

УДК 004.75

DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2023-1-77/79-88>

Кірпи́чников Ю. А., кандидат технічних наук (0000-0001-6893-3569)
Головченко О. В. (0000-0003-4444-0764)
Андрощук О. В., кандидат психологічних наук (0000-0002-1032-7459)
Петрушен М. В. (0000-0002-7448-2765)
Розумний О. Д. (0000-0003-3225-8375)

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України
імені Івана Черняхівського, Київ

Модель оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів з використанням хмарних технологій для оборонних потреб

Резюме. З метою забезпечення переходу від децентралізованої моделі реалізації інформаційно-комунікаційних сервісів для потреб сил оборони до більш динамічних підходів у роботі запропоновано модель експертного оцінювання альтернативних варіантів реалізації зазначених сервісів та розроблено рекомендації щодо їх впровадження на основі хмарних технологій.

Ключові слова: інформаційна інфраструктура; хмарні технології, хмарні сервіси інформаційно-комунікаційні сервіси.

Постановка проблеми. З початком повномасштабної війни проти України, актуальним завданням забезпечення обороноздатності держави у сучасних умовах застосування сил оборони стало оперативне надання посадовим особам різних рівнів управління певних захищених (завадо- і криптостійких) інформаційно-комунікаційних сервісів (обмін повідомленнями, голосовий та відео зв'язок, електронна пошта, сумісна робота з документами тощо). Зазначені сервіси має реалізовувати інформаційна інфраструктура, головними вимогами до якої в умовах протидії збройній агресії стають надійність та безперервність надання якісних сервісів, кібербезпека тощо.

Підхід, на якому базується існуюча інформаційна інфраструктура сил оборони, характеризується тим, що кожна складова сил оборони впроваджує свої власні інформаційно-комунікаційні системи (ІКС), які однакові за принципами побудови технологічних платформ, але є різними за технічною реалізацією. Відсутність єдиних підходів до вибору програмо-технічної платформи ІКС веде до унеможливлення виконання вимог з уніфікації, стандартизації, масштабування, захисту інформації, що призводить до невиправданих витрат на етапах введення в експлуатацію та супроводження впродовж життєвого циклу кожної окремої ІКС.

З огляду на те, що інформаційну інфраструктуру для оборонних потреб можна

представити у вигляді дата-центричної моделі [1], та з метою уникнення недоліків, які притаманні децентралізованій архітектурі, для впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів сил оборони пропонується підхід, що передбачає застосування “хмарних технологій”, які є технологією надання простого мережевого доступу за запитом до загального пулу хмарних сервісів [2].

Враховуючі новизну використання зазначеного підходу в практиці силових відомств в Україні, завдання щодо обґрунтування вибору можливих програмо-технічних рішень щодо запровадження у інформаційній інфраструктурі інформаційно-комунікаційних сервісів є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Основоположним питанням побудови будь-якої інформаційної інфраструктури є визначення стратегії впровадження інформаційних технологій – далі ІТ-стратегії. У завданні вибору ІТ-стратегії можна виділити два основних складових елементи:

визначення інформаційних систем (як носіїв ІТ-сервісів), які потрібно впровадити для задоволення потреб користувачів інформаційної інфраструктури;

визначення стратегії управління експлуатацією інформаційної інфраструктури.

Кожен з напрямків має свої власні цілі і інструменти аналізу та управління. Для реалізації складової ІТ-стратегії, пов'язаної з

управлінням ІТ-інфраструктурою, стандартними підходами є управління на основі методологій [3, 4].

З погляду формування стратегії реалізації та розвитку інформаційних систем (ІС), таких однозначних підходів немає. Те, наскільки добре ІС відповідають вимогам до впровадження певних ІТ-сервісів, характеризується якістю ІС. Під якістю ІС розуміють повноту властивостей і характеристик, які забезпечують здатність задовольняти заявленим потребам.

Оцінка якості ІС базується на певній моделі якості. Основні стандартні положення зі створення якісного програмного забезпечення (ПЗ) й оцінки рівня досягнутої якості ІС зафіксовано в міжнародних та вітчизняних стандартах [5–11].

Залежно від специфіки програмних продуктів, стандарти пропонують термінологію та склад показників (атрибутів) якості. Вони утворюють базові знання і визначають планування, проектування, аналіз, вимірювання та поліпшення якості ПЗ.

Аналіз зазначених джерел показав, що серед існуючих моделей якості, найбільш всебічна оцінка якості ІС представлена в моделі за міжнародним стандартом ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013. Згідно цієї моделі, вибір ІС може розглядатися як процес прийняття рішення про те, за допомогою яких програмно-технічних засобів буде здійснюватися впровадження ІТ-сервісів для підтримки і автоматизації функціональних процесів.

Окрім того, при впровадженні ІТ-сервісів вирішується також задача про *спосіб реалізації* ІС. Зростання ринку ІТ-рішень, а також поширення застосування хмарних технологій, призвело до появи нових способів реалізації ІС та впровадження ІТ-сервісів. Говорячи про нові способи реалізації, в першу чергу, мається на увазі вибір технологічного рішення, за допомогою якого майбутня ІС буде виконувати ті вимоги та завдання, які на неї покладаються. Крім того, ІТ-сервіси на основі хмарних технологій можуть бути впроваджені за допомогою різних моделей обслуговування, базовими серед яких є: IaaS (*Infrastructure as Service* – послуги інфраструктури), PaaS (*Platform as Service* – послуги платформи) та SaaS (*Software as Service* – послуги прикладних програм).

