

Тригуб О. С., Олецький О. В., Франчук О. В.

ОЦІНЮВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ ТА МОДЕЛІ «СТАН — ІМОВІРНІСТЬ ДІЇ»

Пропонується підхід до оцінювання і моніторингу управлінських рішень на основі аналізу невідповідностей між рішеннями, які були фактично прийняті уповноваженими органами, і тими, які могли б бути прийняті при загальному голосуванні колективом агентів, якби таке голосування відбулося. В основі підходу лежить поєднання методу аналізу ієрархій і моделі «стан — імовірність дії» з урахуванням того, що на рішення впливає низка факторів із різним ступенем важливості, а також того, що при оцінці слід враховувати не тільки негайний виграш або програш, а й виграш або програш у перспективі. Наведено ілюстративний приклад.

Ключові слова: прийняття рішень, оцінювання рішень, метод аналізу ієрархій, модель «стан — імовірність дії».

1. Вступ

Типовий підхід до оцінювання управлінських рішень полягає в аналізі поточної ситуації та можливих змін ситуації унаслідок ухвалення та реалізації тих чи інших рішень. Математично задачу може бути сформульовано таким чином: приймати рішення так, щоб здійснювався перехід до ситуацій (станів) із кращими значеннями тих чи інших критеріїв, тобто від поточного стану $x^{(1)}$ зі значеннями критеріїв $(f_1(x^{(1)}), \dots, f_K(x^{(1)}))$ перейти до стану $x^{(2)}$ зі значеннями критеріїв $(f_1(x^{(2)}), \dots, f_K(x^{(2)}))$ так, щоб $f_k(x^{(2)}) \geq f_k(x^{(1)}) \forall i = \overline{1, K}$ (тут K — кількість критеріїв), і хоча б для одного з критеріїв вказана нерівність була строгою. Після ухвалення та реалізації рішень здійснюється оцінка (моніторинг) нової ситуації. У випадку державного управління такий моніторинг може здійснюватися як силами самих управлінських органів, так і з боку суспільства.

Може бути поставлено задачу вибору найбільш ефективної управлінської дії. Для оцінки ефективності тих чи інших дій видається перспективним застосування методів навчання з підкріпленням (reinforcement learning) [14; 17] — від простих моделей типу багаторукового бандита до складного аналізу на основі марковських процесів прийняття рішень.

Але тут виникають певні проблеми, основними з яких є такі:

1. Часто не видається можливим покращити один критерій так, щоб не погіршилося значення якогось іншого критерію (таку ситуацію можна охарактеризувати як парето-оптимальну за критеріями). Типовим підходом до вирішення цієї проблеми є комбінування критеріїв на основі тих чи інших методик.
2. Часто буває так, що покращення відбувається після певної послідовності управлінських дій, а до того — тільки погіршення (так звана проблема локального оптимуму). Тому має бути забезпечено можливість того, щоб із певною ймовірністю приймалися рішення, гірші за поточне. Проблема локального оптимуму певною мірою вирішується в рамках марковських процесів прийняття рішень, оскільки наслідки прийнятого рішення оцінюються не тільки з погляду негайного виграшу, а й з точки зору того, наскільки близьким є новий стан до станів, які оцінюються як «хороші».
3. Наслідки прийняття рішень можуть бути недетермінованими: наприклад, у більшості випадків вони можуть бути хорошими, але з певною ймовірністю — поганими або навіть катастрофічними. Підходи до вирішення цієї проблеми розглядають на основі побудови і аналізу матриць ризиків, а також на основі марковських процесів прийняття рішень.
4. Часто буває так, що значення критерію не можна виміряти безпосередньо, а пов'язані з ним вимірювані індикатори не є достатньо надійними. У цьому випадку прийнято застосовувати експертні

оцінки; добре зарекомендували себе методики на основі попарних порівнянь та метод аналізу ієрархій (MAI) [5; 11; 15 та ін.].

Розглянемо приклад, який ілюструє підходи до вирішення деяких із перелічених проблем на основі методу аналізу ієрархій.

