

DOI: 10.35681/1560-9189.2019.21.4.199489

УДК 519.816

В. В. Циганок, О. В. Андрійчук, С. В. Каденко, О. В. Карабчук

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України

вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Підтримка прийняття рішень при побудові стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури

Запропоновано технологію підтримки прийняття рішень для побудови стратегічного плану розвитку міської інфраструктури. Технологія передбачає декомпозицію головної цілі стратегії, яка пов'язана з підвищенням безпеки дорожнього руху та базується на знаннях у цій сфері, опублікованих як статистичні дані, та знаннях експертів — спеціалістів з безпеки дорожнього руху. Побудована в результаті застосування технології модель предметної області використовується для визначення стратегічного плану заходів з розвитку міської транспортної інфраструктури, які загалом створюють максимальний ефект при досягненні головної цілі в умовах наявних на поточний час фінансових обмежень.

Ключові слова: підтримка прийняття рішень, цільова ієрархічна декомпозиція, стратегічне планування, безпека дорожнього руху, транспортна інфраструктура.

Вступ

Розвиток міської транспортної інфраструктури є важливою і актуальною задачею як для місцевої влади, так і господарюючих органів на рівні держави. Важливо, щоби питання транспортних інфраструктурних рішень вирішувалися з урахуванням необхідності підвищення безпеки дорожнього руху, що є важливим елементом сталого розвитку держави та поліпшення якості життя населення.

Раціональний розвиток міської інфраструктури можливий за умови правильного довгострокового планування з урахуванням фінансових і технічних можливостей влади та суб'єктів господарювання. Про актуальність такого довгострокового (стратегічного) планування свідчить затвердження Кабінетом Міністрів України Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні [1]. Метою Програми є зниження в Україні рівня аварійності та ступеня тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод, насамперед, соціально-економічних,

© В. В. Циганок, О. В. Андрійчук, С. В. Каденко, О. В. Карабчук

відповідно до цілей, визначених Стратегією підвищення рівня безпеки дорожнього руху (далі — Стратегія) [2]. Метою Стратегії є зниження рівня смертності внаслідок дорожньо-транспортних пригод щонайменше на 30 відсотків, ступеня тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод для учасників дорожнього руху та зменшення соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортного травматизму, а також запровадження ефективної системи управління безпекою дорожнього руху для забезпечення захисту життя та здоров'я населення.

Для побудови ефективних стратегій застосовуються системи підтримки прийняття рішень (СППР). Прикладом застосування СППР для стратегічного планування є формування системи кількісних та якісних показників для оцінювання ефективності космічної діяльності в Україні [3], де для забезпечення найкращої відповідності між космічною діяльністю та суспільними, економічними, екологічними та іншими потребами виникла необхідність у побудові стратегій розвитку космічної галузі в цілому та космічної діяльності зокрема. Наявні на той час в Україні стратегії розвитку космічної діяльності потребували достовірної оцінки ефективності конкретних заходів і проектів, що входили до їхнього складу.

Вимоги до побудови стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури

З огляду на викладені міркування, виникає необхідність у розробці технології побудови стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури, яка дозволила би:

1) враховувати особливості сфери підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури у відповідній моделі предметної області (в базі знань СППР), яка будується на основі знань, наданих різними експертами, та знань, що отримані з об'єктивних джерел;

2) визначати конкретні заходи (проекти) з підвищення безпеки дорожнього руху і розвитку міської транспортної інфраструктури та раціонально розподіляти ресурси між ними;

3) враховувати непрямий прибуток чи вплив, а саме опосередкований ефект від підвищення безпеки дорожнього руху, наприклад, шляхом визначення:

— нових технологій, що з'явилися завдяки виконанню заходів з підвищення безпеки дорожнього руху;

— нових ринків і галузей та оцінки фінансового обігу на відповідних ринках;

— економічного ефекту від управлінських рішень, прийнятих під впливом результатів підвищення безпеки дорожнього руху;

— приросту рентабельності транспортної інфраструктури чи інших галузей;

— прогнозованої доданої вартості та інших факторів;

4) будувати не тільки кінцеві, а й проміжні оцінки ефективності виконання проектів, зокрема заходів стратегії, які виконані не повністю, або які щойно почали виконуватися;

5) оцінювати ступінь виконання як довгострокових загальних завдань і проектів у рамках підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури, так і їхніх окремих складових на певному інтервалі часу, а також доцільність подальшого виконання проектів, які виконані не повністю.

Аналіз наявних технологічних рішень

З урахуванням сформованих вимог, проаналізуємо можливості наявних технологій побудови стратегій, реалізованих у вигляді спеціалізованих програмних продуктів та їхню відповідність поставленим задачам. Спільні риси, що характеризують усі архітектури СППР, незалежно від призначення, обмежуються наступними: наявність бази знань, наявність моделі предметної області (контексту рішення та критеріїв оцінки), наявність інтерфейсу для користувачів [4]. Зосередимо увагу на СППР універсального призначення, математичне забезпечення яких включає найбільш популярні сучасні методи підтримки прийняття рішень (ППР).

