АНОТАЦІЯ

# **Шифр: "РОЗПІЗНАВАННЯ"**

Галузь: Інформаційні системи та технології

Актуальність теми роботи визначає протиріччя, що полягає, з одного боку, в необхідності створення бази знань комплексів засобів автоматизації, що забезпечує автоматизацію процесів розпізнавання варіантів дій повітряних об’єктів та відсутності методів формалізації знань процесу оцінки повітряної обстановки в умовах невизначеності при створенні подібного класу бази знань комплексів засобів автоматизації.

 Наукове завдання полягає в розробці методів формалізації знань з розпізнавання варіантів дій повітряного об’єкту, що дозволяють підвищити рівень автоматизації процесу оцінки повітряної обстановки, на основі використання інтелектуальної інформаційної технології

Мета роботи полягає в підвищення оперативності автоматизованого розпізнавання варіантів дій повітряного об’єкта пункті управління Повітряних Сил в ході ведення бойових дій за рахунок використання інтелектуальної інформаційної технології.

Використана методика дослідження. В роботі використовувались методи системного аналізу, метод математичного моделювання, теорія нечітких множин.

Виявлено, що використання розробленої бази знань комплексів засобів автоматизації пункті управління Повітряних Сил дозволяє підвищити значення показника оперативності розпізнавання (прийняття рішень) у порівнянні з неавтоматизованим пунктом управління в середньому в 2,5 разу, а в порівнянні з пунктом управління, оснащеним КЗА без БЗ ‑ в середньому в 1,5 рази.

Загальна характеристика роботи. Робота включає 3 розділи, висновки, літературу. Обсяг роботи 30 сторінок, 7 рисунків, джерел інформації - 15.

Ключові слова: нечіткі множини, розпізнавання, прийняття рішення, повітряна обстановка, оперативність

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ З

ГАЛУЗЕЙ ЗНАНЬ ТА СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

Розробка методу формалізації знань з розпізнавання дій повітряного об’єкту з використанням інтелектуальної інформаційної технології в системі управління

Шифр : Розпізнавання

Галузь наук : Інформаційні системи та технології

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ОДИНИЦЬ, СИМВОЛІВ І ТЕРМІНІВ

|  |
| --- |
| АСУ – автоматизована система управління |
| БЗ – база знань |
| БП –база правил ЗС – Збройні Сили ЗПН – засоби повітряного нападуІІТ – інтелектуальна інформаційна технологія |
| НЛС – нечітка логічна система |
| НЛС ІТ2 – нечітка логічна система на основі інтервальних нечітких множин 2 типу |
| НМТ1 – нечітка множина 1 типу |
| НМТ2 – нечітка множина 2 типу |
| ОПР – особа приймаюча рішення |
| ООА – об’єктно-орієнтований аналіз |
| ООТ – об’єктно-орієнтована технологія |
| ПУ – пункт управлінняПвО – повітряна обстановка  |
| ПО – повітряний об’єкт |
| ППО – протиповітряна оборона |
| СМЗ – спеціальне математичне забезпечення |
| СПЗ – спеціальне програмне забезпечення |
| ТНІ – трапецієвидний нечіткий інтервал |
| ТНЧ – трикутне нечітке число |
|  |
|  |

ВСТУП

З кожним роком у світі зростає кількість терористичних організацій, зміцнюється їхня структура, поширюється терористична загроза для цивільного населення [1]. Сьогодні боротьба з тероризмом стає глобальною міжнародною проблемою та потребує координації зусиль різних країн. Сьогодні за умов ведення на території України операції об’єднаних сил (ООС), нанесення Росією авіаційних ударів у Сирії не лише по військових об’єктах, а й по населених пунктах, небезпека повітряного тероризму в Східній Європі значно зростає [2]. Наша держава може розглядатись як об’єкт діяльності міжнародного тероризму. Виникає потреба у вирішенні питань щодо оцінки повітряної обстановки (ПвО) та розпізнавання замислу дій повітряних об’єктів (ПО) для обґрунтованого і своєчасного прийняття рішень щодо застосування сил і засобів протиповітряної оборони (ППО) Збройних Сил (ЗС) України [3].

Основними факторами, які впливатимуть на прийняття рішення, є: невизначеність намірів дій терористів, можливість швидкої зміни обстановки, кількість захоплених літаків. Важливим є визначення достовірності отриманої інформації про використання повітряного судна з метою вчинення терористичного акту; порядок її надання, отримання, розпізнавання варіантів дій терористів; своєчасне прийняття рішення щодо застосування сил і засобів ППО для протидії повітряному тероризму; припинення польоту повітряного судна з пасажирами на борту, яке захоплене терористами і може бути використане як зброя, є актуальним завданням [1].

Таким чином, проведений аналіз системи протидії повітряному тероризму дозволяє зробити висновок, що вдосконалення системи ППО України є в даний час одним з важливих завдань військового будівництва.

Однією з вирішальних умов організації та успішного проведення ППО об'єктів, своїх військ є обґрунтоване і своєчасне прийняття рішень на застосування сил і засобів за результатами оцінки повітряної обстановки (ПвО). Основним змістом оцінки ПвО є аналіз даних, що надходять з вищестоящего пункту управління (ПУ), підлеглих і взаємодіючих військ, зіставлення цих даних з раніше зробленими прогнозами і передбачення змін в обстановці.

Рішення задачі розпізнавання замислу дій ПО лежить в площині емпіричних знань людини, що на основі власного досвіду, інтелекту, викриває замисел дій [5]. Розвиток методів штучного інтелекту для рішення слабо структурованих задач, використання теорії нечітких множин дозволив реалізувати завдання розпізнавання замислу дій ПО у складі системи підтримки прийняття рішення.

Розпізнавання замислу дій ПО відноситься до класу завдань прийняття рішення в умовах як природної, так і поведінковою невизначеністю. Природна невизначеність передбачає аналіз подій, які не носять масового характеру, тому не можуть бути описаними імовірнісними законами, а ситуації, що розглядаються при підготовці й прийнятті рішень, є унікальними. Такі ситуації необхідно враховувати при прийнятті рішення, тому що застосування детермінованих методів теорії дослідження операцій може привести до значних помилок.

