

# ПРИНЦИПИ ТА МОДЕЛІ ЕКСПЕРТНО-АНАЛІТИЧНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ПІДТРИМКИ ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЗА УМОВ ГЛИБОКОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

*Олена Ільїна, Ігор Сініцин, Ольга Слабоспицька*

Робота присвячена опису та аналізу експертно-аналітичної методології ЕАМ ПРГН для підтримки прийняття превентивних антикризових рішень системи організаційного управління за умов глибокої невизначеності. Запропоновано комплексні засоби аналітичного оперування знаннями фахівців у предметній області рішення. Перевагою є відсутність значних ресурсних вимог при збереженні базових принципів опрацювання глибокої невизначеності (виявлення невизначеностей та розбіжностей; пошук уразливостей рішення замість передбачення; пріоритет стійкості до загроз перед ефективністю).

ЕАМ ПРГН підтримує деліберативний мультиетапний процес формування адаптивного рішення, спрямованого на розв'язання конфліктної ситуації, що очікується в майбутньому. Процес включає етапи: Аналізу проблемної ситуації; Надання пропозицій щодо цілі впливу на проблемну ситуацію; Оцінки пропозицій відносно цілі; Надання пропозицій щодо заходів із досягнення цілі; Оцінки пропозицій щодо заходів; Вибору рамкового варіанту та рекомендацій із адаптації до змін обстановки. Оперування знаннями здійснюється гармонізованим використанням процедур: формального аналізу, індивідуального експертного оцінювання, деліберативного формування елементів рішення. Єдиний інформаційний простір ЕАМ ПРГН ґрунтується на онтології предметної області й забезпечує рівну поінформованість учасників, конструктивне подання експертних суджень та їх аргументації й можливість повторного використання знань. Експертно-аналітичний вибір пропозицій використовує модель їх перспективності. Вона становить ієрархію під-цілей для досягнення цілі, сформованої в попередніх етапах процесу. Поданням вузла ієрархії є онтологічно формалізоване визначення стану справ, що відповідає досягненню підцілі. Листком є стан справ, для якого надаються безпосередні експертні оцінки фактору впевненості (згідно Стенфордської моделі) щодо його досягнення при реалізації пропозиції стосовно елементу рішення, яка оцінюється. Оцінка аргументується використаними експертом елементами інформаційного простору. У разі неповної визначеності елементу експерт надає йому граничні значення та формує песимістичну й оптимістичну оцінки для стану справ. У складі моделі перспективності знаходяться також умови порушення ціле-досягнення під дією загроз середовища. Процедури формальної інтеграції оцінок за моделлю надають крайні оцінки перспективності пропозицій та робастності по відношенню до наявної невизначеності. При незадовільних властивостях інтегрованих оцінок здійснюється їхнє деліберативне узгодження з використанням карти невизначеності та наданої аргументації. Остаточне рамкове рішення містить обраний варіант Ціль-Засіб та адаптаційні рекомендації при зміні обстановки рішення. Подальші дослідження здійснюються в напрямку створення інструментальних засобів ЕАМ ПРГН та її застосування у сфері управління оборонними ресурсами.

Ключові слова: антикризове рішення, деліберативне узгодження оцінок, уразливість рішення, глибока невизначеність, Стенфордська модель, експертно-аналітична методологія, карта невизначеності, аргументування оцінки

The paper depicts and analyzes Expert-Analytical Methodology named EAM DMDU to support Proactive Anti-crisis Decisions within Organizational Systems under deep uncertainty. Complex tools are proposed for Decisions Domain Knowledge analytical operation. The Benefit is no essential resource demands while keeping the basic principles to deal with deep uncertainty (uncertainties and inconsistencies eliciting; Decision vulnerabilities searching instead prediction; threats resilience priority over effectiveness).

EAM DMDU enables Deliberative multi-staged Process for Adaptive Decision forming aimed at expected future conflict situation solving. The Process stages are: Problem situation Analysis, Impact on Problem Situation Goal Proposition, Goal proposals Assessment; Efforts for Goal achieving Proposals; Effort Proposals Assessment; reference Proposal option Selection and Decision adaptations accordingly to Decision Frame changes Recommendation. Knowledge operation is enabled with the procedures such as: formal analysis, individual expert assessment, Decision elements deliberative forming. EAM DMDU common information space of is based on Domain Ontology and ensures equal participants' awareness, expert judgments with their arguments constructive representation and knowledge reuse. Expert-analytical Selection of Proposals uses their Perspectivity Model. It is a sub-goals hierarchy to achieve the goal being formed over previous Process stages. Hierarchy knot is represented with ontologically formalized definition for State of the Art corresponding sub-goal achievement. Leaf node depicts State of the Art with explicit expert Estimates of Certainty factor (from the Stanford model) being provided concerning its implementation through Decision element Proposal being assessed. The Estimate's arguments are elements of information space used by expert. Under incomplete certainty of element expert provides its boundary values and State of the Art estimates both pessimistic and optimistic. Perspectivity Model contains also conditions for goal achievement violation being caused with environmental threats. Procedures for Estimates formal integration up to Model provide extreme estimates of Proposals Perspectivity and Robustness regarding current uncertainty. Under unsatisfactory properties of integrated Estimates their deliberative adjustment is carried out using Uncertainty Map and arguments provided. The final reference Decision contains selected Goal-Means option and guides to adapt it when decision frame changes. Further research is carried out for EAM DMDU instrumental tools development and its usage for defense resource management.

Keywords: anti-crisis decision, deliberative estimates adjustment, decision vulnerability, deep uncertainty, Stanford model, expert-analytical methodology, uncertainty map, estimate argumentation

## Постановка задачі

Підтримка прийняття рішень за умови глибокої невизначеності (ПРГН) становить один із найактуальніших викликів у теорії та практиці сучасного стратегічного управління.

Глибока невизначеність, із якою доводиться мати справу в діяльності сучасних систем організаційного управління (СОУ), являє собою [1] істотну множинність варіантів знань або навіть відсутність таких знань (рів-

ні IVA та IVB згідно [2]) відносно таких елементів простору рішення як майбутній стан світу; модель системи, вплив на яку планується; результати впливу; значимість, яку надають цим результатам різні стейкхолдери.

Основними методичними трендами прийняття рішень, що використовуються в проблематиці ПРГН, є робастне прийняття рішень [3], динамічне адаптивне планування [4] та динамічні адаптивні траєкторії [5]. Вони можуть бути названі глобальними методологіями, оскільки здійснюють розгляд максимального спектру можливих станів світу.

В сучасних СОУ внесок швидкої та непередбачуваної змінності факторів та пріоритетів, а також багатовекторності інтересів, що мають враховуватися, стає вирішальним у прийнятті стратегічних та випереджувальних рішень, що стосуються антикризових заходів та використання можливостей розвитку.

Однак високі вимоги до створюваної бази результатів модельних експериментів, які виставляють основні методи ПРГН, роблять проблематичним їх використання за наявних, переважно випадків, ресурсних обмежень.

Цим зумовлена актуальність запозичення принципів, покладених в основу зазначених вище підходів, розвинутих для використання в системах та процесах загальнодержавного та міжнародного рівня управління (оборонне планування, запобігання кліматичним змінам та ін.), для створення методології, ресурсно придатної для використання в менш масштабних СОУ з більш обмеженими можливостями.

