
ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

УДК 519.8:681.518.3

В. І. Зацерковний, к.т.н. доцент

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МАТЕМАТИЧНОЇ ОСНОВИ
СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ ЗІ ЗВОРОТНІМ ЗВ'ЯЗКОМ
І СППР ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Анотація. Розглянуті підходи щодо обґрунтування математичної основи системи управління процесом соціально-економічного розвитку регіону зі зворотнім зв'язком і СППР із застосуванням геоінформаційних технологій.

Ключові слова: геоінформаційні системи (ГІС) геоінформаційні технології (ГІТ), соціально-економічна система (СЕС).

В. И. Зацерковный, к.т.н., доцент

**ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ
И СППР С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Аннотация. Рассмотрены подходы по обоснованию математической основы системы управления процессом социально-экономического развития региона с обратной связью и СППР с использованием геоинформационных технологий.

Ключевые слова: геоинформационные системы (ГИС) геоинформационные технологии (ГИТ), социально-экономическая система (СЭС).

V. I. Zatserkovnyi, candidate of technical sciences, associate professor

**RATIONALE TECHNOLOGY REMOTE SENSING
FOR LAND RESOURCE AGRO-ECOLOGICAL MONITORING**

Abstract. Approaches rationale for the mathematical foundations of managing socio-economic development of the region with feedback and DSS using GIS technology are considered.

Keywords: geographic information systems (GIS) geographic information technology (GIT), socio-economic system (SES).

Актуальність теми дослідження. Доступність персональних комп'ютерів і програмного забезпечення ГІС призвела до розширення кола людей, що використовують різні автоматизовані способи маніпулювання картографічною інформацією, але які не мають при цьому необхідної освіти і підготовки. Між тим створення і застосування ГІС вимагає не тільки урахування існуючої теорії і практичного досвіду традиційної картографії, але й розробки механізму нового системного підходу до взаємозв'язку математичних моделей, що лежать в основі програмного забезпечення і структури ГІС, картографічних моделей, комп'ютерних технологій тощо.

Постановка проблеми. Для вирішення потреб широкого кола фахівців в знаннях і обґрунтованого вибору математичної основи геоінформаційних систем (ГІС) для забезпечення інтеграції даних про території і розв'язання практичних задач, інтеграції накопичених формалізованих знань, систематизації моделей і методів, уніфікації використовуваного в ГІС математичного апарата.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвитку і становленню ГІС суспільство завдячує багатьом зарубіжним, радянським, пострадянським і вітчизняним вченим, серед яких Берлянт О. М., Бугаєвський Л. М., Бусигін Б. С., Дж. Данджермонд, Ішук О. О., Калкінз Х., Капранов Є. Г., Карпинський Ю. О., Корольов Ю. К., Кошкар'єв А. В., М. де Мерс, Мокін В. Б., Морозов В. В., Світличний О. О., Серединін Є. С., Суховірський Б. І., Тікунов В. С., Томплінсон З. Ф., Шипулін В. Д., Цветков В. Я. та багато інших. Однак є чимало проблем, рівень вивчення яких є недостатнім, серед них обґрунтування вибору математичної основи ГІС.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. На сьогоднішній день створення і застосування новітніх інформаційних систем в управлінні процесами соціально-економічного розвитку регіону потребує перш за все розробки механізму нового системного підходу до математичних моделей, які лежать в основі програмного забезпечення (ПЗ) та зв'язані зі структурою ГІС, комп'ютерними системами і технологіями, картографічними моделями тощо, разом з тим враховуючи вагомий накопичений досвід традиційної картографії.

Постановка завдання. Запропонувати і розробити структуру математичної основи системи управління процесом соціально-економічного розвитку рівня регіону зі зворотнім зв'язком і СППР з застосуванням геоінформаційних технологій (ГІТ), яка в подальшому зможе виступити математичною основою регіональної ГІС.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні існує декілька концепцій побудови ГІС, у яких моделі ГІС подаються з підкресленням ролі картографічної інформації, картографічних даних. Так у праці [1] дано узагальнене представлення ІС, де розглядається математична модель на основі функціональної схеми перетворення даних (рис. 1).