Одним з перспективних напрямків автоматизації процесів вироблення рішень є вдосконалення спеціального математичного і програмного забезпечення автоматизованої системи управління (АСУ) на основі нових інформаційних технологій. До технологій належать і інтелектуальні інформаційні технології створення та використання баз знань (БЗ) комплексів засобів автоматизації (КЗА).

Має місце протиріччя, що полягає, з одного боку, в необхідності створення БЗ КЗА, що забезпечує автоматизацію процесів розпізнавання варіантів дій ПО та відсутності методів формалізації знань процесу оцінки ПвО в умовах невизначеності при створенні подібного класу БЗ КЗА. Розглянуте протиріччя визначає актуальність теми роботи і необхідність вирішення відповідного наукового завдання.

 Наукове завдання полягає в розробці методів формалізації знань з розпізнавання варіантів дій ПО, що дозволяють підвищити рівень автоматизації процесу оцінки ПвО, на основі використання інтелектуальної інформаційної технології.

В роботі розглядається процес формалізації знань з розпізнавання варіантів дій ПО під час ведення бойових дій. Пропозиції щодо розпізнавання варіантів дій терористів, своєчасного виявлення фактів підготовки до терористичних актів будуть представлені в подальших розділах.

1 АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОЦІНКИ ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ПУНКТІ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

* 1. **Аналіз змісту і стану автоматизації процесів оцінки повітряного об’єкту на пунктах управління Повітряних Сил**

Одним з основних етапів оцінки ПвО є розпізнавання варіантів дій противника при відбитті ударів. При цьому найбільш важливими показниками вирішення даного завдання є оперативність і обґрунтованість. Важливість оперативного і обґрунтованого розпізнавання варіантів дій повітряних об’єктів полягає в тому, що:

‑ на етапі планування прогнозуються можливі варіанти дій ПО. Потім, відповідно до прогнозованих варіантів дій розробляються варіанти їх відображення. На основі прийнятих варіантів відбиття ударів будується система ППО;

‑ результатами зіставлення характеристик виявлених і прогнозованих ударів визначається варіант дій повітряних об’єктів. Далі особа, що приймає рішення (ОПР), визначає дії підлеглих сил і засобів за розробленим на етапі планування варіанту відбиття удару ПО.

Процес розпізнавання варіантів дій ПО складається з наступних етапів:

‑ прогнозування варіантів дій ПО за результатами оцінки в ході підготовки;

‑ виявлення поточних ударів;

‑ розпізнавання варіантів дій ПО і вибір варіанта має найбільший ступінь близькості до раніш розроблених прогнозів.

Підвищення оперативності розпізнавання варіантів дій дозволяє збільшити наявний час для прийняття рішень на відображення удару об’єкта, а підвищення обґрунтованості ‑ забезпечити вибір раціонального варіанту відбиття удару.

Одним з основних напрямків підвищення оперативності вирішення даного завдання є прискорення процесу його рішення з використанням КЗА, що визначає необхідність алгоритмізації вирішення завдання в рамках розробки відповідного спеціального математичного забезпечення (СМЗ) КЗА.

 Основна роль СМЗ в підвищенні оперативності полягає в збільшенні інформативності рекомендацій, що виробляються засобами автоматизації, шляхом узагальнення даних, зіставлення їх з раніше прийнятими рішеннями, виявлення тенденції розвитку процесу та ін.

Існуючі алгоритми розпізнавання варіантів дій ПО не забезпечують врахування невизначеності знань про процеси, враховують формалізацію процесу виявлення або розпізнавання напрямків ударів без урахування всіх етапів визначення напрямків ударів.

Аналіз СМЗ КЗА провідних країн світу дозволяє відзначити основні недоліки з точки зору автоматизації процесів прийняття рішень [6]:

‑ вироблення рішень покладено тільки на обчислювальні алгоритми СМЗ, що представляють процеси, які піддаються тільки чіткому чисельному опису і не містять елементів невизначеності;

‑ не враховані досвід і знання посадових осіб;

‑ відсутня можливість реалізації в СМЗ КЗА завдань логіко-аналітичного характеру, що є основою вироблення рішень.

Таким чином, аналіз СМЗ існуючих КЗА дозволяє стверджувати, що процеси розпізнавання варіантів дій ПО автоматизовані недостатньо. Це призводить до того, що розпізнавання здійснюється тільки на основі суб'єктивних оцінок ОПР, з використанням результатів розв'язання окремих інформаційно-розрахункових завдань. При цьому результати аналітичної роботи відповідних органів управління в алгоритмах КЗА практично не враховуються. Забезпечення необхідного рівня автоматизації процесів розпізнавання варіантів дій ПО ускладнено тим, що ОПР використовують в основному власні знання і досвід, які важко формалізуються.

Одним з перспективних напрямків автоматизації процесів вироблення рішень є вдосконалення СМЗ АСУ на основі нових інформаційних технологій.

Розробці та використанню інтелектуальних інформаційних технологій (ІІТ) для автоматизації процесів управління та створення відповідних БЗ присвячений цілий ряд робіт. Однак питання розробки і використання методів формалізації знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО в умовах невизначеності є недостатньо дослідженими.

**1.2 Аналіз існуючих підходів до формалізації знань по розпізнаванню об’єктів в умовах невизначеності**

Створення БЗ КЗА як ІІТ є складним трудомістким процесом і здійснюється поетапно. Вже на стадії проектування потрібно мати деяке уявлення про майбутню БЗ. З цією метою може використовуватися технологія прототипування .

Виділяються етапи, що характеризують загальний підхід до створення БЗ (Додаток А).

При цьому для представлення знань про досліджувану предметну область БЗ КЗА і маніпулювання ними повинен бути використаний спеціалізований апарат, що дозволяє забезпечити збереження семантичної і прагматичної релевантності при трансформації знань, виявлених у експертів та інших джерел знань, в БЗ. При цьому реалізація БЗ КЗА повинна бути здійснена на такій програмно-технічній базі, яка відповідає рівню розвитку АСУ ПС, інтегрується в СМЗ КЗА і дозволяє ОПР ефективно вирішувати завдання розпізнавання варіантів дій ПО.

Таким чином, можна зробити висновок про необхідність вдосконалення технології створення БЗ як ІІТ, яка повинна забезпечити виконання вимог щодо засобів формалізації знань, так і до засобів програмної реалізації БЗ.

