

УДК 004.8, 354

DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2024-2-81/86-97>

Закалад М. А.

(0000-0002-0624-4140)

Поліщук В. Б., кандидат технічних наук

(0000-0001-6991-0617)

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України, Київ

## Підходи і методи оцінювання проєктних і організаційно-технічних альтернатив у життєвому циклі інформаційно-комунікаційних систем

**Резюме.** Розглянуто особливості застосувань інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) оборонного (військового) призначення в межах парадигми оборонного планування на основі спроможностей. Наведено приклади альтернатив, які розглядаються під час прийняття організаційно-технічних і проєктних рішень протягом життєвого циклу інформаційно-комунікаційних систем (ІКС) та експертні методи їх оцінювання з використанням холистичного і векторного підходів. Запропоновано показники, які характеризують ІКТ різного призначення та можуть бути використані як критерії під час застосування векторного підходу. Наведено загальну покрокову схему вибору і застосування експертних методів для ранжування альтернатив із застосуванням обох підходів.

**Ключові слова:** спроможність; інформаційно-комунікаційні технології; життєвий цикл ІКС; багатокритеріальні методи прийняття рішень; підходи до оцінювання проєктних і організаційно-технічних альтернатив.

**Постановка проблеми.** Директивними документами з оборонного планування на основі спроможностей (ОПОС) до складу носіїв спроможностей включені такі їх основні типи: військові організаційні структури, органи управління, окремі засоби і системи. До останнього типу носіїв спроможностей віднесені, зокрема, і системи автоматизованого управління військами (силами), обміну даними розвідки та обстановки, оповіщення, менеджменту оборонних ресурсів, захисту інформації тощо, що включають відповідне обладнання та програмне забезпечення. У подальшому викладі матеріалу для означення таких систем використовується узагальнений термін “інформаційно-комунікаційні системи військового призначення” (ІКС ВП).

У процедурах оборонного планування, як правило, розглядається декілька альтернативних варіантів ліквідації прогалин (недоліків) у спроможностях. Це стосується і ІКС ВП, у процесі ініціації створення яких розглядається декілька альтернатив. На наступних етапах їх життєвого циклу (ЖЦ) приймається низка організаційно-технічних і проєктних рішень, пов'язаних з вибором способу її створення – розроблення системи з унікальним програмним забезпеченням (ПЗ) чи впровадження стандартних програмних рішень, вибором кращого із декількох готових рішень, вибір головного виконавця проєкту, моделі ЖЦ, архітектури системи, порядку масштабування системи, глибини модернізації, варіанта компенсації корисної функціональності системи під час виведення її з експлуатації та ін.

Критерії прийняття рішень в цих задачах є багатокomпонентними категоріями, неформалізовані, і часто пов'язані з протилежними вимогами, тому альтернативи складно піддаються прямому оцінюванню. Ще складніше оцінювати інтегральний показник “спроможність ІКС”, оскільки вимоги до них як носіїв спроможностей визначаються у вербальній формі, що пояснюється значною мірою віртуальністю їх інтелектуальної складової – ПЗ, та великою кількістю слабоформалізованих характеристик властивостей ПЗ. Ці складнощі унеможливають застосування числових методів оцінювання ІКС у межах парадигми ОПОС.

Для забезпечення прийняття раціонального рішення під час проведення оцінювання варіантів ліквідації прогалин (недоліків) у спроможностях в [1] рекомендується застосовувати метод аналізу багатомірних критеріїв. Треба зазначити, що у рекомендованому підході основні зусилля і час експертів витрачається на застосування методу Делфі, що призводить до значного інтелектуального та організаційно-технічного навантаження на організаторів і учасників проведення експертного опитування, потребує багато часу та анонімності експертів, що ще більше ускладнює процес оцінювання.

З огляду на вимоги до оперативності та спрощення організації роботи експертів виникає необхідність розроблення достатньо простих і водночас науково обґрунтованих методів оцінювання альтернатив у життєвому циклі ІКС у межах концепції ОПОС з урахуванням їх особливостей, а також

програмних інструментів підтримки експертної діяльності.

Для подальшого викладу матеріалу важливе значення має поняття “ефект”, що в ОПОС визначається як зміна умов, способів дій і ступеня свободи дій противника чи своїх військ, або ступінь впливу створених (досягнутих) спроможностей (властивостей) на здатність структурної одиниці сил оборони, яка є носієм спроможностей, виконати поставлені завдання [9].

Результати застосування низки ІКС, які використовуються в ЗС України, відповідають наведеному визначенню ефекту. Оцінювання таких ІКС має ґрунтуватись на розгляді їх ролі в реалізації концепції мережево-центричної війни, а саме на зменшенні тривалості циклу “спостереження – орієнтація - рішення – дія” (СОРД) порівняно з противником та на якості інформації про його угруповання.

Водночас багато класів ІКС, які здебільшого використовуються в Міністерстві оборони України та повсякденній діяльності ЗС України, не мають такої властивості, тому в термінах системної інженерії їх коректно відносити до “систем забезпечення” (англ. *enabling systems*) функціонування безпосередніх носіїв спроможностей – військових організаційних структур, органів військового управління, окремих засобів і систем. Це, з одного боку, обумовлює складність оцінювання таких ІКС як носіїв спроможностей, а з іншого - дає змогу розглядати їх вплив на спроможності безпосередніх носіїв через призму функціональних і нефункціональних показників, які використовуються у моделі якості їх ПЗ, та характеристик інформації, яку вони надають користувачам.

Для розв’язання задач оцінювання альтернатив експертами пропонуються різні підходи і методи. Ураховуючи особливості ІКС військового призначення, широкий спектр їх функціональності та інших властивостей, постає завдання їх структуризації та розроблення підходів до вибору експертних методів, адекватних складності задач оцінювання альтернатив протягом їх ЖЦ у межах парадигми ОПОС.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість публікацій з тематики оцінювання спроможностей присвячена військовим організаційним структурам і органам управління. Так, у статті [2] розглядаються питання, пов’язані з розробленням елементів науково-методичного апарату оцінювання категорії спроможностей

“захист та живучість” за складовою радіоелектронної боротьби, запропоновано узагальнений методичний підхід до оцінювання спроможностей сил і засобів, потрібних для виконання завдань радіоелектронної боротьби.

У статті [3] запропоновано методичний підхід до кількісного оцінювання показників спроможностей з’єднань (частин) протиповітряної оборони, в основу якого покладено принципи теорії кваліметрії. Для проведення об’єктивного оцінювання спроможностей медичних підрозділів у [4] запропоновано застосувати принципи багатокритеріальної оптимізації та модульний підхід до побудови системи медичного забезпечення.