Зазначені факти суттєво ускладнюють вирішення завдання вибору варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних-сервісів з використанням хмарних технологій

через велику кількість можливих альтернативних варіантів. Враховуючи, що результатом некоректного вибору можуть бути негативні наслідки, починаючи від даремно витрачених коштів і часу до зниження обороноздатності, актуальним стає завдання моделювання вибору альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів при побудові інформаційної інфраструктури з використанням хмарних технологій. Розробка відповідної моделі дасть можливість системним інженерам і архітекторам інформаційної інфраструктури визначити доцільні варіанти впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів.

Метою статті є розроблення моделі оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів з використанням хмарних технологій для оборонних потреб.

Викладення основного матеріалу. При розробці ІТ-стратегії необхідно відштовхуватися від поточного стану інформаційної інфраструктури. На підставі його аналізу необхідно прийняти рішення, які ІС та ІТ-сервіси необхідно впровадити для підтримки функціональних процесів в рамках визначеної ІТ-стратегії.

У теорії прийняття рішень будь-яке рішення розглядається як процедура вибору з різних альтернативних варіантів. При цьому, ефективність рішення оцінюється як ступінь досягнення цілей і кількість ресурсів, витрачених на досягнення цілей при реалізації рішення.

Алгоритм прийняття рішень щодо вибору конкретних ІС для впровадження ІТ-сервісів може включати в себе аналіз поточної ситуації, визначення цілей, визначення критеріїв досягнення цілей, формування множини альтернативних варіантів прийняття рішення, аналіз альтернатив, вибір кращої альтернативи на підставі обраних критеріїв.

Таким чином, загальний порядок вибору альтернативних варіантів реалізації ІТ-сервісів може бути наступним:

1) виявлення та фіксація функціональних процесів, для яких в рамках загальної стратегії є необхідність впровадження ІТ-сервісів;

2) визначення цілей та формування вимог до якості обслуговування обраних функціональних процесів за допомогою ІТ-сервісів;

3) формування набору альтернативних ІС, що реалізують необхідні функції за

допомогою IT-сервісів, який проводиться на підставі цільового опису;

4) формування варіантів реалізації IT-сервісів за допомогою обраних ІС;

5) виявлення кращого рішення – формування набору ІС та IT-сервісів з урахуванням вимог до якості обслуговування (підтримки функціональних процесів).

Виходячи з зазначеного підходу, завдання розробки IT-стратегії щодо впровадження IT-сервісів можна розділити на дві задачі прийняття обґрунтованих рішень:

1) оцінювання якості кожної з обраних ІС, відповідно до визначених вимог;

2) оцінювання альтернативних варіантів реалізації IT-сервісів для виявлення кращого рішення для підтримки функціональних процесів.

Особливості оцінювання якості ІС та вибору альтернативних варіантів реалізації IT-сервісів полягають в наступному:

а) рішення про оцінку якості та вибір тієї чи іншої альтернативи приймає одна людина (ОПР – особа, яка приймає рішення), яка також може звертатися за допомогою до експертів;

б) альтернативи в задачі вибору можна вважати відомими, тому що інформація про ІС може бути отримана і уточнена за допомогою експертів при необхідності;

в) з точки зору оцінки альтернатив дана задача є багатокритеріальною, тобто оцінка ведеться за багатьма характеристиками.

У відповідності зі стандартом ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013, у якості критеріїв оцінювання якості ІС можуть бути використані наступні чинники:

а) функціональність – придатність до певної роботи, точність, правильність, здатність до взаємодії, відповідність стандартам, захищеність;

б) надійність – завершеність, стійкість до відмов, здатність до відновлення працездатності при відмовах, відповідність стандартам надійності;

в) зручність використання або практичність – зрозумілість, зручність навчання;

г) ефективність – часові характеристики, використання ресурсів, відповідність стандартам ефективності;

д) супроводження – моніторинг, змінність, зручність внесення змін, ризик виникнення несподіваних ефектів при внесенні змін, контрольованість, зручність перевірки;

е) портування, мобільність – адаптованість, зручність установки, здатність до співіснування з іншими ІС, зручність заміни інших ІС даною.

Кожна з характеристик визначається декількома атрибутами якості, які визначаються факторами і субфакторами, що оцінюються метриками. Дана модель цілісно і комплексно описує інтегральну якість програмного продукту. Отже, структура моделі якості за стандартом ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013 може бути взята за основу для системи критеріїв оцінювання інтегральної якості ІС.

Розглянемо ієрархічну структуру критеріїв якості. На вершині ієрархії розташований інтегральний критерій якості, на другому рівні розташовуються шість чинників, у відповідності зі стандартом ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013. На наступному рівні знаходяться підкритерії, що більш детально визначають кожен з шести критеріїв якості. На самому нижньому рівні цієї структури критеріїв можуть знаходитись метрики, за якими вимірюються критерії.

Структура і склад критеріїв, що визначають інтегральну якість альтернатив, формуються потребами щодо підтримки функціональних процесів, і визначаються експертами і ОПР на стадії підготовки до оцінки альтернатив.

При побудові структури критеріїв та підкритеріїв, для кожного атрибута якості необхідно керуватися наступними правилами:

кожен з підлеглих критеріїв повинен відповідати певній характеристиці вищого критерію;

множина підлеглих критеріїв має описувати всі характеристики вищого критерію;

підлегли критерії на одному рівні повинні бути незалежними;

на множині підлеглих критеріїв кожен критерій повинен бути порівняний з іншим за значимістю.