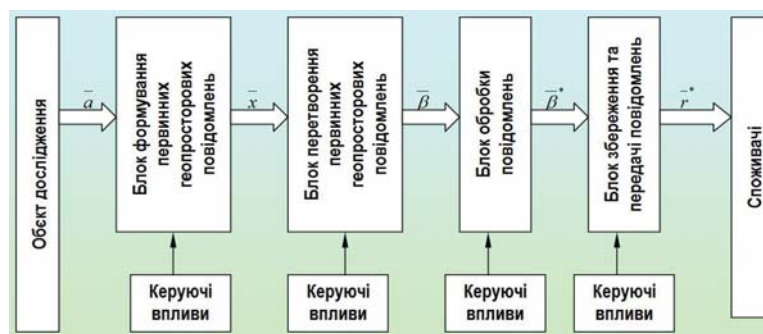


Рис. 1. Функціональна схема розімкнутої ГІС

Автор [1] розглядає ГІС як абстрактну розімкнуту ІС, яка опрацьовує повідомлення. ГІС подається як розвинута ІС, що складається з групи підсистем, які відповідають певним технологічним етапам. Перша група сприймає вплив \bar{a} від об'єктів досліджуваної території, в результаті чого формується первинне повідомлення \bar{x} . Воно несе інформацію про властивості об'єктів у вигляді певних характеристик або показників. Такими є просторові координати об'єкту та його зображення, зафіксоване на матеріальному носії, результати вимірювань параметрів різних процесів на об'єкті або у його навколишньому середовищі тощо. Носіями первинного повідомлення \bar{x} є матеріали ДЗЗ, результати наземних інструментальних зйомок, семантичні відомості та описи об'єктів на поверхні Землі.

У загальному випадку первинні повідомлення \bar{x} можуть подаватись у цифровому, дискретно-аналоговому та діалоговому видах Системи формування первинних повідомлень \bar{x} – це геодезичні прилади: віддалеміри, висотоміри, сканери, дигітайзери тощо. До більш складних пристроїв можна віднести фотоапарати, геодезичну, супутникову, фотограмметричну та картографічну апаратури, космічні засоби дистанційного зондування Землі [2].

Друга група – засоби перетворення первинних повідомлень – перетворюють повідомлення \bar{x} до виду $\bar{\beta}$, що дозволяє виконувати подальшу обробку на обчислювальних засобах. Зазвичай, у даній підсистемі повідомлення аналогового виду перетворюються у цифрові формати (внутрішні формати обробки ГІС).

Третя група – засоби обробки повідомлень, призначена для перетворення повідомлень $\bar{\beta}$ у найбільш прийнятну для користувача форму $\bar{\beta}^*$, яка дозволяє добути з них необхідну інформацію. Носіями повідомлень, що видаються користувачу, можуть бути різноманітними: семантичні дані і таблиці, фотоплівка, цифрові зображення просторових об'єктів на екранах комп'ютерів, дані в лініях зв'язку та телекомунікаційних каналах тощо.

Четверта група – засоби збереження та видачі інформації у вигляді запиту користувача \bar{r}^* .

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

При обробці, збереженні та передачі первинних повідомлень \bar{x} до них вносяться керуючі впливи та збурення. Основними факторами, що зумовлюють збурення є обмежена ємність запам'ятовуючих пристроїв та пропускна спроможність каналів зв'язку, а також дії всіляких випадкових та навмисних завад, недосконалість апаратури та технологій обробки, помилки операторів тощо.

В ГІС функціонують повідомлення: первинні \bar{x} , оброблені (вторинні) $\bar{\beta}$, призначені для зберігання та передачі за каналами зв'язку оцінки перетворених $\bar{\beta}$ і виданих користувачу \bar{r} -повідомлень [3]. Кожне перетворення підсистем може бути представлено функціональним оператором:

$$\bar{x} = P\bar{a}; \quad \bar{\beta} = \Phi\bar{x}; \quad \bar{\beta}^* = \Omega\bar{\beta}; \quad \bar{r}^* = \Psi\bar{\beta}^*, \quad (1)$$

де P – оператор первинного перетворення картографічних повідомлень;

Φ – оператор представлення;

Ω – оператор обробки;

Ψ – оператор збереження та передачі.