Одним із можливих підходів, що можуть забезпечити запозичення провідних принципів ПРГН, переміщуючи акценти з глобального моделювання простору рішень на ефективне залучення професійного знання та досвіду висококваліфікованих фахівців у предметній області, є пропонування в даній роботі експертно-аналітична методологія ПРГН (ЕАМ ПРГН).

ЕАМ ПРГН не претендує бути повноцінною заміною глобальних підходів. Вона не забезпечує доведених властивостей рішень та виставляє суттєві вимоги до кваліфікації експертів, особливо на етапі підготовки базових моделей для наступного багаторазового використання.

Її перспективними рисами є:

- робота з різними видами невизначеності;
- охоплення всіх етапів життєвого циклу превентивного антикризового рішення – від аналізу проблемної ситуації до актуалізації рамкового рішення в оперативній ситуації;
- збереження таких принципових засад ПРГН, до яких належать:
- виявлення та специфікація невизначеностей та неузгодженостей;
- перенесення акценту з задач передбачення майбутнього на задачі пошуку вразливостей рішення, яке приймається, по відношенню до можливих загроз із боку майбутнього;
- пошук варіантів рішення, найбільш стійких до загроз щодо всіх актуальних аспектів його ефективності;
- вироблення превентивних впливів на зовнішнє середовище для зниження ризиків можливих загроз.

Окремий аспект пропонуваної методології становить реалізація деліберативного експертного процесу [6,7], в тому числі за участі експертів, що репрезентують різні ділові точки зору на предметну область рішення.

Типізований процес ПРГН, структура якого була запропонована в [1] для можливості порівняння різних розроблених методів, ґрунтується на етапах: визначення архітектури процесу щодо способу адаптації; дослідження альтернатив та сценаріїв майбутнього; аналіз робастності; аналіз вразливостей.

У таблиці 1 надано порівняльне зіставлення ЕАМ ПРГН із підходами глобальних методологій, яке ґрунтується на базових рішеннях щодо цих етапів.

Таблиця 1. Порівняльна специфікація основних позицій ЕАМ ПРГН із глобальними підходами

Аспект методології	Підходи до підтримки в глобальних методологіях	Принципи підтримки в ЕАМ ПРГН
Забезпечення адаптивності	Протиставлення: парадигми захисної адаптивності, в межах якої створюється базовий план у складі негативно використовуваних заходів та множини ситуативних дій, які включаються до нього в разі потреби; динамічної парадигми, в межах якої надається склад дій, використання яких визначається розвитком майбутнього	Надання множини політик, найбільш перспективних серед розглянутих, разом із рекомендаціями щодо їх адаптації при уточненні недовизначеної інформації, використаної на етапі їх вироблення
Прояви невизначеності та її опрацювання	Невизначеність, пов'язана з майбутнім. Моделювання ефективності політик при всіх можливих станах світу (сценаріях)	Специфікація різних видів невизначеності, які стосуються обстановки виконання рішення, окремих параметрів альтернатив та результатів проміжних етапів процесу вироблення рішення. Експертне оцінювання перспективності альтернатив при найгірших та найкращих значеннях параметрів

Аспект методології	Підходи до підтримки в глобальних методологіях	Принципи підтримки в ЕАМ ПРГН
Формування постановки задачі	Визначення базису сценарного простору та багатокомпонентної моделі ефективності політик	Розгляд альтернатив як для цілей впливу, так і для засобів їх досягнення. Використання властивості перспективності альтернатив, основаної на ієрархії станів справ, експертні підтвердження або заперечення досяжності яких при заданих, в межах наявної невизначеності, умовах визначають рівень упевненості в забезпеченні цільового стану об'єктів рішення при реалізації заданих альтернатив
Аналіз альтернатив	Оцінка ефективності або вибір за ефективністю – по всьому сценарному простору чи в виявлених критичних зонах	Оцінка альтернатив за перспективністю (оптимістична та песимістична) з урахуванням можливостей актуалізації умов втрати достатності наявних свідочств для оцінки рівня впевненості щодо гіпотези. Урахування появи загроз, які анулюють внесок окремих вузлів ієрархії станів справ
Виявлення зовнішніх загроз досягненню внутрішньо забезпеченої результативності альтернатив	Використання роботи «Червоних команд» [8] із відповідними деревами цілей для наступного введення виявлених загроз до складу сценарного простору	Виявлення зовнішніх загроз та факторів зі складу обстановки рішення, які їм сприяють, з використанням методів критичного системного аналізу [9] Відображення загроз у моделі робастності, яка є відповідним розширенням моделі перспективності
Робастність альтернативи	Оцінюється: як мінімальність втрати ефективності по відношенню до заданого базового рівня ефективності в певному стані світу, або як максимальність числа станів світу, де альтернатива досягає заданого порогового значення ефективності	Оцінюється для альтернатив, чиї експертні оцінки перспективності вищі за порогове значення, як рівень збереження перспективності при впливі загроз за наявної невизначеності обстановки рішення та параметрів альтернатив
Аналіз вразливостей	Знаходження критичних, за впливом невизначеності, характеристик сценаріїв. Виявлення критичних областей у просторах політик та станів світу	Використання карти інформаційної невизначеності та властивостей результатів етапів процесу формування рішення для отримання рекомендацій щодо наступної адаптації
Партисипативність	Нерегламентована процедурно участь експертів в інтерпретації результатів аналізу експериментальних даних для вибору стратегій	Використання формальних процедур інтеграції та узагальнення експертних суджень із діагностикою прийнятності досягнутого рівня узгодженості та потенційних джерел розбіжності. Перехід, за виявленої потреби, до деліберативних процедур із використанням наданих протоколу взаємодій та форматів аргументації

### Загальна характеристика методології ЕАМ ПРГН

Методологія призначена для підтримки деліберативного мультиетапного процесу *PD* формування адаптивного рішення, спрямованого на розв'язання конфліктної ситуації, що очікується в майбутньому. Модель цього процесу має вигляд

$$MPD = \langle I, \{ \langle KD, MST(KD) \rangle \}, MUI, WUI, \{ ME_t \}_{t=1}^6 \rangle \quad (1)$$

де *I* – спільний інформаційний простір; *KD* – тип рішення; *MST(KD)* – модель постановки задачі для рішень заданого типу; *MUI, WUI* – відповідно, модель інформаційної невизначеності, що характеризує використовуваний процесом дані зі складу *I*, та обрані способи оперування з невизначеністю в процедурах етапів процесу;

$MEt_i$  – модель  $i$ -го етапу процесу ухвалення рішення, який належить до послідовності: Аналіз проблемної ситуації, Надання пропозицій щодо цілі впливу на проблемну ситуацію, Оцінка пропозицій цілі, Надання пропозицій щодо заходів із досягнення цілі, Оцінка пропозицій щодо заходів, Вибір рамкового варіанту та аналіз можливостей адаптації.