Виконання цих правил і відповідність з початковою структурою підлеглих критеріїв першого рівня забезпечить повноту моделі, що розробляється. На кожному рівні критерії являють собою деяку оцінку певної характеристики розглянутих альтернатив. У той же час, ієрархічна структура критеріїв, складена у відповідність з вищенаведеними правилами декомпозиції критеріїв, може бути інтерпретована як ієрархія цілей.

У результаті, для оцінки інтегральної якості ІС була отримана ієрархічна структура критеріїв, що наведена на рис. 1.

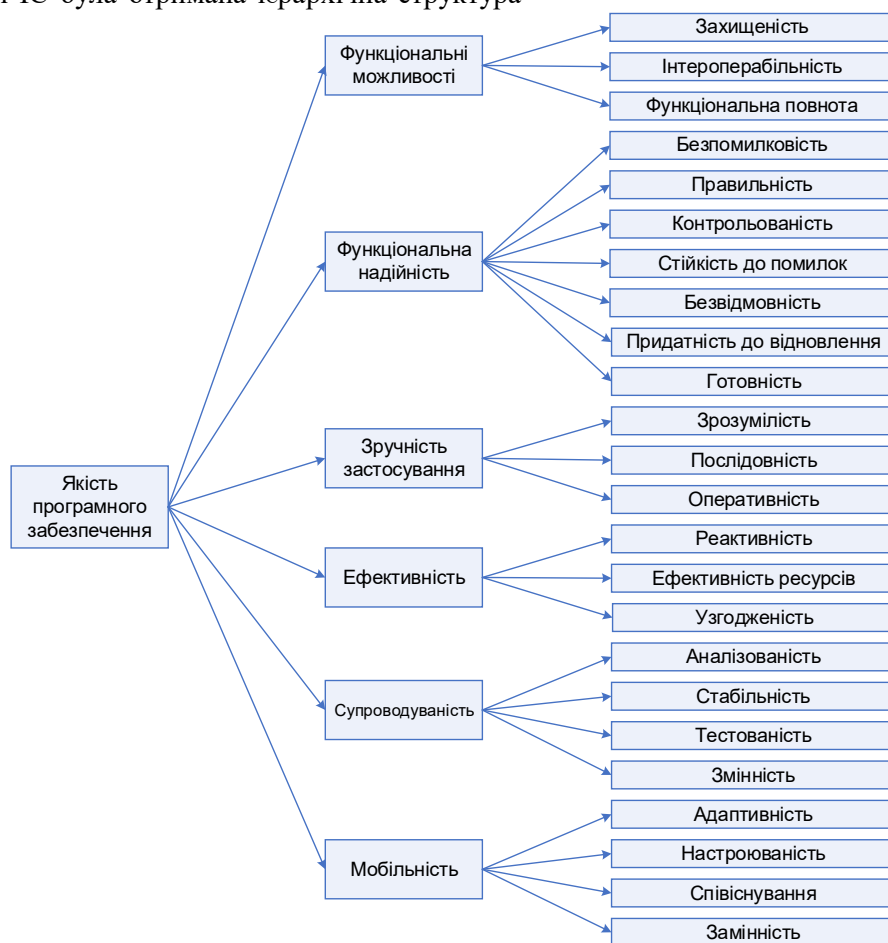


Рис. 1. Характеристики якості ІС

Подальший аналіз наведеної моделі виявив деякі особливості з точки зору формування початкової інформації стосовно характеристик наведених критеріїв. Підходи до підготовки початкових даних в процесі прийняття рішень можна розділити на три типи:

1) детерміновані, які характеризуються відсутністю невизначеності в параметрах характеристик;

2) в умовах ризику, коли невизначеність розглянутих параметрів враховується за допомогою моделювання ситуацій з відомими законами розподілу ймовірностей;

3) в умовах невизначеності, що характеризуються тим, що закон розподілу розглянутих параметрів невідомий, або немає повної впевненості щодо значень параметрів.

Задачу оцінювання якості ІС можна віднести до третього типу, тому що всі види невизначеності, властиві поставленому завданню, не можна описати ні детермінованою, ні статистичною моделями. Під час оцінювання якості ІС, ОПР опиняється в ситуації невизначеності, тобто коли ОПР не

може дати однозначну відповідь щодо тих чи інших характеристик ІС.

Найбільш характерними ситуаціями, пов'язаними з невизначеністю під час оцінювання ІС можна вважати:

1) невизначеність, викликана нестачею інформації та її достовірності про альтернативи в силу технічних, економічних та інших причин;

2) лінгвістична невизначеність при оцінці якісних характеристик ІС, пов'язана з різною інтерпретацією термінів;

3) невизначеність, пов'язана з неможливістю проведення великої кількості досліджень і оцінок характеристик ІС, що не дозволяє встановити адекватність обраної для опису ситуації моделі;

4) невизначеність, пов'язана з різним ступенем впевненості експертів при оцінці тих чи інших значень критеріїв;

5) невизначеність, пов'язана з обмеженнями в ситуації прийняття рішень (обмеження по часу на прийняття рішення, які не дозволяють провести оцінку з достатнім рівнем точності).

Слід відзначити той факт, що в задачі оцінювання для кожного критерію можна отримати в тому чи іншому вигляді оцінку з різним ступенем невизначеності. У різних ситуаціях дана оцінка може мати різну ступінь неточності в залежності від факторів, що викликають дану невизначеність в оцінці. На практиці, подібного роду невизначеності можуть бути описані за допомогою підходів теорії нечітких множин у вигляді розподілу переваг експерта у своїй оцінці на інтервалі можливих значень критеріальних оцінок.

