

УДК 519.816

**В. В. ЦИГАНОК**, д-р техн. наук, **С. В. КАДЕНКО**, кандидат техн. наук, **П. Т. КАЧАНОВ**, кандидат техн. наук, **О. В. АНДРІЙЧУК**, молодший науковий співробітник, **П. Д. РОЇК**, аспірант (Лабораторія систем підтримки прийняття рішень (СППР) Інституту проблем реєстрації інформації (ІПРІ) НАН України)

## ІНСТРУМЕНТАРІЙ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЯК ЗАСІБ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ

Пропонується новий підхід до побудови стратегічних планів, в основу якого покладено сучасні методи експертної підтримки прийняття рішень, що включають ієрархічну декомпозицію проблеми, цільове динамічне оцінювання альтернатив, парні порівняння та розподіл ресурсів. Можливість використання різних шкал оцінювання дозволяє підвищити достовірність результатів групових експертиз та удосконалити процес стратегічного планування. Застосування підходу описується на прикладі оцінки ряду проектів з розвитку збройних сил.

Предлагается новый подход к построению стратегических планов, в основу которого положены современные методы экспертной поддержки принятия решений, включающие иерархическую декомпозицию проблемы, целевое динамическое оценивание альтернатив, парные сравнения и распределение ресурсов. Возможность использования разных шкал оценивания позволяет повысить достоверность результатов групповых экспертиз и усовершенствовать процесс стратегического планирования. Применение подхода описывается на примере оценки ряда проектов по развитию вооруженных сил.

Decision-making support tools for strategic planning The paper describes a new original approach to strategic planning. The approach is based upon modern expert decision support methods, including hierarchic problem decomposition, dynamic alternative estimation, pair-wise comparisons, and resource allocation. An opportunity of using different estimation scales allows us to increase the credibility of expert examination results and improve strategic planning process. Implementation of the approach is illustrated by an example, where a set of military forces development projects is estimated.

### Вступ. Стан проблеми та мета дослідження

Під час стратегічного планування часто виникає проблема оцінки варіантів рішень та їхнього порівняння за багатьма якісними та кількісними критеріями. Методи багатокритеріальної підтримки прийняття рішень (ППР) дозволяють розв'язувати широкий спектр задач. Значна кількість сучасних досліджень як теоретичних, так і практичних присвячена застосуванню методів ППР в таких сферах, як управління, охорона довкілля, виробництво, логістика, банківська галузь тощо.

Оборонна галузь посідає особливе місце серед перелічених, так званих слабо структурованих предметних областей. Прийняття рішень та побудова стратегій у оборонній галузі вимагає врахування впливу численних факторів як кількісного, так і якісного характеру. Також слід відзначити унікальність рішень, відсутність еталонів, а також неточність, помилковість, неповноту, неоднозначність

та суперечливість опису об'єктів. Саме внаслідок цих властивостей для стратегічного планування, оцінки пріоритетів та прийняття рішень в оборонній сфері необхідно застосовувати експертні методи. Розстановці пріоритетів у оборонній галузі та розвитку збройних сил, коли залучаються детерміновані та евристичні (експертні) дані, приділяють значну увагу науковці та профільні спеціалісти як в Україні, так і за кордоном [1–3]. Не буде зайвим наголосити, що в контексті сучасної політичної та економічної ситуації в Україні проблема стратегічного планування розвитку Збройних Сил набула особливої актуальності.

Незважаючи на дійсно велику кількість досліджень, присвячених застосуванню експертних методів багатокритеріальної ППР, зокрема, у стратегічному плануванні, певні аспекти даної проблематики потребують подальшої розробки. Зокрема, йдеться про таке:

© В. В. ЦИГАНОК, С. В. КАДЕНКО, П. Т. КАЧАНОВ, О. В. АНДРІЙЧУК, П. Д. РОЇК, 2015

- оцінювання ще не завершених довгострокових проектів на інтервалі часу;
- забезпечення повноти та узгодженості експертних даних;
- підвищення рівня довіри до них з боку осіб, що приймають рішення (ОПР);
- розробку систем показників та методик оцінювання проектів за критеріями, ефективність яких не може бути зведена до кількісних (наприклад, фінансових) показників;
- створення ефективної та гнучкої методики розподілу ресурсів між проектами.