Найближче до проблематики оцінювання спроможності ІКС можна позиціонувати статтю [5], у якій запропонована методика оцінки показників функціональної групи спроможностей “Зв’язок та інформаційні системи”, яка ґрунтується на методі ієрархічного цільового оцінювання альтернатив за вісьмома базовими та двома додатковими показниками. Необхідно зазначити, що у цій статті, в основному, розглядаються характеристики таких носіїв спроможностей, як засоби зв’язку і відповідні організаційні структури.

В інших публікаціях пропонуються підходи і методи оцінювання ефективності оборонних проєктів та ІКС військового призначення. У статті [6] запропоновано методичний підхід до оцінювання якості результатів оборонних проєктів, який полягає у поєднанні нечітко-інтегрального числення і відомих багатокритеріальних методів прийняття рішень (БКМПР). Також запропоновано підхід до визначення ризиків якості. У статті [7] для оцінки ефективності автоматизованих систем військового призначення на різних етапах їх життєвого циклу також запропоновано застосовувати декомпозицію їх властивостей (боєготовність, оперативність, безперервність, стійкість, скритність) у вигляді ієрархії та визначення інтегральної оцінки цих властивостей, а також спрощений підхід до оцінювання ефективності систем на етапі їх експлуатації.

Таким чином, існує ціла низка методичних напрацювань щодо підходів і методів оцінювання різних носіїв і функціональних груп спроможностей, більшість з яких відноситься до БКМПР.

Однак при цьому не враховується специфіка ІКС різного призначення як носіїв

спроможностей, які виконують різні ролі, а саме: середовища функціонування систем; систем забезпечення інших систем чи безпосередньо носіїв спроможностей, що, як наслідок, потребує застосування різних критеріїв під час вибору варіантів рішень. Не наводяться альтернативи, які розглядаються у їх ЖЦ і підходи до вибору адекватних їх складності методів оцінювання, відсутні напрацювання щодо критеріїв під час застосування БКМПР, що ускладнює можливості практичного використання цих методів.

**Мета статті** – визначення особливостей ІКС військового призначення та обґрунтування підходів до вибору методів і критеріїв оцінювання альтернатив, що розглядаються під час прийняття організаційно-технічних і проектних рішень протягом їх ЖЦ у межах парадигми ОПОС.

#### **Виклад основного матеріалу**

**Предмет розгляду в статті.** Найбільш узагальнено *інформаційні технології* (ІТ) можна визначити як сукупність методів і засобів, що використовуються з метою збирання, зберігання, опрацювання, розповсюдження, відображення різноманітних даних для їх аналізу й прийняття на їх основі відповідних рішень. Ураховуючи наявність комунікаційної складової практично в усіх інформаційних системах використовується також термін “інформаційно-комунікаційні технології” (ІКТ).

У військовій сфері ІКТ знаходять різноманітні застосування, які можна класифікувати за багатьма ознаками і, зважаючи на їх складність, як правило, називають системами. У джерелі [8] наведено їх перелік та визначення: автоматизовані системи, автоматизовані інформаційні системи, інформаційно-аналітичні системи, інформаційно-телекомунікаційні системи, експертні системи, інтелектуальні системи, системи підтримки прийняття рішень, системи оброблення (обробки) даних.

Як впливає з визначень цих систем, кожна з них реалізує одну або декілька наступних функцій: обчислювальну, відслідковувальну, запам'ятовувальну, комунікаційну, регулювальну, оптимізаційну, прогнозу та аналітичну.

Зупинимось на аналізі ІКС ВП як носіїв спроможностей.

Здебільшого визначенню терміну “носій спроможності” відповідають проблемно-орієнтовані та вбудовані комп'ютерні системи (англ. embedded system) – спеціалізовані

комп'ютерні системи або обчислювальні пристрої, призначені для виконання обмеженої кількості функцій. Приклад – системи управління бойовими машинами (Combat Vehicle Management Systems). Під час оцінювання ці системи розглядаються як елемент ОВТ, у яке вони вбудовані, і до яких формулюються чіткі вимоги як до носіїв спроможностей. Інший приклад – системи ударних дронів.

До систем забезпечення застосування збройними силами ОВТ відносять носії спроможностей 2-го рівня – “Інформаційні системи оперативного (бойового) управління, зв'язку, розвідки та спостереження” (код спроможності 1CIS-5.1), серед яких системи управління вогневою підтримкою (Fire Support Management Systems); системи дронів (Drone Systems) з розвідувальними функціями; управління комунікаційними мережами (Communication Network Management Systems); розвідування та аналізу інформації (Intelligence Surveillance and Reconnaissance Systems) та ін. [9].

Останнім часом США ведуть інтенсивні розробки зі створення єдиної багатофункціональної інформаційно-управляючої системи, яка інтегрує функції управління військами, зброєю, розвідкою, радіоелектронною боротьбою, а також зв'язку, навігації, орієнтування і впізнання (C4ISR) [10].

Усе ширше застосування у складі C4ISR та інших ІКС знаходять системи на основі штучного інтелекту (ШІ), які можуть бути як суто програмними, що діють у віртуальному світі (наприклад, голосові помічники, пошукові системи, системи розпізнавання мови та обличчя), так і інтегрованими в апаратні пристрої (наприклад роботи, автономні автомобілі, дрони, програми Інтернету речей).

Застосування нових інформаційних технологій, таких як ШІ, в автономних (роботизованих) системах дає змогу розглядати ІКС як завершений цикл опрацювання даних. *Автономність* системи – це її здатність реагувати на невизначені ситуації без людського втручання шляхом самостійного формування та вибору різних варіантів дій для досягнення цілей на основі отриманих знань та оцінки поточної ситуації. Автономна зброя може знаходити, ідентифікувати, відстежувати, націлюватися та знищувати сили противника без участі операторів у процесі прийняття рішень, що скорочує цикл СОРД. Прикладом

роботизованих систем є безпілотні розвідувальні та ударні авіаційні комплекси. Такі застосування нових ІТ на сьогодні вже змінюють характер війни.

Саме засоби ІКТ, включаючи ІІ і автономні роботизовані системи є інструментом реалізації доктрини мережецентричної війни (англ. *Network-centric warfare*) – ведення бойових дій, яке передбачає збільшення бойової потужності угруповання об'єднаних сил шляхом утворення інформаційно-комутаційної мережі, яка об'єднує джерела інформації (розвідки), що забезпечують доведення до учасників операцій достовірної та повної інформації про обстановку практично в реальному масштабі часу, органи управління та засоби ураження.