Аналіз робіт, присвячених застосуванню нечітких множин для задач оцінювання в умовах невизначеності, дозволяє сформулювати наступні переваги застосування нечітких моделей [12]:

застосування нечітких множин дозволяє враховувати нечітко сформульовані вимоги на етапі вибору та оцінювання якості ІС;

нечіткий лінгвістичний підхід до оцінки інтегральної якості розглянутих альтернатив, коли оцінка проводиться термінами “низька якість”, “допустима якість” і “висока якість”, відповідні нечітким оцінками, є загальноприйнятими і зрозумілішими для всіх учасників, задіяних в ухваленні рішення;

використання нечітких множин дає можливість ОПР і експертам проводити гнучку оцінку кількісних характеристик в умовах невизначеності і враховувати похибки або неточності в процесі оцінки;

нечіткі множини дають можливість звести якісні експертні оцінки до кількісних.

Проте, розглянутий підхід не враховує той факт, що експерти можуть бути не впевнені в тому, яке з лінгвістичних значень можуть приймати окремі критерії. Найбільш вагомим недоліком є неможливість опису переваг із різною семантичною модальністю. З огляду на це, що нечіткі множини описують переваги, які мають єдину модальність – можливість, будемо використовувати їх для опису нечітких оцінок характеристик якості ІС.

Для опису переваг експертів більш ефективнішим є використання теорії нечітких мір [12]. Істотною перевагою нечітких мір є те, що вони дають змогу моделювання різних семантичних модальностей: можливо, ймовірно, правдоподібно, необхідно тощо.

З урахуванням особливостей моделі (див. рис. 1) та підходів, описаних вище, завдання оцінки якості ІС може бути представлено у вигляді кортежу:

$$\langle \Omega, X, Y, \gamma, \xi, K \rangle, (1)$$

де: Ω – множина оцінюваних об’єктів – ІС. Кожен об’єкт $\omega_i \in \Omega$, $i = \overline{1, N_i}$ описується множиною характеристик, N_i – кількість ІС;

X – множина характеристик об’єктів з Ω . Кожна характеристика $x_j \in X$, $j = \overline{1, N_j}$ приймає значення у множині значень $Y_j \in Y$, N_j – кількість характеристик;

Y – множина оцінок, представляється у вигляді шкали, або може розглядатися у вигляді інтервалу $[0, 1]$;

$\gamma: \Omega \rightarrow Y$ – оператор оцінювання об’єктів з Ω в множині оцінок Y ;

ξ – зовнішні фактори невизначеності;

K – множина критеріїв оцінки.

При даних формальних позначеннях задача оцінювання формулюється у такому вигляді.

Нехай завдання оцінювання описується як кортеж (1). Завдання розглядається в умовах впливу перешкод ξ . Необхідно знайти відображення $\gamma: \Omega \rightarrow Y$, яке відповідно до обраного еталону (моделі оцінювання) визначає максимально точну оцінку об’єкта $\omega \in \Omega$ у множині значень оцінок Y .

Загальна структура розв’язання задачі оцінювання може бути подана у вигляді ієрархічної моделі (рис. 2).

Для розрахунку задачі введемо деякі позначення.

1. Нехай для кожної характеристики $x_j \in X$, $j = \overline{1, N_j}$ об’єкта $\omega_i \in \Omega$, $i = \overline{1, N_i}$ побудований канал спостереження. В результаті вимірювання каналами спостереження для кожної характеристики об’єкту отримуємо розподіл впевненості $v_j \in V_j$, $j = \overline{1, N_j}$. Позначимо його у вигляді: $\mu_{x_j}(v_j | \omega): V_j \rightarrow [0, 1]$.

2. Для моделі оцінювання визначаються такі нечіткі міри:

1) $g_{V_j}(\cdot | k_i): 2^{V_j \times K} \rightarrow [0, 1]$ – умовна нечітка міра важливості значення $v_j \in V_j$

характеристики $x_j \in X$, $j = \overline{1, N_j}$ по критерію $k_i \in X$, $i = \overline{1, N_i}$ під час оцінювання об’єкта;

2) $g_X(\cdot | k_i): 2^{X \times K} \rightarrow [0, 1]$ – умовна нечітка міра важливості характеристики $x_j \in X$, $j = \overline{1, N_j}$ під час оцінювання об’єкта за критерієм $k_i \in K$, $i = \overline{1, N_i}$;

3) $g_K(\cdot): 2^K \rightarrow [0,1]$ – нечітка міра інтегрального критерію оцінки $J(\omega_i), i = \overline{1, N_i}$.
важливості оцінки об'єкта $\omega_i \in \Omega, i = \overline{1, N_i}$ за $\overline{1, N_i}$.
критерієм $k_i \in K, i = \overline{1, N_i}$ для