Глобальна мета дослідження – удосконалення наявного апарату експертної ППР з урахуванням особливостей процесу стратегічного планування в слабко структурованих предметних областях. У контексті даної статті автори ставили перед собою більш конкретну мету: розробити комплексну методику ППР, яка дозволить підвищити якість процесу стратегічного планування розвитку Збройних Сил України (ЗСУ). Отже, у статті пропонуються методика побудови стратегії розвитку галузі на основі сучасних методів експертної ППР та ілюстративний приклад її застосування.

### **Сутність та загальні етапи процесу побудови стратегії**

Як відомо, в загальному розумінні стратегія являє собою не-деталізований план дій, розрахований на тривалий період часу і спрямований на досягнення певної головної мети. У той же час, цей план має бути гнучким, конструктивним, стійким до невизначеності умов середовища та таким, що передбачає конкретизацію шляхом декомпозиції цієї головної мети.

З огляду на вищевказані вимоги та на слабку структурованість предметної області, для якої будеться стратегія, побудова стратегії передбачає такі етапи.

1. Формулювання головної мети (цілі). Задача формулювання головної мети, на досягнення якої буде спрямований стратегічний план, покладається на ОПР. Якщо йдеться про збройні сили, у ролі ОПР може виступати представник вищого командного складу, керівник відомства, у компетенцію якого входить прийняття стратегічних рішень. Прикладом формулювання головної цілі може бути: «Забезпечити достатній рівень обороноздатності України».

2. Підбір експертів. Задача вибору експертів у загальному випадку покладається на інженера зі

знань – організатора експертизи. У ролі експертів можуть виступати як керівники організаційних підрозділів відомства, так і профільні фахівці (якщо йдеться про вузьке тематичне питання, наприклад, про конкретні види озброєння, певні аспекти забезпечення збройних сил тощо). Бажано, щоб експертна група була максимально репрезентативною та включала хоча б по декілька фахівців з кожного з питань (факторів), які впливають на досягнення головної цілі.

На окрему увагу в контексті досягнення консенсусу та визначення узагальненої оцінки в групі заслуговує задача визначення відносної компетентності експерта в питанні, що розглядається. Якщо компетентність експертів у групі істотно відрізняється, то їхні судження не можна вважати однаково вагомими і, відтак, слід застосовувати відповідні підходи до її визначення. Наприклад, можна скористатися методом визначення компетентності, запропонованим В. Г. Тоценком у [4], який було застосовано у [5].

3. Побудова ієрархії цілей, що описує предметну область. Ієрархічний підхід, що ґрунтується на декомпозиції головної цілі, успішно застосовується в численних методах ППР, зокрема в методах аналізу ієрархій [6]. Ієрархічна декомпозиція задачі дозволяє сформулювати, відокремити та врахувати всі критерії, що впливають на головну ціль, а також чітко визначити структуру зв'язків між цими критеріями. У контексті вітчизняної науки ієрархічний підхід розвивав у своїх працях та дослідженнях В. Г. Тоценко [4]. Створений у лабораторії СППР ІПРІ НАН України (див. <http://dss-lab.org.ua>) інструментарій ППР на базі цільового ієрархічного підходу розроблявся та застосовувався в рамках НДР, що виконувалися на замовлення різних організацій: фонду «Відродження», Міністерства оборони України, МОН України [7], Національної космічної агенції України [8, 9] та ін.