Одним із найбільш поширених на сьогоднішній день є метод аналізу ієрархій і мереж, розроблений Сааті [5, 6] і реалізований, зокрема, у СППР SuperDecisions. Ця система прийшла на зміну відомому у недалекому минулому програмному продукту ExpertChoice [7]. З-поміж інших СППР, в яких реалізовані ці методи, варто згадати такі системи як DecisionLens [8], MakeItRational [9], MindDecider [10], RationalFocalPoint [11].

Іншою СППР є Logical Decisions [12], у якій використовується як інструментарій методу аналізу ієрархій, так і методи багатofакторної теорії корисності. Система призначена для багатокритеріальної оцінки альтернатив із заданої множини. Ваги критеріїв задаються шляхом безпосереднього оцінювання, або парних порівнянь у довільній шкалі. Альтернативи оцінюються попарно у довільній шкалі.

Система «Оценка и выбор» призначена для вирішення задач багатокритеріального прийняття рішень за умови, що задача може бути ієрархічно структурована [13, 14]. СППР «Оценка и выбор» використовує метод аналізу ієрархій, функції цінності, метод простого зважування, домінантний аналіз Парето, аналіз «вигоди/витрати».

Система PROMETHEE базується на однойменному методі [15], аббревіатура назви якого в перекладі на українську мову розшифровується як «метод організації ранжирування переваг для збагачення оцінок». PrometheeVisual є «нащадком» попередніх продуктів, де було реалізовано відповідний метод, таких як PromCalc та DecisionLab.

1000minds — інструмент для групового дистанційного прийняття рішень з ранжирування альтернатив на основі їхніх оцінок за кількома (двома або більше) критеріями [16]. В основі математичного забезпечення системи лежить метод PAPRIKA, що враховує усі потенційні попарні ранжирування усіх можливих альтернатив, описаний, зокрема, у [17].

СППР «AIRM online», фактично, являє собою програмну реалізацію методу рандомізації агрегованих індексів AIRM. Опис методу можна знайти, зокрема, у [18].

У рамках візуального програмного пакету «Analytica», розробленому компанією Lumina Decision Systems [19], для ілюстративного подання ситуації прийняття рішення, використовуються так звані діаграми впливів. Математичне забезпечення системи ґрунтується здебільшого на статистичному інструментарії.

Програма D-Sight [20] призначена для багатокритеріального оцінювання (ранжирування) множини альтернатив із використанням різних шкал (кількісних та якісних). У програмі передбачено багато засобів візуалізації результатів, зок-

рема, із використанням інструментарію методу PROMETHEE/GAIA та елементів багатofакторної теорії корисності (MAUT).

СППР Tree Age Pro [21] призначена для оцінки різних варіантів рішень, які представляються у вигляді гілок дерева рішень. Система являє собою ціле середовище із широкими можливостями для автоматизації та структурування процесу експертного оцінювання та вибору під час вирішення задач різноманітної специфіки. Математичний інструментарій системи ґрунтується на апараті теорії ймовірностей.

Програма Very Good Choice [22], розроблена компанією MVLsoft, використовує як базовий метод підтримки прийняття рішень метод ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Realite — виключення та вибір, що відображають реальність), який описано в [23]. Програма виконана у вигляді «надбудови» (add-in) для пакету Microsoft Excel.

Серія СППР «Свирь» призначена для вирішення задачі багатокритеріального вибору, що розв'язуються у методами багатокритеріальної оптимізації і класифікації, аналізу ієрархій. Система та її модифікації описані у численних публікаціях, зокрема у [24, 25].

СППР «Солон-3» [26] є інструментом стратегічної підтримки прийняття рішень шляхом формування комплексних цільових програм. Технологічний процес ППР за допомогою системи, включає наступні етапи: декомпозицію головної цілі та побудову ієрархії цілей; визначення часткових коефіцієнтів впливу підцілей експертами; визначення (розрахунок) відносної ефективності напрямків виконання програми та генерацію альтернативних проектів; розрахунок коефіцієнтів впливу проектів на досягнення головної цілі, що використовуються як показники відносної ефективності проектів; відбір найефективніших заходів (проектів); розподіл ресурсів між відібраними проектами. Для розрахунку відносної ефективності проектів у даній СППР застосовується метод цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА), який описаний у [27, 28].

