

Adaptive control methods

УДК 004.89

doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.07>

І. М. Бутко

ДП «Центр Державного земельного кадастру», Київ, Україна

МОДЕЛЬ ТА МЕТОД ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Анотація. У статті запропоновано модель та метод прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації. **Метою статті** є удосконалення моделі та методу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації. **Результати:** запропоновано алгоритм процесу прийняття управлінського рішення, який складається з ситуаційної та концептуальної частини; запропоновано алгоритм дій керівника організації на основі розробленої моделі прийняття управлінського рішення; розглянута ситуація, коли якість рішення залежить від зовнішніх факторів, на які орган прийняття рішення не впливає; наведена загальна схема методу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації. Використовуваними **методами** є: методи системного аналізу, теорії прийняття рішень, обробки інформації, оптимальних рішень, теорії ймовірності. **Висновки.** Удосконалено модель прийняття управлінських рішень, яка, на відміну від відомих, є динамічною і базується на відборі рішень, що є оптимальними за комбінованим критерієм, при цьому використовується прогнози значення ймовірностей станів середовища, що забезпечує обґрунтованість управлінських рішень. Отримав подальший розвиток метод прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, який базується на моделях прогнозування даних та прийняття управлінських рішень і використовує метод семантичної сегментації видових зображень для оцінки апріорних ймовірностей станів середовища, що забезпечує можливість прийняття рішення в умовах ризику та невизначенності. Напрямок подальших досліджень є розробка інформаційної технології прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

Ключові слова: геопросторова інформація; управлінське рішення; метод прийняття управлінських рішень; модель прийняття управлінських рішень; інформаційна ситуація; ситуація прийняття рішень; критерій прийняття рішень.

Вступ

Постановка проблеми. На сьогоднішній день існує велика кількість проблемно-орієнтованих геоінформаційних систем. В основу даних систем покладена картографічна, топографо-геодезична, аерокосмічна інформація, яка представлена у цифровому вигляді, яка є дуже зручною завдяки візуалізації великої кількості різномірної інформації та яка дає можливість вирішення цілого комплексу різних завдань управління, планування та використання ресурсів в різних галузях людської діяльності [1-2]. Для цього необхідні комплексні спеціалізовані методики автоматизованого прийняття управлінських рішень, які засновані на обробці геопросторової інформації та які реалізовані в складі систем підтримки прийняття рішень.

Сьогодні в Україні існує значна кількість геоінформаційних систем різного призначення із великим об'ємом накопиченої інформації, яка постійно оновлюється. Великі об'єми геопросторових даних, достатньо складні структурно-геометричні форма та розташування об'єктів на зображеннях, обов'язковий облік в обчисленні кількісних атрибутів, складності координатної прив'язки та наступного аналізу визначають значні затрати часу на прийняття управлінських рішень. Тому існує проблема оперативного та автоматизованого використання такої інформації при прийнятті рішень на основі аналізу геопросторової інформації, що дозволило б суттєво зменшити долю суб'єктивних помилок при прийнятті управлінських рішень.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Проведений аналіз останніх досліджень показав найбільш перспективними з точки зору обробки геопросторових даних є проблемно-орієнтовані геоінформаційні системи [1-2]. Оскільки одна з функцій складних геоінформаційних систем різного призначення є забезпечення особи, що приймає рішення необхідною об'єктивною інформацією та можливіми рекомендаціями щодо прийняття рішень, то для створення подібних систем доцільно застосовувати системи підтримки прийняття управлінських рішень [3]. На сьогоднішній день існує велика кількість різних підходів для вибору обґрунтованих рішень для надання таких рекомендацій.

В [4] запропоновано розробка концептуальної моделі підтримки прийняття рішень для галузевих геоінформаційних систем та методу на її основі. Інформаційна модель геоданих полягає у формалізованому поєднанні їх просторової та атрибутивної складових, що враховує реляційну, семантичну та фреймові моделі представлення знань атрибутивної складової.

В [4] розроблено метод підтримки прийняття рішень при побудові галузевої геоінформаційної системи, який враховує концептуальну модель підтримки прийняття рішень для галузевих геоінформаційних систем. Але запропонований підхід розроблений лише для галузевих геоінформаційних систем, тобто для систем, які вивчають проблеми лише однієї галузі.

В [5] для розв'язування задач управління якістю повітря в ході створення сучасних систем під-

римки прийняття рішень запропоновано використувати геоінформаційні системи з метою підготовки, систематизації та аналізу вхідних даних; візуалізації та аналізу просторових характеристик розрахованих показників. Але спосіб інтеграції підсистеми просторового моделювання в системі підтримки прийняття рішень вибирають залежно від призначення системи та наявного стану взаємодії підсистем моделей і баз даних.