Для забезпечення повсякденної діяльності ЗС України та основної діяльності у Міністерстві оборони України застосовуються носії спроможностей 2-го рівня “Інформаційні системи підтримки повсякденної діяльності ЗС України” (код спроможності 1CIS-5.2). Низкою директивних документів передбачене, зокрема, створення інформаційної системи управління оборонними ресурсами (англ. *Defence Resources Management Information System, DRMIS*). Функціонал DRMIS має складатись з: оборонного планування; управління організаційною структурою; управління особовим складом; управління матеріально-технічним забезпеченням (військова логістика); закупівель; управління майном; управління фінансами та бюджетом; управління медичним забезпеченням; управління адміністративною діяльністю. Зі свого боку у кожній із цих функціональних підсистем мають виконуватись багато процесів і функцій.

Таким чином, широкий спектр ІКС, різні ролі, які вони виконують з погляду ефекту в парадигмі спроможностей, часові обмеження та складності організації процедур вибору альтернатив потребують розроблення підходів до вибору методів і критеріїв їх оцінювання, адекватних складності задач, які вирішуються протягом їх життєвого циклу, і їх доопрацювання для спрощення і врахування військової специфіки, а також розроблення уніфікованої процедури їх застосування.

**Задачі оцінювання альтернатив у життєвому циклі інформаційно-комунікаційних систем.** ІКС, як і ОВТ, мають свій ЖЦ, модель якого (далі – Модель ЖЦ) складається з таких етапів: ініціювання, проектування, розроблення, впровадження, експлуатація, виведення з експлуатації [11].

Управління життєвим циклом ІКС здійснюється протягом усіх його етапів із застосуванням процесного підходу [12, 13]. Основні поняття ЖЦ ІКС – зацікавлені сторони, які беруть участь у ЖЦ, процеси, завдання, критерії переходу між етапами ЖЦ.

Протягом ЖЦ ІКС виникає низка задач оцінювання альтернатив для підтримки прийняття проектних і організаційно-технічних рішень. Найважливіші з них, які й обумовлюють успішність проекту та ефект від використання ІКС, приймаються на перших двох етапах їх ЖЦ.

Метою етапу ініціації створення (модернізації) ІКС є формування обґрунтованої потреби в створення ІКС у ЗС України та Міністерстві оборони України, визначення шляхів їх створення, попередній розподіл ролей зацікавлених сторін та формування вимог до перспективних ІКС. У [11–13] наводяться ціннісні показники: вплив реалізованої ініціативи на бойові (оперативні) спроможності Збройних Сил / сил оборони; трансформаційний, фінансовий, інноваційний ефекти від реалізації ініціативи; ефект сумісності з НАТО і показники, які характеризують можливості впровадження – наявність загальних вимог до ІС, технічного завдання, проектною документації, макету ІС, команди та досвіду для реалізації ініціативи, джерел фінансування.

Ці показники відповідають концепції складових спроможностей DOTMLPFI (англ. *Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership, Personnel, Facilities, and Interoperability* – скорочення, яке використовується у керівних документах НАТО для характеристики напрямів розвитку спроможностей і оборонних потенціалів, походить від слів доктрина, організація, тренування, матеріальне забезпечення, лідерство, персонал, засоби та взаємосумісність.

На етапі “проектування” уточнюються вимоги, обсяг і порядок реалізації проекту зі створення ІКС, ролі зацікавлених сторін, формуються описи основних архітектурних і програмно-апаратних рішень, що дає повне розуміння про склад, порядок функціонування ІКС, її взаємодію з іншими ІКС та користувачами. Для цього розглядаються альтернативні варіанти щодо вибору головного розробника і співвиконавців розроблення ІС, моделі ЖЦ ІС, архітектурного рішення.

Зупинимося на короткому розгляді різних моделей ЖЦ ІС, архітектурних

проектних рішень і стандартних програмних застосунків.

*Модель життєвого циклу* – це структура, що складається з процесів, робіт і задач, які виконуються протягом ЖЦ ІКС від визначення вимог до припинення її використання. У найбільш узагальненому підході до класифікації моделей ЖЦ ІКС розглядають такі традиційні моделі: каскадна (водоспадна) або послідовна; ітеративна і інкрементно-еволюційна (гібридна, змішана); спіральна (модель Боєма). До більш сучасних моделей відносять об'єктно-орієнтовану модель, яка обґрунтовує конструювання програмного забезпечення з готових об'єктів, для яких визначаються правила їх взаємодії, що переводять об'єкти з одного стану в інший.

На противагу цим перевантаженим формальностями підходам застосовуються моделі швидкої розробки, такі, як наприклад, екстремальне програмування, які забезпечують більш високу продуктивність проектної діяльності. Водночас у процесі еволюції моделей життєвого циклу розроблення ПЗ нові підходи повністю не замінювали класичні моделі, їх прийоми в рамках своїх процесів застосовуються більш консервативними моделями.

Для опису життєвого циклу ПЗ найбільшого поширення набули такі методики: Rational Unified Process (RUP); Enterprise Unified Process (EUP); Microsoft Solutions Framework (MSF) в обох поданнях: MSF for Agile і MSF for CMMI; Agile-практики (eXtreme Programming (XP), Feature Driven Development (FDD), Dynamic Systems Development Method (DSDM), SCRUM та ін.).

Кожна з моделей ЖЦ і методик її реалізації мають свою сферу застосування. Однак часто у конкретних проектах ні одна з них у класичному вигляді може не задовольняти вимогам до нього, тому моделі адаптують до цих вимог, або застосовують їх комбінацію. Враховуючи, що кожна з моделей ЖЦ ІКС має свої переваги і недоліки з погляду термінів створення ІКС, витрат на реалізацію проекту, проектних ризиків і якості системи, визначення кращої з них у кожному проекті представляє класичну багатокритеріальну задачу.

Важливе значення на перших етапах ЖЦ ІКС є вибір способу її створення, а саме – розроблення унікального програмного забезпечення ІКС чи впровадження готового до використання стандартного індустріального програмного застосунку, так званого “програмного бізнес-рішення”

(software business solutions). Кожний спосіб має свої переваги і недоліки відносно наведених вище критеріїв.

Під час прийняття рішення щодо впровадження стандартного ПЗ для інформаційної підтримки повсякденної діяльності ЗС України та основної діяльності Міністерства оборони України можуть розглядатись класи програмних рішень, які застосовується у складі автоматизованих систем управління підприємствами в корпоративному секторі економіки, а саме:

ERP (*Enterprise Resources Planning*) – система планування ресурсів підприємства;

SCM (*Supply Chain Management*) - система управління логістичним ланцюгом;

PLM (*Product Lifecycle Management*) – система управління життєвим циклом продукту;

SRM (*Supplier Relationship Management*) – система управління взаємовідносинами з постачальниками;

CRM (*Customer Relationship Management*) – система управління взаємовідносинами з клієнтами;

BI (*Business Intelligence*) – інтелектуальні системи підтримки стратегічного менеджменту.

Потенційне застосування стандартного ПЗ у сфері безпеки і оборони – Інформаційна система управління оборонними ресурсами (DRMIS).