Структура спільного інформаційного простору  $I$  характеризується такими компонентами

$$I = \langle OM, O, \{DS\}, \{SM(KD)\}, P, PM \rangle \quad (2)$$

де  $OM$  – онтологічна модель предметної області рішень  $COY$ ;  $O$  – об'єкти, операції з якими становлять зміст етапів процесу;  $DS$  – джерела інформації, що можуть використовуватися для визначення стану об'єктів  $O$ ;  $SM(KD)$  – модель обстановки рішення заданого типу, що визначає концепти онтології, актуальні для виконання процедур  $P$  зі складу  $MEt_i$ , на основі даних попередніх експертиз та досвіду діяльності;  $P$  – процедури формального визначення стану справ щодо заданих об'єктів  $O$  на основі  $\{DS\}$ ;  $PM$  – процедури інтерпретації моделей  $SM(KD)$  на основі інформації  $DS$ .

Онтологічна модель

$$OM = STR \cup ENV \cup INT \cup PL \cup DEC \quad (3)$$

являє собою об'єднання взаємореферентних онтологій, що характеризують різні аспекти  $COY$ :

$STR$  – структура та склад;  $ACT$  – діяльність;  $ENV$  – чинники зовнішнього середовища діяльності;  $INT$  – взаємодію із зовнішніми суб'єктами;  $PL$  – цілі, пріоритети та програми планування;  $DEC$  – рішення стратегічного та оперативного рівня.

Модель ґрунтується на концептуалізації знань, розглянутій в [10].

Вона надає всім концептам  $CE_{BAS}$  які належать до моделей етапів  $MEt$  з (1), їхні онтологічні визначення

$$Def(CE_{BAS}) = \{(R_i, CE_i)\}_{i=1}^{N_{BAS}} \cup \{PAR_K(CE_{BAS})\}_{k=1}^{M_{BAS}} \quad (4)$$

де  $CE_i$  – концепт зі складу  $OM$  відмінний від  $CE_{BAS}$ ;  $R_i$  – відношення, що пов'язує  $CE_{BAS}$  і  $CE_i$ ;  $PAR_K$  – параметр концепту  $CE_{BAS}$  що характеризується своєю областю значень  $Z(PAR_K)$   $N_{BAS}, M_{BAS}$  – кількість відповідних властивостей  $CE_{BAS}$ .

Водночас об'єкт  $O(CE_{BAS})$ , який становить інформаційний елемент в інтерпретації моделі етапу  $MEt$  для конкретного рішення, визначається як інтерпретація  $INT(Def(CE_{BAS}))$  в якій

$$\begin{aligned} \forall i \in (1, N_{BAS}) INT(CE_i) &= O(CE_i); \\ INT(R_i) \in (0,1); \forall i \in (1, M_{BAS}) INT(PAR_K) &\in Z(PAR_K) \end{aligned} \quad (5)$$

де  $ST(R_i) = 0$  означає відсутність відповідної властивості для об'єкту  $O(CE_{BAS})$ .

Стан об'єкту  $O$  у фіксований момент часу  $t$

$$S(O, t) = INT_t(Def(CE_{BAS})) \quad (6)$$

визначається через стан, який мають на момент  $t$  об'єкти та відношення, що складають властивості  $CE_{BAS}$  а також через наявні в цей момент значення параметрів таких концептів.

На цій основі може бути визначене поняття стану справ щодо множини об'єктів  $\{O\}$  на момент  $t$   $SS(\{O\}, t, DS_a)$  підтвердженого інформаційно

$$SS(\{O\}, t, DS_a) = \{S(O, t)\} \quad (\text{див.6}) \quad (7)$$

Інформаційне  $DS_a$  – підтвердження здійснюється процедурою  $P$  із (2), або експертним твердженням, за допомогою відображення

$$(\{O\}, \{DS_a(t)\},) \rightarrow \{S(O, t)\} \quad (8)$$

де  $DS_a \subseteq DS$  – підмножина інформаційних джерел, елементи якої містять дані про об'єкти  $O$ .

Семантика процедури  $PM$  із (2) задається відображенням

$$PM : (SM(KD), dec, t, DS_{dec}(t)) \rightarrow ISM(dec, t) \quad (9)$$

де  $SM$  – модель обстановки рішення для типу рішень  $KD$  зі складом;  $SM = \{C \mid C \in OM\}$ , що відповідає підмножині концептів онтологічної моделі, які характеризують умови, актуальні для етапів прийняття та виконання рішення такого типу;  $dec$  – рішення, що має тип  $KD$ ;  $t$  – момент часу;  $DS_{dec}(t) \subseteq DS$  – підмножина інформаційних джерел, що містять інформацію щодо стану об'єктів зі складу  $Def(dec)$ , актуальну на момент  $t$ ;  $ISM(dec, t)$  – стан справ  $SS(\{OI\}, t, DS_a)$  відносно множини об'єктів  $OI$ , що здійснюють інтерпретацію  $SM$  згідно з правилами (5).

Модель постановки проблеми зі складу (1) має вигляд

$$MST(KD) = \langle MCR, \{ \langle CTR_i, CP_i, CONT_i \rangle \}_{i=1}^6 \rangle \quad (10)$$

де  $MCR$  – модель очікуваної кризи зі складом

$$MCR = \langle CCr, ICr, SCr \rangle$$

де  $CCr$  – множина концептів онтології, співвідношення станів яких створює очікуване кризове протиріччя;  $ICr$  – інформаційні джерела, на основі яких вони характеризуються;  $SCr$  – онтологічно специфіковані стани справ, позиціоновані як симптоми кризи;  $CTR_i$  – умови прийнятності результатів  $i$ -го етапу;  $CP_i$  – вимоги до складу експертної групи етапу;  $CONT_i$  – рекомендований інформаційний контекст етапу.

Модель етапу зі складу (1) має структуру

$$MEt_i = \{Eij\}_{j=1}^{10} \quad (11)$$

де  $Eij$  –  $j$ -ий тип елементу  $i$ -го етапу:

$j=1$  – Вихідні інформаційні структури зі складу моделей (1), (2), (10) та результатів виконання попередніх етапів;  $j=2$  – Інформаційний контекст;  $j=3$  – Базова модель структури експертного судження та його аргументації;  $j=4$  – Процедури автоматизованої підготовки вихідних даних;  $j=5$  – Процедури деліберативного уточнення постановки задачі та базової моделі експертного судження;  $j=6$  – Процедури підтримки процесів надання та аргументації індивідуальних експертних суджень;  $j=7$  – Процедури формальної інтеграції та узагальнення експертних суджень;  $j=8$  – Результат етапу та його властивості;  $j=9$  – Карта інформаційної невизначеності результату;  $j=10$  – Процедури деліберативного формування колективно прийнятного результату з ітеративним визначенням 8-го та 9-го типів елементів.

### Моделі перспективності варіантів елементів рішення та її робастності в ЕАМ ПРГН

Центром суміщення та взаємодії знань, що стосуються різних аспектів Про рішення та належать різним джерелам і носіям, є модель перспективності пропозицій та робастності щодо можливих зовнішніх загроз для неї.

Розгляд пропозицій за допомогою цих моделей здійснюється щодо цілі впливу на проблемну ситуацію ( $Res_3$  у складі моделі етапу  $Et_3$ ) та способу досягнення цієї цілі ( $Res_5$  у складі моделі етапу  $Met_3$ ) (див. (11)).