Тому є необхідність удосконалення моделі прийняття управлінських рішень, яка, на відміну від відомих, буде динамічною та буде базуватися на відборі рішень, що є оптимальними за комбінованим критерієм. Та розробка методу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації геоінформаційних систем різного призначення, який базується на моделях прогнозування даних та прийняття управлінських рішень, що забезпечує можливість прийняття рішення в умовах ризику та невизначеності.

Таким чином, **метою статті** є удосконалення моделі та методу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

Основний матеріал

Алгоритм процесу прийняття рішень у системах обробки геопросторової інформації є формалізованою схемою опрацювання інформації, яка описує послідовність дій кожного етапу моделі, що об'єднані в єдину систему [6]. Даний процес є ітераційним – операції, які виконуються на кожному етапі, повторюються до тих пір, доки не буде знайдено рішення, яке задовольняє вимоги за заданим критерієм (рис. 1) [7].

Модель складається із ситуаційної та концептуальної частини. Основними елементами ситуаційної частини моделі є блок даних та блок ситуації. Блок даних включає визначення об'єкта зацікавленості та наявних інформаційних ресурсів, агрегування та отримання геопросторової інформації з заданими характеристиками. Блок ситуації включає аналіз поточної ситуації на об'єкті зацікавленості, визначення моделі загроз та аналіз поточних збитків від діяльності на об'єкті.

В свою чергу концептуальна частина моделі включає блок цілі та блок вибору. Блок цілі визначає пріоритетність реагування на негативний вплив, блок вибору складається із визначення та розробки сценаріїв, планів, алгоритмів усунення негативного впливу та визначення параметрів необхідної інформації для подальшого контролю ситуації.

З метою підвищення ефективності управлінського впливу на основі розробленої моделі прийняття управлінського рішення запропоновано алгоритм дій керівника організації (рис. 2) [8].

Розглянемо тепер ситуацію, коли якість рішення залежить від зовнішніх факторів, на які орган прийняття рішення не впливає.

У [7], [9] вважається, що модель прийняття рішення є статичною, тобто її параметри не залежать від часу. В даній роботі буде проведено узагальнення для динамічної моделі.

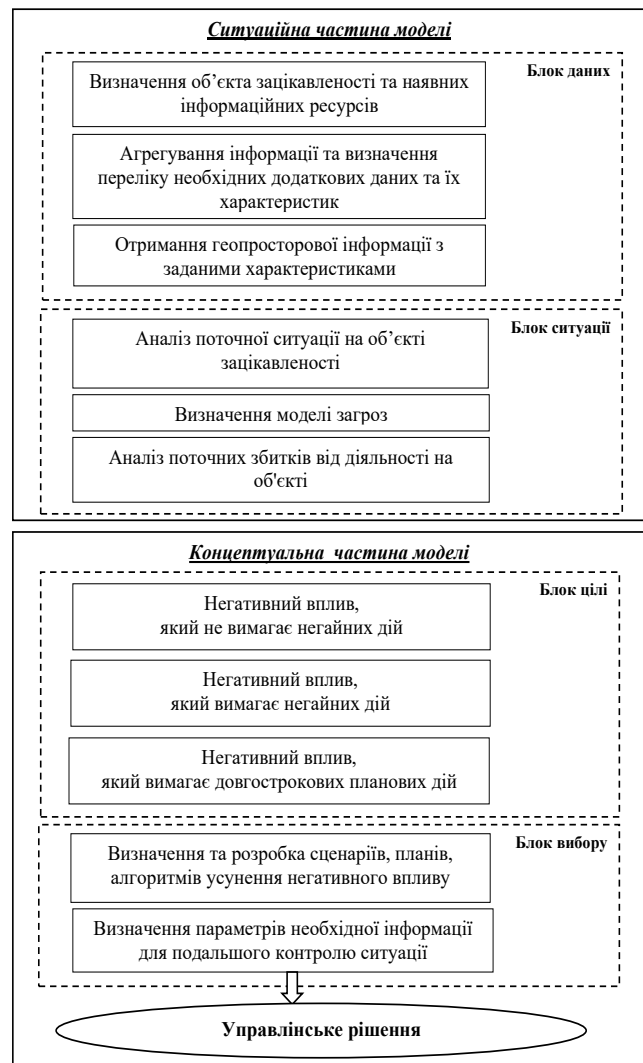


Рис. 1. Алгоритм процесу прийняття управлінського рішення (Fig. 1. Algorithm of the management decision-making process)