З урахуванням наведеного у [29, 30] порівняльного аналізу СППР, можна зробити висновок, що у жодній зі згаданих СППР не передбачено можливості одночасного введення та подальшої агрегації оцінок за одним і тим же критерієм у різних шкалах, хоча початкові кроки до цього зроблено. Наприклад, існують технології ППР і реалізовані на їхній основі СППР, в яких при отриманні інформації від експертів попередньо обирається шкала оцінювання, але необґрунтовано вважається, що обрана шкала однаково прийнятна для усіх експертів, або для усіх питань у заданій предметній області. Таким чином, ігнорується той факт, що кожен експерт може мати свій власний рівень компетентності в кожному питанні експертизи. Цей недолік у наявних технологіях ППР призводить до того, що на експерта опосередковано здійснюється тиск, або ж, навпаки, експертні знання отримуються не повною мірою. Даний недолік суттєво впливає на адекватність побудованих експертним шляхом моделей предметних областей і, як наслідок, на відповідність рекомендацій, що надає СППР, дійсним уявленням експертів (їхнім знанням) про предмет експертизи.

Також слід зазначити, що невід'ємними вимогами до організації роботи з експертами є групова експертиза. Можливість супроводу системи (її бази знань) під час довготривалої експлуатації, з наданням експертам можливості змінювати

свої попередні судження внесені в базу знань, на жаль на теперішній час, розробниками СППР практично не надається.

З-поміж вищерозглянутих СППР, серія СППР «Солон» та сумісні з ними програмні засоби розподіленого збору та обробки експертної інформації [31, 32] є найбільш придатними та доступними інструментами для ППР у процесі стратегічного планування в галузі підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури.

Технологія підтримки прийняття рішень при побудові стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури

Для вирішення задачі побудови стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури пропонується технологія, в рамках якої Стратегія являє собою перелік обраних заходів на певний часовий проміжок в умовах обмеженого фінансування, на основі використання СППР «Солон-3». Основними перевагами технології є можливість адаптувати створений стратегічний план досягнення мети до можливих змін напрямів досягнення мети та можливих коректив у фінансуванні. Така адаптація полягає як у коригуванні переліку найважливіших факторів і цілей на певний момент часу, так і значень їхніх відносних коефіцієнтів взаємного впливу. Коригування моделі предметної області в базі знань СППР дають можливість постійного перерозподілу наявних ресурсів у ході досягнення мети та постійної адаптації стратегічного плану до зовнішніх змін.

Технологія побудови стратегічного плану включає в себе побудову цільової ієрархічної моделі предметної області шляхом групової декомпозиції головної цілі, а також використання в СППР інструментарію раціонального розподілу ресурсів для визначення на основі побудованої моделі переліку заходів для виконання (складових стратегічного плану).

У табл. 1 представлено ряд технологічних операцій процесу підтримки прийняття рішень при побудові стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури.

Основний математичний інструментарій ППР при побудові стратегічних планів включає ряд методів роботи з цільовими ієрархічними моделями, які застосовуються у певному порядку, а саме:

— метод цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА) — простих і комплексних заходів [27];

— метод визначення відносних показників ефективності альтернатив на інтервалі часу [33];

— метод раціонального розподілу ресурсів [34].

МЦДОА дозволяє оцінити відносні показники ефективності альтернатив на інтервалі часу. Задачі такого роду виникають при ППР щодо планування комплексних цільових програм, що включають проекти, розраховані на виконання протягом тривалого часу.

Залежність цих показників від часу обумовлена низкою причин:

- 1) зміною в часі значимості підцілей або проектів (заходів), що обумовлена природою розв'язуваної проблеми;
- 2) наявністю затримки впливу факту досягнення деяких підцілей;
- 3) наявністю причинно-пов'язаних проектів, що мають різні тривалості виконання (такі проекти варто оцінювати тільки у взаємозв'язку).

Таблиця 1. Технологічні операції процесу підтримки прийняття рішень при побудові стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури

№	Технологічна операція	Способи виконання	Виконавець
1	Формулювання головної цілі стратегії	Формулювання у вигляді текстового опису	Особа, що приймає рішення
2	Попереднє дослідження предметної області	Аналіз відкритих джерел з мережі Інтернет, аналіз літератури, аналіз інформації з корпоративних баз даних	Інженер зі знань
3	Формування експертних груп	Методи оцінювання компетентності експертів	Інженер зі знань
4	Експертна декомпозиція цілей	Методи індивідуальної та групової експертної декомпозиції цілей (критеріїв)	Експерт
5	Експертне оцінювання ступенів впливу цілей	Метод експертних парних порівнянь, безпосереднє експертне оцінювання	Експерт
6	Побудова бази знань предметної області	Об'єднання знань, наданих різними експертними групами та знань отриманих з об'єктивних джерел	Інженер зі знань
7	Формування переліку проектів з визначенням обсягів їхнього фінансування	Безпосереднє введення в базу знань	Інженер зі знань
8	Експертне оцінювання проектів	Метод експертних парних порівнянь, безпосереднє експертне оцінювання	Експерт
9	Розрахунок рейтингу проектів	Модифікований метод цільового динамічного оцінювання альтернатив, метод визначення відносних показників ефективності альтернатив на інтервалі часу	Інженер зі знань
10	Розподіл ресурсів	Метод раціонального розподілу ресурсів на базі генетичного алгоритму	Інженер зі знань
11	Демонстрація особі, що приймає рішення, рекомендацій СППР	Візуалізація: графу ієрархії цілей, рейтингу відносної ефективності проектів, таблиці розподілу ресурсів	Інженер зі знань