2. Ілюстративний приклад

Уряд деякої країни інвестує в будівництво заводу, який має почати працювати через рік. Унаслідок цього:

- помітно погіршується екологія;
- доходи населення та соціальні витрати спочатку зменшуються, але в перспективі очікується суттєвий економічний вигаш, коли розпочнеться виробництво та продаж нової продукції (будемо вважати, що населення відчує цей ефект через два роки).

Сформуємо систему критеріїв. До цього підійдемо диференційовано з урахуванням дисконтування, тобто міркувань про те, що вигаш або програш у близькій перспективі має більше значення, ніж у більш віддаленій, — подібно до того, як це прийнято при застосуванні методів навчання з підкріпленням. Тому розглянемо такі критерії:

- K1 — економічний вигаш у цьому році;
- K2 — економічний вигаш через рік;
- K3 — економічний вигаш через два роки;
- K4 — економічний вигаш через три роки;
- K5 — погіршення екології в цьому році;
- K6 — погіршення екології через рік;
- K7 — погіршення екології через два роки;
- K8 — погіршення екології через три роки.

Вважатимемо також, що рішення приймається, коли розрахована міра схвалення цього рішення перевищує деякий поріг B . Тут приймемо $B = 0.5$.

Застосуємо MAI. Побудуємо матриці попарних порівнянь за кожним із критеріїв (тут можна розглядати різні шкали попарних порівнянь [6], але для простоти візьмемо стандартну шкалу Сааті). Будемо порівнювати поточну ситуацію (перший рядок матриці попарних порівнянь) із тією, яка утвориться після прийняття відповідного рішення (другий рядок).

Для критеріїв K1 та K2 мають місце економічні втрати. Матриця попарних порівнянь має вигляд:

$$M^1 = M^2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}.$$

У наступні роки вже маємо економічний вигаш, тому

$$M^3 = M^4 = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{4} \\ 4 & 1 \end{pmatrix}.$$

Що стосується екологічних втрат, вони починаються з другого року, тому

$$M^5 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$M^6 = M^7 = M^8 = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}.$$

Вагові коефіцієнти критеріїв будемо отримувати в два етапи. Спочатку побудуємо матрицю попарних порівнянь між економічним і екологічним критеріями на першому році. Таким чином, перший рядок матриці буде відповідати критерію K1, другий — критерію K5. Вважаємо, що економічний критерій має певну перевагу, маємо наступну матрицю попарних порівнянь:

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ \frac{1}{4} & 1 \end{pmatrix}.$$

Її перонів вектор (нормалізований головний власний вектор) приблизно дорівнює

$$(0.8 \quad 0.2).$$

На основі цього вектора побудуємо розширений вектор важливостей усіх критеріїв з урахуванням коефіцієнта дисконтування за таким принципом: важливість критерію через k років дорівнює базовій важливості, помноженій на γ^k , де $\gamma (0 < \gamma < 1)$ — коефіцієнт дисконтування; після цього здійснюється нормалізація так, щоб сума елементів дорівнювала 1.

Візьмемо коефіцієнт дисконтування $\gamma = 0.95$ (змістовно це означає, що рішення значною мірою приймається з урахуванням майбутніх вигащів, тобто перспективи). Тоді отримуємо вектор:

$$w' = (0.8, 0.8 \cdot \gamma, 0.8 \cdot \gamma^2, 0.8 \cdot \gamma^3, 0.2, 0.2 \cdot \gamma, 0.2 \cdot \gamma^2, 0.2 \cdot \gamma^3)$$

і після нормалізації

$$w = (0.2156 \quad 0.2049 \quad 0.1946 \quad 0.1849 \quad 0.0539 \quad 0.0512 \quad 0.0487 \quad 0.0462).$$

Матриця, кожний i -й рядок якої дорівнює нормалізованому пероновому вектору матриці M^i (тобто змістовно — оцінкам альтернатив за i -м критерієм), набуває вигляду

$$Q = \begin{pmatrix} 0.6667 & 0.3333 \\ 0.6667 & 0.3333 \\ 0.1250 & 0.8750 \\ 0.1250 & 0.8750 \\ 0.5000 & 0.5000 \\ 0.7500 & 0.7500 \\ 0.7500 & 0.7500 \\ 0.7500 & 0.7500 \end{pmatrix}.$$

Комбінований вектор оцінки альтернатив набуває вигляду

$$p = wQ = (0.4643 \quad 0.5357).$$

Це означає, що приймають рішення будувати завод.