Досліджуючи статичні моделі прийняття рішень, будемо виходити із таких припущень [9]:

1) орган управління має в наявності множину взаємовиключних рішень:

$$\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}, \quad (1)$$

з яких треба вибрати тільки одне;

2) середовище C описується множиною взаємовиключних станів:

$$\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\} \quad (2)$$

і може перебувати в одному з них, однак на момент прийняття рішення органу управління невідомо, у якому стані воно перебуває (або буде перебувати);

3) визначено оціночний функціонал:

$$F = \{f_{jk}\}, \quad (3)$$

який характеризує "виграш" або "програш" органу управління при виборі ним рішення $\varphi_k \in \Phi$ якщо середовище буде перебувати (або перебуває) в стані $\theta_j \in \Theta$.

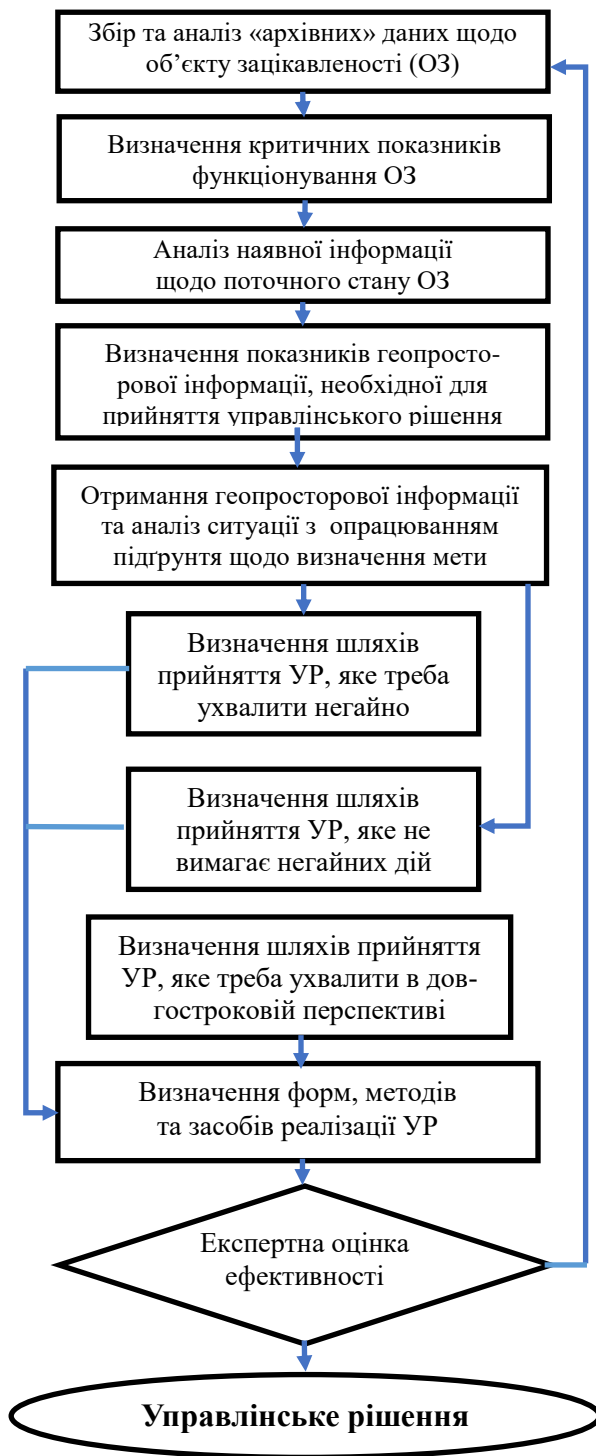


Рис. 2. Алгоритм дій прийняття управлінського рішення (Fig. 2. Algorithm of management decision-making actions)

Виходячи з цих припущень, процес прийняття рішень в умовах невизначеності може бути описаний такою схемою:

1. Формування множини можливих рішень органу управління Φ та множини станів середовища Θ .
2. Визначення та задання основних показників ефективності й корисності, які входять у розрахунок оцінного функціонала F .
3. Визначення органом управління інформаційної ситуації, яка описує стратегію поведінки середовища C .

4. Вибір критерію прийняття рішень із множини критеріїв, які характеризують визначену органом управління інформаційну ситуацію.

5. Прийняття оптимального, за вибраним критерієм, рішення або його корекція.

