

*Петро Миколайович Сніцаренко* (доктор технічних наук, с. н. с.)

*Віталій Олександрович Кацалап* (кандидат військових наук, доцент)

*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна*

## МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО СИНТЕЗУ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ ЗА КРИТЕРІЄМ ОПТИМАЛЬНОСТІ В ІНТЕРЕСАХ СИЛ ОБОРОНИ УКРАЇНИ

У статті розглядаються питання обґрунтування методичного підходу щодо синтезу систем моніторингу інформаційного простору за критерієм оптимальності в інтересах Сил оборони України. Основна увага досліджень зосереджена на побудові варіантів системи моніторингу інформаційного простору. Наголошується на одній з головних проблем – складності формалізації критерію оптимальності та його методів оцінювання. Підкреслюється актуальність та перспективність процесу формалізованого представлення зазначеного критерію для подальшої автоматизації процесу класифікації систем моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України.

Метою статті є обґрунтування методичного підходу щодо синтезу систем моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України на основі критерію оптимальності.

Запропоновано методичний підхід щодо синтезу систем моніторингу інформаційного простору за критерієм оптимальності в інтересах Сил оборони України буде застосований для оцінювання доцільних варіантів системи моніторингу інформаційного простору. Визначається, що поєднання методів оптимізації аналізу варіантів побудови систем моніторингу інформаційного простору дозволяє визначити та оцінити порядок роботи особи, яка приймає рішення на побудову відповідної системи моніторингу інформаційного простору. Це у подальшому дає можливість розробити архітектуру спеціалізованого програмного забезпечення для підвищення оперативності оцінки інформаційних ресурсів які циркулюють в системах моніторингу інформаційного простору.

Використання методичного підходу щодо синтезу систем моніторингу інформаційного простору за критерієм оптимізації в інтересах Сил оборони України дозволяє орієнтовно визначити складові моніторингу інформаційного простору та провести деталізацію систем, які в нього входять.

Наведені результати наукового дослідження підтверджують важливість моніторингу інформаційного простору в забезпеченні обороноздатності держави та її воєнної безпеки, що вимагає пріоритетного розвитку в Україні моніторингових систем військового призначення та відповідних подальших досліджень.

**Ключові слова:** методичний підхід, синтез, моніторинг, інформаційний простір, оцінювання інформації, інформаційний ресурс, критерії достовірності, критерії оптимальності, Сили оборони України.

### Вступ

Широкомасштабна агресія Російської Федерації проти України свідчить про те, що практично будь-який із відомих інформаційних ресурсів Сил оборони України, може бути під інформаційним (кібер) впливом. Це створює умови виникнення реальної воєнної загрози національній безпеці України. Тому від спроможностей систем моніторингу інформаційного простору Сил оборони України залежить рівень визначення масштабів інформаційних (кібер) впливів та інформаційних загроз.

Очевидно, що здатність адекватно реагувати на інформаційні (кібер) впливи та інформаційні загрози використовуючи системи моніторингу інформаційного простору є одним із головних завдань Сил оборони України [1].

Необхідність виявлення інформаційних (кібер) впливів для держави обумовлює застосування систем моніторингу інформаційного простору та

викликає загальну потребу в ефективних інформаційних засобах оцінки інформаційних ресурсів з метою формування на цій основі в реальному часі інформації певної якості зацікавленим органам управління Сил оборони.

Зазначене слід вважати чи не найвагомішою причиною потреби у таких системах моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України та необхідністю вирішення усіх проблем, пов'язаних із їх побудовою і розвитком.

**Постановка проблеми.** За цих обставин постає потреба підвищення ефективності обробки інформації в існуючих системах моніторингу інформаційного простору Сил оборони України. Однак більшість інформаційних ресурсів потребує класифікації за ознаками пріоритетності. Не врахування зазначеного призводить до того, що різноманітні системи моніторингу інформаційного простору розвиваються розрізнено, як правило, заміною в існуючих системах застарілих баз даних

на більш досконалі. З системної точки зору такий підхід є нерациональним і не виправданим. Тому існуюча ситуація потребує обґрунтування методу синтезу системи моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України на основі критерію оптимальності з метою побудови окремого класу інформаційних систем, які залучені до моніторингу інформаційного простору Сил оборони України. Це дозволить розглядати такі системи за єдиними теоретичними підходами їх побудови, для вирішення завдань інформаційного забезпечення та удосконалення процесів військового управління, які постійно застосовують різномірні інформаційні ресурси.

