

УДК 519.816

С. В. Каденко¹, В. О. Висоцький²

¹Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака 2, 03113 Київ, Україна

²Громадська організація «Структура»
вул. Регенераторна 4, 02160 Київ, Україна

Метод формального опису слабкоструктурованих предметних областей з урахуванням громадської думки

Показано, що для прийняття рішень на рівні громади доцільно використовувати експертні методи, адже дана предметна область є слабкоструктурованою. При цьому, окрім експертних даних, під час прийняття рішень слід враховувати також думку представників цільової громади. Запропоновано метод формального опису слабкоструктурованих проблем рівня громади з урахуванням як експертної інформації, так і громадської думки. Метод передбачає ієрархічну декомпозицію проблеми, безпосередню оцінку вагомості факторів, що мають вплив на проблему, застосування шкали згоди-незгоди Лайкерта для оцінки респондентами атомарних факторів і побудову рейтингів факторів на основі оцінок респондентів шляхом лінійної згортки. Побудовані рейтинги складають основу для визначення пріоритетних кроків, які спрямовано на розв'язання проблеми. Отримано експериментальні результати на реальних даних дослідження якості громадського простору, що ілюструють роботу методу та підтверджують його ефективність.

Ключові слова: підтримка прийняття рішень, слабко структурована предметна область, ієрархічна декомпозиція проблеми, експертна оцінка, шкала Лайкерта.

Вступ: актуальність і стан проблеми

Слабка структурованість є невід'ємною властивістю багатьох сфер людської діяльності. Як відомо з численних джерел (наприклад, з [1]), ознаками слабкої структурованості предметної області є проблематичність формального опису та побудови аналітичних моделей, відсутність еталонів, унікальність рішень, невизначеність цілей, велика розмірність простору прийняття рішень, велика кількість суттєвих критеріїв впливу, неповнота відомостей про об'єкти, суттєва роль людського фактору.

© С. В. Каденко, В. О. Висоцький

При цьому, для забезпечення ефективності будь-яких рішень чи дій в будь-якій предметній області (в тому числі, і в слабкоструктурованій), вони мають бути максимально обґрунтованими та поінформованими. Саме завдяки врахуванню та систематизації всієї наявної інформації, з одного боку підвищується рівень довіри до рішення та особи, що його приймає (особа, що приймає рішення, надалі — ОПР), а з іншого — знижується ймовірність прийняття помилкових і некомпетентних рішень. Отже, для розстановки пріоритетів, прийняття рішень і планування діяльності ОПР, потреба в аналізі та формальному описі слабкоструктурованих предметних областей лишається вкрай актуальною.

Дієвим (і, почасти, єдиним можливим) математичним інструментом підтримки прийняття рішень в слабкоструктурованих предметних областях, з огляду на вищевказані ознаки, є застосування експертних методів і технологій. Залучати експертів (в ідеалі — вузькопрофільних спеціалістів у певній предметній області) необхідно, по-перше, для того, щоб виокремити (сформулювати) множину факторів, які є визначальними для даної області, та вказати характер зв'язків між цими факторами, і, по-друге, для того, щоб отримати кількісні (чисельні, кардинальні), або, принаймні, порядкові (рангові, ординальні) оцінки відносної вагомості факторів та альтернативних варіантів рішення, серед яких ОПР має обрати оптимальний.

Прийняття рішення в найбільш загальному випадку передбачає вибір одного з кількох альтернативних варіантів рішення з певної множини або побудову ранжирування чи рейтингу цих варіантів. Оптимальність варіанту рішення (альтернативи) визначається згідно з певним глобальним (узагальненим) критерієм ефективності, який може полягати у досягненні певної головної мети. Загальний критерій ефективності, зазвичай, визначається ОПР на основі реалій конкретної ситуації. Цей глобальний критерій слугує «відправною точкою» для формального аналізу та декомпозиції (розбиття) предметної області на конкретні аспекти й оцінки варіантів рішень експертами. Глобальний критерій ефективності в термінах теорії оптимізації виконує роль цільової функції [2], а в термінах теорії корисності [3] — функції корисності. Втім, слід наголосити, що особливістю слабкоструктурованих предметних областей є неможливість аналітичного завдання цієї функції. Фактично, для визначення її конкретного (неаналітичного!) вигляду і оптимального, відповідно до заданого критерію ефективності, варіанту рішення і залучаються експерти.

Результатом експертної декомпозиції головного критерію (цілі) на підкритерії (підцілі) є ієрархія критеріїв, які характеризують предметну область.

Перелік, опис і обґрунтування методів підтримки прийняття рішень на основі експертних даних можна знайти в численних публікаціях як зарубіжних, так і вітчизняних авторів. Хрестоматійними у світі вважаються роботи Кендела [4], Ерроу [5], Кемені [6, 7], Фішберна [8], Сааті [9] та ін. З-поміж авторів пострадянського простору можна згадати Міркіна [10], Литвака [11], Тоценка [12], Гнатієнка, Снитюка [13], Аверченкова [14] та ін. У світі широке визнання отримали такі методи багатокритеріального оцінювання як метод аналізу ієрархій і мереж (АНР/АНР) [9], TOPSIS [15], ELECTRE [16] та ін. В Україні на даний час популярністю користуються методи технологічного передбачення [17], цільового динамічного оцінювання альтернатив (МЦДОА) [12, 18], різноманітних інтервальних оцінок [13].

Приклади методів багатокритеріального оцінювання становлять вищезгадані АНР, TOPSIS, ELECTRE, МЦДОА тощо; до найпопулярніших методів агрегації ранжирувань відносяться методи Борда, Кондорсе та медіана Кемені; до методів агрегації оцінок, що задані у вигляді парних порівнянь, відносяться, знов-таки, АНР/АНР [9], сімейство методів (лінія, трикутник, квадрат) Тоценка [12], комбінаторний метод [19, 20].

Якщо говорити про конкретні області застосування експертних методів, зокрема таких, що ґрунтуються на ієрархічному підході, то варто зазначити, що на офіційному сайті міжнародного симпозиуму з методів аналізу ієрархій (ISAHP) можна знайти десятки прикладів використання підходу для вирішення конкретних задач [21].

Для сучасної України пріоритетною є низка сфер, яка вимагає залучення експертних даних у процесі прийняття рішень. У даному контексті можна відзначити вищезгадані задачі технологічного передбачення [17], планування соціально-економічного розвитку [22], екологію [23]. Останнім часом високої актуальності в Україні набули військова галузь [24, 25], а також інформаційна безпека і, зокрема, протидія інформаційним операціям. На слабку структурованість цих сфер вказують автори праць [26–28].