Таким чином, під *ситуацією прийняття рішень* будемо розуміти трійку Φ , в якій $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_m\}$ – множина можливих рішень органу управління; $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$ – множина можливих станів середовища; $F = \{f_{jk}\}$ – оцінний функціонал, де $f_{jk} = f(\theta_j, \varphi_k)$.

У розгорнутій формі ситуація прийняття рішень характеризується матрицею (4) [10]-[11]:

$$\begin{matrix}
 & \varphi_1 & \varphi_2 & \dots & \varphi_k & \dots & \varphi_m \\
 \theta_1 & f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1k} & \dots & f_{1m} \\
 \theta_2 & f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2k} & \dots & f_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \theta_j & f_{j1} & f_{j2} & \dots & f_{jk} & \dots & f_{jm} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \theta_n & f_{n1} & f_{n2} & \dots & f_{nk} & \dots & f_{nm}
 \end{matrix} \quad (4)$$

З категорією оцінчного функціонала тісно пов'язані такі поняття як ефективність, корисність, втрати, ризик тощо. При цьому вибір тієї чи іншої форми функціонала залежить від конкретних задач управління. Зазвичай використовують дві його форми: ті, що визначають корисність, або ті, що визначають втрати.

Якщо орган управління, приймаючи рішення, виходить із необхідності досягнення максимуму оцінчного функціоналу, то будемо його позначати як

$$F = F^+ = \{f_{jk}^+\} \quad (5)$$

Коли орган управління виходить із потреби досягнення мінімуму оцінчного функціоналу, то

$$F = F^- = \{f_{jk}^-\} \quad (6)$$

Інформаційною *ситуацією прийняття рішень* будемо називати ступінь градації невизначеності у виборі середовищем своїх станів із заданої множини Θ в момент прийняття рішення органом управління.

Виділяють такі *інформаційні ситуації* [12]:

I1 – задано розподіл апріорних імовірностей на елементах множини станів середовища Θ , цю ситуацію називають також ситуацією прийняття рішень *в умовах ризику*;

I2 – має місце заданий розподіл імовірностей з невідомими параметрами;

I3 – задано системи лінійних відношень порядків на компонентах апріорного розподілу станів середовища C ;

I4 – розподіл імовірностей на множині станів середовища Θ невідомий;

I5 – наявність антагоністичних інтересів середовища в процесі прийняття рішення;

I6 – "проміжний" між I1 та I5 вибір середовищем своїх станів;

I7 – існування нечіткої множини станів середовища.

Критерієм прийняття рішень будемо називати алгоритм, що визначений для кожної ситуації прийняття рішень та інформаційної ситуації I, який дозволяє обрати єдине оптимальне рішення $\varphi_{k=k_0}$ з множини Φ або встановити множину таких рішень, які називають еквівалентними за даним критерієм.

Будемо розглядати надалі тільки основну інформаційну ситуацію II.

Перша інформаційна ситуація II характеризується заданим розподілом апіорних імовірностей на елементах множини Θ , а саме:

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n), \quad (7)$$

$$\text{де} \quad p_j = p(\Theta = \Theta_j). \quad (8)$$

і виконується умова (9):

$$\sum_{j=1}^n p_j = 1. \quad (9)$$

Зауважимо, що у реальних задачах розрахунок апіорного розподілу (7), здійснюється або шляхом обробки великого обсягу статистичного матеріалу, або на основі аналітичних методів, які базуються на гіпотезах про поведінку середовища та на застосуванні методів і теорем теорії ймовірності. Отриманий у такий спосіб апіорний розподіл ймовірності називають *об'єктивним*. Разом з тим, іноді застосування таких методів неможливе, оскільки немає достатньої кількості статистичного матеріалу, середовище характерне складною "поведінкою", у цих умовах орган прийняття рішень може використати для формулювання значень апіорного розподілу ймовірності оцінки експертів, які добре орієнтуються в ситуації. Таке визначення ймовірності називається *суб'єктивним*.

Опишемо основні критерії прийняття рішень у ситуації II [12]-[13].

1. Згідно з *критерієм Байєса* C^B , оптимальними рішеннями $\varphi_{k=k_0}$ (або множиною таких рішень) вважають такі, для яких математичне сподівання оціночного функціонала набуває найбільшого (або найменшого) можливого значення, а саме:

$$k_0 = \arg \max_k B^+(\varphi_k, p); \quad (10)$$

$$\text{де} \quad B^+(\varphi_k, p) = \sum_{j=1}^n f_{jk}^+ p_j, \quad (11)$$

або, відповідно,

$$k_0 = \arg \min_k B^-(\varphi_k, p); \quad (12)$$

$$B^-(\varphi_k, p) = \sum_{j=1}^n f_{jk}^- p_j. \quad (13)$$

Критерій Байєса є найбільш використовуваним в інформаційній ситуації II. Його доцільно застосовувати тоді, коли ситуація повторюється багато разів, оскільки за таких умов максимізується середнє значення корисності (або мінімізується середній ризик).