**Аналіз остатніх досліджень і публікацій.** В наукових публікаціях, присвячених проблемам моніторингу інформаційного простору [1-6] розглядається збір інформації за допомогою синтетично-аналітичних моделей. Кожна із яких здійснює аналіз повідомлень та їх систематизацію класифікуючи інформацію відповідно до тематики за територіальними ознаками. Це допомагає інформаційно-аналітичним підрозділам оперативно здійснювати обробку інформації. Зокрема може бути застосовано в ході розробки інформаційно-аналітичного документу, а також для визначення характеристик суспільно-політичної обстановки в регіоні або в зоні проведення операції Сил оборони.

В роботі [2] розглянуто один з методів синтезу динамічних систем з квазілінійним і часовим розподіленням компонентів. Динамічні системи моніторингу навколишнього простору використовують методи структурного синтезу. Враховуючи зміну умов в ситуаціях маніпулювання свідомістю, зазначені методи провакують створення морфологічної множини для будь-якого інформаційного повідомлення. Така їх здатність вимагає проведення морфологічної класифікації текстових повідомлень.

В статті [3] обґрунтовується доцільність використання феномену семантичного триплету через синтез засобів психології, лінгвістики та онтологічного моделювання. Наведені у статті підходи дозволяють виявляти джерела інформаційно-психологічного (перформативного) впливу на свідомість адресата, встановлювати психологічні чинники домінуючої семантики тексту та рівень його перформативності.

В дослідженні [4] наведена система підтримки прийняття рішень на основі нечіткої множини під час автоматизації процедури вибору моделі формалізації взаємодій між акторами у віртуальних спільнотах та соціальних мережах. При цьому використовується система нечітких показників оцінювання елементів інформаційного (кібер) впливу.

**Метою статті** є обґрунтування методичного підходу щодо синтезу систем моніторингу інформаційного простору за критерієм оптимальності в інтересах Сил оборони України.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Моніторинг інформаційного простору (формування інформації певного спрямування),

котрий ґрунтується на використанні усіх доступних видів розвідки, є принципово необхідною (обов'язковою) ланкою процесу управління Силами оборони України. Ця ланка забезпечує постійне нарощування *інформаційного ресурсу* (ІР) органу управління для прийняття об'єктивних рішень у продовж операції. Моніторинг інформаційного простору, поряд з іншим, фактично виключає необґрунтоване адміністрування військ (сил), зменшуючи завдяки цьому їх втрати у ході бойових дій (операцій). Звідси випливає, що розвідка вже не може вважатись видом забезпечення, як це прийнято сьогодні, а бути невід'ємним видом бойової діяльності, що має інший статус, причому вже знаходячись у складі моніторингової системи.

В умовах планування та ведення операцій Сил оборони України серед моніторингових систем домінують системи оперативного моніторингу противника (СОМП), як джерело безперервної і найбільш достовірної інформації в реальному часі про стан та дії противника. За рахунок роботи СОМП збільшується динамічна, тобто швидкозмінна, складова ІР системи управління (статичним ІР є зареєстровані на різних носіях постійні знання, діючі накази, директиви, рішення) для прийняття нових рішень на застосування військ (сил) та зброї. З підкресленням цієї особливості модель, яка трансформується у більш деталізовану синтетично-інформаційну систему моніторингу інформаційного простору.

З точки зору критерію ефективності, а також опираючись на світовий та європейський досвід, синтез систем моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України, які призначені для функціонування, як в мирний так і воєнний час, в Україні слід здійснювати на принципах подвійного призначення, тобто як військово-цивільних. І в першу чергу це стосується систем моніторингу кіберпростору, адже кіберпростір є одним із основних середовищ розповсюдження інформаційних (кібер) впливів. Основні складові зазначеної системи показано на рис. 1.



Рис. 1. Основні складові СМПСОУ

Цілком зрозуміло, що інтегрована система моніторингу інформаційного простору Сил оборони України, яку слід вважати найбільш реалістичною з точки зору її створення як військово-цивільної, якраз і повинна стати основою загальнодержавної підсистеми моніторингу

інформаційного простору.

В процесі моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони передбачається послідовна реалізація двох завдань:

забезпечення постійної оцінки внутрішнього і зовнішнього інформаційного простору, а також оцінки стану і функціональності ІР;

створення умов для визначення корегуючих дій у випадках, коли цільові показники критеріїв оцінки ефективності ІР не забезпечують СОМП динамічною інформацією.

Слід взяти до уваги, що в загальному випадку система моніторингу інформаційного простору не включає діяльність з управління якістю джерел інформації.

Данні, що характеризують стан інформаційного простору, отримані в результаті спостережень або прогнозу, повинні оцінюватися в залежності від того, який вид ІР вони створюють (динамічний, статистичний або комунікативний) за допомогою спеціально обраних критеріїв. Оцінка має на меті з одного боку – визначення збитків від інформаційного (кібер) впливу, з іншого – вибір оптимальних умов для забезпечення СОМП динамічною інформацією. Метою таких оцінок є визначення допустимих критеріїв достовірності інформації яку отримує орган управління Сил оборони.