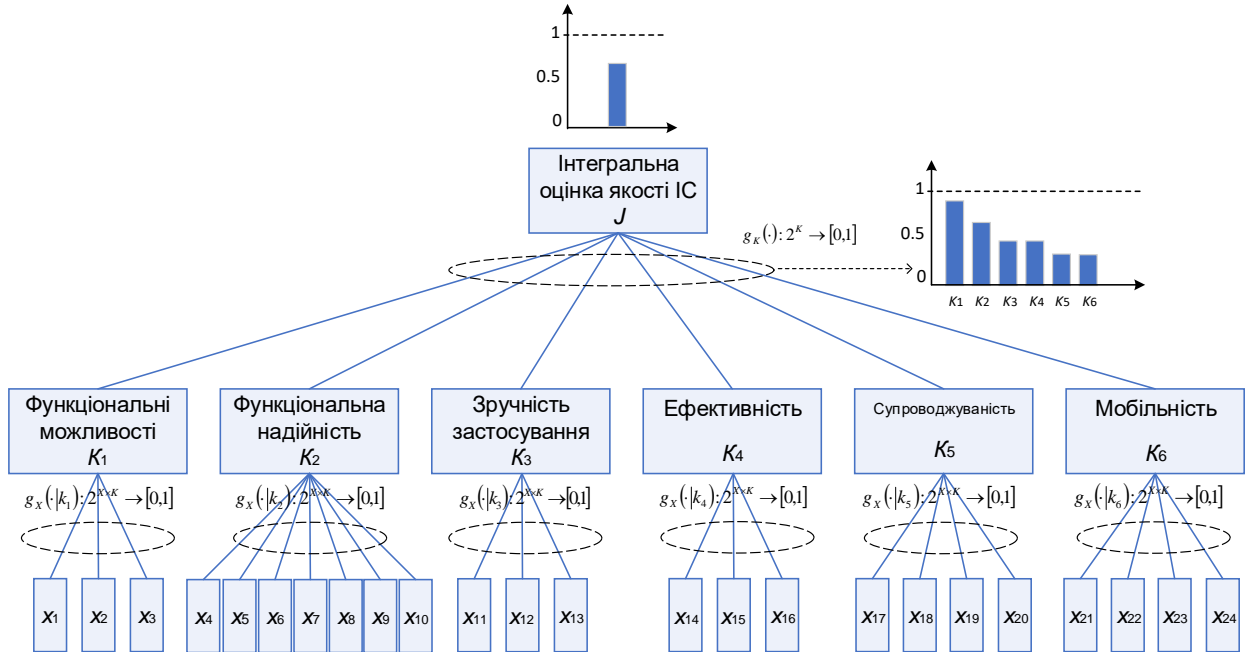


Рис 2. Модель оцінки якості ІС

Таким чином, модель описується множиною нечітких мір:

$$\langle g_{V_j}(\cdot|k_i), g_X(\cdot|k_i), g_K(\cdot) \rangle. \quad (2)$$

Для вирішення завдання оцінювання необхідно ідентифікувати наведені вище нечіткі міри (побудувати систему преваг). На основі використання даних нечітких мір,

$$\rho(x_j|k_i, \omega) = (s) \int_{V_j} \mu_{x_j}(v_j|\omega) \circ g_{V_j}(\cdot|k_i) \in [0,1]. \quad (3)$$

2. На підставі отриманих оцінок для кожного критерію $k_i \in K, i = \overline{1, N_i}$ розраховується оцінка об'єкта $\omega_i \in \Omega, i = \overline{1, N_i}$. Для цього використовується нечіткий інтеграл у вигляді:

$$\varphi(k_i|\omega) = (s) \int_X \rho(x_j|k_i, \omega) \circ g_X(\cdot|k_i) \in [0,1]. \quad (4)$$

3. Отримані оцінки дозволяють отримати інтегральну оцінку якості ІС на основі нечіткого інтеграла у вигляді:

$$J(\omega_i) = (s) \int_K \varphi(k_i|\omega_i) \circ g_K(\cdot) \in [0,1], \quad (5)$$

на основі якої можна сформуванати набір альтернативних ІС, що реалізують необхідні функції.

Необхідно враховувати декілька важливих особливостей наведеної задачі:

завдання дає статичну оцінку, що не враховує час, тобто є одноактною;

різні характеристики ІС можуть вимірюватися різними каналами

алгоритм оцінювання може мати наступний вигляд.

1. Першими розраховуються оцінки об'єкта $\omega_i \in \Omega, i = \overline{1, N_i}$ за характеристиками $x_j \in X, j = \overline{1, N_j}$ кожного критерію $k_i \in K, i = \overline{1, N_i}$. Для цього використовується нечіткий інтеграл у вигляді:

спостереження у різних шкалах (числових чи лінгвістичних);

всі оцінки характеристик мають бути приведені до єдиної системи, яка сумісна з моделлю оцінки;

структура критеріїв повинна мати єдиний вихід, у якому вимірюється інтегральна оцінка.

На основі запропонованої моделі оцінки якості ІС, оцінювання має здійснюватися в рамках вирішення наступних завдань:

1) ідентифікація структури критеріїв оцінки якості ІС;

2) аналіз і порівняння альтернативних ІС;

3) формування набору ІС для підтримки функціональних процесів.

Кожна ІС призначена для реалізації функціонального процесу і може бути представлена декількома ІТ-сервісами. У цьому випадку перед ОПР та експертами стоїть завдання вибору найбільш ефективного набору ІТ-сервісів для забезпечення необхідного рівня обслуговування необхідного набору функціональних процесів.

У результаті, при виборі варіантів впровадження ІТ-сервісів, виникають такі, завдання:

1) для кожного функціонального процесу необхідно визначити ІТ-сервіс (або набір ІТ-сервісів), який реалізують ІС для його підтримки;

2) в рамках функціональної реалізації необхідно визначити спосіб впровадження обраних ІТ-сервісів, якими можуть бути існуючі ІС, нові ІС, окремо розроблені ІТ-сервіси, що надаються за моделями обслуговування IaaS, PaaS або SaaS;

3) для всіх ІТ-сервісів необхідно визначити обмеження і додаткові вимоги у відповідності з ІТ-стратегією (функціональні якості, технічні характеристики тощо);

4) для всіх функціональних процесів необхідно сформувати множину ІТ-сервісів, що реалізують необхідну функціональність необхідної якості.

У такій ситуації слід відзначити, що невизначеність виникає як при формулюванні необхідного рівня якості обслуговування функціональних процесів, так і при оцінці якості реалізації ІТ-сервісів. Дані обставини обґрунтовують доцільність використання нечітких мір для побудови моделі формування набору ІТ-сервісів.