Ієрархія цілей певної предметної області будується в ході діалогу з експертами шляхом послідовної декомпозиції головної цілі на складові. На кожному етапі декомпозиції експертові пропонується сформулювати цілі, які безпосередньо впливають на мету, що розкривається, а також вказати на характер впливів (якісний чи кількісний, позитивний чи негативний). У контексті тематики даної статті передбачається, що головна мета (наприклад, «Забезпечити достатній рівень обороноздатності України») розкладається на більш конкретні, предметні, простіші цілі доти, поки на нижньому

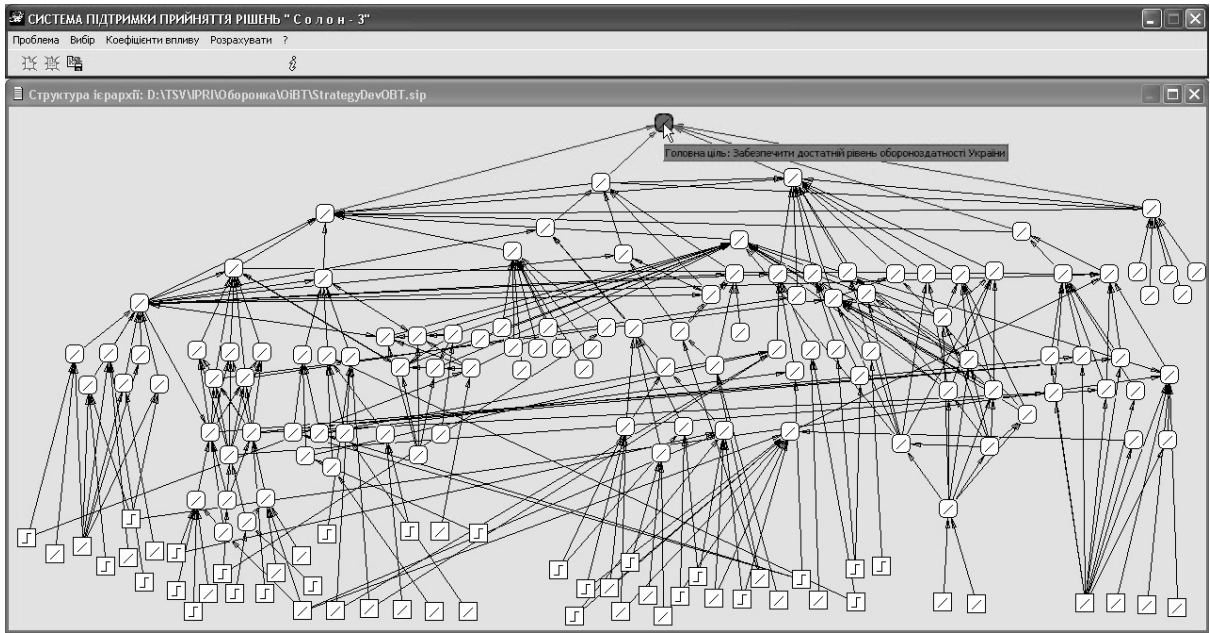


Рис. 1. Інтерфейс СППР «Солон» та вигляд ієрархії цілей

рівні ієрархії не опиняться атомарні цілі – проекти, на безпосереднє здійснення яких можуть впливати ОПР, керівники функціональних підрозділів чи відомств.

Вигляд інтерфейсу СППР «Солон» та ієрархії цілей показаний на рис. 1. Результатом даного етапу побудови стратегії є ієрархічна структура, яка, на думку експертної групи, повною мірою описує предметну область.

У побудові ієрархії може брати участь як одна особа (це, зазвичай, підготовлений у певній галузі інженер зі знань), так і групи з декількох експертів. При цьому члени експертних груп можуть брати участь у побудові ієрархії як колегіально, у ході особистого обговорення, так і дистанційно. Для дистанційної групової роботи експертів

у глобальній мережі лабораторією СППР створено комплекс програмних засобів «Консенсус» [10].