Не завжди легко встановити, є інформація достовірною або неправдивою, особливо якщо вона містить відомості про події, які ще не сталися. До критеріїв за якими можна судити про достовірність інформації відносять [6]:

критерій обґрунтованості (наявність підтверджень отриманої інформації у ряді незалежних джерел);

критерій несуперечності: відсутність протиріч між окремими твердженнями, викладеними в повідомленні;

відсутність протиріч усередині групи повідомлень, що поступили з одного або групи джерел за деякий проміжок часу;

відсутність протиріч з наявними моделями інтерпретації і моделями предметної області;

критерій авторитетності джерела або ступінь захищеності носія (документу).

Кожна система моніторингу інформаційного простору повинна мати інтегровану систему виявлення об'єктивної оперативної інформації, тобто до її складу входить система розпізнавання ознак прихованого інформаційного (кібер) впливу. Система моніторингу інформаційного простору виконує завдання на протязі часу необхідного для поточного та кінцевого прийняття рішення органу управління Сил оборони.

При цьому критерій оптимальності синтезу системи моніторингу інформаційного простору є не деяким екстремумом функції однієї змінної, а такою областю багатовимірного простору ознак, в якій деякі параметри достовірності можуть бути і неоптимальними. Тут йдеться про те, що усі ІР розглядаються не як рівнозначні, а як ієрархічно впливові, що мають різну вагу (вибір яких, разом з вибором самих функцій, власне, і складає зміст процесу моніторингу інформаційного простору).

Як зазначалось вище, вирішення задачі синтезу систем моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України на основі оптимізації за окремим показником її ефективності при переведенні інших у розряд обмежень є одним із компромісних підходів вирішення цієї ж задачі у багатокритерійному (векторному) базисі. Але метод приведення багатокритерійної задачі до однокритерійної має ряд недоліків:

пріоритетність показника, який екстремалізується при оптимізації, залежить від конкретної ситуації застосування системи, тобто може змінюватись, а отже “налагоджена” під окремий показник система може бути ненадійною по відношенню до усього спектру можливих ситуацій її застосування;

віддаючи попередньо пріоритет окремому показнику якості системи, апріорно неможливо одночасно передбачати кількісний рівень інших показників, який буде досягнуто в ході процесу оптимізації, що веде до некерованих повторів цього процесу та затягування у прийнятті рішення щодо остаточного варіанту побудови системи;

надання переваги окремому показнику якості системи є надзвичайно суперечливим рішенням в ситуації, коли визначення пріоритетності є недоцільним із-за функціональної рівноцінності показників або при потребі забезпечення усереднення якості системи для усіх умов її застосування.

Для усунення цих недоліків необхідне розв'язання задачі у прямій постановці (3) за обмежень (4) та (5), тобто із застосуванням процедур виключно векторної оптимізації. Тоді задача зводиться до пошуку такого  $\omega_l \in \Omega$ ,  $l = \overline{1, p}$ ,  $p \neq \infty$ , коли при обмеженнях (4) та (5) вектор  $\tilde{\beta}_l$  буде домінувати над іншими  $p-1$  векторами такого ж компонентного складу.

Тому пошук критерію оптимальності синтезу систем моніторингу інформаційного простору буде здійснено за допомогою векторної оптимізації. Причина цього – сама задача векторної оптимізації, коли більшість практичних випадків породжують проблему непорівнюваності векторів виду  $\tilde{\beta}_l$  та  $\tilde{\beta}_h$ ,  $l = \overline{1, p}$ ,  $h = \overline{1, p}$ ,  $l \neq h$ .

При вирішенні такої задачі знайшли застосування два характерні підходи. В одному із них [5, 6] застосовують трьохетапну процедуру, яка ґрунтується на тому, що спочатку, приймаючи до уваги можливі варіації (стани) об'єкту дослідження, визначають усі  $\omega_l \in \Omega$ ,  $l = \overline{1, p}$ , а також відповідні їм вектори оцінок  $\tilde{\beta}_l$ , формуючи таким чином початкову множину альтернатив. Потім, шляхом послідовного порівняння пар  $\{\tilde{\beta}_l, \tilde{\beta}_h\}$ ,  $l = \overline{1, p}$ ,  $h = \overline{1, p}$ ,  $l \neq h$ , формують множину негірших альтернатив (Парето-оптимальну множину). Після цього, застосовуючи певний умовний критерій переважання (оптимальності), за який найчастіше беруть зважену або незважену функцію згортки показників вектора якості системи, знаходять рішення, котре шукають. Головний недолік цього підходу – потреба

апріорного встановлення усього ряду векторів типу  $\tilde{\beta}_l, l=\overline{1,p}$ , що рівнозначно здійсненню повного перебору у просторі  $\Omega$ .

