

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

**БЄЛЬЧЕВА ГАННА ВОЛОДИМИРІВНА**

УДК 004.9:528

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ ФОРМУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІС-ДОДАТКІВ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:**

кандидат технічних наук, доцент  
**Манакова Наталія Олегівна**,  
Харківський національний університет  
радіоелектроніки, доцент кафедри  
медіасистем та технологій.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор  
**Федорович Олег Євгенович**,  
Національний аерокосмічний університет  
ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»,  
завідувач кафедри інформаційних  
управляючих систем;

доктор технічних наук, професор  
**Рязанцев Олександр Іванович**,  
Східноукраїнський національний університет  
ім. Володимира Даля (м. Сєверодонецьк),  
завідувач кафедри комп'ютерної інженерії.

Захист відбудеться «9» липня 2015 р. о 15<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.08 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, Харків, просп. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, Харків, просп. Леніна, 14.

Автореферат розісланий « \_\_\_\_ » червня 2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

І. П. Плісс

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Останні десятиріччя характеризуються стрімким розвитком геоінформаційних технологій. На сьогодні геоінформаційні системи (ГІС) вирішують широке коло прикладних задач, пов'язаних з просторовим аналізом і моделюванням природних процесів в різних предметних областях і технологіях.

Одним з основних компонентів ГІС є інформаційне забезпечення (ІЗ). Вже на перших етапах розробки ГІС-додатків здійснюється збір і введення просторових даних (ПД), де характер ІЗ багато в чому визначає якість і вартість кінцевого продукту. Процеси формування ПД досліджувались в роботах F. J. Harvey, M. J. Smith, В. Я. Цветкова, О. Д. Іваннікова, Е. Г. Капралова, В. С. Тікунова, І. Г. Журкіна, В. А. Середовича і інших вчених. Цей етап характеризується різноманітністю технологічних операцій, технічних і програмних засобів.

Одним з перших, і по суті домінуючих, етапів формування ІЗ є вибір ПД, який ґрунтується на оцінці якості картографічного матеріалу відносно потреб потенційних користувачів. Задача контролю якості є ключовою на етапі формування ПД. Дослідженню і пошуку ефективних рішень подібних задач присвячені роботи R. Devillers, A. Zargar, J. L. Harding, О. О. Салтовця, Ю. О. Карпінського і інших вчених. Існуючі методи розрахунку показників якості лише частково узгоджуються з чинними міжнародними і державними стандартами в області геоінформатики. Невирішеним залишається питання узгодження вимог користувача до якості ПД, що ускладнює вибір ПД для формування ІЗ і призводить до значних часових витрат цього етапу.

Беручи все це до уваги, дослідження процесу реалізації ГІС-додатків, створення методів, моделей і інформаційної технології формування інформаційного забезпечення визначається як актуальна задача.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася на кафедрі медіасистем та технологій Харківського національного університету радіоелектроніки у рамках НДР ДЗ/475-2011 «Розроблення технології та інструментальних засобів створення міських геоінформаційних систем на базі програмних продуктів з відкритим кодом» (№ДР 0111U005935).

**Мета та задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка методів, моделей і інформаційної технології формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків, що дозволить зменшити часові витрати їх реалізації та провести вибір просторових даних з урахуванням вимог користувача.

Досягнення поставленої мети вимагає розв'язання таких задач:

- аналіз геоінформаційних технологій та методів мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків, методів вибору просторових даних для формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків, моделей оцінки якості просторових даних, чинних міжнародних і державних стандартів в області геоінформатики;
- розробка моделі оцінки якості просторових даних;

- розробка методів вибору просторових даних з урахуванням вимог користувача;
- розробка моделі мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків;
- розробка методу генерації тестових наборів просторових даних для формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків;
- розробка інформаційної технології формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків та її програмна реалізація;
- впровадження результатів дослідження у процес реалізації ГІС-додатків.

*Об'єкт дослідження* – процес створення ГІС-додатків.

*Предмет дослідження* – методи, моделі і інформаційна технологія формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків.

**Методи дослідження.** Під час розробки моделі оцінки якості та методу вибору просторових даних за показником позиційної точності використовувалась термінологія та математичний апарат теорії нечітких множин, для розробки методу вибору просторових даних за показником тематичної точності використовувалась теорія ігор. Розробка моделі мінімізації часових витрат здійснена із застосуванням елементів диференційних рівнянь, а методу генерації тестових просторових даних – елементів комп'ютерної геометрії і алгоритмів машинної графіки.

