

І. М. Бутко

ДП «Центр Державного земельного кадастру», Київ, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУР

Анотація. Предметом вивчення в статті є інформаційна технологія обробки використання геопросторових інформаційних структур. Метою є удосконалення інформаційної технології обробки використання геопросторових інформаційних структур. Використовуваними методами є: методи теорії імовірності, математичної статистики, методи оптимізації, математичного моделювання та цифрової обробки зображень, аналітичні та емпіричні методи порівняльного дослідження. Отримані такі результати. В IDEF0-нотації описані етапи основного процесу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації. Наведена декомпозиція основного процесу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, декомпозиція підпроцесу проведення тематичної інтерпретації видових зображень інформації, декомпозиція підпроцесу оцінювання апріорних імовірностей, декомпозиція підпроцесу прогнозування апріорних імовірностей та декомпозиція підпроцесу вибору оптимального рішення. **Висновки.** Удосконалено інформаційну технологію використання геопросторових інформаційних структур, яка, на відміну від відомих, базується на розроблених моделях формування видових зображень, тематичної інтерпретації видових зображень, прогнозування геопросторових даних та прийняття управлінських рішень і методах семантичної сегментації видових зображень та прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, що дозволяє формалізувати та автоматизувати процеси аналізу геопросторових даних, задовільнити зростаючі вимоги до систем обробки геопросторової інформації в умовах ризику та невизначеності та дозволяє приймати на їх основі обґрунтовані управлінські рішення.

Ключові слова: інформаційна технологія, декомпозиція підпроцесу, геопросторова інформаційна структура, геопросторова інформація, прийняття управлінських рішень.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогоднішній день розвиток багатьох сфер людської діяльності базується на впровадженні та подальшому розвитку інформаційних технологій, найважливішою складовою частиною яких є засоби обробки цифрової інформації [1-2]. Цифрова інформація про місцевість та об'єкти інтересу, в свою чергу, необхідна для прийняття обґрунтованих управлінських рішень органами державної влади [3]. Така картографічна, топографо-геодезична, аерокошмічна інформація, яка представлена у цифровому вигляді, є дуже зручною завдяки візуалізації великої кількості різномірної інформації та дає можливість вирішення цілого комплексу різних завдань управління, планування та використання ресурсів в різних галузях людської діяльності. 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.

Кожне управлінське рішення органами державної влади будь-якого рівня пов'язано з геопросторовим розташуванням об'єкту інтересу на місцевості. Тому прийняття оперативних, об'єктивних та обґрунтованих управлінських рішень можливе за рахунок проблемно-орієнтованих геоінформаційних систем, які вже сьогодні є невід'ємною частиною сучасних систем підтримки прийняття рішень органами державної влади [4-5]. За допомогою ГІС-технологій інтегруються просторові дані, які надходять з великої кількості різних джерел на усіх рівнях. Це до-

зволяє значно скоротити час, який необхідний для оцінки обстановки на місцевості, розробки плану дій та прийняття рішення органами державної влади. При цьому для вирішення різних завдань управління використовується різні види даної цифрової інформації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Проведений аналіз показав, що на сьогодні в Україні існує значна кількість геоінформаційних систем різного призначення із великим об'ємом накопиченої інформації, яка постійно оновлюється [2-3,5]. 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 [8]. 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.

Потреби в постійно оновлюючій географічній інформації та потужні можливості проаналізованих геоінформаційних систем стимулюють розвиток інформаційних технологій, які будуть розглядатися у вигляді деякої сукупності функцій, які певним чином пов'язані одна з одною та будуть реалізувати прийоми, методи та способи, що забезпечують отримання, збирання, обробку, передачу, збереження, використання та поширення геопросторових даних та які будуть побудовані на основі теорії оброб-

ки і перетворення геопросторової інформації шляхом імплементації моделей і методів використання геопросторових інформаційних структур [9-11].

Існуючі інформаційні технології використання геопросторових інформаційних структур базуються на існуючих моделях та методах прийняття управлінських рішень, які розроблені лише для галузевих геоінформаційних систем, тобто для систем, які вивчають проблеми лише однієї галузі та не можуть задовільнити постійно зростаючим вимогам до систем обробки геопросторової інформації в умовах ризику та невизначеності [].

