1)$$

There are 3 groups of methods of pattern recognition:

- Comparison with the sample. This group includes structural methods and methods that use approximation and distance (classifications of the nearest medium and distances to the nearest neighbor.)

- Statistical methods. An example of this group is the Bayesian method of decision making. Statistical methods are based on the calculation of probability.

- Neural networks. A separate class of recognition methods. Unlike other methods, neural networks can be trained already in the process of recognition and have a good potential for development.

Method 1. Classical

In the classical approach to recognition systems, the vector of attributes characterizing each class is obtained as a consequence of the training of the system. One of the simplest classification algorithms uses the class's mathematical expectation vector (mean value):

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1, n_i} x_{i,j} , \quad (2)$$

where $x_{i,j}$ – is a j reference mark of the class i , n_i – number of reference vectors of i class.

Consequently, the unknown object will belong to the i class. If it is substantially closer to the vector of mathematical expectation of i class than to the vectors of mathematical expectations of other classes. This method is applicable when the points of the signs are very densely located and far from the points of other classes (fig. 1).

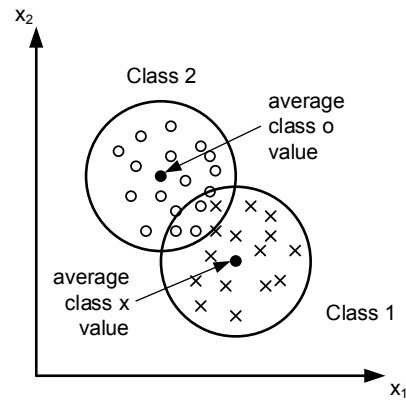


Fig. 1 – Classification by the nearest average value

The problem described in some cases can be solved by changing the distance calculation.

We shall take into account the characteristic of the spread of the values of the class, along each coordinate direction i . The mean square deviation is equal to the square root of the dispersion. The calculated Euclidean distance between vector x and mathematical expectation vector is:

$$\|x - x_c\| = \sqrt{\sum_{j=1,d} \left(\frac{x_i - x_{c,i}}{\sigma_i} \right)^2} \quad (3)$$

This distance formula allows you to reduce the number of classification errors, but most tasks (including the recognition of text elements) can not be represented by such a simple class.

Method 2. Classification by distance to the nearest neighbor

This method assigns an unknown vector of attributes to a class, the individual samples of which are closest to each other. Such samples are called closest neighbors. When classifying the nearest neighbor it is not necessary to know the models of distribution of classes in space, only information about reference samples is indispensable.

The principle of operation of the algorithm is based on determining the minimum distance to a sample of a feature from the database. The same solution can be improved if you look among the neighbors. To classify each of the test sample objects, the following operations must be performed in sequence:

- Calculate the distance to each of the subjects of the training sample;
- Select k objects of study sample, the distance to which is minimal.

The benefits of this approach are obvious:

- You can add new samples to the database at any time;
- Tree-like and grid data structures reduce the number of computed distances.

This algorithm is one of the simplest classification algorithms; therefore, in real problems, it often turns out to be ineffective. In addition to the accuracy of the classification, the problem of this classifier is the rate of classification: if in the training sample of N objects, in the test selection of M objects, and with K – the dimension of space, then the number of operations for classifying the test sample can be estimated as $O(K \cdot M \cdot N)$.

Method 3. Structural.

The second name of this method is syntactic, since it implies the use of a recipe description language, which structurally describes each element and subelement, structurally dividing the image into subimages. The method will be useful for recognizing complex images, consisting of many images of a lower, simple level.

Method 4. Bayes' approach to decision making

The Bayes' classifier, based on observable features, relates the object to the class to which this object belongs with the highest probability. Let's suppose that we are considering some random variable X that has a probability density $p(x,w)$ with parameter w. We need to obtain data on another random variable w having some probability distribution $\tau(w)$.

For the recognition problem, there are m classes, that is, m possible variables (w_1, \dots, w_m) , respectively, the Bayes formula takes the form:

$$\Pr(w_i | x) = \frac{\Pr(x | w_i) \Pr(w_i)}{\Pr(x)} = \frac{\Pr(x | w_i) \Pr(w_i)}{\sum_{k=1, m} \Pr(w_k) \Pr(x | w_k)}. \quad (4)$$

Here w_i is the hypothesis, and x is the evidence supporting the hypothesis. If all classes are characterized by their own incompatible probabilities, covering all possible cases, then one can apply the rule. Bayes' algorithm for calculating the posteriori probabilities of each class from the a priori probabilities of these classes and the conditional probability distributions for x . In practice, it is necessary to provide a calculation of $\Pr(x | w_i)$.

Here is an example of using Bayes' theorem for pattern recognition:

Suppose that there is a selection of elements. What is the probability that the m-th element, which does not belong to our sample, will respond to the sample. In probability theory, this premise can be written as follows, using the Bayes' theorem:

$$p(Y = 1|X = x_m) = \frac{p(X = x_m|Y = 1)p(Y = 1)}{p(X = x_m)}. \quad (5)$$

In this formula X – cause and Y is a consequence. This expression is a function of probability.

The decision of classification depends on those parameters that we know. For example, we can only know the values of a priori probability, and the remaining values can not be estimated. If we can calculate the value of the probability function, then we can find the value of the required probability by the Bayes' formula. The solution here is to put a label of the class for which the probability is the maximum.

Method 5. Neural networks

Neural networks allow us to solve the widest range of recognition tasks (for example, noisy or manuscript texts) and represent a structure of several layers – artificial neurons (computing elements) and links between them.

The structure imitates the structure and properties of the organization of the nervous system of living organisms. The neural network receives a set of signals on the input and outputs an appropriate response (output signals) that describe the solution of a certain problem. Accordingly, for each neuron of the input layer, a signal is multiplied by the corresponding weight. The activation function is either a threshold value that sends a single signal to the output or a sigmoidal function. The sigmoid function converts the value of the sum of all incoming signals to a number in the range from 0 to 1.

Thus, the output of the network produces a probabilistic value, similar to the result of the Bayes' method.

Compared to linear statistical methods, neural networks allow the efficient construction of non-linear dependencies that more accurately describe data sets. As for the Bayes' classifier, which constructs a quadratic separating surface, a neural network can construct a surface of a higher order. The high nonlinearity of the separating surface of the naive Bayes' classifier (it does not use co-variational matrices of classes, as the classical Bayes', but analyzes local density probabilities) requires a significant total number of examples. This is necessary to create the possibility of estimating probabilities with each combination of intervals of values of variables. At the same time, the neural network is trained on the entire sample of

data, not fragmenting it. This increases the adequacy of the network configuration for recognition tasks.

General characteristics of text recognition systems

The OCR system (for example, FineReader, OmniPage, ReadIris, etc.) receives a digital image of a scanned or photographed document and forms the text containing this image in one of the formats of electronic text documents (fig. 2) [2].

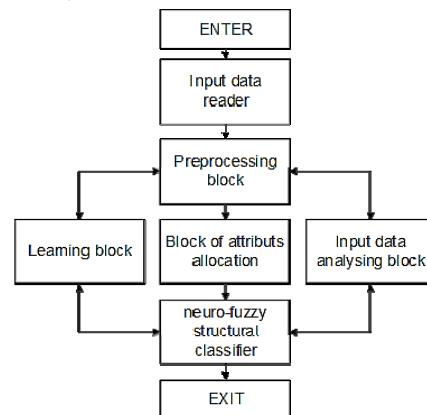


Fig. 2 – The generalized structure of the neuro-fuzzy OCR system

Assignment of system blocks is as follows

The input data reader (scanning, photographing) carries out the transformation of the energy of the light signal into an electrical one. The size of the scan matrix depends on the accuracy of the process of obtaining the image and the color of the image or its fragments.

The pre-processing unit translates the image in black and white in order to significantly reduce the size of the matrix of features, save memory and reduce the cost of processing information. There is also a reduction in noise levels (in the form of small insulated points), the elimination of so-called fringe, small gaps inside the lines and, if necessary, thinning operations of the lines. Also here are functions of correcting geometric distortions of images obtained during the process, for example, taking pictures.

Block of attributes allocation has a different complexity depending on the nature of the image being recognized, as well as the methods that are used. Each pre-processed object must be represented in the form of a language-type structure, such as a chain. This process consists of two subprocesses: segmentation and allocation of non-intrusive elements. The main purpose of the segmentation process is to select individual elements from the image to highlight the features or compare the differences with the standard samples in memory. That allow the recognition to obtain a text that is almost identical to the original.

The classification block generates signs of matching elements of the image with reference samples. The classification efficiency is evaluated by the number of features that will be used for this compliance [3].

The classification unit generates signs of matching elements of the image to a particular reference model. The assessment of the classification effectiveness depends on the quality of the previous stages classification and is evaluated by the number of attributes on which this compliance will be established. The learning unit modifies the presentation of elements in such a way that the elements of the image are graded at the next stages as soon as possible. It provides the ability to save the method, style, and other results of the classification by the system, which can be used for more accurate and fast image recognition after the successful completion of the feature allocation process.

Preliminary processing of digital images is considered as the result of eliminating the various types of interference and the effects of distortions on which this image was formed. Since methods for improving the quality of images in the frequency domain require a high computational complexity, it is advisable to use spatial in this case.

Most of these operations of OCR systems due to the fuzziness and blurriness of the parameters it is expedient to execute methods of fuzzy logic.

Thus, the purpose of this work is to develop methods and algorithms for constructing a neuro-fuzzy recognition system for text images that contain [4]:

1. reduce noise of text images;
2. binarization of images;
3. allocation of boundaries and segmentation of characters;
4. realization of grammar for the structural recognition of text images;
5. verification of proposed methods.

Decrease of digital images noise

To reduce noise, there are used linear and nonlinear filters that store sharp changes and edges of objects while eliminating noise. Most often noise is considered as impulse noise, Gaussian and mixed pulse and Gaussian noises [5].

In the case of mixed noise, linear and nonlinear filters can be used sequentially.

Gauss filter (linear) averages pixels around the point of the image according to

Gauss's law $(x, y) \in Z^2$: $G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$. This filter is separable,

filtering can be performed in rows and columns of the image matrix, since it decomposes into two independent filters at different coordinates.

Median filter (nonlinear) best deals with impulse noise. The work of the median filter consists in choosing the median from a set of pixels around:

$Im_{i,j} = \text{med}\left[Im_{i+s,j+t}, (s, t) \in W\right]; (i, j) \in Z^2$. All pixel values around (s, t) relative to

the pixel of the image $(i, j) \in Z^2$ are sorted in order of magnitude, then the median value is selected, which replaces the central pixel around.

Fuzzy image processing is a set of various fuzzy approaches, which are understanding, representation, processing of images, their segmentation and classification. In the process of recognition, the process of pre-fuzzy image processing is extremely important, because a quality of the data that arrives at the inputs of the neural network depends on it. The algorithm of the previous fuzzy processing can be represented in the form of a sequence of steps (fig. 3): image acquisition; converting the resulting color image into a grayscale image; fuzzy image processing (fuzzyfication, fuzzy output system, defuzzyfication) [5].

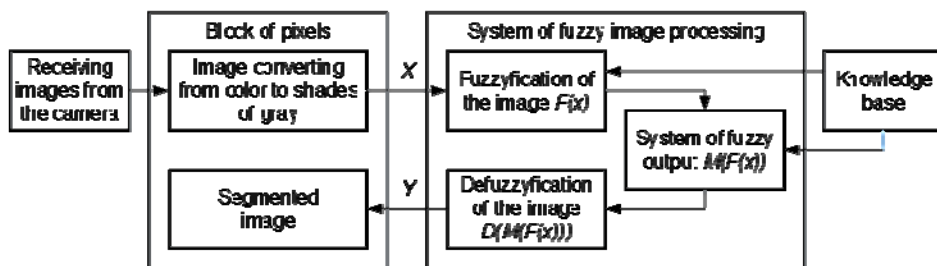


Fig. 3 – Algorithm of the previous fuzzy processing of images for their segmentation

Binarization of the image. In image binarization, the pixel value is conventionally considered equal to zero or one: if its value is above a certain threshold, it corresponds to a white color if it is below the set threshold, that is black. If $P(x, y) > PT(x, y)$ then the pixel in the binary image is white, otherwise black.

The threshold surface of the PT is a matrix whose dimension corresponds to the dimension of the original image.

In the methods of global processing, the threshold surface is a plane with a constant brightness value, it means that the threshold value is the same for all pixels of the original image. Global threshold processing has a significant disadvantage – if the original image has non-uniform lighting, the areas that are illuminated worse are classified as black.

In local methods, the threshold value varies for each point based on the features of the domain belonging to the vicinity of a given point.

In the developed algorithm, the original half-tone image, given in digital form, is divided into square matrix S with size $h \times h$ and elements $S(x, y) \in [0, 1]$. Each

matrix S is transformed into a binary matrix r of the same size. The transformation $S \rightarrow r$ is carried out under the condition that the matrix is equal to the brightness:

$$\text{Ent} \sum_{x,y} S(x,y) = \sum_{x,y} r(x,y) = b, \quad (6)$$

where brightness is the sum of the elements of each matrix. The brightness of the binary matrix is equal to the number of units b . During each $k = \overline{1, b}$ appealing to the elements of the matrix S in it, the position of the element with the maximum value is determined. In place of this position in S zero is written, and in the binary matrix r a unit is written [5].

The criterion for constructing a binary matrix is the minimum of the Euclidean distance between the binary and the halftone matrices.

Then the task is to choose from 2^n matrices. The algorithm searches for the maximal element of the matrix S , so the number of steps in the order of bn is required. Unlike pseudo-tone methods, the method of locating zeros and units in the investigated algorithm allows you to convert a semitone unit based on its brightness histogram. Visually this is manifested in a more accurate reproduction of the details and boundaries of objects in a binary image.

Algorithm of fuzzy processing for boundaries and segmentation of images allocation. After binarization, the image enters the system of fuzzy image processing (fig. 4).

Fuzzy image processing consists of three main phases: F-image, fuzzy-output system (M) on the values of affiliation, and defuzzifications of the (D) images. After transferring the image from the gray-level image to the phase-out, the fuzzy output system is determined by the value of the accessory function.

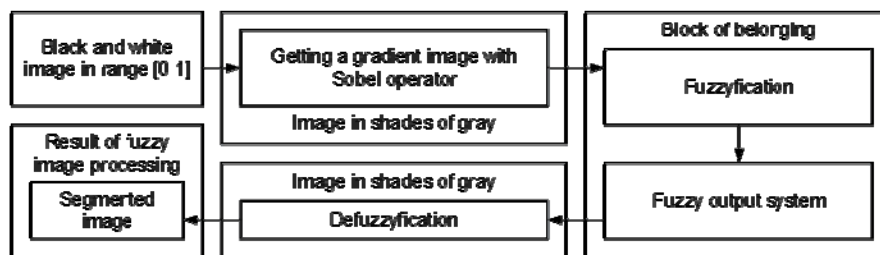


Fig. 4 – Algorithm of fuzzy processing of images to allocate boundaries

An image of X -size $M \times N$ with L gray levels $g = 0, \dots, L - 1$ can be defined as a fuzzy single-point set that specifies the value of each pixel attribute relative to the image property (for example, brightness, smoothness, etc.):

$$X = \bigcup_{m=1}^M \bigcup_{n=1}^N \frac{\mu_{mn}}{g_{mn}}, \mu_{mn} \in [0.1] \quad (7)$$

where μ_{mn} and g_{mn} – assignments of the mn pixel in the fuzzy set. Determining the values of affiliation depends on the specific application requirements and knowledge base.

Since the symmetric parts of the bonding site of the membership function are not always effective, attention in using fuzzy logic to improve the quality of the half-tone images leads to the need to construct S-like fuzzy functions. That have a changed center of symmetry [4]: the function of belonging is described as two glued parabolic links with a continuous derivative in the place of gluing, that is, functions of the second order.

The specific choice of methods of defuzzifications is carried out depending on the desired behavior of the fuzzy output. It is advisable to use the center weighting function of belonging fuzzy set:

$$Y = D(M(F(X))). \quad (8)$$

Construction of grammar for the structural recognition of text images. To justify the method of constructing the grammar of nonstructural image recognition and character classification, consider the following recognition methods.

In the comparison method, the selected element is compared with the database, where each object is represented by different angles, scales, displacements, deformations. For letters in the database, you should also specify the font, font properties, etc.

The second approach is an analysis of the characteristics of the image. In the case of optical text recognition, this may be the definition of the geometric parameters of individual characters [4].

Methods, that use artificial neural networks, require a large number of examples in training, but have higher efficiency and productivity. In these methods, the symbol image is reduced to some standard size, for example, 16x16 pixels. The values of brightness in the nodes of the normalized raster are used as input parameters of the neural network. The number of output parameters of the neural network is equal to the number of recognizable characters. The result of the recognition is a symbol that corresponds to the highest value of the source vector of the neural network.

Note that structural description is:

- understandable for a person who solves the problem of object recognition;

- suitable for computer realization;
- free from complexive computing and information loss.

Structural features used in the structural description are non-unique (elementary unique) elements (symbols), primitives of the image. Structural methods store information not about the spontaneous character writing, but about its topology. That is, the standard contains information on the mutual placement of individual components of the symbol [4]. In this case, the size of the distinguished letter and the font that it is printed is not important.

The recognizable symbol is given to some sample that has reference dimensions and positions and is smoothed. That means, that an exclusion from the image of all elements that led to its distortion, by replacing the group of image elements (usually adjacent ones) with an element equivalent to them.

The obtained image is subjected to the procedure of skeletonization (reduction). The contour of the skeletal representation is described in the form of a series of special points of the special points and a circuit code bypassing the circuit clockwise, consisting of an anchor point, a number of codes, and an array of directions from the next point to the next. Special points are end-points and branch points (triodes). These are the points whose neighbors form at least three connected areas. By renumbering special points and changing the path start, there is made the contour identification with one of the main types. Operating a limited number of atomic (non-derivative) elements (primitives), you can get a description of various objects.

As a result of connections from non-derivative elements (structural features) there will be formed an object similar to the way the sentences of the language are constructed by combining words that consist of letters. In this structural methods have an analogy with the syntax of natural language.

For recognition we use sentences, each of which describes the structure of an object from non-derivative (elemental) elements. Structural or linguistic classification of an object in such case is performed by comparing the sentence of an unknown object with standard sentence classes.

Characteristics of texts` image. The peculiarity of these images is that they consist of a large number of interconnected parts. Therefore, it is expedient to analyze such images using methods of structural recognition. The result of this recognition is not attribution of the symbol image to the prototype, but the list of characters and relations between them. The complexity of recognizing such images is that the symbol is not defined uniquely by its image. The name of the character image depends not only on the image of this fragment, but also on its place, environment.

Structural recognition of symbols in the conditions of random noises is reduced to finding the optimal image of the characters that are recognized. The function of quality is to search for the most probable set of hidden image parameters. For example, in order to recognize the line of the text, the requirement to find the most to find the most consistent number of letters is the same as requiring the minimization of the number of incorrectly recognized characters.

Images that contain texts, tables, drawings, are created and read in accordance with certain rules, which can be formalized as a grammar. Obviously, algorithms for the recognition of such images should be based on the use of the rules of this grammar.

Methods for creating such grammar are as follows:

- usage of graphs theory. The image of the text is presented in the form of a well-defined graph. The tasks of recognition are presented as the problem of finding an isomorphism of the reference and input graphs, or of the isomorphism of their subgraphs.

- methods of the theory of formal languages and grammar. The image is considered as a word in some formal language, which is given using constructs that are generalizations of the Khomsky grammar. Recognition is to find the best in a certain meaning of the output of an image in a given grammar [5].

The grammar considers the image as an object, consisting of certain rules from a large number of elementary parts. These parts and rules can differ significantly from each other (for example, recognition of notes or recognition of mathematical formulas [5]).

Let T be a certain rectangular subset of a two-dimensional integral lattice: $T = \{(i, j) \mid 0 \leq i < H, 0 \leq j < W\}$. The set T is called the field of view, the numbers H and W – its height and width, and the elements of the field of view will be called pixels. Pixel colors are selected from a finite Y set. The reflection $x: T \rightarrow Y$ is called the image, the value $x(t)$ determines the color of the image x in the pixel $t \in T$.

The two-dimensional context-free grammar will be $G = \langle E, V, P, \varepsilon \rangle$, where E is the set of terminal images containing one-pixel images (images determined by the size of 1 pixel) of all colors from the set Y , V is the set of nonterminal names (metacharacters) assigned to parts of the image in the process of generating it using grammar, $\varepsilon \in V$ is an axiom, used to name all, completely generated images, P – set of rules of output. It contains the rules of three types: the rules of horizontal concatenation, vertical concatenation (association of image blocks) and the rules of substitution. Each separate set of these rules will be marked Ph, Pv, Ps accordingly.

The rules for the substitution of P_s have the form $v \rightarrow e$, where $v \in V$ – nonterminal name, and $e \in E$ – terminal image.

The set of rules of horizontal concatenation P_h contains triples of non-terminal names of the form $v \rightarrow v_l|v_r$. That is, any rectangular image fragment can get the name v if it can be broken up by vertical lines on such two rectangular fragments that the left already has the name v_l , and the right one is v_r . The symbol $|$ is used to divide a pair of nonterminal names in the rules of horizontal concatenation. Similarly, the set of rules for vertical P_v concatenation contains triples of nonterminal names of the form $v \rightarrow v_t|v_b$. That is, any rectangular image fragment may get a name v , if it can be split by a horizontal line on such two rectangular fragments that the upper one already has the name v_t , and the lower one is v_b .

Grammar G is composed of images that can be assigned a name ε . The sequence of rules applied to the image x , which results in the assignment of the name ε to the entire image, is called the output of the image x in the grammar G .

The algorithm [5] for solving the problem is a direct generalization of the Cocke-Younger-Kasami algorithm [5] to determine the relevance of the language of a certain context-free grammar of the Khomsky. t consists in the fact that in the sequential review of all rectangular fragments of an image for each of them it is determined what names can be assigned to him in this grammar. At the same time for reviewing fragments are arranged in size.

The introduction of a two-dimensional context-free grammar and the formulation of a task for exact collision obviously have a number of disadvantages that significantly limit their practical application:

- the formalism of two-dimensional context-free grammar does not always allow you to find a real image that can be split into rectangular fragments, and thus the given fragments do not intersect;
- excessive detailing of the rules of grammar: for each image it is necessary to indicate how it consists of smaller parts up to the level of individual pixels. Obviously it should be used larger fragments of the image, for example, fragments that correspond to individual text lists;
- setting the task for exact collision requires an exact match of the color values of individual pixels of the image with the colors of the terminal images. This condition is not fulfilled if there is a noise characteristic of the recognition.

The basic context-free construct introduced in [5] allows us to eliminate these disadvantages, as it:

- describes the image as being composed of fragments of an arbitrary, not just rectangular shape;

- the process of constructing images is set to the level of a set of term fragments, whose sizes can be much larger than the pixel size;
- a fine is imposed for the assignment of names to fragments of an image, which for a given fragment is equal to the sum of the fines of the fragments from which it was formed;
- the fine for the term fragments is determined by an arbitrary function that is not related to the formalism of context-free grammar. This allows us to use heuristic reasoning in its construction. In the task of recognizing texts, it can have any function that defines the similarity of an arbitrary letter and a fragment of an image.

The neural network functioning. To construct a non-structural character recognition system, there is used a neural network of reverse error distribution, which consists of several layers of neurons, and each neuron of the previous layer is associated with each neuron of the next layer. In such networks, after determining the number of layers and the number of elements of each layer, it is necessary to calculate the values of the weights and thresholds of the network in such a way to minimize the forecast error. For network teaching is used an algorithm for reverse error spreading. It calculates a vector gradient surface error. Then it moves to a certain value in the direction of the vector (it will indicate the direction of the fastest descent), where the error value will be less. This gradual progression will gradually lead to a minimization of the error.

Denote the matrix of weight coefficients from the inputs to the hidden layer W , and the matrix of weights connecting the hidden and output layer – V . The entries will be numbered only by the index i , the elements of the hidden layer – the index j , and the outputs – by the index k . The number of network inputs is n , the number of neurons in the hidden layer is m , the number of neurons in the output layer is p . If the network is studying on a sample (X^t, D^t) , $t = \overline{1, T}$. Then the learning algorithm for multilayer perceptron will look like.

Step 1. Initial initialization. For weighted coefficients we give small random values, for example, from the range $(-0.3, 0.3)$; set: ε – learning accuracy parameter, $\langle \approx 0.1$ – learning speed parameter (may be decreased in the learning process), N_{\max} – the maximum number of iterations.

Step 2. Calculation of the current output signal. At the network entrance we submit one of the images of the training sample and determine the values of the outputs of all neurons of the neural network

Step 3. Calculation of the weight change for the source layer of the neural network:

$$V_{jk}^{N+1} = V_{jk}^N - \alpha \frac{\partial E}{\partial V_{jk}}, \text{ where } \frac{\partial E}{\partial V_{jk}} = \delta_k y_j^c, \delta_k = (y_k - d_k) y_k (1 - y_k). \quad (9)$$

For a hidden layer:

$$W_{ij}^{N+1} = W_{ij}^N - \alpha \frac{\partial E}{\partial W_{ij}}, \text{ where } \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = \left(\sum_{k=1}^p \delta_k V_{jk}^{N+1} \right) y_j^c (1 - y_j^c) X_i. \quad (10)$$

Step 4. Steps 2-3 repeating for all learning vectors. The training ends after achieving for each of the learning images the value of the error function which does not exceed ε or after the maximum allowable number of iterations.

Below is a review of the work of the developed neuro-fuzzy system (with a 5x5-pixel window) with the commercial product ABBYY FineReader 11 Corporate Edition (the image of the page text is 702 characters, the Gaussian noise is 0.03 from the black level). For practical implementation, the Matlab Simulink software environment with built-in Fuzzy Logic Toolbox fuzzy logic elements is selected.

Number of errors (in percent) of image recognition

Developed system		ABBYY FineReader 11	
Work time	% errors	Work time	% errors
40 s	16 %	< 2 s	2

Not enough high quality recognition of the developed system compared with the commercial product due to the small size of the selected window. Note that increasing the number of internal layers of the neural network can increase the flexibility of the neural network system OCR and slightly improve the number of correctly recognized symbols, but for a much longer time.

Conclusions

The most flexible method, which allows you to solve a number of problems when recognizing texts from one position is the use of neural networks. The algorithm of preliminary processing using fuzzy logic and the process of binarization of the image is considered in detail. A fuzzy processing algorithm is constructed to draw the boundaries of characters in the image.

Also solved the task of constructing grammar for the implementation of structural text images recognition. It is shown that the algorithm for solving the problem of syntactic analysis in the chosen grammar is a generalization of the corresponding algorithm for two-dimensional context-free grammars and consists in a sequential calculation for each fragment of a fine for assigning to it each name [4, 5].

The time and spatial complexity in the case of two-dimensional context-free grammars is very high ($O(H^2W^2(H + W))$ and $O(H^2W^2)$). This complexity limits the application of algorithms in practice.

The time and spatial complexity of these algorithms is determined first of all by the number of fragments that are reviewed in the course of their work. Therefore, the reduction of this number is the main way to reduce the complexity of the recognition algorithms.

The methods and algorithms that are considered allow us to approximate the methods of OCR systems to those that are used by people, because despite the great achievements in this area, there are no systems that could equalize the recognition of the text with the person.

References:

1. S. Kumar, S. Chandrakar, A. Panigrahi, and S. K. Singh, «Muzzle point pattern recognition system using image pre-processing techniques», 2017 Fourth International Conference on Image Information Processing (ICIIP), Shimla, India, 2017, p. 1 – 6.

2. J. R. Balbin, M. P. Sejera, C. O. A. Martinez, N. A. M. Cataquis, L. M. H. Ontog, and J. K. Toribio, «Cloud based color coding scheme violator plate detection through character recognition using image processing», 2017 7th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), Penang, 2017, p. 253 – 257.

3. S. Antoshchuk, «The automatized systems with the visual information processing design», Proceedings of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Lviv-Slavsko, Ukraine, 2004, p. 268.

4. Y. Cao, T. Zhang, S. Zhang, and B. Luo, «Forward scattering bistatic radar imaging method and practice data processing», in Journal of Systems Engineering and Electronics, vol. 22, no. 2, p. 206 – 211, 2011.

5. S. Słomiński, «Potential resource of mistakes existing while using the modern methods of measurement and calculation in the glare evaluation», 2016 IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), Karpacz, p. 1 – 5, 2016.

3.3. Параметричний та структурний оптимальний синтез багатоскальованих вимірювальних систем

Вступ і постановка задачі. Існує класифікація відомих методів вимірювання радіоелектронних вимірювачів (вимірювальних каналів систем) [2–5]: дискримінаційні (функціональні), панорамні (пошукові), багатоканальні, багатоскальовані, багаторішні та комбіновані. При цьому, кожний вимірювач або канал системи реалізує свій метод вимірювання, відповідає своєму принципу дії і будується на множині параметрів, сигналів і структур.

Багатоканальний метод, а тим більше дискримінаційний, є частковим випадком багаторішного або комбінованого методу вимірювання. Тоді процедура порівняння структур вимірювачів спрощується тому, що число типів структур зменшується до трьох або чотирьох. При цьому різноманіття структур вимірювачів може бути будь-яким. Але завжди воно визначається відношенням апріорної невизначеності до апостеріорної, числовими значеннями показників якості, у тому числі показників ресурсів, і т.ін. Зокрема, оптимальним може виявитися n -рішній вимірювач, у якого структура кожного етапу може бути побудована будь-яким способом. Для дискримінаційних вимірювачів відома крива обміну [1–5], яка зв'язує між собою усі потрібні показники їх якостей: дисперсію похибки, апріорний діапазон та відношення потужностей сигналу до шуму. Із аналізу отриманих кривих обміну можливо стверджувати, що найменша дисперсія похибки може бути при малому апріорному діапазоні вимірювань і при малій смузі пропускання, тобто при фазових методах вимірювання, при гармонійних сигналах, що перекривають діапазон. А найбільша точність вимірювань – досягається на більшій частоті за рахунок крутизни фазових детекторів. Отже, фазові багатоскальовані вимірювачі мають суттєву перевагу в економії енергії сигналу.

Таким чином, існує проблема, яка викликана тим, що при великому апріорному діапазоні та при однозначних фазових вимірюваннях неможливо досягнути високої точності. Це пов'язано з потребою мати достатньо велику частоту шкал сигналу, яка забезпечує відповідно найбільшу крутизну шкал фазового детектору і точність. Але при застосуванні великої частоти самої точної потребується додаткове розкриття неоднозначності вимірювань. Отже, актуальна наукова проблема полягає у тому, що необхідно знайти оптимальний метод вимірювання, структуру вимірювача, сигнал і параметри за умовним критерієм максимуму ефективності при обмеженій вартості.

Основна частина

Параметричний та структурний оптимальний синтез багатоскальних вимірювальних систем тісно пов'язаний з проблемою підвищення точності вимірювань, яка при великих апріорних діапазонах і частоті шкал фазового детектора вирішується, не зовсім дослідженим, багатоскальним вимірювачем.

Багатоскальні – це такі вимірювачі, які для формування дискримінаційних характеристик шкал використовують періодичні сигнали (рис. 1).

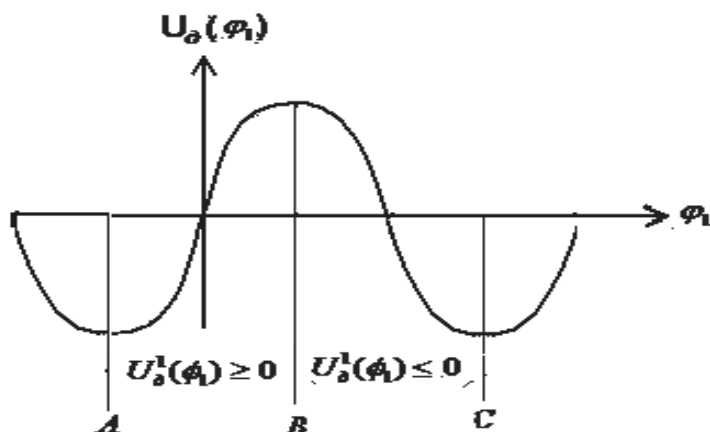


Рис. 1 – Вихідна характеристика фазового детектора

Перевагами багатоскального вимірювача є: висока точність вимірювання, суттєва економія часу вимірювання параметру сигналу та отримання одночасно широкого діапазону вимірювань і високої точності.

Недоліки – нелінійність шкал, складність вимірювань та потреба у опорній гармонічній напрузі.

Багатоскальні вимірювачі можуть бути з послідовними шкалами у часі та паралельними і одночасними. Структура таких вимірювачів схожа на структуру багатоетапних вимірювачів.

Послідовні, як і багатоетапні, вимірювачі можуть мати апаратурну реалізацію як усіх шкал, так і однієї шкали із змінним періодом у часі.

Суттєва перевага багатоскальних вимірювачів перед багатоетапними вимірювачами полягає у тому, що немає необхідності у очікуванні настройки кожної послідовної шкали на значення оцінки попередньої. Тому шкали спочатку підстроєні та перекривають весь діапазон. Тобто час всього вимірювання можна зменшити до часу одного етапу (шкали).

Багатошкальні вимірювачі часто використовують при фазових вимірюваннях затримки, $\Delta\varphi = \omega_i\tau$ або відстані, а також при вимірюванні кутових координат при базовому методі пеленгації та ін.

При точних базових вимірюваннях пеленгу фазовим методом, або кутів приходу сигналу (Θ_x, Θ_y) , співвідношення для оцінки кута Θ_x має вигляд:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda_i} x = \frac{2\pi}{\lambda_i} B \sin \Theta_x, \quad (1)$$

де λ_i – довжина хвилі і-й шкали; x – різниця ходу хвилі у крайніх точках бази B .

Якщо вимірювальна система стежить за затримкою, яка змінюється, то як і в багатоетапному вимірювачі, з фазового детектора отримується напруга для підстройки синхронізатора, а режим стеження прискорюється з частотою.

Якщо вимірювальна система вимірює багатошкальним фазовим методом відстань до рухомого об'єкту на ньому або на землі, то із-за багатозначності фазового детектора від різниці фаз стаціонарного сигналу і на рухомому об'єкті алгоритм ускладнюється і діє, наприклад, наступним чином:

1) вибирається діапазон однозначності вимірювань відстані, тобто найбільш груба шкала при сигналі з відповідною низькою частотою w_0 , щоб:

$$w_0 \frac{R}{c} \leq 2\pi,$$

де R – дальність від системи до об'єкту; c – швидкість розповсюдження світла.

Наприклад, при максимальній дальності $R=600$ км, $w_0 = \pi 10^3$ Гц.

На першій шкалі визначається грубе значення дальності за формулою:

$$\varphi_1 = w_1 \frac{r_1}{c} = \arcsin \frac{U_d}{U_m}, \quad (2)$$

де U_d – напруга фазового детектора, що відповідає фазі φ_1 ; U_m – максимальна напруга фазового детектору;

2) використовується груба шкала, за допомогою якої вирішується питання неоднозначності вимірювань. Щоб скористатись головною перевагою фазових вимірювань – вузькою смугою пропускання та, відповідно, малою завадою при

тим же рівні сигналу і з потрібною великою точністю σ_n^{-2} , необхідно значно підвищити частоту самої точної шкали w_n , згідно формули (2);

3) для уточнення оцінки першої, грубої шкали підвищуються частоти всіх шкал у геометричній прогресії. Для другої шкали це: $w_2 = w_1^2$, $w_3 = w_1^3$ і т.д.;

4) для другої шкали, оскільки невідома відстань до об'єкту, затримка сигналу може попасти або в інтервал АВ, коли $U_d^1(\phi_1) \geq 0$ або в – ВС, коли навпаки (рис. 1). Тоді для другого випадку можливо записати, як:

$$\phi_{2(2)} = 2\pi - \phi_2.$$

Щоб визначити цей інтервал треба, по-перше, для спрощення системи здвигнути шкалу сигналу на $\frac{\pi}{2}$ та на фазовий детектор з синхронізатора подати сигнал нездвигнутий на $\frac{\pi}{2}$, а, по-друге, визначити знак першої похідної;

5) на другій, більш точній шкалі період w_1 менший в теж число разів. Тому визначається ціле число k цих періодів із значення затримки сигналу першої, грубої шкали, а залишок $\Delta\phi_2$ можливо визначити, більш точно, фазовим детектором за формулою, що аналогічна (2):

$$\phi_2 = k_2 2\pi + \Delta\phi_2.$$

Таким чином, з урахуванням всіх шкал, можливо отримати формулу для визначення дальності до об'єкту:

$$R = \sum_{i=1}^n k_i r_i + \Delta r_n,$$

де Δr_n – похибка вимірювання дальності;

б) якщо перша частота дорівнює 10 Гц, то це означає – значення відстані у десятичній системі обчислення із заданою точністю.

Для вимірювання фази (затримки сигналу) часто використовують цифровий часово-імпульсний метод.

Таким чином, багатошкальні вимірювачі дозволяють отримувати задану точність при заданому енергетичному потенціалі у широкому діапазоні параметра практично за час роботи однієї шкали.

Однак, їх суттєвим недоліком, окрім складності, є нелінійність шкал, яка має великий вплив на другу (точну) шкалу. Цей недолік можливо зменшити, паралельним на кожній шкалі, фазовим детектором із здвигнутою затримкою сигналу на чверть періоду і з відповідною логікою.

Як і для багатоступінчатих вимірювачів можливі два варіанти побудови багатошкальних вимірювачів: з однією змінною шкалою, або зо всіма шкалами. У першому випадку сигнал, наприклад, подібний до мелодії, а по другому – подібний до акорду.

Ефективність багатошкального методу вимірювання

Якщо схема вводу в синхронізм така ж, як у фазовій автоматичній підстройці частоти (ФАПЧ), то точність багатошкальної системи, що стежить буде такою ж, як у багатоступінчатій системи, тобто:

$$\sigma_n^{-2} = \sum_{i=1}^n \sigma_i^{-2}, \quad (3)$$

де σ_i – середньоквадратична похибка i -ї шкали;

для гармонічного сигналу, коли:

$$U_i(t) = U_{ш} \sin \omega_i \tau,$$

де ω_i – колова частота i -ї шкали, τ – затримка сигналу.

Дисперсія похибки кожної шкали з частотою ω_i :

$$\sigma_\tau^2 = \frac{\sigma_{ш}^2}{(U_i^1)_{\tau=0}^2} = \frac{\sigma_{ш}^2}{(\omega_i U_{ш})^2} = \frac{1}{\omega_i^2 q_i}, \quad (4)$$

де q – потужність сигналу до шуму.

Тоді задачу оптимального синтезу багатошкальних вимірювальних систем можливо записати у наступному вигляді:

$$\max \sigma_p^{-2} = \max \left[\sigma_a^{-2} + \sum_{i=0}^{\infty} \omega_i^2 q_i \right],$$

де σ_a^{-2} – апріорна дисперсія загальної похибки,

при:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_1^2 \leq \frac{b_1}{\sigma_a^2}, \\ \omega_2^2 \leq b_2 \left[\frac{1}{\sigma_a^2} + q_1 \omega_1^2 \right], \\ \dots \\ \omega_n^2 \leq b_n \left[\frac{1}{\sigma_a^2} + \sum_{i=1}^{n-1} q_i \omega_{i-1}^2 \right], \\ \sum_{k=0}^n q_k \leq q, \end{array} \right. \quad (5)$$

де b_i – коефіцієнт однозначності кожної шкали.

Тоді:

$$\sigma_p^{-2} = \sigma_a^{-2} \prod_{k=1}^n \left(1 + \frac{b_k}{a_k} q_k \right), \quad (6)$$

де a_k – коефіцієнти запасу за частотою, який визначається з умов досягнення рівності своїх значень на межі обмежень:

$$a_k \omega_k^2 = b_k \left[\frac{1}{\sigma_a^2} + \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\omega_{i-1}^2}{a_{i-1}^2} q_{i-1} \right]. \quad (7)$$

Задачу (5) можливо записати у вигляді:

$$\max_{\{E_k\}} A = \max_{\{q_k\}} \frac{\sigma_p^{-2}}{\sigma_a^{-2}} = \max_{\{E_k\}} \prod_{k=1}^n (1 + \xi_k q_{k-1}), \quad (8)$$

при:

$$\sum_{k=1}^n q_k \leq q,$$

де A – показник ефективності вимірювача, $\xi_k = \frac{b_k}{a_k}$.

Рішення для (8) нескладно отримати, наприклад, за методом виродженого динамічного програмування [2], тоді:

$$\max_{\{\eta_i\}} \frac{\sigma_p^{-2}}{\sigma_a^{-2}} = \max_{\{\eta_i\}} \left(\frac{q + \sum_{i=1}^n \frac{1}{\xi_i}}{n} \right)^n \prod_{i=1}^n \xi_i, \quad (9)$$

при:

$$q_{k \text{ opt}} = \frac{q}{n} + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{\xi_i} - \frac{1}{\xi_k}. \quad (10)$$

У випадку $\xi_k = \xi$ рішення спрощується, коли: $\frac{b_i}{a_i} = \frac{b_{i-1}}{a_{i-1}}$ для $\forall i \in [1, n]$,

оптимальне ціле число шкал n можливо визначити з рівняння:

$$n = \frac{\ln A}{\ln \eta q - \ln n}, \quad (11)$$

або із ітераційної формули:

$$n_i = \frac{\ln \eta q - \ln n_{i-1} + 1}{\frac{(\ln \eta q - \ln n_{i-1})^2}{\ln A} + \frac{1}{n_{i-1}}}. \quad (12)$$

Узагальнена крива обміну багатошкального методу формально співпадає з кривою обміну багатоетапного методу тому, що і в цьому випадку результат вимірювання – похибка грубої шкали є апріорним інтервалом для послідовної наступної шкали.

Оптимальний синтез багатошкальних вимірювальних систем.

Якщо, наприклад, необхідно врахувати показник вартості вимірювача, який є загальним обмеженням на параметри системи, то з'являється можливість оптимального синтезу системи за всіма показниками якості і параметрів.

За умови, що система сумісна, тобто, $C_i(q)$ та q загальні для всіх шкал, при рівних вартостях вимірювачів в кожній шкалі $C_{1k} = C_1$ та коефіцієнтів $b_k = b$, то задачу оптимізації багатошкального фазового вимірювача затримки можливо представити у наступному вигляді:

$$\min_{\{q,n\}} C = \min[C_i(q) + nC_1], \quad (13)$$

при обмеженні: $(1 + bq)^n \geq A, \quad (14)$

де ефективність: $A = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_{n\text{оп}}^2},$

$\sigma_{n\text{оп}}^2$ – допустиме значення дисперсії похибки вимірювання затримки,
 C – сумарна вартість вимірювача в цілому, що має той же сенс, що і $C_i(q)$.

Рішення задачі (13), (14) можливо отримати з рівняння:

$$\frac{dC_i(q)}{dq} = C_1 \frac{\ln A}{(1 + \xi q) \ln^2(1 + \xi q)}, \quad (15)$$

або з рівняння:

$$X = \exp\left[K_1 (XC'_{i(X)})^{-\frac{1}{2}} \right], \quad (16)$$

де: $X = 1 + \xi q, \quad C_i(q) = C_i\left(\frac{X-1}{\xi}\right), \quad K_1 = \sqrt{\frac{C_1 \ln A}{\xi}}.$

Рішення $q_{\text{опт}}$ рівняння (15) можливо чисельно визначити з ітераційної формули, що отримана за методом Ньютона-Рафсона:

$$X_i = \frac{\exp\left\{ \left[K_1 (X_{i-1} C'_{i(X_{i-1})})^{-\frac{1}{2}} \right] [1 + X_{i-1} K_2(X_{i-1})] \right\}}{1 + K_2(X_{i-1}) \exp\left[K_1 (X_{i-1} C'_{i(X_{i-1})})^{-\frac{1}{2}} \right]}, \quad (17)$$

де $K_2(X_{i-1}) = \frac{K_1}{2} (X_{i-1} C'_{X_{i-1}})^{-\frac{3}{2}} (C'_{X_{i-1}} + X_{i-1} C''_{X_{i-1}}).$

У загальному випадку, коли вимірювач є не сумісна система, а система з роздільним прийомом сигналів різних шкал, наприклад, багатобазова система, то задачу оптимізації можливо формалізувати у вигляді:

$$\min_{\substack{\{q_k\} \\ \{n\}}} C = \min \left\{ \sum_{k=1}^n [C_i(q_k) + C_{1k}] \right\}, \quad (18)$$

при обмеженні:

$$\prod_{k=1}^n (1 + \xi q_k) = A. \quad (19)$$

Аналогічним чином можливо показати, що оптимум досягається при: $\xi_k = \xi$; $q_{k \text{ opt}} = q_{k-1} = q$. Тому задача (18), (19) зводиться до наступної:

$$\min_{\substack{\{q_k\} \\ \{n\}}} C = \min n [C_i(q_k) + C_{1k}], \quad (20)$$

при: $(1 + \xi q_k)^n = A. \quad (21)$

Рішення можливо отримати з функціонального рівняння:

$$\frac{1}{X \ln X} = \frac{C'_2(X)}{C_2(X) + C_1}. \quad (22)$$

Задачі загальної оптимізації параметрів багатошкальних вимірювальних систем, сигналів та їх структур будуть надані далі.