В іншому підході [6, 7] застосовують багатокрокову процедуру отримання рішення в інтерактивному режимі із обов'язковою участю на кожному кроці окремо. Цей методологічний підхід за рахунок генерації обмеженого числа альтернатив дозволяє суттєво скоротити процес прийняття рішення щодо синтезу оптимальної системи моніторингу інформаційного простору Сил оборони України, але не гарантує його об'єктивності, що негативно впливає і на кінцевий результат рішення задачі в цілому. Крім цього, така процедура для оптимізації є достатньо складною, потребує спеціальної методичної підготовки, а також часу та бажання, що не завжди сприяє практичній реалізації такої роботи.

Тому, виходячи із зазначеного, необхідно розробити більш раціональні процедури пошуку методів синтезу системи моніторингу, які забезпечують як зменшення розмірності задачі (часу її вирішення), підвищення об'єктивності оцінок проміжних та кінцевих результатів процесу оптимізації за рахунок зменшення впливу її оцінки в інтерактивному процесі прийняття рішення, так і доступність в конкретних ситуаціях інформаційного забезпечення відповідних органів управління Сил оборони.

За цих умов розглянемо пошук критерію оптимальності, який ґрунтується на методі, запропонованому в [8], де використано підхід наближення до ідеальної (утопічної) точки.

Пошук критерію оптимальності в умовах, коли важливо забезпечити оперативність вирішення задачі знаходження найкращого серед можливих варіантів системи, першочерговим завданням є скорочення числа варіантів, що підлягають розгляду для заключного прийняття рішення щодо синтезу системи моніторингу інформаційного простору.

В теорії векторної оптимізації це тотожно вирішенню задачі формування Парето-оптимальної множини альтернатив. У нашому випадку це означає встановлення такої підмножини  $\Omega^* \in \Omega$ , коли вектори однакової вимірності  $\tilde{\beta}_l \in \Omega^*$  та  $\tilde{\beta}_h \in \Omega^*, l \in \overline{1,p}, h \in \overline{1,p}, l \neq h$ , які домінують над іншими, що входять до множини  $\Omega$ , вже неможливо порівняти між собою по Парето.

Для формування мінімізованої Парето-оптимальної множини виду  $\Omega^* \in \Omega$  скористаємося щойно отриманим рішенням для оптимізації систем моніторингу інформаційного простору за окремим показником її ефективності при переведенні інших в розряд обмежень. При цьому слід наголосити, що, отримавши оптимізоване рішення за деяким  $t$ -м показником системи, досягають такого рівня цього показника, коли він домінує над усіма своїми значеннями у інших можливих станах системи. Таким чином, у цьому випадку вектор  $\tilde{\beta}_l \in \Omega, l = \overline{1,p}$ , із таким екстремалізованим показником

переважає всі інші вектори  $\tilde{\beta}_h \in \Omega, h = \overline{1,p}, h \neq l$ , які з цієї причини можна вже не розглядати в якості претендентів до Парето-оптимальної множини  $\Omega^* \in \Omega$ , чим і скорочується загальна кількість альтернатив, що приймаються до аналізу.

Тому поставимо умову оптимізації системи окремо (послідовно) за усіма  $s$  показниками якості, що характеризують її ефективність. Очевидно, що при цьому, як результат, отримаємо  $S \times S$  матрицю рішень виду

$$\tilde{Y}^* = \begin{bmatrix} \tilde{y}_{11}^{extr}, \tilde{y}_{21}, \dots, \tilde{y}_{l1}, \dots, \tilde{y}_{s1} \\ \tilde{y}_{12}, \tilde{y}_{22}^{extr}, \dots, \tilde{y}_{l2}, \dots, \tilde{y}_{s2} \\ \dots \\ \tilde{y}_{1t}, \tilde{y}_{2t}, \dots, \tilde{y}_{lt}^{extr}, \dots, \tilde{y}_{st} \\ \dots \\ \tilde{y}_{1s}, \tilde{y}_{2s}, \dots, \tilde{y}_{ls}, \dots, \tilde{y}_{ss}^{extr} \end{bmatrix} \quad (1)$$

В (1) кожен рядок виду  $\tilde{y}_{1t}, \tilde{y}_{2t}, \dots, \tilde{y}_{lt}^{extr}, \dots, \tilde{y}_{st}, t = \overline{1,s}$  – результат вирішення задачі оптимізації за  $t$ -м показником якості системи, причому кожне із рішень відповідає обмеженням (3.4) та (3.5), а їх домінування одне над одним уже неможливе в силу відомого Парето-правила.

Таким чином, матриця  $\tilde{Y}^*$  об'єднує підмножину із  $s$  негірших по Парето альтернатив, тобто можна вважати, що досягнуто рішення проміжного характеру  $\tilde{Y}^* \Leftrightarrow \Omega^* \in \Omega$ .