Особливості впровадження ERP-систем та методика їх ранжування з використанням методу аналізу ієрархій детально розглянуті в [19].

Якщо перевага надана альтернативі “розроблення унікального ПЗ”, для вибору компанії-виконавця критерії доцільно визначати в термінах моделі технологічної зрілості софтверної організації (CMM-SW – Capability Maturity Model for Software).

У процесі аналізу проектних рішень важливим аспектом є розгляд варіантів її архітектурної реалізації – з використанням ІТ-ресурсів безпосередньо в інфраструктурі користувача чи із застосуванням хмарних обчислень (cloud computing) – інформаційно-комунікаційних технологій, що передбачають віддалене опрацювання та зберігання даних. Виділяють такі моделі надання послуг за допомогою хмари: програмне забезпечення як послуга (англ. Software as a service, SaaS); платформа як послуга (англ. Platform as a service, PaaS); інфраструктура як послуга (англ. Infrastructure as a service, IaaS). Кожна з цих моделей зі свого боку передбачає

широкий спектр варіантів організації сервісів, визначення “найкращого” з яких представляє багатокритеріальну задачу вибору альтернатив.

Ресурси, які надаються споживачам послуг з хмарних обчислень, розміщуються в дата-центрах, які мають свою класифікацію по критерію надійності і доступності надання сервісів (TIER). Вибір дата-центру для розміщення ІТ-сервісів і прикладного ПЗ теж відноситься до багатокритеріальної задачі вибору альтернатив.

Сучасні ІКС створюються на базі сервісно-орієнтованої архітектури, у якій згідно з [14] забезпечується реалізація інфраструктурних сервісів (системного захисту, системного керування, обчислювальних, зберігання даних, мережевих) та інформаційних сервісів забезпечення базових робочих процесів (захисту базових робочих процесів, підтримки базових робочих процесів, колективної роботи та уніфікованої взаємодії, ГІС-сервіси, управління інформацією). Перелічені сервіси та інше загальне програмне забезпечення ІКС (операційні системи, системи управління базами даних та ін.) в термінах системної інженерії коректно визначати як “середовище функціонування” спеціального ПЗ, яке зі свого боку і забезпечує корисний ефект від використання ІКС. Зрозуміло, що у процесі вибору моделі хмарних обчислень найбільшу вагу повинні мати критерії кібербезпеки, надійності доступу до сервісів і вартості послуг провайдерів.

Інший аспект розгляду і оцінки різних архітектурних рішень відноситься до варіанта розроблення унікального ПЗ ІКС. Оцінювання варіантів архітектури ПЗ (software architecture) у конкретному проекті виконується для зниження складності системи шляхом абстракції і розмежування повноважень, а саме, як найкраще розбити систему на частини, як ці частини взаємодіють одна з одною, як між ними передається інформація і яку формальну чи неформальну нотацію застосувати для опису переліченого. Серед критеріїв вибору крім технічних показників, специфічних для ПЗ, мають застосовуватись також часові витрати, вартість розроблення системи і її експлуатації.

Крім наведених прикладів задач вибору альтернатив протягом життєвого циклу ІКС розглядається і приймається багато інших проектних і організаційно-технічних рішень, наприклад, вибір системи управління базою даних, мови програмування, пілотної зони для

дослідної експлуатації системи, розподіл робіт між виконавцями тощо.

**Підходи та методи розв’язання задачі прийняття рішення.** Зазвичай розрізняють три можливі види задач прийняття рішень [15]:

оптимального вибору – якщо множина альтернатив однозначно визначена (фіксована), а принцип вибору формалізований;

неформалізованого вибору – якщо множина альтернатив визначена, але принцип вибору не може бути формалізований і залежить від переваг особи, що приймає рішення (експерта);

загальна – якщо множина альтернатив не має визначених границь (може доповнюватись і видозмінюватись), а принцип вибору – неформалізований; різні експерти можуть робити вибір з різних альтернатив із застосуванням своїх неформалізованих правил та змінювати свої рішення під час виявлення нових альтернатив.

Більшість задач вибору альтернатив у ЖЦІ ІКС відноситься саме до двох останніх видів.

У теорії прийняття рішень розрізняють два головних підходи до оцінювання альтернатив, які підлягають вибору, а саме:

оцінювання об’єкта в цілому і вибір альтернативи за її результатами (*холістичний підхід*);

деталізація й оцінка векторів характеристик (властивостей) об’єктів і прийняття рішень за результатами порівняння цих властивостей (*векторний підхід*).

Уважається, що людське мислення більш пристосоване до оцінювання переваг на множині об’єктів, ніж на множині наборів їх характеристик. Але ця перевага першого підходу виявляється тільки під час оцінювання достатньо простих об’єктів. Для складних об’єктів (альтернатив) експерту набагато простіше визначити, яка з альтернатив краща, враховуючи окремі властивості (характеристики) об’єктів. До того ж багатокритеріальна задача може бути представлена ієрархічною системою, на нижньому рівні, якої здійснюється оцінка об’єкта за допомогою вектора критеріїв, сформованого декомпозицією його властивостей, а на верхньому рівні за допомогою механізму композиції утворюється оцінка об’єкта в цілому.

Нижче наведений короткий опис методів, які реалізують обидва підходи, та покрокова схема їх вибору для застосування

під час оцінювання альтернатив протягом життєвого циклу ІКС.

*Холістичний підхід.* Найбільш розповсюдженим способом прийняття колективного рішення, який реалізує холістичний підхід, є голосування. Правильний вибір процедури голосування сприяє знаходженню узгодженого рішення.

Нажаль, неможливо виділити в деякому сенсі кращу процедуру, що має переваги в порівнянні з усіма іншими процедурами, або розділити всі ситуації, що виникають, на типові групи і для кожної з них вказати кращу процедуру. Кожна з таких процедур має свої переваги і недоліки, “зручна” або “незручна” в конкретних умовах. За результатами аналізу найбільш популярних серед них – методів відносної більшості, схвального голосування, Борда і Кондорсе – для застосування у задачах ОПОС у [16] рекомендується модифікований метод схвального голосування (МСГ), який забезпечує результат, найближчий до консенсусного.

*Векторний підхід.* Для більш складних задач прийняття рішень, коли множина альтернатив визначена, а принцип (правило) вибору не може бути формалізовано, вибір залежить від переваг експерта. Для підвищення об’єктивності оцінювання альтернатив у цих задачах доцільно застосовувати стандартні критерії одного рівня або формувати низку характеристик властивостей об’єктів розгляду і визначати декілька критеріїв, специфічних для кожної предметної області.