Отже, розглядається множина функціональних процесів $F = \{f_k\}$, $k = \overline{1, N_k}$, які необхідно автоматизувати в рамках реалізації ІТ-стратегії, множина ІС $\Omega = \{\omega_i\}$, $i = \overline{1, N_i}$, розглянутих в процесі вибору ІС, а також множина ІТ-сервісів $S = \{s_j\}$, $j = \overline{1, N}$, що надаються ІС. Введемо також набір варіантів реалізації ІТ-сервісів $W = \{w_i\}$, $i = \overline{1, N}$, у тому числі моделями хмарних технологій IaaS, PaaS, SaaS. Тоді завдання оцінювання альтернативних варіантів впровадження ІТ-сервісів може бути представлено у вигляді кортежу:

$$\langle \Omega, S, F, Y, \gamma, \xi, W \rangle, (6)$$

де: Ω – множина оцінюваних об'єктів – ІС;

S – множина ІТ-сервісів;

F – множина функціональних процесів;

Y – множина оцінок, представляється у вигляді шкали, або може розглядатися у вигляді інтервалу $[0, 1]$;

$\gamma: \Omega \rightarrow Y$ – оператор оцінювання об'єкту $\omega \in \Omega$ в множині оцінок Y ;

ξ – зовнішні фактори невизначеності;

W – множина варіантів впровадження ІТ-сервісів.

Необхідно сформувати набір ІТ-сервісів S^* та інформаційних систем Ω^* , в рамках яких ці ІТ-сервіси будуть реалізовані так, щоб забезпечити необхідний рівень якості підтримки всіх функціональних процесів F .

Відзначимо, що кожна ІС ω_i реалізує певну функціональність $s_j \subset S$. Функціональність кожної з розглянутих ІС може бути різною $s_j \cap s_k = 0$, частково перетинатися $s_j \cap s_k \neq 0$, або повністю збігатися $s_j = s_k$.

Можливість реалізації f_k -го функціонального процесу s_j -им ІТ-сервісом з заданим рівнем обслуговування будемо формалізувати у вигляді нечіткої міри $g_s(\cdot | f_{ki}): 2^{S \times F} \rightarrow [0, 1]$.

Можливість реалізації s_j -го ІТ-сервісу w_i -им варіантом реалізації будемо формалізувати у вигляді нечіткої міри $g_w(\cdot | s_{ji}): 2^{W \times S} \rightarrow [0, 1]$.

Можливість впровадження ω_i -ї ІС w_j -им варіантом реалізації будемо формалізувати у вигляді нечіткої міри $g_\Omega(\cdot | w_{ki}): 2^{\Omega \times W} \rightarrow [0, 1]$.

Таким чином, модель описується множиною мір (рис. 4):

$$\langle g_\Omega(\cdot | w_j), g_w(\cdot | s_j), g_s(\cdot | f_j), g_F(\cdot) \rangle. (7)$$

Для вирішення завдання оцінювання необхідно ідентифікувати наведені вище нечіткі міри. На основі використання даних нечітких мір, алгоритм оцінювання аналогічний виразам (2) – (5).

Застосування наведених нечітких моделей для оцінювання альтернативних варіантів впровадження ІТ-сервісів дозволить формалізувати дії ОПР і експертів на кожному з етапів та надати рекомендації щодо прийняття рішень.

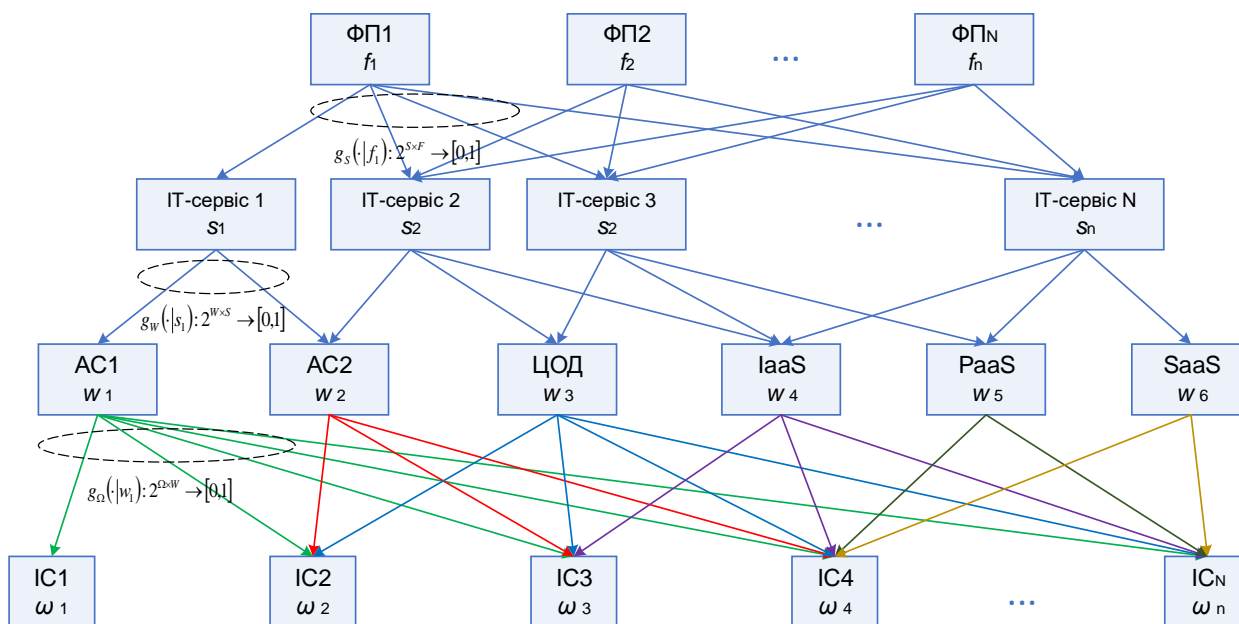


Рис. 3. Модель оцінювання альтернативних варіантів вибору ІС

Для того, щоб розробити модель оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів з використанням хмарних технологій для оборонних потреб, необхідно сформувавши систему критеріїв оцінки альтернатив на підставі нечітких моделі (1) та (6). Використовуючи запропоновані моделі, можна визначити наступний порядок.