Отже, модель передбачає перетворення досліджуваного стану об'єкту \bar{a} , у зручну для користувача інформацію у формі $\bar{\beta}^*$, а після обробки та збереження з певною оцінкою \bar{r}^* -повідомлення.

Усі перетворення, що виконуються системою, описуються оператором A :

$$\bar{r} = A\bar{x}. \quad (2)$$

Функціональний оператор A характеризує головну мету (задачу) перетворень в ГІС і за своєю суттю є її математичною моделлю при обробці повідомлень без спотворень. Загальний вираз математичної моделі представляється наступним чином:

$$\gamma = G(a, \gamma), \quad (3)$$

де γ – стан системи в момент часу t і t_1 , який знаходиться у вигляді:

$$Y_t = \varepsilon(a, y, t),$$

де: ε – оператор зміни стану ГІС.

До недоліків концепції [1] можна віднести відсутність в моделях чітко визначеного зворотного зв'язку, який міг би бути базою для формування сигналу узгодження $[\rho(\bar{\beta}, \bar{\beta}^*), \rho(\bar{r}, \bar{r}^*)]$ або $\rho(\bar{x}, \bar{r}^*)$, без якого управління ГІС є проблематичним. Іншим недоліком є інтерпретація даних ГІС як виключно картографічних даних.

Процес оцінки ситуації в ГІС ґрунтується на методі порівняння результату геосистемного аналізу (ГА) \tilde{a} з поставленим йому у відповідність можливим результатом a за шкалою з множини моделей можливих результатів (ММР):

$$\Delta a = \tilde{a} - a. \quad (4)$$

Припустимо, що значення різниці Δa у значній мірі є доступним для визначення при ГА. Існує результат ГА (процесу), який відбувається у геоінформаційному метричному просторі та отриманого за даними моніторингу цього простору – реалізація \tilde{x} з множини X (\tilde{x} – може приймати значення всередині діапазону X). G – множина фізичних моделей реалізацій, які доступні для спостереження та вимірювання. Фізична модель реалізації \tilde{g} ставиться у відповідність реалізації \tilde{x} при умові $\tilde{x} - \tilde{g} = \Delta r \rightarrow 0$.

Маючи справу з поняттями: «досліджуваний об'єкт», «модель», «тезаурус» «порівняння», визначимо задачу ГІС як задачу оцінки результату (на певному етапі розвитку). Розглянемо розв'язання задачі у порівнянні «реальний фіксований об'єкт» – «керована модель».

Маємо об'єкт $x^0 \in X$ та тезаурус M . Порівнюючи x^0 з $m \in M$, обираємо з множини M модель m^* , найбільш наближену до x^0 у значенні критерію порівняння, тобто

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

$$m^* = \arg \min_{m \in M} r(x^0, m). \tag{5}$$

Схема системи оцінки наведена на рис. 2.

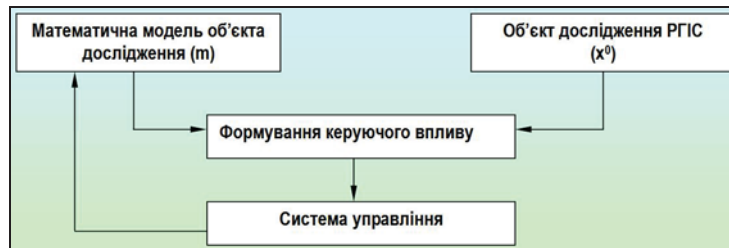


Рис. 2. Схема вибору моделі управління за заданим об’єктом

Система управління за допомогою системи управління у підбирає відповідну об’єкту x^0 модель m^* , впливаючи на об’єкт (x) і переводячи його в стан x^* , найбільш наближений до m^0 в значенні критерію порівняння r .

Вираз (2.5) описує відому процедуру стохастичної апроксимації, яка забезпечує збіжність з мінімальною похибкою.

$$P\left\{ \lim_{i \rightarrow \infty} [r(\bar{a}_i) - r(\bar{a}^*)] = 0 \right\} = 1, \tag{6}$$

де P – ймовірність; \bar{a}_i – екстремальні значення параметрів; \bar{a}^* отриманий результат аналізу.

Вираз (6) – це формула оцінки результату ГА у загальному вигляді.