Оцінимо отриманий результат. По-перше, зазначимо, що вектор діагональних елементів матриці  $\tilde{Y}^*$  визначає “ідеальну (утопічну) точку оптимуму” (точку Чарнза-Купера), якої досягти одночасно за всіма показниками неможливо із-за наявності чинника обмежень, але її сутність є зрозумілою. При цьому задача оптимізації системи полягає у максимальному наближенні до цієї точки.

По-друге, рішення  $\Omega^* \in \Omega$  можна характеризувати як усічену Парето-оптимальну множину, оскільки до неї, імовірно, не попадуть ті стани  $\omega_l \in \Omega \setminus \Omega^*, l = \overline{1,p}$ , які можуть бути відбраковані на етапі однокритерійної оптимізації, маючи в той-же час потенційні можливості бути в складі повної Парето-оптимальної множини альтернатив. Зазначене є причиною неможливості досягнення глобального оптимуму за векторним критерієм у загальносистемному його розумінні при використанні цього методу. Незважаючи на це, можливість наближення до глобального оптимуму (у напрямі точки Чарнза-Купера), завдяки отриманню рішення (2), стає очевидною.

По-третє, рішення (2) надає нову якісну перевагу – приймаючи рішення щодо вибору варіанту системи за принципом надання пріоритетності окремому показнику якості системи на основі аналізу матриці (1) застосовує не апіорну, а апостеріорну стратегію вибору, сутність чого полягає у застосуванні цієї процедури при наявності кількісних оцінок можливих варіантів системи на момент прийняття рішення, в той-час як апіорна стратегія, коли визначається лише головний показник оптимізації, не передбачає наявності кількісних оцінок, що може призвести в ході оптимізації за цим критерієм до значного

погіршення інших показників ефективності системи. Застосування апостеріорної стратегії вибору забезпечує більш високу об'єктивність рішення, а отже наближення до глобального оптимуму.

По-четверте, наявність лише  $s$  альтернатив дозволяє ОПР вже на етапі отримання рішення (2) на основі аналізу матриці (1) визначити пріоритетність деякого  $t$ -го показника. Тоді формально, за рішенням ОПР

$$\omega_t^{opt} \in \Omega^* \Leftrightarrow \tilde{\beta}_{l,t} = \langle \tilde{y}_{1t}, \tilde{y}_{2t}, \dots, \tilde{y}_{tt}^{extr}, \dots, \tilde{y}_{st} \rangle$$

і процес отримання найкращого (оптимального) рішення системи завершено.

По-п'яте, отримання рішення (2) дає можливість подальшого його покращення на основі застосування аналітичного підходу. Цей крок робиться тоді, коли ОПР потрібні додаткові аргументи для прийняття рішення, зокрема, в ситуації, коли відкидається пріоритетність будь-якого із показників вектора  $Y$ . Розглянемо таку можливість. При цьому від використання традиційних процедур оптимізації вибору, які ґрунтуються на використанні скалярних адитивних [4, 5] чи мультиплікативних [7, 8] критеріїв, а також їх комбінацій, придатних до застосування у цій ситуації, але незрозумілих за фізичною сутністю та досить суб'єктивних, відмовимось. Натомість запропонуємо нову аналітичну процедуру вибору найкращої альтернативи зі складу Парето-оптимальної множини  $\Omega^*$ , яка близька до фізично зрозумілих ідей "поступок" [3] або "готовності заплатити" [4]. При цьому, на відміну від відомих рішень, принципово по іншому вирішується питання взаємопорівнюваності початково непорівнюваних векторів в  $s$ -мірному критерійному просторі, яке в теорії векторної оптимізації називають проблемою нормалізації критеріїв і вважають найбільш важливою [9]. Розглянемо це рішення.

1. Введемо поняття оцінки рівня відносної поступки по кожному із показників бойової ефективності системи (відносно отриманого екстремального значення)

$$\Delta_{tf} = \frac{\tilde{y}_{tt}^{extr} - \tilde{y}_{tf}}{\tilde{y}_{tt}^{extr}}, \quad t = \overline{1, s}, \quad f = \overline{1, s} \quad (2)$$

Величина  $\Delta_{tf}$  характеризує "готовність заплатити" відносним зниженням максимального рівня  $t$ -го показника якості системи (отриманого при її оптимізації за  $t$ -м показником) на користь оптимізації системи по  $f$ -му показнику.