- 1) необхідно сформувавши ієрархію критеріїв, які задають вершини графа моделі;
- 2) сформувавши систему переваг критеріїв на кожному рівні підпорядкування, для чого необхідно визначити відносні ваги для кожного критерію;
- 3) в результаті виконання наведених вище дій буде отримано ієрархію, що описує структуру і систему переваг критеріїв, які дозволять визначити інтегральну якість реалізації інформаційно-комунікаційних сервісів.

На підставі моделі ОПР зможе робити висновок про ступінь переваги тих чи інших критеріїв і може бачити підсумковий внесок кожного критерію в інтегральну оцінку кожної альтернативи. Виявлення кращого рішення щодо впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів має здійснюватися наступним чином.

Розглядається множина процесів комунікації $F = \{f_k\}$, $k = \overline{1, N_k}$, множина засобів комунікації $\Omega = \{\omega_i\}$, $i = \overline{1, N_i}$, а також множина інформаційно-комунікаційних сервісів $S = \{s_j\}$, $j = \overline{1, N}$, що надаються засобами комунікації Ω . Є також набір варіантів реалізації інформаційно-

комунікаційних сервісів $W = \{w_i\}$, $i = \overline{1, N}$, у тому числі моделями хмарних технологій ІааS, PaaS, SaaS. Тоді завдання оцінювання альтернативних варіантів реалізації засобів комунікації може бути представлено у вигляді моделі оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів на основі хмарних технологій (рис. 4).

Використовуючи запропоновану модель, можна сформулювати наступний порядок формування набору інформаційно-комунікаційних сервісів, що складається з наступних кроків:

- 1) фіксація функціональних процесів, для яких виявлена необхідність впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів;
- 2) формування вимог до якості обслуговування обраних функціональних процесів за допомогою інформаційно-комунікаційних сервісів;
- 3) формування набору обмежень і переваг до реалізації функціональних процесів за допомогою інформаційно-комунікаційних сервісів;
- 4) аналіз, що включає дослідження функціональності ІС, які надають інформаційно-комунікаційні сервісів, і опис їх цільової функціональності;
- 5) формування набору альтернативних ІС, що реалізують необхідні функції за допомогою інформаційно-комунікаційних сервісів, який проводиться на підставі аналізу ситуації, пропозицій на ІТ-ринку тощо;
- 6) проведення оцінювання варіантів реалізації ІС на основі запропонованої моделі оцінки якості ІС (див. рис. 2);

7) формування вхідних даних моделі оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів (рис. 4) на основі обраних на попередньому кроці варіантів реалізації ІС;

8) виявлення кращого рішення – формування набору інформаційно-

комунікаційних сервісів з урахуванням вимог до якості обслуговування;

9) аналіз та затвердження рішення – опис цільових інформаційно-комунікаційних сервісів та структури їх взаємодії.