Визначимо в якості результату закінченого на момент  $t$  процесу виконання рішення  $dec$  з моделлю (1) послідовність

$$\overline{\{Re s_i\}_{i=1}^6} \quad (12)$$

де  $Re s_i$  – елемент  $E_{i8}$  моделі  $i$ -го етапу (див. (11)), розглянутий як

$$Re s_i = SS(O_{i8}, t, PR) \text{ (див. (7))}$$

де  $\forall o \in O_{i8} \quad o = INT(Def(Res_i))$  (див. (5));  $PR \in \{DS\}$  – протокол виконання рішення.

Перспективність  $j$ -ї пропозиції  $AL_{ij}$ , розглянутої на  $i$ -му етапі в рамках системи знань експерта  $EX_k$ ,  $PER(AL_{ij}, EX_k)$  визначається як рівень обґрунтованості

$$CF(H_o / Arg(EX_k)) \quad (13)$$

гіпотези

$$H_o : (\overline{Re s_i} \rightarrow \overline{Re s_{i-2}}) \quad (14)$$

на основі аргументації, наданої експертом  $EX_k$ .

Модель перспективності  $MPERS_i^{KD}$  ( $i$  – номер етапу,  $KD$  – тип рішення) здійснює конструктивне подання властивості (13), використовуючи базові положення Стенфордського методу неточного виведення на основі фактору впевненості [11].

Визначимо відношення сприяння  $RH(X_1, X_2)$  між станами справ  $X_1, X_2$ , метризоване за допомогою фактору впевненості для гіпотези

$$X_1 \rightarrow X_2 \quad (15)$$

де  $X_1 = SS(O_1, t_1, D_1)$ ;  $X_2 = SS(O_2, t_2, D_2)$ ;  $O_1, O_2 \subseteq ISM(dec, T)$  – період виконання рішення;  $t_1, t_2 \in T$ ;  $D_1, D_2$  – інформаційні джерела зі складу  $\{DS\}$  в (2).

Склад моделі перспективності має вигляд

$$MPERS = \langle PER, \{ \langle A_j, TR_j \rangle \}_{j=1}^N, Sc \rangle \quad (16)$$

де  $PER$  – інтегральний показник перспективності, що відповідає цільовому стану справ;  $A_j$  –  $j$ -ий аспект перспективності, пов'язаний із  $k$ -ю онтологією з (3);  $TR_j$  – ієрархія станів справ, що деталізує аспект  $A_j$  як дерево підцілей для досягнення цільового стану справ, елементи якого, в свою чергу, подані як стани справ відносно відповідних об'єктів;  $Sc$  – вербально-числова шкала, що використовується для оцінки  $PER$  та інших вершин моделі, здійснюваної як оцінка значення фактору впевненості [11] щодо стану справ.

Характеристика шкали надана в табл. 2.

Таблиця 2. Поділки шкали для оцінювання фактору впевненості в реалізованості заданого стану справ

Опис оцінки	Вага
Абсолютна запереченість	-1
Достовірна запереченість	-0.7
Значима запереченість	-0.3
Невизначеність	0
Значима підтвердження	0.3
Достовірна підтвердження	0.7
Гарантована підтвердження	1

$$TR_j = \langle NDI_j, NDL_j, CL_j \rangle \quad (17)$$

де  $NDI$  – множина проміжних вузлів  $\{ndi\}$ ,  $ndi = SS(O, t, D)$ ;  $NDL$  – множина листків;  $CL$  – множина кущів.

$$(ndl \in NDL) = \langle S, CON, EB_{ex} \rangle$$

де  $S$  – стан справ, для якого може бути здійснене безпосереднє експертне оцінювання фактору впевненості за шкалою  $Sc$  на основі рекомендованого контексту  $CON \in ISM(dec, T)$  та індивідуального контексту  $EB_{ex}$ , наданого експертом  $ex$  на основі його ділового досвіду.

$$(cl_k \in CL) = \langle ndi_{r,s1}, \{nd_{(r-1),s2}\}_{s2=1}^S, CF_k \rangle$$

де  $ndi_{r,s1} \in NDI$  – корінь;  $nd$  – вершина куща, що задає стан справ, який задовольняє умові  $(nd_{(r-1),s2} \in (NDI \cup NDL)) \wedge RH(nd_{(r-1),s2}, ndi_{r,s1})$  (див. 15);

$S$  – кількість вершин;  $CF_k$  – необов'язковий елемент визначення  $cl_k$ , що задає умову

$$CF_k(\{e \mid \in ISM(dec, T) \cup def(ALT)\}), \quad (18)$$

яка визначає втрату властивості достатності множини  $\{nd_{(r-1),s2}\}_{s2=1}^S$  в якості обґрунтування оцінки коефіцієнта впевненості гіпотези відносно стану справ  $ndi_{r,s1}$ .

Визначена в такий спосіб модель перспективності формується для багаторазового використання стосовно певного класу рішень (визначеного онтологічними класами елементів моделі конфлікту з (10) та/або класом пропонуванних заходів) поза процесом  $PD$ .

Індивідуальна експертна оцінка фактору впевненості для листка  $MPERS$ , що надається в ході виконання  $PD$  для листка  $L_i$  експертом  $E_k$  відносно пропозиції  $AL_j$  має склад

$$EAS_{ijk} = \langle AS_{ijk}^{OP}, AS_{ijk}^P, Arg_{ijk} \rangle \quad (19)$$

де  $AS^{OP}$  – оцінка в шкалі табл. 2, виконана при прийнятті найбільш сприятливих значень для неповністю визначених елементів  $CON$  та  $EB$  з (17);  $AS^P$  – те саме для випадку найменш сприятливих значень;  $Arg$  – аргументація.

$$Arg = \{DE, O_{CH}, ONTK(O_{CH}, AL, DE), \langle UI, Z^{OP}, Z^P \rangle\} \quad (20)$$

де  $DE$  – використаний елемент контексту;  $O_{CH} \subseteq \{O\}$ , де  $O$  належить до визначення стану справ  $L_i$ ;  $ONTK$  – онтологічні зв'язки, що визначають використані експертом взаємозалежності елементів;  $UI$  – тип інформаційної невизначеності  $DE$ ;  $Z^{OP}, Z^P$  – краще й гірше значення, яке припускає його подання.

Інтеграція оцінок  $EAS_{ijk}$  при фіксованих  $i, j$ , для отримання індивідуальної оцінки показника  $PERS$  із (16) здійснюється за правилом перемноження факторів впевненості [12] для множини незалежних свідочств щодо справедливості тієї самої гіпотези.

Для кореня  $ndm$  куща з  $S$  листками, що отримали оцінки  $\{AS_i\}_{i=1}^S$ ,

$$AS_m = ((AS_1 * AS_2) * AS_3) * \dots * AS_S \quad (21)$$

де операція  $*$  має семантику:

$$AS_{S1} * AS_{S2} = AS_{S1} + AS_{S2} - AS_{S1} \cdot AS_{S2},$$

якщо  $AS_1, AS_2 > 0$ ;

$$AS_{S1} * AS_{S2} = AS_{S1} + AS_{S2} - AS_{S1} \cdot AS_{S2},$$

якщо  $AS_1, AS_2 < 0$ ;

$$AS_{S1} * AS_{S2} = (AS_{S1} + AS_{S2}) / (1 - \min(|AS_{S1}|, |AS_{S2}|))$$

в інших випадках.