2. Застосувавши (2), утворимо матрицю поступок шляхом заміни у матриці  $\tilde{\beta}^*$  елементів  $\tilde{y}_{tf}$  на  $\Delta_{tf}$

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0, \Delta_{21}, \dots, \Delta_{t1}, \dots, \Delta_{s1} \\ \Delta_{12}, 0, \dots, \Delta_{t2}, \dots, \Delta_{s2} \\ \dots \\ \Delta_{1t}, \Delta_{2t}, \dots, 0, \dots, \Delta_{st} \\ \dots \\ \Delta_{1s}, \Delta_{2s}, \dots, \Delta_{ts}, \dots, 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Цим кроком усувається фактор вимірності показників якості системи – аналоги їх оцінок

стають безрозмірними, тобто такими, що можуть порівнюватись та співвідноситись між собою у будь-якій, принаймні, лінійній процедурі. За умови, що усі показники якості системи рівноцінні (з точки зору усереднення якостей системи, наприклад, рішенням ОПР, для усіх визначених умов її функціонування), це дає право на наступний крок.

3. Утворимо адитивний критерій (функцію) виду

$$W_t = \frac{\sum_s \Delta_{tf}}{s}, \quad t = \overline{1, s}, \quad f = \overline{1, s} \quad (4)$$

Функція (4) характеризує середнє значення рівня відносної поступки отриманого рішення при оптимізації за  $t$ -м показником (на користь інших рішень) одночасно за усіма показниками якості системи. Можна стверджувати, що в межах утвореної Парето-оптимальної підмножини  $\Omega^* \in \Omega$ , є вираз еквівалентним запису  $W_t \equiv f(\tilde{\beta})$  і таким, що визначає міру наближення до точки Чарнза-Купера.

4. Оскільки, як зазначалось, в рішенні (4) забезпечується виконання головних обмежень (2) та (3), то виходячи із (4), умову (3) можна представити у вигляді

$$\omega_l^{opt} \in \Omega^* \Leftrightarrow extr W_t, \quad l = \overline{1, p}, \quad t = \overline{1, s} \quad (5)$$

Логічно вважати, що чим меншим буде середнє значення рівня відносної поступки, тим ближче до точки Чарнза-Купера, а отже до точки глобального оптимуму буде знаходитись рішення. Це дозволяє переписати (5) у вигляді заключного виразу

$$\omega_l^{opt} \in \Omega \Leftrightarrow \min W_t, \quad l = \overline{1, p}, \quad t = \overline{1, s} \quad (6)$$

Таким чином, на основі правила (6) ОПР рекомендується вибрати рішення щодо складу системи моніторингу інформаційного простору, яке в середньому буде найкращим серед інших для усіх переважних умов застосування системи, тобто максимально наближеним до точки Чарнза-Купера.

Для більш чіткого розуміння цього рішення розглянемо нейтральний приклад. Нехай вектор  $\beta = \langle \tilde{y}_1, \tilde{y}_2, \tilde{y}_3, \tilde{y}_4 \rangle$  характеризує якість системи. Вимоги (критеріальні обмеження) до якості системи виражені у кількісній формі:  $\beta_0 = \langle 7, 9, 11, 15 \rangle$ . Для простоти прикладу вважаємо, що показники максимізуються, а в ході оптимізації за окремими показниками якості отримано 4x4 матрицю виду

$$Y^* = \begin{bmatrix} 10 & 10 & 12 & 15 \\ 8 & 13 & 14 & 17 \\ 9 & 9 & 15 & 18 \\ 7 & 12 & 11 & 20 \end{bmatrix} \quad (7)$$

яка характеризує Парето-оптимальну підмножину  $\Omega^* \in \Omega$  (жирним шрифтом виділено максимізовані величини при оптимізації, тобто координати точки Чарнза-Купера). Аналіз матриці показує, що обмеження  $\beta_0$  виконуються, як і фінансове обмеження  $\tilde{N}_0$  (за принципом формування матриці  $\beta^*$ ). У подальшому задача полягає у виборі оптимального стану системи на

основі отриманих даних.

Рішення. Крок 1. Застосовуючи послідовно (4), утворимо матрицю поступок виду (5)

$$\Delta = \begin{bmatrix} 0 & 0,23 & 0,2 & 0,25 \\ 0,2 & 0 & 0,07 & 0,15 \\ 0,1 & 0,31 & 0 & 0,1 \\ 0,3 & 0,08 & 0,27 & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Крок 2. На основі (8) обчислимо значення цільової функції оптимального вибору для кожної альтернативи

$$W_1 = \frac{0+0,23+0,2+0,25}{4} = 0,17; W_2 = \frac{0,2+0+0,07+0,15}{4} = 0,105; W_3 = \frac{0,1+0,31+0+0,1}{4} = 0,128; W_4 = \frac{0,3+0,08+0,27+0}{4} = 0,163. \quad (9)$$

Крок 3. За правилом (6) знаходимо найближче до глобального оптимуму рішення:

$$W_{opt} = \min \{W_1, W_2, W_3, W_4\} = W_2 = 0,105.$$

Звідси отримуємо кінцевий результат

$\omega_1^{opt} = \omega_2 \leftrightarrow \vec{\beta}_2 = \langle \check{y}_{12} = 8, \check{y}_{22} = 13, \check{y}_{32} = 14, \check{y}_{42} = 17 \rangle$ , який є найближчим до точки Чарнза-Купера з координатами  $\langle 10,13,15,20 \rangle$ .