Перший підхід може бути реалізований розглядом альтернатив у ракурсах сильних і слабких їх сторін, можливостей, що відкриваються при їх реалізації, та загроз, пов’язаних з їх здійсненням. Застосування критеріїв оцінювання альтернатив в термінах *SWOT-аналізу* сприяє більш якісному визначенню оцінок експертами при застосуванні методів, що реалізують холістичний підхід, а також уможливує використання методів, що реалізують векторний підхід. Водночас застосування вербальних формулювань критеріїв оцінювання в термінах *SWOT-аналізу* несе ризику прийняття неефективних рішень. Подальше підвищення коректності результатів оцінювання альтернатив пов’язане з формуванням вектора критеріїв, специфічного для кожної предметної області, і їх формалізацією.

З погляду авторів [17] науково обґрунтований, універсальний і порівняно

простий експертний метод розв’язання багатокритеріальних задач вибору альтернативи під час прийняття рішень має задовольняти таким вимогам:

застосовувати концепцію “векторного” підходу до оцінки альтернатив;

передбачати попарне порівняння альтернатив за окремими властивостями з використанням як якісних, так і кількісних природних або штучних характеристик з унеможливленням порушення умов транзитивної узгодженості суджень експертів; забезпечувати реалізацію композиції експертних оцінок на різних рівнях ієрархії методом вкладення скалярних згорток.

З існуючих методів багатокритеріального аналізу цим вимогам найбільше відповідає *метод аналізу ієрархій* (МАІ), який може бути використаний не тільки для вибору альтернатив, а й для визначення відносної важливості самих характеристик [18].

Під час використання цього методу необхідно, *по-перше*, визначити перелік можливих альтернатив для виконання поставленого завдання, *по-друге*, побудувати домінуючу ієрархію критеріїв – властивостей альтернатив, які суттєво впливають на виконання цього завдання, *по-третє*, провести експертами парні порівняння альтернатив з виставленням оцінок переваги однієї альтернативи над іншою за кожним критерієм за спеціальною шкалою Сааті та, *по-четверте*, узагальнити ці оцінки з використанням скалярної (лінійної) згортки з урахуванням значимості (ваги) критеріїв та, можливо, компетентності (ваги) експертів, що дозволить отримати сумарні оцінки (рейтинг) по кожній альтернативі і, таким чином, здійснити їх ранжування.

Існує багато напрацювань з розвитку МАІ, зокрема, для компенсації деяких його недоліків в [6] пропонується використанням нечітко інтегрального числення. З метою спрощення і підтримки роботи експертів виконана модифікація МАІ, а саме – візуалізація засобами орієнтованих графів процедури оцінювання альтернатив у його програмній реалізації та спрощення шкали Сааті [17]. Приклад застосування модифікованого МАІ для вибору ERP-системи наведений у [19].

Водночас застосування МАІ дає змогу враховувати тільки пряме домінування елементів моделей, що звужує сферу його застосування до відносно простих задач, для розв’язання яких достатньо використання ієрархічних моделей, у яких прості елементи

(факти, критерії, об'єкти) організовані за рівнями таким чином, що кожний елемент може залежати від деяких або усіх елементів найближчого рівня, що розташований вище.

При прямому домінуванні попарно порівнюються (найчастіше за якісною шкалою лінгвістичної змінної) елементи структури (зазвичай це альтернативи або критерії) для того, щоб з'ясувати, який з них має задану властивість в більшій мірі та наскільки більший.

У процесі проведення парних порівнянь ефективним інструментом є представлення множині парних порівнянь у вигляді орієнтованого графу, що забезпечує просту візуалізацію (рис. 1). Вершини цього графу відповідають альтернативам, а дуги позначають переваги.

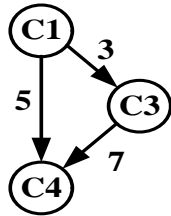


Рис. 1. Представлення парних порівнянь у вигляді орієнтованого графу

Для вирішення більш складних задач ієрархічної структури вже недостатньо. По-перше, для адекватного моделювання цих предметних областей необхідно враховувати більше параметрів – об'єктів, факторів, вимог, умов, характеристик, властивостей, критеріїв тощо, які, до того ж, можуть об'єднуватись в різні групи, по-друге, вони можуть впливати один на одного, при цьому важливо враховувати ступені впливу. Цим вимогам задовольняє *метод аналітичних мереж* (МАН), який є розвитком МАІ і дає змогу враховувати зв'язки між елементами мережевої структури [20].

Для визначення відношень між елементами моделі (альтернативами, критеріями, характеристиками, факторами, умовами, сценаріями тощо) в МАН використовується непряме домінування шляхом побудови графу Бержа (орієнтованого графу без кратних петель і кратних дуг одного напрямку) і суперматриці впливів між простими елементами та компонентами графу. Приклад такого графу для 4-х компонент мережевої структури з відображенням взаємозв'язків між її елементами наведено на рис. 2. Петля під час вершини позначає, що елементи всередині компоненти мають вплив

один на одного, а дуги між компонентами позначають вплив між ними в цілому. Такий граф може відповідати, наприклад, вибору для вирішення певної задачі “найкращої” альтернативи з множини альтернатив (К4) залежно від параметрів оцінювання: вектора критеріїв (К1), складу характеристик (К2), переліку вимог (К3).

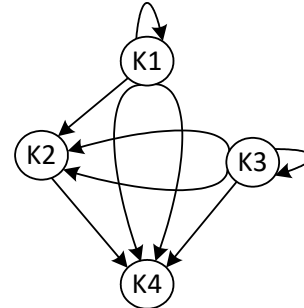


Рис. 2. Приклад графу мережевої структури

На підставі графу будується суперматриця (блочна матриця). Для графу з наведеного прикладу вона має вигляд:

$$\begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} & 0 & M_{14} \\ 0 & 0 & M_{23} & M_{24} \\ 0 & M_{32} & M_{33} & M_{34} \\ M_{41} & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

У цій матриці кожний блок являє собою матрицю парних порівнянь  $M_{ij}$ , яка визначає вплив елементів  $i$ -го компонента на елементи  $j$ -компонента. Після формування усіх необхідних матриць із застосуванням відповідних матричних перетворень з урахуванням необхідності дотримання узгодженості експертних суджень застосовується алгоритм їх обчислень з отриманням узагальнених числових значень, на підставі яких уже здійснюється ранжування альтернативних варіантів і вибір “найкращого” рішення.

**Загальний підхід до оцінювання альтернатив згідно з неформалізованими критеріями.** Як уже зазначалось, у ЖЦ ІКС необхідно розв'язувати задачі неформалізованого вибору і загальні задачі прийняття рішень. На рис. 3 наведено покрокову структурну схему розв'язання саме таких задач у межах концепції ОПОС з урахуванням особливостей ІКС ОП, а саме – ранжування нефіксованого переліку альтернатив шляхом їх оцінювання згідно з неформалізованими критеріями.