Оптимальний вибір структури вимірювача за тактико-технічними вимогами

Структура самих каналів обробки сигналу системи не є однозначною навіть для підсистеми, знайденої в результаті синтезу оптимального алгоритму обробки сигналу (процесу) за критерієм максимуму функціонала щільності апостеріорної ймовірності або по інших пов'язаних критеріях [2–5]. Це необхідно відзначити, не маючи на увазі різноманіття постановок задач з різними вихідними даними, що обумовлюються статистичними завадами і завадами сумарних оцінюваних процесів, особливостями інформативних параметрів, формами сигналу й умовами їхнього прийому і тощо. Зрозуміло, що на даному шляху, спільності підходу для усіх випадків не можливо досягти. Однак, можна звернути увагу на одну особливість при обробці сигналів.

З метою отримання високої точності вимірювань параметра, обробку сигналу можна умовно розбити на два різних види: первинну і вторинну.

Необхідність в такому роздільному розгляді цих двох виглядів оцінювання полягає у наявності на вході вимірювача аналогового параметра сигналу та, за необхідністю, у зв'язку з автоматизацією і комп'ютеризацією цифрового уявлення результатів вимірювань на виході.

Спроби перетворення аналогової суміші сигналу із шумом у цифрову форму, прямо на вході системи, приречені на невдачу.

По-перше, перетворення аналог-цифра змушені робити в широкій смузі частот, яка перевищує ширину спектра параметра сигналу. Хоча подальше цифрове згладжування (осереднення), або цифрова фільтрація, ефективне, але велика смуга пропускання – знижує відношення сигнал/шум і завадостійкість, стосовно будь-яких виглядів завад, що не дасть змогу отримати необхідне значення при застосуванні аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) і подальшої цифрової фільтрації.

По-друге, для малих рівнів прийнятого радіосигналу як зараз, так і у далекому майбутньому, неможливо побудувати АЦП без достатнього попереднього його підсилення приблизно на 60 дБ і більше. Таке підсилення в широкій смузі неефективне тому, що підсилення активних елементів невелике і їх необхідно мати багато. Отже, система виявляється складною, тому і дорожчою ніж ті, що традиційно використовуються.

По-третє, при малих відносинах сигнал-шум прийдеться відмовитися від автоматичного регулювання підсилення (АРП) та інших підсистем, без яких вимірювання звичайно стають неможливими.

Інша крайність – аналогова первинна та одночасно – вторинна обробка також не мають реалізації при великих вимогах до точності вимірювань, оскільки неможливо реалізувати вузькі смуги фільтрів, що стежать, величина яких значно менше 1 Гц. Отже, оптимальний розподіл зусиль системи – у компромісному рішенні, а саме в аналоговій попередній фільтрації (первинній обробці) і цифровій, подальшої (наступній), вторинній обробці. При цьому, первинний вимірювач зменшує невизначеність за вимірюваним параметром (середньоквадратичну похибку) на 5 порядків, а вторинний – на один порядок. Тобто, вторинний вимірювач забезпечує необхідну точність результату.

Таким чином, в оптимальний вибір структури вимірювача можуть бути закладені наступні можливості:

- обмеженість типів структур первинного вимірювача (і всі переваги, що звідси випливають);

- участь в обробці всієї попередньої частини радіотехнічної системи, що дозволяє використовувати параметричний синтез систем;

- вигляд сигналу мало впливає на структуру попередньої частини системи, що дозволяє використовувати складні сигнали з порівняно великою тривалістю і широким спектром – це при обмеженій піковій потужності, що дозволяє отримати найбільшу енергію сигналу на виході приймача.

Приведені класифікація типів і структур вимірювача справедливі для будь-якого параметра, що вимірюється.

Існують й інші можливості, які дозволяють з єдиних позицій і за однією сукупністю показників якості зробити параметричний та структурний оптимальний синтез багатошкільних вимірювальних систем.

Укрупнена структура радіотехнічних систем різного призначення у даний час в основному має закінчений вигляд, а структура підсистеми вторинної обробки вимірювальної інформації досить динамічна та може бути змінною в залежності від застосування. Питання про структуру первинного вимірювача, або, взагалі, про структуру вимірювача параметричного процесу, ставилось в основному лише стосовно до дискримінаційного методу оцінювання, що стежить. Однак, наші погляди на радіотехнічні вимірювачі можуть бути істотно розширені. Для порівняння ефективності вимірювальних систем з пошуковим, багатоканальним і багатоетапним методами оцінювання параметра використовується векторне порівняння їх показників якості. Воно здійснюється за одним показником якості системи, тобто за одним компонентом вектора критеріїв якості за тактико-технічними вимогами (ТТВ) при інших рівних. Порівняння показників якості, особливо пошукового і багатоканального методів оцінювання, очевидно, неможливо без критеріїв вартості.

Таким чином, кожному методу оцінювання параметра сигналу відповідає структура каналу (радіотехнічного вимірювача) багатошкільної вимірювальної системи та його ефективність. Тому, під найкращою ефективністю, варто розуміти один найкращий показник якості при заданих інших, що відповідає найкращій, у цьому розумінні, структурі каналу системи.

Ухвалення оптимального рішення про структуру первинного вимірювача параметра сигналу є оптимізацією за умовним критерієм якості. Однак, через дискретність структури вимірювача її можна здійснювати лише порівнянням структур за умовним критерієм якості, або порівнянням ефективності систем, причому з оптимальними параметрами і сигналами.

Можливо здійснити порівняння і неоптимальних систем. Однак, результати можуть мати частковий характер. При цьому, не буде впевненості у глобальній оптимальності структури, тобто у тому, що система найкраща.

Результати порівняння залежать як від складу вектора припустимих показників якості, так і від їхніх чисельних значень. Ранжирування показників якості, їхній добір та прийняття вимог до них вносять елементи евристики, але вони є неминучою підставою для постановки будь-яких задач оптимізації.

Задача найкращого вибору (синтезу) оптимальної структури вимірювального каналу системи за умовним критерієм якості являє собою ту ж часткову задачу оптимізації, хоча і за умовним критерієм якості радіотехнічної системи, для якої вже повинні бути визначені оптимальні технічні параметри й оптимальний вимірювальний сигнал.

Якщо оптимальності за сигналом і параметрами немає, то про глобальну оптимальність структури системи говорити не доводиться. Склад показників якості, їхній добір здійснюється проектувальником відповідно до призначення системи і ТТВ до неї. Тоді можливо стверджувати, що різний склад основних показників якості робить системи непорівнянними. Тому можливо вважати, що склад показників якості для усіх вимірювачів однаковий.

Звичайно до складу показників якості входять дисперсія вимірювань σ_{λ}^2 , апріорна дисперсія $D_{a\lambda}$ параметра, довіра до оцінки, відношення сигнал-шум q на виході системи або вартість (асигнування) на систему C та час t спостереження параметра.

Відношення сигнал/шум q береться для самого гіршого випадку: для максимальної дальності до об'єкту при заданих утратах, а час спостереження при пошуковому методі оцінювання параметра також береться максимальним.

Як показник порівняння зручно взяти час оцінювання вимірюваного параметра руху об'єкта як функцію від інших показників якості і технічних параметрів або будь-який інший показник якості. Таке векторне порівняння ефективності систем за одним із показників якості можливе лише при рівних інших показниках якості. Тому, час оцінювання параметра сигналу для пошукового, багатоканального, багатоетапного або багатошкального методів із одночасними шкалами $t_{3(1)}$, або багатоетапного з послідовними шкалами $t_{3(2)}$ можна записати, відповідно, у наступному вигляді:

$$t_1 = n_k \frac{q_1 N_{01}}{G_1 \prod_i X_{i1}} ; \quad (23)$$

$$t_2 = \frac{q_2 N_{02}}{G_2 \prod_i X_{i2}}; \quad (24)$$

$$t_{3(1)} = \frac{q_3 N_{03(1)}}{G_{3(1)} \prod_i X_{i3}}; \quad (25)$$

$$t_{3(2)} = n_3 \frac{q_3 N_{03(2)}}{G_{3(2)} \prod_i X_{i3}}, \quad (26)$$

де q_L – необхідне відношення сигнал/шум на виході системи L -ї вимірювальної структури; G_L – коефіцієнт спрямованої дії (КСД) антени; N_{0l} – спектральна щільність вихідних шумів; X_{il} – технічні параметри, що впливають на рівень сигналу в системі з L -ю структурою, $\beta=3$ – квантіть; n_k, n_E, n_p – число каналів,

етапів і елементів розрізнення: $n_k = \frac{D_{a\lambda}^{1/2}}{2\Delta\lambda_d}, \quad n_E = \frac{\lg n_p^2}{\lg \frac{q}{\beta^2}}, \quad n_p = \frac{D_{a\lambda}^{1/2}}{\sigma_\lambda}.$

Під величиною $\Delta\lambda_d$, варто розуміти апертуру дискримінатора, тобто, ділянку дискримінаторної характеристики, де можливе однозначне вимірювання. Її подвоєне значення відповідає смузі дискримінатора.

Оскільки при пошуковому (панорамному) методі вимірювання час оцінювання не залежить від смуги (апертури) дискримінатора, то, доцільно обирати її як можна вузкою, бажано щоб вона дорівнювала необхідній середньоквадратичній погрішності вимірювання σ_λ . Такої фізичної можливості може і не бути, оскільки можуть бути і нереалізовані потрібні: ширина діаграми спрямованості (ДС), ширина смуги пропускання, ширина функції автокореляції тощо. Тому береться реальне значення апертури дискримінатора. На практиці важко (недоцільно) досягати ширини ДС у радіотехнічному діапазоні менше 1° , ширини смуги пропускання менше 100 Гц, ширини функції автокореляції сигналу менше 0,1 мкс.

У самому загальному випадку, задачі вибору оптимальної структури багатоканальних вимірювальних систем, порівняння ефективності систем, повинно полягати у параметричному синтезу, що визначає мінімум t_ℓ на множині параметрів і синтезі сигналів. Тобто, якщо визначені оптимальні технічні параметри і сигнал при заданій вартості (асигнуваннях), то залишається тільки порівняти час оцінювання вимірюваного параметра за формулами (23)–(26) при рівних інших показниках якості.

Якщо такої можливості немає, то структуру вимірювача (каналу системи) можна визначити, але вже приблизно, за тими ж формулами з наступних міркувань. Необхідно взяти функціональний елемент (ФЕ), що реалізований найбільшою ціною (вартістю), і варіювати цією ціною і числом каналів і етапів для визначення мінімального часу оцінювання за зазначеними формулами при заданих показниках якості й інших параметрів.

Може виявитися, що при тій же сумарній вартості багатоканальної вимірювальної системи, коли сумарна вартість вимірювача і дорогого ФЕ постійна, при варіюванні параметру ФЕ – час оцінювання може стати менше. Іншими словами, якщо різницю у вартості багатоканального і пошукового вимірювача системи направити на поліпшення пошукового вимірювача шляхом збільшення, наприклад, КСД, то пошуковий вимірювач може виявитися швидше при заданій точності. Якщо рівень сигналу вдвічі більший, то при пошуковому методі на кожному елементі розрізнення можна зупинитися вдвічі менший час, щоб досягти того ж (необхідного) відношення сигнал/шум.

Таким чином, доцільніше варіювати в першу чергу технічними параметрами, що вимагають великих ресурсів, наприклад, потужністю P_L та КСД антени системи.

Якщо обмеження на енергетичну скритність велике ($P_L \leq P_{L\text{доп}}$), то варіюватися можуть лише КСД антени системи. Вартість антени, таким чином, залежить від її КСД [2] наступним чином:

$$C_1(G_1) = K_1 + K_2 G^2 \quad (27)$$

У вираз для часу оцінювання t_ℓ повинні входити також рівняння, що враховують вартість C_ℓ на систему з відповідною структурою каналу системи:

$$C_1 = C_1(G_1) + \sum_i C_{xi}(\overline{X}_i) + C_k + C_{он} + C_{упр1} ; \quad (28)$$

$$C_2 = C_1(G_2) + \sum_i C_{xi}(\overline{X}_i) + n_k C_k + C_{o2} ; \quad (29)$$

$$C_{3(1)} = C_1(G_{3(1)}) + \sum_i C_{xi}(\overline{X}_i) + n_E C_E + C_{o3(1)} ; \quad (30)$$

$$C_{3(2)} = C_1(G_{3(2)}) + \sum_i C_{xi}(\overline{X}_i) + C_3 + C_{o3(1)} + C_{упр3(2)} , \quad (31)$$

де $C_l(G_l)$ – вартість L -ї антени; $C_{xi}(X_i)$ – вартість частини апаратури, що реалізує параметр X_i ; C_k, C_E – вартість каналу й етапу; C_0 – вартість іншої частини системи; $C_{упр}$ – вартість апаратури управління перебудовою.

Підставляючи (27) у формули (28) – (31), можливо визначити параметр G_l , підставимо у вираз для визначення t_1 (23) – (26) і порівняємо їх. Порівняння краще робити при обчисленні попарного їх відношення, оскільки невідомі, але однакові, параметри і показники скоротяться.

Виконуючи зазначені підставлення у вираз для відносин часів оцінювання всіх пар методів, можливо визначити показники E_{ij} для порівняння їх ефективності. Наприклад, при порівнянні ефективності пошукового і багатоетапного методів можливо отримати наступну формулу:

$$E_{13(1)} = \frac{t_1}{t_{3(2)}} = \frac{n_k}{n_E} \left(\frac{C - C_0 - \sum C_i - n_E C_E}{C - C_0 - \sum C_i - C_k - C_{упр}} \right)^{1/2}. \quad (32)$$

Поділивши чисельник і знаменник порівняльної ефективності (32) на загальне для них значення різниці $C - C_0 - \sum C_i$, можливо отримати:

$$E_{13(1)} = \frac{n_k}{n_E} \left(\frac{1 - \beta_E n_E}{1 - \beta_k} \right)^{1/2},$$

де $\beta_k = \frac{C_k}{C_k + C_A}$ – відношення вартості каналу системи до сумарної вартості каналу й антени;

$\beta_E = \frac{C_E}{C_E + C_A}$ – відношення вартості етапу, у даному випадку шкали, до сумарної вартості шкали й антени;

$$n_k = \frac{D_{a\lambda}^{1/2}}{\Delta\lambda_d}, \quad n_p = \frac{D_{a\lambda}^{1/2}}{\sigma_\lambda} \quad \text{і} \quad n_E = \frac{\lg n_p^2}{\lg \frac{q}{\beta^2}};$$

q – відношення сигналу до шуму;

β – квантіль довіри до оцінки.

При цьому, квантіль, як прийнято в метрології, дорівнює 3, що відповідає довірчій ймовірності 0,997 при нормальному законі розподілу оцінки.

Якщо відомий апріорний діапазон $\Delta\lambda_a$ вимірюваного параметра λ , то апріорну дисперсію $D_{a\lambda}^{1/2}$ можливо знайти зі співвідношення:

$$\Delta\lambda_a = \beta_a D_{a\lambda}^{1/2}.$$

В радіотехнічних системах часто використовують другий етап після пошуку з метою точного вимірювання: автопідстройкою за параметром, або дискримінатор, що стежить. У цьому випадку, до часу пошуку, з метою виявлення параметра, варто додати час установлення його оцінки вимірювачем, що стежить. Для можливості порівняння методів і структур відношення сигнал/шум q у каналі із замкнутим зворотним зв'язком повинне бути таким же, як і в інших вимірювачах. Отже, значенням $C_{упр}$ можна зневажати.

Якщо в результаті розрахунку відносний показник ефективності $E_{13(2)}$ буде менше одиниці, це значить, що пошуковий метод кращий за зазначеним векторним критерієм якості. Якщо більше, то гірше. Якщо під знаком кореня квадратного виявиться негативне число, це значить, що багатошкальний метод для великого числа шкал нереалізуємий. Аналогічні міркування для всіх показників відносної ефективності, що приведені нижче:

$$E_{12} = \frac{t_1}{t_2} \approx n_k \left(\frac{1 - \beta_k n_k}{1 - \beta_k} \right)^{1/2}; \quad (33)$$

$$E_{13(1)} = \frac{t_1}{t_{3_2}} \approx \frac{n_k}{n_E} \left(\frac{1 - \beta_E n_E}{1 - \beta_k} \right)^{1/2}; \quad (34)$$

$$E_{13(2)} = \frac{t_1}{t_{3(1)}} \approx n_k \left(\frac{1 - \beta'_E}{1 - \beta_k} \right)^{1/2}; \quad (35)$$

$$E_{23(1)} = \frac{t_2}{t_{3_1}} \approx \frac{1}{n_E} \left(\frac{1 - \beta_E n_E}{1 - \beta_k n_k} \right)^{1/2}; \quad (36)$$

$$E_{23(2)} = \frac{t_1}{t_{3(2)}} \approx \frac{1}{n_E} \left(\frac{1 - \beta_E}{1 - \beta_k n_k} \right)^{1/2}. \quad (37)$$

Таким чином, обчислюється показник порівняння і визначається краща за векторним критерієм структура вимірювача з двох варіантів. Далі береться показник порівняння вже визначеної кращої структури з двох варіантів і будь-якої іншої структури. І так далі. Ймовірність глобальної оптимальності

отриманої структури тим вища, чим менше коефіцієнти β_k, \dots, β_E . Більш строгі рішення задачі вибору оптимальної структури можливо отримати лише з урахуванням внеску усіх ФЕ у показники якості. У цьому випадку порівняння здійснюється за часом.

Функції обміну для оптимального синтезу багатошкільних вимірювальних систем і її функціональних елементів

Функції обміну доречні тим, що завжди можливо знайти їх рішення відносно тих показників, які вважаються найбільш потрібні. Це дозволяє за таким показником, у загальному вигляді та при однобічних каналах системи, порівнювати методи вимірювання.

Наприклад, для панорамного методу вимірювання максимальний час пошуку (вимірювання) у приймальному каналі системи, дорівнює:

$$t_n = \frac{\beta_a D_{a\lambda}^{1/2}}{2\Delta\lambda_\partial} \frac{q_{\text{прип}} (P_{\text{пом}}) N_0}{P_n}, \quad t_n = n_1 \tau_1,$$

де $n_1 = \frac{\beta_a D_a^{1/2}}{\Delta\lambda_d} = A$ – число розрізнених елементів; $\tau_1 = 3\tau$ – дорівнює трьом сталим часу системи.

Таким чином, відбір методу вимірювання стане можливим за часом оцінювання параметра сигналу для системи з панорамним, багатоканальним, багатоетапним та багатошкільним методами із одночасними шкалами $t_{3(1)}$, або з послідовними у часі шкалами $t_{3(2)}$, можливо записати, відповідно, у вигляді:

$$t_1 = n_k \frac{q_1 N_{01}}{G_1 \prod_i X_{i1}}; \quad (38)$$

$$t_2 = \frac{q_2 N_{02}}{G_2 \prod_i X_{i2}}; \quad n_2 = A; \quad (39)$$

$$t_{3(1)} = \frac{q_3 N_{03(1)}}{G_{3(1)} \prod_i X_{i3}}; \quad n_{3(1)} = A; \quad (40)$$

$$t_{3(2)} = n_E \frac{q_3 N_{03(2)}}{G_{3(2)} \prod_i X_{i3}}; \quad n_{3(2)} = \frac{\ln A}{\ln \eta q_3}, \quad (41)$$

де q_e – необхідне відношення сигнал/шум на виході системи вимірювальної структури;

G_1 – коефіцієнт спрямованої дії (КСД) антени;

N_{01} – спектральна щільність вихідних шумів;

$X_{il}(Y_{il})$ – «фазові» параметри системи, як функції від технічних параметрів та параметрів корекції сигналів, що впливають на рівень сигналу в системі з L -ю структурою;

$n_1, n_2 = A, n_E, n_p$ – число елементів розрізнення, каналів, етапів або шкал.

Висновки

1. Вся різноманітність радіотехнічних систем у тому, що багатоетапні та багатошкальні вимірювачі (шкали) на кожному етапі можуть мати будь-які методи вимірювань. Наприклад, відомі трьохетапні методи з багатоканальними етапами, або вимірювання панорамними методами на першому етапі і тощо. Можливе розподілення інформаційних та вимірювальних каналів в одній (єдиній) інформаційно-вимірювальній системі.

2. Будь-яке коректне порівняння показників складних систем можливе, якщо порівнюються за одним показником та при однакових інших. З кривих обміну слідує, що порівняння різних систем за часом вимірювання або за іншим показником та при рівних інших неможливе. Переваги та недоліки в цьому сенсі можуть бути оцінені тільки інтуїтивно за вербальним виглядом.

3. За результатами проведеного аналізу вище перелічених методів вимірювання можливо стверджувати наступне. Панорамний метод кращий за простотою реалізації, але поганий за максимальним часом вимірювання та за можливим пропуском об'єкту, багатоканальний – кращий за мінімальним часом вимірювання, але складний за кількістю і великою вартістю каналів та, ще є й багатозначність при великому сигналі, багатоетапний – кращий за те, що вміщує як точні етапи, так і ті, що вирішують багатозначність вимірювань.

4. Введення додаткового показника вартості, реалізує увесь вимірювальний канал системи та дозволяє отримати криві обміну методів вимірювання, що становляться ідентичними за показниками і можуть мати, наприклад, такий же обмін між показниками. При цьому стає невизначеним, як зміниться час вимірювання, якщо враховувати вартість для багатоканального вимірювача, витратити на панорамний або інший вимірювач.

5. Представлено унікальний випадок, коли *з'явилася можливість порівняти вектори якості та вибрати оптимальний метод вимірювання, який*

відрізняється від відомих не тільки структурою і алгоритмом, але й параметрами сигналів.

6. Вимірювачі, за призначенням, можуть бути доцільними для систем автоматичного управління (САУ), наприклад, *для систем, що стежать за параметром, або для індикації* та передачі результатів вимірювань.

7. Для САУ загальна дисперсія складається з дисперсії похибки вимірювання параметра і з дисперсії похибки встановлення автоматики. Також додається і час регулювання.

8. Якщо необхідне тільки вимірювання то, для побудови вимірювачів, доцільна відповідна *функція обміну*, яка спирається на: вибір сигнальної функції, параметри системи, метод вимірювання зі своїм алгоритмом і структурою.

9. Сучасна радіоелектроніка потребує від САУ наступні показники якості: 1) точність, 2) великий діапазон, 3) малий час вимірювання, 4) достовірність оцінок, 5) вартість та 6) необхідне відношення сигналу до шуму.

10. Врахування показників якості із загальних позицій і кривих обміну відкриває широкі напрямки розвитку вимірювачів і САУ.

11. Сучасні розробки в теорії вимірювання не обходяться без оцінки вартості вимірювача (виробу), яка інтегрує його у відповідну галузь економіки.

Література:

1. Л. С. Гуткин, Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества, Москва, Россия: Советское радио, 1974.

2. Г. В. Алешин, и Ю. А. Богданов, Эффективность сложных радиотехнических систем, Киев, Украина: Наукова думка, 2008.

3. Г. В. Алешин, Оцінка якості інформаційно-вимірювальних систем, Харків, Україна: УкрДАЗТ, 2009.

4. Г. В. Альошин, О. В. Коломійцев, та В. В. Посохов, «Ефективність інформаційно-вимірювальних радіотехнічних систем», Збірник наукових праць ХНУПС, Вип. 2(56), с. 59–65, 2018.

5. Г. В. Алешин, С. В. Панченко, та С. І. Приходько, Оптимізація цифрових систем передачі, Харків, Україна: УкрДУЗТ, 2018.

3.4. Методи та моделі автоматизованого управління запасами ешелонованої складської системи повітряних сил збройних сил України

Вступ і постановка задачі. В сучасному світі логістика стала важливою науковою (методологічною) базою, що охоплює матеріальні, інформаційні та фінансові потоки при їх русі від виробників до споживачів. Логістика доволі молода наука, що виникла на стику менеджменту маркетингу, бухгалтерського обліку, математичного моделювання, економічного аналізу, контролінгу тощо. Починаючи з 60-х років ХХ століття в методології логістики з'являються стандарти (концепції), які представляють собою певну систему поглядів, процесів та предметів; основний конструктивний принцип різних видів діяльності, що дозволили на єдиній методологічній основі визначити властивості і характеристики логістичних процесів [1].

В розвинутих у військовому відношенні країнах світу логістика стає невід'ємною частиною операцій, оскільки від своєчасного, повного та безперервного забезпечення військ залежить їх успіх (ефективність), збереження людського та технічного ресурсу, а також швидкість його відновлення. Повітряні Сили (ПС) Збройних Сил (ЗС) України є найбільш технологічним видом Збройних Сил. Номенклатура забезпечення озброєнням, військовою та спеціальною технікою (ОВСТ) та матеріально-технічними засобами (МтЗ) ПС ЗС України різноманітна та об'ємна, що вимагає впровадження логістичних концепцій та автоматизованих логістичних систем в діяльність органів військового управління. Це забезпечить:

- централізацію управління запасами із залученням наявних сил і засобів ЛЗ з урахуванням їх спроможностей та ефективного використання запасів;
- пріоритетність та достатність планування запасів для безперервного та повного задоволення потреб в ОВСТ та МтЗ;
- спрямування основних зусиль при плануванні запасів на пріоритетних завданнях, які виконуються підрозділами під час їх підготовки та в ході застосування;
- гнучкість процесів планування та накопичення запасів для забезпечення їх функціонування за принципом дії на випередження зі здатністю до адаптації та швидкого реагування зміни обстановки;
- мінімізація втрат виділених ресурсів від впливу певних факторів (зовнішніх та внутрішніх), а у ході ведення бойових дій (операцій) – від впливу противника;

– прозорість процесів планування для забезпечення обміну достовірною інформацією щодо потреб та наявності ОВСТ та МтЗ;

– функціональна сумісність органів управління логістичного забезпечення та підпорядкованих їм сил і засобів [2].

Управління запасами є однією з основних складових логістичного забезпечення, пов'язана зі значною обчислювальною складністю. Підготовка до ведення бойових дій (операцій) пов'язана з прогнозом та необхідністю врахування невизначеності, підвищення оперативності прийняття рішень, що вимагає застосування сучасних інформаційних технологій, розробки моделей та методів автоматизованого управління процесами логістичного забезпечення з урахуванням специфічних завдань та особливостей ведення операцій.

Основна частина

Концепція являє собою систему поглядів, певне усвідомлення явищ, процесів та предметів; основний конструктивний принцип різних видів діяльності.

Логістичні концепції дозволяють на єдиній методологічній основі визначити властивості і характеристики логістичних процесів, закономірності формування і розвитку товарних ринків, встановлення функції господарської діяльності в системі ринкових відносин.

ERP (концепція управління та планування ресурсів) полягає в ефективному плануванні та управлінні всіма ресурсами, які необхідні для виробництва та реалізації продукції. Призначення концепції ERP полягає в інтеграції всіх відділів і функцій в єдину комп'ютерну систему, яка зможе обслужити всі специфічні потреби окремих підрозділів. Вона комбінує всі органи та підрозділи в межах однієї інтегрованої програми, яка працює з єдиною базою даних, так що всі можуть легше обмінюватися інформацією і спілкуватися один з одним [1].

Lean production («худе виробництво») Ця концепція одержала свою назву тому, що вимагає набагато меншої кількості ресурсів у порівнянні із масовим виробництвом - менше запасів, менше часу на виробництво одиниці продукції, менше втрат від браку, і все це завдяки зведенню до мінімуму розміру виробничих партій та виробничого часу. Сутність даної концепції виражається у творчому поєднанні наступних основних компонентів:

- високої якості (матеріалів, праці, обладнання, товарів тощо);
- маленьких розмірів виробничих партій;
- низьких рівнів запасів;

- висококваліфікованого персоналу;
- гнучкого обладнання.

DDT (реагування на попит). Ця концепція, яка була розроблена на основі RP-концепції, використовується з метою покращення реакції на зміну споживчого попиту. Найбільш відомими модифікаціями DDT – концепції є наступні: ROP («точка замовлення»), QR (швидке реагування на попит), CR (безперервне поповнення запасів) та AR (автоматичне поповнення запасів). Незважаючи на широке використання їх у економіці, для планування ресурсів та управління запасами в збройних силах дані концепції не знайшли широке розповсюдження. На сьогоднішній день продовжується вдосконалення існуючих концепцій, а також пошук різноманітних їх комбінацій, здійснюються спроби інтеграції всіх концепцій в єдину.

Командуванням ЗС США та ЗС інших країн членів НАТО було впроваджено і застосовано підходи до планування та управління оборонними ресурсами, які реалізовані у системах ERP з доопрацюванням постачальниками індустріальних програмних платформ програмних рішень, що реалізують особливості управління особовим складом, формування організаційних структур, здійснюють планування операцій. ЗС США використовують програмні рішення ERP- класу (SAP, Oracle Peoplesoft), ЗС Великої Британії (Oracle, IFS), ЗС Канади (SAP Peoplesoft), Бундесвер(SAP) тощо. Різноманітність постачальників пояснюється різними підходами до програмної реалізації окремих функціональних сфер і різною готовністю постачальників програмних рішень задовольнити потреби військових організацій. Зокрема в США нині діє програма створення цілком інтегрованої ERP-системи планування з побудовою єдиного віртуального органу логістики (Joint Logistics Enterprise) на базі технології корпоративного сховища даних (EDW Enterprise Data Warehouse) та інтеграції різноманітних інформаційних систем, успадкованих з початком автоматизації та інформатизації логістичних процесів (в 80-90-х роках ХХ століття) [3].

Аналіз діяльності ПС ЗС України в частині логістичного забезпечення, виявив низку проблем під час управління запасами у багатоешелюваних системах, а саме:

1. Відсутність об'єднаної системи логістики, недосконалість системи управління логістичним забезпеченням.
2. Неоптимальний розподіл відповідальності та повноважень щодо організації планування запасів у багатоешелюваних системах, що знижує ефективність системи управління запасами в цілому.

3. Відсутність інтегрованої автоматизованої системи управління логістичного забезпечення, що не дає змоги використовувати знання та управлінський досвід командування на всіх рівнях управління, можливості сил і засобів логістичного забезпечення, раціонально управляти ресурсами і, як наслідок, обмежує оперативність реагування військ (сил) на загрози та знижує можливості щодо виконання бойових завдань.

4. Низький рівень застосування в органах військового управління сучасних інформаційних технологій, програмних і технічних рішень [4].

Досвід провідних країн-членів НАТО щодо автоматизації планування запасів свідчить про широке використання багатofункціональних систем класу ERP, адаптованих до рівня галузевих рішень.

Логістичні системи планування запасів для ПС є ієрархічними, територіально розрізненими та ешелонованими, гнучкими за місцями розташування, з підвищеними ризиками втручання та втрат.

Планування запасів ПС ЗС України має лише йому притаманні особливості, які стосуються забезпечення бойових дій з'єднань та частин родів військ, що ведуть збройну боротьбу у бойових порядках майже на всій території України. Прикладом складності може бути організація забезпечення підрозділів радіотехнічних бригад (РТБР) ПС ЗС України, які розташовані у бойовому порядку на території 7-8 областей України. Питання забезпечення погіршується тим, що відстань від складів РТБР до окремих підрозділів складає від 100км до 600км [5].

Існуюча структура підрозділів забезпечення, обсяги запасів та їх ешелонування у тактичній ланці в основному відповідають завданням, які покладені на військові частини ПС ЗС України. В той же час, в зв'язку з обмеженою штатною наявністю засобів підвозу та значних відстанях від органів забезпечення, запасів МтЗ вистачає на обмежений термін ведення бойових дій, що потребує розробку моделей багатоешелонованої системи управління запасами

Аналіз функціонування системи логістичного забезпечення

Усі системи руху матеріальних засобів можна класифікувати за чотирма ознаками (рис. 1).

В переважній більшості випадків зустрічаються більш складні для управління потоками матеріальних засобів види ешелонованих систем переміщення майна: розгалужені, комбіновані і двоспрямовані. Однак, на жаль ешелоновані системи підпорядковуються різним організаціям. В такому випадку об'єднані центри забезпечення (ОЦЗ), склади військових частин

можуть бути різного підпорядкування. У такій системі кожна організація має можливість сама обирати стратегію функціонування складського господарства і управління запасами, що знаходяться в її підпорядкуванні.



Рис. 1 – Класифікація систем руху матеріальних засобів

Під час розгляду систем управління запасами більш логічно буде характеризувати складські системи на підставі організаційної приналежності того чи іншого ешелону до окремо взятої структури. Тому під ешелонованими системами в роботі розглядаються структури, які включають в себе більше одного рівня ешелонів запасів.

У реальності можна спостерігати різні різновиди ешелонованих складських систем. Ешелоновану систему доволі важко вивчати та аналізувати, тому, як правило, в літературних джерелах розглядають строщені системи, що складаються з одного пункту зберігання та одного джерела постачання.

У роботі проводиться розгляд системи управління запасами для двоступінчастої ешелонованої системи складів. Оскільки в даному випадку органу управління належать склади першого та другого ешелонів, відповідно система управління запасами цього органу повинна поєднувати управління запасами як складів першого так і другого ешелонів.

За досвідом експерименту з логістичного забезпечення угруповань військ доцільно враховувати систему, що здійснює керівництво з розподілу ресурсів з ОЦЗ угруповання, на яких відкрито особові рахунки підпорядкованих військових частин. На рис. 2 приведено схему організації логістичного забезпечення військових частин (окремих підрозділів) ПС ЗС України [5].



Рис. 2 – Існуюча схема організації логістичного забезпечення військових частин (окремих підрозділів) ПС ЗС України

Розгляд загальних алгоритмів управління запасами, а також окремих методів в залежності від номенклатури майна буде проводитися з урахуванням необмеженої кількості ОЦЗ та складів військових частин з широким асортиментом. При цьому забезпечення окремою номенклатурою будь якої військової частини може бути здійснене тільки з одного з ОЦЗ (що переважно відповідає дійсності). При здійсненні імітаційного моделювання достатнім буде розгляд системи, що складається з одного постачальника і двох ОЦЗ.

Нижче наведено схематичне зображення двоступінчастої складської системи (рис. 3).

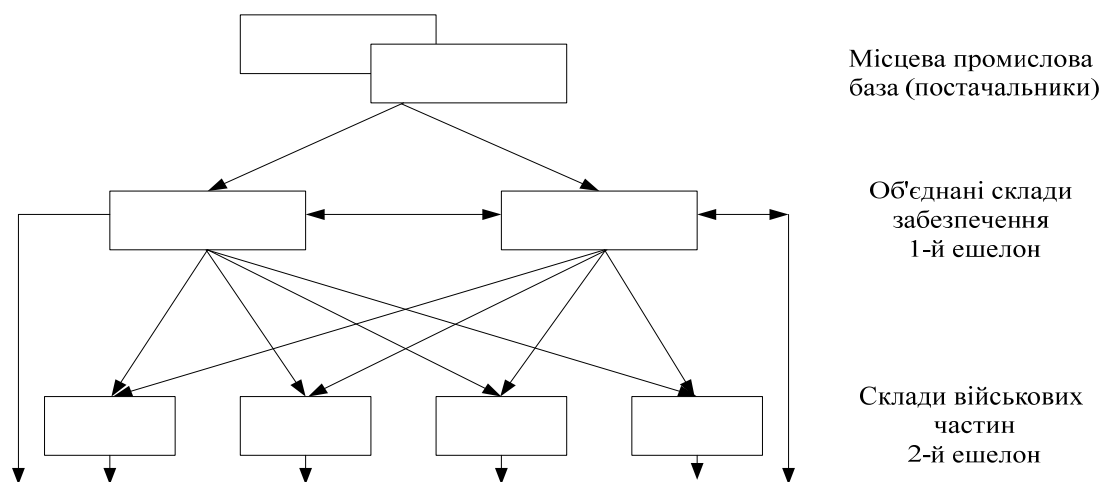


Рис. 3 – Схема переміщення майна двоступінчастої складської системи, що розглядається

Для структури забезпечення МтЗ ПС ЗС України, яка має широку територіальну розрізненість, представлена схема наведена на рисунку 3 є традиційною та найбільш ефективною системою руху МтЗ. Наведена складська система функціонує з використанням ОЦЗ, які розташовані у містах за зручною транспортною розв'язкою. Такі склади, найчастіше займають великі площі та необхідне спеціальне обладнання для вантажопереробки товарів.

Як правило, весь обсяг вантажів проходить, таким чином, транзитом через відповідний ОЦЗ, залежно від шляху надходження, а також специфіки майна. У свою чергу обліковане і сформоване у партії майно з ОЦЗ спрямовується на відповідний склад військової частини. ОЦЗ також, паралельно можуть виконувати функції складу військової частини, тобто з них також відбуваються відвантаження безпосередньо до підрозділів військових частин, що мають особові рахунки на вказаному ОЦЗ.

ОЦЗ в такій складській системі можуть виконувати різні функції, а також поєднувати їх:

- облік майна;
- фізичний розподіл вантажів, з метою переадресації їх по частинах на склади військових частин;
- перевантаження майна з транспортних засобів, що здійснили поставку від постачальників на внутрішній транспорт або на склади.

Аналіз існуючих систем управління запасами

Розглянемо можливі варіанти систем управління запасами з метою виявлення актуальних для даної складської системи.

Наведена нижче класифікація систем управління запасами ґрунтується на пропозиціях наведених в.

Класифікацію моделей побудовано на основних елементах управління запасами (рис. 4).

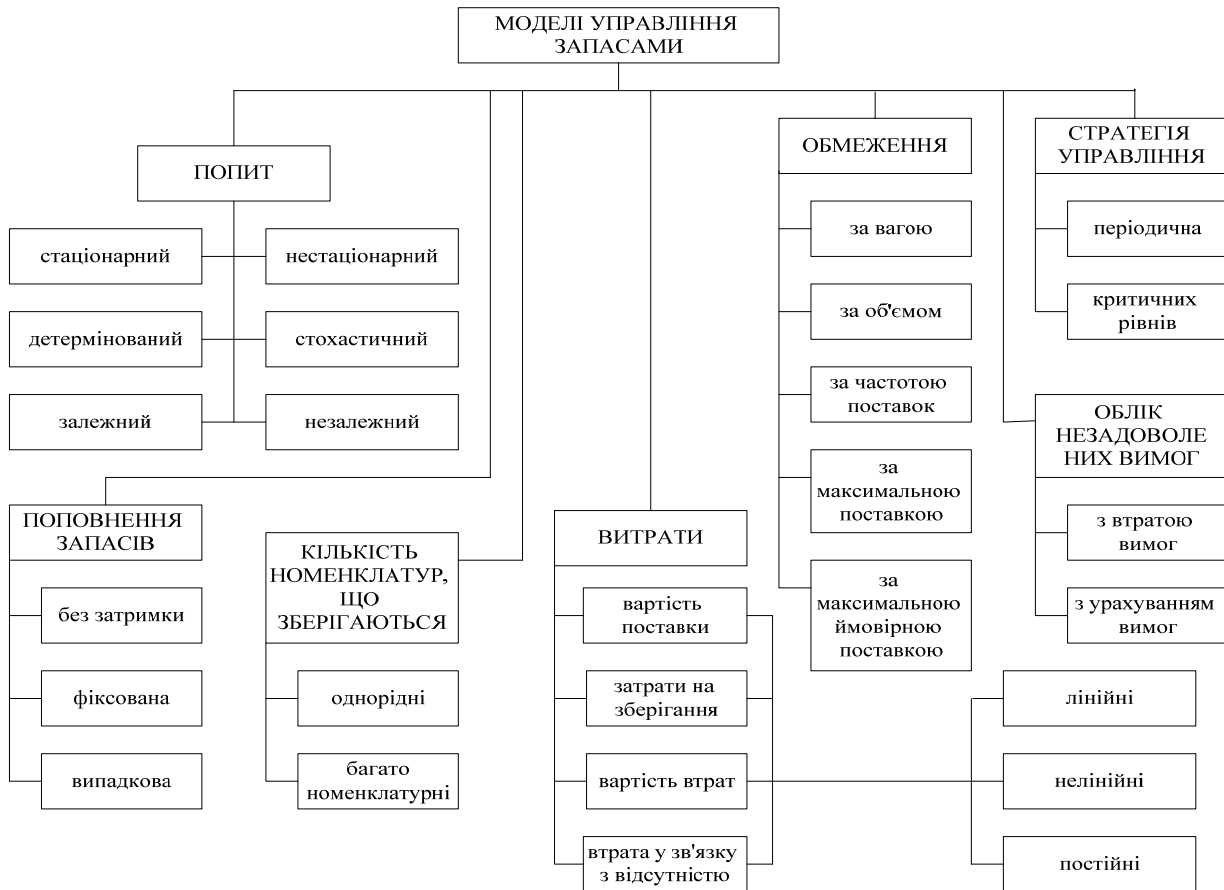


Рис. 4 – Класифікація систем управління запасами

Потреба у МтЗ під час підготовки до ведення бойових дій буде розглядатися стохастично, з параметрами нормального закону розподілу. Величина потреби буде умовно вважатися стаціонарною.

Поповнення запасів завжди відбувається з деякою випадковою затримкою щодо моменту видачі вимог, тому буде прийнята випадкова затримка з відомим розподілом тривалості. Випадковий час поставки апроксимовано нормальним законом розподілу.

За кількістю номенклатур, що зберігаються, розглядатимуться багатноменклатурні задачі. В якості витрат, будуть прийняті всі зазначені в

класифікації. Присутні на практиці обмеження будуть розглянуті за максимальним обсягом.

При розробці методів управління запасами необхідно приймати суворо один з двох можливих варіантів, виходячи з переваги того чи іншого. Розглянемо варіант з урахуванням незадоволених вимог, як переважний.

Принциповим моментом при розробці методів управління є початковий вибір стратегії управління запасами (системи контролю за станом запасів). Розглянемо періодичну стратегію управління. Нижче буде проведений огляд існуючих варіантів стратегій управління та обґрунтовано доцільність використання обраної.

Обґрунтування вибору стратегії управління запасами.

Система управління запасами (система контролю за станом запасів) являє собою сукупність правил, що визначають момент та обсяг поставок для їх поповнення. Проведемо аналіз існуючих стратегій управління, що існують (рис. 5) і вибір найбільш доцільної для використання.

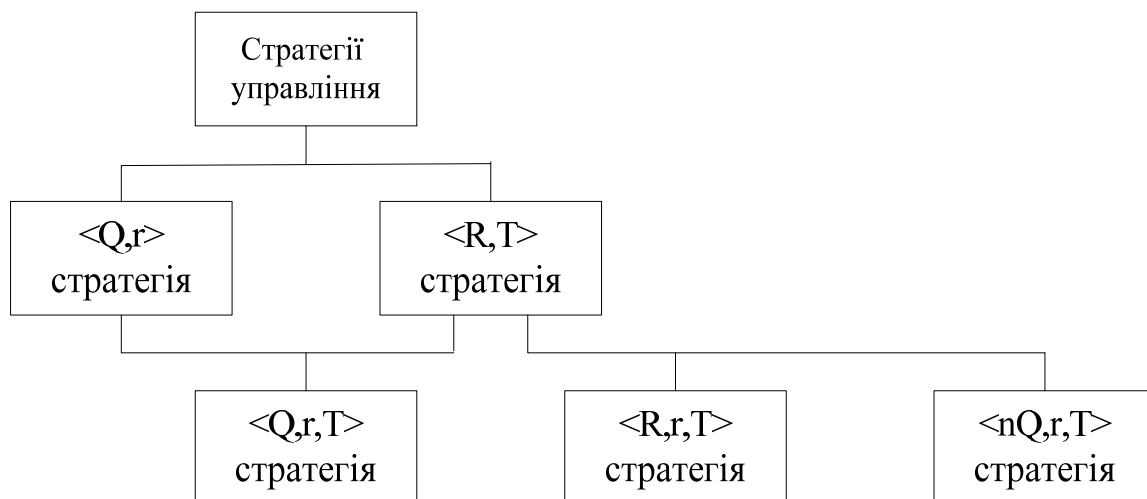


Рис. 5 – Класифікація стратегій управління запасами

У загальному випадку виділяють «основні» та «інші» стратегії управління запасами.

Виділяють дві основні стратегії управління запасами:

– <Q,r>. Система підтримки контрольного рівня запасів (система з фіксованим розміром потреби Mt_3). Система потребує постійного контролю за рівнем запасів.

– <R,T>. Система з фіксованим інтервалом часу між замовленнями («періодична» стратегія). В системі з фіксованим інтервалом часу між замовленнями, як зрозуміло з назви, суворо в певні моменти часу, які знаходяться один від одного на рівних інтервалах.

Наведені вище основні стратегії управління запасами базуються на фіксації одного з двох можливих параметрів – розміру потреби $Mt3$ або інтервалу часу між постачанням. В умовах відсутності відхилень від запланованих показників і рівномірного споживання запасів, для яких розроблено основні системи, такий підхід є цілком достатнім.

Однак на практиці найчастіше зустрічаються, інші – більш складні ситуації. Зокрема, при значних коливаннях потреби $Mt3$ основні системи управління запасами не в змозі забезпечити безперервне постачання споживача без значного завищення обсягу запасів. При наявності систематичних збоїв в постачанні і споживанні основні системи управління запасами стають неефективними. Для таких випадків проектуються інші системи управління запасами, які і названі «іншими».