Задача оптимізації результату за схемою «фіксована модель» – «керований об’єкт» може бути визначена як:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} r(x, m^0), \tag{7}$$

і спрямовується на мінімізацію розбіжностей між поточним станом об’єкта та його фіксованим (планованим, бажаним) станом у відповідності з моделлю m^0 .

Уточнюючи (7), маємо:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} r[m^*(x), m^0] = \arg \min_{x \in X} r\left[\arg \min_{m \in M} r(x, m), m^0 \right], \tag{8}$$

де $m^*(x) = \arg \min_{m \in M} r(x, m)$ – поточний стан об’єкту (результат оцінки), який змінюється в процесі управління об’єктом. Тобто у цьому випадку відбувається безпосереднє управління моделлю але сам об’єкт дослідження залишається незмінним.

На рис. 3 показано управління об’єктом x за результатом r (порівняння об’єкту з заданою моделлю m^0).



Рис. 3. Схема вибору об’єкту управління за заданою моделлю

ГІС можна інтерпретувати як систему оцінки результату процесу (наприклад, результату соціально-економічного розвитку співтовариства на i -ому етапі), тобто сукупність методів та засобів вимірювань та оцінки стану процесу за досягнутим результатом.

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

Наведена методологія аналізу достатньо простих тематичних ГІС може використовуватися за однією із вищеперерахованих схем (рис. 2, рис. 3).

Багатокомпонентні і багатофункціональні системи мають множини впливів на процес функціонування, що потребує окремого дослідження.

Проблеми теорії оцінки результату розвитку соціально-економічних систем (СЕС) виникають у зв'язку з наявністю чинників впливу, які не враховуються повністю або частково робочою моделлю об'єкта дослідження. Це ускладнює вирішення головного завдання – формування даних і рекомендацій за вибором оптимальних рішень процесів розвитку (управління з мінімальною похибкою при неконтрольованих збуреннях), розглядати регіональну ГІС як систему спостереження та вимірювання фізичних явищ простору: вимірювання, збору й оцінки параметрів поточного процесу соціально-економічного розвитку регіону та вироблення даних для управління процесом.

Вихідну модель системи управління процесом соціально-економічного розвитку регіону з застосуванням ГІТ можна представити наступним чином (рис. 4).

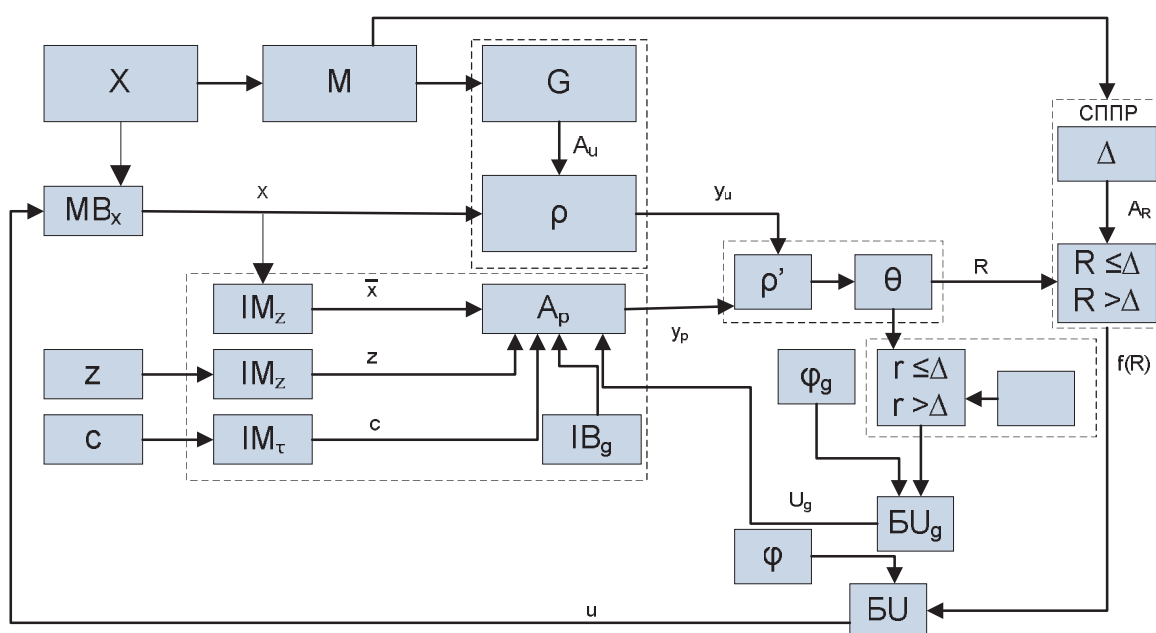


Рис. 4. Теоретична вихідна модель системи управління процесом соціально-економічного розвитку зі зворотним зв'язком і СППР з застосуванням ГІТ