Для автоматизованого рішення задач управління бути обрана одна з двох принципово відмінних груп методів формалізації: інформаційні або когнітивні.

В даний час для автоматизації процесів оцінки ПО в основному використовуються інформаційні методи, які є відносно просто реалізуються. Це досягається за рахунок того, що вироблення рішень покладено в існуючих КЗА тільки на обчислювальні алгоритми СМЗ.

Використання когнітивних методів при створенні БЗ КЗА забезпечує такі можливості засобів автоматизації, завдяки яким рішення завдань оцінки ПвО в цілому, і зокрема задач розпізнавання варіантів його дій, обмежується в основному технічними характеристиками обчислювальних засобів. СМЗ КЗА з використанням БЗ відрізняється високим ступенем адаптивності до зовнішніх умов, здатністю до самонавчання, реалізацією функцій самоорганізації складних систем, що дозволяє розширити коло, автоматизовано розв'язуваних, завдань при оцінці ПвО. Функції ОПР в таких системах полягають в формалізації і введенні в БЗ КЗА експертних знань на етапі підготовки КЗА до функціонування, а також у формулюванні директив і норм системи, що регламентують її поведінку.

Останнім часом більшого практичного застосування знаходять моделі подання знань, засновані на нечітких множинах і нечіткій логіці. Нечіткі множини і нечітка логіка використовуються для формалізації задач, які чинять спротив суворій формалізації, що мають логіко-аналітичний характер, а в якості вхідних або вихідних даних мають невизначені (нечіткі) дані.

В рамках дослідження математичного апарату нечітких множин та нечіткої логіки одним з найбільш актуальних є питання, пов'язані з вивченням різних узагальнень нечітких множин, які забезпечували б формалізацію більшої кількості додаткових ступенів невизначеності в порівнянні з класичними нечіткими множинами (нечіткими множинами типу 1 (НМТ1)). Через обчислювальну складність нечітких множин 2 типу (НМТ2), на практиці використовуються ІНМТ, які забезпечують формалізацію більшої кількості додаткових ступенів невизначеності, в порівнянні з НМТ1 та є «реалізованими» при розробці нечітких систем (моделей) і мають меншу обчислювальну складність, у порівнянні з загальними НМТ2.

Сучасні підходи до створення програмного забезпечення АСУ базуються в основному на двох основних технологіях: структурній і об'єктно-орієнтованій (ООТ). Відмінність цих технологій полягає в способі декомпозиції предметної області. У структурній технології використовується представлення програми у вигляді ієрархічної структури блоків інструкцій. При ООТ основною одиницею є клас програмних об'єктів. За базову технологію програмної реалізації БЗ КЗА пропонується використовувати ООТ.

**Висновки до розділу 1**

Одним з основних етапів оцінки ПО є розпізнавання варіантів його дій при відбитті ударів. Невизначеність і динамічність повітряної обстановки, тимчасові обмеження, значні обсяги інформації, що характеризують дії повітряних об’єктів, які не задані чітко і є суперечливими, зумовлюють зростання вимог до рівня обґрунтованості та оперативності розпізнавання варіантів дій об’єктів. Одним з напрямків виконання таких вимог є автоматизація процесів розпізнавання. При цьому перспективним напрямком підвищення рівня автоматизації оперативності та достовірності розпізнавання є використання ІІТ в автоматизованому процесі вирішення даного завдання на основі СМЗ, що реалізується в рамках БЗ КЗА.

За модель представлення знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО в умовах невизначеності визначені інтервальні нечіткі множини 2 типу (ІНМТ2) і засновані на них нечіткі логічні системи на основі інтервальних нечітких множин 2 типу (НЛС ІТ2), що дозволяють формалізувати завдання, що не піддаються суворої формалізації і мають логіко-аналітичний характер. ІНМТ2 забезпечують формалізацію більшої кількості додаткових ступенів невизначеності, в порівнянні з НМТ1 та є «реалізованими» при розробці нечітких систем (моделей) і мають меншу обчислювальною складністю, у порівнянні з загальними НМТ2.

В якості технології програмної реалізації БЗ КЗА обрана ООТ для розробки програмного забезпечення, що забезпечує створення більш відкритих програмних систем, які легше піддаються внесенню змін. Дана технологія дозволяє поступово розробляти БЗ КЗА і не призводить до повної переробки БЗ навіть у разі істотних змін вихідних вимог, забезпечує вирішення завдання інтегрування програмної реалізації БЗ в об'єктно-орієнтоване спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) перспективних КЗА.

2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ЗНАНЬ З РОЗПІЗНАВАННЯ ВАРІАНТІВ ДІЙ ПОВІТРЯНИХ ОБ’ЄКТІВ

**2.1 Формалізоване представлення основних етапів створення бази знань з розпізнавання варіантів дій повітряних об’єктів**

Створення БЗ являє собою складний трудомісткий процес, який здійснюється, як правило, поетапно. Процес створення БЗ ‑ це система процедур, певним чином пов'язаних одна з одною. Уявімо створення БЗ КЗА для розпізнавання варіантів дій ПО як систему типу "процес" і формально задамо у вигляді кортежу

$TKB=\left⟨M^{TKB},\left\{P\_{i}\right\},\left\{L\_{j}\right\}\right⟩$, (2.1)

де $TKB$ ‑ БЗ КЗА;

$M^{TKB}$ ‑ формулювання поставленого завдання (розробка БЗ КЗА для розпізнавання варіантів дій ПО);

$\left\{P\_{i}\right\}$ ‑ множина технологічних процедур створення БЗ КЗА;

$\left\{L\_{j}\right\}$ ‑ множина зв'язків між процедурами з множин $\left\{P\_{i}\right\}$

У даній постановці за технологічні процедури з множин $\left\{P\_{i}\right\}$ розглядаються класичні етапи створення інтелектуальних систем: ідентифікація знань $P\_{1}\in \left\{P\_{i}\right\}$, концептуалізація знань $P\_{2}\in \left\{P\_{i}\right\}$, формалізація і консолідація знань $P\_{3}\in \left\{P\_{i}\right\}$,$P\_{5}\in \left\{P\_{i}\right\}$ реалізація та тестування БЗ КЗА. Дані етапи наведено в додатку А