Очевидно, на рішення впливає низка факторів, зокрема:

- оцінки альтернатив за кожним критерієм;
- оцінки важливості самих критеріїв;
- поріг B ;
- коефіцієнт дисконтування γ .

Для прикладу візьмемо коефіцієнт дисконтування $\gamma = 0.75$ (змістовно це означає, що вплив майбутніх вигащів зменшується порівняно з попереднім випадком). Тепер вектор оцінок альтернатив буде дорівнювати

$$(0.5090 \quad 0.4910)$$

і рішення про будівництво заводу має бути відхилено.

3. Оцінка ухваленого рішення

Однак важливе значення має не тільки саме рішення, а й оцінка цього рішення соціумом. В основу може бути покладений аналіз можливої невідповідності між тим, яке рішення приймається відповідним органом прийняття рішень, і тим, яке рішення було б прийнято на загальному референдумі.

Для оцінки того, яким могло б бути колективне рішення, застосуємо однорівневу модель «стан — імовірність дії», запропоновану в [13]. Нехай стани моделі відповідають можливим рівням коефіцієнта дисконтування; для визначеності візьмемо множину можливих рівнів

$$\{1, 0.95, 0.9, 0.8, 0.75, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, 0\}.$$

Побудуємо матрицю «стан — імовірність дії» на основі методики, описаної в розділі 2 (рядки цієї матриці відповідають імовірностям прийняття рішень за умови перебування у відповідному стані). Для вказаної системи станів ця матриця набуває вигляду

$$H = \begin{pmatrix} 0.4542 & 0.5458 \\ 0.4643 & 0.5357 \\ 0.4749 & 0.5251 \\ 0.4973 & 0.5027 \\ 0.5090 & 0.4910 \\ 0.5456 & 0.4544 \\ 0.5700 & 0.4300 \\ 0.5928 & 0.4072 \\ 0.6123 & 0.3877 \\ 0.6266 & 0.3734 \\ 0.6340 & 0.3660 \\ 0.6348 & 0.3652 \\ 0.6333 & 0.3667 \end{pmatrix}.$$

Тепер вирішального значення набуває вектор ймовірностей $\bar{p}$ того, що агент перебуває в тому чи іншому стані. Якщо $\bar{p}$ та H відомі, вектор ймовірностей прийняття того чи іншого рішення в рамках моделі «стан — ймовірність дії» розраховують за формулою

$$p = \bar{p} \cdot H.$$

Нехай коефіцієнт дисконтування $\gamma = 0.75$. Як ми бачили раніше, в рамках моделі за таких умов рішення про будівництво має бути відхилене.

Але суспільне схвалення чи несхвалення цього рішення залежить від вектора $\bar{p}$. Нехай він дорівнює

$$\bar{p} = (0.0, 0.0, 0.0, 0.04, 0.06, 0.1, 0.1, 0.2, 0.2, 0.2, 0.06, 0.03, 0.01)$$

(змістовно такий вектор означає, що більшість виборців не є достатньо далекоглядними та живуть сьогоднішнім днем).

Тоді

$$p = \bar{p} \cdot H = (0.5917 \quad 0.4083).$$

Змістовно це означає, що на референдумі, якби він відбувся, більшість громадян підтримала б рішення, прийняте органом управління. Суспільство скоріш задоволене, ніж незадоволене.

А якщо

$$\bar{p} = (0.2, 0.3, 0.25, 0.15, 0.05, 0.03, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$$

(змістовно це означає, що громадяни є більш далекоглядними і думають про майбутнє), то

$$p = \bar{p} \cdot H = (0.4767 \quad 0.5233).$$

Тепер суспільство скоріше не схвалює прийняте рішення (референдум, якби він відбувся, ухвалив би рішення про будівництво заводу), і можна казати про очікування деякого зростання суспільного невдоволення щодо того, що рішення про будівництво не було ухвалене.

4. Висновки та обговорення

У статті запропоновано підходи до оцінювання управлінських рішень на основі поєднання методу аналізу ієрархій і моделі «стан — ймовірність дії». При цьому враховується те, що оцінювання має здійснюватися з огляду на різні критерії (можливо, суперечливі), і що слід враховувати не тільки негайні вигоди, а й перспективу.

