

УДК 681.518.3:528.92

В.І. Зацерковний, канд. техн. наук

Чернігівський державний інститут економіки і управління, м. Чернігів, Україна

В.Г. Бурачек, д-р техн. наук

Університет новітніх технологій, м. Київ, Україна

В.В. Казимир, д-р техн. наук**І.С. Скітер**, канд. фіз.-мат. наук

Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ТЕРИТОРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ГІС

Розроблена модель управління розвитком територій за допомогою ГІС, де процес управління розглядається як результат соціально-економічного розвитку регіону на і-ому етапі, тобто є сукупністю методів та засобів вимірювань та оцінювання стану процесу за досягнутим результатом.

Ключові слова: інформаційні технології (ІТ), геоінформаційна система (ГІС), геоінформаційні технології (ГІТ), геоінформаційний аналіз (ГІА).

Разработана модель управления развитием территорий с помощью ГИС, где процесс управления рассматривается как результат социально-экономического развития региона на i-м этапе, т. е. является совокупностью методов и способов измерений и оценки состояния процесса по достигнутому результату.

Ключевые слова: информационные технологии (ИТ), геоинформационная система (ГИС), геоинформационные технологии (ГИТ), геоинформационный анализ (ГИА).

The model of development management areas using GIS, where the process of management is considered as a result of socio-economic development of the region of the i-th stage, that is a set of methods and techniques for the measurement and evaluation of the process on the results achieved.

Key words: information technologies (IT), geographic information system (GIS), geoinformation technologies (GIT), geoinformation analysis (GA).

Постановка проблеми. Одним із найважливіших напрямів економічного зростання країни, досягнення конкурентних переваг у глобалізованому світі є раціональне й ефективне використання ресурсного потенціалу території [1].

У процесі управління певною територією доводиться оперувати величезними об'ємами даних, вирішуючи проблеми вибору стратегії розвитку (економічного, соціально-демографічного, екологічного тощо), раціонального природо- і землекористування. Тобто управління територією потребує постійного моніторингу та аналізу динаміки різноманітних даних про розвиток об'єкта управління. Фактично це інформаційно-аналітична задача і від ефективності її розв'язку й залежить якість управління територією. Оскільки просторова інформація найчастіше є вирішальною для забезпечення соціально-економічного розвитку, планування й управління територіями, а геоінформаційні технології (ГІТ) забезпечують єдину просторову уніфікацію такої інформації та її спільне використання, сучасні геоінформаційні системи (ГІС) визнані у світі одним з універсальних інтегрованих інформаційно-технологічних засобів вирішення різноманітних регіональних проблем [2]. Саме тому першочерговим завданням є максимально ефективно використання ресурсів територіальних утворень за рахунок широкого впровадження інформаційних технологій (ІТ), передусім геоінформаційних систем (ГІС), космічних систем глобального позиціонування (GPS, ГЛОНАСС) і дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), можливостей мережі Інтернет.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвитку і становленню ГІС суспільство завдячує багатьом зарубіжним, радянським, пострадянським і вітчизняним ученим, серед яких: О.М. Берлянт, Л.М. Бугаєвський, Б.С. Бусигін, В.Г. Бурачек, Дж. Данджермонд, О.О. Железняк, О.О. Іщук, Х. Калкінз, Є.Г. Капралов, Ю.О. Карпинський, Ю.К. Корольов, А.В. Кошкарьов, І.К. Лур'є, М. де Мерс, Х. Мейсон, В.Б. Мокін, В.В. Морозов, О.О. Світличний, Є.С. Серединін, В.С. Тікунов, З.Ф. Томпінсон, В.Д. Шипулін, В.Я. Цветков та багато інших.

Розвитку математичних методів дослідження динамічних систем присвячені роботи вчених О.А. Самарського, В.М. Глушкова, О.Г. Івахненко, М.З. Згуровського. Значний внесок у розвиток технологій імітаційного моделювання внесли Р. Шеннон, Дж. Гордон, Т.Дж. Шрайбер, А. Прицкер, В. Кельтон, А. Лоу, Н.П. Бусленко, В.В. Литвинов, В.М. Томашевський. Теоретико-методичні основи застосування ГІС у галузі управління територіальними ресурсами наведені в роботах С.О. Довгого, С.С. Кохан, В.І. Лялька, В.М. Шестопалова, М.А. Якимчука та ін. Теоретичні засади та приклади імітаційного моделювання кризових ситуацій наведені у працях В.С. Готиняна, О.Г. Додонова, М.І. Железняка, Г.Я. Красовського, О.М. Попова, О.П. Прохорова, О.М. Трофимчука та інших.