Ще одна актуальна для України предметна область (на якій пропонується зосередити увагу у даній статті) — прийняття рішень на рівні громад (сільських районних, міських, територіальних тощо). З огляду на реформи децентралізації (у тому числі децентралізації бюджетів), адміністративно-територіального устрою України, формування об'єднаних територіальних громад [29, 30], роль громад у прийнятті рішень суттєво зростає. Відповідно, постає потреба в ефективних і, водночас, *простих* аналітичних засобах, які би дозволили враховувати думку представників цих громад під час прийняття рішень. Тільки в цьому випадку можна буде говорити про те, що прийняті на рівні громади рішення дійсно відповідатимуть інтересам її членів. Конкретні рішення, що мають безпосередній стосунок до членів громади, пов'язані з такими питаннями як планування та удосконалення транспортної і дорожньої мережі, поводження з побутовими відходами, водопостачання та водовідведення, благоустрій і планування територій, створення рекреаційних зон, реінтеграція локацій загального користування (музеїв, бібліотек, скверів, парків тощо) в життя громади тощо.

Здавалося би, арсенал наявних підходів і методів дуже широкий (див. вищенаведений стислий огляд), але в даному випадку йдеться про специфічний клас задач і специфічні умови проведення «експертизи». Тож лишається відкритим питання, які саме з перелічених наявних підходів (чи їхніх елементів) доцільно застосовувати до розв'язання задач, що вимагають прийняття рішень на рівні громади з урахуванням її думки.

Опис класу задач, що розв'язуватимуться, та ідея розв'язання

Ключовою особливістю окресленого класу задач є їхня слабка структурованість. Формальна постановка задачі можлива, коли чітко визначено мету, до якої прагне ОПР чи інша зацікавлена сторона. Громаді почасти буває важко навіть сформулювати конкретну проблему, не кажучи вже про визначення факторів, які могли би вплинути на її вирішення.

«Що робити з прибережною зоною?», «як переобладнати сквер?», «як облаштувати систему водопостачання та водовідведення в населеному пункті?», «що робити зі старим сільським клубом, музеєм, бібліотекою?» тощо. Подібні типові приклади проблем рівня громади мають кілька спільних рис. По-перше, як уже зазначалося, вони напряду стосуються представників заданої громади і відбивають їхні спільні інтереси. По-друге, вони не містять рекомендацій щодо вирішення поставленого питання. Тобто, фактично, з вихідних даних є тільки певна головна мета, якої треба досягти, або проблема, яку треба вирішити (позначимо її як G , а головний критерій ефективності досягнення даної цілі позначимо C_0).

З огляду на слабку структурованість задач, доцільним є застосування ієрархічної декомпозиції поставленої проблеми на конкретні складові. Обґрунтування доцільності та ефективності застосування ієрархічних підходів для розв'язання подібних задач можна знайти, зокрема, у роботах Сааті ([9]), Тоценка ([12]), Гнатієнка, Снитюка ([13]), Недашківської [31, 32]. Ці підходи показали себе як дієвий та ефективний інструмент у багатьох прикладних областях (див. [21]).

Отже, на початковому етапі пропонується експертним шляхом декомпозиувати (розбити) головну ціль або проблему на фактори, які є визначальними для її вирішення, як це робиться у визнаних методах, таких як АНР [9], TOPSIS [15] чи МЦДОА [12, 18].

При цьому слід мати на увазі, що формулювання критеріїв мають бути доступними для розуміння, а структура графа ієрархії факторів має бути збалансованою та не переобтяженою занадто великою кількістю зв'язків (ребер) і вершин (детально вимоги до процесу побудови ієрархії критеріїв описані у [33]).

Як у МЦДОА, так і в АНР, коли будується ієрархія, відбувається оцінка важливості факторів (критеріїв) впливу, тобто кожному ребру графа ієрархії присвоюється певна вага.

У [33] наголошувалося, що шкала, яка використовується для оцінювання критеріїв, має бути максимально зрозумілою та доступною для сприйняття не підготовленим експертом або респондентом. Для цього, по-перше, бажано, щоб її поділки описувалися вербальними, а не чисельними значеннями, а по-друге — щоб вона не «змушувала» респондента тримати в голові завелику кількість об'єктів і значень. Наприклад, у технології, яка описується в [34], при оцінці експерт має обирати тип ординального порівняння («більше-менше»), кількість поділок шкали, конкретну шкалу та номер поділки. Для цього необхідно проводити з експертами попередні бесіди та ознайомчі тренінги («coaching sessions», про які йшлося у [33]).

Для того, щоб урахувати думку представників громади, треба обов'язково залучити їх до процесу формального опису заданої слабкоструктурованої проблеми. При цьому ОНР чи організатору експертизи слід мати на увазі, що, у загальному випадку, не буде можливості організувати ознайомчі тренінги чи бесіди з усіма респондентами. Відтак, процес побудови ієрархії критеріїв, її вигляд, конкретні формулювання критеріїв і шкала, в якій оцінюватиметься їхня важливість, мають бути максимально зрозумілими.

З огляду на міркування, що наведені у попередніх абзацах, пропонується дооручити побудову ієрархії експертам у заданій предметній (як це робиться в АНР чи МЦДОА) області, але при цьому ввести кілька додаткових вимог:

1) не слід допускати появи в графі ієрархії циклів, де критерій сам на себе впливає. В ідеальному випадку структура ієрархії має бути деревовидною, тобто у одній вершини в графі ієрархії може бути лише один «предок» (графи такого типу описуються, зокрема, у [35, 36]);

2) критерії найнижчого рівня слід формулювати не як поняття (наприклад, «якість сімейного відпочинку у парку за шкалою від 1 до n »), а як позитивні твердження, з якими респондент (у загальному випадку, пересічний член громади, «не експерт») може погоджуватися чи не погоджуватися. Наприклад, «паркова зона здатна забезпечити якісний сімейний відпочинок»; варіанти відповіді: «абсолютно згоден», «згоден», «не згоден», «абсолютно не згоден», «не знаю». Тобто, слід передбачити можливість завдання оцінки «атомарних» факторів найнижчого рівня у шкалі Лайкерта [37]. На користь цього підходу говорять його простота та наочність, а також численні соціологічні дослідження, в яких він успішно використовується. Також вибір саме шкали Лайкерта зумовлений потенційною необхідністю врахування думок великої кількості респондентів (а не лише декількох експертів, як це робиться у «класичних» експертних методах);

3) оцінки відносної вагомості або впливовості факторів (критеріїв) слід доручати респондентам з-поміж представників громади (у загальному випадку, «не експертів»), а відтак, вони мають виражатися у форматі безпосереднього оцінювання. При цьому (знов-таки, з урахуванням особливостей представлення даних, що отримуються від респондентів, наведених у [33]) для забезпечення максимальної наочності бажано, щоб ці оцінки задавалися респондентами графічно (а не вербально чи, тим більше, чисельно).

З урахуванням наведених вимог можна сформулювати наступний покроковий алгоритм формального опису певної слабкоструктурованої проблеми.

Покроковий алгоритм розв'язання задачі

1. ОПР чи організатор експертизи або дослідження формулює головну проблему або ціль G та підбирає експертів (принаймні одного) у відповідній області.