4. Оцінка експертами відносних впливів цілей у ієрархії. Відносний вплив кожної цілі в графі ієрархії на безпосереднього «нащадка» пропонується визначати як агреговане значення оцінок, наданих експертами групи. Ступені вагомості впливів (часткові коефіцієнти впливу) цілей можуть як вводитися у вигляді безпосередніх оцінок, так і обраховуватися на основі виконаного попарного порівняння, яке підвищує достовірність такого оцінювання. Передбачається, що кожне окреме парне порівняння може здійснюватись з використанням шкали, яка за своєю докладністю найкращим чином відповідає рівню знань (компетентності) експерта в питанні, що обговорюється

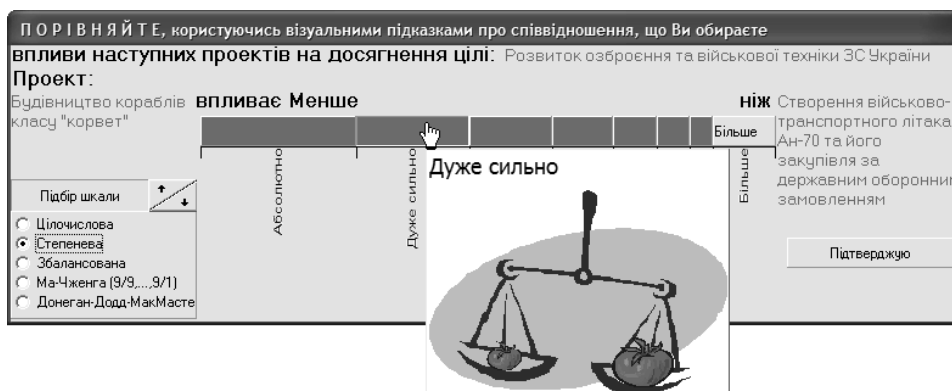


Рис. 2. Вибір експертом рівня детальності шкали парних порівнянь

[11]. Надання експерту можливості робити оцінювання у найзручнішій для нього шкалі або ж, навіть, відмовитись від виконання деяких порівнянь забезпечує йому більшу впевненість у своїх оцінках і, разом з тим, гарантує більшу достовірність результатів експертизи. У рамках розробленого програмного інструменту рівень деталізації шкали в ході оцінювання може поступово зростати, і вже остаточне оцінювання виконуватиметься в найбільш прийнятній шкалі (рис. 2).

Переваги підходу, який надає можливість використання різних шкал, над наявними підходами підтверджені експериментально. Опис експерименту наведено у [12].

Агрегацію індивідуальних експертних оцінок у вигляді неповних матриць парних порівнянь (МПП) впливів, виконаних у шкалах з різною докладністю, пропонується проводити комбінаторним методом [13, 14]. Цей метод агрегації має декілька переваг над наявними підходами до обробки МПП:

- У методі максимально використовується надлишковість інформації.

- Метод дозволяє визначати вагомість альтернатив у випадках, коли частина елементів МПП відсутня (не задана). Тобто для визначення ваг альтернатив не є обов'язковою вимогою наявність усіх парних порівнянь у матрицях. Необхідною умовою є лише зв'язність графа, що відповідає узагальненій МПП.

- Метод є одноетапним (на відміну від підходів, що застосовуються для обчислення ваг, скажімо, у групових методах оцінювання [15]). Агрегація парних порівнянь у групових методах ППР являє собою двоетапну процедуру: або (1) спочатку агрегуються індивідуальні МПП, а потім – на основі узагальненої матриці обчислюється вектор ваг альтернатив, або (2) спочатку за кожною МПП обчислюється вектор ваг а потім всі вектори агрегуються. У випадку (1) узгодженість усіх індивідуальних МПП не гарантує узгодженості підсумкової МПП. У випадку (2) узгодженість індивідуальних МПП не гарантує узгодженості векторів ваг обчислених за кожною з МПП. Якщо рівень узгодженості недостатній для коректного виконання агрегування та обрахунку ваг, то в такому випадку двоетапність процедур унеможливує організацію зворотного зв'язку з експертами для підвищення узгодженості. При застосуванні комбінаторного методу немає потреби в поетапному досягненні бажаного рівня узгодженості і тому не

має місця конфлікт між двома послідовними процесами узгодження. Якщо потрібно підвищити узгодженість парних порівнянь, то певні елементи індивідуальних МПП коригуються за згодою з експертами, що сформуvalи відповідні МПП. Для визначення рівня узгодженості експертних оцінок пропонується використовувати спектральний коефіцієнту згодженості [4,16], який порівнюється із заздалегідь обчисленими пороговими значеннями.