Кожна з основних стратегій має певний порядок дій. Так, в системі з фіксованим розміром потреби $Mt3$, замовлення проводиться в момент досягнення граничного рівня запасу, величина якого визначається з урахуванням часу і можливої затримки поставки. В системі з фіксованим інтервалом часу між поставками, розмір замовлення визначається виходячи з наявних обсягів запасу та очікуваних витрат за час поставки.

Різне поєднання ланок основних стратегій управління запасами дозволяє сформулювати «інші» системи управління запасами, це:

$\langle Q, r, T \rangle$. Система з встановленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня. Поєднуючи систему з фіксованим інтервалом часу між замовленнями і систему з фіксованим розміром потреби, вхідними параметрами в даній системі є і період часу між замовленнями, і пороговий рівень запасів. На відміну від основної системи вона орієнтована на роботу при значних змінах витрат $Mt3$ в особливий період (ведення бойових дій (операцій)). З метою запобігання завищенню обсягів запасів, що містяться на складі, або їх дефіциту, замовлення виконуються не тільки у встановлені моменти часу, але і при досягненні запасом граничного рівня, тобто при досягненні заданого значення будь якого з двох перерахованих параметрів.

Таким чином, розглянута система включає в себе елемент системи з фіксованим інтервалом часу між замовленнями (встановлену періодичність оформлення замовлення) і елемент системи з фіксованим розміром замовлення (відстеження граничного рівня запасів).

$\langle R, r, T \rangle$. Система «мінімум – максимум». Основна ідея даної системи полягає в тому, що перевірка контрольного рівня здійснюється через певні проміжки часу. Система «мінімум – максимум» орієнтована на ситуацію, коли

витрати часу на облік запасів і оформлення замовлення дуже значні. Тому в заданій системі замовлення проводяться не через кожний заданий інтервал часу, а лише за умови, що запаси на визначений момент виявилися рівним або меншими за встановлений граничний рівень. Граничний рівень запасу в системі «мінімум – максимум» виконує роль «мінімального» рівня. Якщо у встановлений момент цей рівень пройдено, тобто запас МтЗ дорівнює граничному рівневі або не досягає його, то замовлення надається. В іншому випадку замовлення не надається, і відстеження граничного рівня, а також видача замовлення будуть здійснені тільки через заданий інтервал часу. Дана стратегія, в кінцевому рахунку, і буде використана.

$\langle n, Q, r, T \rangle$. Вказана періодична стратегія так само, як і попередня, вимагає щоб запас поповнювався, як тільки під час чергової перевірки рівень запасів в системі виявився меншим або рівним рівневі забезпечення. Відмінність полягає в тому, що обсяг МтЗ, на які оформлюється замовлення, кратний деякій фіксованій величині Q , тобто замовляється партія розміром Qn , де $n = 1, 2, 3, \dots$. Тут n – найбільше ціле число, для якого рівень запасів після подачі замовлення виявляється меншим або рівним $R = r + Q$.

З метою розробки методів управління запасами практично всі прийняті характеристики складської системи є описовими, тобто констатують вже існуючі умови роботи. Винятком є стратегія управління запасами, оскільки вона обирається самостійно вже при вирішенні самого завдання. Тому необхідно провести аналіз доцільності вибору зазначеної стратегії управління та в подальшому методи управління будуть викладатися безпосередньо в рамках обраного варіанту.

Сучасні інформаційні технології дозволяють досить вільно виконувати безперервний (наприклад, щоденний) контроль поточного стану запасів. Однак, якщо враховувати реальні умови роботи, то досягнення критичного рівня запасів за окремою номенклатурою частіше за все не зможе супроводжуватися замовленням, оскільки обсяг загального замовлення не буде досягати транспортного обсягу, або заданого мінімального обсягу всієї партії. Іншими словами, періодичність замовлення за окремими номенклатурами буде зберігатися і може бути задана певною фіксованою величиною.

При використанні періодичної стратегії в найпростішому випадку можна формувати замовлення після кожної перевірки наявного запасу. В іншому випадку можна здійснювати перевірку поточного рівня запасів на не перевищення заданого граничного рівня, при якому здійснюється замовлення. У третьому випадку замовлення подається тільки кратним деякій величині.

Взагалі в реальній ситуації практично завжди для складських систем, що розглядаються, зустрічається ще більш складна комбінація рішень – коли періодично проводиться перевірка проходження граничного рівня запасів, що характеризує деяке перевищення мінімального формованого замовлення, та, крім того, замовлення має формуватися тільки кратне мінімальній вантажній одиниці. Дотримання кратності мінімальній вантажній одиниці актуально тільки тоді, коли розмірність облікової одиниці не збігається з кратністю вантажної одиниці. Проблему досить легко можна вирішити або обліковим методом (тобто з огляду на стан і рух засобів у вантажних одиницях), або методом округлення до вантажної розмірності статистичних даних (що в результаті дає однакову похибку). Обидва зазначених варіанти ускладнення періодичної стратегії, якщо вдаватися в практичний сенс їх використання, певною мірою можуть накладатися один на одного. Мається на увазі, що мінімальний обсяг номенклатури в замовленні (перше ускладнення) практично може дорівнювати мінімальній вантажній одиниці (друге ускладнення), тобто, як правило, не вважається за доцільне вводити в замовлення номенклатуру об'ємом менше однієї вантажної одиниці.

Розробка методів та моделі управління запасами ешелонованої складської системи

Практично актуальними рішеннями для розгалуженої складської системи з багатотисячною номенклатурою є ті, які дозволяють в явному вигляді визначати необхідні для управління запасами величини, а саме точки і розміри замовлень по всіх складових.

Всі методи управління запасами, що існують в теорії, базуються на тому, що, в першу чергу, визначаються і задаються в якості вихідних даних відповідні витрати, і в подальшому в якості цільового параметру розглядається сума даних витрат, що мінімізується. Таким чином, точки та обсяги замовлень повинні відповідати мінімальній кількості логістичних витрат. Прийняті допущення передбачають просту задачу управління запасами. В даному випадкові вибір тієї чи іншої стратегії не впливає на результат оптимізаційних рішень, оскільки для потреби з постійною інтенсивністю певна періодичність замовлень буде відповідати однаково рівним обсягам замовлень.

Умова постійної можливості поповнення запасів на ОЦЗ дозволяє розбити задачу на дві окремі: забезпечення МтЗ ОЦЗ і управління матеріальними потоками на складах військових частин. Внаслідок того, оптимізація буде побудована незалежно окремо по кожному зі складів системи.

Оптимальні рішення для даної системи будуть виглядати наступним чином:

$$T^* = \sqrt{\frac{2g(1+h/d)}{\lambda h}}, \quad (1)$$

де S^* – оптимальний граничний запас на складі;

T^* – оптимальна періодичність замовлення;

g – фіксовані витрати, пов'язані з організацією постачання;

h та d – коефіцієнти пропорційності середньому запасу (дефіциту) та часу їх існування витрат на утримання.

Найбільш відомими в теорії управління є формули Уілсона, що є окремим випадком вищенаведених виразів. Можна прийняти $h/d = 0$. Тоді:

$$S^* = \sqrt{\frac{2\lambda g}{h}}; \quad T^* = \sqrt{\frac{2g}{\lambda h}} \quad (2)$$

Оскільки з прийнятих припущень дефіцит на ОЦЗ не допускається, тому для управління запасами цих складів необхідно використовувати останні вирази, попередньо розрахувавши сумарний попит і дисперсію за відповідними ОЦЗ.

Умови функціонування системи управління запасами: постійна можливість поповнення замовлень, однономенклатурна задача, випадкова потреба, постійний час поставки, відсутність обмежень, відсутність умов кратності обсягу замовлення, урахування незадоволених вимог, періодична стратегія. В даному випадку проводиться урахування одної додаткової умови – випадкової характеристики попиту з нормальним законом розподілу. При цьому система даного виду матиме вже значно складніше рішення. Також, як і в попередньому випадку, оптимізація проводиться незалежно за кожним складом окремо.

Сумарні середні річні витрати дорівнюють:

$$\Omega = \frac{L}{T} + IC \left[r - \mu - \frac{\lambda T}{2} \right] + \pi E(0, R, T) + (IC + \hat{\pi}) B(0, R, T), \quad (3)$$

де $L = J + A$;

$$E(Q, R, T) = \frac{1}{T} [I(r, T + \tau) - I(r, \tau) - I(R, T + \tau) + I(R, \tau)], \quad (4)$$

$$\text{де } I(v, t) = \frac{Dt}{2} \left\{ \left[1 + \left(\frac{v - \lambda t}{\sqrt{Dt}} \right)^2 \right] \Phi \left(\frac{v - \lambda t}{\sqrt{Dt}} \right) - \frac{v - \lambda t}{\sqrt{Dt}} \phi \left(\frac{v - \lambda t}{\sqrt{Dt}} \right) \right\};$$

$$B(Q, R, T) = \frac{1}{T} [U(R, \tau + T) - U(R, \tau)], \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{де } U(u, \tau) = & \left[\frac{D^2 + 2\lambda^4 \tau^2}{4\lambda^3} + \frac{(D - 2\lambda^2 \tau)u}{2\lambda^2} + \frac{u^2}{2\lambda} \right] \Phi \left(\frac{u - \lambda \tau}{\sqrt{D\tau}} \right) + \\ & + \frac{1}{2} \left[\sqrt{D\tau^3} - \frac{\sqrt{D^3 \tau}}{\lambda^2} - \frac{\sqrt{D\tau}u}{\lambda} \right] \phi \left(\frac{u - \lambda \tau}{\sqrt{D\tau}} \right) - \frac{D^2}{4\lambda^3} e^{2\lambda u D} \Phi \left(\frac{u - \lambda \tau}{\sqrt{D\tau}} \right) \end{aligned}$$

Позначення: вимога за час t – безперервна випадкова величина, розподілена за нормальним законом із середнім λt та дисперсією, Dt ; J – вартість перевірки; A – фіксована вартість подачі замовлення; $\mu = \lambda t$ – середня інтенсивність попиту за час поставки; $v(x, T)$ – щільність розподілу величини попиту за період; I – коефіцієнт витрат на зберігання; τ – час поставки; $\pi + IC$ – затрати на урахування однієї вимоги; π – вартість урахування однієї вимоги; $\hat{\pi}$ – вартість дефіциту однієї штуки на рік; C – вартість одиниці; r – рівень дозамовлення; T – період між перевірками; $B(Q, r, T)$ – середня інтегральна нестача за рік; $E(Q, R, T)$ – середнє число врахованих вимог за рік.

Як видно вже на даному рівні допущень в системі рішення набувають неявну форму. Тим самим, ще до введення решти необхідних умов можна побачить практичну непристосованість підходів, що використовуються;

Умови функціонування системи управління запасами: постійна можливість поповнення замовлень, багатомономенклатурний асортимент, випадковий попит, постійний час поставки, обмеження за обсягом, відсутність умови кратності обсягу замовлення, періодична стратегія:

Умова багатомономенклатурності асортименту відображається на принципах управління в тому випадку, коли можна спостерігати певний взаємозв'язок окремих номенклатур. Зважаючи на це, розгляд умов багатомономенклатурного асортименту, як правило, в теорії управління запасами пов'язаний з умовами на гранично допустимий складський обсяг, оскільки має найбільш актуальний взаємозв'язок номенклатур, обмеження на складський обсяг, аналогічні умові на граничний обсяг замовленої партії Mt_3 .

В системі, що розглядається, прийняті два обмеження: обмеження на граничний обсяг запасів на складах (фізичні можливості складів), обмеження на граничну вартість запасів на складах (бюджетні обмеження з закупівель або обмеження складських запасів).

При розгляді стохастичного попиту в багатьох системах використовують метод Лагранжа. При цьому, як правило, з огляду на надзвичайну трудомісткість системи, розглянутого на даному етапі типу, для періодичних стратегій здійснюється проведення одноперіодної оптимізації. Дане припущення істотно спрощує рішення, оскільки при цьому періодичність постачання вважається єдиною для всіх номенклатур і наперед відомою. Оптимальну періодичність поставок T , в даному випадку, рекомендується окремо визначити для «основної» номенклатури та прийняти її такою для інших номенклатур.

Рішення задачі набуває такого вигляду:

$$\frac{\pi_i}{v_i} F_i(h_i) = \Theta, \quad i = 1, \dots, n, \quad (6)$$

де h_i – рівень запасів i -ої номенклатури; Θ – множник Лагранжа; π_i – штраф у разі відсутності одиниці товару i -го типу; v_i – обсяг одиниці товару i -го типу;

$$F_i(x_i) = 1 - \int_0^x f_i(x) dx. \quad (7)$$

Процедура обчислень полягає в тому, що спочатку обирається деякий Θ (початковий Θ може бути знайдений, прийнявши $h_0 = \lambda T$) і з наведеного виразу знаходять h_i , $i = 1, \dots, n$, потім обчислюється $V^* = \sum_{i=1}^n v_i h_i$. Якщо $V^* < V$ (де V обмеження партії за об'ємом), то обирається більше Θ , а якщо $V^* > V$, то менше Θ і процедура повторюється аж до визначення h_i^* , $i = 1, \dots, n$.

Додавання ще одного обмеження (на граничну вартість запасів) робить завдання набагато більш трудомістким, в цьому випадку для вирішення необхідно використовувати методи динамічного програмування.

На даному етапі ускладнення характеристик даної системи, вже застосовуються певні допущення. Тобто, прагнення врахувати всі реальні умови роботи органів забезпечення призводить до неприпустимої аналітичної складності рішень.

Як видно з розгляду методів управління запасами, що існують, рішення завжди зводиться до наближених ітераційним принципам (крім першого випадку найпростішої детермінованої моделі). Крім того, спроби передбачити для ешелонованих систем всі необхідні умови роботи наштовхуються на суттєві аналітичні труднощі. Все це заважає на практиці використовувати існуючі в теорії рішення для управління запасами системи.

Висновки

1. Проведено аналіз можливостей трансформації існуючих логістичних концепцій для потреб ПС ЗС України та обґрунтовано важливість їх застосування.

2. Розглянуто види складських систем та систем управління запасами, з визначенням можливих стратегій управління, що можуть бути застосовані в перспективній автоматизованій системі управління логістичним забезпеченням ПС ЗС України, з метою підвищення ефективності планування логістичного забезпечення.

3. Реалізація моделей управління запасами ешелонованої складської системи за допомогою сучасних інформаційних технологій дозволять оптимізацію процесів управління органами забезпечення на різних рівнях.

Література:

1. Т. Г. Дудар, та Р. В. Волошин, Основи логістики: навч. посіб., Харків, Україна: Вид. Центр учбової літератури, 2012.

2. К. В. Орехова, та І. В. Кучерявенко, «Логістичні концепції управління матеріальними потоками у Збройних Силах України», Інфраструктура ринку, Вип. 20, с. 23 – 28, 2018.

3. О. Туляков, «Автоматизованая система управления тыловым обеспечением Сухопутных войск США», Зарубежное военное обозрение, № 3(923), с. 59 – 75, 2014.

4. М. О. Науменко, та Л. В. Морозова, «Удосконалення організаційної та функціональної структури логістичного забезпечення Збройних Сил України», Бізнес Інформ, № 3, с. 279 – 284, 2016.

5. О. М. Гурін, «Проведення аналізу шляхів формування обґрунтованого раціонального варіанту тилового забезпечення бойових дій ПС ЗС України», Збірник наукових праць ХУПС, № 1 (46), с. 37 – 40, 2016.

3.5. Багатокритеріальний синтез організаційної структури білінгової інформаційної системи

Вступ і постановка задачі. Білінгова система – це автоматизована система розрахунків (АСР) фірми-постачальника товарів або послуг з клієнтами. Вона призначена для обчислення вартості товарів або послуг, виходячи з визначених у ній даних про ціни, тарифи та інші вартісні характеристики, організації різних способів обліку і обробки даних про клієнтів, товари, послуги, платежі та інші визначні місця та події, а також для виставлення рахунків клієнтам і організації інших форм звітності [1–3].

Області, в яких використовуються БС, можуть бути самими різними. Але найсприятливішою для розвитку і поширення БС виявилася сфера телекомунікацій і зв'язку, оскільки, по-перше, тут оперують величезною кількістю транзакцій, які неможливо відстежити і обслужити вручну, по-друге, дані для обліку вже мають цифрову природу, і не потрібно людських ресурсів, щоб оцифрувати основну частину інформації. Білінг успішно розвивається і в інших областях, в основному пов'язаних з обслуговуванням: страхування, транспортні перевезення, оренда автомобілів, кабельне телебачення, муніципальні і комунальні служби, готельна справа [4, 5]. Як правило, для цих потреб розробляються незалежні вузькоспеціалізовані БС.

Правильний вибір БС критичний для прибутковості підприємства сфери обслуговування. На певному етапі зростання компанії білінг перетворюється з надійного і швидкого помічника в зборі та обробці інформації в інструмент для розширення і вдосконалення сервісу на існуючій технічній базі [4], а значить, для залучення нових клієнтів. Від надійності та швидкості роботи БС залежить якість обслуговування клієнтів і можливості, які отримує фірма-постачальник, що, в кінцевому рахунку, впливає на прибутковість підприємства сфери обслуговування. Наприклад, швидке і точне отримання статистичних даних про продажі, надані послуги та активності клієнтів допомагають вчасно визначити нові вектори розвитку, спланувати заходи щодо вдосконалення технічних потужностей, вчасно відреагувати на зміну вимог споживачів.

У зв'язку з цим, в роботі проведено дослідження актуальної задачі сучасних інформаційних технологій – багатокритеріальний синтез організаційної структури білінгової інформаційної системи.

Основна частина

Метод аналізу ієрархій (МАІ) призначений для прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах слабкої структурованості організаційно-технічних систем і невизначеності вихідної інформації, заданої набором кількісних і якісних залежностей. Причинами невизначеності є неповнота знань експерта про властивості об'єктів; недостатня впевненість особи, що приймає рішення, в правильності своїх оцінок; суперечливість знань; нечіткість уявлення інформації. Наявність невизначеності призводить до виникнення помилок в експертних оцінках, неузгодженості даних і порушення основних властивостей суджень, таких як зв'язність і транзитивність.

Обґрунтованість і достовірність прийнятих рішень багато в чому залежать від узгодженості експертних думок, які формалізовано виражаються через властивості зв'язності і транзитивності між експертними оцінками вихідного факторного простору. Відсутність цих властивостей в системі переваг не дозволяє здійснити однозначний вибір на множинах критеріїв і альтернатив рішень, що приймаються. У практичних завданнях для підвищення якості та обґрунтованості рішень слід спочатку відновити зазначені властивості, а потім погоджувати думки експертів.

В основу МАІ закладений принцип декомпозиції складної проблеми сукупністю більш простих складових, названих автором методу Сааті Т. ієрархічними рівнями або ієрархіями. Складові проблеми в залежності від системного призначення поділяються на об'єкти-критерії та об'єкти-альтернативи прийнятих рішень. З об'єктів-критеріїв організовується ієрархічна структура, яка містить рівні цілей, підцілей, цільових функцій, а з об'єктів-альтернатив створюється ієрархічна структура, що відображає підпорядкованість ієрархій прийнятих рішень. Нумерація ієрархічних рівнів проводиться окремо для структури об'єктів-критеріїв і структури об'єктів-альтернатив. В результаті декомпозиції утворюється архітектура проблеми, що відображає відносну ступінь взаємозв'язку об'єктів ієрархії.

Алгоритм методу аналізу ієрархій, який використовується в задачах багатокритеріальної оптимізації, містить наступні етапи:

1. Змістовна постановка задачі прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності.

2. Математична постановка задачі прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності включає в себе формування ієрархічної структури узагальненого критерію ефективності у вигляді супідрядних рівнів цілей, підцілей і цільових функцій; математичний опис

функціональних залежностей і параметричних обмежень завдання прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах невизначеності; формування ієрархічної структури взаємозв'язку альтернатив рішень, що приймаються.

3. Ранжування кінцевої множини об'єктів-критеріїв і об'єктів-альтернатив рішень, що приймаються:

$$p = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_m\}$$

за важливістю шляхом завдання вектора вагових коефіцієнтів:

$$\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_m\},$$

значення яких задовольняють обмеженням:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \alpha_i \geq 0.$$

У багаторівневій ієрархічній системі прийняття рішень ранжування за важливістю кожного k-го рівня множини об'єктів-критеріїв і множини об'єктів-альтернатив:

$$p^k = \{p^k_1, \dots, p^k_i, \dots, p^k_m\}$$

проводиться шляхом завдання k векторів вагових коефіцієнтів:

$$\alpha^k = \{\alpha^k_1, \dots, \alpha^k_i, \dots\}, k = \overline{1, K},$$

де K – кількість рівнів ієрархічної структури об'єктів-критеріїв і-ої структури об'єктів-альтернатив;

m_k – кількість об'єктів на k-му рівні критеріїв і k-му рівні альтернатив.

Завдання ранжирування об'єктів за важливістю в межах кожного k-го рівня ієрархії полягає в тому, щоб на підставі опитування експертів і математичних методів обробки експертних даних встановити множину співвідношень:

$$p^k_i \rightarrow \alpha^k_i$$

для всіх рівнів ієрархічної структури критеріїв та ієрархічної структури альтернатив. Ці судження дозволяють перевести якісні характеристики в кількісні або числові залежності.

4. Формування матриці парних порівнянь $[S_{p \times m}^k]$ для кожного k -го рівня множини об'єктів (рис. 1).

Матриці парних порівнянь $[S_{p \times m}^k]$ є основним сховищем інформації, необхідної для прийняття багатокритеріальних рішень. Кожна матриця $[S_{p \times m}^k]$ складається за такими правилами:

- думка кожного експерта (користувача або ОПР) записується у вигляді рядка матриці парних порівнянь $[S_{p \times m}^k]$;

- експерт повинен бути ерудованим в області прийнятих рішень і вміти швидко відповідати на поставлені запитання: у скільки разів ваговий коефіцієнт α_i більше вагового коефіцієнта α_j або у скільки разів ваговий коефіцієнт α_j менше коефіцієнта α_i ;

$$[S_{p \times m}^k] = \begin{matrix} & p_1^k & \dots & p_j^k & \dots & p_m^k \\ p_1^k & \alpha_{11}^k & \dots & \alpha_{1j}^k = \alpha_1^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{1m}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_i^k & \alpha_{i1}^k & \dots & \alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{im}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_m^k & \alpha_{m1}^k & \dots & \alpha_{mj}^k = \alpha_m^k / \alpha_j^k & \dots & \alpha_{mm}^k \end{matrix} .$$

Рис. 1 – Структура вихідної матриці парних порівнянь

- кожен елемент α_{ij}^k матриці парних порівнянь $[S_{p \times m}^k]$ визначається виразом $\alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k$, де α_i^k і α_j^k – вагові коефіцієнти пріоритетності об'єктів парної зв'язності k -го рівня ієрархії об'єктів-критеріїв або об'єктів-альтернатив:

$$p_i^k \rightarrow \alpha_i^k, p_j^k \rightarrow \alpha_j^k; \alpha_i^k, \alpha_j^k \rightarrow \alpha_{ij}^k = \alpha_i^k / \alpha_j^k.$$

Розмірності коефіцієнтів, які розглядаються по парам α_i^k і α_j^k повинні бути однаковими, а значення цих коефіцієнтів не допускають ділення на нуль. Якщо $\alpha_i^k / \alpha_j^k > 1$, то об'єкт p_i вважається важливіше об'єкта p_j . Отримані таким чином значення вагових коефіцієнтів є оцінками у шкалі відношень і відповідають так званим жорстким оцінкам.

5. Пошук рішення задачі багатокритеріальної оптимізації здійснюється шляхом поетапного встановлення пріоритетів. На першому етапі виявляються найбільш важливі об'єкти проблеми, що вирішуються; на другому – здійснюється пошук найкращого способу перевірки спостережень, випробування і оцінки об'єктів. На наступних етапах здійснюється вироблення

раціонального рішення і оцінювання його якості. Процес прийняття рішень проводиться над послідовністю ієрархій: результати, отримані на одній з них, використовуються в якості вхідних даних при вивченні наступної ієрархії.

Перевірка узгодженості експертних думок є вихідною передумовою МАІ. Для визначення міри узгодженості експертних думок використовується вихідна матриця парних порівнянь, отримана шляхом опитування експертів методом парних порівнянь в шкалі Сааті. В якості запобіжного узгодженості найчастіше використовується індекс узгодженості і відношення узгодженості. Узгодженість назад симетричною вихідної матриці парних порівнянь еквівалентна вимогу рівності її максимального власного значення λ_{\max} числу порівнюваних об'єктів n , тобто $\lambda_{\max} = n$.

Тому в якості запобігання неузгодженості (неузгодженості) прийнято розглядати нормоване відхилення λ_{\max} від n , що має назву індекс узгодженості:

$$IY = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

Щоб оцінити ступінь узгодженість експертних думок, індекс узгодженості (IY) порівнюють з випадковим індексом (VI). Випадковим індексом називають індекс узгодженості, розрахований для квадратної n -мірної позитивної зворотносиметричної матриці, елементи якої отримані датчиком випадкових чисел для інтервалу значень від 1 до 9. Для матриці з фіксованим значенням індекс розраховується як середнє значення для вибірки $N = 100$. У табл. 1 представлені середньоквадратичні значення узгодженості для випадкових матриць порядку від 1 до 10.

Таблиця 1

Величина випадкової узгодженості

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Отримавши індекс узгодженості і вибравши з табл. 1 випадковий індекс для заданого порядку матриці, розраховується відношення узгодженості (ВУ)

$$ВУ = IY / VI.$$

Якщо величина $BУ \leq 0,1$, то ступінь узгодженості експертних даних вважається прийнятною. В іншому випадку (якщо $BУ > 0,1$) експерту рекомендується переглянути свої судження. Для цього необхідно виявити ті позиції в матриці суджень, які вносять максимальний внесок в величину відносини узгодженості, і спробувати змінити запобіжний неузгодженості в меншу сторону на основі більш глибокого аналізу питання.

Модель проблеми прийняття рішень можна представити сукупністю цільових функцій f_i , $i=\overline{1, m}$ і набором альтернатив рішень, що приймаються $x = \{x_j\} \subset X$, $j=\overline{1, n}$ у вигляді:

$$f_i(x_j) \rightarrow \max_{x \in X}, \quad i=\overline{1, m}, \quad j=\overline{1, n},$$

де m – кількість цільових функцій, $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \subset X$ – кінцева множина альтернатив рішень, що приймаються, що містить n елементів x_j . Значення чисел m і n повинні бути відносно невеликі, оскільки саме вони в МАІ визначають трудомісткість діалогових процедур реального масштабу часу з вилучення додаткової інформації про завдання.

Після реалізації цієї логіко-семантичної процедури визначення приватних критеріїв можна скористатися методом лінійної згортки:

$$J(x_j) = \sum_{i=1}^m \alpha_i f_i(x_j), \quad j=\overline{1, n}$$

для отримання досліджуваних на оптимальність альтернатив прийнятих рішень $x_1 = A_1, x_2 = A_2, x_3 = A_3$.

Якщо множина досяжності даної багатокритеріальної задачі не є опуклою, то замість лінійної згортки в якості узагальненого критерію доцільно використовувати згортку Джофріона, засновану на комбінації лінійної і максімної згортки.

Структуризація проблеми прийняття рішень передбачає декомпозицію вихідної проблеми на більш прості складові і обробку експертних думок осіб, котрі приймають рішення. За результатами думок експертів визначається відносна значимість приватних критеріїв і альтернатив рішень, що приймаються щодо приватних критеріїв, які перебувають на різних рівнях ієрархії. Відносна значущість виражається чисельно у вигляді векторів пріоритетів, які представляють собою так звані жорсткі оцінки в шкалі відносин.

Структуризація завдання передбачає побудову багаторівневої графічного представлення проблеми прийняття рішень. Побудова ієрархічної структури вирішуємої проблеми починається з глобальної мети (фокуса ієрархії). Нижче розташовується ієрархічна структура локальних критеріїв, що містить рівні цілей, підцілей і цільових функцій. Під рівнями ієрархічної структури локальних критеріїв розташовується ієрархічна структура альтернатив рішень, що приймаються. Існують три основні способи графічного відображення ієрархії: декомпозиція заданої множини об'єктів; агрегування більш загальних об'єктів із заданих приватних; впорядкування попередньо заданої множини об'єктів на основі їх парного порівняння.

Для встановлення відносної важливості елементів ієрархії використовується шкала переваг, яка дозволяє експерту поставити у відповідність ступенями переваги одного порівнюваного об'єкта перед іншим деякі числа. Ці числа α_{ij} повинні показувати, у скільки разів об'єкт p_i краще об'єкта p_j . Мінімальна кількість чисел α_{ij} в шкалі відносин може бути два, наприклад, 1, якщо об'єкти рівнозначні, і 5, якщо об'єкт p_i краще об'єкта p_j в п'ять разів. Максимальна кількість чисел α_{ij} в шкалі відносин обмежується складністю обчислювальних процедур.

Завдання синтезу білінгової інформаційної системи полягає в тому, щоб вибрати найкращий варіант цієї системи за сукупністю техніко-економічних характеристик, наведених в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз альтернативних варіантів білінгових інформаційних систем

Приватні критерії	Альтернативні варіанти білінгових систем				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
f ₁ (x)	Легка адаптація	Порівняно гнучка	Відносно гнучка	Порівняно легка	Порівняно гнучка
f ₂ (x)	До 2 млн. абонентів	До 1 млн. абонентів	Без обмежень	500 - 500000 абонентів	Без обмежень
f ₃ (x)	ОС Windows, Linux	ОС Windows, UNIX	ОС Windows	Windows	Windows, UNIX
f ₄ (x)	Дуже висока	Порівняно висока	Висока надійність	Висока надійність	Порівняно висока
f ₅ (x)	Високий	Невисокий	Достатньо високий	Невисокий	Порівняно високий

У табл. 2 наведені характеристики альтернатив рішень, що приймаються: A₁ – система «Атлант», A₂ – система «Ай-Ті», A₃ – система «Мир-АСР», A₄ –

система «Орел-М», A_5 – система «Енран». Як приватні критеріїв виступають техніко-економічні показники: $f_1(x)$ – гнучкість, $f_2(x)$ – продуктивність, $f_3(x)$ – апаратна платформа, $f_4(x)$ – надійність, $f_5(x)$ – економічна ефективність.

Глобальний показник якості, що характеризує правильність вибору структури і компонентного складу системи, зазвичай зв'язується з її функціональними, технічними та економічними характеристиками. Такий показник є досить розпливчастим і невизначеним, тому можна скористатися набором критеріїв-заступників, які дозволяють замінити вихідну слабоформалізовану задачу іншою добре структурованою багатокритеріальною задачею.

Припустимо, що вихідний глобальний критерій ефективності вирішуваної проблеми можна апроксимувати наступним набором приватних техніко-економічних показників якості, кожен з яких необхідно максимізувати:

- $f_1(x)$ – гнучкість системи, яка представляє собою здатність швидко пристосовуватися до обставин, що змінюються, потребам будь-якого оператора зв'язку, можливості використання системи як в самостійному режимі, так і в складі експлуатованої АСУ;

- $f_2(x)$ – продуктивність, масштабованість і відкритість системи, що складаються в тому, що при зростанні числа абонентів і додаткових послуг не повинна виникати необхідність зміни або доопрацювання програмного забезпечення, тобто повинна існувати можливість розширення конфігурації системи;

- $f_3(x)$ – апаратна платформа, що представляє собою набір узгоджених між собою технічних засобів, які забезпечують вирішення заданих функціональних завдань з необхідними якісними показниками;

- $f_4(x)$ – надійність, що характеризує інтегровану властивість інструментальних апаратно-програмних засобів системи зберігати працездатність в процесі їх експлуатації;

- $f_5(x)$ – економічна ефективність (економічність) від впровадження обраного варіанту апаратно-програмних засобів білінгової системи.

Формування ієрархічної структури приватних критеріїв проблема вибору білінгової інформаційної системи починається з встановлення фокуса ієрархії, в якому розташований глобальний критерій. Нижче розташовуються рівні приватних критеріїв і підкритеріїв, ще нижче розміщуються рівні альтернатив рішень, що приймаються (рис. 2).

Визначення коефіцієнтів переваги приватних критеріїв починається з формування матриці парних порівнянь $[S_{f_{m \times m}}]$, яка відображає оцінку критеріїв

по відношенню один до одного. Розмірність матриці $[S_{f_{m \times m}}]$ повинна бути 5×5 (за кількістю критеріїв), рядки і стовпці матриці називаються назвою приватних критеріїв. Все діагональні елементи матриці $[S_{f_{5 \times 5}}]$ приймають значення одиниці. Відносна важливість елементів матриці $[S_{f_{5 \times 5}}]$ призначається по шкалі переваг Сааті.

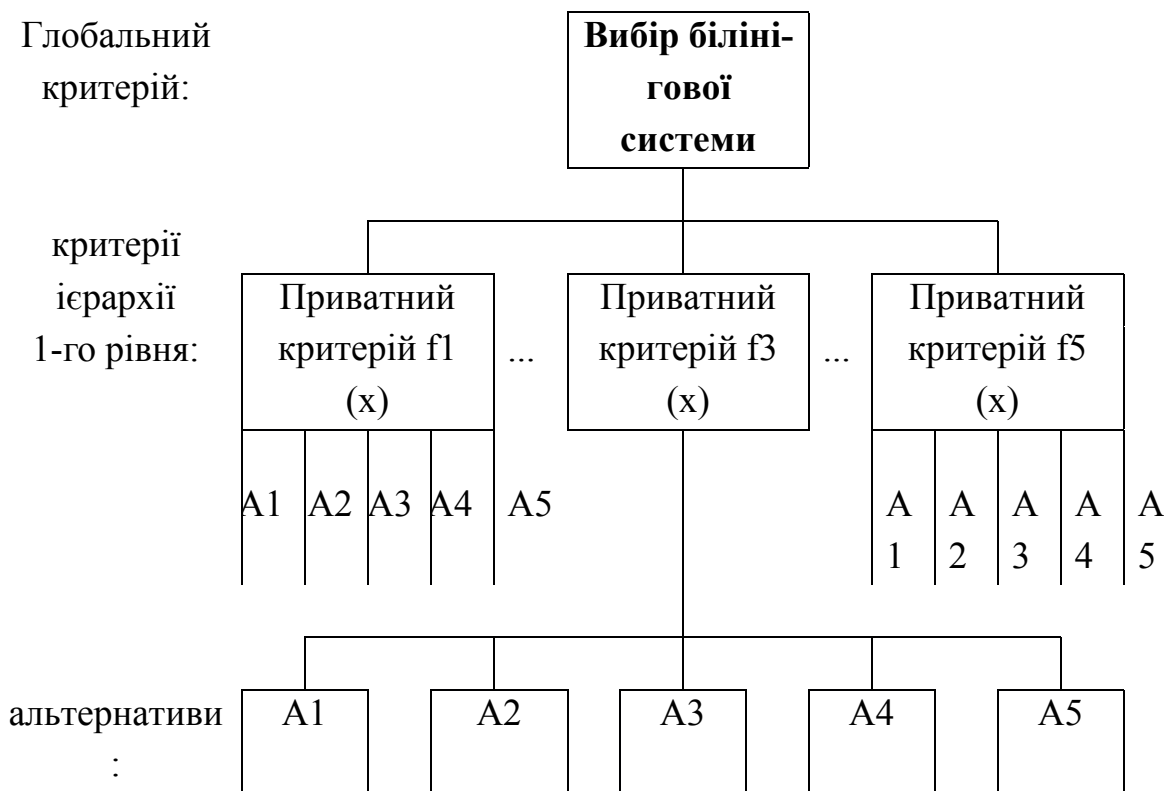


Рис. 2 – Ієрархічна структура багатокритеріальної проблеми вибору білінгвової інформаційної системи

Недіагональні елементи матриці $[S_{f_{5 \times 5}}]$ визначаються за результатами експертних опитувань ($\alpha_{12} - ?$, $\alpha_{23} - ?$, $\alpha_{34} - ?$, $\alpha_{45} - ?$) з подальшим обчисленням всіх відсутніх коефіцієнтів за формулами:

$$\alpha_{ij} = 1 / \alpha_{ji}, \alpha_{ij} = \alpha_i / \alpha_j, \alpha_{ij} = \alpha_{ik} \times \alpha_{kj}, \frac{\alpha_i}{\alpha_k} \cdot \frac{\alpha_k}{\alpha_j} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}$$

За результатами опитування думок експертів складена матриця $[S_{f_{5 \times 5}}]$ парних порівнянь приватних критеріїв, наведена на рис. 3.

Для обчислення елемента v_{fij} нормованої матриці парних порівнянь приватних критеріїв $[N_{f_{m \times m}}]$ необхідно відповідний елемент v_{fij} вихідної

матриці парних порівнянь приватних критеріїв $[S_f_{m \times m}]$ розділити на суму елементів j -го стовпця, тобто елементи першого стовпця матриці $[S_f_{m \times m}]$ необхідно розділити на суму елементів першого стовпця, елементи другого стовпця – на суму елементів другого стовпця і так далі:

$$v_{fij} = \alpha_{fij} / \sum_{i=1}^m \alpha_{fij}; j = \overline{1, m}.$$

$$[Sf_{5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc} & f1 & f2 & f3 & f4 & f5 \\ \hline f1 & 1 & 1/3 & 4 & 1 & 2 \\ f2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 3 \\ f3 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1/5 & 1/3 \\ f4 & 1 & 1 & 5 & 1 & 5 \\ f5 & 1/4 & 1/3 & 3 & 1/5 & 1 \end{array}.$$

Рис. 3 – Вихідна матриця парних порівнянь приватних критеріїв

Наприклад, елемент v_{f11} першого рядка першого стовпчика нормованої матриці парних порівнянь приватних критеріїв $[N_{f5 \times 5}]$ визначається як:

$$\begin{aligned} v_{f11} &= v_{f11} / (v_{f11} + v_{f21} + v_{f31} + v_{f41} + v_{f51}) = \\ &= 1 / (1 + 3 + 1/4 + 1 + 1/4) = 0.174. \end{aligned}$$

Відносні значення вагових коефіцієнтів $v_{f1} - v_{f5}$ приватних критеріїв $f1(x) - f5(x)$ обчислюються як середні значення елементів відповідних рядків нормованої матриці парних порівнянь $[N_{f5 \times 5}]$ за формулою:

$$v_{fi} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m v_{fij}; i = \overline{1, m}.$$

Наприклад, ваговий коефіцієнт v_{f1} приватного критерію $f1(x)$ дорівнює:

$$\begin{aligned} v_{f1} &= (v_{f11} + v_{f12} + v_{f13} + v_{f14} + v_{f15}) / M = \\ &= (0.174 + 0.111 + 0.260 + 0.294 + 0.177) / 5 = 0.201. \end{aligned}$$

Результати обчислення відносних значень вагових коефіцієнтів v_{fi} і усереднених значень вагових коефіцієнтів v_{fi} приватних критеріїв занесені в нормовану матрицю парних порівнянь $[N_{f5 \times 5}]$ і в стовпець v_{fi} , приєднаний праворуч до цієї матриці, наведеною на рис. 4.

$$[N_{f_m \times m}] = \begin{array}{c} \\ f1 \\ f2 \\ f3 \\ f4 \\ f5 \end{array} \left| \begin{array}{ccccc} f1 & f2 & f3 & f4 & f5 \\ 0.174 & 0.111 & 0.260 & 0.294 & 0.177 \\ 0.522 & 0.334 & 0.187 & 0.294 & 0.265 \\ 0.043 & 0.111 & 0.063 & 0.059 & 0.029 \\ 0.174 & 0.334 & 0.313 & 0.294 & 0.441 \\ 0.087 & 0.110 & 0.187 & 0.059 & 0.088 \end{array} \right. \begin{array}{c} v_{fi} \\ 0.201 \\ 0.321 \\ 0.061 \\ 0.311 \\ 0.106 \end{array} .$$

Рис. 4 – Нормована матриця парних порівнянь приватних критеріїв

Визначення коефіцієнтів переваги альтернатив проводиться за тією ж схемою, що і визначення коефіцієнтів переваги приватних критеріїв. Для кожного окремого критерію (f1 – гнучкість, f2 – продуктивність, f3 – апаратна платформа, f4 – надійність, f5 – економічність) будується матриця парних порівнянь $[S_{f_{in \times n}}]$. Для побудови такої матриці попарно порівнюється альтернатива рядки з альтернативою стовпчика по відношенню до одного досліджуваного приватного критерію. Матриця $[S_{f_{in \times n}}]$ має розмірність 5×5 (за кількістю альтернатив). Рядки і стовпці матриці називаються іменами відповідних альтернатив.

Для оцінки фактора продуктивності слід побудувати матрицю $[S_{f2 \ 5 \times 5}]$. Для чого попарно порівнюється альтернатива рядки з альтернативою стовпчика по відношенню до продуктивності кожної з систем. Ніякі інші критерії при цьому не враховуються. Значення з шкали відносної важливості вписуються в комірку, які утворені перетином відповідного рядка і стовпця. Діагональ цієї матриці заповнюється значенням «1», а комірки, що лежать нижче діагоналі – зворотними значеннями (рис. 5).

$$[S_{f2 \ 5 \times 5}] = \begin{array}{c} \\ A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \\ A5 \end{array} \left| \begin{array}{ccccc} A1 & A2 & A3 & A4 & A5 \\ 1 & 4 & 3 & 6 & 3 \\ 1/4 & 1 & 2 & 5 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 7 & 1 \\ 1/6 & 1/5 & 1/7 & 1 & 1/7 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 7 & 1 \end{array} \right. .$$

Рис. 5 – Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм продуктивності

Нормалізація матриці парних порівнянь альтернатив за критерієм продуктивності $[S_{f2 \ 5 \times 5}]$ виконується за наведеною вище процедурою. Результати обчислення відносних елементів заносяться в нормовану матрицю

парних порівнянь $[N_{f_2 5 \times 5}]$. Попередньо обчислені значення залишаються вагових коефіцієнтів приватних критеріїв заносяться в стовпець $v_{f_2 A_j}$, який приєднаний справа до матриці $[N_{f_2 5 \times 5}]$, наведеної на рис. 6.

$$[N_{f_2 5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc} & A1 & A2 & A3 & A4 & A5 & v_{f_2 A_j} \\ \hline A1 & 0.482 & 0.645 & 0.419 & 0.231 & 0.419 & 0.439 \\ A2 & 0.12 & 0.161 & 0.279 & 0.192 & 0.279 & 0.206 \\ A3 & 0.159 & 0.081 & 0.139 & 0.269 & 0.139 & 0.157 \\ A4 & 0.079 & 0.032 & 0.020 & 0.038 & 0.020 & 0.037 \\ A5 & 0.159 & 0.081 & 0.139 & 0.269 & 0.139 & 0.157 \end{array} .$$

Рис. 6 – Нормована матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм продуктивності

Значення вагових коефіцієнтів критерію продуктивності (стовпець $v_{f_2 A_j}$, рис. 6) свідчать, що найбільш переважними альтернативам за критерієм продуктивності є системи «Атлант» (варіант А1, ваговий коефіцієнт $v_{f_2 A_1} = 0.439$) і «Ай-Ті» (варіант А2, ваговий коефіцієнт $v_{f_2 A_2} = 0.206$). Значення коефіцієнта відносної узгодженості вихідної матриці $[S_{f_2 5 \times 5}]$ Одно 8,15 %, що менше граничного допустимого значення 10 %, за межами якого потрібно переглядати судження експертів або міняти їх склад.

Для оцінки фактора надійності системи побудовані матриці вихідних парних порівнянь $[S_{f_4 5 \times 5}]$ (рис. 7) і нормованих попарних порівнянь $[N_{f_4 5 \times 5}]$ (рис. 8).

$$[S_{f_4 5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc} & A1 & A2 & A3 & A4 & A5 \\ \hline A1 & 1 & 3 & 5 & 5 & 3 \\ A2 & 1/3 & 1 & 4 & 4 & 1 \\ A3 & 1/5 & 1/4 & 1 & 1 & 1/4 \\ A4 & 1/5 & 1/4 & 1 & 1 & 1/4 \\ A5 & 1/3 & 1 & 4 & 4 & 1 \end{array} .$$

Рис. 7 – Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм надійності

	A1	A2	A3	A4	A5	$v_{f4 A_j}$
A1	0.485	0.545	0.333	0.333	0.545	0.448
A2	0.160	0.182	0.266	0.266	0.182	0.211
A3	0.097	0.045	0.066	0.066	0.045	0.064
A4	0.097	0.045	0.066	0.066	0.045	0.064
A5	0.160	0.182	0.266	0.266	0.182	0.211

Рис. 8 – Нормована матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм надійності

Значення вагових коефіцієнтів критерію надійності (стовпець $v_{f4 A_j}$, рис. 8) свідчать, що найбільш переважними альтернативами за критерієм надійності є системи «Атлант» (варіант А1, ваговий коефіцієнт $v_{f4 A1} = 0.448$), «Ай-Ті» (варіант А2, коефіцієнт $v_{f4 A2} = 0.211$) і «Енран» (варіант А5, коефіцієнт $v_{f4 A5} = 0.211$). Значення відносної узгодженості матриці $[S_{f4 5 \times 5}]$ становить 3,59 %, що менше граничної величини 10 %, що не дозволяє вважати, що думки експертів узгоджені.