2. Експертами будується ієрархія критеріїв (див. приклад на рис. 1 нижче), які є визначальними для даної проблеми або цілі: $\{C_i : i = 0..n\}$. При цьому критерії найнижчого рівня (ті, які не мають нащадків у графі ієрархії) $\{C_{i_k} : k = 1..l\}$ обов'язково формулюються у вигляді позитивних тверджень, які респонденти оцінюватимуть за шкалою згоди-незгоди Лайкерта.

3. Формується множина респондентів з-поміж членів заданої громади $\{r_j : j = 1..m\}$.

4. Респонденти оцінюють (безпосередньо, у наочному, бажано, графічному форматі) вагомість факторів впливу на кожному рівні ієрархії. У результаті отримуємо множину коефіцієнтів впливу або відносної вагомості критеріїв $\{w_i^{(j)} : i = 1..n; j = 1..m\}$, заданих кожним із респондентів.

Вплив w_{i_0} довільного критерію C_i на головний критерій C_0 визначається, як показано у [12] (випадок ієрархії типу «дерево» або «мережа») та [36] за формулою

$$w_{i_0} = \sum_{p=1}^{n_i} \prod_{s=1}^{n_p} w_s, \quad (1)$$

де n_i — кількість усіх можливих шляхів від вершини C_i до вершини C_0 у графі ієрархії критеріїв; p — номер шляху; n_p — довжина шляху з номером p від C_i до C_0 ; s — номер вершини у шляху; w_s — вплив критерію C_s на свого безпосереднього предка на шляху з номером p у графі ієрархії.

Зазначимо, що якщо граф ієрархії являє собою дерево (у кожній вершині не більше одного «предка»; див. приклад на рис. 1 нижче), то кількість доданків у формулі (1) дорівнює 1, адже від довільного критерію C_i до головного критерію C_0 вестиме лише один шлях.

5. Респонденти вибирають у шкалі Лайкерта оцінки критеріїв найнижчого рівня (як показано вище). Поділкам шкали присвоюються відповідні чисельні еквіваленти для подальшої агрегації тобто згортки (наприклад, «6 — абсолютно згоден», «5 — згоден», «4 — скоріше згоден», «3 — скоріше не згоден», «2 — не згоден», «1 — абсолютно не згоден», «0 — не знаю, або для мене це не важливо»). В результаті отримуємо певну кількість індивідуальних суджень респондентів для критеріїв найнижчого рівня ієрархії: $\{q_{i_k}^{(j)}; k = 1..l; j = 1..m\}$, де i_k — номери критеріїв найнижчого рівня, l — їхня кількість, j — номер респондента.

6. Оцінки за кожним із критеріїв найнижчого рівня агрегуються шляхом зваженого додавання (згортки) оцінок, які надані всіма респондентами. В результаті отримуємо рейтинги кожного критерію найнижчого рівня Q_{i_k} :

$$Q_{i_k} = \sum_{j=1}^m w_{i_k 0}^{(j)} q_{i_k}^{(j)}, \quad (2)$$

де $w_{i_k 0}^{(j)}$ — відносний вплив критерію найнижчого рівня C_{i_k} на головний критерій C_0 , що обчислений за формулою (1) на основі значень впливів усіх критеріїв проміжних рівнів, заданих респондентом з номером j .

На основі рейтингів визначається потенціал і пріоритети у розв'язанні проблеми з урахуванням інтересів громади. Фактори з найвищим рейтингом відобразатимуть найважливіші аспекти, якими громада загалом задоволена, фактори з найнижчим рейтингом — аспекти, якими громада незадоволена, або яким не надає значення.

7. Для перевірки узгодженості суджень респондентів можна запропонувати їм скласти короткі вербальні відгуки, де б вони спробували ще раз вербально визначити позитивні та негативні аспекти, що характеризують предметну область.

Підкреслимо, що в даному контексті йдеться про внутрішню узгодженість суджень кожного респондента: вербальний відгук має підтверджувати оцінки, надані у шкалі Лайкерта на попередніх етапах (див. крок 5). Взаємна (зовнішня) неузгодженість оцінок не становить проблеми, тобто судження різних респондентів можуть не співпадати, і це цілком природно, адже в даному випадку респонденти

висловлюють у шкалі згоди-незгоди свої думки, а не оцінюють певні об'єктивні величини.

Оскільки судження задаються в шкалі Лайкерта, і перевіряється виключно внутрішня узгодженість оцінок, використання канонічного вигляду традиційних показників узгодженості ординальних оцінок (таких як, наприклад, коефіцієнти рангової кореляції Кендела [4]) та парних порівнянь (таких як індекс (CI), та відношення (CR) узгодженості Саати [9], спектральний коефіцієнт [12], подвійна ентропія [38]) є недоцільним та, у загальному випадку, неможливим. Саме тому і має сенс складання респондентами вербальних відгуків.

8. Для забезпечення додаткової наочності можна на основі вербальних відгуків побудувати хмари тегів, які теж являтимуть собою своєрідні рейтинги позитивних і негативних аспектів питання. Для побудови хмар тегів на основі частотного аналізу тексту вербальних відгуків можна використовувати навіть прості загальнодоступні он-лайн інструменти (WordItOut, Worlde, WordArt, WordCloud, TagUI, Many Eyes, Tagxedo тощо).

Результатом роботи викладеного алгоритму буде формальний аналітичний опис предметної області. Такий опис дозволяє чітко виявити у заданій предметній області основні позитивні та негативні аспекти з урахуванням думки громади, а відтак, з'ясувати потенціал, перспективи та проблеми, що потребують першочергового вирішення, на які слід спрямувати ресурси.

Приклад

Як приклад застосування наведеного методу опису слабкоструктурованої предметної області пропонується розглянути реальне дослідження, яке було проведено в червні 2018 року в місті Фастові Київської області в рамках одного з проектів громадської організації «Структура».

Головна задача полягала у дослідженні якості громадського простору (прилеглої території (двору) місцевого державного краєзнавчого музею) з метою його подальшої трансформації та удосконалення. Дослідження передбачало виконання низки завдань:

- 1) забезпечення комунікації (продуктивного контакту) між громадою та керівництвом міста;
- 2) визначення переваг і недоліків локації;
- 3) визначення пріоритетів громади (що важливо для людей);
- 4) оцінку відповідності локації потребам та очікуванням її користувачів;
- 5) стимулювання нових ідей щодо удосконалення локації;
- 6) визначення пріоритетів у розвитку даної локації.

Фокус-група з представників громади включала 11 респондентів, серед яких місцеві жителі, працівники музею, державні службовці, журналісти, митці.

Головна ціль полягала у підвищенні якості локації; відповідно, узагальнена якість локації була головним критерієм.