2. *Критерій мінімуму дисперсії оціночного функціонала* C^{var} . Для кожного рішення φ_k визначимо дисперсію $\sigma^2(\varphi_k, p)$ оціночного функціонала:

$$\sigma^2(\varphi_k, p) = \sum_{j=1}^n (f_{jk} - B(\varphi_k, p))^2 p_j, \quad (14)$$

тоді оптимальне рішення $\varphi_{k=k_0}$ визначається як

$$k_0 = \arg \min_k \sigma^2(\varphi_k, p). \quad (15)$$

3. *Комбінований критерій* C^{comb} . Являє собою комбінацію критеріїв Байєса C^B та мінімуму дисперсії C^{var} , де враховано природне бажання органу управління забезпечити найкраще середнє значення (критерій Байєса) та мінімальну дисперсію.

Виберемо величину λ , $0 \leq \lambda \leq 1$ і для кожного з рішень φ_k обчислимо значення критерію C^{comb} за формулою (16):

$$K(\varphi_k, p) = (1-\lambda)B(\varphi_k, p) - \lambda\sigma^2(\varphi_k, p). \quad (16)$$

Найкращим є рішення $\varphi_{k=k_0}$, для якого

$$k_0 = \arg \max_k K(\varphi_k, p). \quad (17)$$

Зауважимо, що при цьому значення коефіцієнта λ встановлюють з огляду на те, якому саме критерію (Байєса чи мінімуму дисперсії) потрібно надати більшу перевагу. Якщо $\lambda = 0$, то критерій $K(\varphi_k, p)$ збігається з критерієм Байєса, а коли $\lambda = 1$ – із критерієм мінімуму дисперсії.

Як вказано у [14]-[15], граничні значення параметра λ , за якими встановлюють перевагу критеріїв, обчислюються за формулами (18)-(19):

$$\lambda^* = \min_k \left(\sum_{j=1}^n p_j f_{jk} \right)^2 / \sum_{j=1}^n p_j f_{jk}^2; \quad (18)$$

$$\lambda^{**} = \max_k \left(\sum_{j=1}^n p_j f_{jk} \right)^2 / \sum_{j=1}^n p_j f_{jk}^2. \quad (19)$$

Очевидно, що задовольняється нерівність (20):

$$0 \leq \lambda^* \leq \lambda^{**} \leq 1. \quad (20)$$

Запропонуємо модель прийняття управлінських рішень, що є оптимальними за комбінованим критерієм. При цьому значення параметра λ пропонується обирати як середину інтервалу $[\lambda^*, \lambda^{**}]$, тобто:

$$\lambda = (\lambda^* + \lambda^{**}) / 2. \quad (21)$$

Оцінка імовірностей $p(\Theta_j)$ проводиться за результатами тематичної інтерпретації видових зо-

бражень. Для переходу від стаціонарної до динамічної моделі прийняття рішення необхідно використовувати прогнозні значення $p_t(\theta_j)$, що визначаються за допомогою моделі прогнозування геопросторових даних. Таким чином, удосконалено модель прийняття управлінських рішень, яка, на відміну від відомих, є динамічною і базується на відборі рішень, що є оптимальними за комбінованим критерієм, при цьому використовується прогнозні значення імовірностей станів середовища, що забезпечує обґрунтованість управлінських рішень.

Для прийняття обґрунтованих управлінських рішень перш за все необхідно вибрати множину станів середовища $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$, де n – кількість станів. Прикладом таких станів можуть бути: наявність рослинності, водної поверхні, міської забудови тощо.

Оцінки апіорних імовірностей перебування у поточний момент часу t у даних станах $p_j = p(\Theta = \theta_j)$ (для $1 \leq j \leq n$) отримуємо з результатів тематичної інтерпретації видових зображень. Для цього проводимо сегментацію зображень за допомогою згорткової мережі, яка навчена по відповідній множині тестових зображень.