Для оцінки фактора гнучкості системи побудовані матриці вихідних парних порівнянь $[S_{f1 5 \times 5}]$ (рис. 9) і нормованих парних порівнянь $[N_{f1 5 \times 5}]$ (рис. 10).

	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	3	5	2	3
A2	1/3	1	2	1/2	1
A3	1/5	1/2	1	1/3	1/4
A4	1/2	2	3	1	2
A5	1/3	1	2	1/2	1

Рис. 9 – Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм гнучкості

	A1	A2	A3	A4	A5	$v_{f1 A_j}$
A1	0.423	0.400	0.385	0.462	0.414	0.414
A2	0.140	0.133	0.154	0.115	0.138	0.135
A3	0.085	0.066	0.077	0.076	0.034	0.074
A4	0.212	0.266	0.231	0.231	0.275	0.241
A5	0.140	0.133	0.154	0.115	0.138	0.135

Рис. 10 – Нормована матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм гнучкості

Для оцінки фактора апаратної платформи системи побудовані матриці вихідних парних порівнянь $[S_{f3\ 5 \times 5}]$ (рис. 11) і нормованих парних порівнянь $[N_{f3\ 5 \times 5}]$ (рис. 12). Значення вагових коефіцієнтів критерія апаратної платформи (стовпець $v_{f3\ A_j}$, рис. 12) свідчать, що найбільш переважними альтернативами за критерієм апаратної платформи є системи «Атлант» (варіант А1, ваговий коефіцієнт $v_{f3\ A1} = 0,303$) і «Енран» (варіант А5, коефіцієнт $v_{f3\ A5} = 0,303$). Значення відносної узгодженості матриці $[S_{f3\ 5 \times 5}]$ становить 0,49 %, що менше граничної величини 10 %, що не дозволяє вважати, що думки експертів узгоджені.

$$[S_{f3\ 5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc} & A1 & A2 & A3 & A4 & A5 \\ \hline A1 & 1 & 4 & 2 & 2 & 1 \\ A2 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1/4 \\ A3 & 1/2 & 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ A4 & 1/2 & 3 & 1 & 1 & 1/2 \\ A5 & 1 & 4 & 2 & 2 & 1 \end{array} .$$

Рис. 11 – Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм апаратної платформи

$$[N_{f3\ 5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc|c} & A1 & A2 & A3 & A4 & A5 & v_{f3\ A_j} \\ \hline A1 & 0.308 & 0.266 & 0.316 & 0.316 & 0.308 & 0.303 \\ A2 & 0.077 & 0.066 & 0.052 & 0.052 & 0.077 & 0.064 \\ A3 & 0.154 & 0.200 & 0.158 & 0.158 & 0.154 & 0.164 \\ A4 & 0.154 & 0.200 & 0.158 & 0.158 & 0.154 & 0.164 \\ A5 & 0.308 & 0.266 & 0.316 & 0.316 & 0.308 & 0.303 \end{array} .$$

Рис. 12 – Нормована матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм апаратної платформи

Для оцінки фактора економічності системи побудовані матриці вихідних парних порівнянь $[S_{f5\ 5 \times 5}]$ (рис. 13) і нормованих парних порівнянь $[N_{f5\ 5 \times 5}]$ (рис. 14).

$$[S_{f5\ 5 \times 5}] = \begin{array}{c|ccccc} & A1 & A2 & A3 & A4 & A5 \\ \hline A1 & 1 & 1/3 & 1/7 & 1/3 & 1/2 \\ A2 & 3 & 1 & 1/3 & 1 & 2 \\ A3 & 7 & 3 & 1 & 3 & 4 \\ A4 & 3 & 1/4 & 1/3 & 1 & 3 \\ A5 & 2 & 1 & 1/4 & 1/3 & 1 \end{array} .$$

Рис. 13 – Матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм економічності

Значення вагових коефіцієнтів критерію економічності (стовпець $v_{f_5 A_j}$, рис. 14) свідчать, що найбільш кращими альтернативами за критерієм економічності є система «Мир-АСР» (варіант А3, ваговий коефіцієнт $v_{f_5 A_3} = 0,472$). Вона значно вигідніша від всіх інших систем. Значення відносної узгодженості матриці $[N_{f_5 5 \times 5}]$ становить 1,50 %, що менше граничної величини 10 %, що не дозволяє вважати, що думки експертів узгоджені.

		A1	A2	A3	A4	A5	$v_{f_5 A_j}$
	A1	0.063	0.059	0.069	0.058	0.048	0.059
	A2	0.188	0.179	0.161	0.177	0.190	0.179
$[N_{f_5 5 \times 5}] =$	A3	0.438	0.538	0.487	0.530	0.381	0.472
	A4	0.188	0.045	0.161	0.177	0.286	0.194
	A5	0.125	0.179	0.122	0.058	0.095	0.095

Рис. 14 – Нормована матриця парних порівнянь альтернатив за критерієм економічності

Формування набору бажаних вагових коефіцієнтів переваги альтернатив рішень, що приймаються здійснюється на підставі інформації про значення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв v_{fi} і вагових коефіцієнтів альтернатив рішень, що приймаються (за характеристиками білінгових систем) щодо кожного з приватних критеріїв (гнучкість, продуктивність, економічність і інші) $v_{fi(A_j)}$, які наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Результуючі значення глобального пріоритету

Альтернатив	Ваги приватних критеріїв $v_{fi(A_j)}$					Вага
	v_{f_1}	v_{f_2}	v_{f_3}	v_{f_4}	v_{f_5}	$v^*_{A_j}$
A1	0,414	0,439	0,303	0,448	0,059	0,3886
A2	0,135	0,206	0,064	0,211	0,179	0,1817
A3	0,074	0,157	0,164	0,064	0,472	0,1452
A4	0,241	0,037	0,164	0,064	0,194	0,1107
A5	0,135	0,157	0,303	0,211	0,095	0,1717
v_{fi}	0.201	0.321	0.061	0.311	0.106	

Значення кращого вагового коефіцієнта кожної окремо взятої альтернативи прийнятого рішення – $v^*_{A_j}$ визначається як сума добутоків значень

компонентів вектора пріоритету приватних критеріїв v_{fi} на значення компонентів вектора локального пріоритету $v_{fi}^{A_j}$ альтернативи A_j , що розглядається щодо даного критерію f_i , а саме:

$$v^* A_j = \sum_{i=1}^m v_{fi} v_{fi}^{A_j}, j = \overline{1, n}.$$

Наприклад, обчислення кращого вагового коефіцієнта переваги альтернатив $v^* A_1$ для альтернативи A_1 (білінгова система «Атлант») виконується наступним чином:

$$\begin{aligned} v^* A_1 &= v_{f1} \times v_{f1 A_1} + v_{f2} \times v_{f2 A_1} + v_{f3} \times v_{f3 A_1} + v_{f4} \times v_{f4 A_1} + v_{f5} \times v_{f5 A_1} = \\ &= 0,201 \times 0,414 + 0,321 \times 0,439 + 0,061 \times 0,303 + 0,311 \times 0,448 + \\ &\quad + 0,106 \times 0,059 = 0,3886. \end{aligned}$$

Обчислення інших бажаних результуючих вагових коефіцієнтів переваги альтернатив $v^* A_j$ для альтернативи A_j здійснюється аналогічним чином. Результати обчислень занесені в праву колонку табл. 4.

Оптимальний вибір білінгової системи при пріоритеті критерію «Економічність». Попарно порівнюючи критерії з рядка з критерієм з шпальти по відношенню до головної мети – вибору білінгової системи, дані заносяться в матрицю $[S_{efi} 5 \times 5]$ (рис. 15). Розрахувавши індекс узгодженості для цієї матриці, отримано відношення узгодженості (ОС) = 9,26 % < 10 %.

$$[S_{efi} 5 \times 5] = \begin{array}{c|ccccc} & f1 & f2 & f3 & f4 & f5 \\ \hline f1 & 1 & 1/3 & 4 & 1 & 1/9 \\ f2 & 3 & 1 & 3 & 1 & 1/9 \\ f3 & 1/4 & 1/3 & 1 & 1/5 & 1/9 \\ f4 & 1 & 1 & 5 & 1 & 1/9 \\ f5 & 9 & 9 & 9 & 9 & 1 \end{array}.$$

Рис. 15 – Матриця парних порівнянь приватних критеріїв з пріоритетом критерію «Економічність»

Результати обчислення відносних значень вагових коефіцієнтів і усереднених значень вагових коефіцієнтів часткових критеріїв заносяться в нормовану матрицю парних порівнянь $[N_{ef} 5 \times 5]$ і в стовпець v_{efi} , який приєднаний праворуч до цієї матриці (рис. 16).

$$[N_{efm \times m}] = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & V_{e_{f_i}} \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \\ f_4 \\ f_5 \end{matrix} & \left| \begin{matrix} 0.070 & 0.028 & 0.182 & 0.082 & 0.077 \\ 0.211 & 0.086 & 0.136 & 0.082 & 0.077 \\ 0.017 & 0.028 & 0.045 & 0.017 & 0.077 \\ 0.070 & 0.086 & 0.227 & 0.082 & 0.077 \\ 0.632 & 0.772 & 0.409 & 0.737 & 0.692 \end{matrix} \right. & \begin{matrix} 0.078 \\ 0.115 \\ 0.032 \\ 0.102 \\ 0.670 \end{matrix} \end{matrix} .$$

Рис. 16 – Нормована матриця парних порівнянь приватних критеріїв при пріоритеті критерію «Економічність»

Значення глобального пріоритету для кожної з альтернатив зведені в табл. 4.

Таблиця 4

Результуючі значення глобального пріоритету при пріоритеті критерію «Економічність»

Альтернативи	Ваги приватних критеріїв $V_{f_i(A_j)}$ та вага					
	V_{f_1}	V_{f_2}	V_{f_3}	V_{f_4}	V_{f_5}	$V_{e_{A_j}}^*$
A1	0,414	0,439	0,303	0,448	0,059	0,1797
A2	0,135	0,206	0,064	0,211	0,179	0,1789
A3	0,074	0,157	0,164	0,064	0,472	0,3519
A4	0,241	0,037	0,164	0,064	0,194	0,1652
A5	0,135	0,157	0,303	0,211	0,095	0,1241
$V_{e_{f_i}}$	0.078	0.115	0.032	0.102	0.670	

Обраною альтернативою вважається альтернатива з максимальним значенням глобального пріоритету. В даному випадку такою є білінгова система «Мир-АСР», на якій слід зупинити свій вибір. Далі можна продовжувати дослідження, віддаючи перевагу іншим критерієм, отримуючи при цьому все нові результати глобального пріоритету.

Висновки

Результати виконаних розрахунків показують, що кращою альтернативою, рекомендованої до вибору, вважається білінгова система «Атлант» з максимальним значенням глобального пріоритету, незважаючи на її найвищу вартість. Якщо у замовника є нестача фінансових коштів для придбання системи «Атлант», то вибір більш дешевого варіанту системи здійснюється шляхом перерахунку всіх таблиць з урахуванням залучення

додаткової інформації про нові вимоги до проекту, що розробляється і узгодженості експертних думок.

Література:

1. В. В. Калачева, В. Ф. Третяк, и Д. В. Сумцов, «Многокритериальный синтез логических систем методом анализа иерархии», Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, №2, с. 37 – 41, 2003.
2. В. В. Калачева, С. В. Осиевский, и В. Ф. Третяк, «Моделирование логистических систем информационного обслуживания», Моделювання та інформаційні технології, Вип. 22, с. 196 – 199, 2003.
3. Д. В. Сумцов, В. В. Калачова, и В. Ф. Третяк, «Многокритериальный выбор проекта логистической информационной системы», Системи обробки інформації, Вип. 1, с. 97 – 100, 2004.
4. В. С. Пономаренко, Д. Ю. Голубничий, та В. Ф. Третяк, Цілочисельне програмування в економіці, Харків, Україна: Вид. ХНУ, 2005.
5. Д. Ю. Голубничий, О. М. Місюра, Ю. М. Рябуха, та В. Ф. Третяк, «Аналіз організаційно-економічного механізму формування і функціонування адаптивних структур в системі управління підприємством», на міжнародній науково-практичній конференції студентів і молодих науковців: «Сучасне управління: проблеми та актуальні питання ХХІ століття» (м. Харків: ХНУБА), 14 листопада 2018 р., с. 108 – 110, 2018.

3.6. Аналіз та вдосконалення бізнес-процесів на основі циклу перетворення знань

Вступ та постановка задачі. На сьогоднішній день управління бізнес-процесами (Business Process Management, BPM) є однією з найбільш поширених та популярних концепцій управління підприємством. В основі цієї концепції – набір методів та інструментів побудови, аналізу, вдосконалення, автоматизації бізнес-процесів підприємства. Бізнес-процесом є структурована послідовність дій (функцій або робіт), що приймає один або декілька типів ресурсів на вході та дозволяє отримати продукт або послугу, що має цінність для конкретного споживача, на виході.

Концепція управління бізнес-процесами використовує поєднання знань з області інформаційних технологій та менеджменту. Через свій потенціал щодо значного підвищення продуктивності, зменшення витрат та скорочення часу на виконання бізнес-процесів, дана концепція отримала значну увагу протягом останніх років. Основним інструментом BPM є моделювання бізнес-процесів, яке використовується для кращого розуміння, документування (наприклад, з метою подальшого використання з метою інструктажу співробітників), аналізу (наприклад, для виявлення потенційних помилок та вимірювання ефективності) та вдосконалення бізнес-процесів, що описуються [1].

Таким чином, моделювання бізнес-процесів виступає в якості ключового компонента управління знаннями (Knowledge Management, KM), за допомогою якого виконується перетворення неформалізованих знань на формалізовані, що, в свою чергу, прискорює їх розповсюдження в організації [2]. Зважаючи на це, актуальною є задача забезпечення зрозумілості та доступності знань про бізнес-процеси підприємства. Необхідно розглянути та проаналізувати можливості існуючих рішень щодо формалізації, поширення, повторного використання та отримання нових знань про бізнес-процеси підприємства.

Основна частина. Модель життєвого циклу знань SECI (Socialization, Externalization, Combination, Internalization), запропонована Нонака (Nonaka) і Такеучі (Takeuchi), визначає процес перетворення знань з одних форм у інші. Основними формами організаційних знань, згідно з моделлю SECI є неявні (tacit) та явні (explicit) знання.

Неявні знання, незалежно від того, можуть вони бути формалізовані чи ні, можуть передаватися безпосередньо шляхом демонстрації на місці, особистого

спілкування, або за допомогою мультимедійних записів, записів про особистий досвід, неформальних презентацій. Слід зазначити, що неявні знання можуть бути виявлені та згодом перетворитися на явні знання.

Явні знання можуть бути виявлені та описані за допомогою формального або неформального подання. Текстовий опис (наприклад, документи, пов'язані з процедурою забезпечення якості ISO 9000) є неформальною презентацією, тоді як різні моделі підприємства (наприклад, функціональні моделі бізнес-процесів) є прикладами формального представлення явних знань.

Цикл SECI перетворення організаційних знань з неявних на явні включає наступні етапи [2]:

1) соціалізація (socialization) – процес обміну неявними знаннями між окремими співробітниками шляхом спостереження та роботи з ментором або більш досвідченим або обізнаним колегою;

2) екстерналізація (externalization) – процес перетворення неявних знань, які можуть бути формалізовані, у явні знання за допомогою їх документування, вербалізації тощо;

3) комбінація (combination) – процес створення нових явних знань через поєднання інших явних знань;

4) інтерналізація (internalization) – процес перетворення явних знань у неявні шляхом їх засвоєння через особистий досвід та навчання на практиці (learning by doing).

Слідом за інтерналізацією процес перетворення знань знову починається з соціалізації, але на новому «рівні» набутих знань, саме тому модель SECI також називається «спіраллю знань» (рис. 1).

Методи управління знаннями спрямовані на виявлення, організацію та розповсюдження організаційних знань. Передача неформалізованих знань є повільною та дорогою. Характерною рисою таких знань є неоднозначність, яку можна подолати лише через особисту комунікацію між носіями знань. Помилки інтерпретації неформалізованих знань можуть бути виправлені лише при наявності швидкого зворотного зв'язку. Передача формалізованих знань, в свою чергу, не потребує особистого контакту та часто може здійснюватися безособово. Формалізовані знання є більш структурованими, вони позбавлені неоднозначності.

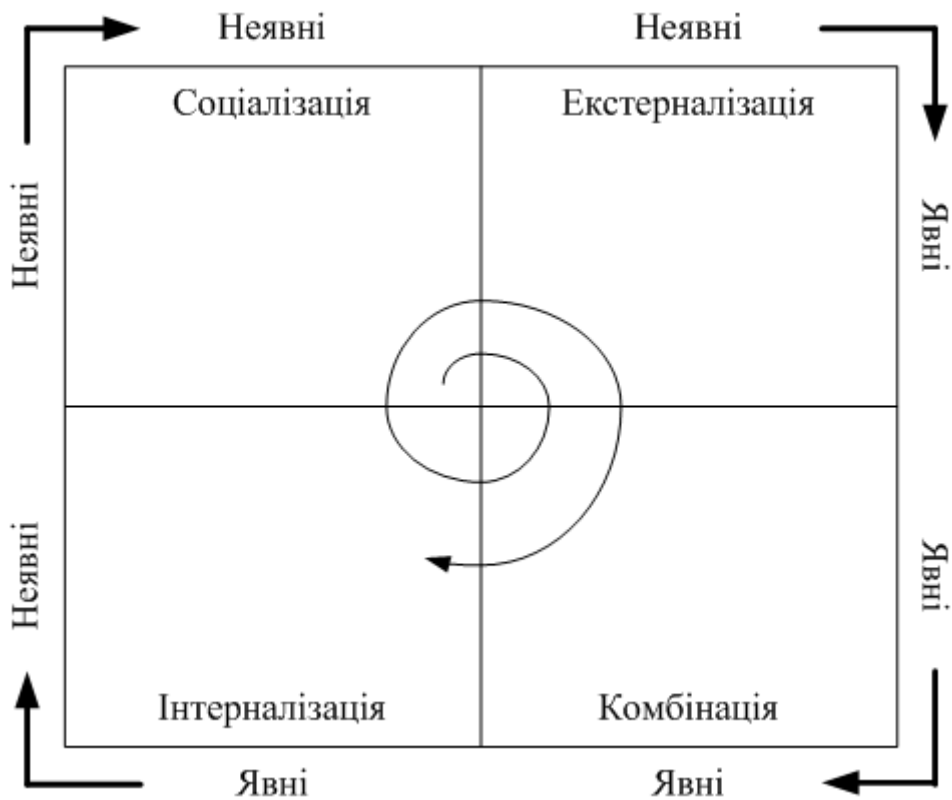


Рис. 1 – Модель перетворення знань SECI

Зважаючи на проблеми фіксації та поширення знань, управління бізнес-процесами є засобом трансформації неформалізованих знань у формалізовані знання, що полегшує їх поширення в організації. Управління бізнес-процесами сприяє доступності знань та їх повторному використанню, що, в свою чергу, дозволяє зменшити витрати на розповсюдження знань в організації.

Повторне використання формалізованих зовнішніх знань може впливати на виконання процесів з точки зору їх ефективності, оскільки перетворення набутих формальних знань у неявні знання є «природним» процесом навчання. Таким чином, інтерналізація формалізованих явних знань завершує життєвий цикл перетворення знань.

Крім того, легкість доступу та розповсюдження моделей бізнес-процесів є одним з ключових факторів успішної реалізації практики управління бізнес-процесами на підприємстві. Організації можуть використовувати різноманітні технології для підтримки діяльності щодо зберігання та спільного використання моделей, завдяки чому вони можуть бути доступними для всіх зацікавлених сторін (stakeholders), незалежно від апаратної чи програмної платформи [2].

Знання про бізнес-процеси включають знання про причини існування та призначення бізнес-процесів, знання про структуру та логіку процесів, ресурси, що необхідні для їх виконання, а також інтерфейси, оточення та можливості, їх

продуктивність та документацію. Знання про бізнес-процеси необхідні на усіх етапах життєвого циклу управління бізнес-процесами (рис. 2) [3].

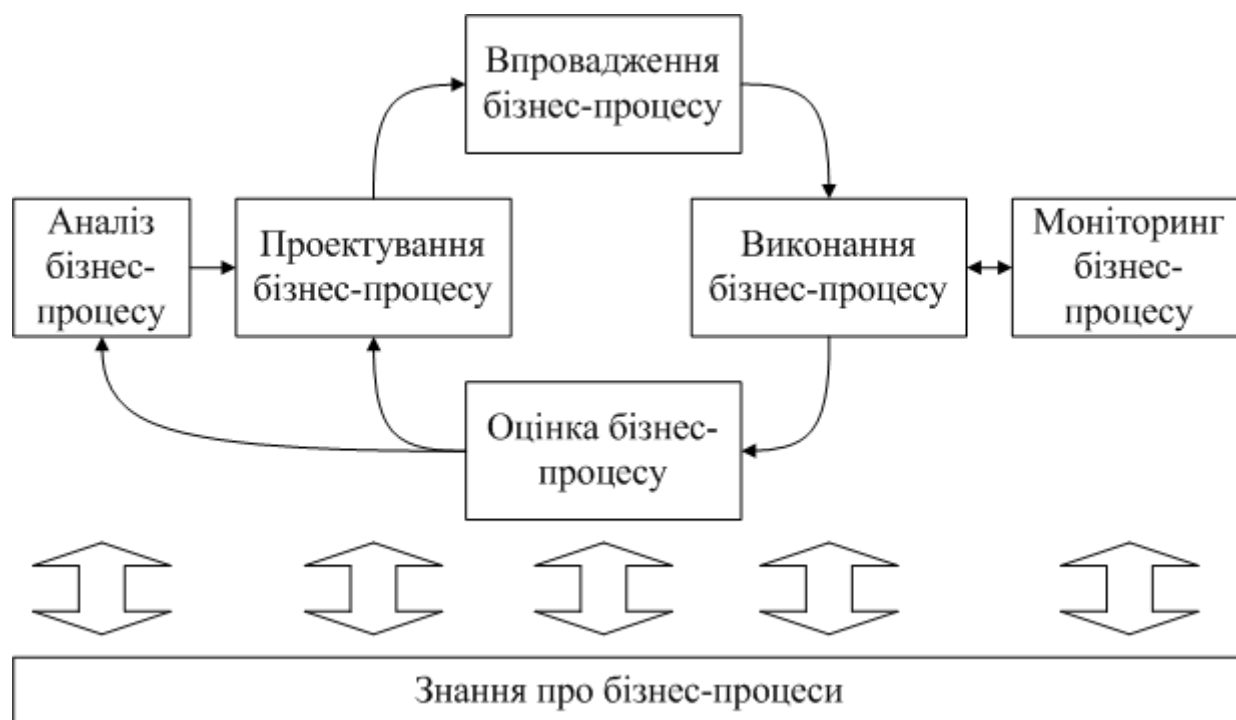


Рис. 2 – Життєвий цикл управління бізнес-процесами

Перш за все, знання про бізнес-процеси використовуються на етапі його моделювання, де на етапі здобуття знань (knowledge acquisition) збираються знання про поточний стан бізнес-процесу та створюється модель «as-is», після чого виконується її аналіз та створюється модель «to-be», позбавлена можливих недоліків. Модель бізнес-процесу «to-be» необхідна на етапі впровадження та виконання бізнес-процесу.

Носіями знань про бізнес-процеси підприємства є його співробітники, зовнішні зацікавлені сторони (external stakeholders), споживачі, постачальники та партнери. Знання про бізнес-процеси, якими володіють різні люди, суттєво відрізняються за обсягом та рівнем абстракції. Деякі співробітники знайомі лише з певними діями бізнес-процесу, тоді як менеджер з якості може володіти уявленням про увесь бізнес-процес. Менеджер окремого відділу буде мати відносно детальні знання про бізнес-процеси у його зоні відповідальності, тоді як виконавчий менеджер зазвичай володіє загальними знаннями про бізнес-процеси. У більшості випадків знання про бізнес-процеси доступні у формі документів, таких як посадові та робочі інструкції, вказівки, документація системи управління якістю, протоколи, звіти, кращі практики, записи про виконання бізнес-процесів тощо. Крім того, додаткові знання можна отримати з

систем управління бізнес-процесами (BPM Suite, BPMS) або систем планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning, ERP). Зовнішні знання, такі як рішення та кращі практики інших підприємств, можуть бути придбані або отримані під час виконання спільних проектів [3].

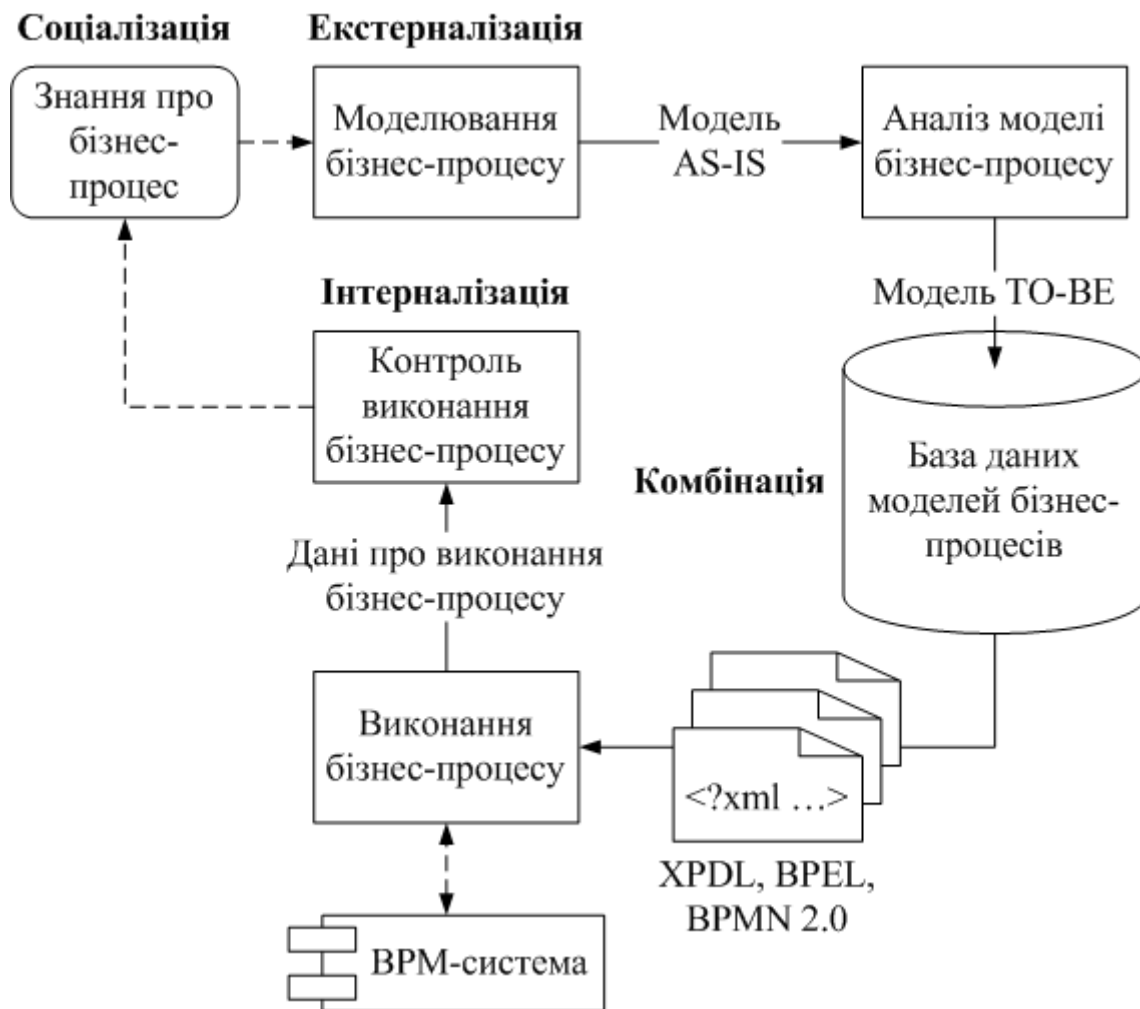


Рис. 3 – Життєвий цикл моделей бізнес-процесів

Таким чином, життєвий цикл моделей бізнес-процесів в рамках концепції BPM можна розглядати з точки зору перетворення знань про бізнес-процеси підприємства відповідно до моделі SECI (рис. 3).

Моделювання бізнес-процесу розглядається як етап формалізації неявних знань у явні знання (екстерналізація) на основі різних нотацій моделювання, призначених для опису бізнес-процесів з різних перспектив.

Моделі бізнес-процесів, будучи спеціалізованими моделями підприємства (enterprise models), спрямовані на відображення особливостей та характеристик бізнес-процесів. Вони використовуються для визначення функціональності та структури процесу (підпроцеси, функції та операції), послідовності функцій та

зв'язків між ними, вартості функцій та обсягів ресурсів, які вони потребують для виконання, тощо.

Моделі бізнес-процесів використовуються з метою:

1) кращого розуміння бізнес-процесів та, відповідно, кращого управління бізнес-процесами;

2) повторного використання набутих знань про бізнес-процеси;

3) вдосконалення бізнес-процесів (їх певних характеристик).

Виділяють основні категорії моделей бізнес-процесів: моделі діяльності (activity models) та моделі поведінки (behavioral models).

Моделі діяльності спрямовані, насамперед, на опис:

1) структури бізнес-процесу (функцій та підпроцесів);

2) входів та виходів для кожної функції або підпроцесу;

3) управляючих зв'язків;

4) ресурсів, необхідних для виконання функцій.

Моделі поведінки описують потік управління (control flow) процесу – правила послідовності, за якою виконуються (або мають виконуватися) функції. Моделі поведінки не обов'язково визначають об'єкти або ресурси, необхідні, або вироблені в результаті виконання бізнес-процесу. Такі моделі необхідні для аналізу бізнес-процесів з точки зору часу та/або послідовності виникнення подій. Моделі поведінки, подібно до комп'ютерних програм, є виконуваними визначеннями бізнес-процесів [3].

Згідно з останніми дослідженнями організації BPTrends (звіт «The State of Business Process Management 2016»), проведеними ще у 2016 році, найбільш популярною нотацією моделювання бізнес-процесів є BPMN (Business Process Model and Notation) – її використовує понад 64 % респондентів. Близько 18 % використовують нотацію EPC (Event-driven Process Chain), яка також дозволяє будувати моделі, що демонструють поведінку описуваних бізнес-процесів.

Щодо нотацій, призначених для побудови моделей діяльності, лише 4 % опитаних підприємств для опису бізнес-процесів застосовують діаграми IDEF0 та DFD (Data Flow Diagram).

В якості прикладу нижче продемонстровані моделі бізнес-процесів у різних нотаціях моделювання (рис. 4–7). Діаграма IDEF0 (рис. 4) демонструє структуру бізнес-процесу постачання продукції, яку підприємство придбає у різних постачальників.

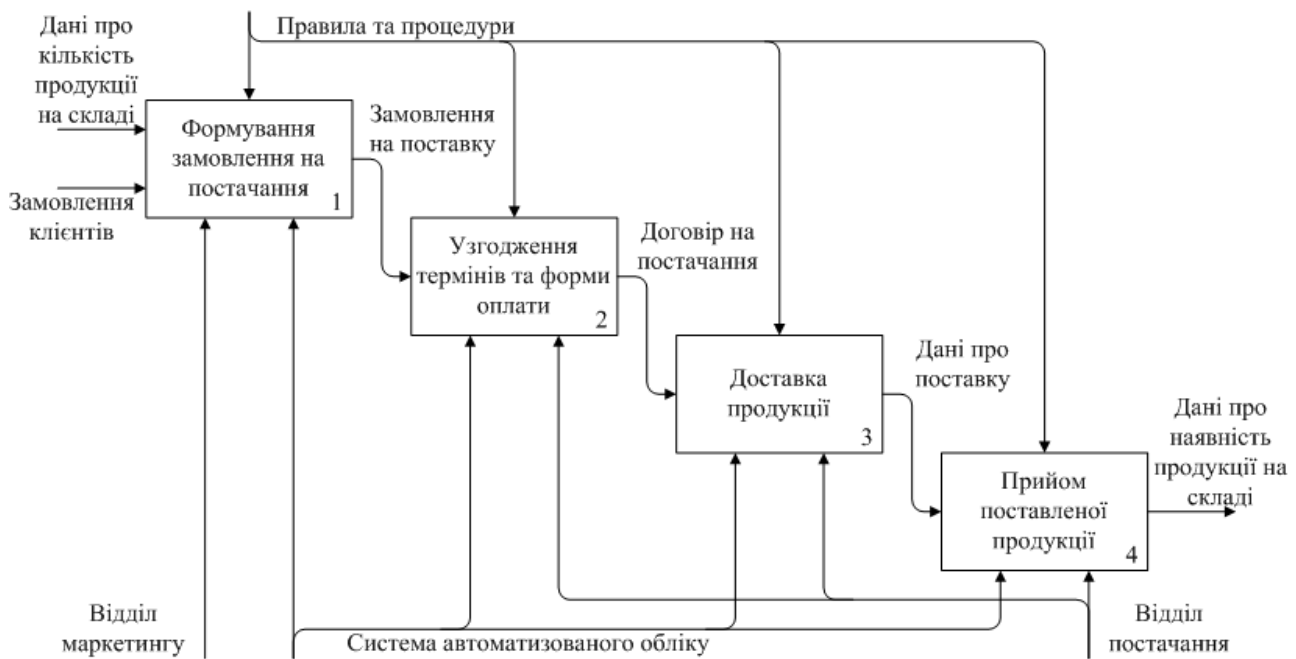


Рис. 4 – Приклад моделі бізнес-процесу в нотації IDEF0

Моделі в нотації IDEF0 призначені для опису структури бізнес-процесів підприємства на верхньому рівні. Основними елементами моделей IDEF0 є функції, що виконуються підприємством, пов'язані між собою та з зовнішнім середовищем за допомогою зв'язків, що визначають матеріали або інформацію, які перетворюються в результаті виконання функцій на продукти або послуги, управляючі впливи (стандарти, інструкції, рекомендації тощо), які визначають порядок виконання функцій, а також ресурси (персонал, інструменти тощо), які необхідні для виконання функцій. Так, наприклад, для виконання функції «Формування замовлення на постачання» (рис. 4) необхідна інформація про кількість продукції на складі та замовлення клієнтів. В результаті виконання цієї функції відділом маркетингу з використанням системи автоматизованого обліку та на основі певних правил та процедур роботи з постачальником буде сформоване замовлення на постачання продукції. Добре зрозумілі діаграми IDEF0 повинні містити 3–6 функцій (в інших випадках необхідно замислитись над доцільністю декомпозиції діаграми), зображених у вигляді блоків, кожна сторона якого з'єднана не більш ніж з 6 дугами. Проте для кожної сторони блоку повинна бути визначена хоча б 1 дуга відповідного типу.

Діаграма DFD (рис. 5) демонструє структуру бізнес-процесу формування замовлення на постачання продукції. Дана модель була отримана в результаті декомпозиції функції «Формування замовлення на постачання», представленої на діаграмі IDEF0 (рис. 4).

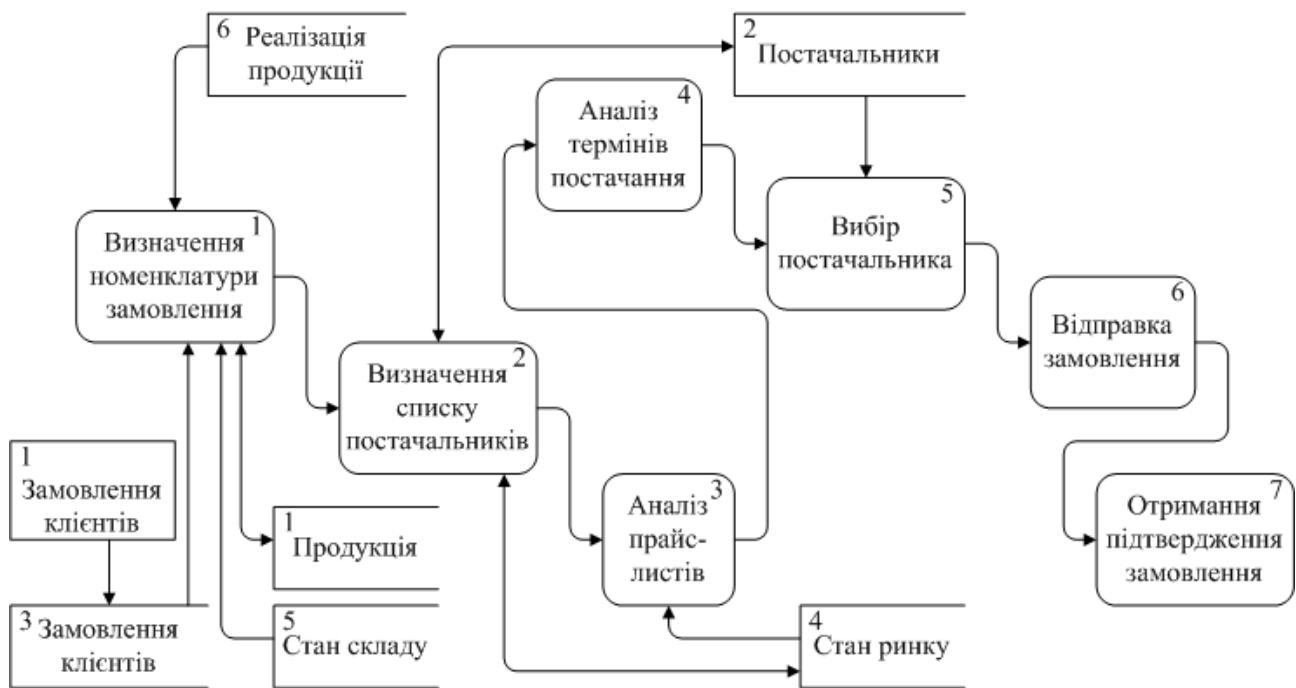


Рис. 5 – Приклад моделі бізнес-процесу в нотації DFD

На відміну від IDEF0, нотація DFD дозволяє детально зобразити роботи, виконувані в рамках бізнес-процесу, з точки зору послідовності обробки ними даних. Таким чином, окрім функцій, діаграми DFD містять спеціальні елементи – зовнішні сутності та накопичувачі даних. Зазвичай діаграми потоків даних використовуються з метою формування вимог до програмного забезпечення та подальшого створення моделей даних. Добре зрозумілі діаграми DFD повинні містити 7 ± 2 елементів. Для кожної роботи повинні бути визначені вхідні та вихідні потоки даних, але їх кількість не повинна перевищувати 3.

Нижче зображено структуру бізнес-процесу «Формування замовлення на постачання», представленого за допомогою нотації EPC (рис. 6).

EPC використовується для побудови моделей поведінки, тобто таких, що визначають послідовність та правила, за якими виконуються роботи бізнес-процесу (workflow). Саме тому, окрім функцій, дана нотація дозволяє визначати елементи, які зображують події, що виникають під час виконання бізнес-процесу. Для представлення логіки бізнес-процесу використовуються спеціальні елементи – з'єднувачі «AND», «OR» та «XOR». Добре зрозумілі діаграми повинні містити не більше ніж 31 елемент, включаючи 1 початкову та 1 кінцеву подію. Кожному з'єднувачу певного типу, що визначає розгалуження (split) повинен відповідати з'єднувач того ж типу, що визначає злиття (join) потоку управління бізнес-процесу. Бажано уникати використання з'єднувачів типу «OR» для подання логіки бізнес-процесу. Функції можуть мати лише

1 вхідну та 1 вихідну дугу. Щодо з'єднувачів, кількість дуг, з'єднаних з ними, не повинна перевищувати 3 [4].

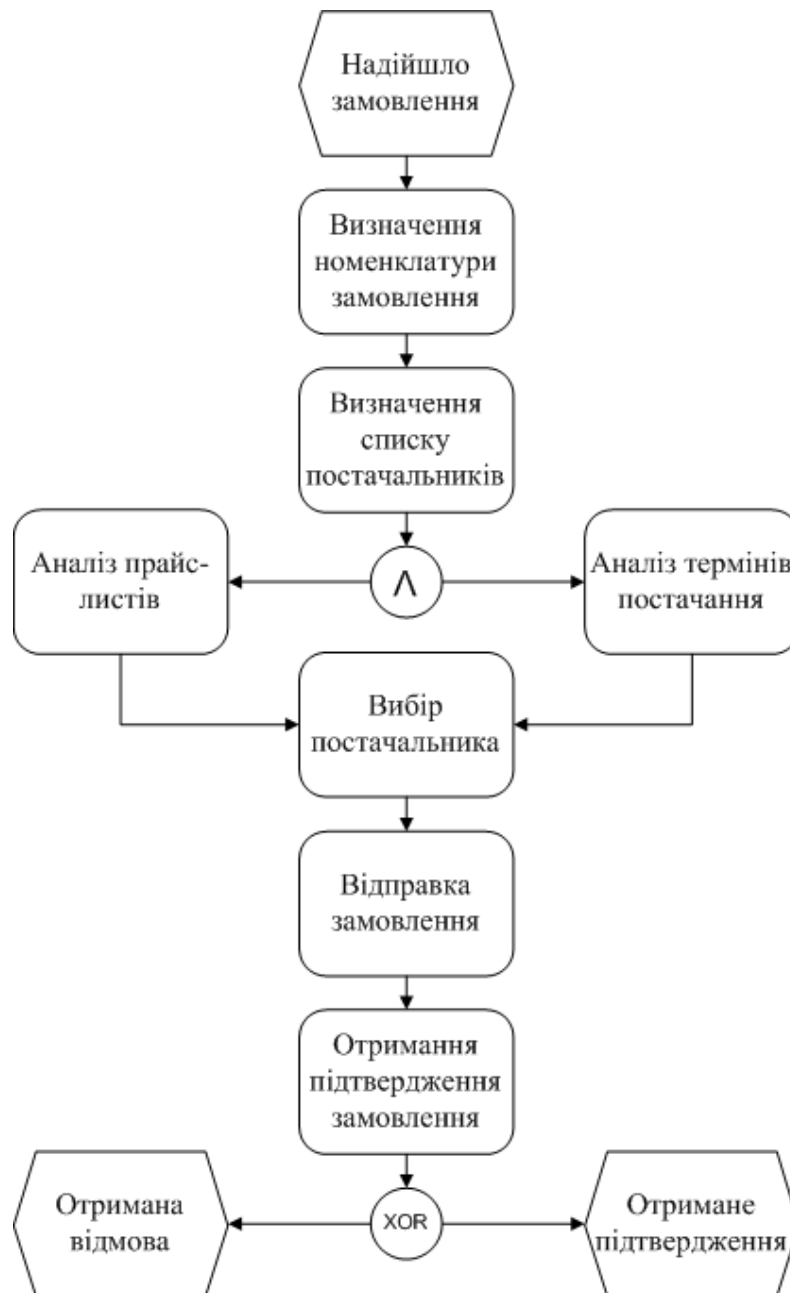


Рис. 6 – Приклад моделі бізнес-процесу в нотації EPC

Нотація Нижче зображено структуру бізнес-процесу «Узгодження термінів та форми оплати», представленого за допомогою нотації BPMN (рис. 7).

Нотація BPMN, як і EPC, призначена для опису потоку управління бізнес-процесів. Крім того, дана нотація дозволяє створювати так звані виконувані моделі бізнес-процесів, які використовуються для автоматизації операційних бізнес-процесів системами управління бізнес-процесів (BPMS).