За ієрархію критеріїв було взято готову ієрархію, сформовану для оцінки громадських просторів британською Комісією з архітектури та урбаністичного середовища (Commission for Architecture and Built Environment (CABE)) в рамках технології SpaceShaper [39]. Технологія SpaceShaper добре зарекомендувала себе як дієвий, простий і доступний засіб удосконалення громадського простору, зок-

рема, в країнах Британської Співдружності. Численні конкретні приклади успішного застосування технології для удосконалення різних громадських просторів можна знайти за відповідними посиланнями (наприклад, у [40–42]). В Україні різними громадськими організаціями на даний час робляться перші спроби застосування технології SpaceSharer та її окремих елементів для оцінки та трансформації громадських просторів.

Отже, ієрархія критеріїв, що впливають на якість локації, побудована у системі підтримки прийняття рішень «Солон» [12, 43], виглядає, як показано на рис. 1.

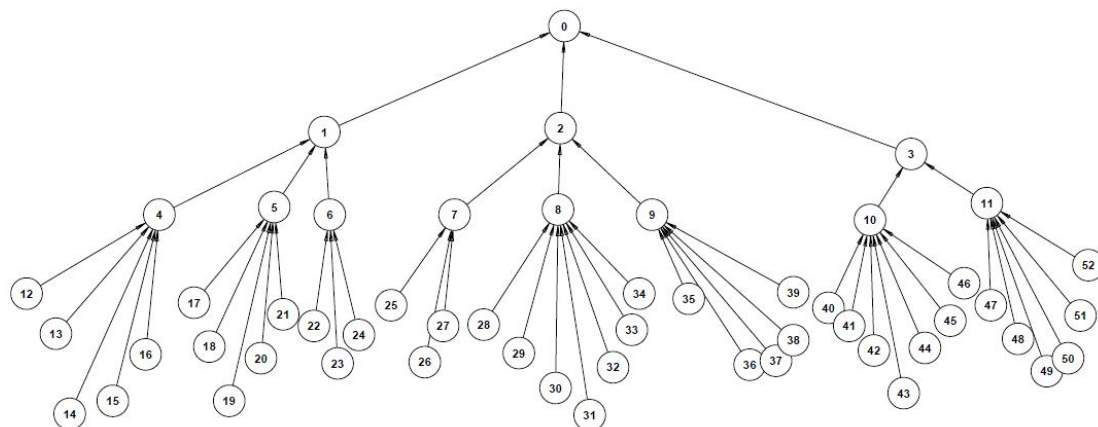


Рис. 1. Вигляд ієрархії критеріїв, що побудована у СППР «Солон»

Перелік критеріїв ієрархії наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Перелік критеріїв ієрархії

№	Формулювання
0.	Ефективність локації
1.	Функціональність локації
2.	Характеристика локації
3.	Цінність локації
4.	Доступність
5.	Користування
6.	Інтереси громади (інших людей)
7.	Порядок
8.	Навколишнє середовище
9.	Зовнішній вигляд та дизайн
10.	Спільнота (громада)
11.	Ви (індивідуальний респондент)
12.	Сюди просто дістатися
13.	Це місце легко знайти
14.	Тут легко зорієнтуватись
15.	Це місце відкрите завжди, коли б я сюди не прийшов
16.	Мені відомо про те, що тут відбувається
17.	Тут я можу займатися тим, чим хочу
18.	Тут є все, що мені потрібно
19.	Тут я можу насолоджуватися природою
20.	Тут я можу знайомитися з місцевою історією, флорою та фауною, мистецтвом тощо
21.	Це місце допомагає мені підтримувати здоров'я
22.	Це місце популярне серед різних людей
23.	Тут проводиться багато різноманітних заходів
24.	Між різними користувачами місця немає конфліктів

25.	Тут чисто
26.	За цим місцем уважно стежать і доглядають
27.	Люди, які доглядають за цим місцем, постійно на виду
28.	Тут можна сховатися від негоди
29.	Сюди варто приходити в будь-яку пору року
30.	Це місце добре освітлене
31.	Тут чисте повітря
32.	Тут не шумно
33.	Тут я відчуваю себе в безпеці
34.	Розміри місця мене повністю влаштовують
35.	Це місце — краса всього прилеглому району
36.	Це місце було якісно облаштовано
37.	Тут можна спостерігати різноманітність рослинного та/або тваринного світу
38.	Це місце надихає
39.	Це місце гарне
40.	Ця локація — важлива складова місцевості
41.	Місцеві жителі залучені дотримання локації та організації/проведення різної діяльності в цьому місці
42.	Тут кожен відчуває себе «у своїй тарілці»
43.	Тут людям комфортно спілкуватися
44.	Місцеві жителі пишаються цим місцем
45.	Це місце вдало розташоване
46.	Це місце привабливе для малого підприємництва
47.	Тут я добре себе почуваю
48.	Тут я можу розважатися
49.	Тут я можу розслабитися
50.	Тут мені добре думається
51.	Мені подобається тут перебувати
52.	Я приходжу сюди, щоб сховатися від рутини

Як можна побачити, на верхньому рівні ієрархії критеріїв знаходиться лише головний критерій — «загальна якість (ефективність) локації». Його безпосередніми підкритеріями («нащадками») є функціональність локації (яка включає доступність, простоту користування, врахування інтересів людей), характеристики локації (які включають порядок, навколишнє середовище, дизайн/зовнішній вигляд), та значення локації (відповідно, для громади та для індивідуального респондента). На нижньому (четвертому згори) рівні ієрархії знаходиться 41 критерій, що сформульований у вигляді позитивних висловлювань, з якими респонденти можуть погоджуватися, або не погоджуватися (наприклад, підкритерії доступності: «сюди легко дістатися», «місце відкрите завжди, коли б я сюди не прийшов» тощо).

Кожен із респондентів отримав анкету, в якій мав описати свій рід занять і режим користування локацією (частоту та мету відвідування), задати ваги критеріїв другого та третього згори рівнів ієрархії, та оцінити у шкалі згоди-незгоди Лайкерта критерії нижнього рівня.

Оцінка респондентами вагомості критеріїв проміжних рівнів відбувалася за допомогою секторної діаграми (типу «пиріг») (як показано на рис. 2). Обрання даного методу завдання ваг критеріїв продиктовано, у першу чергу, міркуваннями простоти та наочності.

Відповідно, кожен критерій другого рівня згори отримав вагу, задану цілим числом від 0 до 12 (сума ваг критеріїв другого рівня дорівнює 12), а кожен критерій третього рівня — вагу від 0 до 144 (сума ваг критеріїв третього рівня дорівнює 144). Ваги цих критеріїв були оцінені кожним респондентом. Підкреслимо, що

даний метод завдання ваг критеріїв обраний суто для даної задачі (можливо, класу задач). У загальному випадку, залежно від вигляду конкретної ієрархії і ступеня автоматизації процесу, можна користуватися іншим методом введення ваг, якщо він забезпечуватиме належний рівень простоти та наочності.