Розглянемо зміст технологічних процедур з акцентом на процедури, які є предметом даного дослідження. Процедура ідентифікації $P\_{1}$ не є предметом даного дослідження, тому в роботі детально розглядатися не буде. В ході виконання процедури концептуалізації $P\_{2}$, виходячи з аналізу предметної області виконується формальне подання складу і взаємозв'язків процесів розпізнавання і виходячи з цього визначається склад основних знань у вигляді вербального опису про процеси розпізнавання варіантів дій ПО – $P\_{2}^{M}$;

В ході виконання процедури формалізації (подання) знань $P\_{3}$:

‑ визначається формалізований склад знань про процес розпізнаванні варіантів дій ПО – $P\_{3}^{KS}$;

‑ визначаються способи представлення знань (обґрунтовується вибір математичного апарату (моделі подання знань) і вибір методів формалізації знань – $P\_{3}^{KR}$;

‑ виконується формалізований опис і об'єднання знань з використанням обраних способів подання знань – $P\_{3}^{KD}$;

‑ розробляється узагальнений алгоритм рішення задачі, що враховує формалізовані знання ‑ $P\_{3}^{AM}$.

 Розглянемо дані дії як процедури відповідно $P\_{3}^{KS},P\_{3}^{KR},P\_{3}^{KD},P\_{3}^{AM}$, і $P\_{3}^{KS}∪P\_{3}^{KR}∪P\_{3}^{KD}∪P\_{3}^{AM}=P\_{3}$. Результатом виконання процедури формалізації (подання) знань є формалізована модель предметної області ‑ процесу розпізнавання варіантів дій ПО. Дана процедура є основоположною, тому що в ній сфокусований процес перекладу знань з того виду, в якому їх сприймає людина, в форму, орієнтовану надалі на машинну обробку.

В ході виконання процедури реалізації БЗ КЗА$P\_{4}\in \left\{P\_{i}\right\}$:

‑ розробляється архітектура БЗ КЗА, яка визначає структуру, функції і взаємозв'язок компонентів БЗ ‑ $P\_{4}^{BA}$;

‑ виконується програмна реалізація компонентів БЗ КЗА ‑ $P\_{4}^{BP}$;

‑ здійснюється наповнення БЗ КЗА (в рамках роботи не розглядається) ‑ $P\_{4}^{TKB}$.

 Результатом процедури реалізації БЗ КЗА $P\_{4}$ є програмний комплекс, який реалізує функціонування БЗ КЗА для вирішення завдань розпізнавання. Процедура тестування $P\_{5}\in \left\{P\_{i}\right\}$ в рамках даного дослідження не розглядається.

**2.2 Концептуалізація знань процесів розпізнаванні варіантів дій повітряного об’єкту в умовах невизначеності**

Першим етапом попередньої формалізації знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО в ході концептуалізації є формальне подання складу і взаємозв'язків процесів розпізнавання. Результат такого подання повинен забезпечити рівень деталізації, який дозволить виявити необхідні елементарні знання і забезпечити подальшу формалізацію у вигляді формування поля знань. Для формального представлення складу та взаємозв'язків процесів розпізнавання використовується діаграма в нотації IDEF0, наведено в на рис. Б.1 додатку Б.

Розпізнавання варіантів дій ПО являє собою ряд послідовних процесів (етапи А0‑А5). При цьому автоматизованим на даний момент є лише етап А1, шляхом групування цілей і представленням ПвО у вигляді набору групових цілей та А0. При реалізації пропонованих методів в спеціальному математичному та програмному забезпеченні КЗА ПУ передбачається автоматизація етапів з А2 по А4. При цьому необхідно відзначити, що етап А5 не автоматизується в розглянутому класі АСУ, оскільки остаточне ухвалення рішення для подібного класу задач повинно залишатися за ОПР.

З огляду на розглянуту послідовність основних етапів процесу розпізнавання варіантів дій ПО і притаманну знанням невизначеність пропонується в подальшому розглядати ті знання, якими оперує когнітолог при розробці і супроводі БЗ:

‑ знання про результати прогнозування можливих варіантів дій ПО;

‑ знання про процеси виявлення поточних ударів ПО;

‑ знання про процеси розпізнавання варіантів дій ПО;

Модель предметної області розглядається як основна форма представлення знань про процеси розпізнавання варіантів дій ПО на КЗА. Для розробки моделі предметної області розглянутого класу завдань пропонується використовувати методологію об'єктно-орієнтованого аналізу. Об'єктно-орієнтований аналіз (ООА) - це метод для ототожнення важливих сутностей в задачах реального світу, для розуміння і пояснення того, як вони взаємодіють між собою.

За моделі предметної області пропонується використовувати модель прецедентів. Відносини між сутностями формалізуються зв'язками, які ґрунтуються на лініях поведінки, правила і фізичних законах реального світу.

Використання ООА для розробки моделі предметної області дозволить сформувати попередній опис знань за результатами виконання процедури концептуалізації, створити модель, яка буде використана при подальшому об'єктно-орієнтованому проектуванні, що дозволить розробити схему програмної реалізації БЗ з використанням об'єктно-орієнтованого програмування.

За результатами аналізу предметної області та визначення складу знань про процеси розпізнавання варіантів дій ПО будується діаграма прецедентів предметної області. Діаграма містить основні сутності предметної області:

‑ «Прогнозування варіантів» ‑ формалізовані результати прогнозування варіантів дій ПО;

‑ «Виявлення ударів» ‑ процес виявлення поточних ударів ПО;

‑ «Розпізнавання варіантів» ‑ процес розпізнавання варіантів дій ПО;

‑ «База правил» ‑ перелік евристичних правил, використовуваних в процесі розпізнавання варіантів дій ПО;

‑ «База констант» ‑ перелік констант, що використовуються при виявленні поточних ударів і розпізнаванні варіантів дій ПО;

‑ «База параметрів засобів повітряного нападу (ЗПН)» ‑ перелік параметрів, що використовуються для опису ПО;

‑ «База фактів (ЗПН)» ‑ перелік ЗПН, які виявлені на даний момент часу засобами розвідки;

‑ «Засоби розвідки» ‑ перелік джерел інформації, від яких надходить інформації про виявлені ПО;

‑ «Виявлення тенденції» ‑ процес виявлення тенденції перебігу процесу розпізнавання варіантів дій ПО;

‑ «Представлення результатів» ‑ процес подання сформованої тенденції в графічному вигляді для уявлення ОПР;

‑ «Особа, що приймає рішення» ‑ посадова особа пункту управління (ПУ), в інтересах якої вирішується завдання розпізнавання варіантів дій ПО;

‑ «когнітолог» ‑ фахівець з отримання та формалізації знань, виконує процедури наповнення і коригування знань на етапах розробки і супроводу БЗ.