Особливістю МЦДОА є можливість його застосування, коли неможливо сформулювати множину критеріїв, застосованих до кожної розглянутої альтернативи. Кожна мета та кожна альтернатива оцінюються коефіцієнтами впливу на досягнення своїх безпосередніх надцілей (їх, як правило, небагато). Як показник відносної ефективності кожної альтернативи (як і кожної підцілі головної цілі)

використовується приріст ступеня досягнення головної цілі, обумовлений прийняттям альтернативи (повним досягненням підцілі). Ще одною особливістю запропонованого методу є неявне задавання функції корисності, обумовлене структурою ієрархії, описами умов досягнення цілей і коефіцієнтами впливу їх на безпосередні надцілі.

При використанні цього методу особа, що приймає рішення, немає необхідності висловлювати свої переваги і уподобання по всій проблемі в цілому. Вона залишає за собою право конструювати один або кілька рівнів ієрархії цілей, доручаючи побудову наступних рівнів експертам. Характерно те, що експертам не пропонується вирішити всю проблему від початку до кінця, кожен з них залучається тільки для вирішення вузьких питань, у яких він дійсно є компетентним фахівцем. При цьому спеціалізації експертів, яких треба залучити до побудови ієрархії цілей, заздалегідь невідомі. Вони визначаються в ході побудови ієрархії, коли виникає необхідність провести декомпозицію підцілей чергового рівня. Така організація роботи дозволяє акумулювати в ієрархії цілей знання багатьох експертів різних спеціальностей, що відрізняє їх від баз знань традиційних експертних систем, які будують фахівці однієї або декількох близьких спеціальностей. Це забезпечує більш професійний рівень прийняття рішень, недоступний особі, що приймає рішення, або окремо взятому експертові.

Таким чином, ранжирування альтернатив здійснюється на основі цільового, а не багатокритеріального оцінювання. Метод дозволяє за необхідності врахувати затримку впливу підцілей на досягнення їхніх безпосередніх надцілей, що істотно розширює можливості адекватного опису проблеми, щодо якої приймається рішення. МЦДОА дозволяє визначати відносну ефективність альтернатив на інтервалі часу.

Область застосування запропонованого методу достатньо широка та включає цільові програми гуманітарного, економічного, екологічного, освітнього та технічного напрямків. Він може застосовуватися не тільки для порівняльної оцінки ефективності наявних альтернатив, але й для визначення найбільш перспективних напрямків реалізації програм і формулювання нових альтернатив.

При визначенні заходів (проектів) з підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури пропонується розв'язання задачі раціонального розподілу ресурсів, як ключової задачі стратегічного планування. Формальна постановка задачі у цьому випадку може бути наступною.

Дано:

- 1) множина проектів $P = \{P_i\}, i = (\overline{1, n})$, де n — це кількість проектів;
- 2) для кожного проекту P_i задається функція залежності $S_i = f(R_i)$ ступеня його виконання S_i від величини фінансування R_i ;
- 3) алгоритм підрахунку ступеня досягнення головної цілі програми, що відповідає вектору $\overline{S} = \{S_i\}$ ступенів виконання проектів: $E(\overline{S})$.

Знайти вектор $\overline{R} = \{R_i\}$, при якому $E(\overline{S}) \rightarrow \max$, при обмеженні $\sum_{i=1}^n R_i \leq R^*$,

де R^* — загальний обсяг фінансування програми.

Як модель ступеня виконання проекту в задачі, що розглядається, пропонується вибрати просту кусочно-неперервну функцію, вигляд якої зображено на рис. 1.