Мета статті – удосконалити інформаційну технологію використання геопросторових інформаційних структур, яка буде базуватися на розроблених моделях формування видових зображень, тематичній інтерпретації видових зображень, прогнозуванні геопросторових даних та прийнятті управлінських рішень і методах семантичної сегментації видових зображень та прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

Основна частина

В IDEF0-нотації основний процес прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації складається із таких елементів [11]:

- 1) вхід – це видові зображення та додаткова геопросторова інформація (карти, статистичні дані тощо); матриця оцінок рішень;
- 2) вихід – управлінське рішення;
- 3) управління представляє собою:
 - законодавчі та відомчі документи, що регулюють процес прийняття управлінських рішень;
 - вимоги інформативності, універсальності,

оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості;

- теоретичні методи – лінійна алгебра, аналітична геометрія, теорія матриць, дискретна математика, теорія імовірностей, теорія стохастичних процесів, теорія прийняття оптимальних рішень, дескриптивна статистика, методи оптимізації, методи бінаризації, методи сегментації, методи обробки часових рядів, методи прогнозування [12];

4) механізми органу прийняття рішення, оператори, апаратні та програмні засоби.

Основний процес прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації наведено на рис. 1.

На рис. 2 наведена декомпозиція основного процесу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

Декомпозиція основного процесу проводиться на 4 підпроцеси 1 рівня:

На рис. 2 наведена декомпозиція основного процесу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації.

Декомпозиція основного процесу проводиться на 4 підпроцеси 1 рівня:

1) провести тематичну інтерпретацію:

- вхід – видові зображення, додаткова геопросторова інформація;
- вихід – маски класів об'єктів;
- управління – вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності; лінійна алгебра, теорія матриць, методи оптимізації, методи бінаризації, методи сегментації;
- механізми – оператор тематичної інтерпретації, апаратні та програмні засоби;

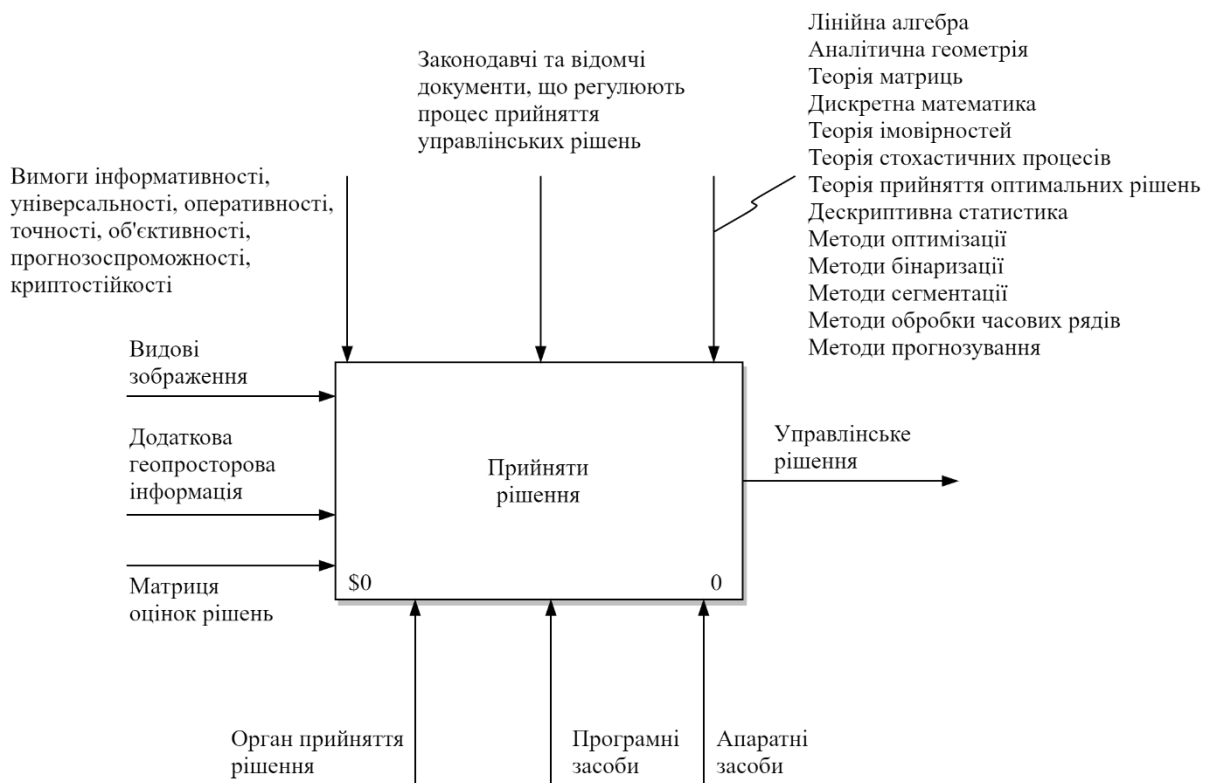


Рис. 1. Основний процес прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації

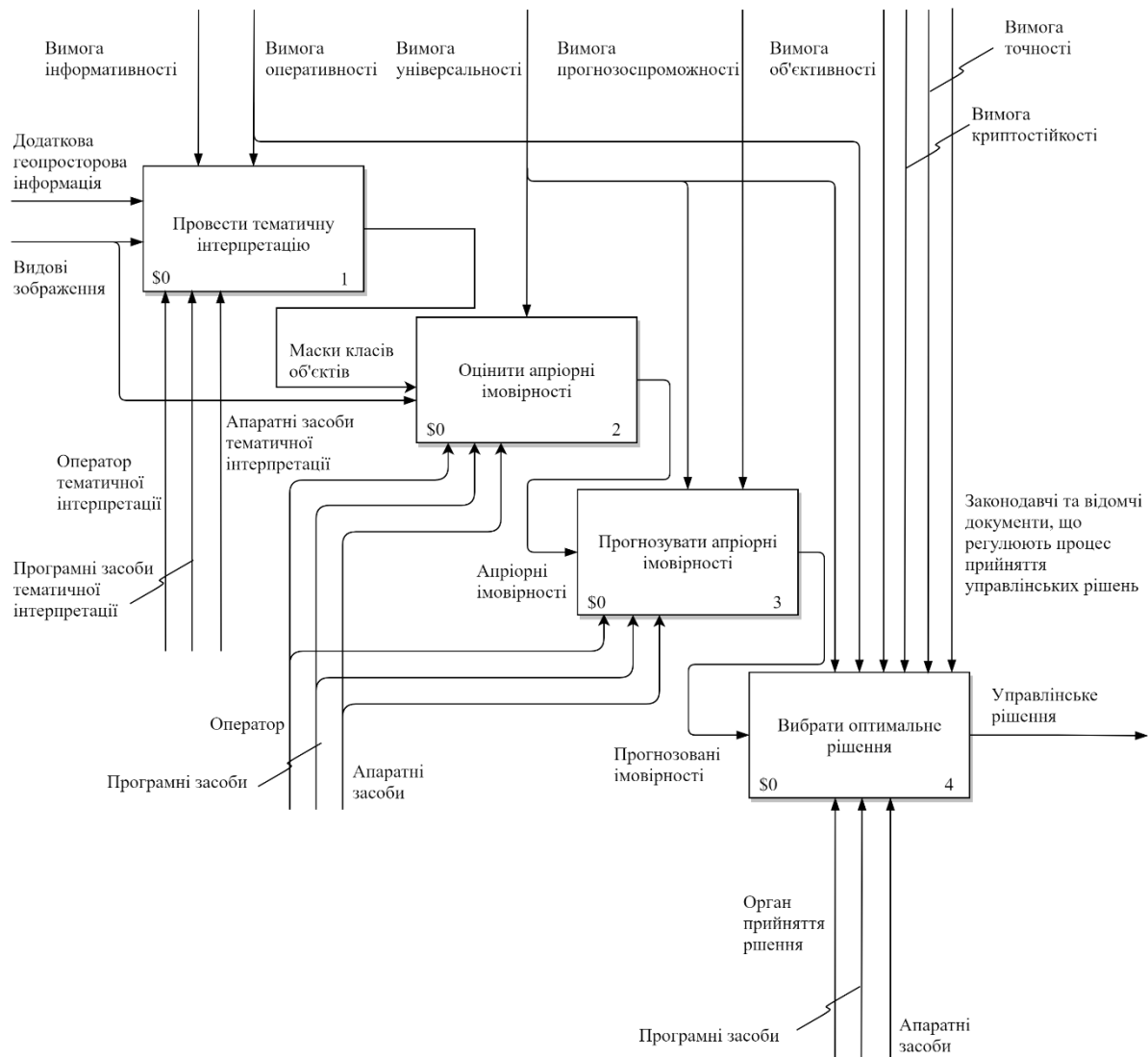


Рис. 2. Декомпозиція основного процесу прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації

2) оцінити апіорні імовірності:

- вхід – маски класів об'єктів;
- вихід – апіорні імовірності;
- управління – вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності; методи оптимізації, аналітична геометрія, лінійна алгебра, гомографія;
- механізми – оператор, апаратні та програмні засоби;

3) прогнозувати апіорні імовірності:

- вхід – апіорні імовірності;
- вихід – прогнозовані імовірності;
- управління – вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності; теорія імовірностей, теорія стохастичних процесів, описативна статистика, методи оптимізації, методи обробки часових рядів, методи прогнозування;
- механізми – оператор, апаратні та програмні засоби;

4) вибрати оптимальне рішення:

- вхід – прогнозовані імовірності; матриця оцінок рішень;

– вихід – управлінське рішення;

- управління – законодавчі та відомчі документи, що регулюють процес прийняття управлінських рішень; вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості; теорія матриць, дискретна математика, теорія імовірностей, теорія прийняття оптимальних рішень, методи оптимізації;
- механізми – орган прийняття рішення, апаратні та програмні засоби.