5. Розрахунок відносної ефективності проектів, тобто «відносного внеску» кожного проекту в досягнення головної цілі.

Проектом у даному контексті називається «атомарна» ціль із нижнього рівня ієрархії, на яку може безпосередньо впливати ОПР. Відносна ефективність кожного проекту обраховується за допомогою методу цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА), запропонованого В.Г. Тоценком у [17]. Метод було удосконалено в [18] та доведено до практичного застосування в серії СППР «Солон» [19].

Відносною ефективністю проекту вважається різниця між особливим чином розрахованими ступенями досягнення головної цілі за наявності цього проекту в ієрархії та за умовийого відсутності. Наприклад, якщо головна ціль досягається на 100%, а за відсутності проекту – на 98%, то його відносна ефективність серед інших проектів дорівнює 2%.

6. Визначення оптимальної стратегії розвитку галузі. Очевидно, що чим більше вагомість певного проекту, чи критерію, тим суттєвіше він впливає на реалізацію головної цілі. Тому спрямування ресурсівна цей проект приносить вагоміші та відчутніші результати. Отже, як оптимальну стратегію пропонується обирати оптимальний варіант розподілу ресурсів між проектами (тобто той, який забезпечує найбільш ефективне досягнення головної цілі в ієрархії) з урахуванням значень відносної ефективності цих проектів та необхідних і наявних ресурсів на поточний момент часу.

Задача вибору оптимального розподілу ресурсів міжпроектами є предметом окремого дослідження. Слід зазначити, що проекти можуть характеризуватися різними термінами реалізації і тому різними часовими затримками впливу на головну ціль. Завдяки застосуванню МЦДОА в рамках заданого стратегічного плану є можливість порівняти цілком різнопланові проекти: ті, що дають моментальний (невідкладний) ефект, з тими, ефект від виконання яких може з'явитись в далекій стратегічній перспективі. Інший важливий

параметр, який характеризує проекти – діапазон необхідних обсягів ресурсів. Наприклад, якщо мінімальний необхідний обсяг фінансування для здійснення проекту складає 1 млн. грн., а запитуваний – 2 млн. грн., то немає сенсу надавати на цей проект суму, що не належить до цього діапазону.

Зогляду на вказані особливості, найбільш раціональним способом розв’язання задачі розподілу ресурсів між проектами на заданий період вважається цілеспрямований перебір усіх можливих розподілів ресурсів з заданою точністю (припустимо, до 10 тис. грн.), наприклад, за допомогою генетичного алгоритму [20].

У залежності від складності предметної області та сформульованої цілі, що має бути досягнута, процес побудови стратегічного плану може бути простішим або складнішим. Втім, запропонований математичний апарат та розроблені програмні засоби ППР дають змогу, спираючись на всі доступні знання про предметну область, створювати досить масштабні та змістовні перспективні плани.

**Приклад**

Далі пропонується гіпотетичний приклад, що показує заключні етапи процесу побудови оптимального стратегічного плану на 5-річну

перспективу, за умов наявності фінансових ресурсів у обсязі 1 млрд. грн.

У рамках прикладу вважаємо, що ієрархію з головною ціллю «Забезпечити достатній рівень обороноздатності України» уже побудовано і триває 4-й етап побудови стратегічного плану з наведених у попередньому розділі

– оцінка відносних впливів проектів на деяку ціль з графа ієрархії цілей.

Оцінювання на цьому етапі прикладу виконується групою з трьох рівно компетентних експертів. Кожному експертові надається можливість визначити наявність переваги для кожної пари із 4-х проектів – виконати ординальне порівняння („>” – більше; „<” – менше), визначитись зі шкалою оцінювання, вибрати кількість поділок для цієї шкали, власне, обрати номер конкретної поділки.

У табл.1 наведено дані експертного оцінювання щодо проектів, які впливають на ціль „Розвиток озброєння та військової техніки ЗСУ”: С1 – оборонна програма розвитку ОВТ; С2 – заходи щодо створення ракетного комплексу; С3 – будівництво кораблів класу «корвет»; та С4 – створення військово-транспортного літака Ан-70 та його закупівля задержаним оборонним замовленням.