Якщо вихід мережі S_k – індексне зображення, якому кожен піксель приймає значення $1 \leq k \leq K$, де K – кількість класів сегментації ($K \geq n$), то маска ϑ_k для кожного класу k отримується як

$$\vartheta_k = \sum_{k'} S_k \delta_{kk'}. \quad (22)$$

У такому випадку для оцінки апіорних імовірностей для області інтересу W можна записати:

$$p_j = \frac{1}{\sum_j \vartheta_j} \sum_{(x,y) \in W} \vartheta_j(x,y). \quad (23)$$

Для переходу від координат зображення $W(x, y)$ до географічних координат $W(\varphi, \theta, h)$ необхідно виконати геоприв'язку, що дає нам значення імовірностей $p_j(\varphi, \theta, h)$.

Оскільки дані оцінки імовірностей отримані у момент часу t , тобто

$$p_j = p_j(t), \quad (24)$$

то, щоб отримати значення апіорних імовірностей $p_j(t)$ у момент часу імплементації рішення, отримані оцінки прогноуються за допомогою розробленої адаптивної селективної моделі на базі ансамблю інтегрованих моделей авторегресії-ковзного середнього різних порядків, які вибираються в діапазоні

$$p, q = 0, 1, 2; \quad d = 0, 1. \quad (25)$$

Параметри моделей знаходяться методом найменших квадратів, так щоб мінімізувати середньоквадратичне відхилення між прогнозом і реальними даними для попередніх спостережень. Для вихідного значення береться середнє по кластеру, для якого досягається мінімум середньоквадратичного відхилення між прогнозом і реальними даними для попередніх спостережень (аналогічно до знаходження параметрів моделі).

Маючи прогнозні значення імовірностей i , вважаючи, що задано оціночний функціонал $f(\theta_j, \varphi_k)$, відбираємо рішення, що є оптимальними за модальним критерієм:

$$k_0 = \arg \max_k f(\theta_{j=j_0}, \varphi_k); \quad (26)$$

$$j_0 = \arg \max_j \bar{p}(\Theta_j, t'). \quad (27)$$

Загальна покрокова схема методу наведена на рис. 3.



Рис. 3. Загальна схема методу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації (Fig. 3. General scheme of the method of making managerial decisions based on the analysis of geospatial information)

Таким чином, отримав подальший розвиток метод прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, який базується на моделях прогнозування даних та прийняття управлінських рішень і використовує метод семантичної сегментації видових зображень для оцінки апіорних імовірностей станів середовища, що забезпечує можливість прийняття рішення в умовах ризику та невизначеності.

Висновки і напрямки подальших досліджень

Так, встановлено, що на сьогоднішній день в Україні існує значна кількість геоінформаційних

систем різного призначення з великим об'ємом накопиченої інформації, яка постійно оновлюється. Однак існує проблема оперативного та автоматизованого використання такої інформації при прийнятті рішень на основі аналізу геопросторової інформації, що дозволило б суттєво зменшити долю суб'єктивних помилок при прийнятті управлінських рішень.

Таким чином, удосконалено модель прийняття управлінських рішень, яка, на відміну від відомих, є динамічною і базується на відборі рішень, що є оптимальними за комбінованим критерієм, при цьому використовується прогнозні значення імовірностей станів середовища, що забезпечує обґрунтованість

управлінських рішень. Отримав подальший розвиток метод прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, який базується на моделях прогнозування даних та прийняття управлінських рішень і використовує метод семантичної сегментації видових зображень для оцінки

апріорних імовірностей станів середовища, що забезпечує можливість прийняття рішення в умовах ризику та невизначеності.