**2.3 Обґрунтування вибору інтервальних нечітких множин типу 2 для формалізації знань про можливі варіанти дій повітряного об’єкту**

Виходячи з математичної постановки задачі формалізації знань про прогнозовані варіанти дій ПО і з урахуванням, того, що ІНМТ2 забезпечують формалізацію більшої кількості додаткових ступенів невизначеності, в порівнянні з НМТ1, вони є «реалізованими» при розробці нечітких систем (моделей) і мають меншу обчислювальною складністю, в порівнянні з загальними НМТ2. За математичний апарат формалізації параметрів прогнозованих ударів ПО будемо використовувати ІНМТ2. При цьому сукупність нечітких продукційних правил в подальшому будемо називати базою правил (БП), яка в загальному випадку призначена для формального подання емпіричних знань або знань експертів про предметну область на основі ІНМТ2. У загальному випадку, БП розрізняють за типом нечітких продукційних правил :

* нечіткі висловлювання;
* чіткі висловлювання;
* функції;

 і за структурою нечітких продукційних правил:

* SISO структура реалізує один вхід і один вихід;
* MISO структура реалізує багато входів і один вихід;
* MIMO структура реалізує багато входів і багато виходів.

 При розробці методу формалізації знань про прогнозовані варіанти дій ПО за нечітко продукційне правило використовуватимемо правило з MISO-структурою, де за умови використовуються характеристики прогнозованих повітряних ударів, а за висновки ‑ значення (номера класів).

Структурний метод формалізації знань про можливі варіанти дій ПО на основі ІНМТ2 включає такі основні етапи:

‑ уявлення параметрів можливих ешелонів ударів ПО у вигляді множини

лінгвістичних змінних (ЛЗ) для кожного прогнозованого варіанта дій ПП;

‑ формування для кожної ЛЗ терм-множини, в якості елементів якого використовуються найменування нечітких змінних (НЗ), що описують інтервальні і лінгвістичні значення параметрів можливих ударів ПО;

‑ уявлення інтервальних і лінгвістичних значень параметрів можливих ударів ПО як НЗ з використанням нечітких чисел або інтервалів ІНМТ2;

‑ опис прогнозованих ударів ПО у вигляді наперед заданих класів для кожного варіанта дій ПО, де кожен клас задається кортежем, компонентами якого в свою чергу є найменування НЗ (конкретні значення ЛЗ);

‑ уявлення класів у вигляді нечітких продукційних правил, де в якості антецедента використовуються нечіткі лінгвістичні висловлювання.

Опис виконання перших чотирьох етапів методу формалізації знань про можливі варіанти дій ПО, що становлять зміст процедури формалізації параметрів прогнозованих ешелонів ударів ПО на основі використання математичного апарату нечітких множин, розглянемо на конкретному прикладі.

Нехай прогнозована множина ешелонів ударів ПО $C\_{p}=\left\{c\_{1}^{p},c\_{2}^{p},...,c\_{m}^{p}\right\}$ в рамках одного варіанту можливих дій ПО. Представимо параметри прогнозованих ешелонів ударів ПО у вигляді множини ЛП

  $\left\{β^{N^{P}},β^{Q^{P}},β^{L^{P}},β^{Z^{P}}\right\}$, , (2.2)

де $β^{N^{P}}$ ‑ ЛЗ з найменуванням «кількісний склад ПО»;

$β^{Q^{P}}$ ‑ЛЗ з найменуванням «напрямок ешелону удару ПО»;

$β^{L^{P}}$ ‑ ЛЗ з найменуванням «ширина фронту ешелону удару ПО»;

$β^{Z^{P}}$ ‑ ЛЗ з найменуванням «значимість ешелону удару ПО».

Нехай в результаті оцінки ПО на етапі планування як терм-множини$T^{N^{P}}$ ЛЗ $β^{N^{P}}$ визначено наступну множину

$T^{N^{P}}=\left\{\begin{array}{c}\&α\_{1}^{N^{P}}="менше 13, 15 ЗПН противника​",\\\&α\_{2}^{N^{P}}="в діапазоні 10, 12-33, 35 ЗПН​ противника",\\\&α\_{3}^{N^{P}}="в діапазоні 30, 32-53, 55 ЗПН​ противника",\\\&α\_{4}^{N^{P}}="в діапазоні 50, 52-73, 75 ЗПН​ противника",\\\&α\_{5}^{N^{P}}="в діапазоні 70, 72-93, 95 ЗПН​ противника",\\\&α\_{6}^{N^{P}}="більше 90, 92 ЗПН​ противника"\end{array}\right\}$ (2.3)

Кожна НЗ з найменуванням $α\_{i}^{N^{P}}$ описується відповідним трапецієвидними нечіткими інтервалами (ТНІ) ІНМТ2 $\tilde{A}\_{Πi}^{N^{P}}$ з займаними площами невизначеності $FOU\left(\tilde{A}\_{Π1}^{N^{P}}\right),...,FOU\left(\tilde{A}\_{Π6}^{N^{P}}\right)$ термів. Оскільки, в подальшому при використанні методу формалізації знань про процес виявлення поточних ударів ПО на основі нечіткої кластеризації, потужність нечіткого множини визначає кількісний склад ПО, то дискретну вісь кількості ПО наведено на рис. Б.2 додатку Б будемо розглядати як безперервну.

Наступні етапи формалізації даного прикладу наведено в додатку А.