**Таблиця 1. Приклад експертного оцінювання відносних впливів проектів**

	Експерт 1					Експерт 2					Експерт 3				
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	
Ординальне порівняння	C <sub>1</sub>	1	*	>	>	C <sub>1</sub>	1	>	<	>	C <sub>1</sub>	1	>	>	>
	C <sub>2</sub>		1	<	>	C <sub>2</sub>		1	<	>	C <sub>2</sub>		1	<	<
	C <sub>3</sub>			1	>	C <sub>3</sub>			1	*	C <sub>3</sub>			1	>
	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1
Кількість поділок шкали	C <sub>1</sub>	1	*	5	9	C <sub>1</sub>	1	5	5	9	C <sub>1</sub>	1	5	8	9
	C <sub>2</sub>		1	5	9	C <sub>2</sub>		1	7	9	C <sub>2</sub>		1	9	3
	C <sub>3</sub>			1	5	C <sub>3</sub>			1	*	C <sub>3</sub>			1	9
	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1
Номер поділки	C <sub>1</sub>	1	*	3	4	C <sub>1</sub>	1	4	2	7	C <sub>1</sub>	1	2	4	8
	C <sub>2</sub>		1	2	2	C <sub>2</sub>		1	4	5	C <sub>2</sub>		1	3	2
	C <sub>3</sub>			1	5	C <sub>3</sub>			1	*	C <sub>3</sub>			1	3
	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1
Номер шкали	C <sub>1</sub>	1	*	3	3	C <sub>1</sub>	1	3	4	1	C <sub>1</sub>	1	1	2	3
	C <sub>2</sub>		1	3	3	C <sub>2</sub>		1	4	2	C <sub>2</sub>		1	1	5
	C <sub>3</sub>			1	3	C <sub>3</sub>			1	*	C <sub>3</sub>			1	1
	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1
Уніфіковані значення парних порівнянь	C <sub>1</sub>	1	*	2.615	2.280	C <sub>1</sub>	1	4.529	0.833	7.000	C <sub>1</sub>	1	2.500	2.011	6.839
	C <sub>2</sub>		1	0.662	1.316	C <sub>2</sub>		1	0.574	2.333	C <sub>2</sub>		1	0.333	0.726
	C <sub>3</sub>			1	7.845	C <sub>3</sub>			1	*	C <sub>3</sub>			1	3.000
	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1	C <sub>4</sub>				1

На основі уніфікованих значень парних порівнянь (нижній ряд матриць табл. 1) обчислюються відносні ваги впливів проектів (табл. 2).

**Таблиця 2. Розраховані відносні ваги впливів проектів**

Позначка проекту	Нормалізоване значення ваги
C1	0.4054
C2	0.1508
C3	0.3464
C4	0.0975

Результатом 5-го етапу є подані в графічному вигляді розрахунки відносної ефективності проектів. На екранній формі СППР „Солон-3” (рис. 3) можна спостерігати прогнозовану динаміку змін відносної ефективності на часовому проміжку.

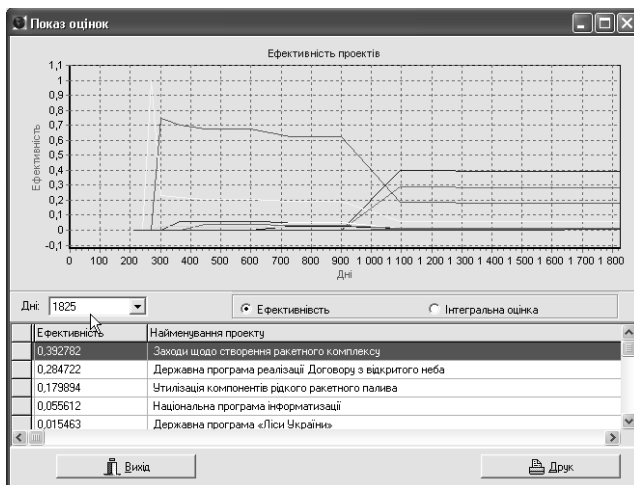


Рис. 3. Розрахована відносна ефективність проектів

Для побудови оптимальної стратегії на 5-річну перспективу скористаємось інструментарієм розподілу ресурсів (рис. 4).