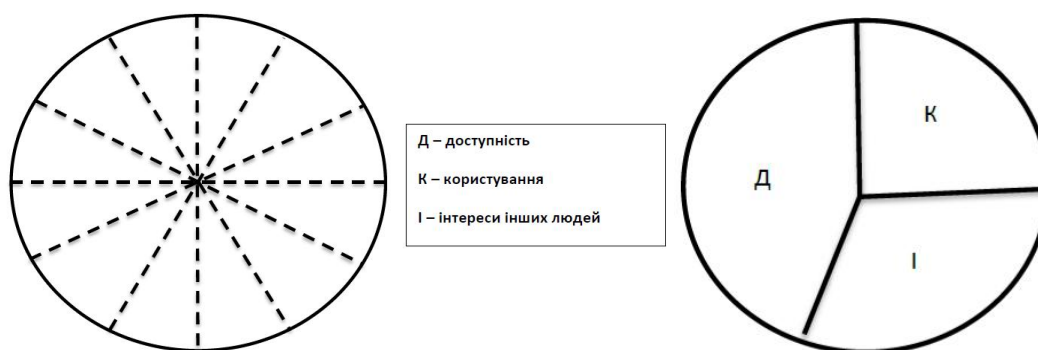


Рис. 2. Приклад введення ваг критеріїв за допомогою секторної діаграми «піриг»

Критерії найнижчого, четвертого згори рівня ієрархії подавалися респондентам в анкеті у вигляді таблиць (згідно з технологією SpaceSharer, вони вважаються рівновагомими). За кожним з 41 критерію нижнього рівня респонденти мали висловити своє судження у шкалі згоди-незгоди Лайкерта. Приклад фрагменту таблиці з анкети, яку мав заповнити респондент, наведений у табл. 2.

Таблиця 2. Фрагмент з анкети

	Абсолютно згоден	Згоден	Скоріше згоден	Скоріше не згоден	Не згоден	Абсолютно не згоден	Не знаю	Не важливо
Доступність								
Сюди просто дістатися								
Це місце легко знайти								
Тут легко зорієнтуватися								
Це місце відкрите завжди, коли б я сюди не прийшов								
Мені відомо про те, що тут відбувається								
Користування								
Тут я можу займатися тим, чим хочу								
Тут є все, що мені потрібно								
Тут я можу насолоджуватися природою								
Тут я можу знайомитися з місцевою історією, флорою та фауною, мистецтвом тощо								
Це місце допомагає мені підтримувати здоров'я								
Інтереси інших людей								
Це місце популярне серед різних людей								
Тут проводиться багато різноманітних заходів								
Між різними користувачами місця немає конфліктів								

Після заповнення таблиць респондентам було запропоновано ще раз своїми словами вказати на основні недоліки та переваги локації, а також коротко вербально описати своє бачення ідеального стану локації (скласти так званий «лист з майбутнього»).

Агрегація даних анкетування та узагальнення результатів проводилися наступним чином.

Вербальним значенням були поставлені у відповідність чисельні еквіваленти, як показано у попередньому пункті даної статті: «6 — абсолютно згоден», «5 — згоден», «4 — скоріше згоден», «3 — скоріше не згоден», «2 — не згоден», «1 — абсолютно не згоден», «0 — не знаю, або для мене це не важливо».

Після цього були підраховані рейтинги кожного з критеріїв нижнього рівня ієрархії шляхом зваженого сумування (згортки) оцінок усіх респондентів за усіма критеріями за вищенаведеною формулою (2).

У загальному вигляді рейтинги критеріїв найнижчого рівня лежать у діапазоні від 0 до R_{\max} :

$$R_{\max k} = m q_{\max} w_{\max k} , \quad (3)$$

де k — номер критерію нижнього рівня; m — кількість респондентів; q_{\max} — максимальне значення чисельного еквіваленту поділки шкали, яку може обрати респондент; $w_{\max k}$ — максимально можливе значення ваги критерію.

У випадку даної конкретної задачі кількість респондентів $m = 11$; діапазон ваг критеріїв нижнього рівня ієрархії — $\{w_{i_k} \in Z \cap [0;144]\}$; $\sum_{k=1}^l w_{i_k} = w_{\max} = 144$;

$l = 41$; $i_k = \{12..52\}$, тобто критерії нижнього рівня, що мають у табл. 1 номери від 12 до 52, можна перенумерувати від 1 до 41, а їхні ваги виражатимуться цілими числами від 0 до 144 та в сумі дорівнюватимуть 144. Діапазон поділок чисельних еквівалентів поділок шкали Лайкерта — від «0» («не знаю», або «не важливо», до «6» («абсолютно згоден»), тобто у формулі (3) $q_{\max} = 6$. Відповідно, рейтинги критеріїв нижнього рівня лежатимуть у діапазоні від 0 до 9504 (за формулою (3) $R_{\max} = 11 \times 6 \times 144 = 9504$). Якщо є потреба в тому, щоб усі рейтинги лежали у межах від 0 до 1, то можна нормувати їх за величиною R_{\max} .

Рейтинги критеріїв нижнього рівня, що отримані на основі агрегації оцінок респондентів, наведені на рис. 3. Для зручності критерії перенумеровані від 1 до 41 (як показано вище).

Зазначимо, що абсолютна величина рейтингу суттєвої ролі не відіграє. На увагу заслуговують лише співвідношення рейтингів різних критеріїв (або різниці між ними). Суттєву інформацію несе також співвідношення рейтингів критеріїв всередині кожної підгрупи (функціональність, характеристики, цінність/значення локації). На рис. 4 наведено відносні рейтинги критеріїв, що належать до підгрупи «функціональність локації».

Аналогічно було підраховано відповідні рейтинги для кожного критерію проміжного рівня ієрархії. Рейтинг критерію, який має нащадків у ієрархії, визначається як зважена сума рейтингів його підкритеріїв (безпосередніх нащадків):

$$Q_i = \sum_{j=1}^m Q_i^{(j)} = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^v w_{i_k, i}^{(j)} Q_{i_k}^{(j)} , \quad (4)$$

де Q_i — величина рейтингу критерію C_i ; $Q_i^{(j)}$ — величина рейтингу цього критерію, обчислена на основі оцінок, наданих респондентом з номером j ; m — кількість респондентів; v — кількість безпосередніх підкритеріїв C_i у графі ієрархії; $w_{i_k,i}^{(j)}$ — вагомість (вплив) підкритерію з номером i_k на критерій C_i , що задана респондентом з номером j ; $Q_{i_k}^{(j)}$ — рейтинг підкритерію з номером i_k , обчислений на основі оцінок, заданих респондентом з номером j . Наприклад, в ієрархії на рис. 1 підкритеріями «Функціональності локації» (C_1) є «Доступність» (C_4), «Користування» (C_5) та «Інтереси інших людей» (C_6). Відповідно, рейтинг «функціональності» визначатиметься як сума рейтингів цих підкритеріїв.