Наведено приклад, в якому ключовим параметром є коефіцієнт дисконтування майбутніх вигод (чим ближче коефіцієнт дисконтування до 1, тим більш далекоглядними є особи, які приймають рішення). Показано на моделі, яким чином різне ставлення до майбутніх вигод (далекоглядне чи недалекоглядне) спричиняє невідповідності між тими рішеннями, які ухвалив відповідний орган і рішеннями, які могли б бути прийняті на референдумі, якби він відбувся, і як наслідок — позитивну або негативну оцінку ухвалених рішень з боку суспільства.

У цьому контексті видається доцільним застосування багаторівневих схем моделі «стан — ймовірність дії» у поєднанні з методом аналізу ієрархій, які в загальних рисах описані в [3; 8; 10], що

дозволить більш повноцінно враховувати вплив тих чи інших факторів на рішення, що ухвалюються. При побудові матриць попарних порівнянь видається перспективним також застосування транзитивних шкал [2; 6], оскільки стандартна шкала Сааті не завжди дає достатньо гарні результати.

Варто звернути увагу на те, що оцінка суспільного задоволення або незадоволення суттєво залежить від міри невідповідності між рішеннями, які фактично приймаються управлінськими органами й тими, які могли б бути прийняті на референдумі, якби він відбувся. При моделюванні важливе значення має також рівень інформованості суспільства про фактори, які мають вплив на прийняття рішення, а також на моделі поширення інформації та її вплив до ставлення до тих чи інших рішень і до факторів, які зумовлюють ухвалення цих рішень [4; 7; 9; 12; 16; 18–20 та ін.].

Список літератури

1. Глибовець М. М. Штучний інтелект : підручник / М. М. Глибовець, О. В. Олецкий. — Київ : Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2002.
2. Олецкий О. В. Про застосування методу аналізу ієрархій для автоматизованого оцінювання студентських робіт / О. В. Олецкий, О. С. Тригуб // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. — 2020. — Т. 3. — С. 127–131. — <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2020.3.127-131>.
3. Олецкий О. В. Про підхід до формування дворівневої моделі «стан — ймовірність дії» на основі попарних порівнянь та методу аналізу ієрархій / О. В. Олецкий, І. О. Франчук, В. В. Гуминський // Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки. — 2023. — Т. 6. — С. 4–10. — <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2023.6.4-10>.
4. Aref A. An integrated trust establishment model for the internet of agents / A. Aref, T. Tran // Knowledge and Information Systems. — 2020. — Vol. 62. — Pp. 79–105.
5. Brunelli M. Introduction to the analytic hierarchy process [Electronic resource] / M. Brunelli. — Springer, Cham, 2015. — Mode of access: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12502-2>.
6. Choo E. A common framework for deriving preference values from pairwise comparison matrices / E. Choo, W. Wedley // Computers and Operations Research. — 2004. — Vol. 31, no. 6. — Pp. 893–908.