Структурну схему моделі побудуємо на основі інтерпретації вищеприписаної моделі, з відповідним змістом і властивостями елементів, які входять до складу системи та їх взаємозв'язку [4, 5].

X – множина реальних об'єктів – процесів соціально-економічного розвитку регіону – регіональна СЕС. Множина X сформована з існуючих можливостей (засоби, ресурси, кадри), досвіду інших країн, регіонів, досвіду минулих років. Очевидно, що X містить стохастичну складову, яка відбиває невраховані моменти (неконтрольовані збурення).

M – тезаурус, множина математичних моделей, які описують процеси в СЕС, теоретичне міркування про реальні об'єкти, повнота якого визначається станом теорії та постановкою практичного завдання.

G – множина способів та засобів РГІС, які здійснюють збір, обробку інформації та забезпечують адекватне відтворення математичних моделей, що містяться в M . G – це фізичні моделі («еталони»), що описують результат у реальному масштабі часу, тобто G – це способи та засоби РГІС, упорядковані в геоінформаційному метричному просторі, який виконує роль шкали еталонів моделей, що містяться в M (тобто G – фізичні моделі).

В ідеальному варіанті X , M та G у представленій схемі можна вважати еквівалентними множинами (рис. 5).

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

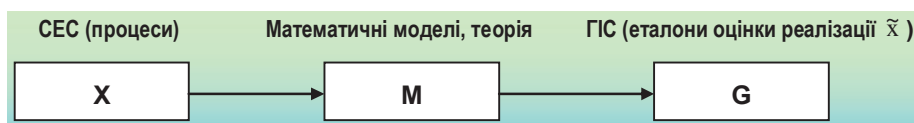


Рис. 5. Узагальнена модель соціально-економічного розвитку регіону з застосуванням регіональної ГІС

MB_x – механізм вибору процесу (об'єкту x), визначається запланованим результатом y_u , обраним з урахуванням обмеження можливостей в аспекті планованих термінів, ресурсів, які використовуються, політичної ситуації та інших відомих та прогнозованих чинників.

Такий процес відбувається в ідеальній системі, який описується оператором A_u , де оператор порівняння ρ ідентифікує x з відповідним еталоном з множини G , найбільш наближеним до x за критерієм ρ . Система являється детермінованою, результат процесу y_u – модель об'єкта x є вільною від похибок. В реальній системі з оператором A_p враховується наявність неконтрольованих факторів впливу, для чого вводяться можливі управління u_g , обрані з множини U_g , обмеженої існуючими ресурсами φ_g .

До факторів, що здійснюють неконтрольований вплив на результат вимірювання потрібно віднести:

- обмеження кількості і (або) тривалості доступних для спостереження реалізацій процесу, який досліджується, тобто будемо спостерігати тільки окремі реалізації процесу $\tilde{x}(t)$, проявом яких керує імовірнісний механізм IM_x , що визначає статистичний характер проблеми оцінки;

- дія зовнішніх неконтрольованих збурень – процесів $z(t)$ – зміна зовнішньої економічної ситуації, погодних умов тощо. Ці процеси впливають на результат y_p та змінюються в часі непередбаченим чином (реалізації $z(t)$ обираються механізмом IM_z);

- викривлення інформації у множині G (недосконалість фізичних моделей ГІС) через ентропію при недосконалості теоретичного підходу в M , при застосуванні застарілого картографічного матеріалу, похибок при вимірюваннях та їх інтерпретації відхилення значень параметрів еталонів в ідеальній системі від номіналів через недосконалість опису фізичних моделей множини G (визначено імовірнісним механізмом IM_g).