Таким чином, формальний опис j-го ешелону удару ПО $c\_{j}^{p}\in C\_{p}, j=1...m$, в рамках даного прикладу представляється у вигляді кортежу відповідно до виразів

$c\_{j}^{p}=\left⟨FOU\left(\tilde{A}\_{Πi}^{N^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Δl}^{Q^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Πs}^{L^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Δk}^{Z^{P}}\right)\right⟩$, (2.4)

$c\_{j}^{p}=\left⟨α\_{i}^{N^{P}},α\_{l}^{Q^{P}},α\_{s}^{L^{P}},α\_{k}^{Z^{P}}\right⟩$, (2.5)

де $\tilde{A}\_{Πi}^{N^{P}}$ ‑ ТНІ ІНМТ2, що представляє дані про кількісний склад ПО в j-му ешелоні удару і описує значення відповідної нечіткої змінної (НЗ) з найменуванням $α\_{i}^{N^{P}}$;

 $\tilde{A}\_{Δl}^{Q^{P}}$ ‑ трикутне нечітке число (ТНЧ) ІНМТ2, що представляє дані про направлення дій ПО в j-му ешелоні удару і описує можливі значення відповідної НЗ з найменуванням $α\_{l}^{Q^{P}}$;

 $\tilde{A}\_{Πs}^{L^{P}}$ ‑ ТНІ ІНМТ2, що представляє дані про ширину фронту ешелону удару ПО в j-му ешелоні удару і описує можливі значення відповідної НЗ з найменуванням$α\_{s}^{L^{P}}$;

 $\tilde{A}\_{Δk}^{Z^{P}}$ –ТНЧ ІНМТ2, що представляє дані про значимість j-го ешелону удару ПО і описує можливі значення відповідної НЗ з найменуванням $α\_{k}^{Z^{P}}$.

 Опис удару ПО є формальним поданням з точки зору подальшого використання методів нечіткого логічного виведення в рамках нечітких логічних систем інтервального типу 2, також є більш зручним для безпосереднього використання експертами в заданій предметній області .

 Опис головного 1-го удару ПО $c\_{1}^{p}\in C\_{p}$ можна уявити у вигляді кортежу

$c\_{1}^{p}=\left⟨FOU\left(\tilde{A}\_{Π1}^{N^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Δ5}^{Q^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Π3}^{L^{P}}\right),FOU\left(\tilde{A}\_{Δ3}^{Z^{P}}\right)\right⟩$ (2.6)

або у вигляді кортежу

$c\_{1}^{p}=\left⟨\begin{array}{c}\&α\_{1}^{N^{P}}="менше 13, 15 ЗПН противника⥂",\\\&α\_{3}^{Q^{P}}="східний напрямок",\\\&α\_{3}^{L^{P}}="в діапазоні 60, 62-103, 105 км",\\\&α\_{3}^{Z^{P}}="висока"\end{array}\right⟩$. (2.7)

 Відзначимо, що розглянуті ІНМТ2, використовувані за значення відповідних НЗ (термів ЛЗ), обрані умовно як приклад.

Формальне представлення прогнозованих ударів ПО як сукупності нечітких продукційних правил або формування бази правил для кожного можливого удару ПО в рамках розробленого методу здійснюється за результатами формування описів класів з використанням правил нечітких продукцій у вигляді

.

 $R:IF β\_{1} is α\_{1} AND  ... AND β\_{n} is α\_{n} THEN β\_{n+1} =c\_{j}^{p}$,  (2.8)

де $β\_{i}$ ‑ найменування вхідний ЛЗ, що задається кортежем $\left⟨β\_{i},T\_{i},X\_{i},M\_{i}\right⟩$,

де $i=1,...,n $і$ n$ - кількість вхідних ЛЗ;

$T\_{i}=\left\{α\_{i}\right\}$ - безліч значень (термів) вхідний ЛЗ правила $R$, кожне з яких представляє собою назву НЗ для опису значень параметрів ешелонів ударів ПО;

 $X\_{i} $– область значень НЗ, найменування яких входять в $T\_{i}$;

$M\_{i}$ – семантична процедура, яка має у відповідності значенням ЛП нечітку множину. Відзначимо, що синтаксична процедура генерування нових значень для ЛП не використовується, так як всі значення ЛП в рамках запропонованого підходу визначаються на етапі формування бази правил;

 $β\_{n+1}$ ‑ найменування вихідної ЛП ( «удар ПО»), що задається кортежем

$\left⟨β\_{n+1},T\_{n+1},Y,M\_{n+1}\right⟩$ , (2.9)

де $T\_{n+1}=C\_{p}=\left\{c\_{j}^{p}\right\}$ ‑ множина значень (термів) вихідних ЛЗ правила $R$, кожне з яких представляє собою найменування класу (прогнозованого удару ПО);

$Y$– область значень термів, найменування яких входять в $T\_{n+1}$, що представляють номер класу (прогнозованого удару ПО);

$M\_{n+1}$– семантична процедура, яка має у відповідність значенням ЛП.

Кількість правил для завдання з прикладу 1, де множина можливих ударів ПО являє собою $C\_{p}=\left\{c\_{1}^{p},c\_{2}^{p},...,c\_{m}^{p}\right\}$, становить $cardC\_{p}=\left|C\_{p}\right|=m$. Правило, що визначає приналежність удару до класу$c\_{1}^{p}$ буде мати такий вигляд:

$R\_{1}:IF β^{N^{P}} is α\_{1}^{N^{P}} AND β^{Q^{P}} is α\_{3}^{Q^{P}} AND β^{L^{P}}  is α\_{3}^{L^{P}} AND β^{Z^{P}} is α\_{3}^{Z^{P}} THEN β^{NGU} =c\_{1}^{p}$  (1.10)

Сукупність нечітких продукційних правил являє собою БП. Дані правила формуються для кожного прогнозованого варіанта дій ПО і використовуються в подальшому за вхідні дані методу формалізації знань про процес розпізнавання варіантів дій ПО на основі НЛС ІТ2.