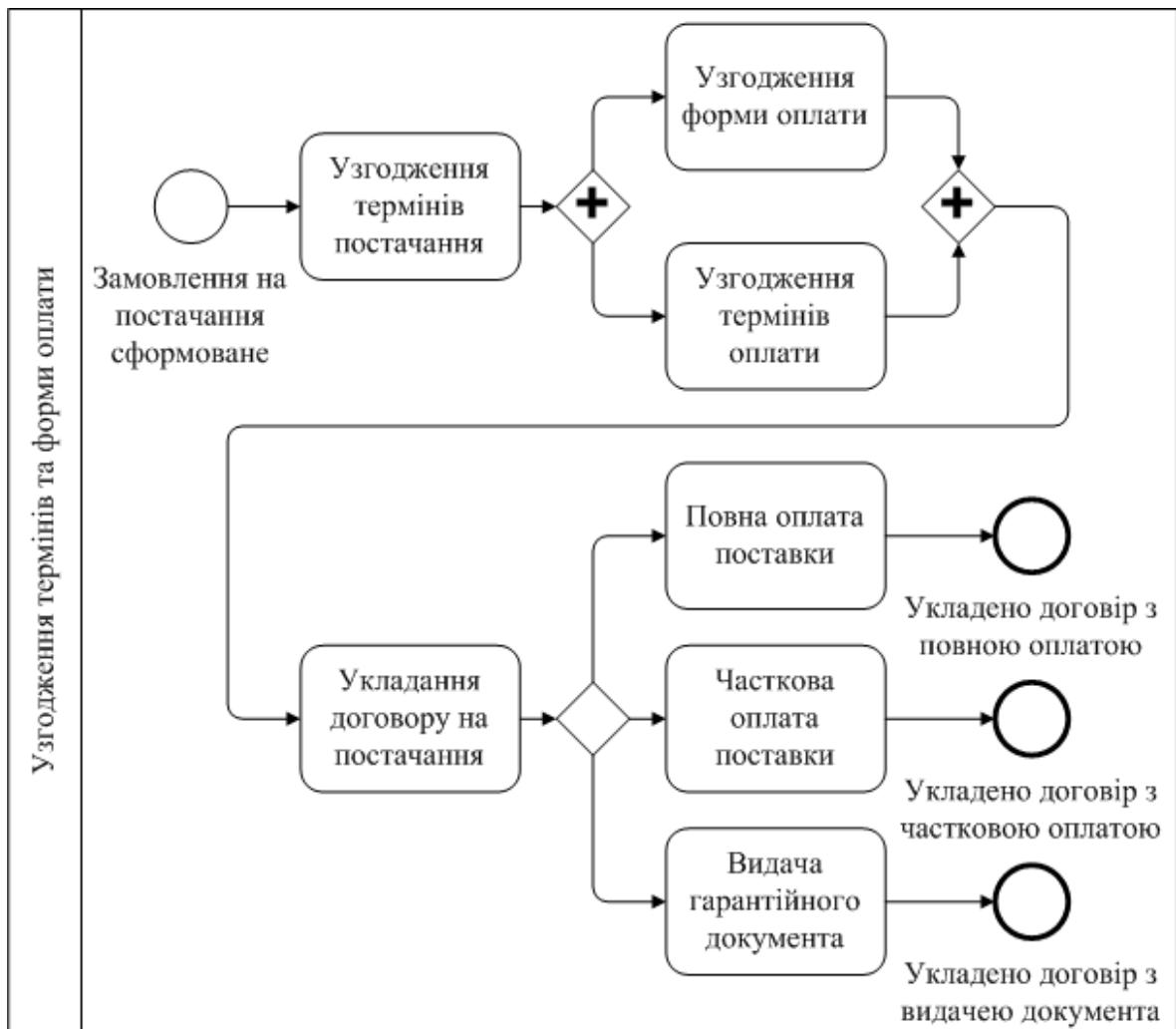


Рис. 7 – Приклад моделі бізнес-процесу в нотації BPMN

Окрім основних видів елементів потоку управління, знайомих з нотації EPC (подія, функція та з'єднувач), нотація BPMN визначає пули (pool), які визначають межі бізнес-процесу, та доріжки (lane), які визначають відповідальність учасників бізнес-процесу. Щодо різновидів дуг, окрім потоків послідовності виконання функцій, в нотації BPMN визначені також потоки повідомлень, які призначені для опису взаємодії між бізнес-процесами (choreography, collaboration), а також асоціації (association) – зв'язки функцій з текстовими анотаціями або об'єктами даних. Для формування добре зрозумілих моделей бізнес-процесів в нотації BPMN необхідно дотримуватися тих самих рекомендацій, що й для моделей в нотації EPC [4]. До того ж, найбільш вірогідним є виникнення помилок під час опису взаємодії декількох бізнес-процесів:

- 1) пропущені початкові або кінцеві події (рис. 8, а);
- 2) функції не мають вхідних або вихідних потоків управління (рис. 8, б);

3) для опису взаємодії між бізнес-процесами використовуються потоки послідовності замість потоків повідомлень (рис. 8, в).

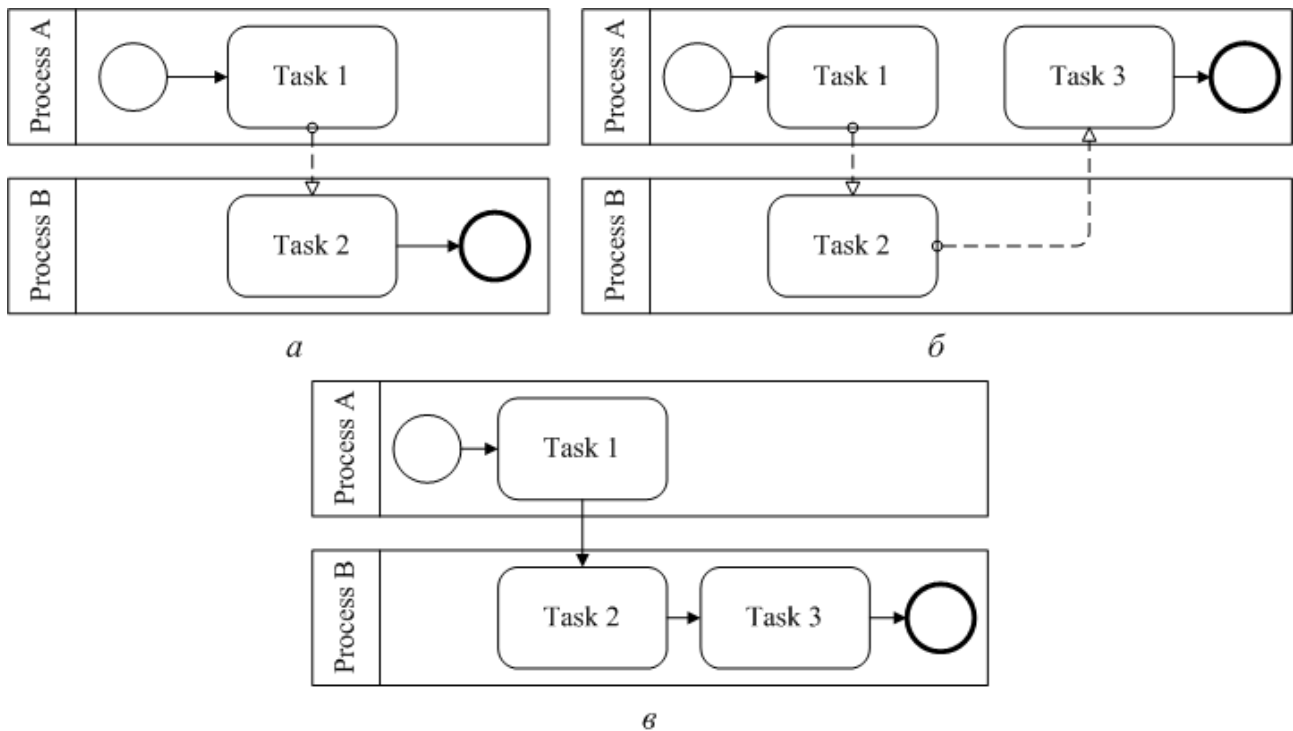


Рис. 8 – Порушення, що виникають при моделюванні взаємодії бізнес-процесів в нотації BPMN

Основним завданням моделювання бізнес-процесів є створення діаграм високої якості, які демонструватимуть зрозумілу структуру бізнес-процесів, що дозволить прискорити процес комбінації та інтерналізації знань про бізнес-процеси підприємства. Для забезпечення зрозумілості моделей бізнес-процесів може бути застосований контроль та безперервне вдосконалення моделей, які розробляються в рамках проекту BPM, на основі методу PDCA (Plan-Do-Check-Act) (рис. 9). Таким чином, необхідно контролювати коректність створюваних моделей, оскільки добре зрозумілі моделі бізнес-процесів зазвичай не містять помилок.

Повторне використання знань про бізнес-процеси, поданих за допомогою моделей бізнес-процесів, дозволяє зменшити витрати на моделювання бізнес-процесів «нуля», за рахунок використання існуючих моделей бізнес-процесів. Для цього може бути використаний репозиторій моделей бізнес-процесів, який виступає в ролі централізованого сховища для накопичення та колективного використання моделей бізнес-процесів з метою їх повторного використання. Репозиторієм називається спеціалізована, розширювана база даних, призначена

для конкретної предметної області. Репозиторій моделей бізнес-процесів надає зацікавленим сторонам можливість вилучати моделі бізнес-процесів з метою кращого розуміння діяльності підприємства, а також оновлювати, аналізувати та використовувати їх повторно.

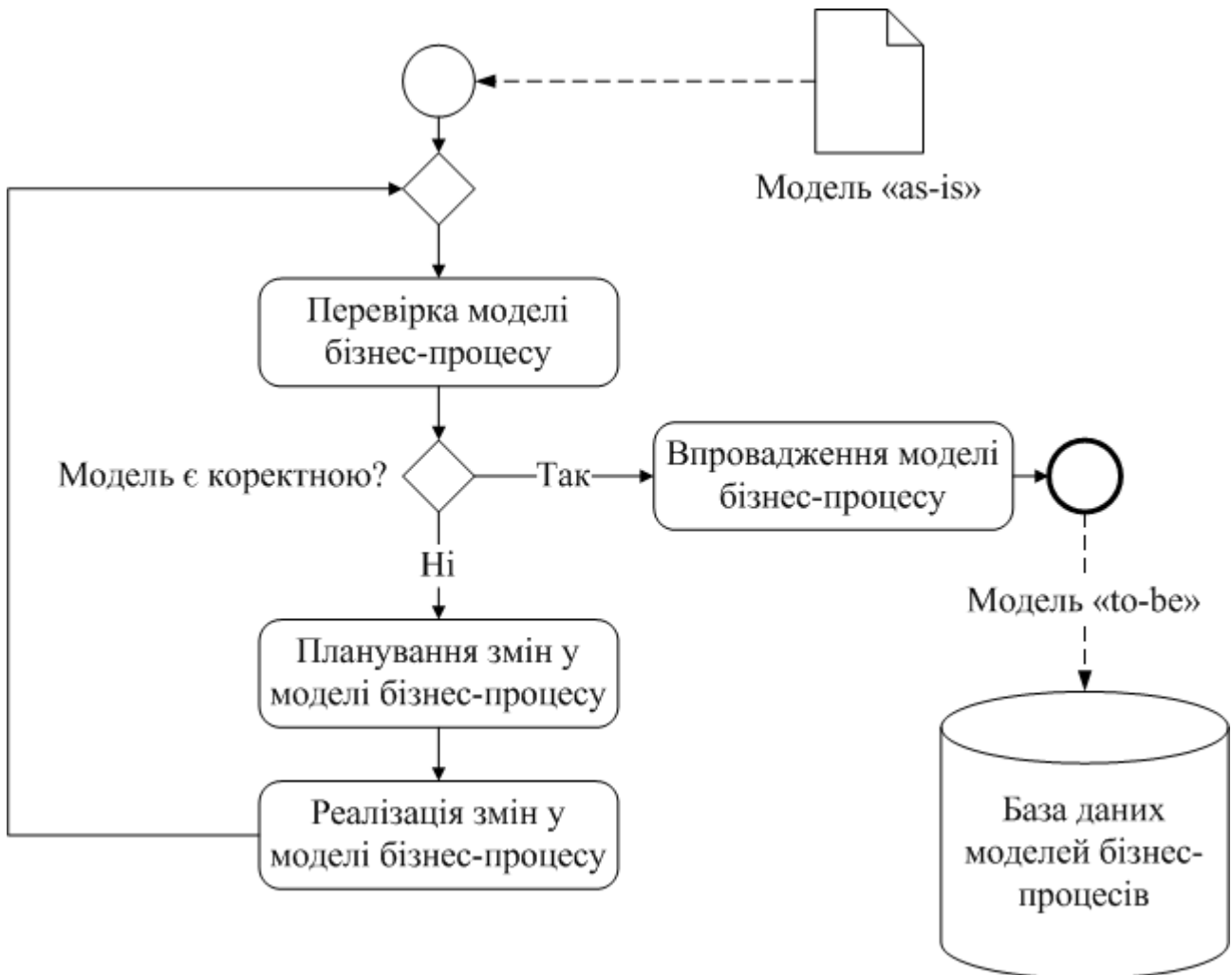


Рис. 9 – Контроль та безперервне вдосконалення моделей бізнес-процесів

Програмне забезпечення, яке призначене для зберігання моделей бізнес-процесів, повинно задовольняти наступним вимогам [5]:

- 1) зберігати моделі бізнес-процесів, представлені за допомогою хоча б однієї нотації моделювання;
- 2) зберігати як узагальнені моделі бізнес-процесів, так і моделі бізнес-процесів певної предметної області;
- 3) представляти моделі бізнес-процесів як в текстовій, так і в графічній формах;
- 4) описувати один бізнес-процес за допомогою декількох моделей різних рівнів деталізації (наприклад, згідно з концепцією континууму підприємства –

Enterprise Continuum – архітектурної методології TOGAF – The Open Group Architecture Framework);

5) підтримувати декілька версій моделі бізнес-процесу;

6) зберігати моделі бізнес-процесів анотовані інформацією, що дозволить прискорити пошук, навігацію та інтерпретацію моделей бізнес-процесів;

7) забезпечувати класифікацію моделей бізнес-процесів відповідно до широко прийнятих схем класифікації, або еталонних чи референтних моделей (наприклад, APQC PCF – American Productivity and Quality Center Process Classification Framework, ITIL – IT Infrastructure Library, COBIT – Control Objectives for Information and Related Technologies, SCOR – Supply Chain Operations Reference, та ін.) з метою прискорення навігації.

Таким чином, впровадження та підтримка репозиторію моделей бізнес-процесів необхідні для забезпечення етапу комбінації знань про бізнес-процеси підприємства. Для цього застосовуються методи пошуку в репозиторії подібних моделей бізнес-процесів, які дозволяють запобігати дублюванню моделей, якщо певна модель бізнес-процесу вже зберігається в репозиторії, а також визначати подібні моделі бізнес-процесів (до заданої моделі або її фрагменту) з метою їх повторного використання.

Формалізовані та структуровані знання про бізнес-процеси підприємства, представлені за допомогою моделей у відповідних нотаціях, накопичуються та зберігаються у репозиторії моделей бізнес-процесів. На етапі розповсюдження та використання знань графічні моделі бізнес-процесів, розроблені бізнес-аналітиком, перетворюються на моделі у одному з форматів на основі XML (eXtensible Markup Language): XPDL (XML Process Definition Language), BPEL (Business Process Execution Language), або BPMN 2.0. Після перетворення така модель завантажується до BPMS, де вона використовується для створення екземплярів та управління переходами між функціями бізнес-процесу. Функції виконуються співробітниками підприємства або веб-сервісами.

Зазначені вище формати на основі мови XML використовуються також і для обміну визначеннями бізнес-процесів. Хоча не існує стандартних форматів для обміну моделями бізнес-процесів в нотаціях IDEF0 та DFD, відомо про спроби створити формат на основі XML для моделей в нотації EPC. Існує також пропрієтарний формат файлів AML (ARIS Markup Language), призначений для обміну моделями, створеними за допомогою інструмента моделювання бізнес-процесів ARIS, в тому числі і моделями в нотації EPC. Формат XPDL був запропонований WfMC (Workflow Management Coalition) для обміну описами бізнес-процесів між різними інструментами моделювання та управління бізнес-

процесами. Даний формат широко використовується для обміну діаграмами бізнес-процесів в нотації BPMN. Проте, з появою нотації BPMN 2.0, з'явився «власний» формат для обміну моделями бізнес-процесів в нотації BPMN, який також базується на мові XML.

В якості прикладу нижче наведено фрагмент структури бізнес-процесу «Узгодження термінів та форми оплати» (рис. 7), поданої за допомогою XML-подібних документів у форматах XPDЛ та BPMN 2.0 (рис. 10).

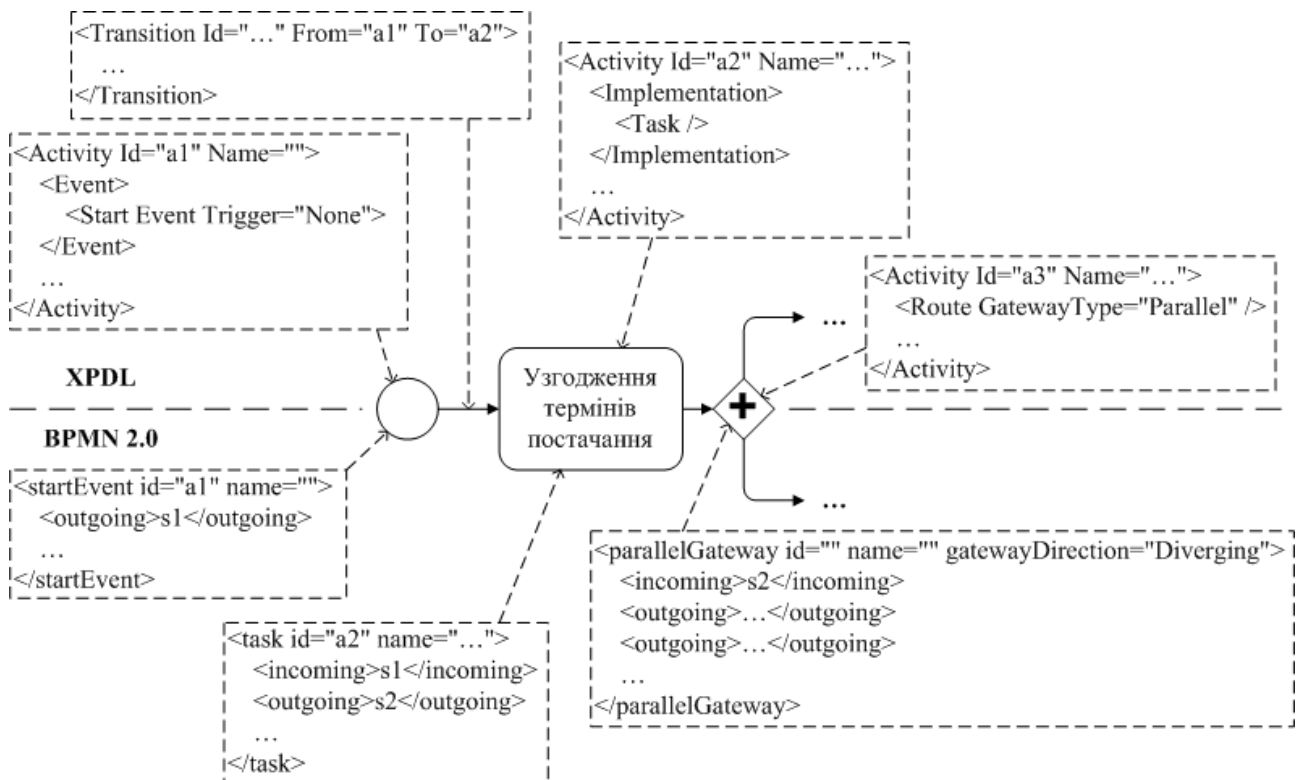


Рис. 10 – Приклади опису бізнес-процесу у форматах XPDЛ та BPMN 2.0

Розглянутий приклад (рис. 10) демонструє подання основних елементів нотації BPMN (подія, функція, з'єднувач, потік послідовності) за допомогою синтаксису мов XPDЛ та BPMN 2.0. Хоча дані мови дозволяють описувати одні й ті ж самі елементи моделей бізнес-процесів, синтаксис XPDЛ та BPMN 2.0 суттєво відрізняється. Для організації бази даних бізнес-процесів підприємства може бути використаний стандарт RDF (Resource Description Framework) та відповідне сховище даних, як спеціалізоване – призначене та оптимізоване для роботи з RDF, так і сховище, побудоване на основі деякої системи управління базами даних тощо. Мова запитів до даних, представлених за допомогою RDF, SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) дозволяє аналізувати дані про бізнес-процеси, наприклад, виконувати співставлення зі зразком (pattern matching).

Контроль виконання бізнес-процесу здійснюється на основі використання методів та інструментів Business Intelligence (BI), насамперед, таких як ВАР (Business Activity Monitoring) та СЕР (Complex Event Processing). Технології ВАР та СЕР використовуються для обробки даних про події, що виникають під час виконання бізнес-процесів, для прийняття рішень щодо управління бізнес-процесами. Практика застосування методів та інструментів ВІ в галузі ВРМ отримала назву Business Process Intelligence (BPI). Проте, навіть можливості аналізу даних, запропоновані інструментами ВІ, орієнтовані на дані, отримані під час виконання бізнес-процесу, та їх використання для прийняття рішень, а не на сам бізнес-процес. Для подолання концептуальних розбіжностей між ВРМ та ВІ був запропонований ряд методів, що отримав назву Process Mining, призначених для автоматичної генерації моделі бізнес-процесу на основі даних про його виконання. Модель бізнес-процесу, отримана за допомогою такого підходу, надалі може використовуватися в рамках циклу управління бізнес-процесами в якості моделі «as-is», відображаючи поточний стан аналізованого бізнес-процесу [1].

На етапі контролю нові неявні знання про виконувані бізнес-процеси, отримані в результаті використання засобів ВІ та Process Mining, засвоюються зацікавленими сторонами (інтерналізація). В подальшому ці знання проходять етап соціалізації, коли зацікавлені сторони обмінюються ними для прийняття рішень щодо необхідності вдосконалення бізнес-процесів (рис. 3).

Висновки

Розглянуті питання формалізації, поширення та повторного використання знань про діяльність підприємства з точки зору концепції ВРМ. Моделювання бізнес-процесів, як основний інструмент концепцій управління бізнес-процесами та управління знаннями підприємства, використовується для формального подання знань про діяльність підприємства, сприяє їх кращому, розповсюдженню та повторному використанню.

Життєвий цикл моделей бізнес-процесів розглянуто з точки зору етапів життєвого циклу перетворення знань відповідно до моделі SECI. Моделювання бізнес-процесів полягає у документуванні неявних знань про бізнес-процеси підприємства на основі певних нотацій моделювання, найбільш поширеними з яких є BPMN, EPC, IDEF0 та DFD. Для забезпечення зрозумілості моделей, що розробляються, необхідно контролювати їх коректність на основі розглянутих рекомендацій, оскільки добре зрозумілі моделі бізнес-процесів зазвичай не містять помилок. Проблема поширення та повторного використання моделей бізнес-процесів може бути вирішена за допомогою впровадження репозиторію моделей

бізнес-процесів – централізованого сховища формалізованих знань про бізнес-процеси підприємства, призначеного для їх накопичення та повторного використання. Значну роль у поширенні та повторному використанні моделей бізнес-процесів відіграють існуючі формати обміну між різними інструментами моделювання та управління бізнес-процесами, найбільш популярними серед яких є XPDЛ та BPMN 2.0. Зважаючи на суттєві відмінності між існуючими форматами обміну визначеннями бізнес-процесів, запропоновано можливість використання стандарту RDF для представлення та подальшого аналізу знань про бізнес-процеси підприємства. В якості шляхів отримання нових знань про бізнес-процеси підприємства розглянуто методи та інструменти ВРІ, зокрема, Process Mining. На основі отриманих знань зацікавлені сторони приймають рішення щодо необхідності вдосконалення бізнес-процесу.

Література:

1. W. M. P. Van Der Aalst, «Business process management: a comprehensive survey», ISRN Software Engineering, 2013.
2. B. Kalpic, and P. Bernus, «Business process modeling through the knowledge management perspective», Journal of Knowledge Management, vol. 10, no. 3, p. 40 – 56, 2006.
3. J. Hrastnik, J. S. Cardoso, and F. Kappe, «The Business Process Knowledge Framework», ICEIS, vol. 3, p. 517 – 520, 2007.
4. F. Corradini, et. al, «Quality Assessment Strategy: Applying Business Process Modelling Understandability Guidelines», University of Camerino, 2015.
5. M. Elias, «Design of business process model repositories: requirements, semantic annotation model and relationship meta-model», Department of Computer and Systems Sciences, Stockholm University, 2015.

3.7. Вплив статистичних характеристик флуктуацій початкових фаз радіолокаційного сигналу на точність вимірювання радіальної швидкості цілі

Вступ та постановка проблеми. Вдосконалення та розвиток сучасних аеродинамічних об'єктів (цілей), радіолокаційного спостереження, виконання ними завдань за призначенням на малих та гранично малих висотах обумовлюють підвищення вимог до засобів їх виявлення та супроводження. Зростання маневрених можливостей цілей обумовлює необхідність оцінювання радіолокаторами різних класів похідних дальності до цілі з максимальною точністю.

Визначення радіальної швидкості цілі протягом первинної часо-частотної обробки радіолокаційного сигналу реалізовано в когерентно-імпульсних радіолокаційних станціях (РЛС), які в якості зондувального сигналу використовують когерентну пачку радіоімпульсів.

Ступінь когерентності даної пачки визначає тривалість її закономірної фазової структури і, як слід, міру роздільної здатності РЛС за радіальною швидкістю та точність вимірювання радіальної швидкості повітряного об'єкта (цілі).

Реальні умови поширення та відбиття радіолокаційного сигналу здатні суттєво обмежувати його часову когерентність та якість його часо-частотної обробки.

До вказаних умов можна віднести вплив атмосферних неоднорідностей [1, 2], доплерівський шум цілі [3] та відбиття радіохвиль від земної поверхні зі складним рельєфом місцевості [4].

Ступінь когерентності пачки визначає тривалість її закономірної фазової структури і, як слід, міру роздільної здатності РЛС за частотою та точність вимірювання частоти вказаного радіолокаційного сигналу.

До сучасних когерентно-імпульсних РЛС висуваються достатньо суворі вимоги щодо забезпечення заданих точнісних характеристик. Так, в РЛС, які здійснюють траєкторну обробку радіолокаційної інформації, помилка вимірювання радіальної швидкості цілі не повинна перевершувати 1 м/с.

Таким чином, необхідно проаналізувати значення складових помилок вимірювання радіальної швидкості цілі та оцінити ступінь внеску окремих факторів у зниження якості часо-частотної обробки пачки радіоімпульсів у когерентно-імпульсних РЛС.

Оцінка можливого зниження точності вимірювання радіальної швидкості цілі за рахунок фазових флуктуацій сигналу дозволить визначити умови доцільності оптимізації його обробки.

Основна частина

Оцінювання радіальної швидкості цілі здійснюється за з виразом [1]:

$$V_r = \frac{\lambda}{4\pi} \Omega, \quad (1)$$

де $\Omega = 2\pi F_d$ – циклічний доплерівський зсув частоти;

F_d – частота Доплера;

λ – довжина хвилі радіолокаційного сигналу.

Припускається, що прийнята реалізація представляє собою суму відбитої від цілі пачки радіоімпульсів та внутрішнього шуму приймального пристрою:

$$y(t, \Omega) = x(t, \Omega) + n(t), \quad (2)$$

де $y(t, \Omega)$ – реалізація прийнятого коливання;

$x(t, \Omega)$ – реалізація корисного сигналу;

$n(t)$ – реалізація внутрішнього гаусівського шуму.

Забезпечення стійкості радіолокаційного спостереження аеродинамічних (складних, що маневрують) об'єктів (цілей) безпосередньо пов'язане з максимізацією відношення сигнал/шум, яке визначає необхідну дальності дії РЛС, якість радіолокаційного виявлення та точність вимірювання їхніх координат. Це досягається когерентним накопиченням пачки прийнятих радіоімпульсів. Для моделі сигналу з випадковими амплітудою і початковою фазою умовна ймовірність правильного виявлення описується виразом [1]:

$$D = F \frac{1}{1+q^2/2} \quad (3)$$

і залежить тільки від умовної ймовірності хибної тривоги F та відношення сигнал/шум за потужністю q^2 (параметра виявлення).

Для підвищення умовної ймовірності правильного виявлення необхідно збільшувати відношення сигнал/шум, що може бути забезпечено використанням когерентної пачки з якомога більшою кількістю радіоімпульсів.

На рис. 1 наведені графіки залежності умовної ймовірності правильного виявлення (3) від кількості радіоімпульсів, що накопичуються когерентно, в процесі обробки прийнятого сигналу.

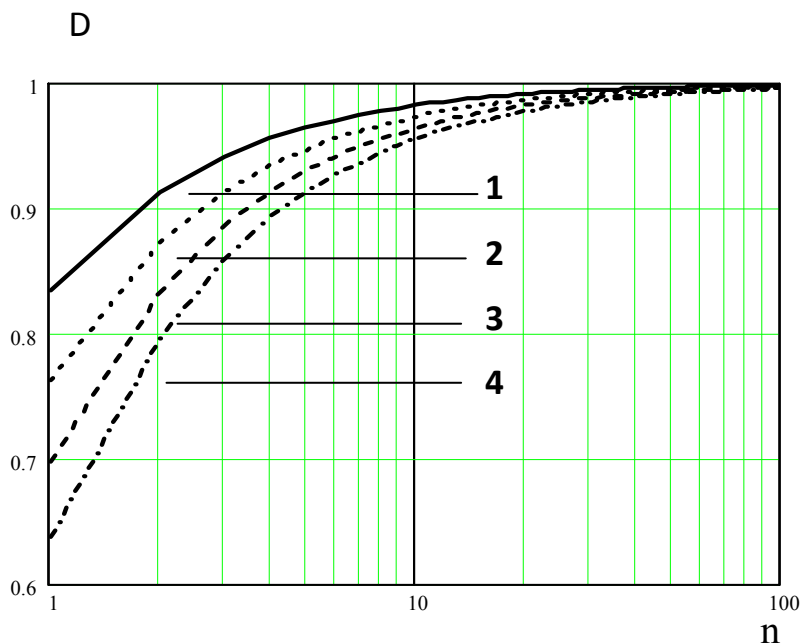


Рис. 1 – Залежність умовної ймовірності правильного виявлення від кількості радіоімпульсів

Результати отримані при $q^2 = 100$ для випадків: $F = 10^{-4}$ (крива 1), $F = 10^{-6}$ (крива 2), $F = 10^{-8}$ (крива 3), $F = 10^{-10}$ (крива 4). Дані значення характеризують якість радіолокаційного виявлення РЛС різного призначення, як оглядових РЛС, так й РЛС автоматичного супроводження цілей.

Отримані залежності свідчать про те, що когерентне накопичення радіоімпульсів прийнятої пачки здатне значно підвищити якість радіолокаційного виявлення. При цьому, найбільша ефективність спостерігається при переході від обробки одного радіоімпульсу до когерентної обробці 10 радіоімпульсів.

Підвищення умовної ймовірності правильного виявлення D в залежності від умовної ймовірності хибної тривоги $F = 10^{-4} \dots 10^{-10}$ складатиме 15...30 відсотків. Перехід від когерентного накопичення 10 радіоімпульсів до когерентного накопичення 100 радіоімпульсів викликає збільшення D лише на 1,6...4 відсотки.

Вказане свідчить про те, що при рішенні задачі якісного радіолокаційного спостереження, необхідно забезпечити синфазне складання 10..30 прийнятих радіоімпульсів.

Таким чином, корисним сигналом обирається когерентна пачка радіоімпульсів з випадковою амплітудою і початковою фазою, комплексна амплітуда якої описується наступним виразом:

$$\dot{X}(t, \Omega) = b \sum_{i=1}^n \dot{X}_i(t, \Omega) \exp[j(\beta)], \quad (4)$$

де $\dot{X}_i(t, \Omega)$ – комплексна амплітуда i -го радіоімпульсу;

b – випадкова амплітуда радіосигналу, яка розподілена за законом Релея;

β – випадкова початкова фаза радіосигналу, яка розподілена за рівномірним законом;

i – номер радіоімпульсу, який відлічується від початку пачки;

n – число радіоімпульсів в пачці.

Згідно [1] визначено, що оцінювання зсуву частоти пачки радіоімпульсів може бути здійснено шляхом знаходження аргументу максимуму натурального логарифму відношення правдоподібності:

$$\hat{\Omega} = \arg \max \ln \ell(\Omega), \quad (5)$$

де $\ell(\Omega)$ – відношення правдоподібності, як функція вимірюваного параметра.

В [1] визначено, що відношення правдоподібності для когерентного сигналу з рівномірно розподіленою випадковою фазою й випадковою амплітудою, розподіленою за законом Релея, як результат статистичного усереднення за випадковими параметрами b і β має наступний вид:

$$\ell(\Omega) = \frac{1}{1 + \frac{q^2}{2}} \exp \frac{\frac{q^2}{2}}{2(1 + \frac{q^2}{2})} |Z_H(\Omega)|^2, \quad (6)$$

де q^2 – відношення сигнал/шум за потужністю; $|Z_H(\Omega)|^2$ – квадрат модулю нормованого комплексного вагового інтеграла, як функція вимірюваного параметра.

В умовах регулярного вимірювання ($q^2 \gg 1$) справедливою є рівність:

$$|Z_n(\Omega)| = |Z_n(\vec{\Phi}_c, \vec{\Phi}_o)| \approx q\rho(\vec{\Phi}_c, \vec{\Phi}_o) = q\rho(\Omega), \quad (7)$$

де $\vec{\Phi}_c = \|\Phi_{ci}\|^T$ ($i=1, 2, \dots, n$) – вектор спостережуваних значень початкових фаз радіоімпульсів пачки;

$\vec{\Phi}_o = \|\Phi_{oi}\|^T$ – вектор очікуваних значень початкових фаз радіоімпульсів пачки;

$\rho(\vec{\Phi}_c, \vec{\Phi}_o) = \rho(\Omega)$ – нормована функція розузгодження за початковою фазою спостережуваного та очікуваного радіосигналів.

З урахуванням (7) відношення правдоподібності (6) при $q^2 \gg 1$ можливо записати наступним чином:

$$\ell(\Omega) \approx \frac{2}{q^2} \exp \frac{q^2 \rho^2(\Omega)}{2}. \quad (8)$$

Як показано в [5], у випадку когерентної пачки з постійним періодом слідування радіоімпульсів квадрат нормованої функції розузгодження за частотою описується наступним виразом:

$$\begin{aligned} \rho^2(\Omega) = 1 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_j (\Phi_i - \Phi_j)^2 - \frac{1}{2} T^2 \Omega^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_j (i-j)^2 + \\ + T \Omega \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_j (i-j) (\Phi_i - \Phi_j), \end{aligned} \quad (9)$$

де $\Omega = \omega - \omega_0$ – розузгодження між очікуваною ω й спостережуваною ω_0 циклічними частотами пачки радіоімпульсів;

i, j – номери радіоімпульсів, що відлічуються від початку пачки;

Φ_i, Φ_j – спостережувані значення початкової фази i -го та j -го радіоімпульсів відповідно;

$$\xi_i = \frac{Z_i}{Z_\Sigma}; \quad Z_i = \frac{1}{2} \left| \int_{-\infty}^{\infty} \dot{Y}_i(t) \dot{X}_i^*(t) dt \right| - \text{модуль сигнальної частини комплексного}$$

кореляційного інтеграла для i -го радіоімпульсу;

$\dot{Y}_i(t)$ – комплексна обвідна прийнятого i -го радіоімпульсу;

$\dot{X}_i^*(t)$ – комплексно спряжена, обвідна опорної напруги при обробці i -го радіоімпульсу;

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_i; \quad T - \text{період слідування радіоімпульсів пачки.}$$

Для симетричного амплітудного розподілу радіоімпульсів в пачці $\xi_i = \xi_{n+1-i}$, підставляючи вираз (9) у (8) та логарифмуючи й залишаючи тільки залежні від вимірюваних параметрів доданки, отримується вираз для достатньої статистики:

$$S(\Omega) = \ln \ell(\Omega) = -\frac{q^2}{2} \left\{ \frac{T^2}{2} \Omega^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_j (i-j)^2 - T \Omega \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \xi_i \xi_j (i-j) (\Phi_i - \Phi_j) \right\}. \quad (10)$$

Оцінка і дисперсія похибки оцінювання частоти пачки радіоімпульсів отримується згідно методу найбільшої правдоподібності [1] за виразами:

$$\frac{dS(\Omega)}{d\Omega} = 0 \quad \text{при} \quad \Omega = \hat{\Omega}, \quad (11)$$

$$\frac{1}{\sigma_{\Omega}^2} = -\frac{d^2 \ln \ell(\Omega)}{d\Omega^2} = -\frac{d^2 S(\Omega)}{d\Omega^2} \quad \text{при} \quad \Omega = \hat{\Omega}, \quad (12)$$

де $\ln \ell(\Omega)$ – натуральний логарифм відношення правдоподібності (8) або його достатньої статистики (10);

$\hat{\Omega}$ – оцінка частоти пачки радіоімпульсів.

Після одноразового і дворазового диференціювання по вимірюваному параметру достатньої статистики (10) можливо отримати оцінку і дисперсію похибки оцінювання частоти у наступному вигляді:

$$\hat{\Omega} = \frac{\sum_{j=1}^m \xi_j (2j-1) R_j}{T \sum_{j=1}^m \xi_j (2j-1)^2}, \quad (13)$$

$$\frac{1}{\sigma_{\Omega}^2} = \frac{q^2 T^2}{2} \sum_{j=1}^m \xi_j (2j-1)^2, \quad (14)$$

де R_j – різниця початкових фаз j -ої симетричної пари радіоімпульсів; m – число пар радіоімпульсів, симетричних відносно центру пачки.

Якщо пачка радіоімпульсів має прямокутну, обвідну $(\xi_i = \frac{1}{n})$, вирази (13)

і (14) можна перетворити до наступного вигляду:

$$\hat{\Omega} = \frac{3}{m(4m^2 - 1)T} \sum_{j=1}^m (2j-1)R_j, \quad (15)$$

$$\frac{1}{\sigma_{\Omega}^2} = \frac{q^2(4m^2 - 1)}{12} T^2. \quad (16)$$

Випадкова похибка вимірювання частоти, що обумовлена флуктуаціями початкових фаз імпульсів пачки, може бути представлена виразом:

$$\Delta\Omega = \frac{3}{m(4m^2 - 1)T} \sum_{j=1}^m (2j-1)\Delta R_j, \quad (17)$$

де ΔR_j – флуктуації різниці фаз j -ої симетричної пари радіоімпульсів.

Дисперсія цієї похибки визначається наступним виразом:

$$\sigma_{\Omega_{\text{фл}}}^2 = \frac{9}{m^2(4m^2 - 1)^2 T^2} \left\langle \left[\sum_{j=1}^m (2j-1)\Delta R_j \right]^2 \right\rangle, \quad (18)$$

де $\langle \rangle$ – операція статистичного усереднення.

Дисперсія загальної похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів визначається сумою дисперсії σ_{Ω}^2 похибки (16) обумовленої впливом внутрішніх шумів приймального пристрою й дисперсії $\sigma_{\Omega_{\text{фл}}}^2$ похибки (18), викликаної фазовими флуктуаціями радіоімпульсів пачки:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_{\Omega}^2 + \sigma_{\Omega_{\text{фл}}}^2. \quad (19)$$

Вважається, що фазові флуктуації радіоімпульсів прийнятої пачки розподілені за нормальним законом з нульовим середнім, а кореляція фазових флуктуацій сусідніх радіоімпульсів пачки убуває за знаковмінним законом.

Реалізація статистичного усереднення (18) дозволяє отримати вираз дисперсії загальної похибки вимірювання частоти пачки для експонентної кореляційної функції фазових флуктуацій:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \frac{12}{q^2 T^2 (4m^2 - 1)} + \frac{18\sigma_{\phi}^2}{m^2 T^2 (4m^2 - 1)^2} \left[\sum_{k=1}^m (2k-1)^2 (1 - a^{(2k-1)}) + 2 \times \right. \\ \left. \times \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{m-k} a^i (2k-1)(2k+2i-1)(1 - a^{(2k-1)}) \right], \quad (20)$$

де σ_{ϕ}^2 – дисперсія фазових флуктуацій;

a – коефіцієнт кореляції фазових флуктуацій сусідніх радіоімпульсів пачки.

Для знаковмінної кореляційної функції фазових флуктуацій даний вираз має наступний вигляд:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \frac{12}{q^2 T^2 (4m^2 - 1)} + \frac{18\sigma_{\phi}^2}{m^2 T^2 (4m^2 - 1)^2} \left[\sum_{k=1}^m (2k-1)^2 (1 - (-a)^{(2k-1)}) + 2 \times \right. \\ \left. \times \sum_{k=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{m-k} (-a)^i (2k-1)(2k+2i-1)(1 - (-a)^{(2k-1)}) \right], \quad (21)$$

На рис. 2 наданні графіки залежності квадрата добутку загальної середньоквадратичної похибки (СКП) вимірювання частоти пачки з десяти радіоімпульсів і періоду їх слідування $(\sigma_{\Sigma} T)^2$, отриманого згідно (20), від відношення сигнал/шум по потужності q^2 (рис. 2, а) та від дисперсії фазових флуктуацій (рис. 2, б) при експонентному законі убудання їх кореляції в межах пачки радіоімпульсів. Графіки на рисунку 2, а отримані для коефіцієнта міжімпульсної кореляції фазових флуктуацій $a = 0,99$ та різних значень дисперсії фазових флуктуацій $\sigma_{\phi}^2 = 0,01; 0,1; 1; 10$ рад². Графіки на рис. 2,б отримані для відношення сигнал/шум за потужністю $q^2 = 1000$ та різних значень коефіцієнта міжімпульсної кореляції фазових флуктуацій $a = 0,7; 0,9; 0,99; 1$.

Отримані результати, що наведені на рис. 2,а вказують на те, що в умовах регулярного вимірювання (при $q^2 \gg 1$), точність вимірювання частоти пачки радіоімпульсів в значно більшому ступені залежить від статистичних характеристик фазових флуктуацій ніж від відношення сигнал/шум.

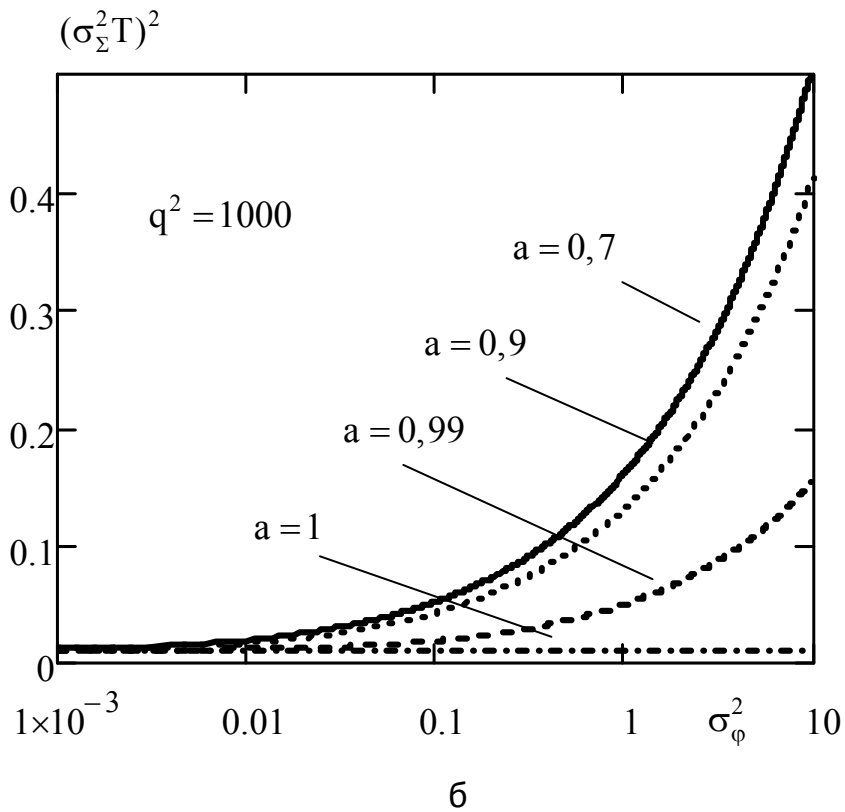
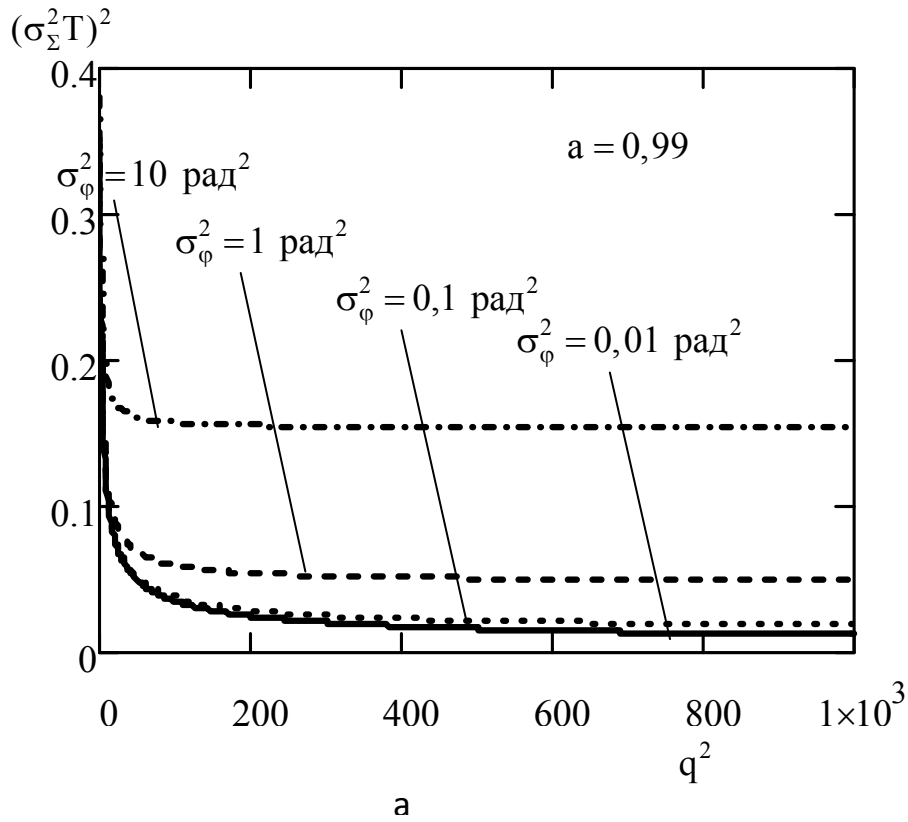


Рис. 2 – Дисперсія похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів при відсутності врахування фазових флуктуацій з експонентною кореляційною функцією

При незначному впливі фазових флуктуації, збільшення їх дисперсії на порядок в області малих значень ($\sigma_{\phi}^2 = 0,01 \dots 0,1 \text{ рад}^2$) майже не впливає на зміну величини дисперсії похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів. При значному впливі фазових флуктуацій, збільшення їх дисперсії на порядок в області суттєвих значень ($\sigma_{\phi}^2 = 1 \dots 10 \text{ рад}^2$), які можуть мати місце в реальних умовах виконання РЛС завдань за призначенням, призводить до зростання дисперсії похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів на порядок і більше. Дані результати отримані при зменшенні коефіцієнта міжімпульсної кореляції фазових флуктуації лише на 1 % ($a = 0,99$).