Визнаючи наукову і практичну цінність розробок названих авторів, треба зазначити, що проблема розроблення моделей, методів та засобів геоінформаційної підтримки прийняття рішень у системах управління територіями не має достатньо глибокого системного опрацювання за причиною відсутності цілеспрямованих досліджень її теоретико-методологічного і методичного інструментарію.

Постановка завдання. Підвищення ролі територіальних утворень, їх господарської самостійності і використання їх ресурсів висвітлює, перш за все, організаційну недосконалість діючої системи управління територіями. Тому розроблення і впровадження ефективних інформаційних технологій в управління територіями – нагальна потреба сьогодення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нині існує декілька підходів щодо побудови ГІС, у яких моделі ГІС подаються з підкресленням ролі картографічної інформації, картографічних даних. Так у працях [3; 4] наведено узагальнене уявлення ІС, де розглядається математична модель на основі функціональної схеми перетворення даних (рис. 1).

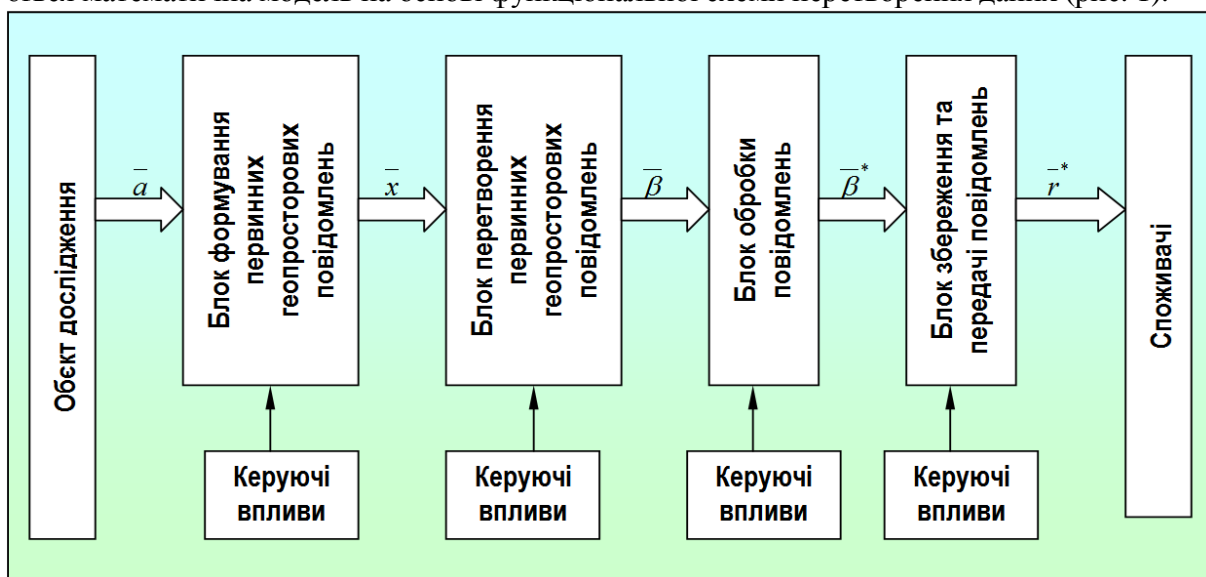


Рис. 1. Функціональна схема розімкненої ГІС

ГІС розглядається як абстрактна розімкнена ІС, що опрацьовує повідомлення та подається групою 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} , яке несе інформацію про властивості об'єктів у вигляді певних характеристик або показників. Такими є просторові координати об'єкта 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 дистанційного зондування Зе-

млі (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, дігітайзери тощо. До більш складних пристроїв можна віднести фотоапарати, геодезичну, супутникову, фотограметричну та картографічну апаратуру, космічні засоби ДЗЗ.