Напрямок подальших досліджень є розробка інформаційної технології прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Butko I. The Use of Geospatial Information by Public Authorities to Support the Decision Making of Management. *Advanced Information Systems*. 2021. № 5(1). С. 39–44. DOI : <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.05>
2. Бутко І. М. Використання інформації геоінформаційних систем для оцінки стану земельного фонду на тимчасово окупованих територіях / І. М. Бутко, Г. В. Худов, І. А. Хижняк // Наука, техніка і технології: актуальні питання та дослідження : міжнар. наук-практ. конф., 12-13 бер. 2021 р. : тези допов. – Прага, 2021. – С. 13–17.
3. Нестеренко О. В. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень / О. В. Нестеренко, О. І. Савенков, О. О. Фаловський – Київ : Національна академія управління, 2016. – 188 с.
4. Угрін Д. І. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень для геоінформаційних систем / Д. І. Угрін / Вісник сучасних інформаційних технологій. – 2019. – № 2 (2). – С. 122–133.
5. Ночвай В. Використання ГІС у задачах управління якістю повітря / В. Ночвай, Р. Криваківська, О. Ішук / Електроніка та інформаційні технології. – 2012. – Вип. 2. – С. 154–163.
6. Бутко І. М. Формалізація технології використання геопросторових структур в системах обробки геопросторової інформації / І. М. Бутко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2021. – № 1 (63). – С. 17–22.
7. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. – М. : Наука, 1981. – 206 с.
8. Манокін Є. В. Модель прийняття управлінських рішень щодо забезпечення інформаційної безпеки в органах управління Державної прикордонної служби України / Є. В. Манокін // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. – № 1. – С. 130-135. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ipd_2015_1_29.
9. Ус С. А. Моделі й методи прийняття рішень : навч. посіб. / С. А. Ус, Л. С. Коряшкіна; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид. випр. – Дніпро : НТУ «ДП», 2018. – 300 с.
10. Исследование операций. Т. 1. Методологические основы и математические методы : пер. с англ. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М. : Мир, 1981. – 712 с.
11. Исследование операций. Т. 2. Модели и применения : пер. с англ. / под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. – М. : Мир, 1981. – 677 с.
12. Трухаев Р. И. Модели принятия решений в условиях неопределенности / Р. И. Трухаев. – М. : Наука, 1981. – 168 с.
13. Подиновский В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 254 с.
14. Катренко А. В. Теорія прийняття рішень / А. В. Катренко, В. А. Пасічник, В. П. Пасько – Л. : Новий світ – 2000, 2009. – 396 с.
15. Кини Р. Принятие решений при многих критериях, предпочтениях и замещениях: пер. с англ. / Р. Кини, Х. Райфа. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.

REFERENCES

1. Butko, I. (2021), “The Use of Geospatial Information by Public Authorities to Support the Decision Making of Management”, *Advanced Information Systems*, Vol. 1, No. 5, pp. 39–44, DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.05>.
2. Butko, I. M., Khudov, H. V. and Khyzhniak, I. A. (2021), “Vykorystannia informatsii heoinformatsiinykh system dlia otsinky stanu zemelnoho fondu na tymchasovo okupovanykh terytoriiakh” [Use of information from geographic information systems to assess the state of the land fund in the temporarily occupied territories], *Nauka, tekhnika i tekhnologii: aktualni pytannia ta doslidzhennia : mizhnar. nauk-prakt. konf.*, 12-13 March, pp. 13–17.
3. Nesterenko, O. V., Savenkov, O. I. and Falovskyi, O. O. (2016), *Intelektualni systemy pidtrymky pryiniattia rishen* [Intelligent decision support systems], Kyiv : Natsionalna akademiia upravlinnia, 188 p.
4. Ugrin, D. I. (2019), “Informatsiini tekhnologii pidtrymky pryiniattia rishen dlia heoinformatsiinykh system” [Information technologies for decision support for geographic information systems], *Visnyk suchasnykh informatsiinykh tekhnologii*, No. 2 (2), pp. 122–133.
5. Nochvai, V., Kryvakivska, R. and Ishchuk, O. (2012), “Vykorystannia GIS u zadachakh upravlinnia yakistiu povitria” [Use of GIS in air quality management tasks], *Elektronika ta informatsiini tekhnologii*, No. 2, pp. 154–163.
6. Butko, I. M. (2021), “Formalizatsiia tekhnologii vykorystannia heoprostorovykh struktur v systemakh obrobky heoprostorovoї informatsii” [Formalization of the technology of using geospatial structures in geospatial information processing systems], *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, No. 1 (63), pp. 17–22, DOI : <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2021.1.017>.
7. Orlovskiy, S. A. (1981), *Problemi pryiniatyia reshenyi pry nechetkoi yskhodnoi ynformatsyy* [Problems of decision-making with unclear source information], Nauka, Moscow, 206 p.
8. Manokin, Ye. V. (2015), “Model pryiniattia upravlinskykh rishen shchodo zabezpechennia informatsiinoї bezpeky v orhanakh upravlinnia Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy” [Model of making managerial decisions to ensure information security in the governing bodies of the State Border Guard Service of Ukraine], *Investytsii: praktyka ta dosvid*, No. 1, pp. 130-135.
9. Us, S. A. and Koriashkina, L. S. (2018), *Modeli i metody pryiniattia rishen* [Models and methods of decision making], Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Nats. un-t «Dniprovskia politekhnika», 2-he vyd. vypr., NTU «DP», Dnipro, 300 p.
10. Moudera, Dzh. and Elmahraby, S. (1981), *Yssledovanye operatsy. T. 1. Metodolohycheskye osnovy y matematycheskye metody* [Operations research. T. 1. Methodological bases and mathematical methods], Myr, Moscow, 712 p.