Отримані результати, що наведені на рисунку 2,б вказують на те, що при незначних величинах дисперсії фазових флуктуацій ($\sigma_{\phi}^2 = 0,01 \dots 0,1 \text{ рад}^2$), зменшення коефіцієнту їх міжімпульсної кореляції на десятки відсотків в діапазоні значень $a = 1 \dots 0,7$ не суттєво впливає на величину дисперсії похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів у порівняння з випадком відсутності впливу фазових флуктуацій (при $a = 1$).

При значних величинах дисперсії фазових флуктуацій ($\sigma_{\phi}^2 = 1 \dots 10 \text{ рад}^2$), дисперсія похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів здатна зростати в десятки разів, причому найбільш яскраво це проявляється при зменшенні коефіцієнта міжімпульсної кореляції на 1...10 % ($a = 0,99 \dots 0,9$), що дійсно може мати місце в практичних випадках.

На рис. 3 наведені графіки залежності квадрата добутку загальної СКП вимірювання частоти пачки з десяти радіоімпульсів і періоду їх слідування $(\sigma_{\Sigma T})^2$ від відношення сигнал/шум за потужністю q^2 при $a=0,99$ (рис. 3, а) та від коефіцієнта кореляції фазових флуктуацій (рис. 3,б) при $q^2 = 1000$.

Графіки, що наведені на рисунку 3 отримані для випадку знакозмінної кореляційної функції фазових флуктуацій та різних значень дисперсії фазових флуктуацій $\sigma_{\phi}^2 = 0,01; 0,1; 1; 10 \text{ рад}^2$. Висновки щодо графіків, що наведені на рисунку 3, в цілому, вони аналогічні вище наведеним висновкам відносно графіків, що наведені на рисунку 2,а.

Графіки, що наведені на рисунку 3,б вказують на те, що при збільшенні дисперсії фазових флуктуацій ($\sigma_{\phi}^2 = 0,01 \dots 10 \text{ рад}^2$), збільшується вплив коефіцієнту їх міжімпульсної кореляції на похибку вимірювання частоти пачки радіоімпульсів.

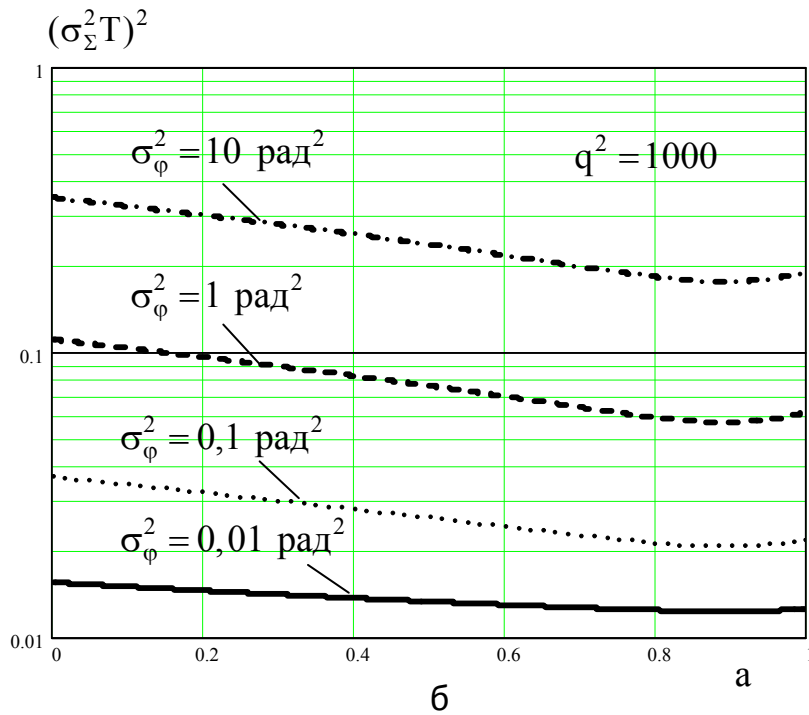
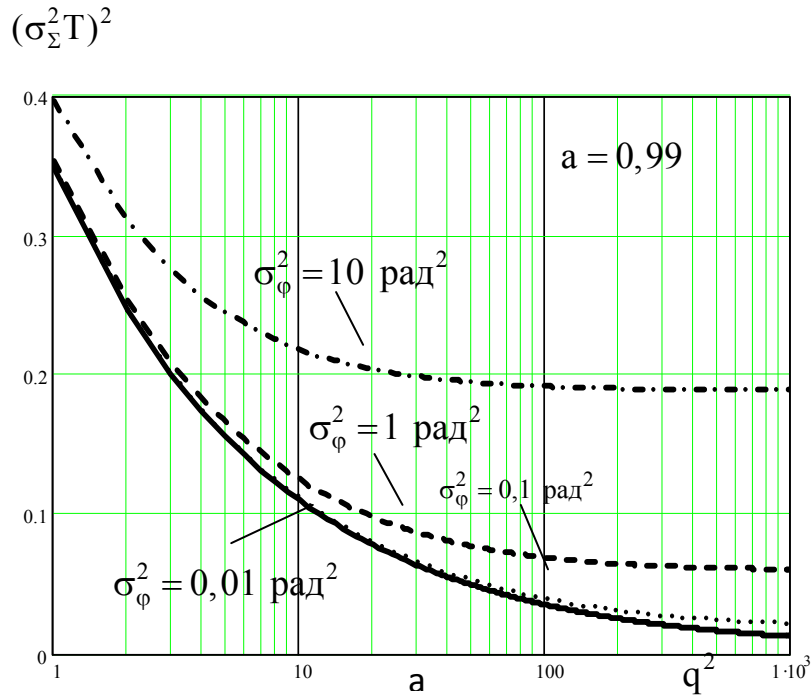


Рис. 3 – Дисперсія похибки вимірювання частоти пачки радіоімпульсів при відсутності врахування фазових флуктуацій зі знакозмінною кореляційною функцією

Причому найбільш суттєво цей ефект має місце при великих величинах дисперсії фазових флуктуацій ($\sigma_\phi^2 = 1 \dots 10 \text{ рад}^2$), що дійсно може мати місце в реальних умовах виконання РЛС завдань за призначенням.

Для пачки радіоімпульсів з прямокутною обвідною та парною кількістю радіоімпульсів, дисперсія похибки вимірювання параметра Ω за наявності лише внутрішніх шумів приймального пристрою оцінюється згідно виразу (16) та має вигляд:

$$\sigma_{\Omega}^2 = \frac{12}{q^2(4m^2 - 1)T^2}. \quad (22)$$

Для фазових флуктуацій радіоімпульсів прийнятої пачки з осцилюючою кореляційною функцією, дисперсія похибки вимірювання параметра Ω за наявності лише фазових флуктуацій, оцінюється згідно виразу [5]:

$$\sigma_{\Omega_{\text{фл}}}^2 = \frac{18\sigma_{\varphi}^2}{m^2(4m^2 - 1)^2 T^2} \left[\sum_{j=1}^m (2j-1)^2 (1 - \exp(-\frac{T}{\tau}(2j-1)) \cos((2j-1)\gamma T)) + 2 \times \right. \\ \left. \times \sum_{l=1}^{m-j} \exp(-\frac{T}{\tau}l) \sum_{j=1}^{m-l} (2j-1)(2j+2l-1) (\cos(j\gamma T) - \exp(-\frac{T}{\tau}(2j-1)) \cos((2j+1-l)\gamma T)) \right], \quad (23)$$

де τ – інтервал кореляції фазових флуктуацій;

γ – частота осциляцій коефіцієнта кореляції фази.

Відповідні складові СКП вимірювання радіальної швидкості цілі можуть бути розраховані згідно виразів:

$$\sigma_v = \frac{\lambda}{4\pi} \sigma_{\Omega}, \quad (24)$$

$$\sigma_{v_{\text{фл}}} = \frac{\lambda}{4\pi} \sigma_{\Omega_{\text{фл}}}. \quad (25)$$

має практичну користь отримати можливі значення складових СКП вимірювання радіальної швидкості цілі при відношенні сигнал/шум за потужністю $q^2 = 1000$, для випадків когерентного накопичення короткої $n = 8$, середньої $n = 16$ та тривалої $n = 32$ пачок радіоімпульсів.

Для випадку поширення радіохвиль у випадково-неоднорідному середовищі, в [1, 2] надані величини дисперсії фазових флуктуацій радіосигналу σ_{φ}^2 , який пройшов крізь обурену тропосферу Землі. Інтервал кореляції фазових флуктуацій може складати $\tau = 0,1 \dots 1$ с.

В РЛС оглядового типу на дальностях виявлення цілей понад 200 км, неоднорідності тропосфери розміром 100 м здатні викликати флуктуації фази з дисперсією $\sigma_{\varphi}^2 = 1,74 \text{ рад}^2$ при $\lambda = 0,1$ м.

Для РЛС супроводження на дальностях виявлення цілей 50...150 км, неоднорідності тропосфери розміром 100 м здатні викликати флуктуації фази з дисперсією $\sigma_{\varphi}^2 = 4,8...9,7 \text{ рад}^2$ при $\lambda = 3...5 \text{ см}$.

Для наведених даних, за допомогою виразів (24) та (25) можна розрахувати складову СКП вимірювання радіальної швидкості цілі, обумовлену внутрішніми шумами та фазовими флуктуаціями радіоімпульсів прийнятої пачки відповідно для $n = 8, 16$ та 32 .

Результати розрахунків складових СКП вимірювання радіальної швидкості цілі для РЛС оглядового типу наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Складові СКП вимірювання радіальної швидкості цілі для РЛС
оглядового типу, м/с**

n	σ_v	$\sigma_{\text{вфл}}$
8	0,08...0,18	0,5...0,76
16	0,04...0,09	0,36...0,54
32	0,02...0,05	0,26...0,38

Результати розрахунків складових СКП вимірювання радіальної швидкості цілі для РЛС супроводження наведені в табл. 2.

Таблиця 2

**Складові СКП вимірювання радіальної швидкості цілі для РЛС
супроводження, м/с**

n	σ_v	$\sigma_{\text{вфл}}$
8	0,66	1,85...6,9
16	0,33	1,3...4,82
32	0,16	0,91...3,4

Отримані результати свідчать про те, що значення складових СКП вимірювання радіальної швидкості цілі, обумовлені фазовими флуктуаціями радіоімпульсів прийнятої пачки здатні в декілька разів перевершувати складові, обумовлені впливом внутрішніх шумів приймального пристрою РЛС.

Окрім впливу неоднорідностей тропосфери, вплив доплеровського шуму цілі та багатотрасовості поширення радіосигналу обумовлює додаткове збільшення флуктуаційної складової СКП вимірювання радіальної швидкості цілі до декілька одиниць м/с і більше. Причому, в значно більшому ступені

фазові викривлення радіолокаційного сигналу здійснюють вплив на роботу РЛС супроводження, викликаючи небезпеку зриву цілі з автоматичного супроводження за дальністю та радіальною швидкістю.

Далі можливо побачити шлях оптимізації вимірювання радіальної швидкості цілі. За наявності фазових флуктуацій комплексна амплітуда корисного сигналу (4) може бути записана наступним чином:

$$\dot{X}(t, \Omega) = b \sum_{i=1}^n \dot{X}_i(t, \Omega) \exp[j(\beta + \varphi_i)], \quad (26)$$

де φ_i – флуктуаційна складова початкової фази i -го радіоімпульсу.

Випадковий характер амплітуди b та початкової фази β пачкового радіосигналу і наявність флуктуаційних складових початкових фаз радіоімпульсів пачки φ_i викликають необхідність переходу до усередненого відношення правдоподібності (8) по усім можливим значенням даних неінформативних параметрів.

Через незалежність b , β і φ_i , усереднення по кожному з них може бути проведене окремо і вираз усередненого відношення правдоподібності для параметру Ω може прийняти вигляд:

$$\bar{\ell}(\Omega) = \int \int \int_{b \beta \vec{\varphi}} \ell(\Omega/b, \beta, \vec{\varphi}) p(b) p(\beta) p(\vec{\varphi}) db d\beta d\vec{\varphi}, \quad (27)$$

де $\ell(\Omega/b, \beta, \vec{\varphi})$ – умовне відношення правдоподібності при фіксованих випадкових неінформативних параметрах очікуваного радіосигналу;

$\vec{\varphi} = \|\varphi_i\|$ – вектор-стовпець значень флуктуаційних складових початкових фаз радіоімпульсів пачки;

$p(b)$, $p(\beta)$ і $p(\vec{\varphi})$ – щільності ймовірності випадкової амплітуди, початкової фази пачкового радіосигналу і вектора-стовпця $\vec{\varphi}$ відповідно;

$$d\vec{\varphi} = (d\varphi_1 d\varphi_2 \dots d\varphi_n)^T.$$

По аналогії з (5), задача оптимізації вимірювання доплеровського зсуву частоти пачки радіоімпульсів може бути вирішена шляхом знаходження аргументу максимуму натурального логарифму усередненого відношення правдоподібності згідно з виразом:

$$\hat{\Omega} = \arg \max \ln \bar{\ell}(\Omega). \quad (28)$$

Можна показати, що інформація про частоту пачки міститься в різниці фаз її симетричних радіоімпульсів, що обумовлює необхідність переходу до усередненого відношення правдоподібності вигляду:

$$\bar{\ell}(\Omega) = \int_{(\Delta\bar{\varphi})} \ell(\Omega/\Delta\bar{\varphi})p(\Delta\bar{\varphi})d\Delta\bar{\varphi}, \quad (29)$$

де $\bar{\varphi} = \|\Delta\varphi_k\|$ – вектор-стовпець значень випадкових складових різниць фаз симетричних радіоімпульсів пачки;

$p(\Delta\bar{\varphi})$ – закон розподілу їх щільності ймовірності;

$$d\Delta\bar{\varphi} = d\Delta\varphi_1 d\Delta\varphi_2 \dots d\Delta\varphi_m.$$

Далі необхідно отримати щільність ймовірності випадкових складових різниць фаз симетричних радіоімпульсів пачки. Щільність ймовірності фазових флуктуацій описується виразом виду [1]:

$$p(\bar{\varphi}) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} |\mathbf{K}_\varphi|^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \bar{\varphi}^T \mathbf{K}_\varphi^{-1} \bar{\varphi}\right), \quad (30)$$

де $\bar{\varphi} = \|\varphi_i\|$, ($i = 1, 2, \dots, n$) – вектор-стовпець значень випадкових складових фаз радіоімпульсів пачки.

Вираз щільності ймовірності різниць фаз $P(\Delta\bar{\varphi})$ має вигляд:

$$P(\Delta\bar{\varphi}) = (2\pi)^{-m} |\mathbf{K}_{\Delta\varphi}|^{-\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \Delta\bar{\varphi}^T \mathbf{K}_{\Delta\varphi}^{-1} \Delta\bar{\varphi}\right). \quad (31)$$

Для пачки з чотирьох радіоімпульсів щільність ймовірності $P(\Delta\bar{\varphi})$ може бути отримана за наступним виразом:

$$p(\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2) = \frac{1}{(2\sqrt{2}\pi\sigma_\varphi)^2 \sqrt{(1-a)(1-a^2)}} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_\varphi^2(1-a^2)} \times \right. \\ \left. \times [(1+a+a^2)\Delta\varphi_1^2 - 2a\Delta\varphi_1\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_2^2]\right\}. \quad (32)$$

У випадку довільної кількості радіоімпульсів у пачці, щільність ймовірності $P(\Delta\bar{\varphi})$ при $m \geq 2$ визначається за виразом:

$$p(\Delta\bar{\varphi}) = \frac{\sqrt{1+a}}{(2\sqrt{2}\pi\sigma_\varphi)^m (1-a^2)^{m/2}} \exp\left\{-\frac{1}{4\sigma_\varphi^2(1-a^2)} [\Delta\varphi_m^2 + (1+a+a^2)\Delta\varphi_1^2 + \right. \\ \left. + (1+a^2) \sum_{k=2}^{m-1} \Delta\varphi_k^2 - 2a \sum_{k=1}^{m-1} \Delta\varphi_k \Delta\varphi_{k+1}] \right\}. \quad (33)$$

Отримання усередненого відношення правдоподібності $\bar{\ell}(\Omega)$ дозволяє оцінити параметр Ω та за допомогою виразу (1) визначити радіальну швидкість цілі.

Таким чином, використання наведеної методики оцінювання дозволить провести оптимізацію часо-частотної обробки радіолокаційного сигналу в когерентно-імпульсних РЛС, що покращить показники якості радіолокаційного спостереження.

Висновки

При роботі когерентно-імпульсної РЛС в реальних умовах, має місце виникнення флуктуацій початкових фаз радіоімпульсів прийнятої пачки з нормальним законом розподілу та експонентною або знаковмінною кореляційною функцією. Тому, дані флуктуації в значному ступені здатні знизити якість часо-частотної обробки радіолокаційного сигналу.

Точність вимірювання радіальної швидкості цілі суттєво залежить від статистичних характеристик фазових флуктуацій – дисперсії і кореляції, значення яких визначають умови і доцільність оптимізації часо-частотної обробки прийнятої пачки радіоімпульсів.

Отже, вище викладене свідчить про те, що необхідно враховувати випадкові фазові викривлення радіолокаційного сигналу, які виникають внаслідок впливу реальних умов функціонування РЛС, в алгоритмах його часо-частотної обробки.

Література:

1. Я. Д. Ширман, Радиозлектронные системы. Основы построения и теория, Москва, Россия: З.А.О. «МАКВИС», 1998.
2. Я. С. Шифрін, Вопросы статистической теории антенн, Москва, Россия: Советское радио, 1970.
3. Справочник по радиолокации: под ред. М. Скольника, Москва, Россия: Советское радио, 1976.
4. Н. П. Красюк, Влияние тропосферы и подстилающей поверхности на работу РЛС, Москва, Россия: Радио и связь, 1988.
5. Н. Н. Минервин, и А. Л. Кузнецов, «Ошибки измерения радиальной скорости и радиального ускорения цели, обусловленные неучетом флуктуаций фаз импульсов пачки», Авіаційно-космічна техніка і технологія, № 22, с. 288 – 294, 2001.

3.8. Обґрунтування необхідності зниження стрімкості відеопотоків для надання можливості підвищення якості відеоінформаційних послуг

Введення і постановка задачі. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, які визначаються зростанням трафіку і потребою споживачів в появі нових послуг, призводить до необхідності постійного зростання і модернізації телекомунікаційних систем і мереж. Найбільш затребуваними в останні роки стають відеоінформаційні послуги, такі як відеотелефонія, відеоконференцзв'язок, трансляція програм телебачення, відео «на вимогу». Особливістю відеотрафіка є великі обсяги переданих даних, чутливість до часу затримки і втрат пакетів при передачі по каналу зв'язку. З урахуванням наведених вимог необхідно особливу увагу приділяти якості надаваних сервісів, що в телекомунікаційних мережах забезпечується за допомогою сервісу QoS. Однак він застосовується тільки з позицій підстроювання параметрів транспортної мережі під задану категорію якості переданого трафіку, що може призводити до помилок або втрат даних передачі. Тому, для підвищення якості відеоінформаційні сервісу необхідно додатково здійснювати контроль за умовами відповідності бітової швидкості джерела відносно пропускної здатності каналу зв'язку. Найбільш перспективними методами зниження інтенсивності можна назвати спеціальні механізми управління параметрами обробки відеокадрів, які дають можливість гнучко підстроювати бітову швидкість джерела під поточні параметри телекомунікаційної мережі.

Основна частина

Аналіз телекомунікаційних систем щодо надання відеоінформаційні сервісу

Розвиток телекомунікаційних мереж визначається трьома факторами: ростом трафіку, потребою суспільства в нових послугах і досягненнями в області технологій. Зрозуміло, ці фактори не є незалежними, проте кожен з них визначає ідеологію розвитку електровз'язку. Так, конкуренція серед постачальників устаткування і технологічні досягнення призвели до зниження вартості обладнання, а це, в свою чергу, стимулювало зростання трафіку і розробку нових послуг.

Телекомунікаційна система як показано на рис. 1 в загальному випадку включає наступні компоненти [1]:

– транспортна мережа (core network) – об'єднує окремі мережі доступу, забезпечуючи транзит трафіку між ними по високошвидкісних каналів;

– інформаційні центри або центри управління сервісами (data centers) – це власні інформаційні ресурси мережі, на основі яких здійснюється обслуговування користувачів;

– мережа доступу (access network) – призначена для концентрації інформаційних потоків, що надходять по численних каналах зв'язку від обладнання користувачів в сторону вузлів транспортної мережі;

– абоненти мережі доступу – є споживачами інформації та її джерелами. Створюють навантаження на мережу доступу, відсилаючи запити на надання тих чи інших послуг, а також є активними учасниками в якості джерела для пірінгових мереж (torrent, skype, direct connection та ін.).

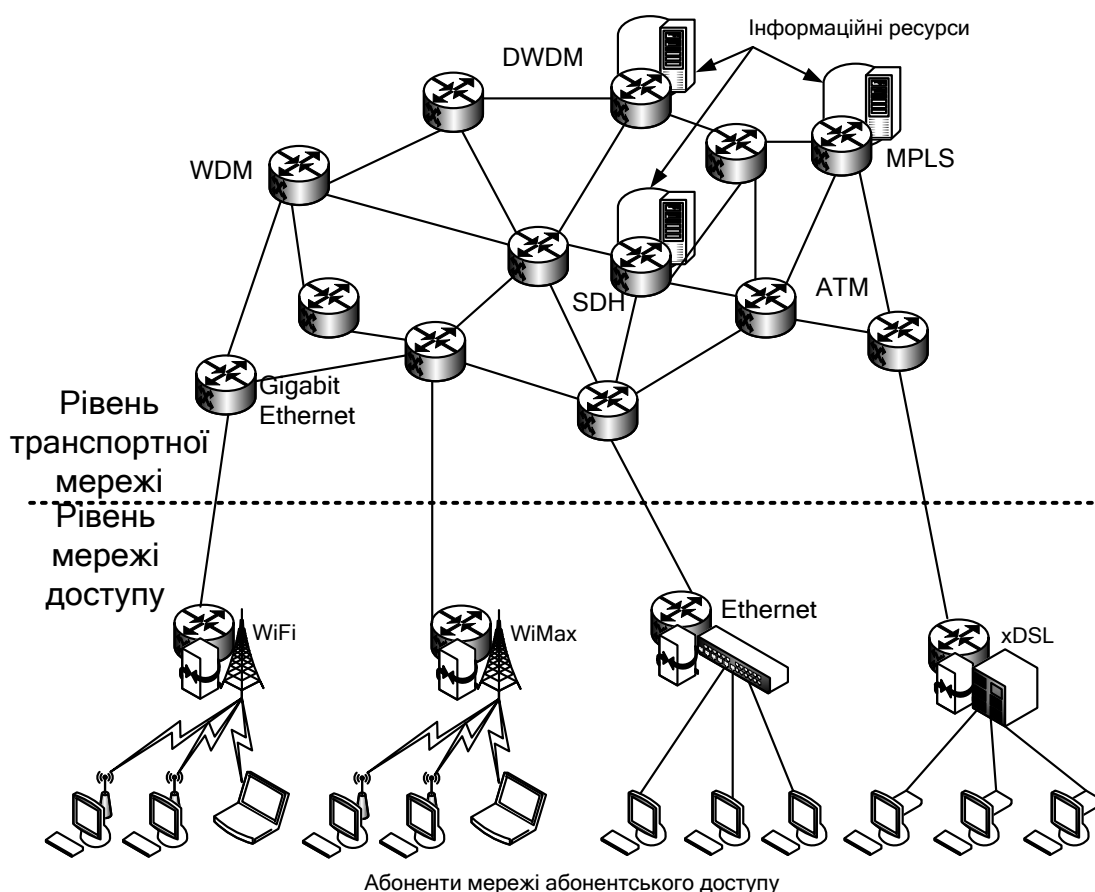


Рис. 1 – Загальна структура телекомунікаційної мережі

Мережа доступу являє собою нижній рівень ієрархії телекомунікаційної мережі. У табл. 1 наведено порівняльний аналіз технологій «останньої милі», що застосовуються в даний час.

Порівняльний аналіз технологій абонентського доступу

Характеристики для порівняння	Технології «останньої милі»			
	xDSL (ADSL2+)	Ethernet (FastEthernet)	WiFi (802.11n)	WiMax (802.16d)
Швидкість передачі, Мбіт/с	24 Мбіт/с upstream 1,4 Мбіт/с downstream	100 Мбіт/с	150 Мбіт/с	75 Мбіт/с
Використання	POTS/ISDN	LAN/WLAN	WLAN	WMAN
Радіус / дальність дії	900 м	100-150 м	100-3500 м	6-13 км
Вид доступу	кабель	кабель	бездротової	бездротової

Серед представників технологій xDSL слід виділити дві: асиметричні і симетричні, що володіють високими пропускними здатностями.

Серед асиметричних технологій виділяють VDSL і ADSL які забезпечують довжину лінії до 1,3 км, а серед симетричних технологій виділяють SDSL і HDSL, які організовують передачу на відстані до 4,5 км.

В даний час серед мереж абонентського доступу прогресивно розвивається напрямок технологій бездротового зв'язку. Розвиток бездротових систем зв'язку, їх можливостей і набору послуг, що надаються і сервісів відносять до різних поколінь, їх порівняльна характеристика за швидкістю передачі представлена на рис. 2.

Швидкість передачі, кбіт/с

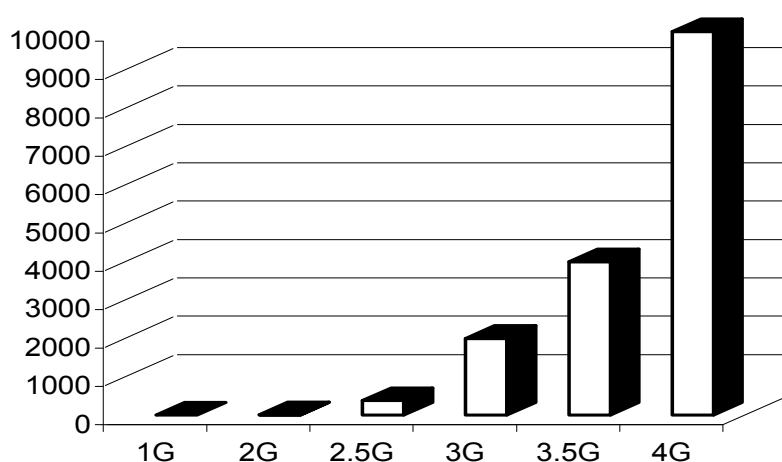


Рис. 2 – Порівняльна характеристика поколінь технологій бездротового зв'язку за швидкістю передачі

Технології WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) і LTE (Long-Term Evolution) використовують нові ефективні схеми мультиплексування – множинний доступ з ортогональним частотним розділенням каналів (OFDMA – Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) і в них обох відсутня канал для передачі голосу.

Виходячи з різноманіття технологій, як мереж доступу, так і транспортних мереж, актуальним є створення відкритої, стандартної пакетної інфраструктури, яка здатна ефективно підтримувати весь спектр існуючих додатків і послуг, забезпечувати необхідну масштабованість і гнучкість, а так само дозволяючи реагувати на нові вимоги по функціональності і пропускної здатності. Такою інфраструктурою є мережі наступного покоління – NGN (Next Generation Network). Вони являють собою комплексну мультисервісну мережу зв'язку, ядром якої є опорна IP-мережа, що підтримує повну або часткову інтеграцію послуг передачі мови, даних і мультимедіа. Реалізується принцип конвергенції послуг електровз'язку. Є відкритою, стандартною пакетною інфраструктурою, яка здатна ефективно підтримувати всю гаму існуючих додатків і послуг, забезпечуючи необхідну масштабованість і гнучкість, дозволяючи реагувати на нові вимоги по функціональності і пропускної здатності.

Постійне зростання і розвиток телекомунікаційних мереж, дозволяє операторам зв'язку найбільш ефективно використовувати пропускні спроможності каналів зв'язку, вводити більшу кількість нових послуг, покращуючи при цьому також їх якість. Активне зростання, у сфері надання телекомунікаційних послуг, спостерігається також і в бездротових мережах доступу. Тому проведемо аналіз характеристик переданого трафіку і можливості надання доступу користувачам до різних класів послуг і додатків [2].

Аналіз вимог до відеододатків в сучасних інформаційно-комунікаційних мережах

В якості основних критеріїв класифікації трафіку прийняті три характеристики [3]: відносна передбачуваність швидкості передачі даних, чутливість трафіку до затримок пакетів і чутливість трафіку до втрат і спотворень пакетів (рис. 3).

Незважаючи на відмінності існуючих додатків і протоколів управління трафіком, в кожному з них окремим пунктом виділяють мультимедійний трафік. Особливістю якого є чутливість до часових затримок, в деяких випадках, чутливість до втрат пакетів і великий обсяг переданих даних.

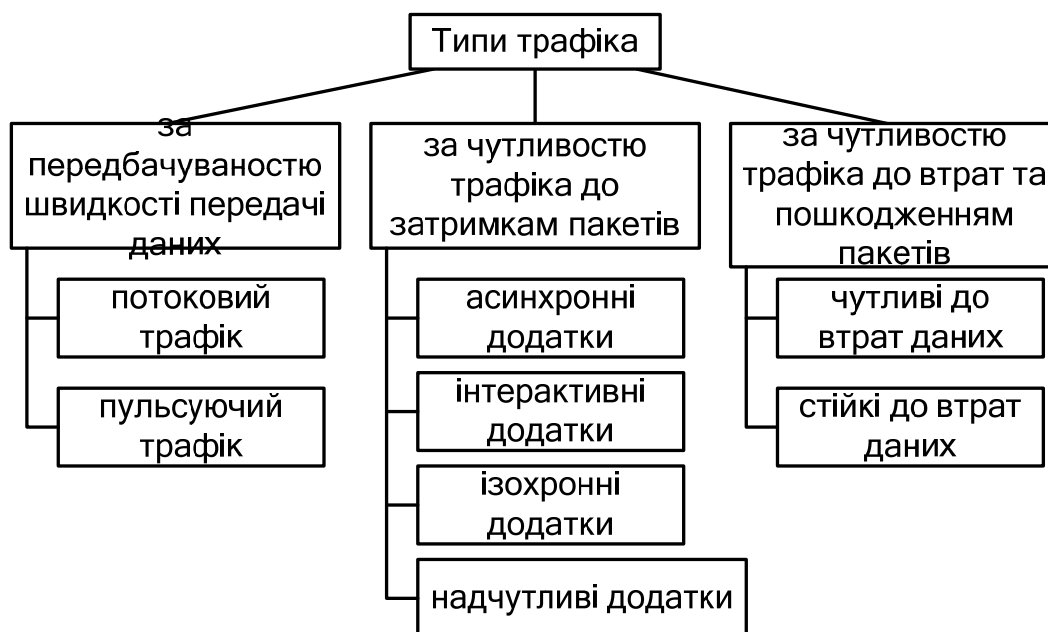


Рис. 3 – Класифікація типів мережевого трафіку

Під мультимедійним трафіком слід розуміти цифровий потік даних, який містить різні види повідомлень, які сприймаються органами сприйняття людини (зазвичай звукова і / або відеоінформація). Мультимедійні потоки даних передаються по телекомунікаційним мережам з метою надання віддалених інтерактивних послуг [4]. Найбільш поширеними на сьогоднішній день мультимедійними послугами, наданими користувачам мережі:

- IP-телефонія;
- високоякісний звук;
- відеотелефонія;
- відеоконференція;
- дистанційне медичне обслуговування;
- відеомоніторинг;
- мовлення радіо і телевізійних програм;
- цифрове телебачення.

Трафік фіксованих мереж зростає з високою і постійною швидкістю з початку 1990-х років. Так, світовий трафік Інтернет зріс в світі в останні роки на (60–80) % щорічно, а число абонентів широкосмугових мереж збільшувалася з середньою швидкістю 70 %. Стабільно, темпом (47–48) % в рік, розвивається за останні чотири роки і телекомунікаційна галузь. Аналогічна ситуація по темпам розвитку мобільного зв'язку. З 2007 р число абонентів стільникових мереж збільшилася в 2 рази. Ще швидше (185 % в рік) ріс трафік Інтернет.

За прогнозами Cisco щодо розвитку всесвітньої мережі на 2017–2022 роки, опублікованими в «Visual Networking Index Global Forecast», збільшення

числа інтернет-користувачів, зростання кількості інтернет-пристроїв і швидкостей широкосмугового доступу в поєднанні зі збільшенням кількості переглядів відео в мережі приведе до масивного сплеску обсягів IP трафіку (рис. 4).

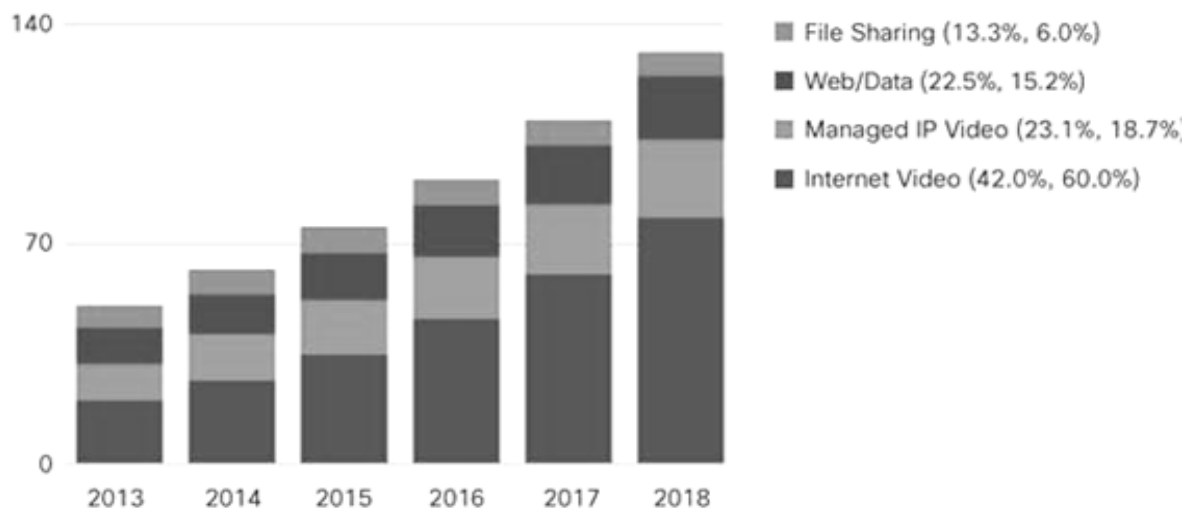


Рис. 4 – Процентне співвідношення різних видів відеотрафіка в IP-мережах для 2017–2022 рр.

Експерти компанії також стверджують, що в найближчі кілька років відео у форматі високої чіткості буде генерувати більшу кількість трафіку, ніж відео стандартного дозволу. Значна частина трафіку буде виходити від пристроїв, які не є персональними комп'ютерами, а WiFi трафік вперше перевищить трафік в провідних мережах.

Відсотки, зазначені в дужках поруч з типом трафіку, позначають частки даних видів трафіку в 2017 і 2022 роках відповідно.

До 2022 року, як пророкують в Cisco, 80 % всього інтернет-трафіку буде створювати передача відео через IP, в той час як в 2017 р обсяги такого трафіку становили 69 %.

Частка відео в форматі Ultra HD до 2022 року складе 41 % всього обсягу передачі відео через IP, в той час як в 2017 році вона становила лише 4,1 %. У той же час частка HD відео складе до 2021 року 82 %, а SD відео – залишилися 17 %. Для порівняння – торік частка HD відео склала 56 %, а частка SD відео – 44 %.

У сфері онлайн-відео також пророкують статус найбільш динамічного сегмента інтернету з річним зростанням доходу на рівні 30 % в період з 2017 по 2022 рік. За цей період сектор виросте за прогнозами з 1,5 мільярда користувачів до 2,9 мільярда користувачів.

Для надання послуг відеозв'язку важливим аспектом є показник швидкості передачі в обох напрямках. На рис. 5 наведені характеристики залежності мінімальної та рекомендованої швидкості з'єднання від виду відеопослуг для пирингової мережі голосових і відео послуг Skype.

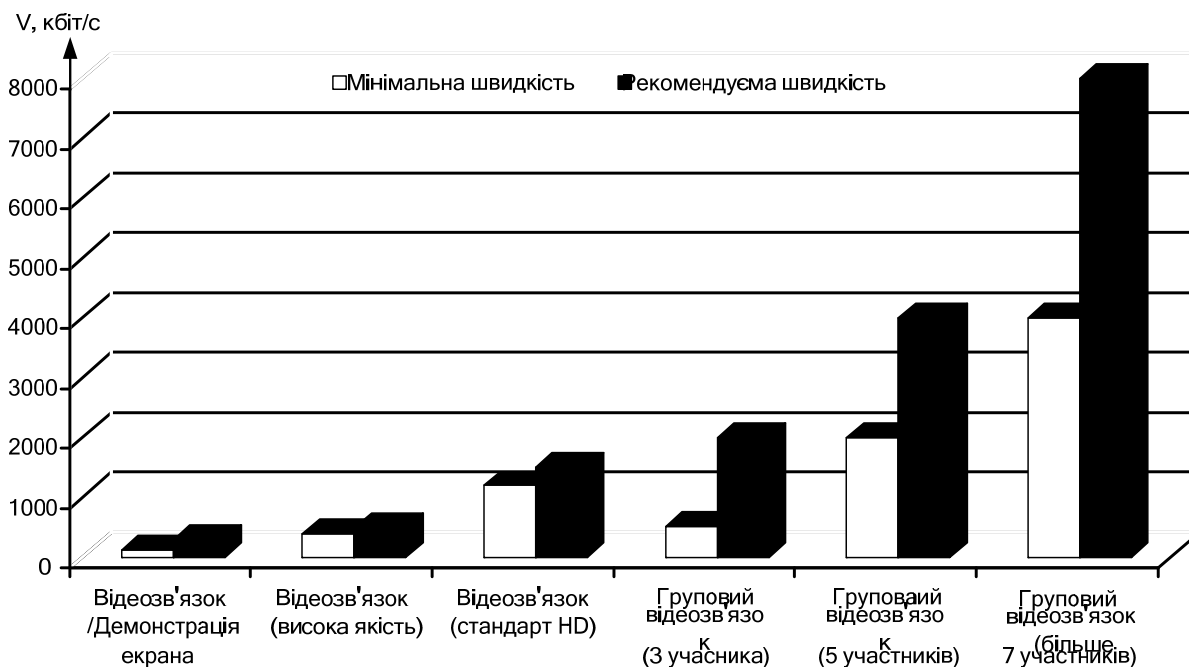


Рис. 5 – Характеристики залежності мінімальної та рекомендованої швидкості з'єднання для різних відеопослуг

Очевидно, що тенденції зростання пропускної здатності каналів телекомунікаційних систем призводять до збільшення можливостей з надання відеоінформаційних послуг, підвищуючи при цьому попит на них, так як ці послуги в даний момент є найбільш затребуваними.

Виходячи з вимог, що пред'являються мультимедійними службами до параметрів телекомунікаційних систем, можна зробити висновок про необхідність введення сервісу забезпечення якості обслуговування (QoS), який дозволить контролювати дотримання заданих вимог на всіх ділянках функціонування телекомунікаційної мережі.

З точки зору забезпечення необхідної якості послуг існують такі механізми контролю трафіку: QoS, NBAR, RSVP, маркування за стандартами IEEE 802.1Q та IEEE802.1D. Однак всі перераховані механізми можуть використовуватися в тих чи інших мережах і мають як переваги, так і недоліки. Но існує загальний механізм контролю трафіку, за допомогою якого можливий контроль якості при будь-якій технології передачі – QoS (англ. Quality of Service - якість обслуговування).

Якість обслуговування QoS можна визначити як сукупність характеристик послуг електрозв'язку, які мають відношення до її можливості задовольняти встановлені і передбачувані потреби користувача послуги.

Для більшості випадків якість зв'язку визначається чотирма параметрами [5]:

- смуга пропускання (Bandwidth), описує номінальну пропускну здатність середовища передачі інформації, визначає ширину каналу. Вимірюється в bit / s (bps), kbit / s (Kbps), Mbit / s (Mbps), Gbit / s (Gbps);

- затримка при передачі пакета (Delay), вимірюється в мілісекундах;

- коливання J (тремтіння) затримки під час передачі пакетів-джиттер;

- втрата пакетів (Packet loss). Визначає кількість пакетів, втрачених в мережі під час передачі.

У табл. 2 наведено аналіз чутливості різних додатків до мережевих характеристик.

У разі передачі відеотрафіка у реальному часі у першу чергу необхідно забезпечувати мінімальну затримку при передачі пакетів, що накладає значні вимоги до характеристик, як мережі передачі даних, так і до обладнання кінцевих вузлів, на яких відбувається обробка відеопотоку.

Норми на показники функціонування мереж зв'язку передачі даних наведено в табл. 3 з диференціацією за типом переданого трафіку.

Таблиця 2

Чутливість різних додатків до мережевих характеристикам

Тип трафіку	Рівень чутливості до мережевих характеристикам			
	Смуга пропускання	Втрати	Затримка	Джиттер
Голос	дуже низький	середній	високий	високий
Електронна комерція	низький	високий	високий	низький
Транзакції	низький	високий	високий	низький
Електронна пошта	низький	високий	низький	низький
Telnet	низький	високий	середній	низький
Пошук в мережі «від випадку до випадку»	низький	середній	середній	низький
Постійний пошук в мережі	середній	високий	високий	низький
Пересилання файлів	високий	середній	низький	низький
Відео конференція	високий	середній	високий	високий
Мультикастінг	високий	високий	високий	високий

Технічні норми на показники функціонування мереж передачі даних

№	Найменування показника	Тип трафіка				
		Інтерактивний	Інтерактивний при використанні супутникової лінії зв'язку	Сигнальний	Потоковий	Канал передачі даних, за винятком інтерактивного, сигнального і потокового трафіку
1	Середня затримка передачі пакетів інформації, мс	не більше 100	не більше 400	не більше 100	не більше 400	не більше 1000
2	Відхилення від середнього значення затримки передачі пакетів інформації, мс	не більше 50	не більше 50	не нормується	не більше 50	не нормується
3	Коефіцієнт втрати пакетів інформації	не більше 10^{-3}	не більше 10^{-3}	не більше 10^{-3}	не більше 10^{-3}	не більше 10^{-3}
4	Коефіцієнт помилок в пакетах інформації	не більше 10^{-4}	не більше 10^{-4}	не більше 10^{-4}	не більше 10^{-4}	не більше 10^{-4}

Для простоти розуміння канал зв'язку можна представити у вигляді умовної труби, а пропускну здатність описати як функцію двох параметрів: діаметра труби та її довжини.

Коли передача даних стикається з проблемою «пляшкового горлечка» для прийому і відправки пакетів на маршрутизаторах, то зазвичай використовується метод FIFO: перший прийшов – перший пішов (First In – First Out). При інтенсивному трафіку це створює затори, які вирішуються вкрай простим чином: всі пакети, які не ввійшли в буфер черги FIFO (на вхід або на вихід), ігноруються маршрутизатором і, відповідно, губляться безповоротно.

Більш розумний метод – використовувати «розумну» чергу, в якій пріоритет у пакетів залежить від типу сервісу – ToS. Необхідна умова – пакети повинні вже нести мітку типу сервісу для створення «розумної» черги.

Сервіси QoS можуть бути представлені такими моделями обслуговування:

- негарантована доставка – Best Effort Service;
- інтегрований сервіс – Integrated Service (IntServ), який забезпечує наскрізну (End-to-End) якість обслуговування, гарантуючи необхідну пропускну здатність;
- диференційоване обслуговування – Differentiated Service (DiffServ) забезпечує QoS на основі розподілу ресурсів в ядрі мережі і певних

класифікаторів та обмежень на кордоні мережі, комбінованих з метою надання необхідних послуг.

DiffServ є найбільш належний приклад «розумного» управління пріоритетом трафіку відеододатків в реальному часі.

У телекомунікаційних мережах питання реалізації QoS лежать в площині управління ресурсами мереж.

Можливим рішенням, орієнтованим на регулювання відносин між учасниками, ресурси мереж яких задіяні в процесі надання послуг, з метою забезпечення заданих параметрів якості послуг при міжоператорській взаємодії, є угода про рівень обслуговування (Service Level Agreement – SLA), та у виняткових випадках – угода про рівень експлуатаційної підтримки (OLA), як механізм забезпечення якості відповідно до SLA:

- SLA визначає показники якості кожної послуги і встановлює норми на них;

- OLA визначає відповідальність служб технічної експлуатації за стійкість функціонування мережі, що забезпечує, в кінцевому рахунку, якість послуг зв'язку, яке визначається в SLA.