Друга група – засоби перетворення первинних повідомлень, що перетворюють повідомлення \bar{x} до виду $\bar{\beta}$, що дозволяє виконувати подальше оброблення на обчислювальних засобах.

Зазвичай, у цій підсистемі повідомлення аналогового виду перетворюються у цифрові формати (внутрішні формати обробки ГІС).

Третя група – засоби оброблення повідомлень, що призначені для перетворення повідомлень $\bar{\beta}$ у найбільш прийнятну для користувача форму $\bar{\beta}^*$, яка дозволяє добути з них необхідну інформацію.

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

Під час оброблення, збереження та передачі первинних повідомлень \bar{x} до них надходять керуючі впливи та збурення. Основними факторами, що зумовлюють збурення, є обмежена ємність запам'ятовуючих пристроїв та пропускна спроможність каналів зв'язку, а також дії різних випадкових та навмисних завад, недосконалість апаратури та технологій оброблення, похибки операторів тощо.

У ГІС функціонують повідомлення: первинні \bar{x} , оброблені (вторинні) $\bar{\beta}$, призначені для зберігання та передачі за каналами зв'язку, оцінювання перетворених $\bar{\beta}^*$ і виданих користувачу \bar{r}^* повідомлень. Кожне перетворення підсистем представлено функціональним оператором.

Тоді маємо:

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

де P – оператор первинного перетворення картографічних повідомлень; Φ – оператор подання; Ω – оператор обробки; Ψ – оператор збереження та передачі.

Отже, модель передбачає перетворення досліджуваного стану об'єкта \bar{a} у зручну для користувача інформацію у формі $\bar{\beta}^*$, а після оброблення та збереження з певним оцінюванням \bar{r}^* повідомлення.

Усі перетворення, що виконуються системою, описуються оператором A :

$$\bar{r} = A\bar{x}. \quad (1)$$

Функціональний оператор A характеризує головну мету (задачу) перетворень у ГІС і за своєю суттю є її математичною моделлю під час оброблення повідомлень без спотворень. Загальний вираз математичної моделі має вигляд:

$$\gamma = G(a, \gamma), \quad (2)$$

де γ – стан системи в момент часу t і t_1 , який знаходиться у вигляді $Y_{t_1} = \varepsilon(a, \gamma, t)$, де ε – оператор зміни стану ГІС.

До недоліків наведеної концепції [4] можна віднести відсутність у 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 $\rho(\bar{x}, \bar{x}^*)$, без якого управління ГІС є проблематичним. Іншим недоліком, на нашу думку, є інтерпретація даних ГІС як виключно картографічних даних.

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

$$\Delta a = \tilde{a} - a. \quad (3)$$

Припустимо, що значення різниці Δa значною мірою є доступною для визначення при ГА. Існує результат ГА (процесу), який відбувається у геоінформаційному метричному просторі та отриманого за даними моніторингу цього простору – реалізація \tilde{x} із 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} за умови $\tilde{x} - \tilde{g} = \Delta r \rightarrow 0$.

Маючи справу з поняттями: “досліджуваний об’єкт”, “модель”, “тезаурус” “порівняння”, визначимо завдання ГІС, як завдання оцінювання 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:

$$m^* = \arg \min_{m \in M} r(x^0, m). \quad (4)$$

Схема системи оцінювання наведена на рис. 2.