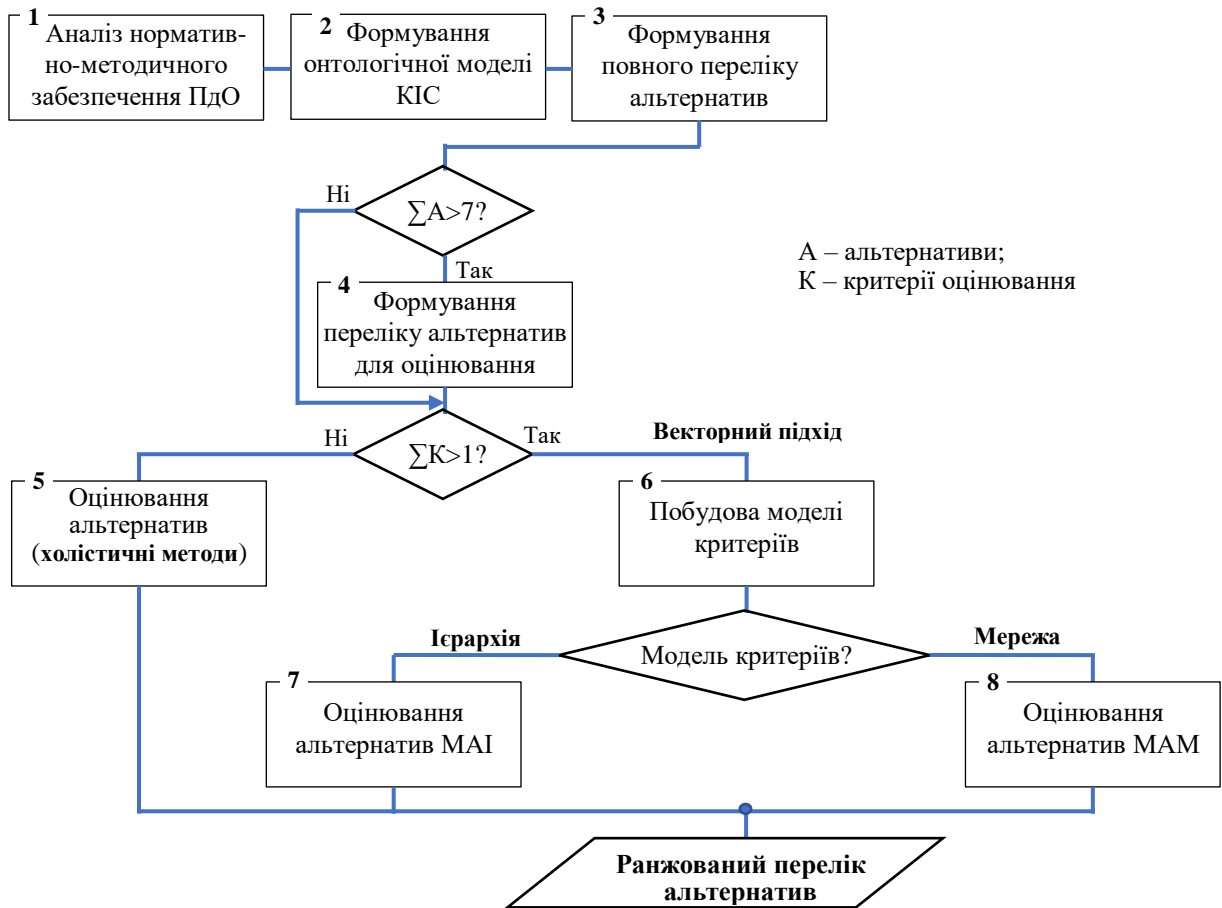


Рис. 3. Схема вибору і застосування експертних методів з метою ранжування нефіксованого переліку альтернатив у життєвому циклі ІКС згідно з неформалізованими критеріями

**Блок 1.** Виконується аналіз нормативно-методичного забезпечення предметної області (ПдО) – сфери застосування ІКС ВП, що розглядається.

**Блок 2.** На основі таксономії нормативно-методичної бази цієї предметної області формується онтологічна модель ІКС, яка складається з основних понять (домен війни, у якому буде застосовуватись ІКС; сили і засоби – користувачі системи; види діяльності сил; складові ефекту від застосування ІКС; складові спроможності згідно DOTMLPFI та ін.) і зв'язки між ними [21, 22]. Ця модель буде корисною на наступних кроках (блоках) схеми для визначення альтернатив і критеріїв їх оцінювання.

**Блок 3** застосовується у випадку, коли відсутній перелік альтернатив. Для формування повного переліку доцільно застосувати один із методів голосування, наприклад, модифікований метод схвального голосування [16].

У зв'язку з тим, що можливості людини обмежуються якісним розглядом і

оцінюванням не більше 7 альтернатив, за необхідності у *блоці 4* застосовується процедура голосування для скорочення їх переліку (формування short list).

Якщо у зв'язку зі складністю ПдО, обмеженнями у термінах проведення експертних процедур або з інших причин неможливо сформулювати складові критерію оцінювання альтернатив і їх зв'язки (побудувати модель критеріїв), виконується оцінювання альтернатив із застосуванням МСГ (*блок 5*). Таким чином, ця гілка схеми реалізує холістичний підхід.

Якщо специфіка задачі і можливості організації експертних процедур дозволяють застосування більше 1-го критерію оцінювання альтернатив, на наступних кроках застосовується векторний підхід, реалізований у БКМІР-методах, зокрема в МАІ і МАМ. У цьому випадку у *блоці 6* виконується побудова моделі критеріїв для оцінювання альтернатив. До того ж може розглядатись декілька варіантів, для вибору “кращого” з

них також може застосовуватись МСГ. Доцільно розглядати 2 групи критеріїв: специфічний для кожної задачі критерій “Відповідність завданню (цінність)” і універсальний критерій “Можливість впровадження” зі складовими, які застосовані у прикладі, наведеному в [1], а саме: вартість, швидкість (час), наявність підготовленого персоналу, наявність технологій (технологічна зрілість), наявність інфраструктури.

Формування складових (підкритеріїв) ціннісного критерію виконується згідно вимог до спроможності, яка залежить від ролі ІТ-рішення в забезпеченні ефекту від його застосування (середовище функціонування, система забезпечення чи система – безпосередній носій спроможності) в конкретному домені збройної боротьби і його функціональності. Для цього пропонується використовувати три групи показників: показники систем і ПЗ (функціональні і нефункціональні показники якості ПЗ); показники інформації; показники, що застосовуються для оцінювання ОВТ (наприклад ТТХ ОВТ).