Такі оцінені пропозиції, для яких отримано хоча б одну оптимістичну експертну оцінку інтегральної перспективності зі значенням, нижчим за 0.3, виключаються з подальшого розгляду як неприйнятні.

Відсутність песимістичних оцінок, що перевищують 0.3, призводить до того самого автоматичного результату.

З використанням отриманої оцінки  $AS_m$  при розгляді  $nd_m$  як однієї з вершин куща з коренем  $nd_{m-1}$ , здійснюється подальше обчислення оцінок цього кореня, і так до кореня  $A_j$  дерева  $TR_j$  та з рештою – до індивідуальної оцінки показника  $PER$  для пропозиції  $AL_j$ .

Виконанням описаної процедури двічі – для оптимістичних/песимістичних оцінок усіх вузлів моделі (див. (19)) отримується пара оцінок

$$\langle AS_{jk}^{OP}, AS_{jk}^P \rangle \quad (22)$$

Внесок  $CF_s$  – умов порушення достатності свідочств для кореня  $s$ -го куща до оцінки  $AS_{jk}$ , формується в наступний спосіб.

У процесі узагальнення безпосередніх оцінок листків за схемою (21) перевіряється справедливість  $CF_s$  при поточних значеннях її операндів (18). Підтвердження  $CF_s$  надає  $nd_s$  оцінку 0, незалежно від оцінок вершин куща.

Оцінки  $AS_j^{OP}, AS_j^P$ , узагальнені по відношенню до складу експертної групи через осереднення, проходять процедуру колективного затвердження. В разі виникнення заперечень виконується деліберативна процедура, що ґрунтується на розгляді аргументаційних елементів (19) та використовує принципи запропонованого раніше в [13] ітеративного Дельфі-процесу.

Склад моделі  $MPERS$  (16) може бути доповненим специфікацією зовнішніх загроз, що відмінюють валідність вузла  $ndm_j$  дерева  $T_j$  з (16) як свідчення щодо коефіцієнту впевненості вузла – попередника. Відповідна специфікація має вигляд

$$\langle THF_{rm}, \{F | F \in OM\}, C_r(\{SS(F, t, \{Arg_{ik}\}_{k=1}^K \}_{r=1}^R)) \rangle \quad (23)$$

де  $THF_{rm}$  –  $r$ -а загроза для вузла  $ndm$ , що становить подію, не обов'язково приналежну до онтології  $OM$ ;  $F$  – один із факторів, що впливає на актуалізацію загрози,  $F \in SM$ ;  $t$  – момент часу;  $Arg_{ik}$  – аргументація, надана експертом  $k$  для оцінки  $i$ -го листка, що служить джерелом інформації щодо стану справ відносно факторів  $F_r$ ;  $C_r$  – умова актуалізації  $F_r$ .

Тоді оцінка  $PER$  для  $AL$ , обчислена з урахуванням умов  $CF$ , може бути модифікована через надання значення  $-1$  усім вузлам  $ndm_j$  для яких виконано хоча б одну з умов  $C_r$ .

Позначимо  $PER_{jk}^{OP}, PER_{jk}^P$  оцінки пропозиції  $AL_j$   $k$ -м експертом, інтегровані без урахування умов  $C$  та  $CF$ .  $PER_{jk}^{*OP}$  та  $PER_{jk}^{*P}$  визначимо як версії оцінок, інтегровані з урахуванням таких умов.

Тоді робастність оцінки альтернативи  $AL_j$  може бути визначена як

$$ROB_j = \langle 1/K \sum_{k=1}^K |PER_{jk}^{*OP} - PER_{jk}^{OP}|, 1/K \sum_{k=1}^K |PER_{jk}^{*P} - PER_{jk}^P| \rangle \quad (24)$$

Отримані оцінки перспективності та робастності використовуються на етапах оцінювання пропозицій:

- для ініціювання процедури деліберативного узгодження індивідуальних оцінок;
- як вхідні дані для цієї процедури та для процедури відсіву неприйнятних альтернатив.

На етапі остаточного вибору варіанту рішення такі оцінки використовуються як при виборі, так і при аналізі адаптаційних можливостей рішення.

## Оперування невизначеністю

Інформаційна невизначеність, що стосується різних елементів процесу формування рамкового рішення та має різні причини й різні форми, є одним із визначальних факторів для підтримки процесу  $PD$ . Найважливішими інформаційними структурами процесу, неповнота визначеності елементів яких впливає на вхідні дані та способи виконання процедур на етапах процесу, є: Контекст оцінювання, Визначення та аргументація альтернативної пропозиції та Операнди зі складу умов, що входять до моделі перспективності.

Характеризація наявної інформаційної невизначеності елементу має вигляд

$$\langle UR, UF \rangle \quad (25)$$

де  $UR$  – причина невизначеності: 1 – необізнаність із наявними фактами; 2 – непередбачуваність та динамічність розвитку процесів; 3 – конфліктність поглядів стейкхолдерів; 4 – нестабільність системи ділових інтересів та точок зору;

$UF$  – формат подання інформації: 1 – інформаційний масив із пропусками; 2 – множина варіантів, що належать різним діловим групам; 3 – множина версій значення, рівно правдоподібних на момент формування; 4 – подання елементу з пропусками окремих концептуальних складових; 5 – інтервальна локалізація значення.

В табл. 3 надана характеристика способів оперування даними з інформаційною невизначеністю з заданим форматом подання, локалізованої в зазначених вище інформаційних структурах, яка здійснюється в трьох базових процедурах процесу *PD*.

Для подання інформації щодо кожного з використаних у формуванні рамкового рішення інформаційних елементів *EL* служить Карта невизначеності *UCARD* що належить до результатів процесу *PD*. Характеризація інформаційного елементу *EL* включає

$$UCH(EL) = \{ \langle Et_i, UF, UR, \{ \langle Z_K^{OPT}(EL), Z_K^{PES}(EL) \rangle_{K=1}^k, \langle Z_G^{OPT}(EL), Z_G^{PES}(EL) \rangle, N_1, N_2, N_3, N_4 \}_{i=1}^l \} \quad (26)$$

де  $Et_i$  – етап, у процедурах якого використовувалася інформація;  $UF, UR$  – згідно (24);  $Z_K^{OPT}, Z_K^{PES}$  – найбільш сприятливе та найбільш несприятливе значення *EL*, прийняте *k*-м експертом;  $Z_G^{OPT}, Z_G^{PES}$  – відповідні значення, сформовані в деліберативних процедурах;  $N_1$  – доля експертів, які використовували *EL*;  $N_2$  – доля листків моделі *MPERS*, для оцінки яких використано *EL*;  $N_3, N_4$  – доля умов *C* та *CF* зі складу *MPERS*, для яких є актуальним *EL*.

Карта інформаційної невизначеності використовується при побудові Аналітичного огляду рамкового рішення, який формується для його подальшого оперативного використання. Рекомендації у складі цієї інформаційної структури стосуються: умов можливості безпосереднього використання результатів *PD* та складу придатних до нього елементів; елементів, що потребують адаптації, а також операцій, необхідних для її здійснення; складу знань, поданих елементами рамкового рішення, придатних для повторного використання в процесах із аналогічними моделями *MPD*.