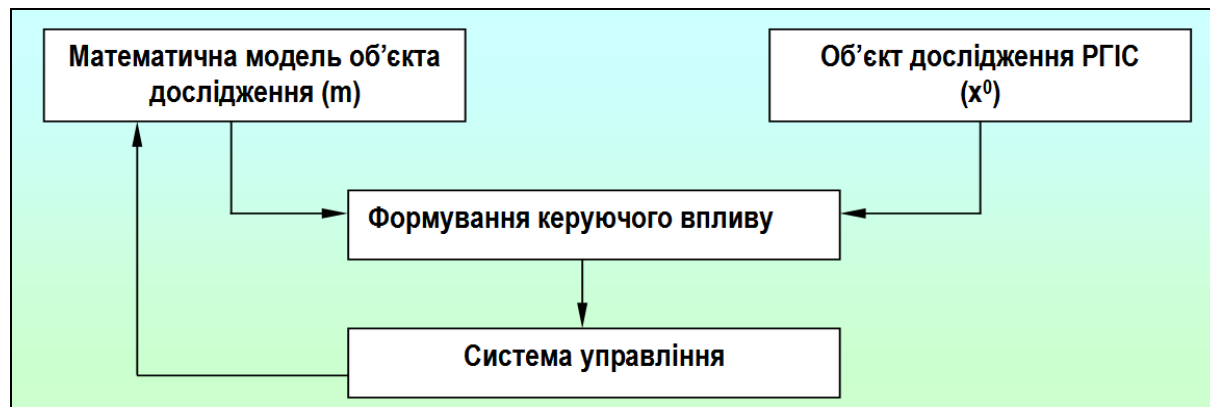


Рис. 2. Схема вибору моделі управління за заданим об’єктом

Система управління за допомогою системи управління у підбирає відповідну об’єкту x^0 модель m^* , впливаючи на об’єкт (x) і переводячи його у стан x^* , найбільш наближений до m^0 у значенні критерію порівняння r . Вираз (4) описує відому процедуру стохастичної апроксимації, яка забезпечує збіжність з мінімальною помилкою.

$$P \left\{ \lim_{i \rightarrow \infty} [r(\bar{a}_i) - r(\bar{a}^*)] = 0 \right\} = 1, \quad (5)$$

де P – ймовірність; \bar{a}_i – екстремальні значення параметрів; \bar{a}^* – отриманий результат аналізу. Вираз (5) – це формула оцінювання результату у загальному вигляді.

Задача оптимізації результату за схемою “фіксована модель” – “керований об’єкт” є:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} r(x, m^0). \quad (6)$$

Далі спрямовується на мінімізацію розбіжностей між поточним станом об’єкта та його фіксованим (планованим, бажаним) станом відповідно до моделі m^0 .

Уточнюючи (6), маємо:

$$x^* = \arg \min_{x \in X} r[m^*(x), m^0] = \arg \min_{x \in X} r \left[\arg \min_{m \in M} r(x, m), m^0 \right], \quad (7)$$

де $m^*(x) = \arg \min_{m \in M} r(x, m)$ – поточний стан об’єкта (результат оцінювання), який змінюється у 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’єкта із заданою моделлю m^0).

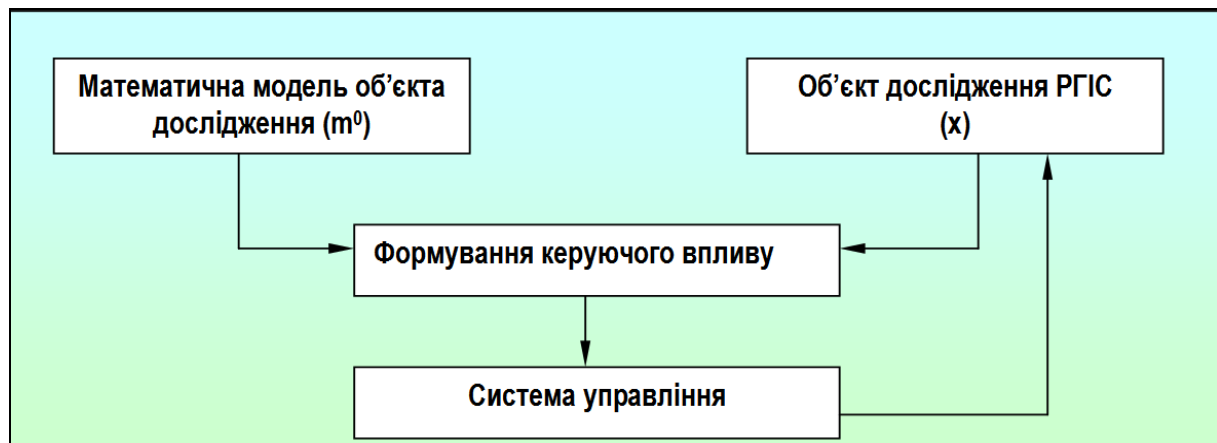


Рис. 3. Схема вибору об’єкта управління за заданою моделлю

ГІС в управлінні територіями можна інтерпретувати як систему оцінювання результату процесу (наприклад, результат соціально-економічного розвитку регіону на i -ому етапі), тобто сукупності методів та засобів вимірювань й оцінювання стану процесу за досягнутим результатом.