7. Dang L. Simulating the spatial diffusion of memes on social media networks / L. Dang, Z. Chen, J. Lee, M.-H. Tsou, X. Ye // International Journal of Geographical Information Science. — 2016. — Vol. 33. — Pp. 1545–1568.
8. Dosyn D. An approach to modeling elections in bipartisan democracies on the base of the “state-probability of action” model / D. Dosyn, O. Oletsy // CEUR Workshop Proceedings. — 2024. — Pp. 74–85.
9. Fullam K. K. A specification of the agent reputation and trust (art) testbed: experimentation and competition for trust in agent societies / K. K. Fullam, T. B. Klos, G. Muller, J. Sabater, A. Schlosser, Z. Topol, K. S. Barber, J. S. Rosenschein, L. Vercouter, M. Voss // Proc. 4th Int. Joint Conf. Auto. Agents Multiagent Syst. — 2005. — Pp. 512–518.
10. Ivokhin E. Restructuring of the model “state-probability of choice” based on products of stochastic rectangular matrices [Electronic resource] / E. Ivokhin, O. Oletsy // Cybern. Syst. Anal. — 2022. — Vol. 58-2. — Pp. 242–250. — Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00456-z>.
11. Koczkodaj W. Important facts and observations about pairwise comparisons [Electronic resource] / W. Koczkodaj, L. Mikhailov, G. Redlarski, M. Soltys, J. Szybowski, G. Tamazian, E. Wajch, Kevin Kam Fung Yuen // Fundamenta Informaticae. — 2016. — Vol. 144. — Pp. 1–17. — Mode of access: <https://doi.org/10.3233/fi-2016-1336>.
12. Mallipeddi R. A framework for analyzing influencer marketing in social networks: selection and scheduling of influencers [Electronic resource] / R. Mallipeddi, S. Kumar, C. Sriskandarajah, Y. Zhu // SSRN Electronic Journal. — 2018. — Mode of access: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3255198>.
13. Oletsy O. Formalizing the procedure for the formation of a dynamic equilibrium of alternatives in a multi-agent environment in decision-making by majority of votes [Electronic resource] / O. Oletsy, E. Ivohin // Cybern Syst Anal. — 2021. — Vol. 57-1. — Pp. 47–56. — Mode of access: <https://doi.org/10.1007/s10559-021-00328-y>.
14. Russell S. Artificial intelligence: A modern approach / S. Russell, P. Norvig. — 4th Edition. — Pearson Education, Inc., 2021.
15. Saaty T. L. The analytic hierarchy process / T. L. Saaty. — McGraw-Hill, New York, 1980.
16. Sobkowicz P. Opinion mining in social media: modeling, simulating, and forecasting political opinions in the web / P. Sobkowicz, M. Kascheky, G. Bouchard // Government Information Quarterly. — 2012. — Vol. 29. — Pp. 470–479.
17. Sutton R. S. Reinforcement learning: an introduction / R. S. Sutton, A. G. Barto. — Second Edition. — MIT Press, London, 2018.
18. Vosoughi S. The spread of true and false news online / S. Vosoughi, D. Roy, S. Aral // Science. — 2018. — Vol. 359. — Pp. 1146–1151.
19. Wasserman S. Social network analysis: methods and applications / S. Wasserman, K. Faust. — Cambridge University Press, 1994.
20. Yu H. A survey of multi-agent trust management systems / H. Yu, Z. Shen, C. Leung, C. Miao, V. Lesser // IEEE Access. — 2013. — Vol. 1. — Pp. 35–50.