Таблиця 3. Способи оперування невизначеністю в процесі *PD*

Процедура	Інформаційна структура	Формат подання інформації	Спосіб оперування
Індивідуальне оцінювання альтернативних пропозицій	Опис альтернативи	$UF_1$	Використання експертом тих значень, які належать до відповідної йому точки зору
		$UF_3, UF_5$	Визначення найбільш та найменш сприятливих значень
	Контекст оцінювання	$UF_1 UF_4$	Оцінювання тільки тих елементів моделі перспективності, що не потребують знання невідомих властивостей
Деліберативне узгодження оцінок	Контекст: елементи, використані в аргументації	$UF_1$ (елементи <i>ISM</i> , результати інших етапів)	Оцінювання інформаційно забезпеченої підмножини листків у моделі перспективності
		$UF_4$ (результати попередніх етапів)	Гіпотетичне надання гірших та кращих значень на основі аналогів та нормативів
	Опис альтернативи	$UF_3, UF_5$	Визначення найбільш та найменш сприятливих значень
Оцінювання робастності	Операнди зі складу умов	$UF_1 - UF_5$	Аналіз причин та джерел розбіжності оцінок. Формування взаємоприйняттого варіанту оцінки з його підсумковою аргументацією
		$UF_2, UF_4, UF_5$	Виявлення критичних розбіжностей інтерпретації альтернатив. Формування спільного погляду на діапазон можливих значень властивостей. Виключення з подальшого розгляду тих альтернатив, що не припускають компромісної інтерпретації. Виявлення несумісних точок зору для наступної ітерації з поданням додаткових даних
Оцінювання робастності	Операнди зі складу умов	$UF_1 - UF_5$	Використання кращих та гірших значень елементів із інформаційною невизначеністю, отриманих в ході виконання процедур оцінювання та деліберативного узгодження

### Формування адаптивного рамкового рішення

Процес *PD* формування адаптивного рішення в методології ЕАМ ПРГН був визначений в попередніх розділах: як послідовність етапів та інформаційне середовище їх виконання (див. (1), (2)); як множина типів інформаційних та процедурних елементів у складі етапу процесу (див. (11)); як спосіб організації експертних



знань, використовуваних при аналізі властивості перспективності пропозицій та робастності цієї властивості за умови різних форм невизначеності наявної інформації.

В даному розділі надається укрупнений та інтегрований опис послідовності дій у складі цього процесу, який спирається на аспекти розгляду попередніх розділів та надає більш докладну характеристику окремих етапів та процедур.

Послідовність етапів процесу  $PD$  є лінійною, але передбачає можливість ітеративних циклів усередині етапів.

Етап 1.

Деліберативна процедура аналізу наданої постановки задачі з уточненням та прийняттям Моделі кризової ситуації. Формальне визначення класу, до якого належить рішення, та пошук досліджених аналогів. Деліберативна процедура формування Опису обстановки рішення та Карти інформаційної невизначеності для прийнятих інформаційних елементів.

Етап 2.

Формування Пропозицій щодо цілі впливу на кризову ситуацію (прямого або опосередкованого) з визначенням об'єкту впливу та його питомого стану. Формування Аргументації пропозиції в термінах використовуваних онтологічних взаємозв'язків, прецедентів і релевантного професійного досвіду.

Етап 3.

Формування Актуалізованої моделі перспективності цілі впливу. Ревізія складу підцілей, врахованих у рамковій моделі. Виявлення додаткових умов порушення властивостей достатності наведених засад для вузлів ієрархії. Актуалізація множини зовнішніх загроз підцілям, поданим вузлами ієрархії. Поповнення складу безпосередньо оцінюваних станів справ та рекомендованого контексту оцінювання.

Використовуються індивідуальні та групові процедури критичного системного аналізу [9] та деліберативна процедура формування Гармонізованої версії моделі перспективності.

Формування оптимістичних та песимістичних значень для невизначених елементів інформаційного контексту. Процедура індивідуального експертного оцінювання крайніх значень коефіцієнтів впевненості для положень справ, що відповідають листкам Гармонізованої версії моделі перспективності. Визначення індивідуальних контекстів оцінювання та песимістичних і оптимістичних значень елементів з їх складу.

Індивідуальне оцінювання коефіцієнтів впевненості. Актуалізація Карти інформаційної невизначеності.

Формальна інтеграція оцінок за ієрархією станів справ. Отримання пари індивідуальних оцінок для кожної з пропозицій  $AL_j < PER_{jk}^{OP}, PER_{jk}^P >$ .

Формальне обчислення пари оцінок  $< PER_{jk}^{*OP}, PER_{jk}^{*P} >$  з урахуванням усіх обмежень та умов зі складу Гармонізованої версії моделі перспективності.

Формальний аналіз та узагальнення за складом експертної групи індивідуальних оцінок перспективності: відсів неприйнятних пропозицій та отримання оцінок  $< PER_j^{OP}, PER_j^P >$  – для тих пропозицій, які визначено прийнятними. Формальне обчислення оцінки робастності перспективності для прийнятних альтернатив.

Узгодження узагальнених інтегрованих результатів членами експертної групи. Затвердження або переїд до партисипативної процедури узгодження.

Партисипативна процедура узгодження оцінок перспективності та робастності з використанням Дельфі-процесу з аргументованими експертними оцінками в турі [13] з наданням експертам результатів попередніх процедур даного етапу. Можливість ітеративного повторення незадовільно виконаних процедур етапу з використанням експертно актуалізованої інформації.

Отримання узгоджених оцінок; ідентифікація виключених з розгляду альтернатив; можливість переривання процесу для отримання додаткової інформації.

Результати етапу: множина прийнятних пропозицій щодо цілі впливу на кризову ситуацію; песимістичні та оптимістичні інформаційно аргументовані оцінки їхньої перспективності та робастності; актуалізована Карта інформаційної невизначеності.

Етап 4.

Формування Пропозицій стосовно заходу для підтримки цілі впливу на кризову ситуацію.

Пропозиція формується у складі

$$PRA_{ij} = \langle G_i, A_{ij}, R_{ij}, S_{ij}, Arg_{ij} \rangle$$

де  $G_i$  – одна з цілей впливу, пропозиція відносно якої визнана прийнятною на Етапі 3;  $A_{ij}$  –  $j$ -й пропонований вид заходу (дії);  $R_{ij}$  – характеристика необхідних ресурсів;  $S_{ij}$  – суб'єкти виконання;  $Arg_{ij}$  – аргументація пропозиції.

Аргументація вказує прецеденти успішності для аналогічних цільових об'єктів, характеристику можливих побічних впливів та їх наслідків, доступність ресурсів за наявної Обстановки рішення та ін.

Якщо параметри заходу задаються з інформаційною невизначеністю, здійснюється відповідна актуалізація Карти інформаційної невизначеності.

Результати: масив пропозицій  $\{\{PRA_{ij}\}_{i=1}^N\}_{j=1}^{M_i}$ , де  $N$  – число розглядуваних пропозицій щодо цілі впливу;  $M_i$  – число пропозицій щодо заходу впливу, наданих для  $G_i$ .