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

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

Проблеми теорії оцінювання результату розвитку соціально-економічної системи (СЕС), якою є територіальне утворення, виникають у зв’язку з наявністю чинників впливу, які не враховуються повністю або частково робочою моделлю об’єкта. Це ускладнює вирішення головного завдання – формування даних і рекомендацій за вибором оптимальних рішень процесів розвитку (управління з мінімальною помилкою під час неконтрольованого збурення), розглядати ГІС в управлінні територіями як систему спостереження та вимірювання фізичних явищ простору: вимірювання, збирання й оцінювання параметрів поточного процесу соціально-економічного розвитку певної території та вироблення даних для управління процесом.

Вихідну модель системи управління процесом соціально-економічного розвитку територій із застосуванням ГІС побудуємо на основі інтерпретації вищеприписаної моделі з відповідним змістом і властивостями елементів, що входять до складу системи та їх взаємозв’язку (рис. 4):

X – множина реальних об’єктів (процесів соціально-економічного розвитку певної території). 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, що відбуваються на певній території, теоретичне міркування про реальні об’єкти, повнота якого визначається станом теорії та постановкою практичного завдання.

G – множина способів та засобів ГІС, які здійснюють збирання, оброблення інформації та забезпечують адекватне відтворення математичних моделей, що містяться в тезаурусі M .

G – це фізичні моделі («еталони»), що описують результат у реальному масштабі часу, тобто G – це способи та засоби ГІС в управлінні територіями, які упорядковані в геоінформаційному метричному просторі та який виконує роль шкали еталонів моделей, що містяться в M (тобто G – фізичні моделі).

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

MB_x – механізм вибору процесу (об’єкта 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.

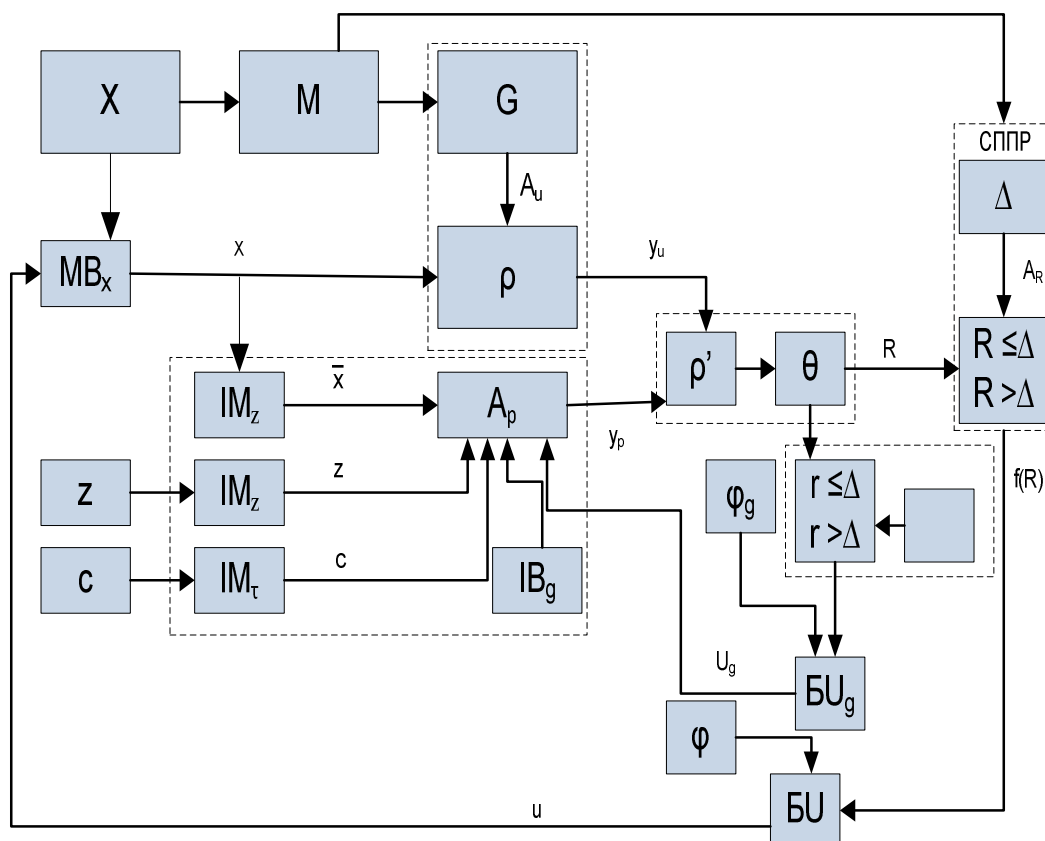


Рис. 4. Теоретична вихідна модель системи управління процесом соціально-економічного розвитку із застосуванням ГІТ зі зворотним зв'язком і СППР