Рис. 3. Столпчаста діаграма: відносні рейтинги 41 критерію нижнього рівня ієрархії



Рис. 4. Функціональність локації: відносні рейтинги критеріїв

Узагальнені (сумарні) відносні рейтинги критеріїв третього рівня показані на рис. 5, де діаграма ілюструє уявлення респондентів про відповідність локації заданим в анкеті параметрам. Як можна побачити з діаграми, найбільш суттєвими недоліками локації є те, що вона не відповідає уявленням респондентів про інтереси громади (інших людей) і мало використовується.

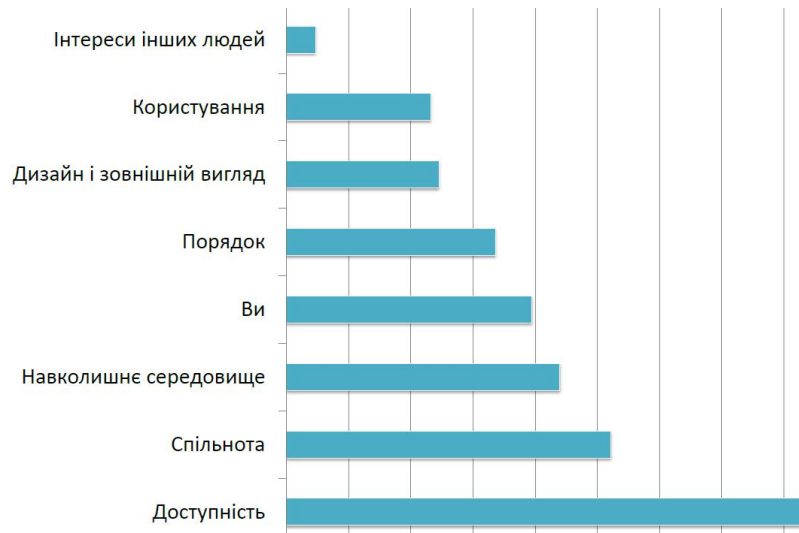


Рис. 5. Узагальнені рейтинги критеріїв третього рівня ієрархії

На основі аналізу тексту вербальних відгуків та описів ідеального бачення локації респондентами («листівки з майбутнього») були побудовані хмари тегів. Як ілюстрацію наведемо хмару тегів з негативними сторонами локації, що вказані респондентами (рис. 6).

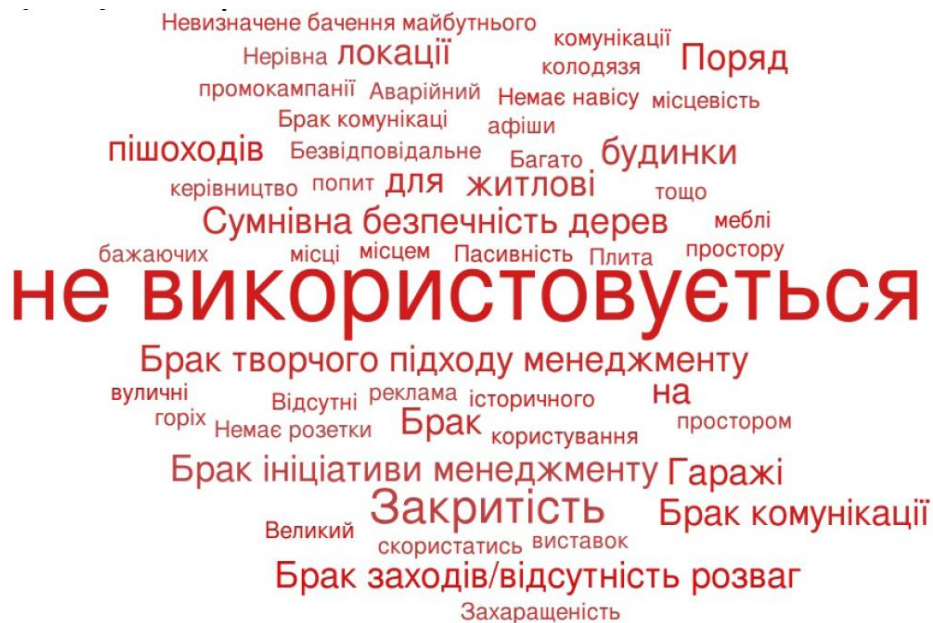


Рис. 6. Хмара тегів: недоліки (точки потенційного удосконалення) локації

Цікавим є те, що вказані респондентами у вербальних відгуках недоліки, фактично, ще раз підтверджують дані діаграми, яку зображено на рис. 5 (що свідчить про високу внутрішню узгодженість суджень респондентів): недостатньо активне використання локації, її неспроможність повноцінно служити інтересам спільноти, на думку респондентів, є основними недоліками простору.

Агреговані результати анкет дозволили зробити низку загальних висновків. Наведемо найважливіші з них.

1. Локація має широкий потенціал для подальшого удосконалення її простору. Представники громади вважають себе здатними до активної участі у трансформації простору локації.

2. Простір музею та прилегла територія не є осередком активного життя громади. За винятком працівників музею, представники громади рідко відвідують локацію.

3. З-поміж головних переваг локації можна виокремити зручне розташування у центрі міста, затишок, наявність зелених насаджень, відкрити територію та естетичну привабливість історичної будівлі музею. З-поміж недоліків (а відтак, точок росту та розвитку локації) слід назвати незрозумілість її призначення для громади, брак культурних подій, заходів, розваг, ініціативи керівництва, творчого підходу, аварійний стан дерев на території, прилеглий до музею.

4. У той час як доступність (зручне розташування), привабливість для спільноти та екологічний потенціал є сильними сторонами локації, інклюзивність (врахування інтересів усіх категорій потенційних користувачів), повноцінне використання можливостей локації, зовнішній вигляд (дизайн) та інфраструктура є пріоритетними напрямками для удосконалення.

5. Трансформація та сталий розвиток локації мають відбуватися на основі результатів проведеного дослідження, зокрема, агрегованих суджень респондентів з числа представників громади. Заходи та проекти з удосконалення локації, що здійснюватимуться місцевою владою, недержавними організаціями, активістами, ініціативними групами тощо, з урахуванням узгодженої громадської думки, користуватимуться підтримкою та будуть успішними.

На даний момент ведеться діалог між громадськими організаціями та місцевою владою щодо конкретних дій з удосконалення локації з урахуванням результатів проведеного дослідження.

Особливості підходу: місце в теорії підтримки прийняття рішень, переваги, недоліки

Як можна побачити, викладений підхід є «гібридним», тобто поєднує елементи теорії підтримки прийняття рішень та соціологічні методи (анкетування, використання шкали згоди-незгоди).