Етап 5.

Послідовність дій, виконуваних на етапі, є в цілому тотожною з Етапом 3. Відмінність становить оперування з рамковою моделлю перспективності для заходів впливу. Крім того, здійснюється виведення з числа

прийнятних такої пропозиції щодо цілі впливу  $G_i$ , для якої неприйнятними виявилися всі  $M_i$  пропозицій щодо заходу.

Результати етапу

$$\{ \{ \langle PER_{ij}^{OP}, PER_{ij}^P \rangle, \langle PER_{ij}^{*OP}, PER_{ij}^{*P} \rangle, \langle ROB_{ij}^{OP}, ROB_{ij}^P \rangle \}_{i=1}^N \}_{j=1}^{M_i}. \quad (27)$$

Етап 6.

На етапі вирішуються задачі:

- здійснення остаточного вибору цілі впливу на ситуацію конфлікту та засобів її досягнення – згідно з актуальною системою пріоритетів та очікувань;
- підготовка варіантів, найбільш прийнятних у разі іншого розвитку ситуації;
- надання аналітичного обґрунтування для подальшого адаптивного використання результатів процесу;
- збереження результатів для повторного використання у наступному опрацюванні аналогічних ситуацій конфлікту.

Процедура формування пошуку оптимального вибору використовує одну з передбачених форм цільової функції, операндами якої є елементи множини (27), залежно від наданих експертами відповідей на запитання анкети щодо напрямку та ваги їхніх переваг стосовно протиставлень: ефективність цілі/ефективність способу досягнення; перспективність/робастність; максимальність виграшу/мінімальність ризику; ефективність за відсутності зовнішніх загроз/стійкість до загроз.

Результати оптимізації, виконаної з використанням усіх цільових функцій, що обрані за кожним із наданих наборів переваг, передаються експертній групі для здійснення деліберативного узгодження кінцевого результату – пари «Ціль – Спосіб»  $\langle GR, AR \rangle$ .

Аналітичний огляд рішення, що також належить до складу результатів етапу, створюється формальною процедурою, що використовує дані Карти інформаційної невизначеності.

До Аналітичного огляду належать:

- оцінка результативності використаних у процесі  $PD$  форматів подання та оперування невизначеністю (з точки зору змін, прийнятих у нових ітераціях, та рівня використовуваності наданої інформації експертами);
- рівень втрат визначеності для оцінок перспективності, що були спричинені інформаційною невизначеністю певного елемента процесу;

рекомендації з використання цих аналітичних даних для визначення: умов безпосередньої використовуваності рамкових результатів, доцільності певних операцій із адаптації рамкових результатів та доцільних коректив елементів процесу  $PD$  для повторного використання при прийнятті аналогічних рішень.

Як бачимо, процес  $PD$  здійснює формування та оперування знанням щодо рішення за допомогою гармонізованого використання формальних процедур, процедур індивідуального експертного оцінювання та процедур деліберативного формування елементів моделі процесу.

Створення єдиного інформаційного поля забезпечує рівну поінформованість учасників, уніфікований формат для подання експертних суджень та їх аргументації, а також збереження та можливість повторного використання всіх знань, отриманих при реалізації процесу.

Для наступної адаптації отриманих рамкових результатів при безпосередньому підготуванні до їх оперативного використання призначені аналітичні рекомендації, що дозволяють визначити елементи процесу, що переглядаються, та виконати адаптацію в залежності від здійснених інформаційних змін.

## Напрямок наступних досліджень

Кінцевою метою опрацювання методології ЕАМ ПРГН є створення засобів підтримки її формальних механізмів та інформаційно-технологічного середовища підтримки людино-машинних процедур з її складу, що дозволяють здійснювати її налаштування для предметної області та управлінських зв'язків конкретної СОУ.

До необхідних функціональних компонентів відповідних засобів підтримки належать, перш за все:

- програмні комплекси ведення індивідуальних та групових експертиз, що використовують моделі перспективності й робастності та забезпечують можливості аналізу типізованої аргументації;
- засоби онтологічної підтримки супроводження й координації процесів рамкового прийняття й адаптації стратегічних та випереджувальних антикризових рішень СОУ;
- засоби ведення єдиного інформаційного середовища;
- компоненти підтримки багатоетапного та ітеративного процесу життєвого циклу рішення;
- методики організації та здійснення людино-машинних процедур;
- засоби візуалізації перебігу процесів та поточного стану системи рішень СОУ.

Підготовчі роботи в цьому напрямку ведуться наразі в ІПС НАН України, з орієнтацією на предметну область управління оборонними ресурсами.

Вони стосуються подальшого розвитку ПК «Діагностична експертиза» [14], що підтримує роботу з ієрархічною багатокритеріальною моделлю експертного оцінювання та використовує продукційні правила для діагностики стану об'єкту експертизи та надання рекомендацій щодо наступного управління ним на основі комплексного аналізу індивідуальних та інтегрованих оцінок критеріїв.

Характеризація підґрунтя для комплексної координації системи логістичних рішень у ЗС України, створеного попереднім доробком авторів, надана в [15].

Окремі зусилля здійснюються наразі в аспекті включення до складу експертно-аналітичних процесів прийняття рішень базових програмних засобів НАТО LOGFAS [16]. Відповідні роботи було розпочато при створенні національного розширення цих програмних засобів, здійсненого в ІПС НАН України.