Основні етапи нечіткого виведення для нечітких логічних систем (НЛС):

‑ отримання результатів формалізованого представлення в термінах НЛС ІТ2 змінних, що описують параметри можливих ешелонів, ударів і варіантів дій ПО;

‑ отримання результатів виявлення ударів і визначення усереднених значень параметрів виявлених ударів ПО. Отримані усереднені значення, що представляють собою звичайні дані, використовуються в якості значень вхідних змінних НЛС ІТ2 для вирішення задачі розпізнавання варіантів дій ПО;

‑ виконання процедури фазифікації. Сутність виконання процедури фазифікації значень вхідних змінних НЛС ІТ2 полягає в знаходженні значень функцій приналежності ІНМТ2, формально представляють антецеденти продукцій БП НЛС ІТ2 для вирішення завдання розпізнавання варіантів дій ПО, на основі звичайних даних, отриманих на другому етапі даного методу. Виконання процедури фазифікації здійснюється в два етапи :

‑ виконання процедури агрегування., сутність такої полягає у визначенні агрегованого ступеня істинності за всіма умовами кожного активізованого нечіткого продукційного правила у вигляді так званого активаційного рівня;

‑ виконання процедури активізації. Активаційний рівень інтерпретується як первинна приналежність, до наперед заданого класу, формально представляє прогнозований удар ПО;

‑ формування для кожного об'єкта класифікації вектору, що описує приналежність даного об'єкта до кожного класу кожного прогнозованого варіанта дій;

‑ визначення за рішення завдання розпізнавання варіантів дій ПО такого класу до якого досліджувані об'єкти класифікації мають максимальну нечітку приналежність. Опис кожного етапу нечіткого виведення для НЛС наведено в додатку А.

**Висновки до розділу 2**

 Вперше розроблено метод формалізації знань про можливі варіанти дій ПО. Метод дозволяє формалізувати параметри ешелонів прогнозованих ударів ПО з використанням ІНМТ2 і представити ешелони, удари і варіанти можливих дій у вигляді сукупності нечітких продукційних правил, які дозволяють врахувати невизначеність лінгвістичних і інтервально-оцінюваних параметрів прогнозованих ударів ПО.

 Удосконалено метод формалізації знань процесів виявлення ударів ПО. Метод відрізняється від відомих постановкою задачі в термінах нечіткої кластеризації і подальшою формалізацією процесу виявлення ударів ПО на основі використання математичного апарату нечітких множин, які дозволяють врахувати невизначеність знань про можливі дії ПО.

 Удосконалено метод формалізації знань процесів розпізнавання варіантів дій, який відрізняється від відомих постановкою задачі в термінах НЛС ІТ2 і формалізацією процесів розпізнавання варіантів дій на основі використання алгоритму нечіткого виведення для ІНМТ2.

 Розроблено узагальнений алгоритм розпізнавання варіантів дій ПО з урахуванням невизначеності, що забезпечує комплексну обробку знань безпосередньо знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО, формалізованих з використанням математичного апарату НЛС ІТ2, знань процесів виявлення ударів ПО, формалізованих на основі методів нечіткої кластеризації, а також знань про можливі варіанти дій ПО формалізованих на основі ІНМТ2.

1. ОЦІНКА ОПЕРАТИВНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ВАРІАНТІВ ДІЙ ПОВІТРЯНОГО ОБ’ЄКТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

За показник оперативності прийняття рішення розглядається ймовірність $P\left(t\_{потр}\leq t\_{наяв}\right)$ того, що рішення буде прийнято ОПР протягом $t\_{наяв}$$t\_{наяв}$. Ймовірність прийняття рішення протягом наявного часу визначається співвідношенням [10]

$P(t\_{потр}\leq t\_{наяв})=1-e^{-λt\_{наяв}}$  , (3.1)

де $e^{-λt\_{наяв}}$ ‑ протилежне подія (протягом $t\_{наяв}$ рішення не буде прийнято), а $λ$ має сенс інтенсивності потоку подій

 $λ=\frac{1}{\overline{t\_{потр}}}$, (3.2)

  $P(t\_{потр}\leq t\_{наяв})=1-e^{-\frac{t\_{наяв}}{\overline{t\_{потр}}}}$, (3.3)

де $\overline{t\_{потр}}$ ‑ середнє значення потрібного часу для прийняття рішення на ПУ.

 Причому, якщо $t\_{потр}\leq t\_{наяв}$, то виходячи з виразу (3.3) ймовірність прийняття рішення протягом наявного часу $t\_{наяв}$ буде тим вище, чим менше $t\_{потр}$.

Традиційний підхід для визначення ймовірності оперативного прийнятя рішення неведено в додатку А.

Для визначення ймовірності оперативного прийняття рішення $P\left(t\_{потр}\leq t\_{наяв}\right)$ необхідно оцінити середній потрібний час на ухвалення рішення $t\_{потр}$ з використанням БЗ КЗА для своєчасного прийняття обґрунтованих рішень щодо розпізнавання варіантів дій ПО і з використанням традиційного підходу.

 У загальному випадку потрібний час для прийняття рішення ОПР за допомогою засобів автоматизації може бути розділений на :

‑ час роботи засобів автоматизації $t\_{авт}$;

‑ час роботи ОПР органу управління $t\_{ОПР}$.

 Потрібний час для прийняття рішення $t\_{потр}$ можна визначити відповідно до вираження

$t\_{потр}=t\_{авт}+t\_{ОПР}$. (3.4)

 Тоді витрати часу на прийняття рішення на основі традиційного і запропонованого підходів можна визначити відповідно до виразами

$t\_{потр}^{тр}=t\_{авт}^{тр}+t\_{опр}^{тр}$, (3.5)

$t\_{потр}^{пр}=t\_{авт}^{пр}+t\_{опр}^{пр}$ (3.6)

Для визначення значень часових витрат на прийняття рішення на основі традиційного і запропонованого підходів обраний метод статистичного імітаційного моделювання на засобах АСУ авіацією та ППО і розроблені відповідні програмні модулі інтерфейсу когнітолога і БЗ.

Результати моделювання показують, що при автоматизованому способі управління середнє значення часу $\overline{t\_{авт}^{тр}}$ практично не залежить від кількості обслуговуваних цілей і становить

 $\overline{t\_{авт}^{тр}}=\overline{t\_{зб}}+\overline{t\_{об}}+\overline{t\_{рз}}+\overline{t\_{пз}}≈20+3+1+10≈34  с$. (3.8)

При неавтоматизованому зборі та обробці інформації дана складова потрібного часу зростає зі збільшенням числа цілей і становить в середньому 2 - 4 хв.