Можна виділити низку спільних рис підходу з наявними методами підтримки прийняття рішень, зокрема:

— використання ієрархічної декомпозиції (як в АНР Сааті [9] та МЦДОА [12, 18]);

— евристичний перехід від вербальних суджень (типу «згоден/не згоден») до числових значень (у прикладі — від «0» до «6»). Такий перехід, у тому чи іншому вигляді, відбувається в усіх методах багатокритеріальної оцінки варіантів

рішень (у тому, числі, Борда, Кондорсе, аналізу ієрархій, TOPSIS, МЦДОА тощо), де відбувається лінійна згортка (зважене додавання) ординальних (порядкових, рангових) чи кардинальних (чисельних) оцінок, адже, як показано Литваком у [11], необхідною та достатньою умовою існування узагальненого критерію (згортки за всіма локальними критеріями) є вираження оцінок за цими критеріями у шкалі відношень;

— агрегація (узагальнення, в даному випадку, шляхом лінійної згортки) даних за багатьма критеріями, які отримані від багатьох респондентів;

— перевірка внутрішньої узгодженості суджень (у даному випадку, за рахунок неформальної, вербальної складової).

Відмінності від наявних підходів — наступні:

— основна задача полягає лише в описі предметної області, у формуванні системи критеріїв (а не в порівнянні альтернатив, об'єктів чи проектів за цими критеріями як в АНР чи МЦДОА);

— спосіб формулювання критеріїв. «Атомарні» критерії (такі, що не мають нащадків у графі ієрархії) формулюються у вигляді позитивних тверджень (а не визначень, як у традиційних методах), з якими респондент погоджується чи не погоджується;

— відповідно (як наслідок з попереднього пункту) — використання шкал згоди-незгоди Лайкерта замість безпосередніх оцінок чи парних порівнянь;

— простота декомпозиції проблеми (граф ієрархії має структуру типу «дерево» [35, 36]; структура мережевого типу (тобто, направлений граф, в якому у вершини може бути більше одного «предка») може виявитися занадто складною для сприйняття респондентами;

— відсутність потреби в підготовчих тренінгах (coaching sessions) з респондентами, зумовлена доступністю та простотою методу.

Отже, слід ще раз підкреслити, що головною особливістю викладеного методу є поєднання експертних і соціологічних підходів (опитувань анкетного типу), яке забезпечує простоту та доступність з одного боку, та ефективність і конструктивність — з іншого.

Результатом роботи методу є рейтинги напрямків діяльності, що складають підґрунтя для подальшої розстановки пріоритетів і потенційного розподілу обмежених ресурсів [23].

Переваги методу — вищевказані простота та доступність для пересічного члена громади, дієвість і прозорість, універсальність і гнучкість (для кожної нової предметної області чи проблеми складається нова унікальна ієрархія), наочність процесу опису предметної області та представлення результатів.

Недоліки методу — можливість «підтасовки фактів» експертами, які формулюватимуть критерії (питання добросовісності та етичних установок експертів та організаторів експертиз), можливість появи «лоббі» з груп представників громади за професійною, віковою, світоглядною, гендерною, майновою ознакою тощо.

Окрему проблему становить введення та обробка даних «вручну» (або з використанням лише математичних засобів MS Excel). В ідеальному випадку процедуру формального опису предметної області хотілося би повністю автоматизувати. Окремі етапи вищеописаного алгоритму вже автоматизовані у наявних СППР. Так, наприклад, у СППР «Консенсус-2» [44] присутні засоби для реєстрації

експертів, які вводитимуть ієрархію критеріїв, і, власне, для побудови самої ієрархії. У СППР «Солон» [12, 43] наявні інструменти, знов-таки, для введення ієрархії критеріїв, а також для розрахунку їхньої вагомості. Тобто функції, що покладені на експертів, уже автоматизовані, в той час як функції, що покладені на пересічних респондентів і на організатора експертизи (інженера по знаннях, який має за допомогою СППР узагальнити дані та видати рекомендації), потребують автоматизації. Для полегшення процесів анкетування і агрегації анкетних даних має сенс передбачити

- можливість заповнення анкет в електронному вигляді (наприклад, за допомогою планшетів, чи подібних пристроїв);
- передачу анкетних даних у базу знань СППР у віддаленому режимі;
- автоматичний підрахунок рейтингів критеріїв засобами математичного забезпечення СППР.

Розпізнавання та частотний аналіз текстів вербальних відгуків, а також побудову хмар тегів автоматизувати буде дещо складніше, але цей напрямок удосконалення процедури є не менш актуальним, аніж автоматизація інших її етапів.

Висновки

Показано, що проблеми рівня громади становлять приклад слабкоструктурованих предметних областей, під час формального опису яких слід враховувати як експертні судження, так і думку самої громади. З огляду на необхідність урахування громадської думки в ході прийняття рішень на рівні громад, застосування наявних методів і технологій підтримки прийняття рішень у їхньому канонічному вигляді є неприпустимим.

Запропоновано конструктивний і, водночас, простий метод формального опису проблем рівня громади з урахуванням експертних даних і громадської думки. Метод дозволяє ОПР, органу місцевої влади, недержавній організації, громаді, волонтерам, активістам і будь-яким іншим зацікавленим сторонам отримати чітке уявлення про конкретну предметну область, яке складе основу для розстановки пріоритетів у подальшій діяльності.

Отримано експериментальні результати на реальних даних дослідження якості конкретного громадського простору. Проведене дослідження підтверджує, з одного боку, високу ефективність і дієвість, а з іншого — доступність і простоту запропонованого методу. На основі дослідження вироблено конкретні рекомендації для зацікавлених сторін щодо удосконалення цільового громадського простору (локації).

Описаний у статті метод слід використовувати для прийняття рішень на рівні громад — сільських, районних, територіальних, урбаністичних — у сферах, що мають безпосередній стосунок до членів цих громад. Конкретні рішення можуть стосуватися таких аспектів як планування та удосконалення транспортної та дорожньої мережі, поводження з побутовими відходами, водопостачання та водовідведення, благоустрій і планування територій, створення рекреаційних зон, реінтеграція локацій загального користування (музеїв, бібліотек, скверів, парків тощо) в активне життя громади, і таке інше.

Метод є ефективним інструментом підтримки прийняття рішень, який доцільно «взяти на озброєння» органам місцевого самоврядування, громадським організаціям, волонтерам, активістам, та іншим зацікавленим сторонам.

Подальша діяльність за тематикою статті буде присвячена пошуку нових сфер застосування запропонованого методу, а також спробам автоматизації усіх етапів описаної у статті процедури аналізу слабкоструктурованих предметних областей.