Декомпозиція підпроцесу проведення тематичної інтерпретації видових зображень проводиться на 3 підпроцеси 2 рівня (рис. 3):

1) підготувати дані для тренування:

- вхід – видові зображення, додаткова геопросторова інформація;
- вихід – анотовані дані (де на зображенні розмічено області для кожного класу);
- управління – вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності; методи оптимізації, бінаризації, сегментації; описативна статистика;
- механізми – оператор тематичної інтерпретації, апаратні та програмні засоби;

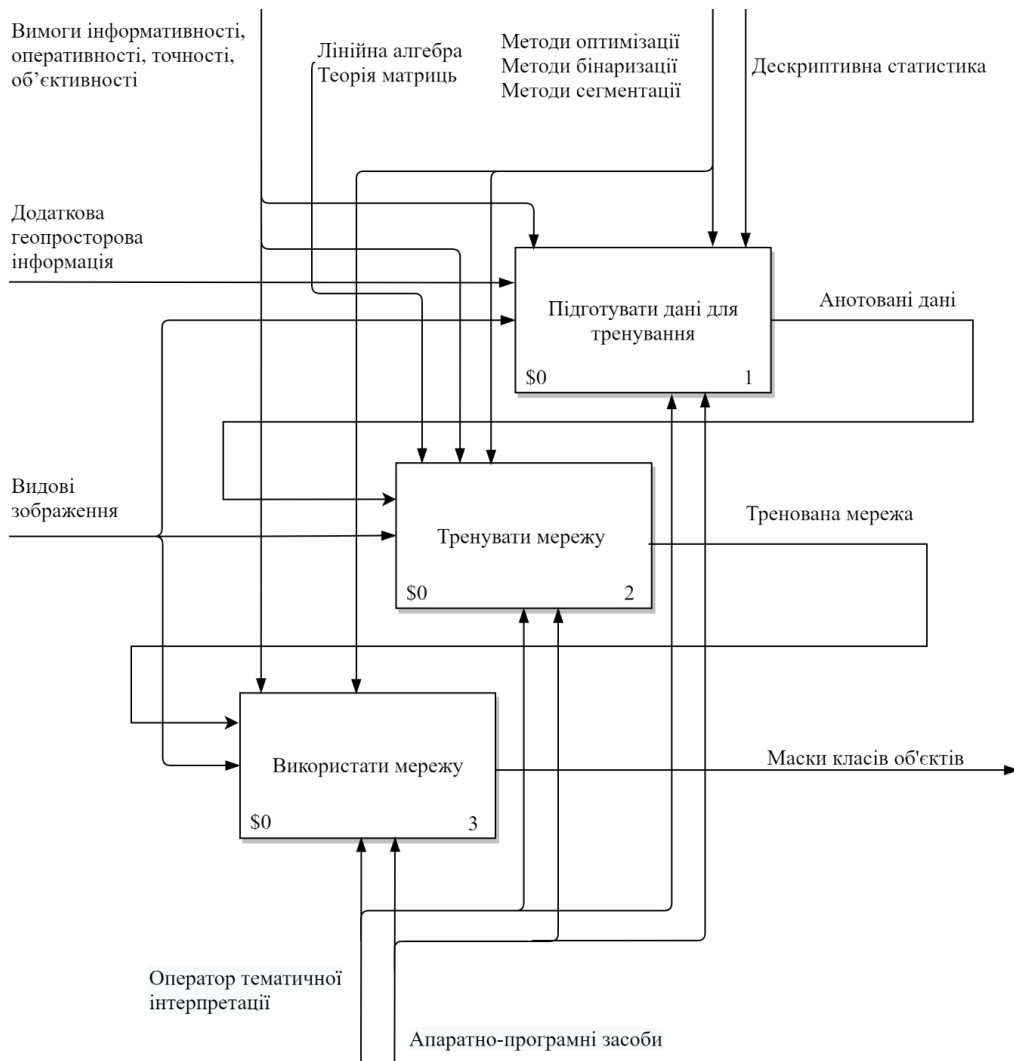


Рис. 3. Декомпозиція підпроцесу проведення тематичної інтерпретації видових зображень інформації

2) **тренувати мережу:**

- вхід – ановані дані;
- вихід – тренована мережа (коефіцієнти мережі для кожного її шару);

- управління – вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності; методи оптимізації, аналітична геометрія, лінійна алгебра, гомографія [14];

- механізми – оператор тематичної інтерпретації, апаратні та програмні засоби;

3) **використати мережу:**

- вхід – видові зображення; тренована мережа;
- вихід – маски класів об'єктів (тематично інтерпретоване зображення);

- вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності; методи оптимізації, бінарзації, сегментації;

- механізми – оператор тематичної інтерпретації, апаратні та програмні засоби.