Значення $t\_{опр}^{тр}$ можна визначити виразом (для неавтоматизованого ПУ, оснащеного КЗА без БЗ)

 $t\_{опр}^{тр}=t\_{ан\\_р}+t\_{пр}$ , (3.9)

де $t\_{ан\\_р}$ ‑ час аналізу і безпосереднього розпізнавання поточної ситуації, тобто час виконання завдання, має логіко-аналітичний характер ‑ складає до 40 с.;

 $t\_{пр}$ ‑ час прийняття рішень за результатами розпізнавання ‑ складає до 11 с.

Тоді, як середній час роботи ОПР

  $\overline{t\_{опр}^{тр}}=\overline{t\_{ан\\_р}}+\overline{t\_{пр}}≈51 с$. (3.10)

Таким чином, середнє значення часу, відповідно до виразів (3.9), (3.10), для КЗА без БЗ складе $\overline{t\_{потр}^{тр}}≈85 с$, а без засобів автоматизації $\overline{t\_{потр}^{тр}}≈254 с$.

Використання розробленої БЗ КЗА передбачає перерозподіл функцій між КЗА та ОПР. Зокрема, забезпечується:

‑ автоматичне співставлення значень параметрів ударів ПО, що прогнозовані, зі значеннями параметрів поточних ударів ПО;

‑ автоматичне визначення значення ступеня відповідності виявленого удару до одного з прогнозованих;

‑ автоматичне визначення варіанту дій ПО з максимальним значенням ступеня відповідності прогнозованих ударів до виявлених [8].

За результатами моделювання, середній час автоматизованого розпізнавання варіантів дій ПО складе $\overline{t\_{ан\\_р}}≈1 с.$ При цьому ОПР неавтоматизованих буде вирішувати тільки завдання вибору і затвердження пропонованого БЗ варіанти дій ПО. Таким чином, складові $t\_{авт}^{пр}$ і $t\_{‘опр}^{пр}$для пропонованого підходу з виразу (3.6) будуть визначатися виразами

  $t\_{авт}^{пр}=t\_{зб}+t\_{рз}+t\_{об}+t\_{ан\\_р}+t\_{пз}$ , (3.11)

$t\_{опр}^{пр}=t\_{пр}$ . (3.12)

В результаті отримуємо такі результати середні значення часів $\overline{t\_{авт}^{пр}}≈35 с$, $\overline{t\_{опр}^{пр}}≈11 с$, і відповідно, $\overline{t\_{потр}^{пр}}≈46 с$.

Графіки залежності ймовірності оперативного прийняття рішення $P\left(t\_{потр}\leq t\_{наяв}\right)$ від наявного часу для традиційних (неавтоматизованного, оснащеного КЗА без БЗ і пропонованого підходів з БЗ КЗА, розраховані відповідно до вираження (3.3), наведені на рис. 3.1

Рисунок 3.1 ‑ Графіки залежності ймовірності оперативного прийняття рішення від наявного часу різних підходів до розпізнавання варіантів дій повітряного об’єкту

**Висновки до розділу 3**

Проведено оцінку оперативності розпізнавання варіантів дій ПО з використанням створеної БЗ КЗА. За показник оперативності розпізнавання (прийняття рішення) розглядається ймовірність того, що рішення буде прийнято ОПР на ПУ ПС протягом наявного часу. Проведені дослідження показали, що використання розробленої БЗ КЗА ПУ ПС дозволяє підвищити значення показника оперативності розпізнавання (прийняття рішень) у порівнянні з неавтоматизованим ПУ в середньому в 2,5 разу, а в порівнянні з ПУ, оснащеним КЗА без БЗ ‑ в середньому в 1,5 рази.

ВИСНОВКИ

Одним з основних етапів оцінки ПвО є розпізнавання варіантів дій ПО. Невизначеність і динамічність повітряної обстановки, часові обмеження, значні обсяги та невизначеність інформації, що характеризують дії ПО, які явно невизначені і суперечливі, зумовлюють зростання вимог до рівня оперативності розпізнавання варіантів дій ПО.

При цьому перспективним напрямком автоматизації процесів розпізнавання є вдосконалення СМЗ та СПЗ АСУ на основі використання ІІТ. На даний момент не існує методів формалізації знань в досліджуваній предметній області, що обґрунтовує необхідність розробки відповідної БЗ КЗА з урахуванням невизначеності, що визначає необхідність вдосконалення технології створення БЗ, формалізації знань про досліджувану предметну область.

За модель представлення знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО в умовах невизначеності, що використовується на етапі формалізації відповідних знань, визначені ІНМТ2 і засновані на них НЛС ІТ2, що дозволяють в загальному випадку формалізувати задачі, що мають логіко-аналітичний характер.

До основних результатів роботи належать:

* вперше розроблено метод формалізації знань про можливі варіанти дій ПО. Метод дозволяє формалізувати параметри ешелонів прогнозованих ударів ПО з використанням ІНМТ2 і представити ешелони, удари і варіанти можливих дій у вигляді сукупності нечітких продукційних правил, які дозволяють врахувати невизначеність лінгвістичних і інтервально-оцінюваних параметрів прогнозованих ударів ПО.
* удосконалено метод формалізації знань процесів виявлення ударів ПО. Метод відрізняється від формалізацією процесу виявлення ударів ПО на основі використання математичного апарату нечітких множин, які дозволяють врахувати невизначеність знань про можливі дії ПО.
* удосконалено метод формалізації знань процесів розпізнавання варіантів дій ПО, який відрізняється від відомих постановкою задачі в термінах НЛС ІТ2 і формалізації процесів розпізнавання варіантів дій на основі використання алгоритму нечіткого виведення для ІНМТ2. Що дозволяє формалізувати процес оцінки ступеня відповідності прогнозованих і виявлених ударів ПО з урахуванням невизначеності їх параметрів і евристичних правил розпізнавання варіантів дії ПО.
* проведені дослідження показали, що використання розробленої БЗ КЗА ПУ ПС дозволяє підвищити значення показника оперативності розпізнавання (прийняття рішень) у порівнянні з неавтоматизованим ПУ в середньому в 2,5 разу, а в порівнянні з ПУ, оснащеним КЗА без БЗ ‑ в середньому в 1,5 рази.