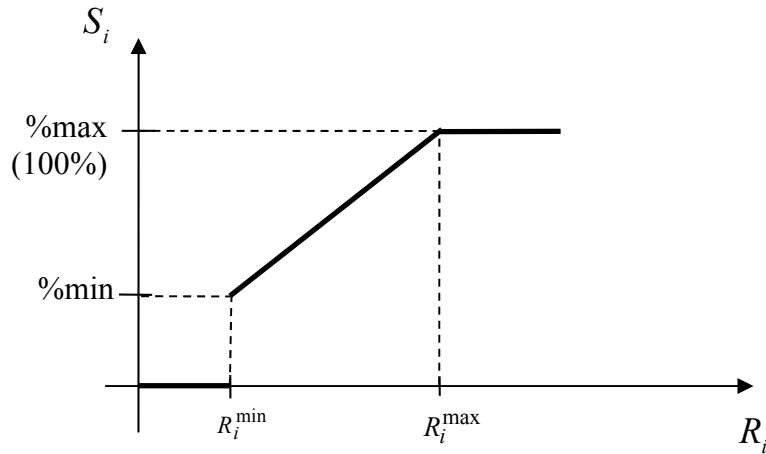


Рис. 1. Функція залежності ступеня виконання i -го проекту від фінансування

На рис. 1 R_i^{max} — це величина ресурсу, яка потрібна для повного виконання i -го проекту, R_i^{min} — мінімальна кількість ресурсів, що необхідна для виконання проекту на деяку не нульову величину у відсотках ($\% min$).

Для вирішення задачі розподілу ресурсів використовується один із еволюційних методів направленої перебору варіантів — генетичний алгоритм [34].

Застосування технології підтримки прийняття рішень при побудові стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури

Оскільки головна мета Стратегії була чітко сформульована [1, 2] і пов'язана з підвищенням безпеки дорожнього руху, то доцільно при її декомпозиції, у ході побудови моделі предметної області, скористатися знаннями, що систематизовані у вигляді докладного переліку факторів, які спричиняють дорожньо-транспортні пригоди, основних концепцій досліджень безпеки дорожнього руху в частині використання показників аварій для вимірювання безпеки тощо [35]. У рамках побудови цільової ієрархічної моделі предметної області слід враховувати наступні заходи безпеки дорожнього руху:

- проектування доріг і дорожнього обладнання;
- технічне обслуговування доріг;
- контроль руху;
- проектування конструкції транспортних засобів і захисних пристроїв;
- періодичний огляд транспортних засобів і гаражів;
- підготовка водіїв і регулювання поведінки професійних водіїв;
- народна освіта та інформація щодо безпеки на дорогах;
- санкції і дії правоохоронних органів;
- обслуговування після дорожньо-транспортних пригод;

— інструменти загального призначення щодо політики забезпечення безпеки дорожнього руху.

Усі вищезазначені знання щодо безпеки дорожнього руху та поведінки на дорогах були систематизовані і структуровані у вигляді цільової ієрархічної моделі з визначенням пріоритетів і відносних коефіцієнтів впливу найважливіших факторів безпеки.

Було проведено колективну експертну декомпозицію у системі розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття рішень «Консенсус-2» [31]. При цьому організатор експертизи (інженер зі знань) ініціював декомпозицію головної цілі, яка сформульована у відповідності до мети стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури. Далі кожен із призначених експертів мав можливість працювати з системою «Консенсус-2» через свій інтернет-браузер. У рамках декомпозиції кожної цілі експерти вказали найвагомші фактори, які на їхню думку є найбільш суттєвими. Після формулювання експертами групи множини факторів відбувалося групування однакових за змістом формулювань і голосування за найкраще з них. Таким чином, було сформовано множину підцілей головної цілі. Далі були введені відповідні основні властивості підцілей (кількісна/якісна, порогова/квазілінійна) та впливів (позитивний/негативний, відносні коефіцієнти впливу, часові затримки). Фрагмент результату колективної побудови моделі предметної області в системі «Консенсус-2» приведено на рис. 2.