Наведений процес відбувається в ідеальній системі, що описується оператором A_u , де оператор порівняння ρ ідентифікує x з відповідним еталоном з множини G , найбільш наближеним до x за критерієм ρ .

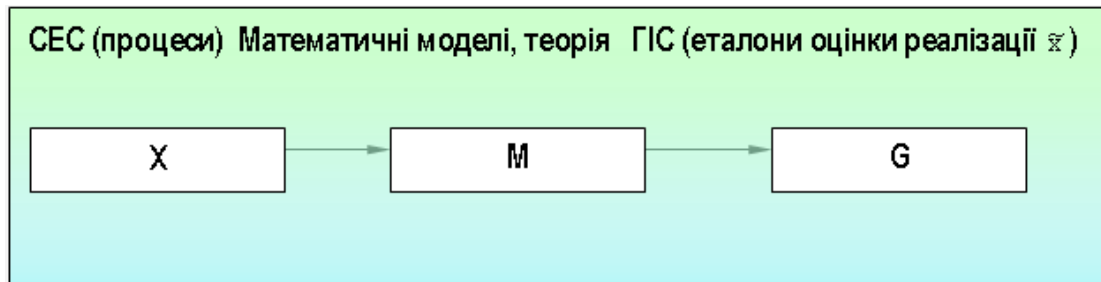


Рис. 5. Узагальнена модель соціально-економічного розвитку регіону із застосуванням ГІС

Система є детермінованою, а результат процесу y_u – модель об'єкта x , – вільною від похибок. У 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 досліджуваного процесу, тобто будемо спостерігати тільки окремі реалізації процесу $\tilde{x}(t)$, проявом яких керує ймовірнісний механізм IM_x , що визначає статистичний характер проблеми оцінювання;

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

- викривлення інформації у множині G (недосконалість фізичних моделей ГІС) через ентропію під час недосконалості теоретичного підходу в M , під час застосування застарілого картографічного матеріалу, похибок вимірювання та їх інтерпретації, відхилення значень параметрів еталонів в ідеальній системі від номінальних значень через недосконалість опису фізичних моделей множини G (визначено ймовірнісним механізмом IM_g).

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

При заданому допуску Δ оператор управління (контролю) A_r порівнює r та Δ_g і надає пропозиції щодо необхідності введення в ГІС 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 номінального значення в результаті неконтрольованого технологічного відхилення процесів розвитку визначається ймовірнісним механізмом неконтрольованого впливу IM_c .

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

У реальній системі існує певна невизначеність через дію механізмів $BM_{\tilde{x}}$, IM_z , IM_c , IM_g . Остаточна невизначеність є похибкою системи (похибкою оцінювання відхилення результату процесу розвитку від запланованого) і процес усунення похибки або аналізу й оцінювання, її врахування у прийнятому рішенні доцільно зробити за допомогою СППР, яка на певній стадії покаже особі, що приймає рішення (ОПР), похибку результату для визначення останнім подальших дій.

Список використаних джерел

1. *Карпенко С. А.* Региональная система управления социально-экономическим развитием как объект изучения / С. А. Карпенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия „География”. – Симферополь : ТНУ, 2001. – Т. 14, № 1. – С. 63-69.
2. *Бурачек В. Г.* Геоінформаційний аналіз просторових даних / В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, В. І. Зацерковний. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2011. – 440 с.
3. *Конон Н. И.* Об информационных характеристиках геоинформационных систем / Н. И. Конон // Геодезия и картография. – 2001. – № 4. – С. 43-46.
4. *Конон Н. И.* Концепция математической модели геоинформационных систем / Н. И. Конон // Геодезия и картография. – 2001. – № 6. – С. 48-54.