1. Таран Т.А., Зубов Д.А. Искусственный интеллект. Теория и приложения. Луганск: ВНУ им. В.Даля, 2006. 239 с.
2. Boyd S., Vandenberghe L. Convex Optimization. Cambridge University Press, 2004. 730 p.
3. Keeney R.L., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs Cambridge University Press, 1993. 569 p.
4. Кэндел М. Ранговые корреляции. Москва: Статистика, 1975. 214 с.
5. Arrow K. J. Social Choice and Individual Values, 2nd ed. New York: Wiley. 1963. 123 p.
6. John G. Kemeny. Mathematics without Numbers. *Daedalus*. 1959. Vol. 88. N 4. P. 577–591.
7. Кемени Дж. Г., Дж.Л. Снелл. Кибернетическое моделирование. Москва: Соврадио, 1972. 192 с.
8. Fishburn P.C. Utility Theory for Decision Making. Wiley, 1970. 234 p.
9. Saaty, T.L. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with The Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, Pittsburgh PA, 204220, 1994.
10. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. Москва: Наука, 1974. 256 с.
11. Литвак Б. Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа. Москва: Радио и связь, 1982. 185 с.
12. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. ИПРИ НАНУ. Киев: Наук. думка. 2002. 382 с.
13. Гнатієнко Г.М., Снитюк В.Є. Експертні технології прийняття рішень. Київ: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
14. Аверченков В.И., Ерохин В.В. Системы организационного управления: учеб. пособ. 3-е изд., стереотипное. Москва: Из-во «ФЛИНТА», 2011. 208 с.
15. Hwang, C. L., Yoon K. Multiple attribute decision making: methods and applications : a state-of-the-art survey. Berlin, New York: Springer-Verlag. 1981. 259 p.
16. Roy, Bernard. Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *La Revue d'Informatique et de Recherche Opérationnelle (RIRO)*. 1968 (8): 57–75.
17. Згуровский М.З, Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение. Київ: Політехніка, 2005.
18. 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.
19. Циганок В.В. Комбінаторний алгоритм парних порівнянь зі зворотним зв'язком з експертом. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2000. Т. 2. № 2. С. 92–102.
20. Tsyganok V. Investigation of the aggregation effectiveness of expert estimates obtained by the pairwise comparison method. *Mathematical and Computer Modeling*. 2010. **52**(3-4). P. 538–544.
21. Архів праць міжнародного симпозиуму з методу аналізу ієрархій. URL: <http://www.isahp.org/proceedings/>
22. Терентьев О.М., Просьянкіна-Жарова Т.І., Савастьянов В.В. Використання засобів текстової аналітики як інструменту оптимізації підтримки прийняття рішень у задачах розробки планів соціально-економічного розвитку України. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2016. Т. 18. № 3. С. 75–86.
23. Tsyganok. V., Kadenko S., Andriichuk O., Roik P. Usage of multicriteria decision-making support arsenal for strategic planning in environmental protection sphere. *Journal of Multicriteria Decision Analysis*. 2017. Vol. 24. Issue 5–6. P. 227–238.

24. Чепков І.Б., Ланецкий Б.М., Леонтъев О.Б., Лук'янчук В.В. Методичний підхід до обґрунтування раціонального співвідношення обсягів розробки, закупівлі та ремонту озброєння й військової техніки. *Озброєння та військова техніка*. 2014. № 3. С. 9–14.
25. Циганок В.В., Каденко С.В., Андрійчук О.В., Качанов П.Т., Роїк П.Д. Інструментарій підтримки прийняття рішень як засіб стратегічного планування. *Озброєння та військова техніка*. 2015. № 3(7). С. 59–66.
26. Горбулін В.П., Додонов О.Г., Ланде Д.В. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання: монографія/Київ: Інтертехнологія, 2009. 164 с.
27. Додонов А.Г., Ландэ Д.В., Цыганок В.В., Андрейчук О.В., Каденко С.В., Грайворонская А.Н. Распознавание информационных операций. Киев. 2017. 282 с.
28. Kadenko S.V. Defining Relative Weights of Data Sources during Aggregation of Pair-wise Comparisons. Selected Papers of the XVII International Scientific and Practical Conference on Information Technologies and Security (ITS 2017). Kyiv, 2017. P. 47–55. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2067/>
29. Закон України «Про добровільне об'єднання територіальних громад». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2015. № 13. С. 91). URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/157-19>
30. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 1 квітня 2014 р. № 333-р «Про схвалення Концепції реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні». URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/333-2014-%D1%80>
31. Недашковская Н.И. Метод анализа иерархий в методологии сценарного анализа решения задач предвидения. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2010. Т. 4. № 9(46). С. 35–42.
32. Недашковская Н.И. Принятие решений по многим критериям при неполных экспертных оценках на базе метода анализа иерархий и теории Демпстера-Шафера. Наукові праці. *Науково-методичний журнал Миколаївського державного гуманітарного університету ім. Петра Могили комплексу «Київська Могилянська академія»*. Серія «Комп'ютерні технології». 2010. Вип. 130. Т. 143. С. 6–14.
33. Каденко С.В. Проблеми представлення експертних даних у системах підтримки прийняття рішень. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. 2016. Т. 18. № 3. С. 67–74.
34. Tsyganok V.V., Kadenko S.V. & Andriichuk O.V. Using Different Pair-wise Comparison Scales for Developing Industrial Strategies. *Int. J. Management and Decision Making*. 2015. 14(3). P. 224–250.
35. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York. 1980. 287 p.
36. Kadenko S.V. Determination of Parameters of Criteria of «Tree» Type Hierarchy on the Basis of Ordinal Estimates. *Journal of Information and Automation Sciences*. 2008. Vol. 40. Issue 8. P. 7–15.
37. Likert R. A Technique for the Measurement of Attitudes. *Archives of Psychology*. 1932. # 140. P. 1–55.
38. Olenko A., Tsyganok V. Double Entropy Inter-Rater Agreement Indices. *Applied Psychological Measurement*. 2016. 40(1). P. 37–55.
39. SpaceShaper User's Guide. URL: <https://www.designcouncil.org.uk/resources/guide/spaceshaper-users-guide>
40. St. James Park, Southampton. CABE Spaceshaper Workshop Facilitators Report. URL: <http://www.westleydesign.co.uk/what-we-do/Downloads/WestleyDesign-StJamesSpaceshaper.pdf>
41. Camberwell Town Centre Spaceshaper Consultation Report. URL: https://www.southwark.gov.uk/assets/attach/4070/Camberwell_Town_Centre_Spaceshaper_Consultation_Report_December_2011.pdf
42. Carawatha Park Spaceshaper Workshops. URL: http://www.melvillecity.com.au/static/attachments/2013/April/3383_SpaceShaper_Report.pdf
43. Тоценко В.Г., Качанов П.Т., Циганок В.В. Комп'ютерна програма «Система підтримки прийняття рішень «Солон-3» (СППР «Солон-3»). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 8669 від 31.10.2003.
44. Циганок В.В., Роїк П.Д., Андрійчук О.В., Каденко С.В. Комп'ютерна програма «Система розподіленого збору та обробки інформації для систем підтримки прийняття рішень «Консенсус-2» (СРЗОІ «Консенсус-3»). Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 75023 від 27.11.2017.

Надійшла до редакції 20.08.2018