Таким чином, отримано рішення методом багатокритерійної оптимізації, яке тотожне оптимізації системи за другим показником її ефективності. При цьому якраз це рішення (на користь оптимізації за показником  $\check{y}_2$ ) гарантує мінімальний середній рівень погіршення якості виконання завдань в цілому (не більш ніж 10,5 %) у порівнянні із іншими локально-оптимальними рішеннями у ході здійснення загального процесу синтезу системи (пошуку її оптимального стану).

Алгоритм, за допомогою якого можна реалізувати запропонований методичний підхід, зображено на рис. 2.

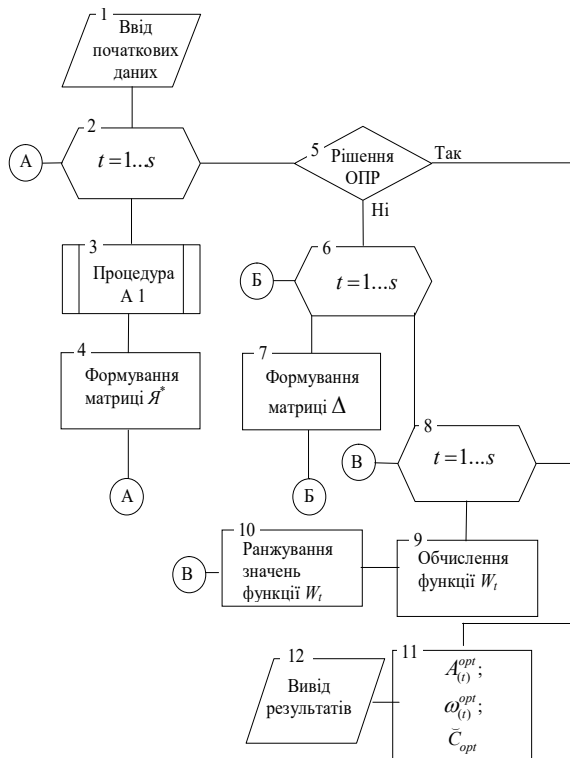


Рис. 2. Алгоритм синтезу СМПСОУ за критерієм оптимізації

Блок 1. Ввід початкових даних.

Блок 2. Організація циклу оптимізації складу системи роздільно за усіма  $s$  показниками вектора  $Я$ .

Блок 3. Реалізує макропроцедуру оптимізації системи за окремим показником якості, алгоритми здійснення якої описані вище.

Блок 4. Послідовно, шляхом обчислення складових вектора  $\vec{\beta}_t$ , на кожному із  $s$  циклів оптимізації формується матриця  $\beta^*$  виду (7).

Блок 5. Інтерактивна процедура за участю ОПР – приймається рішення щодо заключного вибору на основі аналізу матриці  $\beta^*$  (індикатор “Так”): тоді перехід до блоку 11, або вимагається подальше здійснення аналітичного процесу вирішення (індикатор “Ні”) – перехід до блоку 6.

Блок 6. Організація циклу по стовпцях матриці  $\beta^*$ .

Блок 7. Обчислення величин  $\Delta_{ft}$ ,  $t = \overline{1, s}$ ,  $f = \overline{1, s}$ , за формулою (6) по усіх елементах взятого стовпця матриці  $\beta^*$ .

Блок 8. Організація циклу по рядках матриці  $\Delta$ .

Блок 9. Обчислення функції  $W_t$ ,  $t = \overline{1, s}$ , за формулою (9).

Блок 10. Ранжування отриманих значень функції  $W_t$ ,  $t = \overline{1, s}$ , за зростанням.

Блок 11. Оформлення рішення на рівні визначення в якості оптимальної конструкції: матриці  $A_{(t)}^{opt}$ , якій відповідає мінімальне значення

$W_t$ , а також оцінки вартості системи  $\check{N}_{opt}$  та оптимального стану  $\omega_{(t)}^{opt}$ .

Блок 12. Вивід результатів рішення задачі (наприклад, матриці  $A_{(t)}^{opt}$ , графічного зображення системи моніторингу інформаційного простору в інтересах Сил оборони України).

Запропонований методичний підхід та відповідний алгоритм, з мінімальним залученням осіб, які приймають рішення, дозволяє отримати за критерієм оптимальності синтез системи моніторингу в інтересах Сил оборони на основі застосування багатокритерійного підходу.