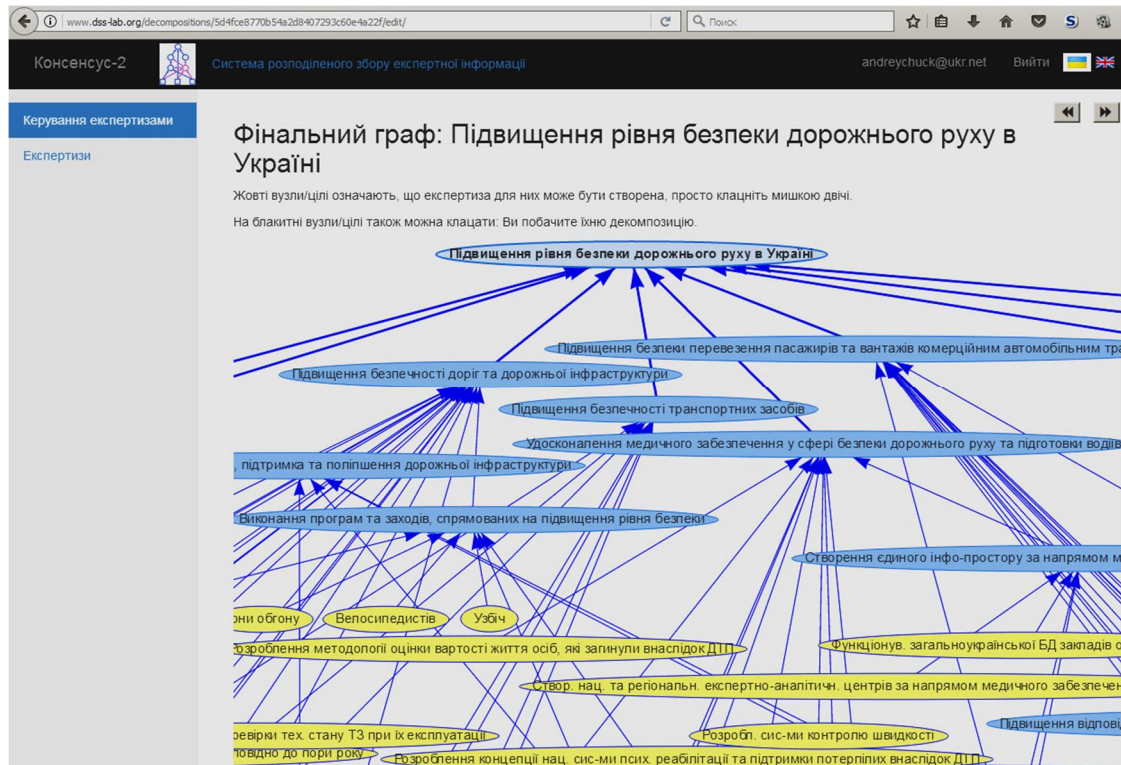


Рис. 2. Фрагмент результату колективної побудови цільової ієрархічної моделі предметної області в системі «Консенсус-2»

Відповідно до приведеного на рис. 2 фрагменту цільової ієрархічної моделі на ціль «Підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні» впливають наступні підцілі, що показані у вигляді відповідного ієрархічного списку.

1. Підвищення безпеки перевезення пасажирів і вантажів комерційним автомобільним транспортом.

2. Підвищення безпечності доріг і дорожньої інфраструктури:

1) сприяння безпечному функціонуванню, підтримка та поліпшення дорожньої інфраструктури:

— розроблення системи контролю швидкості;

2) виконання програм і заходів, які спрямовані на істотне підвищення рівня безпеки:

— велосипедистів;

— на узбіччях;

— у зонах обгону.

3. Підвищення безпечності транспортних засобів:

1) запровадження механізму обов'язкового використання шин відповідно до пори року;

2) запровадження проведення перевірки технічного стану транспортних засобів під час їхньої експлуатації.

4. Удосконалення медичного забезпечення у сфері безпеки дорожнього руху та підготовки водіїв:

1) розроблення методології оцінки вартості життя осіб, які загинули внаслідок дорожньо-транспортних пригод;

2) створення єдиного інформаційного простору за напрямом медичного забезпечення у сфері безпеки дорожнього руху шляхом:

— створення національного та регіональних експертно-аналітичних центрів за напрямом медичного забезпечення у сфері безпеки дорожнього руху;

— функціонування загальноукраїнської бази даних закладів охорони здоров'я;

3) розроблення концепції національної системи психологічної реабілітації та підтримки потерпілих внаслідок дорожньо-транспортних пригод.

Описаний вище фрагмент входить до ієрархії цілей стратегії підвищення безпеки дорожнього руху та розвитку міської транспортної інфраструктури і повністю відповідає Державній програмі підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні [1] та Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху [2].

Для проведення експертного оцінювання ступенів впливу цілей було використано комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь «Рівень», як показано на рис. 3.

Сформована описаним вище чином цільова ієрархічна модель предметної області була імпортована до бази знань СППР «Солон-3» [26]. Засобами СППР «Солон-3» було проведено розрахунок ступеня досягнення головної цілі, рейтингу відносної ефективності проектів і відповідний розподіл ресурсів між проектами у відповідності до їхніх мінімально можливих і бажаних обсягів фінансування, як показано на рис. 4.



Рис. 3. Експертне оцінювання за допомогою програмного інструментарію «Рівень»