Декомпозиція підпроцесу оцінювання апіорних імовірностей проводиться на 2 підпроцеси 2 рівня (рис. 4):

1) **провести геоприв'язку:**

- вхід – маски класів об'єктів; додаткова геопросторова інформація;

- вихід – перетворені координати;
- управління – вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості; методи оптимізації, аналітична геометрія, лінійна алгебра, гомографія;

- механізми – оператор, апаратні та програмні засоби;

2) **розрахувати імовірності:**

- вхід – маски класів об'єктів; перетворені координати;

- вихід – апіорні імовірності;

- управління – вимоги помітності, простоти, інформаційності, орієнтованості, робастності, криптостійкості, універсальності; дискретна математика, дескриптивна статистика, аналітична геометрія, теорія імовірностей;

- механізми – оператор, апаратні та програмні засоби.

Декомпозиція підпроцесу прогнозування апіорних імовірностей проводиться на 2 підпроцеси 2 рівня (рис. 5):

1) **побудувати ансамбль ARIMA:**

- вхід – апіорні імовірності;
- вихід – ансамбль моделей ARIMA;

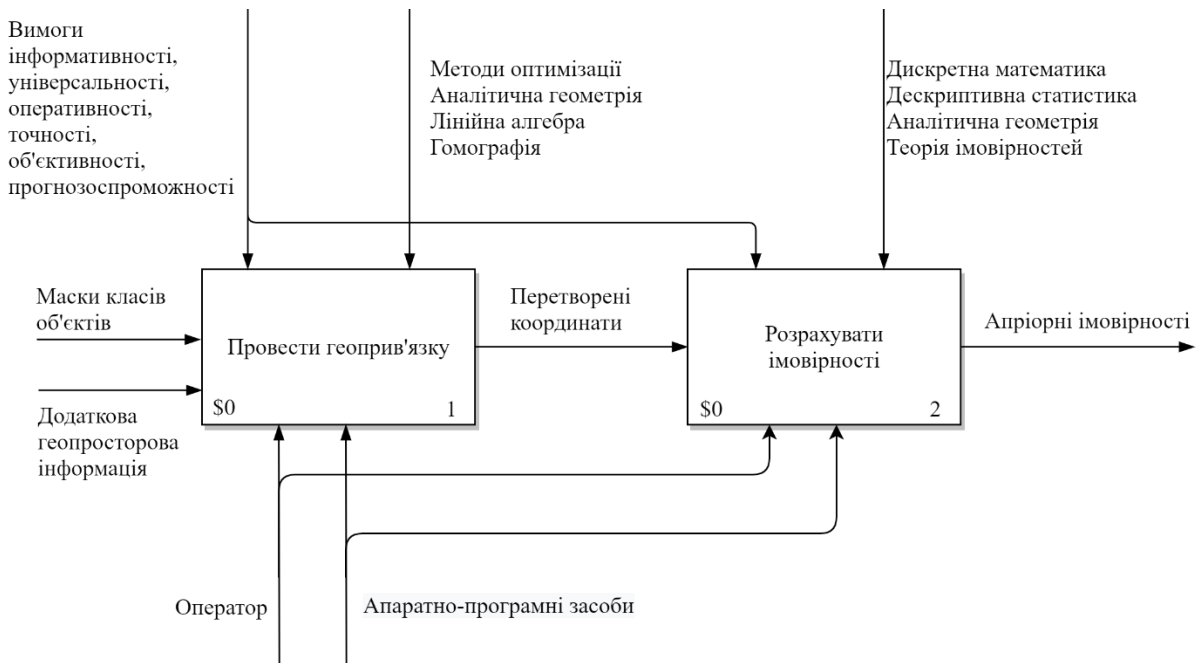


Рис. 4. Декомпозиція підпроцесу оцінювання апріорних імовірностей

– управління – вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності; теорія імовірностей, теорія стохастичних процесів, дескриптивна статистика, методи оптимізації, методи обробки часових рядів, методи прогнозування;

– механізми – оператор, апаратні та програмні засоби;

2) **вибрати оптимальний прогноз:**

– вхід – ансамбль моделей ARIMA;

– вихід – прогнозовані імовірності;

– управління – вимоги інформативності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності; теорія імовірностей, теорія стохастичних процесів, дескриптивна статистика, методи оптимізації, методи обробки часових рядів, методи прогнозування;

– механізми – оператор, апаратні та програмні засоби.