На рис. 6 приведена архітектурна модель, яка характеризує необхідні компоненти і елементи для підтримки якості обслуговування.

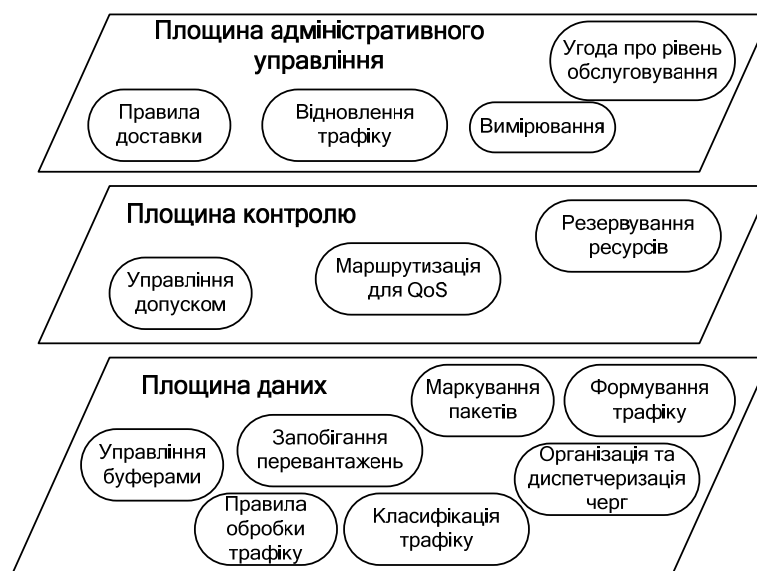


Рис. 6 – Архітектурна модель для підтримки якості обслуговування

Площина даних. Ця група механізмів оперує безпосередньо з призначеним для користувача трафіком і включає в себе:

- управління буферами (Buffer management);

- запобігання перевантажень (Congestion avoidance);
- маркування пакетів (Packet marking);
- організація і диспетчеризація черг (Queuing and scheduling);
- формування трафіку (Traffic shaping);
- правила обробки трафіку (Traffic policing);
- класифікація трафіку (Traffic classification).

Площина адміністративного управління. Ця площина містить механізми QoS, що мають відношення до експлуатації, адміністрування та управління мережею стосовно доставки призначеного для користувача трафіку. В число механізмів QoS на цій площині входять:

- вимірювання (Metering);
- задані правила доставки (Policy);
- відновлення трафіку (Traffic restoration);
- угода про рівень обслуговування (Service Level Agreement).

Мережеві механізми QoS (або, використовуючі термінологію MCE, блоки QoS) можуть бути специфіковані стосовно до мережевих вузлів (наприклад, управління буферами вузлів) або до мережевих сегментів (маршрутизація QoS), де поняття «мережевий сегмент» може відноситися до межконцевого з'єднання, ділянці доступу, міжвузлової ділянці або ділянці, що з'єднує дві і більше мереж.

Механізми QoS в площині даних

Управління буферами (Buffer management). Управління буферами (або чергами) складається в управлінні пакетами, що стоять в вузлах в черзі на передачу. Основні завдання управління чергами – мінімізація середньої довжини черги при одночасному забезпеченні високого використання каналу, а також справедливий розподіл буферного простору між різними потоками даних. Схеми управління чергами розрізняються, в основному за критерієм, яким відкидаються пакети, і місцем у черзі, звідки здійснюється скидання пакетів (початок або кінець черги). Найбільш простим критерієм для скидання пакетів є досягнення чергою певного порогу, так званого максимальної довжини черги.

Більш поширені сьогодні є так звані механізми активного управління чергами. Типовим прикладом є алгоритм RED (Random Early Detection – раннє випадкове виявлення перевантаження). При використанні алгоритму RED пакети, які надходять в буфер скидаються в результаті оцінки середньої довжини черги. Імовірність скидання пакетів зростає при нарощуванні середньої довжини черги.

Запобігання перевантажень (Congestion avoidance). Механізми запобігання перевантажень підтримують рівень навантаження в мережі нижче її пропускної здатності. Звичайний спосіб запобігання перевантажень полягає в зменшенні трафіку, що надходить в мережу. Як правило, команда зменшити трафік впливає в першу чергу на фонові джерела. Одним із прикладів механізмів запобігання перевантажень є механізм вікна в протоколі TCP.

Маркування пакетів (Packet marking). Пакети можуть бути промарковані відповідно до певних класів обслуговування. Маркування зазвичай проводиться у вхідному прикордонному вузлі, де в спеціальне поле заголовка (Type of Service в заголовку IP або DS-байт в заголовку DiffServ) вводиться певне значення. Крім того, маркування застосовується для тих пакетів, які можуть бути видалені в разі перевантаження мережі.

Організація і планування черг (Queuing and scheduling). Мета механізмів цієї групи – вибір пакетів для передачі з буфера в канал. Більшість послуг обслуговування (або планування) засновані на схемі «перший прийшов – перший обслуговується». Для забезпечення більш гнучких процедур виведення пакетів з черги був запропонований ряд схем, заснованих на формуванні кількох черг. Серед них, в першу, чергу необхідно назвати схеми пріоритетного обслуговування. Інший приклад гнучкої організації черги – механізм зваженої справедливої буферизації (Weighted Fair Queuing, WFQ), коли обмежена пропускна здатність на виході вузла розподіляється між декількома потоками (чергами) в залежності від вимог до пропускної здатності з боку кожного потоку.

Ще одна схема організації черги заснована на класифікації потоків по класу обслуговування (Class-Based Queuing, CBQ). Потоки класифікуються відповідно до класів обслуговування і потім розміщуються в буфері в різних чергах. Кожній черзі виділяється певний відсоток вихідної пропускної здатності в залежності від класу, і черги обслуговуються за циклічною схемою.

Формування трафіку (Traffic shaping). Формування або управління характеристиками трафіку передбачає контроль швидкості передачі пакетів та обсягу потоків, що надходять на вхід мережі. В результаті проходження через спеціальні формуючі буфери зменшується кількість пачок вихідного трафіку, і його характеристики стають більш передбачуваними. Відомі два механізми обробки трафіку – Leaky Bucket («діряве відро») і Token Bucket («відро з жетонами»). Алгоритм Leaky Bucket регулює швидкість пакетів, які покидають вузол. Незалежно від швидкості вхідного потоку, швидкість на виході вузла є величиною постійною. Коли відро переповнюється, зайві пакети скидаються.

На противагу цьому, алгоритм Token Bucket не регулює швидкість на виході вузла і не скидає пакети. Швидкість пакетів на виході вузла може бути такою ж, як і на вході, якщо тільки у відповідному накопичувачі («відрі») є жетони. Жетони генеруються з певною швидкістю і накопичуються у відрі. Алгоритм характеризується двома параметрами – швидкістю генерації жетонів і розміром пам'яті («відра») для них. Пакети не можуть покинути вузол, якщо у відрі немає жетонів. І навпаки, відразу пачка пакетів може покинути вузол, витративши відповідне число жетонів.

Правила обробки трафіку (Traffic policing). Цей блок приймає рішення про те, чи відповідають надходження від транзитного вузла заздалегідь узгодженим правилами обробки або контрактам. Зазвичай невідповідні пакети відкидаються. Відправники можуть бути повідомлені про відкинуті пакети і виявлені причини, а також про дотримання відповідності в майбутньому, обумовленого угодами SLA.

Класифікація трафіку (Traffic classification). Класифікація трафіку може бути проведена на потоковому або пакетному рівні. На вході в мережу в вузлі доступу (прикордонному маршрутизаторі) пакети класифікуються для того, щоб виділити інформацію одного потоку, що характеризується загальними вимогами до якості обслуговування. Потім трафік піддається процедурі нормування (механізм Traffic Conditioning). Нормування трафіку передбачає вимірювання параметрів трафіку і порівняння результатів вимірювань з параметрами, обумовленими в SLA. Якщо умови SLA порушуються, то частина пакетів може бути відкинута. Магістральні маршрутизатори, що становлять ядро мережі, забезпечують пересилання пакетів відповідно до необхідного рівнем QoS.

Висновки

Як показує аналіз, розглянутий сервіс забезпечення якості обслуговування функціонує тільки з позиції підстроювання параметрів транспортної мережі: смуга пропускання, затримка при передачі, джиттер J і втрата пакетів під задану категорію трафіку, що може бути неможливо. Це, в свою чергу, може привести до помилок або навіть втрати даних при передачі.

Отже актуальним науково-прикладним напрямком є підвищення якості відеоінформаційні сервісу:

$$Q(S_k, T_p, J, P_{PLR}, V(t)_{\text{comp}}) \rightarrow Q_{\text{allowable}}$$

де $Q(g)$ – параметрична функція якості надання відеоінформаційного сервісу,

S_k – смуга пропускання каналу зв'язку,
 T_p – затримка при передачі пакетів,
 J – джиттер затримки,
 P_{PLR} – втрати пакетів при передачі,
 $V(t)_{comp}$ – бітова швидкість джерела після компресії,
 $Q_{allowable}$ – допустима якість надання відеоінформаційного сервісу.

Тому для вирішення існуючих обмежень необхідно здійснювати контроль за умовами відповідності бітової швидкості $V(t)_{comp}$ джерела щодо пропускнуої спроможності V_k каналу зв'язку такими, щоб $V(t)_{comp} \rightarrow V_k$ при $T_p \rightarrow \min$, $P_{PLR} \rightarrow \min$, $S_k = \text{const}$, $J = \text{const}$.

Література:

1. M. Pavlenko, A. Timochko, N. Korolyuk, & M. Gusak, «Hybrid model of knowledge for situation recognition in airspace», *Automatic Control and Computer Sciences*, vol. 48, Issue 5, p. 257 – 263, 2014.
2. V. Larin, N. Yeromina, S. Petrov, A. Tantsiura, & M. Iasechko, «Formation of reference images and decision function in radiometric correlation-extremal navigation systems», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 4, Issue 9, p. 27 – 35, 2018.
3. V. Larin, D. Yerema, & Y. Bolotska, «The reasoning of necessity enhancing video privacy in conditions of providing the quality of the video information service provided in virtual infocommunication systems», *Sistemi ozbroennya i viyskova tehnika* № 2(35), s. 158 – 162, 2019.
4. D. Mistry, P. Modi, K. Deokule, A. Patel, H. Patki, & O. Abuzagheh, «Network traffic measurement and analysis», 2016 IEEE Long Island Systems, Applications and Technology Conference (LISAT), 2016.
5. S. Mashtalir, O. Mikhnova, Stolbovyi, & M. Sequence, «Matching for Content-Based Video Retrieval Proceedings of the 2018 IEEE 2nd International Conference on Data Stream Mining and Processing», *DSMP 2018*, art. no. 8478597, p. 549 – 553, 2018.

3.9. Базові моделі етапів та напрямів життєвого циклу віртуальної спільноти

Вступ і постановка задачі. Віртуальні спільноти як один з елементів соціальних сервісів формують значну частину інтернет-простору та є невід’ємним елементом для комунікації у глобальній мережі Інтернет. *Віртуальна спільнота* – соціальне об’єднання людей у мережі Інтернет, учасники якого взаємодіють один з одним. Основою для здійснення організаційних та комунікаційних функцій віртуальної спільноти є учасники та інформаційне наповнення. *Учасники* – зареєстровані у віртуальній спільноті користувачі мережі Інтернет, які взаємодіють у спільноті та формують інформаційне наповнення. *Інформаційне наповнення* – дописи, дискусії та інші інформаційні повідомлення (текстові, графічні, аудіо та відео), що їх створили учасники віртуальної спільноти.

Розроблення математичного забезпечення організації життєвого циклу віртуальних спільнот є складним завданням. Для розуміння формальної моделі організації життєвого циклу віртуальних спільнот необхідно ввести поняття завдання та показник. *Завдання* – завдання напряму з визначеною метою для виконання життєвого циклу віртуальної спільноти. *Показник* – дані про завдання напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Основною метою є розроблення формальної моделі організації життєвого циклу віртуальних спільнот та дослідження параметрів показників напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, а саме: користувацького, інформаційного та репутаційного. Виокремлені параметри є первинними даними про спільноту та притаманні всім типам віртуальних спільнот.

Основна частина

Побудова формальної моделі етапів життєвого циклу віртуальної спільноти

Формальна модель етапів організації життєвого циклу віртуальної спільноти:

$$\text{OrgLifeCycle(Com)} = \langle \text{Stage(Com)}, \text{Dr(Com)}, \text{Cell(Com)} \rangle, \quad (1)$$

Складовими моделі організації життєвоо циклу є: *Stage(Com)* – етапи організації життєвого циклу віртуальної спільноти, *Dr(Com)* – напрями організації

життєвого циклу віртуальної спільноти, $Cell(Com)$ – структура комірки перетину етапів та напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти:

$$Stage(Com) = \{Stage_i(Com)\}_{i=1..N^{(Stage)}}, \quad (2)$$

де $Stage_i$ – j -тий напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти,

$N^{(Stage)}$ – кількість етапів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

$$Stage_{com} = \left\langle \begin{array}{l} Plan_{com}, Analys_{Com}, Design_{Com}, Devel_{Com}, Test_{Com}, \\ Implement_{Com}, Expl_{Com}, ComVer_{Com}, ExpRec_{Com}, Liq_{Com} \end{array} \right\rangle, \quad (3)$$

де $Plan_{Com}$ – етап планування організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Analys_{Com}$ – етап аналізу організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Design_{Com}$ – етап проектування організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Devel_{Com}$ – етап розроблення організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Test_{Com}$ – етап тестування організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Implement_{Com}$ – етап впровадження організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$Expl_{Com}$ – етап експлуатації організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$ComVer_{Com}$ – етап комплексної верифікації організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$ExpRec_{Com}$ – етап консервації організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

Liq_{Com} – етап ліквідації організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

$$Dr(Com) = \{Dr_j(Com)\}_{j=1..M^{(Dr)}}, \quad (4)$$

де Dr_j – i -тий етап організації життєвого циклу віртуальної спільноти,

$M^{(Dr)}$ – кількість етапів організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

$$Dr = \langle Us_i, Inf_i, Rs_i, Rp_i \rangle, \quad (5)$$

де Us – користувацький напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

Inf – інформаційний напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

Rp – репутаційний напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

Rs – ресурсний напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

$$\text{Cell}(\text{Com}) = \left\{ \text{Cell}_{ij}(\text{Com}) \right\}_{ij=1..L^{(\text{Cell})}}, \quad (6)$$

де Cell_{ij} – ij -та комірка організації життєвого циклу віртуальної спільноти,

$L^{(\text{Cell})}$ – кількість комірок організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

$$C(\text{Cell}_k) = \left\langle \begin{array}{l} \text{Task}(\text{Cell}_k), \text{Performer}(\text{Cell}_k), \text{Time}(\text{Cell}_k), \\ \text{Document}(\text{Cell}_k), \text{Finances}(\text{Cell}_k) \end{array} \right\rangle, \quad (7)$$

де $\text{Task}(\text{Cell}_k)$ – завдання напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{Performer}(\text{Cell}_k)$ – виконавці завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{Time}(\text{Cell}_k)$ – час на виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{Document}(\text{Cell}_k)$ – документація для організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{Finances}(\text{Cell}_k)$ – фінансове забезпечення на виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальних спільнот.

Етапи організації життєвого циклу віртуальної спільноти зображені на рис. 1.

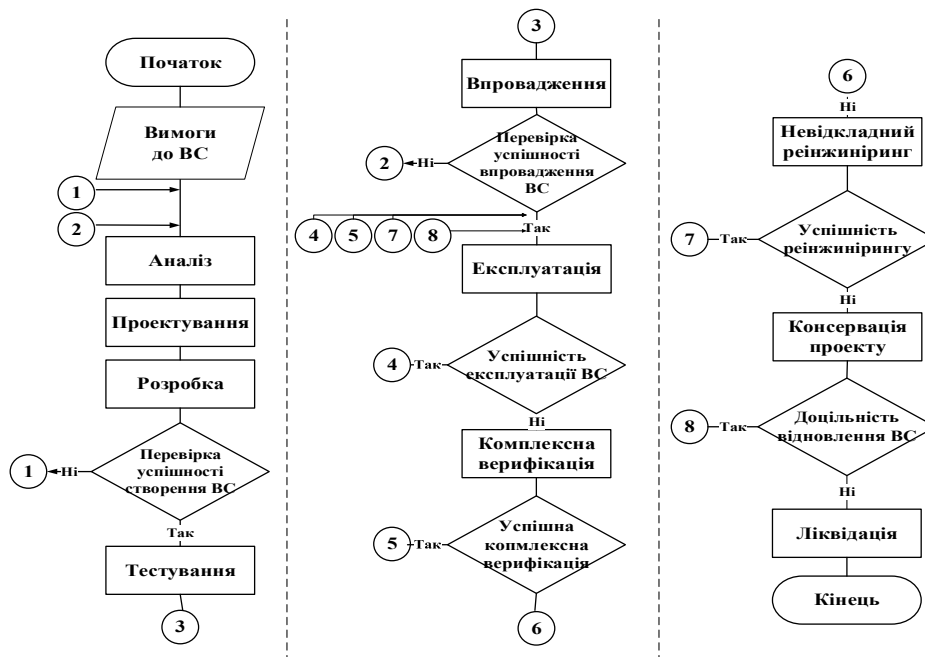


Рис. 1 – Алгоритм етапів життєвого циклу віртуальної спільноти

Планування (Plan) – перший етап, на якому формується ідея створення певного продукту чи проекту. Цей етап суміжний з початковими етапами раніше описаних життєвих циклів складних систем, оскільки віртуальну спільноту розглядаємо як програмний засіб, проект та продукт. На етапі планування віртуальної спільноти здійснюють попереднє формулювання завдання на створення, запуск та управління.

Аналіз (Analys) – у життєвому циклі продукту та інвестиційного проекту основну увагу на цьому етапі звертають на аналіз конкурентоспроможності на ринку. У життєвому циклі програмного забезпечення етап аналізу містить проведення системного аналізу, визначення специфікацій, оцінювання наявних методів створення та вибір оптимального. Етап аналізу віртуальної спільноти необхідний для вивчення задач, специфікацій, аналізу наявних віртуальних спільнот (зокрема, інформаційного наповнення і користувачів) та конкурентоспроможності з ними, якісного прийняття рішення щодо доцільності створення віртуальної спільноти. Під час створення студентської спільноти ВНЗ етап передбачає аналіз потенційних учасників, затрати ресурсів на створення та наявність первинного інформаційного наповнення (розклад пар, інформація про викладачів, методична база тощо).

Проектування (Design) – під час створення програмного забезпечення цей етап використовують для опису робіт та алгоритмів створення програми, використання підходів проектування (CASE засоби, проблемно-орієнтовне проектування тощо). Під час проектування віртуальної спільноти також

необхідно створювати алгоритми на основі поставленої задачі та специфікації умов створення та типам віртуальної спільноти. Потрібно спроектувати основу інформаційного наповнення (розділи, початкові статті тощо), передбачувані профілі учасників.

Розроблення (Devel) – на цьому етапі переводять алгоритм, створений на попередньому етапі, на програму за допомогою мов програмування. У разі віртуальної спільноти переведення алгоритму відбувається, опираючись на відповідний тип. Оскільки створення віртуальної спільноти можливе на основі соціальної мережі чи окремого сайту, то наявна різна специфікація і складність розроблення. На цьому етапі розробник обирає тип віртуальної спільноти та доповнює проектування розділів.

Тестування (Test) – етап, що передбачає пошук та виправлення помилок. Тестування будь-якого програмного засобу передбачає поділ на внутрішнє та публічне тестування (Alpha та Beta тестування). Під час тестування віртуальної спільноти також варто застосовувати ці типи тестування програмних засобів. Проте для спільнот це є відповідальний етап, на якому потрібно переконатись про повну готовність спільноти до функціонування.

Впровадження (дослідне функціонування) (Implement) – запуск готового засобу, продукту чи проекту у вільне користування. Запуск віртуальної спільноти розглядають як впровадження її в мережу Інтернет та збільшення кількості учасників спільноти. На відміну від програмних засобів та продуктів, віртуальна спільнота розвивається та переходить у наступний етап стаціонарного функціонування.

Експлуатація (стаціонарне функціонування) (Expl) – розвиток, підтримка та управління. У життєвому циклі програмних засобів цей етап передбачає виправлення помилок, покращення деяких характеристик, адаптування до середовища виконання, оновлення версії. Життєвий цикл інвестиційного проекту передбачає зміну, оновлення, розширення та інновації. Експлуатація віртуальної спільноти полягає в управлінні нею, підтримкою репутації.

Комплексна верифікація (ComVer) – це зовнішній процес, під час якого уточнюють, чи відповідає всім сформульованим завданням та цілям уже створена та така, що функціонує, віртуальна спільнота. Власне, це проміжний аналіз якісного функціонування віртуальної спільноти. Роботи на цьому етапі тривають періодично, щоб виявити, в якому стані перебуває віртуальна спільнота і чи є необхідність повернення на попередні етапи.

Після цього етапу настає низка перевірок, під час яких позитивна відповідь передбачає затрати. Першою перевіркою є успішність виконання етапу комплексної верифікації. У разі успішного функціонування спільнота повертається на етап експлуатації та продовжує розвивається. Під час виявлення великої конкурентності чи інших помилок ми повинні прийняти рішення про невідкладний реінжиніринг. Невідкладний реінжиніринг є наступною перевіркою між етапами. У разі прийняття позитивного рішення про невідкладний реінжиніринг відбувається повернення на етап аналізу в іншому випадку, виникає необхідність прийняття рішення про консервацію віртуальної спільноти. Третьою перевіркою є рішення про консервацію віртуальної спільноти, якщо це рішення негативне, то настає повна ліквідація віртуальної спільноти.

Консервація віртуальної спільноти (ExpRec) – цей етап застосовується в разі прийняття позитивного рішення про консервацію віртуальної спільноти. Спільнота перебуває в законсервованому стані поки не виникає необхідність прийняття рішення про доцільність відновлення. У разі позитивного рішення життєвий цикл віртуальної спільноти повертається на етап аналізу, в разі негативного відбувається повна ліквідація віртуальної спільноти.

Ліквідація (Liq) – завершення функціонування віртуальної спільноти, її повне видалення з мережі Internet.

Показники завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Під час створення віртуальної спільноти, проходження всіх етапів життєвого циклу віртуальної спільноти, відбувається виконання завдань. Для виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти введено показники, елементи якого є кількісними. Окремі показники за своєю природою є якісними, проте в силу обмежень покладених технологіями управління проектами, в той чи інший спосіб повинні бути приведені до числових показників.

Проаналізувавши особливості віртуальної спільноти для виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти варто виділити типи показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти (рис. 2).

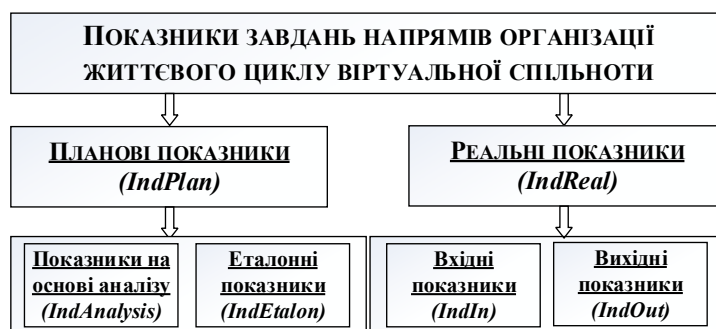


Рис. 2 – Схематичне зображення показників завдань напрямів ОЖЦВС

Плановий (IndPlan) – показник необхідний для виконання завдання напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Вибір планових показників здійснює менеджер організації життєвого циклу віртуальних спільнот на основі аналізу предметної галузі віртуальної спільноти та співвідношенні з еталонними показниками.

Показник на основі аналізу (IndAnalysis) – показник, сформований на основі аналізу предметної галузі організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Еталонний показник (IndEtalon) – показник, що його сформував менеджер спільноти на основі аналізу еталонних спільнот. Еталонними спільнотами вважатимемо спільноти суміжним до створюваної віртуальної спільноти: спільноти-конкуренти, спільноти одного позиційного класу, спільноти-партнери та ін.

Реальний (IndReal) – показник призначений для виконання завдань напрямку, враховуючи реальний стан організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Реальний показник містить:

- **IndIn**– вхідний показник для виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, сформований на попередньому етапі;

- **IndOut** – вихідний показник для виконання завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, сформований для наступного етапу.

Еталонні спільноти для організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Еталонна віртуальна спільнота – це спільнота суміжна до створюваної віртуальної спільноти: спільнота-конкурент, спільнота одного позиційного класу, спільнота-партнер та ін.

Еталонна спільнота не є ідеальною спільнотою, а такою яка є орієнтиром для створення бажаної віртуальної спільноти.

Для вибору еталонної спільноти необхідно ввести правила вибору еталонної спільноти:

- існує тривалий час. Достатньо тривалий період, за яким можна визначити актуальність віртуальної спільноти;
- авторитетна віртуальна спільнота;
- тематичне коло. Тематика віртуальної спільноти є близькою до створюваної віртуальної спільноти;
- типові технічні засоби. Віртуальна спільнота розроблена за допомогою технічних засобів, які спроектовані для створюваної віртуальної спільноти.
- без негативної репутації (щодо створення та виконавців організації життєвого циклу віртуальної спільноти).

Параметри показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти

Параметри показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти – це первинні дані про спільноту. Виокремлені параметри є основними та найвикористовуванішими для всіх типів віртуальних спільнот. Параметри показників є кількісними.

Виокремимо параметри показників для користувацького, інформаційного та репутаційного напрямів. Ресурсний напрям опрацьовують без показників, а використовуючи технічні та технологічні дані:

$$\text{Ind}(\text{Stage}_{\text{Com}i}) = \langle \text{IndUs}(\text{Stage}_i), \text{IndInf}(\text{Stage}_i), \text{IndRp}(\text{Stage}_i) \rangle, \quad (8)$$

де $\text{IndUs}(\text{Stage}_i)$ – користувацький напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{IndInf}(\text{Stage}_i)$ – інформаційний напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти;

$\text{IndRp}(\text{Stage}_i)$ – репутаційний напрям організації життєвого циклу віртуальної спільноти.

Показники користувацького напрямку

Розглянемо систему показників користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальних. Система показників користувацького напрямку – це комплекс показників, які охарактеризовують повноту виконання завдань користувацького напрямку. До системи належать показники, отримані в результаті аналізу соціально-демографічних портретів користувачів мережі Інтернет, тому що вони визначають характер аудиторії віртуальної спільноти, використовуються в рекламній діяльності та під час популяризації спільнот на

комерційних засадах. Далі на рис. 4 наведено показники користувацького напрямку.



Рис. 4 – Показники завдань користувацького напрямку

Система базових показників користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти описується кортежем:

$$\text{Ind}_{Us}(\text{Task}_i) = \left\langle \begin{array}{l} \text{UsQuan}(\text{Task}_i), \text{UsAge}(\text{Task}_i), \text{UsGeo}(\text{Task}_i), \\ \text{UsLang}(\text{Task}_i), \text{UsWr}(\text{Task}_i), \text{UsRd}(\text{Task}_i) \end{array} \right\rangle, \quad (9)$$

де $\text{UsQuan}(\text{Task}_i)$ – показник кількості учасників користувацького напрямку віртуальної спільноти;

$\text{UsAge}(\text{Task}_i)$ – віковий показник завдань користувацького напрямку;

$\text{UsGeo}(\text{Task}_i)$ – географічний показник завдань користувацького напрямку;

$\text{UsLang}(\text{Task}_i)$ – мовний показник завдань користувацького напрямку;

$\text{UsWr}(\text{Task}_i)$ – показник активності писання завдань користувацького напрямку;

$\text{UsRd}(\text{Task}_i)$ – показник активності читання завдань користувацького напрямку.

Показник кількість учасників (UsQuan). Показник кількість учасників вказує на обсяг учасників віртуальної спільноти, який є оптимальним для повноцінного виконання завдання користувацького напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти. Цей показник є кількісним.

Наведемо приклад: створення віртуальної спільноти «Випускники кафедри СКІД», метою якої є підтримка зв'язків з випускниками кафедри, залучення випускників до профорієнтаційної роботи та інформування суспільства про життя кафедри. *На етапі планування організації життєвого циклу віртуальної спільноти ставиться завдання: залучення випускників кафедри соціальних комунікацій та інформаційної діяльності до спільноти. Одним з показників цього завдання буде «кількість учасників», який дорівнюватиме 500 учасників.*

Віковий показник ($UsAge$). Цей показник вказує на вік учасників спільноти, який введений для контролю вікової категорії учасників віртуальної спільноти. Найкраще подати його у розподілі учасників між віковими категоріями.

Розподіл вікових категорій можна здійснювати, опираючись на наявні дослідження:

- вікових діапазонів, де поділ здійснюється на основі періодизації розвитку людини від народження до смерті;
- вікових діапазонів демографічного та соціального поділу населення;
- маркетингових вікових діапазонів.

Маркетингові стратегії із просування, збуту та реклами товарів чи послуг є ефективними та дієвими для задоволення проектних цілей. Тому під час створення віртуальної спільноти як проекту із задоволення цілей та потреб найкраще опиратись на маркетингові вікові діапазони, які також простіші для впровадження. Оскільки більшість соціальних мереж та соціальних сервісів під час застосування рекламних кампаній для визначення цільової аудиторії використовують маркетингові вікові діапазони. Наприклад, редактор AdWords від Google (додаток для керування рекламними кампаніями) під час демографічного націлювання реклами пропонує такі допустимі вікові діапазони: «18–24», «25–34», «35–44», «45–54», «55–64», «65 or more» і «Unknown». Проте наявні вікові діапазони редактора AdWords не враховують роботи з підлітками, їх зараховано до вікового діапазону «Unknown». Хоча під час створення віртуальних спільнот певних тематик вікову категорію підліткового віку варто враховувати.

Віковий показник користувачького напряму організації життєвого циклу віртуальної спільноти опишемо множиною кортежів:

$$UsAge(Task_i) = \left\{ \left\langle UsAgeRange_j, Part(UsQuan)_j \right\rangle \right\}_{j=1}^{N^{UAR}}, \quad (10)$$

де $UsAgeRange$ – віковий діапазон (наприклад, «25–34»);

$Part(UsQuan)$ – частка кількості учасників з цього діапазону;

N^{UAR} – кількість вікових діапазонів.

Для отримання кількісного показника віковий необхідно використати таку формулу:

$$UsAge(Task_i) = UsAge(Task_i) \times UsQuan(Task_i), \quad (11)$$

Наприклад, на етапі планування організації життєвого циклу віртуальної спільноти «Випускники кафедри СКІД» для виконання завдання, залучення випускників кафедри соціальних комунікацій та інформаційної діяльності до спільноти, показник «віковий», який міститиме такі діапазони та частки, матиме такий вигляд:

$$UsAge(Task_i) = \left\{ \left\langle ("8-24", 0.55), ("25-34", 0.3), ("35-44", 0.05), ("Unknown", 0.1) \right\rangle \right\}, \quad (12)$$

де «18–24» – враховуючи випускників з 2014–2016 рр. з часткою 0,55 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти;

«25–34» – враховуючи випускників 2011–2014 рр. з часткою 0,3 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти;

«35–44» – враховуючи середній вік викладачів кафедри СКІД з часткою 0,05 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти;

«Unknown» – враховуючи можливе приєднання абітурієнтів для ознайомлення з можливостями після навчання на цій кафедрі з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти.

Показник Географічний (UsGeo). Цей показник вказує на географічне розташування учасників спільноти, введений для розподілу на географічні об'єкти. До географічних об'єктів належать: країни, регіони, райони, міста, мікрорайони та ін.:

$$UsGeo(Task_i) = \left\{ \left\langle UsGeoRank_j, Part(UsQuan)_j \right\rangle \right\}_{j=1}^{N^{UGR}}, \quad (13)$$

де $UsGeoRank_i$ – географічна категорія поділу визначена аналітиком чи менеджером проекту відносно специфіки віртуальної спільноти;

$Part(UsQuan)_i$ – частка кількості учасників з даної категорії;

N^{UGR} – кількість географічних категорій.

Наприклад, створення спільноти «Місто Львів» з метою інформування учасників про новини та події у м. Львів. На етапі планування організації життєвого циклу віртуальної спільноти для виконання завдання, залучення учасників до спільноти, показник «географічний», який міститиме регіони та частки, матиме такий вигляд:

$$UsGeo(Task_i) = \left\{ \left\langle \left((West_r, 0.55), (North_r, 0.1), (South_r, 0.1) \right), \left((East_r, 0.05), (Europe, 0.1), (Other, 0.1) \right) \right\rangle \right\}, \quad (14)$$

де $West_r, 0.55$ – учасники віртуальної спільноти з західного регіону України з часткою 0,55 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (надано

найбільшу частку учасників, оскільки місто Львів розташоване в цьому регіоні);

North_r,0.1 – учасники віртуальної спільноти з північного регіону України з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти;

South_r,0.1 – учасники віртуальної спільноти з південного регіону України з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти;

East_r,0.05 – учасники віртуальної спільноти з східного регіону України з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (цей регіон має доволі низьку частку учасників з метою уникнення різних загроз як для віртуальної спільноти, так і для її учасників, враховуючи політичну ситуацію в країні);

Europe,0.1 – учасники віртуальної спільноти з Європи з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (виділена частка 0,1 учасників з метою туристичної реклами за кордоном);

Other,0.1 – учасники віртуальної спільноти з інших частин світу з часткою 0,1 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (виділена частка 0,1 учасників з метою туристичної реклами за кордоном).

Показник Мовний (UsLang). Цей показник вказує на мову спілкування (робочу мову) учасників у віртуальній спільноті, введений з метою кращого розуміння між учасниками та якіснішого сприйняття інформаційного наповнення (дописи, коментарі) іншими учасниками.

Множина може містити декілька робочих мов спільноти:

$$UsLang(Task_i) = \left\{ \left\langle UsLangKind_i, Part(UsQuan)_i \right\rangle \right\}_{i=1}^{N^{ULK}}, \quad (15)$$

де UsLangKind – мовний поділ визначений аналітиком чи менеджером проекту відносно специфіки віртуальної спільноти;

Part(UsQuan) – частка кількості учасників з цієї мовної категорії;

N^{ULK} – кількість мов, що використовуються у віртуальній спільноті.

Наприклад, створення спільноти «Місто Львів» з метою інформування учасників про новини та події у м. Львів. *На етапі планування організації життєвого циклу віртуальної спільноти для виконання завдання, залучення учасників до спільноти показник «мовний», який міститиме мовні категорії та частки, матиме такий вигляд:*

$$UsLang(Task_i) = \left\{ \left\langle (Ukr, 0.6), (En, 0.3), (Ru, 0.1) \right\rangle \right\}, \quad (16)$$

де $U_{kr,0.6}$ – учасники віртуальної спільноти, що використовуватимуть робочою мовою українську, з часткою 0,6 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (враховуючи специфіку географічного розташування, західна Україна);

$E_{n,0.3}$ – учасники віртуальної спільноти, що використовуватимуть робочою мовою англійську, з часткою 0,3 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (враховуючи туристичну зацікавленість учасників спільноти з інших країн);

$R_{u,0.1}$ – учасники віртуальної спільноти, що використовуватимуть робочою мовою російську, з часткою 0,6 від загальної кількості учасників віртуальної спільноти (враховуючи мовну специфіку східних регіонів України).

Показник активності писання $UsWr(Task_i)$. Цей показник вказує на активність учасників-дописувачів у віртуальній спільноті. Дописувач – зареєстрований учасник віртуальної спільноти, який залишає за собою слід у віртуальній спільноті, є активним учасником спільноти. Ознакою дописувача є певна кількість дописів та коментарів за визначений проміжок часу (наприклад, тиждень). Метою такого учасника є ознайомлення інших учасників спільноти з новинами, цікавою та корисною інформацією, власними поглядами у певній предметній галузі.

Показник активності писання варто розділити на:

$$UsWr(Task_i) = \left\{ \left\langle (UsWrM_j, Part(UsQuan)_j) \right\rangle \right\}_{i=1}^{N^{UWM}}, \quad (17)$$

де $UsWrM$ – поділ активності дописування. Поділ здійснюється на коментарі та дописи;

$Part(UsQuan)$ – частка кількості учасників з цієї категорії активності дописування;

N^{UWM} – коментарі та дописи, що відповідають за рівень активності дописування у віртуальній спільноті.

Наприклад, під час створення віртуальної спільноти «Місто Львів» той самий користувач щодня робить дописи «Цей день в історії Львова». У цьому дописі користувач висвітлює історичні події м. Львів, що відбулись у конкретний день.

Показник активності читання $UsRd(Task_i)$. Цей показник вказує на активність читачів у віртуальній спільноті. Читач – учасник віртуальної спільноти, який переглядає віртуальну спільноту, поширює її дописи та

вподобає їх. Метою такого учасника є ознайомлення з новинами, дописами, дискусіями, думками інших учасників віртуальної спільноти у певній предметній галузі.

$$UsRD(Task_i) = \left\{ \left\langle (UsWrINA_i, Part(UsQuan)_i) \right\rangle \right\}_{i=1}^{N^{IN}}, \quad (18)$$

де $UsWrINA$ – поділ активності писання. Поділ здійснюється на коментарі та дописи;

$Part(UsQuan)$ – частка кількості учасників з цієї категорії активності писання;

N^{UWM} – поширення та вподобання, що відповідають за рівень активності читання у віртуальній спільноті.

Показники інформаційного напрямку

Система показників інформаційного напрямку – це комплекс показників, які охарактеризовують повноту виконання завдань інформаційного напрямку. У системі враховано показники отримані в результаті аналізу інформаційного наповнення мережі Інтернет, його затребуваності та актуальності.

На рис. 4 наведено показники інформаційного напрямку.



Рис. 4 – Показники завдань інформаційного напрямку

Система базових показників інформаційного напрямку організації життєвого циклу віртуальної спільноти описується кортежем:

$$Ind_Inf(Task_i) = \left\langle \begin{array}{l} InfGeneal(Task_i), InfPost(Task_i), \\ InfComment(Task_i), InfMultimedia(Task_i), \\ InfThematic(Task_i), InfUnicity(Task_i) \end{array} \right\rangle, \quad (19)$$

де $InfGeneal(Task_i)$ – показник кількості інформаційного наповнення інформаційного напрямку віртуальної спільноти;

$InfPost(Task_i)$ – показник дописів завдань інформаційного напрямку;

$InfComment(Task_i)$ – показник коментарів завдань інформаційного напрямку;

$\text{InfMultimedia}(\text{Task}_i)$ – показник мультимедіа завдань інформаційного напрямку;

$\text{InfThematic}(\text{Task}_i)$ – показник тематичності завдань інформаційного напрямку;

$\text{InfUnicity}(\text{Task}_i)$ – показник унікальності завдань інформаційного напрямку.

Показник кількість інформаційного наповнення (InfGeneal). Загальна кількість інформаційного наповнення віртуальної спільноти, що включає дописи, коментарі і мультимедіа. Для якіснішого функціонування спільноти показники інформаційного напрямку найкраще подавати опираючись на інтенсивність, тобто кількість інформаційного наповнення в тиждень.

Інтенсивність інформаційного наповнення у віртуальній спільноті забезпечує відвідуваність спільноти користувачами, якість інформаційного наповнення

Показник дописів (InfPost). Цей показник вказує на кількість дописів упродовж тижня у віртуальній спільноті. Визначається часткою дописів від загальної кількості інформаційного наповнення віртуальної спільноти. Бажану (необхідну) інтенсивність визначає менеджер та аналітик спільноти відносно предметної області віртуальної спільноти.

Показник кількість коментарів (InfComment). Цей показник вказує на кількість коментарів до дописів упродовж тижня у віртуальній спільноті.

Показник кількість мультимедіа (InfMultimedia). Цей показник вказує на загальну кількість дописів та коментарів, що містять мультимедіа упродовж тижня у віртуальній спільноті. До мультимедіа зараховують відео та анімаційні матеріали.

Показник тематичний (InfThematic). Цей показник вказує на кількість дописів, які відповідають тематиці предметної галузі віртуальної спільноти. Належність посту до тематичного визначає менеджер організації життєвого циклу віртуальної спільноти:

$$\text{InfThematic}(\text{Task}_i) = \left\{ \left\langle \text{InfThematic}_j, \text{Part}(\text{InfQuan})_j \right\rangle \right\}_{j=1}^{N^{\text{ITR}}}, \quad (20)$$

де InfThematic_j – частка тематичного інформаційного наповнення віртуальної спільноти;

$\text{Part}(\text{InfQuan})_j$ – загальна кількість інформаційного наповнення.

Показник унікальності (InfUnicity). Цей показник вказує на загальну кількість унікальних дописів у віртуальній спільноті. Менеджер повинен звертати увагу лише на копірайт. Копіювання матеріалів чи рерайт матеріалів не демонструє унікальності інформаційного наповнення віртуальної спільноти:

$$\text{InfUnicity}(\text{Task}_i) = \left\{ \left\langle \text{InfUnicity}_j, \text{Part}(\text{InfQuan})_j \right\rangle \right\}_{j=1}^{N^{\text{IU}}}, \quad (21)$$

де $\text{Part}(\text{InfQuan})_j$ – частка унікального інформаційного наповнення віртуальної спільноти;

$\text{Part}(\text{InfQuan})_j$ – загальна кількість інформаційного наповнення.

Показники репутаційного напрямку

Система показників інформаційного напрямку – це комплекс показників, які охарактеризовують повноту виконання завдань репутаційного напрямку. У системі враховано показники, отримані в результаті менеджментської складової, аналізу користувачів, інформаційного наповнення, його затребуваності та актуальності. На рис. 5 наведено показники інформаційного напрямку.



Рис. 5 – Показники завдань репутаційного напрямку

Розглянемо систему показників репутаційного напрямку, необхідну для підтримки змісту та діяльності віртуальної спільноти, її репутації:

$$\text{Ind_Rp}(\text{Task}_i) = \left\langle \begin{array}{l} \text{RpResponsibility}(\text{Task}_i), \text{RpTrolling}(\text{Task}_i), \\ \text{RpComAggression}(\text{Task}_i) \end{array} \right\rangle, \quad (22)$$

де $\text{RpResponsibility}(\text{Task}_i)$ – показник відповідальності репутаційного напрямку;

$\text{RpTrolling}(\text{Task}_i)$ – показник захисту від тролінгу репутаційного напрямку;

$\text{RpComAggression}(\text{Task}_i)$ – показник комунікативної агресії репутаційного напрямку.

Показник відповідальності ($R_p \text{Responsibility}(\text{Task}_i)$). Показник відповідальності вказує на швидкість відповідей від адміністраторів спільноти, підтримку змісту діяльності спільноти, підтримку правил спільноти.

Показник захисту від тролінгу ($R_p \text{Trolling}(\text{Task}_i)$). Показник вказує на захищеність учасників віртуальної спільноти від провокативних дій та тролінгу. Показник захисту від тролінгу визначається відношенням кількості користувачів, які постраждали від тролінгу до загальної кількості користувачів.

Показник комунікативної агресії ($R_p \text{ComAggression}(\text{Task}_i)$). Показник вказує на захищеність учасників віртуальної спільноти від комунікативної агресії інших учасників. Показник комунікативної агресії визначається відношенням скомпрометованих користувачів до загальної кількості користувачів.

Висновок

У розділі формалізовано процес організації життєвого циклу віртуальної спільноти та отримано такі результати:

- розроблено формальну модель організації життєвого циклу віртуальної спільноти, яка включає в модель ряд спеціальних етапів та напрямів організації життєвого циклу віртуальних спільнот, що дало змогу структурувати виконання проектних завдань, які стоять перед розробниками віртуальних спільнот;
- сформовано показники напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти, що дозволяє структурувати виконання проектних завдань для розробників віртуальних спільнот;
- сформовано параметри показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальних спільнот, що є первинними даним про віртуальну спільноту.

Література:

1. O. Trach, & A. Peleshchyshyn, «Development of directions tasks indicators of virtual community life cycle organization», Proceedings of the XIth International Scientific and Technical Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT-2017), 05-08 September 2017, p. 127 – 130, 2017.

2. O. Trach, & A. Peleshchyshyn, «Functional-network model of tasks performance of virtual communication life cycle directions», Proceedings of the XIth International Scientific and Technical Conference (CSIT 2016), Lviv Polytechnic Publishing House, p. 108-110, 2016.

3. O. Trach, & A. Peleshchyshyn, «Development of directions tasks indicators of virtual community life cycle organization», Proceedings of the XIth International Scientific and Technical Conference «Computer Sciences and Information Technologies» (CSIT-2017), 05-08 September 2017, p. 127 – 130, 2017.

4. А. Пелещишин, та О. Трач, «Основні етапи життєвого циклу формування студентських спільнот ВНЗ», «Інформатизація вищого навчального закладу», Вісник Національного університету «Львівська політехніка», с. 76 – 84, 2015.