### Висновки й перспективи подальших досліджень

1. Таким чином, описані методичні підходи, які доведені до алгоритмічної інтерпретації, мають загальний характер по відношенню інших систем бойового застосування. Тому їх слід вважати методичною основою синтезу таких систем в умовах вартісних обмежень. При цьому в запропонованих рішеннях важливим є те, що вони отримуються на основі компромісу між показниками якості інформації на виході системи та її вартістю, що принципово забезпечує вирішення завдання реалізації усієї фази “обґрунтування нефункціональних характеристик” за методичною схемою на рис. 2.

2. Результати оцінювання також засвідчили, що виконання завдань оперативного моніторингу – це понад 12% від сукупного внеску усіх елементів

оперативного моніторингу щодо прогнозу розвитку інформаційних (кібер) впливів та інформаційних загроз складає приблизно 9%.

3. Розроблений методичний підхід синтезу системи моніторингу інформаційного простору за критерієм оптимальності в інтересах Сил оборони України має ознаки морфологічного синтезу, який характеризується такими способами:

за критерієм екстремуму найбільш важливого показника якості інформації на виході

системи при переведенні інших у розряд критеріальних обмежень – на основі застосування градієнтної процедури оптимізації;

за досягнутим екстремальним (в середньому) рівнем усіх показників якості інформації на виході системи (векторним критерієм) – шляхом застосування прямого рішення задачі оптимізації в багатокритерійному просторі на основі використання концепції Чарнза – Купера “наближення до ідеальної точки оптимуму”.

### Література

1. Стронгин Р.Т. Поиск глобального оптимума / Р.Т. Стронгин // Математика, кибернетика. – 1990. – № 2. – 48 с. 2. Ушаков И.А. Методы решения простейших задач оптимального резервирования / И.А. Ушаков. – М.: Сов. радио, 1969. – 176 с. 3. Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров, Т.М.Виноградская, А.А. Рубчинский, В.Б. Соколов. – М.: Наука, 1982. – 328 с. 4. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р.Л. Кини, Х. Райфа; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с. 5. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982.

– 256 с. 6. Емельянов С.В. Многокритериальные методы принятия решений / С.В. Емельянов, О.И. Ларичев // Математика, кибернетика. – 1985. – № 10. – 31 с. 7. Ларичев О.И. Человеко-машинные процессы решения многокритериальных задач математического программирования (обзор) / О.И. Ларичев, О.А. Поляков // Экономика и мат. методы. – 1980. – XVI. – вып. 1. – С.129-145. 8. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2002. – 144 с. 9. Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации / Ю.К. Машунин. – М.: Наука, 1986. – 144 с.

## METHOD APPROACH TO THE SYNTHESIS OF INFORMATION SPACE MONITORING SYSTEMS ACCORDING TO THE CRITERIA OF OPTIMALITY IN THE INTERESTS OF THE DEFENSE FORCES OF UKRAINE

*Petro Snitsarenko (Doctor of Technical, senior research fellow)*  
*Vitaliy Katsalap (Candidate of Military Sciences, assistant professor)*

*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine*

*The article examines the justification of the methodical approach to the synthesis of information space monitoring systems based on the criterion of optimality in the interests of the Defense Forces of Ukraine. The main focus of research is on the construction of variants of the information space monitoring system. One of the main problems is emphasized - the complexity of formalizing the criterion of optimality and its evaluation methods. The relevance and perspective of the process of formalized presentation of the specified criterion for further automation of the process of classification of information space monitoring systems in the interests of the Defense Forces of Ukraine is emphasized.*

*The purpose of the article is to substantiate the methodical approach to the synthesis of information space monitoring systems in the interests of the Defense Forces of Ukraine based on the criterion of optimality.*

*A methodical approach to the synthesis of information space monitoring systems based on the criterion of optimality in the interests of the Defense Forces of Ukraine is proposed and will be used to evaluate appropriate options for the information space monitoring system. It is determined that the combination of methods for optimizing the analysis of options for building information space monitoring systems allows to determine and evaluate the work order of the person who makes the decision to build the appropriate information space monitoring system. In the future, this gives an opportunity to develop the architecture of specialized software to increase the efficiency of the assessment of information resources that circulate in the monitoring systems of the information space.*

*The use of a methodical approach to the synthesis of information space monitoring systems based on the criterion of optimization in the interests of the Defense Forces of Ukraine makes it possible to tentatively determine the components of information space monitoring and to detail the systems included in it.*

*The presented results of the scientific research confirm the importance of monitoring the information space in ensuring the defense capability of the state and its military security, which requires priority development in Ukraine of military monitoring systems and relevant further research.*

**Keywords:** *methodological approach, synthesis, monitoring, information space, information evaluation, information resource, reliability criteria, optimality criteria, Defense Forces of Ukraine.*