Декомпозиція підпроцесу вибору оптимального рішення проводиться на 3 підпроцеси 2 рівня (рис. 6):

1) **визначити найбільш імовірний стан:**

– вхід – прогнозовані імовірності;

– вихід – індекс стану;

– управління – вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості; теорія матриць, дискретна математика, теорія імовірностей, теорія прийняття оптимальних рішень, методи оптимізації;

– механізми – орган прийняття рішення, апаратні та програмні засоби;

2) **порахувати оціночний функціонал:**

– вхід – індекс найбільш імовірного стану; матриця оцінок рішень;

– вихід – вектор значень оціночного функціоналу для найбільш імовірного стану;

– управління – вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості; теорія матриць, дискретна математика, теорія імовірностей, теорія прийняття оптимальних рішень, методи оптимізації;

– механізми – орган прийняття рішення, апаратні та програмні засоби;

3) **знайти рішення, що максимізує функціонал:**

– вхід – індекс найбільш імовірного стану; матриця оцінок рішень;

– вихід – вектор значень оціночного функціоналу для найбільш імовірного стану;

– управління – законодавчі та відомчі документи, що регулюють процес прийняття управлінських рішень; вимоги інформативності, універсальності, оперативності, точності, об'єктивності, прогнозоспроможності, криптостійкості; теорія матриць, дискретна математика, теорія імовірностей, теорія прийняття оптимальних рішень, методи оптимізації;

– механізми – орган прийняття рішення, апаратні та програмні засоби.

Таким чином, удосконалено інформаційну технологію використання геопросторових інформаційних структур, яка, на відміну від відомих, базується на розроблених моделях формування видових зображень, тематичної інтерпретації видових зображень, прогнозування геопросторових даних та прийняття управлінських рішень і методах семантичної сегментації видових зображень та прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації, що дозволяє формалізувати та автоматизувати процеси аналізу геопросторових даних, задовільнити зростаючі вимоги до систем обробки геопросторової інформації в умовах ризику та невизначеності та дозволяє приймати на їх основі обґрунтовані управлінські рішення.