5. О. Трач, «Критичність показників завдань напрямів організації життєвого циклу віртуальної спільноти», «Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки», №5 (253), с. 177 – 181, 2017.

Додаток

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА АНОТАЦІЇ

ГЛАВА 1 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

1.1. Моделі мультиагентного середовища інтелектуальної навчальної системи підготовки диспетчерів управління повітряним рухом

ст. викл. Сорока М. Ю.

ст. викл. Сало Н. А.

Льотна академія Національного авіаційного університету,

М. Кропивницький

Анотація. Результати аналізу основних методів організації інтелектуального освітнього середовища для підготовки диспетчерів повітряного простору дозволяють зробити висновок, що існуючі підходи не в повній мірі забезпечують виконання вимог, що впливають з розробки сучасних систем навчання. Використання інтелектуальної системи навчання в адаптивних тренажерах авіадиспетчерів представляється багатообіцяючим, що значно скоротить час навчання диспетчерів повітряного руху і заощадить витрати, уникаючи негативного впливу на якість їх навчання і безпеку польотів. Сформульовано вимоги до побудови багатоагентного середовища інтелектуальної освітньої системи підготовки диспетчерів повітряного руху. Представлено математичну модель сприйняття і знання інтелектуального агента, що описують можливі умови зовнішнього середовища інтелектуальної системи навчання. Розроблений підхід до поліпшення і розширення функціональних можливостей системи навчання для диспетчерів повітряного руху з використанням теорії багатоагентних систем з метою створення інтелектуального середовища навчання, яка забезпечує правдоподібність і нелінійність поведінки модельованих об'єктів в цьому. Запропонована архітектура інтелектуального агента системи навчання для підготовки авіадиспетчерів створена на основі архітектури InterRRa, яка забезпечує взаємодію агента з навколишнім середовищем та іншими агентами через модель фізичного представлення об'єкта. Розвинена структура багатоагентного середовища інтелектуальної системи навчання полягає у використанні моделі поведінки інтелектуальних агентів, що забезпечує зміна поведінки їх подальших дій і здатності вирішувати завдання підготовки і прийняття рішень з використанням різних моделей поведінки.

Ключові слова: управління повітряним рухом, інтелектуальна система, розподілена система, багатоагентська система, штучний інтелект, модель навчання.

Abstract. The results of the analysis of the main methods in organizing an intelligent educational environment for the training of airspace controllers allow us to conclude that existing approaches do not fully ensure the fulfillment of the requirements arising from the development of modern training systems. The use of an intelligent training system in adaptive simulators of air traffic controllers seems to be promising, which will significantly reduce the training time for air traffic controllers and save costs, avoiding the negative impact on the quality of their training and flight safety. The requirements for the construction of a multi-agent environment of an intelligent educational system for training air traffic controllers have been formed. A mathematical model of

perception is presented and the knowledge of an intellectual agent is presented which describes the possible conditions of the external environment of an intellectual learning system. The developed approach to improving and expanding the functionality of the training system for air traffic controllers by using the theory of multi-agent systems in order to create an intelligent learning environment that ensures the plausibility and non-linearity of the behavior of objects that are simulated in it. The proposed architecture of the intelligent agent of the training system for the training of air traffic controllers created on the basis of the InterRRa architecture, which provides the agent's interaction with the environment and other agents through the physical representation model of the object. A feature of the developed structure of the multi-agent environment of an intelligent learning system is the use of the behavior model of intelligent agents that provide a change in the behavior of their further actions and the ability to solve the problems of preparation and decision making using various behavior models.

Keywords: air traffic control, intelligent system, distributed system, multi-agent system, artificial intelligence, training model.

1.2. О многокритериальном экспертном оценивании рисков информационной безопасности

*канд. тех. н., доц. кафедры компьютерных систем
и сетей Вдовиченко И. Н.*

*Криворожский национальный университет,
г. Кривой Рог*

Аннотация. Существующие методы определения риска информационной безопасности компьютерных систем рассмотрены и проанализированы. Определены общие и частные проблемы расчета риска сложных систем. Предлагается комбинированный метод, основанный на многокритериальной экспертной оценке, с целью анализа и прогнозирования риска для сложных компьютерных систем.

Ключевые слова: информационная безопасность, расчет рисков, многокритериальная экспертная оценка, метод.

Abstract. Existing methods for determining the risk of information security of computer systems are reviewed and analyzed. The general and particular problems of calculating the risk of complex systems are determined. A combined method based on multicriteria expert assessment is proposed with the aim of analyzing and predicting risk for complex computer systems.

Keywords: information security, risk calculation, multi-criteria expert assessment, method.

1.3. Ефективність як ключовий показник управління віртуальною спільнотою

*канд. техн. н., доц. кафедри соціальних комунікацій
та інформаційної діяльності Федущко С. С.*

*канд. техн. н., доц. кафедри соціальних комунікацій
та інформаційної діяльності Серов Ю. О.*

*Національний університет «Львівська політехніка»,
м. Львів*

Анотація. Глава присвячена вирішенню важливої наукової задачі по розробці методів і засобів створення ефективних віртуальних спільнот на основі онлайн-форумів. Представлені тенденції і перспективи розвитку інтернет-спільнот. Проведено аналіз критеріїв ефективності спільнот і визначено комплекс числових показників ефективності онлайн-спільнот на основі онлайн-форумів. Визначено сценарії розвитку онлайн форуму. Розроблено модель онлайн-форуму, що включає модель учасника онлайн-форуму, модель структури контенту і модель теми онлайн-форуму. Представлені методи підвищення ефективності спільноти на основі онлайн-форуму. Розроблено методи аналізу зростання кількості учасників, які призначені для моніторингу масштабів онлайн-форуму та динаміки його зміни. У цьому дослідженні представлені засоби для визначення характеристик і класифікації членів спільноти. Запропоновано онлайн-форум «Форум лікарів України», який використовує програмний комплекс, розроблений для підвищення ефективності роботи спільноти.

Ключові слова: особисті дані, інформаційна підтримка, веб-спільнота, персоналізація, ефективність, www, учасник.

Abstract. The chapter deals with solving an important scientific task of developing methods and means of efficient virtual communities based on online forums. The tendencies and perspectives of development of the Internet communities are presented. The analysis of communities' efficiency criteria is carried out and complex of numerical indexes of effectiveness of online communities on the basis of online forums is defined. The scenarios of online forum development are defined. Online forum model which includes online forum member's model, content structure model and online forum theme model are developed. The methods for improving community effectiveness, on the basis of online forum, are introduced. The methods of analysis of member quantity growth, which are assigned for monitoring the scopes of online forum and the dynamics of its change, are worked out. In this study the means for defining characteristics and classification of community members are presented. Online forum «Ukrainian Doctors' Forum» that uses the program complex, developed for improving the effectiveness of community functionality is suggested.

Keywords: personal data, information support, web community, personalization, efficiency, www, participant.

ГЛАВА 2

ПРОГРАМУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

2.1. Способи спрощення задачі нелінійного програмування на основі класифікації обмежень

*Д-Р техн. н., проф Засядько А. А.,
Черкаський навчально-науковий інститут
ДВНЗ «Університет банківської справи»
м. Черкаси*

Анотація. У статті представлені різні способи спрощення задачі нелінійного програмування (ПНП). Компоненти вихідного PNP, його цільової функції і системи обмежень розглядаються як часткові критерії в багатокритеріальному формулюванні PNP. Розглядаються різні скалярні згортки приватних критеріїв і аналізуються їх можливості у спрощенні PNP. Великі PNP зменшуються до менших PNP, що може бути вирішено з використанням традиційних методів оптимізації. На відміну від інших скалярних критеріїв, нелінійна схема компромісів дозволяє знайти оптимальне по Парето рішення, а в разі опуклих часткових критеріїв – унімодальне (одиначне) рішення. Складне завдання представлено більш простою моделлю, вираженою системою рівнянь малої розмірності.

Ключові слова: нелінійна проблема програмування, обчислювальна складність, багатокритеріальна оптимізація, нелінійна компромісна схема

Abstract. The paper presents various ways to simplify the problem of nonlinear programming (PNP). The components of the initial PNP, its target function and constraint system, are considered as partial criteria in the multi-criteria PNP formulation. Various scalar convolutions of partial criteria are considered and their possibilities in PNP simplification are analyzed. Large-size PNP are reduced to smaller-sized PNP, which can be solved using conventional optimization methods. Unlike other scalar criteria, a nonlinear scheme of trade-offs allows us to find a Pareto optimal solution, and in the case of convex partial criteria, a unimodal (single) solution. The complex problem is represented by a simpler model, expressed by a system of equations of small dimension.

Keywords: nonlinear programming problem, computational complexity, multicriteria optimization, nonlinear compromise scheme.

2.2. Сжатие изображений на основе методов выделения и кодирования областей

*Д-Р техн. н., профессор кафедры информатики
и вычислительной техники Иванов В. Г.
Национальный юридический университет
имени Ярослава Мудрого, г. Харьков*

Аннотация. Представлены результаты компьютерного исследования методов сжатия изображений на основе контурно-текстурных моделей выделения и кодирования областей произвольной формы. Эти методы, относящиеся ко второму поколению, позволяют нам

представлять изображения в виде областей текстуры, окруженных контурами, и в большей или меньшей степени соответствующих объектам сцены. Эффективные методы кодирования без потерь используются для кодирования контуров, которые на самом деле являются картой регионов. Из-за низкого содержания информации части текстуры (фоновые области изображения) могут кодироваться с высокой степенью сжатия.

Ключевые слова: сжатие изображений, сегментация, выделение, объединение и кодирование областей, устранение артефактов.

Abstract. The results of a computer study of image compression methods based on the contour-texture models of the selection and coding of areas of arbitrary shape are carried out. These methods, belonging to the second generation], allow us to represent images in terms of texture areas surrounded by contours and to a greater or lesser extent corresponding to scene objects. Effective lossless coding methods are used to encode the contours, which are actually a map of the regions. Due to their low information content, texture parts (background areas of the image) can be encoded with a high compression ratio.

Keywords: image compression, segmentation, selection, combining and coding of areas, elimination of artifacts.

2.3. Дослідження мультифрактальних властивостей генератора самоподібного трафіку на основі ланцюга Маркова

*викладач кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення
Дрєва Г. М*

*канд. техн. н., доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення
Смірнов С. А.*

*Центральноукраїнський національний технічний університет
м. Кропивницький*

Анотація. У цьому розділі досліджується фрактальна розмірність тимчасового ряду, яка виходить з використанням автотельного генератора трафіку на основі ланцюгів Маркова з керованою фрактальною розмірністю. Предмет статті – фрактальний аналіз автотельного генератора трафіку на основі ланцюга Маркова. Метою дослідження є дослідження фрактальної розмірності часових рядів, яка виходить з використанням автотельного генератора трафіку на основі ланцюгів Маркова з керованою фрактальною розмірністю. Для цього в роботі були вирішені наступні завдання: на основі чисельних експериментів по визначенню фрактальної розмірності згенерованих числових послідовностей показані статистично значущі зміни фрактальних властивостей числової послідовності на різних масштабах; вказано на недостатню розробку високопродуктивних алгоритмів для отримання самоподібних числових послідовностей для моделювання генерації трафіку в телекомунікаційних системах та мережах; запропоновано напрями подальших досліджень з управління феноменом мультифрактального генератора на основі ланцюгів Маркова. Результатом даної роботи є обґрунтування збільшення продуктивності моделювання інформаційного трафіку в телекомунікаційних системах та комп'ютерних мережах за рахунок генератора самоподібного трафіку на ланцюгах Маркова. Висновки: генератори самоподібного трафіку на марковських каналах відрізняються від своїх аналогів більш низькими вимогами до обчислювальної потужності систем моделювання, що підвищує

продуктивність імітаційного моделювання інформаційного трафіку в телекомунікаційних системах та комп'ютерних мережах, тому важливо і далі розвивати і вивчати такі системи. На основі спрощеної метрики $N(k\epsilon)$ побудовано аналітичний вираз для обчислення фрактальної розмірності результату генерації ряду двійкових чисел на основі ланцюга Маркова. Відзначається залежність фрактальної розмірності від довжини інтервалу, на якому розраховується фрактальна розмірність, і робиться припущення про повторення мультифрактальної властивості на класичних метриках, таких як розрахунок розмірності на основі R/S -аналізу або Маньківського. Для перевірки припущень був проведений чисельний експеримент, який з вірогідністю вище 99 % підтвердив припущення про мультифрактальну числову послідовність, отриману генераторами на ланцюгах Маркова.

Ключові слова: моделювання, трафік, самоподібність, мультифракція.

Abstract. This section investigates the fractal dimension of the time series, which is obtained using a self-similar traffic generator based on Markov chains with controlled fractal dimension. The subject of the article is a fractal analysis of a self-similar traffic generator based on a Markov chain. The purpose of the study is to investigate the fractal dimension of the time series, which is obtained using a self-similar traffic generator based on Markov chains with controlled fractal dimension. For this purpose, the following problems were solved in the work: on the basis of numerical experiments of determining the fractal dimension of the generated numerical sequences, statistically significant changes of fractal properties of the numerical sequence on different scales were shown; pointed out the insufficient development of high-performance algorithms for obtaining self-similar numerical sequences for simulating traffic generation in telecommunication systems and networks; directions for further research on the management of the multifractality phenomenon in generators based on Markov chains are proposed. The result of this work is to substantiate the increase in the productivity of simulation of information traffic in telecommunication systems and computer networks due to the generator of self-similar traffic on Markov chains. Conclusions: Generators of self-similar traffic on Markov circuits differ from their counterparts with lower requirements for the computational power of simulation systems, which improves the performance of imitation modeling of information traffic in telecommunication systems and computer networks, so it is important to further develop and study such systems. On the basis of the simplified metric $N(k\epsilon)$, an analytical expression for calculating the fractal dimension of the result of generating a binary number series based on a Markov chain is constructed. The dependence of the fractal dimension on the length of the interval at which the fractal dimension is calculated is noted, and the assumption is made of the repetition of the multifractal property on classical metrics, such as dimension calculation based on R/S analysis or Minkowski dimension. In order to verify the assumptions, a numerical experiment was conducted which, with a reliability higher than 99 %, confirmed the assumption of multifractal numerical sequence obtained by generators on Markov chains.

Keywords: modeling, traffic, self-similarity, multifractal.

2.4. Дослідження хмарних технологій як сервісів для системи інженерних розрахунків

канд. техн. н., доц. Смірнова Т. В.

ст. викл. Поліщук Л. І.

Центральноукраїнський національний технічний університет,

м. Кропивницький

Анотація. Щоб визначити основні умови для подальших досліджень, в статті проводиться великий аналіз хмарних обчислень як послуги. Вищевказані сервіси виділяють базові сервіси, які є основою для існування більш уніфікованих сервісів, які збільшують обсяг. Перераховано можливі постачальники послуг, в тому числі українські. Визначено, що для перенесення роботи систем інженерних розрахунків і систем автоматизованого проектування (САПР) на хмарну платформу досить нової багатообіцяючої служби CAEaaS (Computer Aided Engineering as Server) – з'явилися комп'ютерні системи інженерного проектування. CAEaaS допомагає скоротити витрати і час на розробку продукту, підвищити його якість і довговічність. Проектні рішення можуть бути прийняті на основі їх впливу на продуктивність. Проекти можуть бути оцінені і вдосконалені з використанням комп'ютерного моделювання, а не фізичного тестування прототипу, що економить гроші і час.

Ключові слова: хмарні технології, хмарні платформи, технології як послуги, хмара CAE, CAEaaS.

Abstract. In order to determine the basic conditions for further research, an extensive analysis of cloud computing as a service is conducted in the paper. The above services highlight the basic services that are the basis for the existence of more unified services that increase the scope. Listed are possible service providers, including Ukrainian. It is determined that in order to migrate the work of systems of engineering calculations and computer-aided design (CAD) systems to a cloud platform, a fairly new promising service CAEaaS (Computer Aided Engineering as a Server) – computer systems of engineering engineering has appeared. CAEaaS helps reduce the cost and time of product development, improve product quality and durability. Design decisions can be made based on their impact on performance. Designs can be evaluated and refined using computer modeling rather than physical prototype testing, saving money and time.

Keywords: cloud technologies; cloud platforms; technologies as services; cloud CAE, CAEaaS.

2.5. Дослідження перспектив використання технологічних рішень в мережах 5G

студент кафедри програмування

і захисту інформації Усік А. В.

Д-Р техн. н., проф. кафедри програмування

і захисту інформації Смірнов О. А.

Центральноукраїнський національний технічний університет,

м. Кропивницький;

Анотація. Мережі стільникового зв'язку виникли в середині двадцятого століття. Вони сильно змінилися за довгий час. Це викликано змінами умов, функцій і видів використання. Спочатку стільникові мережі були потрібні виключно для голосового зв'язку, але сьогодні вони вже використовуються для передачі як голосу, так і багатьох інших типів даних. У міру того як змінюються рушійні сили розвитку мереж стільникового зв'язку, змінюються і технологічні рішення, які можуть задовольнити найвибагливіші вимоги сучасних і майбутніх користувачів. Тому в даній роботі був проведений змістовний аналіз вимог до сучасних і перспективних стільникових мереж 5G, визначені основні рушійні сили розвитку мобільного широкосмугового доступу. Була також проаналізована узгоджена архітектура мережі 5G. Планується використовувати найсучасніші технологічні рішення, щоб забезпечити критичні вимоги для сучасного стільникового зв'язку.

Ключові слова: стільниковий зв'язок, 5G.

Abstract. Cellular communications networks emerged in the mid-twentieth century. They have changed a lot over the long term. This is caused by changes in conditions, features and uses. Initially, cellular networks were needed solely for voice communication, but today they are already used to transmit both voice and many other types of data. As the driving forces behind the development of cellular networks change, so do technological solutions that can meet the demanding demands of today's and future users. Therefore, in this work a meaningful analysis of the requirements for modern and promising 5G cellular networks was conducted, the main driving forces of the development of mobile broadband access were identified. A consistent 5G cellular network architecture was also analyzed. It is planned to use state-of-the-art technological solutions to provide critical requirements for modern cellul.

Keywords: cellular communications, 5G.

2.6. Розроблення програмного забезпечення організації життєвого циклу віртуальних спільнот

канд. техн. н., викл. кафедри соціальних комунікацій

та інформаційної діяльності Трач О. Р.

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів

Анотація. У цьому розділі представлені дослідження зі створення програмного забезпечення для життєвого циклу віртуального співтовариства. Була розроблена архітектура програмного забезпечення організації життєвого циклу віртуального співтовариства і

описані компоненти архітектури програмного забезпечення життєвого циклу віртуального співтовариства.

Ключові слова: віртуальна спільнота, сцена, напрямок, програмне забезпечення, індикатори, робоче місце, база даних.

Abstract. This section presents research on how to build a virtual community lifecycle software. The architecture of the virtual community lifecycle organization software has been developed, and the components of the virtual community lifecycle software architecture have been described.

Keywords: virtual community, stage, direction, software, indicators, workplace, database.

2.7. Development of telegram bot for a copy center

*D-R of techn. s, prof., Nazarkevych M.,
Lozovytska I.
National University «Lviv Polytechnic»,
Lviv city*

Abstract. Instant messaging systems, including bots, are a means of communication and are promising for the promotion and sale of goods and services. A bot was created using the existing platform to reach a larger audience of potential customers and automate the ordering process for the copy center. In Python programming language, a bot Telegram was developed to help you place an order online: select products through a catalog, add to cart, place an order, provide customer contact details, and choose the date of manufacture and branch of the copy center, choose the shipping and payment method. A chatbot was also developed using Dialogflow, a human literacy tool. The assistant can answer questions related to both the copy center and the bot for ordering. The chat bot has been tested and the agent has been trained to detect errors.

Keywords: chat-bot, copy-center, message

2.8. Місце і роль е-навігації в глобалізаційних процесах організації безпеки морських перевезень

*канд. техн. н., доц. автоматизованих систем та кібербезпеки Пунченко Н. О.
Одеська державна академія технічного регулювання та якості,
м. Одеса*

*канд. техн. н., ст. викл. кафедри мереж зв'язку Цира О. В.
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
м. Одеса*

Анотація. З переходом навігаційного і гідрографічного забезпечення на цифрові технології існуючі механізми впровадження нового обладнання не відповідають вимогам судноплавної галузі, необхідному рівню ефективності і безпеки судноплавства. Необхідність виправлення проблемної ситуації стала причиною включення в план Міжнародної морської організації глобальної стратегічної програми e-Navigation. У статті наведена історія створення концепції електронних навігаційних основ. Представлені результати деяких досліджень, проведених з метою просування ідей електронної навігації в сучасній навігаційній практиці.

Ключові слова: е-Навігація, глобальні навігаційні системи, автоматичні системи ідентифікації, системи контролю руху суден, морська хмара.

Abstract. With the transition of navigation and hydrographic support to digital technologies the existing mechanisms for introducing new equipment do not meet the requirements of the shipping industry, the necessary level of efficiency and safety of shipping. The need to correct the problematic situation became the reason for the inclusion in the plan of the International Maritime Organization of the global strategic program e-Navigation. The article gives the history of the creation of the concept of e-Navigation basic tenets. The results of some studies carried out with the aim of promoting the ideas of e-Navigation in modern navigation practice are presented.

Keywords: e-Navigation, global navigation systems, automatic identification systems, ship traffic control systems, sea cloud.

2.9. Завадостійке перетворення даних

канд. техн. н., доц. Кафедри інформаційних технологій Різник О. Я.

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів

Анотація. Метою даної статті є дослідження та удосконалення алгоритму синтезу відмовостійких кодових послідовностей. Для досягнення цієї мети були вирішені наступні завдання: проведені дослідження алгоритмів синтезу відмовостійких кодових послідовностей; проведені дослідження і практично реалізовано алгоритм синтезу відмовостійких кодових послідовностей; проведені дослідження та практично реалізовано алгоритм знаходження і виправлення помилок отриманих відмовостійких кодових послідовностей. Завдання поліпшення характеристик імунітету кодових послідовностей було вирішено на основі використання ідеальних кільцевих пучків.

Ключевые слова: відмовно-відхильна послідовність коду, ідеальний комплект кільця, нееквідистантна кодова послідовність.

Abstract. The purpose of this article is to investigate and improve the algorithm for synthesizing fault-tolerant code sequences. To achieve this goal, the following tasks were solved: carry out research of algorithms for synthesis of fault-tolerant code sequences; carry out research and practical implementation of the algorithm of synthesis of fault-tolerant code sequences; carry out research and practical implementation of the algorithm of finding and correction of errors of the received fault-tolerant code sequences. The task of improving the immunity characteristics of the code sequences was solved on the basis of the use of ideal ring bundles.

Keywords: fault-tolerant code sequence, ideal ring bundle, non-equidistant code sequence.

2.10. Формування та фільтрація сигналів вейвлет – перетворення в задачі цифрової обробці сигналів

канд. техн. н., старший викладач каф. ТЕЗ та М ім. А. Г. Зюко Солодка В. І.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова,
м. Одеса*

старший лаборант кафедри гігієни і медичної екології Левковська М. Ю.

*Одеський національний медичний університет,
м. Одеса*

Анотація. Для формування скорочення цифрового потоку була проаналізована проблема поліпшення якості цифрової фільтрації перешкод на основі одновимірної ДВП з використанням різних порогових функцій і вибору вейвлет-базису. З огляду на значний інтерес до цієї проблеми і численні дослідження, пошук шляхів оптимізації придушення перешкод, присутніх в сигналах і зображеннях, залишається актуальним і важливим.

Ключові слова: перетворення вейвлетів; цифрова обробка сигналів, стиснення зображення, цифровий потік.

Abstract. To form a digital stream reduction, the problem of improving the quality of digital interference filtering on the basis of one-dimensional fiberboard was analyzed using different threshold function and wavelet basis choice. Given the considerable interest in this problem and numerous studies, the search for ways to optimize the interference suppression present in signals and images remains relevant and important.

Keywords: wavelet conversion; digital signal processing, image compression, digital flow.

ГЛАВА 3

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ, МЕДИЦИНІ ТА ОСВІТІ

3.1. Методи оптимізації рішень щодо аналізу персоналізованих даних

канд. техн. н., доц. кафедри систем штучного інтелекту

Мельникова Н. І.

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів

Анотація. Використовуючи механізм фінансового управління, який грає важливу роль в забезпеченні соціально-економічного розвитку країни, було реалізовано управління грошовими потоками, що, в свою чергу, забезпечує розвиток підприємницької діяльності, обсяг кредитування економіки і т.д. Метою роботи є отримання основних параметрів діяльності підприємства, що дають об'єктивне і точне уявлення про його фінансовий стан, фінансові результати, зміни в структурі активів та пасивів. Різні методи прикладної математики та інформаційних технологій були використані для проведення інтелектуального аналізу. Розглянуто кілька методів оптимізації рішень для персоналізованої оцінки фінансової діяльності: метод кластерного аналізу; метод асоціативних правил; метод логічного висновку. Серед ієрархічних агломераційних методів враховується метод одиночного зв'язку (пошук двох схожих об'єктів по матриці подібності). Крім методів були використані наступні алгоритми: алгоритми пошуку асоціативних правил, згідно з якими підтримка і дійсність правил повинні бути вище порогових значень (*minsupport*) і (*minconfidence*), а також алгоритм логічного виходу (посередницький ланцюжок міркувань). Розглянуто шляхи реалізації персоналізованого аналізу компанії і визначення стратегічних рішень її фінансового розвитку за допомогою інтелектуального аналізу. Розглянута інтелектуальна інформаційна система управління фінансами, яка сформує для користувача найкращі варіанти рішень щодо стратегії розвитку. Забезпечується висока точність і стабільність управлінських рішень з фінансового розвитку підприємства. Запропонована експертна система підтримки прийняття управлінських рішень, що вирішує комплекс взаємопов'язаних завдань, реалізація яких забезпечує автоматизацію виконання функцій і процедур для прийняття фінансово кваліфікованих рішень.

Ключові слова: фінансовий аналіз, персоналізований підхід, управління фінансами, інтелектуальна система управління фінансами.

Abstract. Using the mechanism of financial management, which plays an important role in ensuring social and economic development of the country, the management of cash flows has been implemented, which, in turn, ensure the development of entrepreneurial activity, the volume of lending to the economy, etc. The aim of the work is to obtain key parameters of a company, giving an objective and accurate picture of its financial condition, profits and losses, changes in the structure of assets and liabilities. Different methods of applied mathematics and information technologies have been used to perform the intellectual analysis. Several methods of optimization of solutions for the personalized estimation of financial activity have been considered: cluster analysis method; method of associative rules; method of logical output. Among the hierarchical agglomerative methods, the single-link method (the search for two similar objects by the matrix of

similarity) is taken into account. In addition to the methods, the following algorithms have been used: algorithms for the search for associative rules, according to which the support and validity of rules should be higher than the thresholds (minsupport) and (minconfidence), and the algorithm of logical output (the mediating chain of reasoning). The ways of implementing the personalized company analysis and determining the strategy decisions of its financial development by means of intelligent analysis have been regarded. The intelligent information system of financial management, which will form the best options of decisions for the user regarding the development strategy, has been considered. High precision and stability of managerial decisions on financial development of the enterprise are ensured. The proposed expert system of support of managerial decisions solved a complex of interrelated tasks, implementation of which provides automation of the execution of functions and procedures for the adoption of financially qualified decisions.

Key words: financial analysis, personalized approach, financial management, intellectual system of financial management.

3.2. Application of neural networks in text processing and recognition task

D-R of techn. s, prof. Tymchenko O.

University of Warmia and Mazury,

Olsztyn, Poland,

and. techn. n., senior lecturer Havrysh B.

Ukrainian Academy of Printing,

Lviv city

Abstract. System analysis and comparison of image recognition methods with respect to their application for recognition of text images has been carried out. It is shown the possibility of using different methods to implement the problem of text recognition. Also there are reviewed classical classification methods, stoistic (Bayesian) and those that use neural networks. It has been found that the most expedient way to implement OCR systems is to use neural network technologies. There is considered the methodology for recognizing text images based on neural networks, methods and algorithms for building a neuro-fuzzy system for recognizing text images, in particular methods for improving the quality of text images and reducing noise through linear and nonlinear filtration. Features of binarization of such images, fuzzy processing of images to allocate boundaries and segmentation of symbols, and the ability to implement grammar for the structural recognition of text images is shown. The methods of training the neural network and its testing are also considered. It is shown that on the basis of context-free grammars it is possible to construct an OCR system using neural network technologies.

Keywords: pattern recognition, OCR system, fuzzy image processing, neural networks.

3.3. Параметричний та структурний оптимальний синтез багатоскальованих вимірювальних систем

Д-Р техн. н., професор кафедри транспортного зв'язку Альошин Г. В.

*Українська державна академія залізничного транспорту,
м. Харків*

Д-Р техн. н., с.н.с., заслужений винахідник України, начальник науково-дослідного відділу наукового центру Повітряних Сил Коломійцев О. В.

*Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
м. Харків*

Анотація. Існуючі методи радіоелектронних вимірювальних пристроїв або вимірювальних каналів систем, серед яких розглядаються: дискримінатор (функціональний), панорамний або пошуковий, багатоканальний, багатомасштабного, багатоступінчастий і комбінований. Відзначено, що кожний вимірювальний пристрій буде реалізовувати метод вимірювання, який закладений в принцип дії і побудований на множині параметрів, сигналів і конструкцій. Таким чином, мова йде про загальні методи вимірювання параметра сигналу будь-якої фізичної природи. Проблема в тому, що до цього часу були відсутні методи оптимального, а тому й об'єктивного вибору вимірювальних приладів по множині структур, сигналів і параметрів. Така унікальна можливість з'являється, якщо для формування кривих обміну використовувати додатково до показників якості засобів вимірювальної техніки індекс вартості. Це несе в собі деяку додаткову проблему. Введення індексу вартості дозволяє перш за все класифікувати по кривим обміну всі інформаційно-вимірювальні системи (IMS) по можливим, раціональним і оптимальним, що спрощує їх планування і в першу чергу є основою для оцінки їх реалізації. В роботі показана можливість постановки та вирішення завдань оптимізації IMS за критерієм максимуму точності вимірювання різних типів IMS при обмеженнях за параметрами і вартості, а також синтез їх вимірювальної структури і сигналів по трьом великим числа (структури, сигнали і параметри). Представлені методи отримання кривих обміну, аналітичні вирази для вибору методу вимірювання, структури і параметри вимірювальних приладів для IMS з панорамними, багатоканальними, багатоступінчастими і багатомасштабного методами вимірювання з одночасними шкалами або з послідовними у тимчасових шкалах.

Ключевые слова: вимірювальний прилад, вимірювальний канал, система, багато масштабів, неоднозначність вимірювання, ефективність, вартість, криві обміну.

Abstract. The existent methods of radio electronic measuring devices or measuring channels of the systems among that are considered: discriminator (functional), panoramic or searching, multichannel, multiscale, multistage and combined. It is marked that every measuring device will realize the method of measuring, that the inherent principle of action and built on the great numbers of parameters, signals and structures. Thus the question is about the general methods of measuring of parameter of signal of any physical nature. A problem is in that methods were absent until now optimal, and, means, objective, choice of measuring devices on the great numbers of structures, signals and parameters. Such unique possibility appears, if for forming of curves of exchange to use additionally to the indexes of quality of measuring devices index of cost. It carries in itself some additional problem. Introduction of index of cost allows, foremost to classify,

according to the curves of exchange, all informatively-measuring systems (IMS) on possible, rational and optimal, that simplifies their planning and first is basis for the estimation of their realization. Possibility of raising and decision of tasks of optimization of IMS is in-process shown on the criterion of a maximum of exactness of measuring of different types of IMS at limits on parameters and cost, and also synthesis of their measuring structure and signals on three great numbers (structures, signals and parameters). The methods of receipt of curves of exchange are presented, analytical expressions for the choice of measuring method, structure and parameters of measuring devices for IMS with panoramic, multichannel, multistage and multiscale measuring methods with simultaneous scales, or with successive in time scales.

Key words: measuring device, measuring channel, system, many scales, ambiguousness of measuring, efficiency, cost, curves of exchange.

3.4. Методи та моделі автоматизованого управління запасами ешелонованої складської системи повітряних сил збройних сил України

*канд. техн. н. Гурін О. М.,
Сальна Н. Є.*

*Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
м. Харків*

Анотація. У монографії висвітлена концепція логістики, яка стає невід'ємною частиною діяльності. Було підкреслено, що управління запасами є одним з основних компонентів логістичної підтримки і пов'язано зі значною обчислювальною складністю. При вирішенні завдань управління запасами необхідно використовувати сучасні інформаційні технології, розробити моделі і методи для автоматизованого управління логістичними процесами з урахуванням конкретних завдань і особливостей операцій. Проведено порівняльний аналіз логістичних концепцій, який дозволяє на єдиній методологічній основі визначити властивості і характеристики логістичних процесів і закономірностей формування і розвитку товарних відносин. Досвід Збройних сил США і провідних країн НАТО, де були запроваджені підходи до планування та управління оборонними ресурсами, які реалізовані в багатофункціональних системах класу ERP, з доведенням постачальниками платформ промислового програмного забезпечення до рівня галузевого рішення. Представлений ряд проблем діяльності Військово-повітряних сил Збройних сил України в частині матеріально-технічного забезпечення при управлінні запасами в багатошарових системах. Проведено аналіз можливостей трансформації існуючих логістичних концепцій для потреб Військово-повітряних сил Збройних Сил України та обґрунтовано важливість їх застосування. Розглядаються види систем зберігання і систем управління запасами з визначенням можливих стратегій управління, які можуть бути застосовані в перспективній автоматизованій паспортній системі управління логістикою Збройних сил України для підвищення ефективності планування матеріально-технічного забезпечення.

Ключові слова: управління запасами, логістичні процеси, багатошарові системи, інформаційні технології, розробка моделей і методів, автоматизовані системи управління, види систем зберігання, системи управління запасами.

Abstract. The monograph highlights the concept of logistics, which is becoming an integral part of operations. It was emphasized that inventory management is one of the main components of logistics support and is associated with significant computational complexity. When solving the problems of inventory management, it is necessary to use modern information technologies, develop models and methods for automated management of logistics processes taking into account specific tasks and features of operations. Comparative analysis of logistic concepts has been carried out, which allows on a unified methodological basis to determine the properties and characteristics of logistic processes and patterns of formation and development of commodity relations. The experience of the US Armed Forces and leading NATO countries where approaches to the planning and management of defense resources were introduced, which are implemented in multifunctional systems of the ERP class, with refinement by suppliers of industrial software platforms to the level of industry solute. A number of problems of the activities of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine in terms of logistics support during inventory management in multi-layered systems are presented. The analysis of the possibilities of transforming the existing logistics concepts for the needs of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine is carried out and the importance of their applications substantiated. The kinds of storage systems and inventory management systems are examined, with the identification of possible management strategies that can be applied in a promising automated logistics management system of the Armed Forces of Ukraine in order to increase the efficiency of logistics support planning.

Keywords: inventory management, logistics processes, multi-layered systems, information technologies, development of models and methods, automated management systems, kinds of storage systems, inventory management systems.

3.5. Багатокритеріальний синтез організаційної структури білінгвової інформаційної системи

*канд. техн. н., с. н. с, доц. НЦПС Калачова В. В.
Науковий центр Повітряних Сил Харківського національного
університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,
м. Харків*

*канд. техн. н., с. н. с, доц. кафедри Ткачук С. С.
Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця*

Анотація. У статті представлено багатокритерійний синтез організаційної структури білінгвової інформаційної системи методом ієрархічного аналізу. Метод призначено для прийняття багатокритеріальних проектних рішень в умовах слабкої структурованої організаційно-технічної системи і невизначеності вихідної інформації, заданої набором кількісних і якісних залежностей. Обґрунтованість і обґрунтованість прийнятих рішень багато в чому залежить від узгодженості експертних думок, які формально виражаються через властивості узгодженості і транзитивності між експертними оцінками вихідного факторного простору. Принцип декомпозиції складного завдання на набір більш простих компонентів, заснований на МАН, дозволяє побудувати найбільш оптимальний варіант організаційної структури білінгвової інформаційної системи відповідного призначення.

Ключові слова: вимірювальний прилад, вимірювальний канал, система, багато масштабів, неоднозначність вимірювання, ефективність, вартість, криві обміну.

Abstract. The paper presents a multicriteria synthesis of the organizational structure of a billing information system by the method of hierarchy analysis. The method is intended for making multicriteria design decisions in the conditions of weak structured organizational and technical systems and uncertainty of the initial information given by a set of quantitative and qualitative dependencies. The validity and validity of the decisions made depend largely on the consistency of expert opinions, which are formally expressed through the properties of coherence and transitivity between expert assessments of the original factor space. The principle of decomposition of a complex problem by a set of simpler components, based on the MAH, allows for the construction of the most optimal variant of the organizational structure of a billing information system of a suitable purpose.

Keywords: measuring device, measuring channel, system, many scales, ambiguousness of measuring, efficiency, cost, curves of exchange.

3.6. Аналіз та вдосконалення бізнес-процесів на основі циклу перетворення знань

викл. Копп А. М.,

канд. техн. н., доц. Орловський Д. Л.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,

м. Харків

Анотація. У даній статті розглядаються основи концепції управління бізнес-процесами, в основному моделювання бізнес-процесів, як найбільш важливий інструмент цієї концепції в галузі управління знаннями підприємства. Розглянуто основні форми організаційних знань, а також основні етапи трансформації знань з однієї форми в іншу протягом життєвого циклу знань підприємства. Беручи до уваги, що моделі бізнес-процесів використовуються як інструменти для формалізації організаційних знань та обміну ними, необхідно забезпечити зрозумілість і доступність моделей бізнес-процесів. Тому визначається відповідність між основними фазами життєвого циклу знань і життєвим циклом моделей бізнес-процесів. Описано інструменти, використовувані для формалізації, обміну, повторного використання та отримання нових знань про бізнес-процеси підприємства.

Ключові слова: управління бізнес-процесами, моделювання бізнес-процесів, управління знаннями.

Abstract. This paper considers basics of the business process management concept, mostly the business process modeling as the most important tool of this concept, in the field of the enterprise knowledge management. The main forms of organizational knowledge are considered, as well as the main phases of knowledge transformation from one form to another during the knowledge life-cycle of an enterprise. Whereas business process models are used as the instruments for organizational knowledge formalization and sharing, it is required to ensure understandability and accessibility of business process models. Therefore, the mapping between the main phases of the knowledge life-cycle and the business process models life-cycle is defined. Tools used to formalize, share, reuse and retrieve new knowledge about enterprise's business processes are outlined.

Keywords: business process management, business process modeling, knowledge management.

3.7. Вплив статистичних характеристик флуктуацій початкових фаз радіолокаційного сигналу на точність вимірювання радіальної швидкості цілі

канд. техн. н., доц кафедри Кузнєцов О. Л.

Д-Р техн. н., проф кафедри Карлов В. Д.

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба,

м. Харків

Анотація. У статті розглядається оцінка променевої швидкості при використанні когерентного сплеску радіоімпульсів стосовно наявності корельованих флуктуацій початкових фаз в радіоімпульсі, відбитих від цілі. Точність вимірювання частоти сплесків оцінюється для випадку узгодженої обробки без урахування фазових коливань. Сигнали на вході приймача радара представляють собою адитивну суміш сигналів, відбитих від цілей, і некорельований гаусів шум, який є припущенням для дослідження. Передбачається, що фазові флуктуації прийнятих імпульсів радіоімпульсів розподіляються за нормальними законами ймовірності з нульовим середнім, а кореляції фазових флуктуацій зменшуються по чергово-знакозмінному закону за рахунок збільшення інтервалу між радіоімпульсами в пакетах. Частота радіосигналу оцінюється по максимальному критерію натурального логарифма відношення правдоподібності. Результати показують, що за умов регулярного вимірювання точність вимірювання частоти пакета радіоімпульсів набагато більше залежить від статистичних характеристик фазових коливань, ніж від відносин сигнал / шум в сучасних радарах. Результати показують, що через флуктуації фази радіоімпульсів прийнятого пакету середньоквадратична помилка вимірювання радіальної швидкості мети може перевищувати значення, за певними тактичними вимогами для радарів з когерентними імпульсами. Цей аналіз дозволяє визначити умови, при яких ускладнення алгоритму обробки цього радіолокаційного сигналу вважається виправданим.

Ключові слова: когерентний радіолокаційний імпульс, вибух радіоімпульсів, коливання фаз, радіальна швидкість, гауссовий шум, радіолокаційний нагляд, ефективність оптимізації.

Abstract. The article deals with the estimation of the radial velocity when using a coherent burst of radio pulses as applied to the presence of correlated fluctuations of the initial phases in the radio pulses reflected from the target. The accuracy of the measurement of the burst frequency is evaluated for case of coordinated processing without taking into account the phase fluctuations. The signals at the input of the radar's receiver is an additive mixture of signals reflected from the targets, and uncorrelated Gaussian noise, that is the assumption of investigating. It is assumed, that the phase fluctuations of the received radio pulses bursts are distributed according to normal probability laws with zero mean, and correlations of phase fluctuations decrease with alternating sign-variable law by increasing interval between radio pulses within the bursts. The frequency of radio signal is estimated by the maximum criterion of the natural logarithm of the likelihood ratio. The results show that under condition of a regular measurement, the accuracy of measuring the frequency of a burst of radio pulses is much more affected by the statistical characteristics of phase fluctuations than the signal-to-noise ratio in modern radars. The results show that due to the phase fluctuations of the radio pulses of the received pack, the mean-square measuring error of the target radial velocity can exceed the values determined by the tactical requirements for coherent-pulse

radars. This analysis makes it possible to determine the conditions under which the complication of the processing algorithm for this radar signal is considered justified.

Keywords: coherent pulse radar, burst of radio pulses, phase fluctuations, radial velocity, Gaussian noise, radar surveillance, optimization efficiency.

3.8. Обґрунтування необхідності зниження стрімкості відеопотоків для надання можливості підвищення якості відеоінформаційних послуг

*студент кафедри льотної експлуатації, аеродинаміки
та динаміки польотів Абдалла А.*

*Льотна академія Національного авіаційного університету
м. Кропивницький,*

*канд. тех. наук, доцент кафедри математичного
та програмного забезпечення АСУ Ларін В. В.*

*Харківського національного університету
повітряних сил імені Івана Кожедуба*

м. Харків

Анотація. Розвиток інформаційних і комунікаційних технологій, які визначаються зростанням трафіку і потребою споживачів в появі нових послуг, призводить до необхідності постійного зростання і модернізації телекомунікаційних систем і мереж. Найбільш популярними в останні роки є відеоінформаційні послуги, такі як відеотелефонія, відеоконференції, трансляція телевізійних програм, відео за запитом. Особливістю відеотрафіку є великий обсяг переданих даних, чутливість до часу затримки і втрата пакетів при передачі по каналу зв'язку. З огляду на ці вимоги, особливу увагу слід приділити якості послуг, що надаються в телекомунікаційних мережах за допомогою сервісу QoS.

Ключові слова: комунікаційні технології, трафік, телекомунікаційні системи та мережі, відеоінформація.

Abstract. The development of information and communication technologies, which are determined by the growth of traffic and the need of consumers for the emergence of new services, leads to the need for continuous growth and modernization of telecommunication systems and networks. The most popular in recent years are video information services such as video telephony, video conferencing, broadcasting of television programs, video on demand. A feature of video traffic is the large amounts of data transmitted, the sensitivity to delay time and packet loss during transmission over a communication channel. Given these requirements, special attention should be paid to the quality of the services provided in the telecommunications networks through QoS service.

Keywords: communication technologies, traffic, telecommunication systems and networks, videoinformation.

3.9. Базові моделі етапів та напрямів життєвого циклу віртуальної спільноти

*канд. техн. н., викл. кафедри соціальних комунікацій
та інформаційної діяльності Трач О. Р.*

Національний університет «Львівська політехніка»,

м. Львів

Анотація. Розділ формалізує процес організації життєвого циклу віртуальної спільноти, а саме: розроблена формальна модель організації життєвого циклу віртуального співтовариства, індикатори напрямків організації життєвого циклу віртуальної спільноти; формуються параметри показників завдань напрямків організації життєвого циклу віртуального співтовариства.

Ключові слова: віртуальна спільнота, етап, напрямок, показники..

Abstract. The section formalizes the process of virtual community lifecycle organization, namely: developed a formal model of virtual community lifecycle organization, indicators of the directions of virtual community lifecycle organization; parameters of indicators of tasks of directions of virtual community lifecycle organization are formed.

Keywords: virtual community, stage, direction, indicators.

Наукове видання

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Монографія

Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 22,09.
Гарнітура Times New Roman. Наклад 300 прим. Зам. № 0515/8-20.

Видавництво ТОВ «ДІСА ПЛЮС»
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ДК № 4047 від 15.04.2011 р.
61029, м. Харків, шосе Салтівське, буд. 154,
тел. (057) 768-03-15, e-mail: disadruk@gmail.com

Надруковано з готових оригінал-макетів у друкарні ФОП Петров В. В.
Єдиний державний реєстр юридичних осіб та фізичних осіб-підприємців.
Запис № 2400000000106167 від 08.01.2009 р.
61144, м. Харків, вул. Гв. Широнінців, 79в, к. 137, тел. (057) 78-17-137.
e-mail:bookfabrik@mail.ua