11. Moudera, Dzh. and Эlmahraby, S. (1981), *Yssledovanye operatsyi. T. 2. Modely y prymeneniya* [Operations research. T. 2. Models and applications], Myr, Moscow, 677 p.
12. Trukhaev, R. Y (1981), *Modely pryiniatya resheniy v usloviakh neopredelennosti* [Models of decision making in conditions of uncertainty], Nauka, Moscow, 168 p.
13. Podynovskyi, V. V. and Nohyn, V. D. (1982), *Pareto-optymalnye resheniya mnohokryteryalnykh zadach* [Pareto-optimal solutions of multicriteria problems], Nauka, Moscow, 254 p.
14. Katrenko, A. V., Pasichnyk, V. A. and Pasko, V. P. (2009), *Teoriia pryiniattia rishen* [Decision theory], Novyi svit–2000, Lviv, 396 p.
15. Kyny, R. and Raifa, Kh. (1981), “Pryniatye resheniy pry mnohykh kryteryakh, predpochteniyakh y zameshcheniyakh” [Decision making with many criteria, preferences and substitutions], *Radio i sviaz*, Moscow, 560 p.

Received (Надійшла) 29.01.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 24.03.2021

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Бутко Ігор Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, заступник генерального директора ДП «Центр державного земельного кадастру», Київ, Україна;
Ihor Butko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy general director of SE «State Land Cadaster», Kyiv, Ukraine;
e-mail: Ihor.Butko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2859-0351>.

Модель и метод принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации

И. Н. Бутко

Аннотация. В статье предложена модель и метод принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации. **Целью** статьи является усовершенствование модели и метода принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации. **Результаты:** предложен алгоритм процесса принятия управленческого решения, который состоит из ситуационной и концептуальной части; предложен алгоритм действий руководителя организации на основе разработанной модели принятия управленческого решения; рассмотрена ситуация, когда качество решения зависит от внешних факторов, на которые орган принятия решения не влияет; приведена общая схема метода принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации. Используемыми **методами** являются: методы системного анализа, теории принятия решений, обработки информации, оптимальных решений, теории вероятности. **Выводы.** Усовершенствована модель принятия управленческих решений, которая, в отличие от известных, является динамичной и базируется на отборе решений, которые являются оптимальными по комбинированному критерию, при этом используется прогнозные значения вероятностей состояний среды, обеспечивающей обоснованность управленческих решений. Получил дальнейшее развитие метод принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации, основанный на моделях прогнозирования данных и принятия управленческих решений и использует метод семантической сегментации видовых изображений для оценки априорных вероятностей состояний среды, обеспечивающей возможность принятия решения в условиях риска и неопределенности. Направлением дальнейших исследований является разработка информационной технологии принятия управленческих решений на основе анализа геопрограмственной информации.

Ключевые слова: геопрограмственная информация; управленческое решение; метод принятия управленческих решений; модель принятия управленческих решений; информационная ситуация; ситуация принятия решений; критерий принятия решений.

Model and method of making management decisions based on the analysis of geospatial information

Ihor Butko

Abstract. The article proposes a model and method of making managerial decisions based on the analysis of geospatial information. **The goal** of the article is to improve the model and method of making managerial decisions based on the analysis of geospatial information. **The results:** the algorithm of process of acceptance of the administrative decision which consists of a situational and conceptual part is offered; the algorithm of actions of the head of the organization on the basis of the developed model of acceptance of the administrative decision is offered; the situation when the quality of the decision depends on external factors on which the decision-making body does not influence is considered; the general scheme of a method of acceptance of administrative decisions on the basis of the analysis of the geospatial information is resulted. The **methods** used are: methods of systems analysis, decision theory, information processing, optimal solutions, probability theory. **Conclusions.** The model of managerial decision-making has been improved, which, unlike the known ones, is dynamic and is based on the selection of decisions that are optimal by the combined criterion, using predictive values of probabilities of environmental conditions, which ensures the validity of management decisions. The method of managerial decision-making based on geospatial information analysis, which is based on data forecasting and management decision-making models and uses the method of semantic segmentation of species images to assess the a priori probabilities of environmental conditions, further enables decision-making in conditions of risk and uncertainty. The direction of further research is the development of information technology for management decisions based on the analysis of geospatial information.

Keywords: geospatial information; managerial decision; method of making managerial decisions; model of making managerial decisions; information situation; situation of making decisions; criterion for making decisions.