Для кожного проекту, що претендує на фінансування, вводять експертні оцінки: мінімальнеобхідна кількість ресурсів для існування проекту (R min), відсоток виконання проекту примінімальному фінансуванню (% min), кількість ресурсів, що запитується (R max) та запланований відсоток виконання при цьому (% max – зазвичай дорівнює100%). Після виконання розрахунків (кнопка <Розподілити>) кількості виділених ресурсів розміщуються в колонці «виділено».

Список рекомендованих дій для ОПР у вигляді набору проектів із розрахованими обсягами фінансування буде базисом для оптимального стратегічного плану досягнення поставленої головної мети в 5-річній перспективі в рамках наявних обмежених ресурсів.

**Висновки**

У роботі запропоновано технологію стратегічного планування, яка ґрунтується на використанні апарату експертної підтримки прийняття рішень.

Перевагами запропонованої технології є можливість використання усіх наявних знань про предметну область (включаючи знання експертів) та врахування кількісних та якісних факторів, що впливають на досягнення стратегічної цілі, висока достовірність групових експертиза рахунок механізму забезпечення достатньо узгодженості експертних даних, у тому числі неповних та отриманих з використанням різних шкал оцінювання, а також можливість врахування часових рамок виконання проектів та наявності

№	Назва проекту	R min	% min	R max	% max	виділено
1	Будівництво кораблів класу "корвет"	100000	25	300000	100	282360,0000
2	Державна програма «Ліси України»	1000	30	3000	100	0,000
3	Державна програма реалізації Договору з відкритого неба	1000	80	1300	100	0,000
4	Забезпечення живучості та вибухобезпечності арсеналів, баз та складів озброєння, ракет і боеприпасів ЗСУ	20000	20	50000	100	46070,000
5	Забезпечення житлом військовослужбовців, осіб рядового і начальницького складу органів внутрішніх справ, крим	10000	10	80000	100	53830,0000
6	Заходи щодо створення ракетного комплексу	20000	50	50000	100	50000,000
7	Національна програма інформатизації	5000	80	7000	100	6160,0000
8	Облаштування та реконструкція державного кордону	60	25	200	100	60,000
9	Оборонна програма розвитку ОВТ	50000	10	500000	100	434080,0000
10	Створення військово-транспортного літака Ан-70 та його закупівля за державним оборонним замовленням	150000	40	300000	100	115380,0000
11	Утилізація звичайних видів боеприпасів, не придатних для подальшого використання і зберігання	30000	50	45000	100	0,000
12	Утилізація компонентів рідкого ракетного палива	8000	70	12000	100	0,000

Рис. 4. Розрахований розподіл ресурсів між проектами

необхідних ресурсів. Перелічені особливості роблять технологію зручним та гнучким інструментом стратегічного планування.

Якприклад застосування методики розглянуто оцінку конкретних проектів, спрямованих на розвиток ЗСУ.

Подальші дослідження в даному напрямі можуть бути присвячені розробці нових алгоритмів визначення оптимального розподілу ресурсів в контексті заданої головної мети стратегічного плану.