Під час вибору складу технічних характеристик векторної моделі, які визначають спроможності носія спроможностей ІСІС-5.1, доцільно враховувати роль ІКС у петлі СОРД. Згідно з цією концепцією (також відомою як “петля Бойда”), сторони, що знаходяться у військовому конфлікті, діють і приймають рішення у межах своєї петлі СОРД. До того ж існує два основних способи досягнення переваги над противником – зробити свої цикли дій швидшими, що дає змогу діяти на випередження, або поліпшити якість рішень, тобто приймати рішення, які найкраще відповідають цій ситуації.

Таким чином, ефективність петлі СОРД залежить від характеристик інформації, якою оперують сторони військових дій. Тому у процесі оцінювання спроможності носіїв ІСІС-5.1 логічно застосовувати саме такі показники. Найбільш повний їх перелік і визначення наведені у ВСТ 01.109.004-2020 (02), згідно з яким під терміном “показники інформації” (англ. indicators of information) розуміють характеристики, за допомогою яких оцінюються інформаційні ресурси, наприклад: актуальність – інтегрований показник, який визначає своєчасність і цінність інформації у сукупності; адекватність – однозначна

відповідність інформації відображеному об’єктові; доступність – можливість отримання інформації; захищеність – неможливість несанкціонованого використання (або зміни) інформації; живучість – здатність інформації зберігати свої характеристики у часі; ергономічність – зручність форми та обсягу інформації; можливість перевірки – досяжність джерела для підтвердження істинності інформації; об’єктивність – очищення інформації від неминучих перекохань у процесі її передачі, а також від наслідків її суб’єктивного розуміння; однозначність – відсутність інших тлумачень наявної інформації; своєчасність – отримання інформації у межах того часу, коли вона придатна для прийняття рішення; точність – співвідношення між релевантною інформацією та загальною сукупністю; повнота – співвідношення між наявною інформацією та інформацією, яка досяжна; достатність – можливість досягнення мети за наявної інформації; цінність – значимість, важливість, достатність інформації для прийняття рішення; вартість – ціна, уречевлена у продукті суспільна праця.

До носія спроможностей ІСІС-5.2 та ІКС, які застосовуються в Міністерстві оборони України, відноситься багато систем і сервісів, функціональна орієнтація яких спрямована на підтримку роботи користувачів, наприклад, система логістики, медичні застосування та ін., тобто які безпосередньо вирішують функціональні задачі. У зв’язку з тим, що функціональність цих ІКС у першу чергу обумовлюється їх спеціальним програмним забезпеченням, та враховуючи, що саме функціональність є визначальною для інформаційного забезпечення спроможностей організаційних структур, для оцінки таких ІКС доцільно використовувати функціональні і нефункціональні характеристики якості ПЗ. Найбільш повно вони відображені в моделі якості, наведеній в стандарті ISO 25010:2011 Стандарт якості ПЗ. На верхньому рівні моделі знаходяться 8 загальних характеристик, а саме: функційна придатність (Functional Suitability), ефективність (Performance Efficiency), сумісність (Compatibility), зручність використання (Usability), надійність (Reliability), захищеність (Security), супроводжуваність або ремонтпридатність (Maintainability), можливість переносу (Portability) кожна з яких є функцією від декількох підхарактеристик якості (всього 31 підхарактеристики). Нижній рівень

ієрархії представляють атрибути (міри) якості ПЗ, які підлягають точному опису та вимірюванню. Атрибути якості ПЗ визначені та описані у стандарті ISO 25023.

Зрозуміло, що під час оцінювання альтернатив у ЖЦ ІКС ВП – носіїв спроможностей 1CIS-5.1 і 1CIS-5.2, які одночасно мають властивості і системи, і інструменту оброблення інформації (наприклад, система інформаційної обізнаності) доцільно застосовувати комбінації показників інформації і показників моделі якості ПЗ.

Як уже зазначалось, оцінювання вбудованих ІКТ доцільно виконуватись у складі ОВТ, для яких існують чітко сформульовані вимоги як до носіїв спроможностей у кожному домені збройної боротьби. Для оцінки таких ІКС застосовуються порівняння їх ТТХ з характеристиками існуючих зразків, з вимогами до системи чи сервісу, які створюється (модернізується), з ТТХ зразків систем противника.

Якщо модель критеріїв має ієрархічну структуру, у блоці 7 застосовується МАІ, у випадку мережевої моделі використовується МАМ (блок 8).

Таким чином, у загальній схемі вирішення багатокритеріальних задач оцінювання альтернатив передбачається врахування трьох рівнів складності залежно від структури їх опису – лінійної, ієрархічної чи мережевої. Незважаючи на обраний метод оцінювання альтернатив результатом його застосування буде їх ранжований перелік, корисний для обґрунтування прийняття раціонального рішення.

З метою спрощення практичного використання розглянутих методів у [16, 17, 23-25] запропонований інтеграційний експертний метод (ІМ), який враховує ці різні рівні складності задач та дозволяє експертам оперативно виконувати оцінювання альтернатив за простою уніфікованою процедурою, наведеною на рис. 3. Апробація ІМ на прикладі, розглянутому в [1], продемонструвала його коректність і відносну простоту застосування у процедурах оцінювання альтернатив [17].

**Висновки.** Протягом життєвого циклу ІКС і інших застосувань ІКТ як носіїв спроможностей приймається низка проєктних і організаційно-технічних рішень шляхом розгляду різних альтернатив. Критерії прийняття рішень у цих задачах є неформалізованими багатокомпонентними категоріями, які часто пов'язані з протилежними вимогами, що унеможлиблює застосування числових методів і ускладнює пряме оцінювання альтернатив експертними методами.

Запропоновано узагальнену схему вибору

методів експертного оцінювання альтернатив, які реалізують холистичний і векторний підходи та їх комбінації.

Залежно від функціональності ІКС і інших застосувань ІКТ військового призначення та ролі, яку вони виконують відповідно до визначення “спроможність”, запропоновані групи показників, які можуть використовуватись як критерії оцінювання альтернатив у їх життєвому циклі із застосуванням векторного підходу, а саме: функціональні і нефункціональні показники якості систем і їх ПЗ; показники інформації, яку вони надають користувачам; та показники, які застосовуються у вимогах до ОВТ.