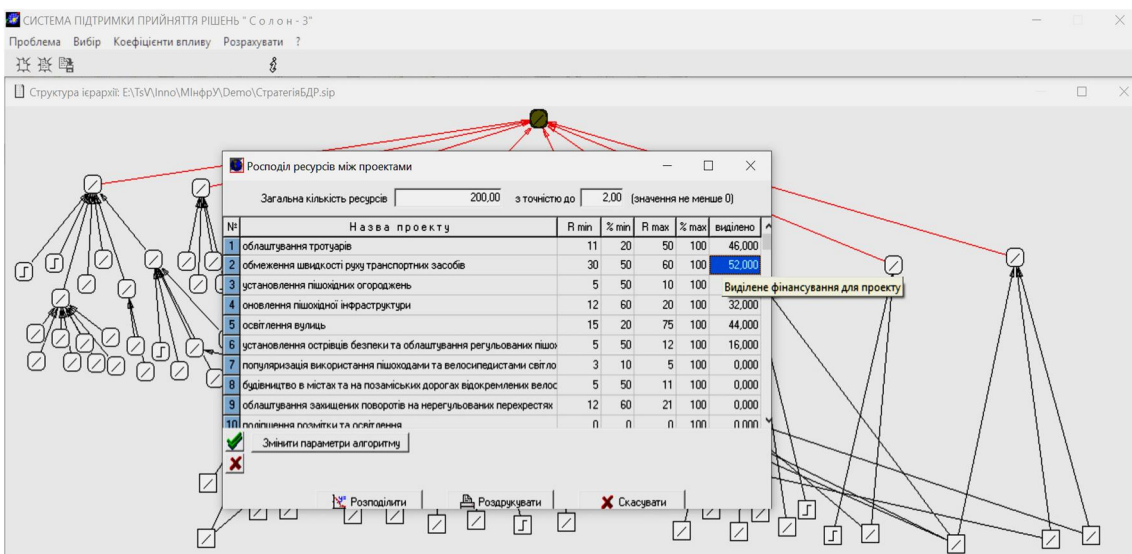


Рис. 4. Фрагмент результату розподілу ресурсів між проектами в СППР «Солон-3»

Відповідно до показаного на рис. 4 фрагменту результату розподілу ресурсів маємо: наявний обсяг фінансування — 200 одиниць ресурсу та ряд проектів (заходів), що на цей ресурс претендують. Сумарна кількість ресурсів для задоволення на 100 % усіх запитів — 264 одиниці ресурсу. В табл. 2 наведено фрагмент результату розподілу ресурсів між цими проектами.

До стратегічного плану досягнення цілі «Підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні» за певний визначений часовий проміжок включаються лише ті проекти з переліку, які отримали фінансування (ресурси) для їхнього здійснення на заданому інтервалі часу.

Слід зазначити, що запропонована технологія дає змогу розраховувати різні варіанти та сценарії досягнення цілі при різних можливих варіантах обсягу фінансування (задання загальної кількості ресурсів).

Таблиця 2. Фрагмент результату розподілу ресурсів між проектами

Назва проекту (заходу)	Мінімально необхідна кількість ресурсів	Ступінь виконання (%) при мінімальній кількості виділених ресурсів	Кількість ресурсів у запиті	Ступінь виконання (%) при запитуваній кількості виділених ресурсів	Виділена кількість ресурсів
Облаштування тротуарів	11	20	50	100	46
Обмеження швидкості руху транспортних засобів	30	50	60	100	52
Установлення пішохідних огорожень	5	50	10	100	10
Оновлення пішохідної інфраструктури	12	60	20	100	32
Освітлення вулиць	15	20	75	100	44
Установлення острівців безпеки та облаштування регульованих пішохідних переходів	5	50	12	100	16
Популяризація використання пішоходами та велосипедистами світлових відбивачів	3	10	5	100	0
Будівництво в містах та на позаміських дорогах відокремлених велосипедних доріжок	5	50	11	100	0
Облаштування захищених поворотів на нерегульованих перехрестях	12	60	21	100	0

Висновки

Запропоновано технологію підтримки прийняття рішень, що дає змогу формально побудувати стратегію розвитку з урахуванням фінансового та технічного забезпечення. На прикладі вирішення завдань розвитку міської транспортної інфраструктури показано можливість застосування технології для оцінювання та рейтингування за відносною ефективністю проектів, спрямованих на підвищення рівня безпеки дорожнього руху в часі з урахуванням наявного фінансування.

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 25 квітня 2018 р. № 435 «Про затвердження Державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року». URL: <https://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/435-2018-%D0%BF?lang=uk>

2. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 червня 2017 р. № 481-р «Про схвалення Стратегії підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні на період до 2020 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/481-2017-%D1%80#n8>

3. Розроблення методики оцінки ефективності виконання Плану заходів з розвитку космічної діяльності та виробництва космічної техніки на 2013 рік (шифр «Програма-Н (методика)») [Текст]: звіт про НДР; наук. кер. Циганок В.В.; викон.: Андрійчук О.В. [та ін.]. Київ: Ін-т проблем реєстрації інформації НАН України, 2013. 173 с. № 0113U007093.