Враховуючи наведене, вочевидь, що реальна система є стохастичною. Похибка оцінки результату досліджуваного реального процесу (похибка реальної системи) може бути виражена значенням функціоналу і є випадковою величиною та повністю характеризується своїм законом розподілу.

При заданому допуску Δ оператор контролю A_r порівнює r та Δ_g і надає пропозиції щодо необхідності введення в РГІС сигналу управління u_g (при $r > \Delta_g$).

Потім відбувається вибір управління U_{g^*} у відповідності з алгоритмом $x^* = \arg \min_{x \in X} r(x, m^0)$.

Відхилення значень параметрів $c(t)$ елементів від номіналу в результаті неконтрольованого технологічного відхилення процесів розвитку визначається імовірнісним механізмом неконтрольованого впливу IM_c .

В ідеальній системі ГІС (детермінованій, гіпотетичній) апріорна невизначеність знімається повністю і об'єкт ідентифікується з конкретним елементом тезаурусу. При цьому кількість отриманої інформації залежить від об'єкта тезаурусу та дорівнює початковій ентропії.

В реальній системі існує певна невизначеність через дію механізмів $BM_{\tilde{x}}$, IM_z , IM_c , IM_g .

Остаточна невизначеність є похибкою системи (похибкою оцінки відхилення результату процесу розвитку від запланованого) і процес усунення похибки або аналізу і оцінки, або урахування її у прийнятому рішенні доцільно зробити за допомогою СППР, яка на певній стадії покаже ОПР похибку результату для визначення останнім подальших дій.

Висновки. Розроблена структура математичної основи системи управління процесом соціально-економічного розвитку регіону зі зворотнім зв'язком і СППР з застосуванням геоінформаційних технологій може слугувати математичною основою регіональної ГІС.

Теоретичні положення, виведені в роботі, обґрунтовуються строгістю вихідних посилань і коректним застосуванням використовуваного математичного апарату при виводах аналітичних висновків і доказів.

Результати роботи можуть бути використані при створенні регіональних ГІС, в обласних управліннях Міністерства з надзвичайних ситуацій, силових відомств, обласних управліннях Мі-

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ НАЦІОНАЛЬНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

ністерства навколишнього природного середовища, екологічних інспекціях, корпоративних ГІС тощо.

Література

1. Конон Н. И. Концепция математической модели геоинформационных систем / Н. И. Конон // Геодезия и картография. – 2001. – № 6. – С. 48-54.
2. Бурачек В. Г. Основы геоинформационных систем : монографія / В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, В. І. Зацерковний. Нац. авіац. ун-т. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. – 512 с.
3. Бурачек В. Г. Геоінформаційний аналіз просторових даних : монографія / В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, В. І. Зацерковний. Нац. авіац. ун-т. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. – 440 с.
4. Конон Н. И. Об информационных характеристиках геоинформационных систем / Н. И. Конон // Геодезия и картография. – 2001. – № 4. – С. 43-46.
5. Конон Н. И. Введение в проблематику информационного обеспечения геоинформационных систем / Н. И. Конон. – М. : Недра, 2000. – 44 с.

Bibliography

1. Konon N. I. Kontsepsiya matematicheskoy modeli geoinformatsionnykh sistem / N. I. Konon // Geodeziya i kartografiya. – 2001. – № 6. – S. 48-54.
2. Burachek V. H. Osnovy heoinformatsiinykh system : monohrafiia / V. H. Burachek, O. O. Zhelezniak, V. I. Zatserkovnyi. Nats. aviats. un-t. – Nizhyn : Aspekt-Polihrad, 2011. – 512 s.
3. Burachek V. H. Heoinformatsiinyi analiz prostorovykh danykh : monohrafiia / V. H. Burachek, O. O. Zhelezniak, V. I. Zatserkovnyi. Nats. aviats. un-t. – Nizhyn : Aspekt-Polihrad, 2011. – 440 s.
4. Konon N. I. Ob informatsionnykh kharakteristikakh geoinformatsionnykh sistem / N. I. Konon // Geodeziya i kartografiya. – 2001. – № 4. – S. 43-46.
5. Konon N. I. Vvedeniye v problematiku informatsionnogo obespecheniya geoinformatsionnykh sistem / N. I. Konon. – M. : Nedra, 2000. – 44 s.

Надійшла 22.05.2012