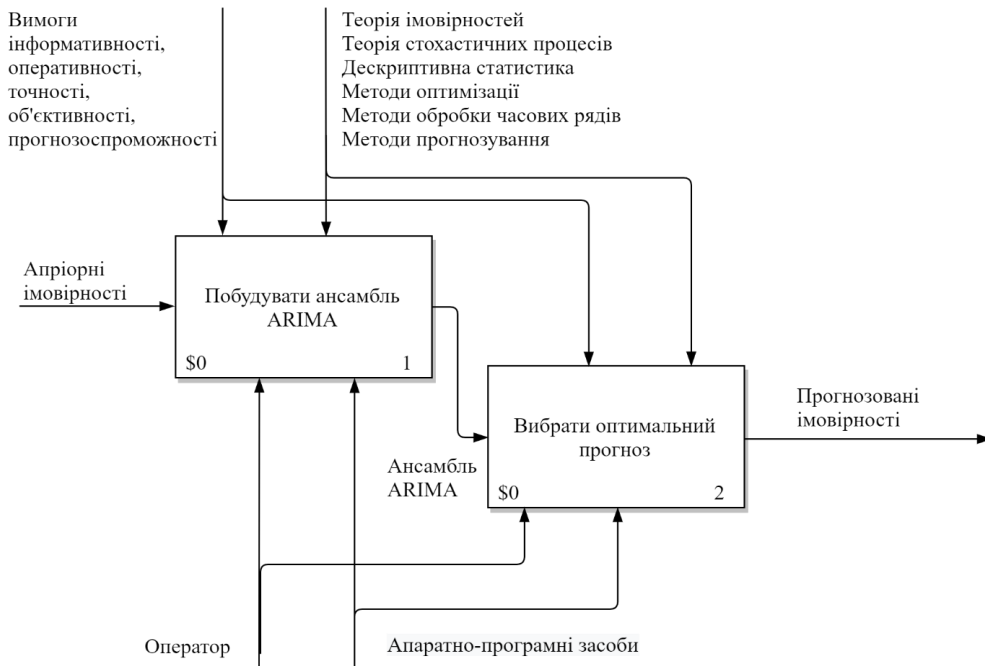


Рис. 5. Декомпозиція підпроцесу прогнозування апріорних імовірностей

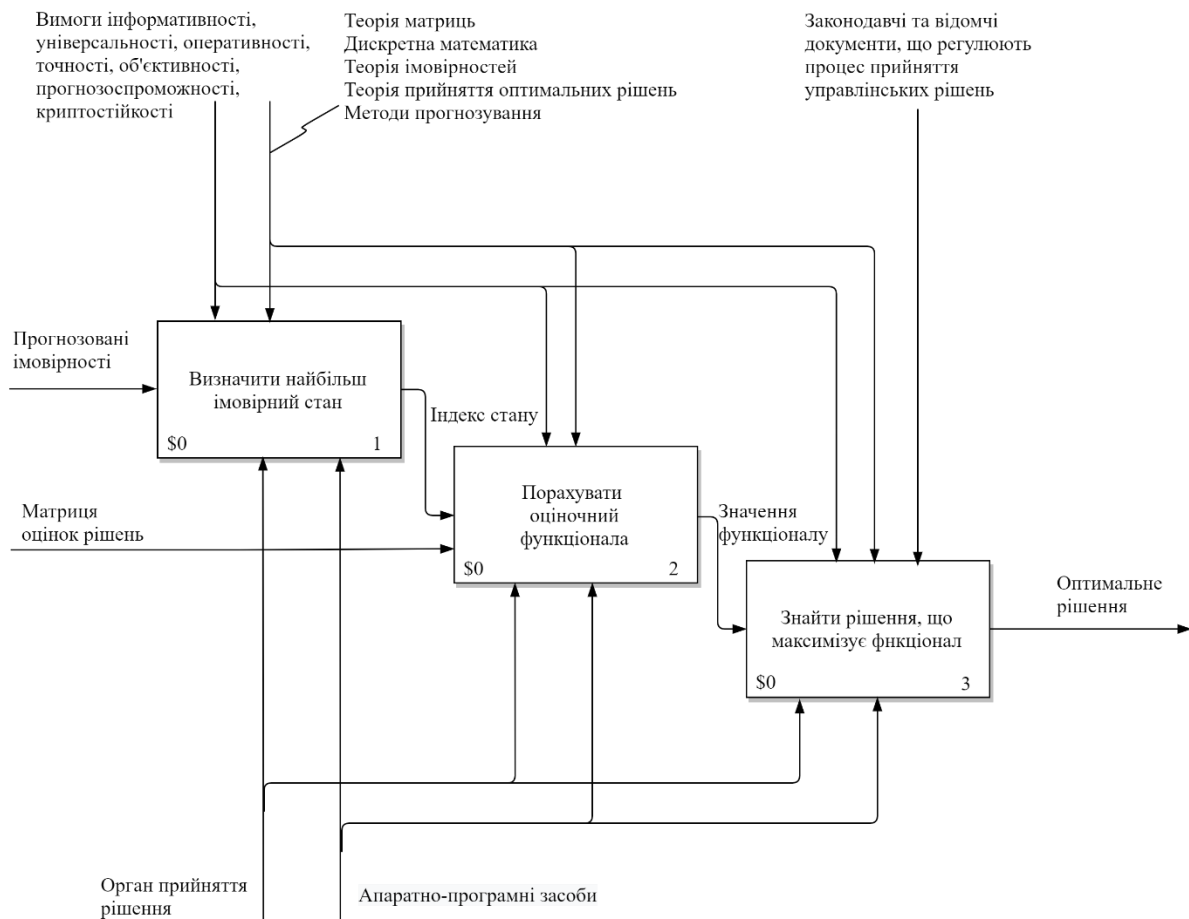


Рис. 6. Декомпозиція підпроцесу вибору оптимального рішення

Висновки і напрямки подальших досліджень

Таким чином, удосконалено інформаційну технологію використання геопросторових інформа-

ційних структур, яка, на відміну від відомих, базується на розроблених моделях формування видових зображень, тематичної інтерпретації видових зображень, прогнозування геопросторових даних та прийняття управлінських рішень і методах семан-

тичної сегментації видових зображень та прийняття управлінських рішень на основі аналізу геопросторової інформації. Це дозволяє формалізувати та автоматизувати процеси аналізу геопросторових даних, задовільнити зростаючі вимоги до систем обробки геопросторової інформації в умовах ризику та невизначеності та дозволяє приймати на їх