4. Power D.J. Decision support systems: concepts and resources for managers. Westport: QuorumBooks, 2002. 251 p.
5. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: planning, prioritysetting, resource allocation. New York: McGrawHil, 1980. 287 p.
6. Saaty T.L. Decision Making with Dependence and Feedback: Theanalytic Network Process. Pittsburgh: RWS Publicaitons. 1996. 370 p.
7. Expert Choice Desktop: Powerful Performance for Organizational Decision-Making. URL: <http://expertchoice.com/products-services/expert-choice-desktop>
8. Decision-making Support System «DecisionLens» URL: <https://www.decisionlens.com/>
9. Decision-making Support System «MakeItRational» URL: <http://makeitrational.com/>
10. Decision-making Support System «MindDecider». URL: <http://www.minddecider.com/>
11. Decision-making Support System «RFP (Rational Focal Point)». URL: <http://www.ibm.com/developerworks/offers/lp/demos/summary/r-focalpointsmart.html>
12. Decision-making Support System «Logical Decisions». URL: <http://www.logicaldecisions.com/>
13. Система підтримки прийняття рішень «ОЦЕНКА И ВЫБОР». URL: http://enoosphere.com/noosphere/ru/magazine/Documents/SystemsAnalysisDesign/20030801_Ioffin_Abrahimov.htm
14. Demo Project — Compare car models 2001-2012. ESTIMATION&CHOICE. URL: <http://decisionsupporter.com/Projects.asp>
15. Mareschal B., Brans J.-P. PROMETHEE Methods. Ch 5 in: Figueira J., Greco S. and Ehrgott M. eds. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series. New York: Springer, 2005.
16. Decision-making Support System «1000minds». URL: <http://www.1000minds.com/>
17. Hansen P., Ombler F. A new method for scoring multi-attribute value models using pairwise rankings of alternatives. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 2008. **15**. P. 87–107.
18. Hovanov N., Yudaeva M., Hovanov K. Multicriteria estimation of probabilities on basis of expert non-numeric, non-exact and non-complete knowledge. *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 195. Issue 3. P. 857–863.
19. Decision-making Support System «Analytica». URL: <https://www.lumina.com/support/downloads/>
20. Decision-making Support System «D-sight». URL: <http://www.d-sight.com/>
21. Decision-making Support System «Tree Age Pro». URL: <http://www.treeage.com/index.htm>
22. Decision-making Support System «Very Good Choice». URL: <http://www.verygoodchoice-addin.com/>
23. Roy B. Classement et choixenprésence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)*. 1968. No 8. P. 57–75.
24. Микони С.В. Система выбора и ранжирования СВІРЬ. Труды междунар. конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке», Дивноморское 3–8.09.2001. Москва: Физматгиз, 2001. Т. 1. С. 500–507.
25. Микони С.В., Бураков Д.П., Сорокина М.И. Реализация принципов эргономичности и интеллектуальности в системе СВІРЬ. *Программные продукты и системы*. 2002. № 3. С. 28–32.
26. Свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на твір №8669. Міністерство освіти і науки України державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма «Система підтримки прийняття рішень СОЛОН-3» (СППР СОЛОН-3) / Тоценко В.Г., Качанов П.Т., Циганок В.В. Зареєстровано 31.10.2003.
27. Тоценко В.Г. Об одном подходе к поддержке принятия решений при планировании исследований и развития. Ч. 2. Метод целевого динамического оценивания альтернатив. *Пробл. упр. и информатики*. 2001. № 2. С. 127–139.
28. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. Киев: Наук. думка, 2002. 382 с.
29. Weistroffer H.R., Smith C.H. and Narula S C. Multiple criteria decision support software. Ch 24 in: Figueira J., Greco S. and Ehrgott M. eds. Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys Series. New York: Springer, 2005.
30. Buckshaw D. Decision analysis software survey. *OR/MS Today*. 2010. Vol. 37. #5. P. 44–53.
31. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75023. Комп'ютерна програма «Система розподіленого збору та обробки експертної інформації для систем підтримки прийняття

рішень — «Консенсус-2» / Циганок В.В., Роїк П.Д., Андрійчук О.В., Каденко С.В. Від 27/11/2017.1.

32. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №44521 Державної служби інтелектуальної власності України. Комп'ютерна програма «Комплекс програмних засобів для експертного оцінювання шляхом парних порівнянь «Рівень» / Циганок В.В., Андрійчук О.В., Качанов П.Т., Каденко С.В. Від 03/07/2012.

33. Циганок В.В. Удосконалення методу цільового динамічного оцінювання альтернатив та особливості його застосування. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2013. Т. 15, № 1. С. 90–99.

34. Циганок В.В. Проблема розподілу ресурсів як розширення можливостей систем підтримки прийняття рішень. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2010, Т. 12, № 2. С. 232–237.

35. RuneElvik, AlenaHøye, TrulsVaa, Michael Sørensen *The Handbook of Road Safety Measures*. 2nd ed. Emerald Group Publishing Limited. 2009. 1137 p.

Надійшла до редакції 05.11.2019