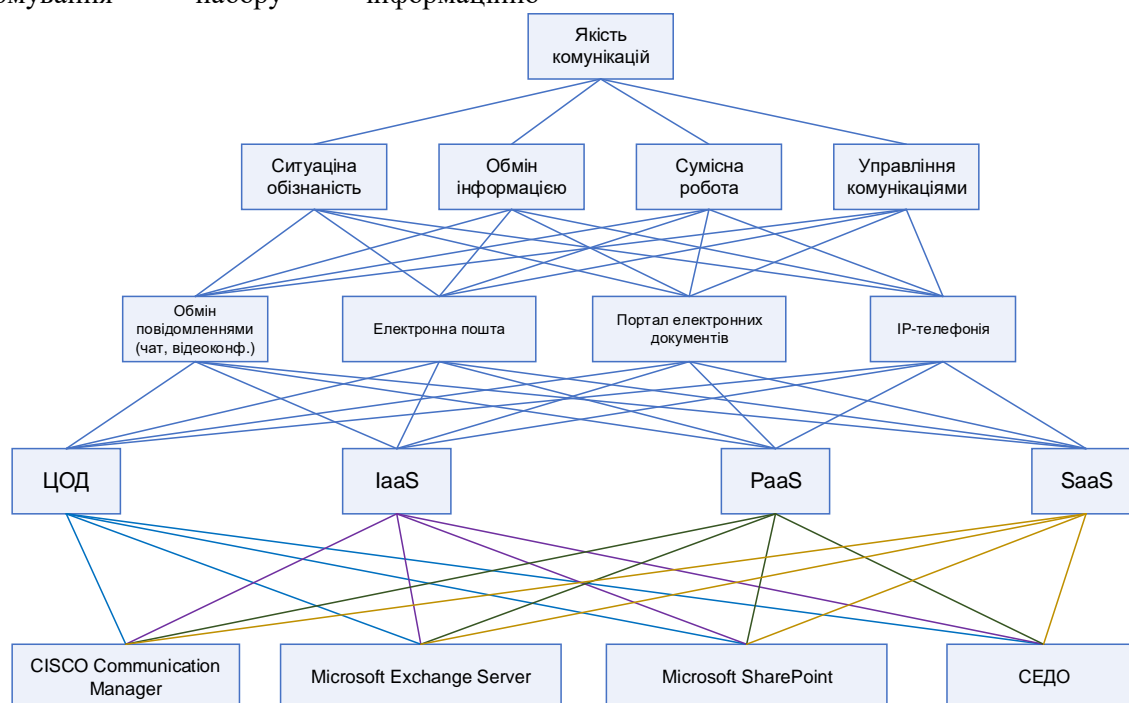


Рис. 4. Модель оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів

Висновки. На основі стандарту ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013 були розроблені нечіткі моделі оцінки якості ІС та оцінювання альтернативних варіантів впровадження ІТ-сервісів. Дані моделі представлені у вигляді кортежів (1), (6), які описують структуру критеріїв та методику їх розрахунку із застосуванням теорії нечітких множин та теорії нечітких мір. Застосування нечітких мір дозволяє врахувати в моделях неточність у формулюванні вимог до функціональних процесів і похибку в оцінках альтернатив за критеріями, а також дозволяє проводити оцінку якісних і кількісних критеріїв якості. Невизначеність, пов'язана з різними можливими станами зовнішнього середовища, які можуть істотно вплинути на нечіткі оцінки в рамках даних моделей, була врахована за рахунок застосування теорії нечітких мір. В рамках розроблених моделей врахована можливість впливу зовнішнього середовища ξ , на підставі апріорного припущення ОПР про можливі значення цього критерію при різних станах зовнішнього середовища.

На основі запропонованих загальних моделей, в роботі розроблено модель

оцінювання альтернативних варіантів впровадження інформаційно-комунікаційних сервісів з використанням хмарних технологій, яка може бути використана для опрацювання єдиних підходів до вибору програмо-технічної платформи інформаційно-комунікаційних систем з врахуванням вимог з уніфікації, стандартизації, масштабування інформаційної інфраструктури оборонного призначення. Врахування результатів моделювання у подальшому дасть змогу забезпечити впровадження якісних інформаційно-комунікаційних сервісів у діяльність сил оборони України для забезпечення сумісної роботи територіально розподілених посадових осіб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Застосування дата-центричного підходу під час побудови інформаційної інфраструктури з використанням хмарних технологій для оборонних потреб / Ю. А. Кірпічников та ін. // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. № 3 (76). С. 68–75.

2. Основні поняття хмарних технологій. URL: <https://dduvs.in.ua> (дата звернення: 26.01.2023).
3. IT Service Management – ITIL®. URL: <http://www.best-management-practice.com/IT-Service-Management-ITIL/> (дата звернення: 26.01.2023)
4. Dubai Customs COBIT 5 Implementation By Vishal Vyas, GEIT, Juma Al Ghaith, Ahmad Al Yaqoobi, PMP, and Syed Junaid Hasan, PMP. URL: <http://www.isaca.org/COBIT/focus/Pages/dubai-customs-cobit-5-implementation.aspx> (дата звернення: 26.01.2023).
5. ДСТУ ISO/IEC 15271:2010. Посібник із застосування ISO / IEC 12207. 2010.
6. ДСТУ ISO/IEC 16326:2015. Розроблення систем та програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу. Керування проектами. 2015.
7. ДСТУ ISO/IEC 14764:2014. Інженерія програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення. Технічне обслуговування. 2014.
8. ДСТУ ISO/IEC 15288:2016. Інженерія систем і програмного забезпечення. Процеси життєвого циклу систем. 2016.
9. ДСТУ ISO/IEC 9126-1:2013. Програмна інженерія якості продукту. 2013.
10. ДСТУ ISO IEC 14598-1:2004. Інформаційні технології. Оцінювання програмного продукту. Частина 1. Загальний огляд. 2004.
11. ДСТУ ISO/IEC 25000:2016. Інженерія систем і програмних засобів. Вимоги до якості систем і програмних засобів та її оцінювання (SQuaRE). 2016.
12. Бочарников В., Свешников С. Fuzzy Technology: Основы моделирования и решения экспертно-аналитических задач. Київ : Эльга, Ника-Центр, 2003. 206 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 29.05.2023

Assessment Model of alternative options for the Implementation of Information and communication services using cloud technologies for defense needs

Annotation

The approach on which the existing information infrastructure of the defense forces is based is characterized by the fact that each component of the defense forces implements its own information and communication systems, which are the same in terms of the principles of building technological platforms, but different in technical implementation.

The lack of unified approaches to the choice of software and hardware platform leads to the impossibility of fulfilling the requirements for unification, standardization, scaling, and protecting information, which leads to unjustified costs at the stages of commissioning and maintenance during the life cycle of each individual information and communication system.

Considering that the information infrastructure for defense needs can be represented as a data-centric model and in order to avoid the disadvantages inherent in a decentralized architecture, an approach is proposed for the implementation of information and communication services of the defense forces, which involves the use of “cloud technologies”, which are technologies for providing simple network access on request to a common pool of cloud services.

The purpose of the article is to develop a model for evaluating alternative options for the implementation of information and communication services using cloud technologies for defense needs.

Based on the proposed general models, the paper developed a model for evaluating alternative options for the implementation of information and communication services using cloud technologies, which can be used to develop common approaches to choosing a software and hardware platform for information and communication systems. In the future, taking into account the results of the simulation will ensure the introduction of high-quality information and communication services in the activities of the defense forces of Ukraine to ensure the joint work of geographically distributed officials.

Keywords: information infrastructure; cloud technologies, cloud services, information and communication services.