основі обґрунтовані управлінські рішення. Удосконалена інформаційна технологія використання геопросторових інформаційних структур побудована на основі теорії обробки і перетворення геопросторової інформації шляхом імплементації моделей і методів використання геопросторових інформаційних структур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Худов В. Г. Інформаційна технологія тематичного сегментування зображень бортових систем оптико-електронного спостереження з використанням методології системного моделювання IDEF0 / В. Г. Худов // Сучасні інформаційні системи [Advanced Information Systems]. – 2018. – Vol. 2. – № 4. – Р. 64–69.
2. Карпінський Ю. Геоінформаційні технології: нові парадигми і нові ризики топографо-геодезичної та картографічної діяльності / Ю. Карпінський, А. Лященко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — Вип. II (22). — 2011. — С. 43-48.
3. Бутко І. М. Використання даних геопросторового моніторингу для прийняття управлінських рішень / І. М. Бутко // Ukraine – EU. Modern Technology, Business and Law : collection of intern. scientific papers : in 2 parts. Part 1. Modern Priorities of Economics. Societal Challenges, April, 03-08, 2017 : thesis of reports. — Chernihiv, 2017. — Р. 87–89.
4. Радейко Р. І. Теоретико-правові аспекти вирішення проблеми формалізації права / Р. І. Радейко // Право і суспільство. – 2013. – Вип. 6(2). – С. 42–46.
5. Бутко І. М. Використання інформації дистанційного зондування в інтересах реінтеграції тимчасово окупованих територій Управління та адміністрування в умовах протидії гібридним загрозам національній безпеці: Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Київ, 7 грудня 2020 року). К.: ДУІТ. 2020. – С. 111-113.
6. Butko I. The use of geospatial information by public authorities to support the decision making of management / I. Butko // Advanced Information Systems. —2021. —№ 5(1). — Р. 39-44.
7. Бутко І. М. Розробка методу підтримки прийняття рішення при реінтеграції тимчасово окупованих територій з використанням інформації систем дистанційного зондування Землі / І. М. Бутко, Г. В. Худов // Новітні технології – для захисту повітряного простору : 17 міжнар. наук. конф., 15-16 квіт. 2021 р. : тези допов. — Харків, 2021. — С. 575.
8. Бутко І. М. Формалізація технології використання геопросторових структур в системах обробки геопросторової інформації / І. М. Бутко // Системи управління, навігації та зв'язку. — № 1(63). — 2021. — С. 17–22.
9. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки рішень: навчальний посібник / С. О. Суботін. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. — 341 с.
10. Олизаренко С. А. Методика формування платформи для моделювання глибокого навчання в інтересах розробки систем автоматизованого дешифрування аэроснимков / С. А. Олизаренко, О. Ю. Лавров, В. А. Капранов // Системи обробки інформації. — 2016. — № 9 (146). — С. 41–43.
11. Дэвид М. А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / М. А. Дэвид, М. Г. Клемент. – М.: Мир, 1993. – 240 с.
12. Лістровий С. В. Теорія автоматичного керування, штучний інтелект і автоматизація процесу прийняття рішення : навчальний посібник / С. В. Лістровий, М. А. Мірошник, Л. А. Клименко. — Харків: УкрДУЗТ, 2019. — 120 с.
13. Лубко Д. В. Методи та системи штучного інтелекту : навч. посіб. / Д. В. Лубко, С. В. Шаров. — Мелітополь, 2019. — 264 с.
14. Маценко В. Г. Математичне моделювання: навчальний посібник / В. Г. Маценко. — Чернівці: Чернівецький національний університет, 2014. — 519 с.

Received (Надійшла) 28.01.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 14.04.2021

Information technology of using geospatial information structures

Ihor Butko

Abstract. The **subject of study** in the article is the information technology of processing the use of geospatial information structures. The **goal** is to improve the information technology of processing the use of geospatial information structures. The **methods** used are: methods of probability theory, mathematical statistics, methods of optimization, mathematical modeling and digital image processing, analytical and empirical methods of comparative research. The following **results** were obtained. The IDEF0 notation describes the stages of the main management decision-making process based on the analysis of geospatial information. The decomposition of the main process of making managerial decisions based on the analysis of geospatial information, decomposition of the subprocess of thematic interpretation of species images of information, decomposition of the subprocess of a priori probability estimation, decomposition of the subprocess of a priori probability forecasting and decomposition of the subprocess. **Conclusions.** Improved information technology using geospatial information structures, which, in contrast to the known, is based on the developed models of species imaging, thematic interpretation of species images, forecasting geospatial data and management decisions and methods of semantic segmentation of species images and management analysis. geospatial information. This, in turn, allows to formalize and automate the processes of analysis of geospatial data, to meet the growing requirements for geospatial information processing systems in conditions of risk and uncertainty and allows to make informed management decisions based on them.

Keywords: information technology, decomposition of the subprocess, geospatial information structure, geospatial information, management decision making.