**Напрями подальших досліджень.** Побудова типових моделей для експертного оцінювання різних альтернатив у життєвому циклі ІКС ВП для різних доменів збройної боротьби, розроблення методичних рекомендацій із застосування наведених у статті підходів і методів оцінювання альтернатив та програмного інструментарію підтримки експертних процедур.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рекомендації з оборонного планування на основі спроможностей в МО України та ЗС України : затв. МО України від 12.06.2017 р. 49 с. .
2. Пічугін М. Ф., Кожушко Я. М., Іщенко Д. А., Кирилюк В. А., Клімішен О. О. Підхід до оцінювання носіїв спроможностей РЕБ, необхідних для виконання завдань радіоелектронного подавлення. *Наука і техніка ПС ЗС України*. 2021. № 2 (43). С. 31–37. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2021.43.04>.
3. Дідіченко В. П., Соломицький О. І. Методичний підхід до кількісного оцінювання показників спроможностей з'єднань (частин) протиповітряної оборони. *Наука і техніка ПС ЗС України*. 2019. № 2 (35). С. 27–32.
4. Зуй Є. О. Методичний підхід до кількісного оцінювання спроможностей медичних підрозділів ЗС України. *Український журнал ВМ*. 2021. Т.2.
5. Романюк В. А., Степаненко Є. О. Методика оцінювання показників функціональної групи спроможностей “Зв'язок та ІС”. *Збірник наукових праць ВІПІ*. 2020. № 1.
6. Свешніков С. В., Бочарніков В. П., Мудрак Ю. М., Ковальчук П. А. Оцінка якості та ризиків виконання оборонних проєктів на основі нечіткоінтегрального числення. *Збірник наукових праць Центру військово-стратегічних досліджень НУОУ*. 2023. № 3 (79).
7. Кучеренко Ю. Ф., Александров О. В., Носик А. М., Шубін Є. В. Методологічні аспекти щодо вибору методу оцінки ефективності автоматизованих систем військового призначення при їх знаходженні на відповідних стадіях життєвого циклу. *Збірник наукових праць ХНУПС*. 2021. № 2 (68). С. 55–62. DOI: <https://doi.org/10.30748/zhups.2021.68.07>.
8. ВСТ 01.109.004 Інформаційно-аналітичні системи Збройних Сил України. Терміни та визначення.
9. Єдиний перелік (каталог) спроможностей Міністерства оборони України, Збройних Сил України та інших складових сил оборони : станом на 31.12.2021 р. / Міністерство оборони України. Київ, 2021. 451 с.

10. Аналіз світових технологічних трендів у військовій сфері : монографія / Т. Писаренко, Т. Кваша, Т. Гаврис та ін. ; за заг. ред. Т.В. Писаренко. Київ : УкрІНТЕІ, 2021. 110 с.
11. Модель життєвого циклу інформаційних, електронних комунікаційних та ІКС в системі Міністерства оборони України : затв. МО України 12.04.2023 р.
12. Перелік процесів моделі життєвого циклу інформаційних, електронних комунікаційних та ІКС в системі МО України : затв. заступником МО України з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації 08.06.2023 р.
13. Тимчасовий порядок організації створення інформаційно-комунікаційних систем в ЗС України : затв. ГК ЗС України 2023.
14. С3 Тахоному 5.0 URL: [https://www.nato.int/nato\\_static\\_fl2014/assets/pdf/2021/10/pdf/210830-C3-taxonomy-baseline.pdf](https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/2021/10/pdf/210830-C3-taxonomy-baseline.pdf) (дата звернення: 08.06.2023).
15. Воронін А. М., Зіатдінов Ю. К., Климова А. С. Інформаційні системи прийняття рішень. Київ : НАУ-друк, 2009. 136 с.
16. Поліщук В. Б., Нетесін І. Є., Нестеренко О. В. Інформаційні технології в управлінні оборонними ресурсами: методологічний контекст та приклади практичної реалізації. Частина 1 : монографія / за ред. В. Б. Поліщука. Київ т: УкрНЦ РІТ, 2019. 120 с.
17. Інформаційні технології в управлінні оборонними ресурсами: методологічний контекст та приклади практичної реалізації. Частина 2 : монографія / В. Б. Поліщук та ін. ; за ред. В. Б. Поліщука. Київ : УкрНЦ РІТ, 2021. 205 с.
18. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.
19. Карпович А. А., Нетесін І. Є., Поліщук В. Б. Как выбрать ERP по методу Саати. *Информационные технологии для менеджмента*. 2014. № 6–8. С. 16–21. Ч. 1. № 9–10. ; С. 10–14. Часть 2.
20. Saaty T. L. Decision Making with Dependence and Feedback: The analytic Network Process. Pittsburgh, RWS Publications, 1996.
21. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях / Д. Г. Досин та ін. Львів : Цивілізація, 2009. 414 с.
22. Горборуков В. В., Стрижак О. Є., Франчук О. В., Шаповалов В. Б. Онтологічне представлення задачі ранжування альтернатив. *Математическое моделирование в экономике*. 2018. № 4. С. 49–69.
23. Nesterenko O., Netesin I., Polischuk V., Trofymchuk O. Development of a procedure for expert estimation of capabilities in defense planning under multicriterial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 4/2 (106). P. 33–43. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208603.
24. Нестеренко О. В., Нетесін І. Є., Поліщук В. Б. Метод обчислень у задачах підтримки прийняття рішень щодо забезпечення безпеки. *Математичні машини і системи*. 2021. № 3. С. 47–59.
25. Нетесін І. Є., Поліщук В. Б., Нестеренко О. В. Методологія підтримки прийняття рішень на основі інтеграції методів аналізу ієрархій, аналітичних мереж та візуалізації на графах. *Інформаційні управляючі системи і технології* : матеріали Х Міжнар. наук.-практ. (м. Одеса конф., 23-25 верес. 2021 р.). Одеса, 2021. С. 128–130.

Стаття надійшла до редакційної колегії 08.07.2024

### **Approaches and methods of evaluating project and organizational and technical alternatives in the life cycle of information and communication systems**

#### **Annotation**

Directive documents on capability-based defense planning include the following main types of capability carriers: military organizational structures, management bodies, individual assets, and systems. The latter type of capability carriers specifically includes automated command and control systems for troops (forces), intelligence data and situational information exchange systems, alert systems, defense resource management systems, information protection systems, and more, which include the corresponding equipment and software.

In defense planning procedures, several alternative options for addressing capability gaps are usually considered. This also applies to military information and communication systems, where multiple alternatives regarding organizational, technical, and project solutions are considered during the initiation of their creation and implementation.

The purpose of the article is to define the features of military information and communication systems and to justify approaches to selecting methods and criteria for evaluating the alternatives considered during the decision-making process for organizational, technical, and project solutions throughout their life cycle.

In decision-making theory, two main approaches to evaluating alternatives that are subject to selection are distinguished: assessing the object as a whole and choosing an alternative based on the results (holistic approach), and detailing and evaluating the vectors of characteristics (properties) of objects and decision-making based on the comparison of these properties (vector approach).

A general step-by-step scheme for selecting and applying expert methods to rank alternatives using both approaches is provided.

Depending on the functionality of military information and communication systems, groups of indicators are proposed that can be used as evaluation criteria for alternatives throughout their life cycle using the vector approach.

**Keywords:** capacity; information and communication technologies; life cycle; multi-criteria decision-making methods; approaches to the evaluation of project and organizational and technical alternatives.