References

- Aref, A., & Tran, T. (2020). An integrated trust establishment model for the internet of agents. *Knowledge and Information Systems*, 62, 79–105.
- Brunelli, M. (2015). *Introduction to the analytic hierarchy process*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12502-2>.
- Choo, E., & Wedley, W. (2004). A common framework for deriving preference values from pairwise comparison matrices. *Computers and Operations Research*, 31 (6), 893–908.
- Dang, L., Chen, Z., Lee, J., Tsou, M.-H., & Ye, X. (2019). Simulating the spatial diffusion of memes on social media networks. *International Journal of Geographical Information Science*, 33 (8), 1545–1568. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1591414>.
- Dosyn, D., & Oletsy, O. (2024). An approach to modeling elections in bipartisan democracies on the base of the “state-probability of action” model. In *CEUR workshop proceedings* (pp. 74–85).
- Fullam, K. K., Voss, M., Klos, T. B., Muller, G., Sabater, J., Schlosser, A., Topol, Z., Barber, K. S., Rosenschein, J. S., & Vercouter, L. (2005). A specification of the agent reputation and trust (ART) testbed. In *The fourth international joint conference*. ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1082473.1082551>.

- Han Yu, Zhiqi Shen, Leung, C., Chunyan Miao & Lesser, V. R. (2013). A survey of multi-agent trust management systems. *IEEE Access*, 1, 35–50. <https://doi.org/10.1109/access.2013.2259892>.
- Hlybovets, M. M., & Oletsyky, O. V. (2002). *Shtuchnyi intelekt*. Vydavnychiy dim “KM Akademiia” [in Ukrainian].
- Ivokhin, E. V., & Oletsyky, O. V. (2022). Restructuring of the model “state–probability of choice” based on products of stochastic rectangular matrices. *Cybernetics and Systems Analysis*. <https://doi.org/10.1007/s10559-022-00456-z>.
- Katherine, F. (Ed.). (1994). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press.
- Koczkodaj, W. W., Mikhailov, L., Redlarski, G., Soltys, M., Szybowski, J., Tamazian, G., Wajch, E., & Yuen, K. K. F. (2016). Important Facts and Observations about Pairwise Comparisons (the special issue edition). *Fundamenta Informaticae*, 144 (3–4), 291–307. <https://doi.org/10.3233/fi-2016-1336>.
- Mallipeddi, R., Kumar, S., Sriskandarajah, C., & Zhu, Y. (2018). A framework for analyzing influencer marketing in social networks: *Selection and scheduling of influencers*. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3255198>.
- Oletsyky, O. V., & Tryhub, O. S. (2020). Pro zastosuvannya metodu analizu iierarkhii dlia avtomatyzovanoho otsiniuvannya studentskykh robit. *NaUKMA Research Papers. Computer Science*, 3, 127–131. <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2020.3.127-131> [in Ukrainian].
- Oletsyky, O. V., Franchuk, I. O., & Humynskyi, V. V. (2023). Pro pidkhid do formuvannya dvorivnevoi modeli “stan – ymovirnist dii” na osnovi poparnykh porivnian ta metodu analizu iierarkhii. *NaUKMA Research Papers. Computer Science*, 6, 4–10. <https://doi.org/10.18523/2617-3808.2023.6.4-10> [in Ukrainian].
- Oletsyky, O. V., & Ivokhin, E. V. (2021). Formalizing the procedure for the formation of a dynamic equilibrium of alternatives in a multi-agent environment in decision-making by majority of votes. *Cybernetics and Systems Analysis*, 57 (1), 47–56. <https://doi.org/10.1007/s10559-021-00328-y>.
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach*. Pearson Education, Limited.
- Sobkowicz, P., Kaschesky, M., & Bouchard, G. (2012). Opinion mining in social media: Modeling, simulating, and forecasting political opinions in the web. *Government Information Quarterly*, 29 (4), 470–479. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2012.06.005>.
- Sutton, R. S., Barto, A. G., & Bach, F. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press.
- The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation. (1980). McGraw-Hill International Book Co.
- Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science*, 359 (6380), 1146–1151. <https://doi.org/10.1126/science.aap9559>.

O. Tryhub, O. Oletsyky, O. Franchuk

ESTIMATING DECISIONS BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND MODELING THE STATE-PROBABILITY OF ACTION

An approach to estimating and monitoring decisions in situations where there are many criteria influencing possible results, and these criteria typically contradict each other, is suggested. Typically, a Pareto-optimal situation, when it is impossible to improve any criterion without worsening another criteria, takes place. Another problem regarded in the paper is the problem of a local optimum, when it is impossible to improve an objective function without temporarily worsening it, that is, improving may be expected after several steps.

The approach is based on combining the Analytic Hierarchy Process and pairwise comparisons, from the one side, and modeling the “state-probability of action”, from the other side. Such a combining leads to the construction of a two-level model “state-probability of choice”, in which the required matrices are obtained by using pairwise comparisons and the Analytic Hierarchy Process. The main idea is to consider discrepancies between decisions actually made by authorities and those which could be made by the whole bulk of agents by a majority of votes, if such a voting took place. The suggested approach takes into account two considerations: firstly, decisions are influenced by several factors having different measures of importance, and secondly, not only instant wins and losses but those in prospect matter for evaluating these decisions.

The suggested approach is illustrated by the example provided in the paper. Within this example, the question is whether a new factory should be built or not. Two contradictory factors influencing decisions have been considered: economic wins and environmental losses expected if the factory is actually built. The main idea of the example is to consider different values of time discount, which meaningfully stand for how important instant wins and losses are in comparison with those in the future. It was showcased in the paper that discrepancies in estimating discount values can lead to large discrepancies in agents' attitudes toward estimates of decisions.

The standard scale of preference suggested earlier was used in this example, though other types of scales, especially transitive ones, definitely could be considered.

Keywords: decision making, assessing decisions, Analytic Hierarchy Process, modeling the “state-probability of action”.

Матеріал надійшов 25.06.2025