## Література

1. Marchau V.A. Decision Making Under Deep Uncertainty. From Theory to Practice / V.A. Marchau, W.E. Walker, P.J. Bloemen, S.V. Popper – Springer, 2019. – 408 p. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2>.
2. Талеб Н.Н. Черный лебедь. Под знаком непредсказуемости. / Н.Н.Талеб – М: Колибри, 2018. – 735 с.
3. Lempert R.J. Making Good Decisions Without Predictions: Robust Decision Making for Planning Under Deep Uncertainty / R.J.Lempert, S.W.Popper, D.G.Groves et al. CA: RAND, RB-9701. – Santa Monica, 2013. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_briefs/RB9700/RB9701/RAND\\_RB9701.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/RB9700/RB9701/RAND_RB9701.pdf).
4. Kwakkel J.H. Adaptive airport strategic planning / J.H.Kwakkel, W.E.Walker, & V. A. Marchau // Europ. J. of Transport and Infrastructure Research. – 2010. – V.10 – N3 – P. 249 – 273.
5. Haasnoot M. Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. //M.Haasnoot, J.H. Kwakkel, W.E.Walker, J.terMaat // Global Environmental Change. – 2013. – V.23. – N2 – P. 485–498.
6. What is a DeliberativeProcess? [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.ncchpp.ca/docs/DeliberativeDoc1\\_EN\\_pdf.pdf](https://www.ncchpp.ca/docs/DeliberativeDoc1_EN_pdf.pdf)
7. Renn O. The challenge of integrating deliberation and expertise / O.Renn // Risk analysis and society: An interdisciplinary characterisation of the field. – 2004. – P.289-366.
8. Zenko M. Red Team: How to succeed by thinking like the enemy. / M.Zenko – Basic Books, 2015. – 336 p.
9. The Applied Critical Thinking Handbook. V.7.0 / University of Foreign Military and Cultural Studies, 2015. – 250 p.
10. Ильина Е.П. Методы и модели использования экспертно-аналитического знания для поддержки принятия решений в организации. Ч.1. Модели знаний о решениях / Е.П.Ильина // Проблемы программирования. – 2016. – № 2. – С.89-101.
11. Heckerman D. The Certainty-Factor Model / D.Heckerman. [Electronic resource]. – Mode of access:<http://heckerman.com/david/H92encyclopedia.pdf>.
12. Torgo L. Rule Combination in Inductive Learning / L.Torgo. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.dcc.fc.up.pt/~ltorgo/Papers/RCIL/RCIL.html>.
13. Ильина Е.П. Функции и методы поддержки современных парадигм метода Дельфи // Е.П.Ильина // Проблемы программирования. –2009. – №1 – С. 36-52.
14. Синицын И.П. Автоматизированная поддержка принятия решений по управлению программами фундаментальных научных исследований с использованием экспертной методологии. И.П.Синицын, Е.П.Ильина, О.А.Слабоспицкая, Т.Л.Яблокова – Препринт. Киев: Институт программных систем НАН Украины, 2011. – 94 с.
15. Синицын И.П. Модели и методы поддержки аналитического сопровождения поля решений организации / И.П.Синицын, Е.П.Ильина // Проблемы программирования. – 2017. – №3 – С. 93-107.
16. Гаврилюк І.Ю. Щодо впровадження логістичної системи НАТО в Україні // І.Ю.Гаврилюк, М.Ю.Степанюк, І.П.Синіцин, О.В.Котеля – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://defpol.org.ua/index.php/aleia-heroiv/481-shchodo-vprovadzheniya-lohistrychnoyi-systemy-nato-v-ukrayini>.

## References

1. Marchau, V.A., Walker, W.E., Popper, S.V. (2019) Decision Making Under Deep Uncertainty. From Theory to Practice. Springer. – 408 p. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05252-2>.
2. Taleb, N.N. (2018) The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. Kolibri, Moscow, Russia. – 735 p. (in Russian).
3. Lempert, R.J. Popper, S.V., Groves, D.G. Making Good Decisions Without Predictions: Robust Decision Making for Planning Under Deep Uncertainty. CA: RAND, RB-9701. Santa Monica, 2013. [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research\\_briefs/RB9700/RB9701/RAND\\_RB9701.pdf](https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_briefs/RB9700/RB9701/RAND_RB9701.pdf).
4. Kwakkel, J.H., Walker W.E., Marchau, V.A. Adaptive airport strategic planning. In: Europ. J. of Transport and Infrastructure Research. – 2010. – V.10 – N3 – P. 249 – 273.
5. Haasnoot, M., Kwakkel, J.H., Walker W.E., terMaat, J. (2013) Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world. In: Global Environmental Change. – V.23. – N2 – P. 485–498.
6. What is a DeliberativeProcess? [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.ncchpp.ca/docs/DeliberativeDoc1\\_EN\\_pdf.pdf](https://www.ncchpp.ca/docs/DeliberativeDoc1_EN_pdf.pdf)
7. Renn, O. (2004) The challenge of integrating deliberation and expertise. Risk analysis and society: In: An interdisciplinary characterisation of the field. – P.289-366.
8. Zenko, M. (2015) Red Team: How to succeed by thinking like the enemy. Basic Books. – 336 p.
9. The Applied Critical Thinking Handbook. V.7.0 (2015) University of Foreign Military and Cultural Studies. – 250 p.
10. Ilina, E.P. (2016) Methods and Models for Employment of the Expert Analytical Knowledge in Organization Decision Making. Part I. Decisions Knowledge Models. In: Problems in Programming. – N 1. – P. 89–101. [In Russian] .
11. Heckerman, D. The Certainty-Factor Model. [Electronic resource]. – Mode of access:<http://heckerman.com/david/H92encyclopedia.pdf>.
12. Torgo, L. Rule Combination in Inductive Learning. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.dcc.fc.up.pt/~ltorgo/Papers/RCIL/RCIL.html>.
13. Ilina, E.P. (2009) The Functions and the Methods for the modern paradigms of the Delphi method support. In: Problems in Programming. – N 1. – P. 36-52. [In Russian].
14. Sinitsyn I.P., Ilina E.P., Slabospitskaya, O.A., Yablokova, T.L. (2011) Computer Support of decision making in the fundamental scientific research programs management using the expert methodology. Preprint. Kiev. Software Systems Institute of NAS of Ukraine – 94 p.[In Russian].
15. Sinitsyn, I.P., Ilina, E.P. (2017) Models and methods for automated analytic support of the organization decisions field. In: Problems in Programming. – N 3. – P. 93-107. [In Russian].
16. Havrylyuk, I.Yu., Stepanyuk, M.Yu., Sinitsyn, I.P., Kotelya, O.V. About NATO Logistics System implementation in Ukraine. [Electronic resource]. – Mode of access: <http://defpol.org.ua/index.php/aleia-heroiv/481-shchodo-vprovadzheniya-lohistrychnoyi-systemy-nato-v-ukrayini>. [in Ukrainian].

**Про авторів:**

*Льїна Олена Павлівна*

старший науковий співробітник,  
пров. наук. співроб. наукового відділу,  
03143 Київ, Метрологічна, 6, кв. 68,  
кількість публікацій у вітчизняних виданнях – 95  
*h-index*: 6  
ORCID 0000-0002-4073-9649

*Сініцин Ігор Петрович*

старший науковий співробітник,  
головний наук. співроб. наукового відділу,  
03113 Київ, Артилерийський пров. 13, кв. 13,  
кількість публікацій в українських виданнях – 150,  
кількість публікацій у закордонних виданнях – 3,  
*h-index*: 6,  
номер ORCID – 0000-0002-4120-0784

*Слабоспицька Ольга Олександрівна*

старший науковий співробітник,  
ст. наук. співроб. наукового відділу,  
03143, Київ-143, б. Ак. Вернадського 69<sup>а</sup>, кв.18,  
кількість публікацій у вітчизняних виданнях – більше 50,  
кількість у закордонних виданнях – 5,  
*h-index*: 6,  
<http://orcid.org/0000-0001-6556-0947>

**Місце роботи авторів:**

Інститут програмних систем  
НАН України,  
03187, Київ-187, Проспект Академіка Глушкова, 40.  
Тел.: +38(044) 526 4286.  
[olsips2017@gmail.com](mailto:olsips2017@gmail.com)

**Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді англійською мовою:**

O.P. Illina, I.P. Sinityn, O.O. Slabospitska  
Principles and models of expert-analytical methodology  
for adaptive organizational decisions forming under deep uncertainty

**Прізвища та ініціали авторів і назва доповіді українською мовою:**

*Льїна О. П., Сініцин І. П., Слабоспицька О. О.*  
Принципи та моделі експертно-аналітичної методології підтримки  
формування адаптивних організаційних рішень  
за умов глибокої невизначеності

**Контакти для редактора:**

*Слабоспицька Ольга Олександрівна,*  
093 219 29 30 [olsips2017@gmail.com](mailto:olsips2017@gmail.com)