### Література

1. Чепков І.Б. Методичний підхід до обґрунтування раціонального співвідношення обсягів розробки, закупівлі та ремонту озброєння й військової техніки [Текст] / І. Б. Чепков, Б.М. Ланецкий, О.Б. Леонтьєв, В. В. Лук'янчук // Озброєння та військова техніка. – 2014. – № 3. – С. 9–14.
2. Бегма В.М. Військово-технічна та оборонно-промислова політика України в сучасних умовах: аналіз доп. [Текст] / В. М. Бегма, О. О. Свергунов; упоряд. В. М. Маркелов [за заг. ред. В. М. Бегми]. – К.: НІСД, 2013 – 112 с.
3. Aull-Hyde Rhonda Military applications of the analytic hierarchy process [Text] / Rhonda Aull-Hyde, Kirsten Andrews Davis // Int. J. of Multicriteria Decision Making. – 2012. – Vol. 2, No. 3. – pp. 267–281.
4. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект [Текст] / В. Г. Тоценко; ИПРИ НАНУ – К.: Наук. думка, 2002. – 382 с.
5. Полегенько А.Ф. Оценка относительной компетентности экспертов в экспертной группе с использованием матриц парных сравнений [Текст] / А. Ф. Полегенько, А. В. Князьский // Озброєння та військова техніка. – 2014. – № 3. – С. 49–55.
6. Saaty T. L. Relative measurement and its generalization in decision making. Why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors. The Analytic Hierarchy/Network Process [Text] / T. L. Saaty // Statistics and Operations Research. – 2008. – Vol. 102 (2). – pp. 251–318.
7. Тоценко В. Г. Об одном подходе к рейтингованию высших учебных заведений [Текст] / В. Г. Тоценко, С. В. Каденко, Т. Г. Сигал // Проблемы управления и информатики. – 2008. – № 1. – С. 87–95.
8. Циганок В.В. Технологія стратегічного планування на основі експертної підтримки прийняття рішень [Текст] / В. В. Циганок, О. В. Андрійчук, С. В. Каденко // Зб. доповідей щорічної конф. з міжнародною участю «Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика». – Київ, 2015. – С. 33–37.
9. Tsyganok V. V. Using Different Pair-wise Comparison Scales for Developing Industrial Strategies [Text] / V. V. Tsyganok, S. V. Kadenko, O. V. Andriichuk // Int. J. Management and Decision Making. – 2015. – Vol. 14, No 3. – pp. 224–250.
10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №45894 Держ. служби інтелект. власності України. Комп'ютерна програма „Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень – «Консенсус»” / В. В. Циганок, П. Т. Качанов, О. В. Андрійчук, С. В. Каденко. – Від 03/10/2012.
11. Циганок В. В. Агрегація групових експертних оцінок, що отримані у різних шкалах [Текст] / В. В. Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2011. – Т. 13. – № 4. – С. 74–83.
12. Циганок В.В. Експериментальний аналіз технології експертного оцінювання [Текст] / В. В. Циганок, П. Т. Качанов, С. В. Каденко, О. В. Андрійчук, Г. А. Гоменюк // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 91–100.
13. Циганок В. В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом [Текст] / В. В. Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2000. – Т. 2, № 2. – С. 92–102.
14. Tsyganok V. V. Investigation of the aggregation effectiveness of expert estimates obtained by the pair-wise comparison method [Text] / V. V. Tsyganok // Mathematical and Computer Modelling. – 2010. – Vol. 52 (3-4). – pp. 538–544.
15. Forman E. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process [Text] / E. Forman and K. Peniwati // European Journal of Operational Research. – 1998. – Vol. 108. – pp. 131–145.
16. Циганок В. В. Елементи комбінаторного підходу при визначенні спектрального

- коефіцієнта узгодженості експертних парних порівнянь [Текст] / В. В. Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2012. – Т. 14. – № 2. – С. 98–105.
17. Тоценко В. Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Ч. 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив [Текст] / В. Г. Тоценко // Проблемы управления и информатики. – 2001. – № 2. – С. 127–139.
18. Циганок В. В. Удосконалення методу цільового динамічного оцінювання альтернатив та особливості його застосування [Текст] / В. В. Циганок // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2013. – Т. 15, № 1. – С. 90–99.
19. Свідомство про держ. реєстрацію автор. права на твір № 8669. МОН України Держ. деп. інтелект. власності. Комп'ютерна програма "Система підтримки прийняття рішень СОЛОН-3" (СППР СОЛОН-3) / В. Г. Тоценко, П. Т. Качанов, В. В. Циганок. – Зареєстр. 31.10.2003.
20. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence [Text] / J. H. Holland. – London : Bradford book edition, 1994. – 211 p.