**Наукова новизна одержаних результатів.** У рамках вирішення задач дисертаційного дослідження отримані такі основні наукові результати:

1. Вперше розроблено метод генерації тестових наборів просторових даних, який, на відміну від інших, містить створення базових просторових об'єктів і їх атрибутів, з можливістю імітації помилок і спотворень просторових стосунків і форм, що дозволяє сформуванню тестового інформаційного забезпечення ГІС-додатків;

2. Отримано подальший розвиток моделі оцінки якості просторових даних шляхом використання інтегрального показника якості, який охоплює часову, позиційну та тематичну точність, повноту та логічну відповідність просторових даних, що дозволяє комплексно врахувати вимоги користувача при виборі просторових даних для формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків;

3. Вдосконалено метод вибору просторових даних за показником тематичної точності, який включає вибір способу розрахунку показника, що дозволяє врахувати тематику ГІС-додатка та спростити процедуру розрахунку в разі відсутності еталонного картографічного матеріалу;

4. Вдосконалено модель мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків, яка використовує паралельний процес формування тестового інформаційного забезпечення, що дозволяє скоротити час на отримання даних для розробки функціональних задач ГІС-додатків.

**Практичне значення одержаних результатів.** Розроблена прикладна інформаційна технологія формування ІЗ ГІС-додатків, що базується на розроблених методах і моделях формування ПД, реалізована у вигляді програмного продукту, застосування якого дозволило скоротити час реалізації ГІС-додатків та провести вибір ПД для ІЗ з урахуванням вимог користувача.

У рамках методу генерації тестових наборів просторових даних розроблено алгоритми генерації просторових даних, в яких передбачені додаткові параметри для імітації помилок і спотворень просторових стосунків і форм об'єктів. Тестові набори ПД призначені для:

- вибору і освоєння програмного забезпечення, проведення експериментальних досліджень для перевірки ефективності роботи алгоритмів просторово-атрибутивного аналізу;
- розробки методів реалізації функціональних задач (ФЗ) ГІС-додатків;
- тестування ГІС-додатків;
- тимчасової заміни даних для тестування ГІС-додатків (у випадку збою роботи або відсутності ПД).

Розроблено програмний продукт формування ІЗ ГІС-додатків, в якому реалізована запропонована інформаційна технологія.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємстві «Міський інформаційний центр», м. Харків (акт від 19.06.2013) та використовуються в навчальному процесі в ході підготовки і проведення занять з дисципліни: «Інформаційне забезпечення і програмні засоби геоінформаційних систем» для студентів спеціальності 6.050103 напряму підготовки «Програмна інженерія» на кафедрі медіасистем та технологій Харківського національного університету радіоелектроніки (акт від 21.06.2013).

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати дисертаційної роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно. У роботах, опублікованих із співавторами, здобувачу належать такі результати: [1] – розробка алгоритмів створення просторових даних, що використовуються у методі генерації тестових наборів просторових даних; [2] – класифікація ГІС-додатків, що пов'язана з вимогами користувача до картографічного матеріалу, обґрунтування доцільності створення методів вибору просторових даних; [4] – розробка методів вибору просторових даних за показником тематичної точності з врахуванням вимог користувача; [5] – розробка методів вибору просторових даних за показником позиційної точності, з врахуванням вимог користувача; [6] – розробка моделі мінімізації часових витрат реалізації ГІС-додатків за рахунок використання паралельного процесу формування тестового інформаційного забезпечення. Роботи [3, 7–12] опубліковані одноосібно.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційних досліджень були представлені, докладались та обговорювались на таких форумах і конференціях: 15-му Міжнародному молодіжному форумі «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (м. Харків, 18-20 квітня 2011 р.); 16-му Міжнародному молодіжному форумі «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» (м. Харків, 17-19 квітня 2012 р.); 1-й Міжнародній науково-практичній конференції «Advanced Information Systems and Technologies, AIST 2012» (м. Суми, 15-18 травня 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Информационные системы и технологи (ИСТ–2012)» (Морське – Харків, 22-29 вересня 2012р.); 3-й Міжнародній науково-технічній конференції «Информационные системы и технологи (ИСТ–2014)» (м. Харків, 15-21 вересня 2014 р.).

**Публікації.** За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць (з них 7 одноосібно): 7 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, серед них 2 статті у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз (Bielefeld Academic Search Engine (BASE) і WorldCat); 5 публікацій в працях наукових конференцій, з них 1 входить до міжнародної наукометричної бази BASE.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 122 найменувань (на 14 сторінках) та 2 додатків (на 9 сторінках). Повний обсяг дисертації складає 167 сторінок, містить 51 рисунок (3 рисунки повністю займають площу на 3 сторінках) та 11 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність розробки методів, моделей та інформаційної технології, спрямованих на вдосконалення процесу створення ГІС-додатків. Сформульовано мету, задачі, об'єкт, предмет і методи дослідження. Означено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наведено відомості про публікації, апробацію і впровадження отриманих результатів, особистий внесок здобувача.

**Перший розділ** містить огляд предметної області і постановку задачі дослідження. Аналіз публікацій і сучасних розробок щодо створення ГІС-додатків дозволив виявити, що етап формування ІЗ є одним з перших, найтриваліших та ресурсномістких етапів, характер і стан якого впливає на весь ланцюг проектних рішень. Аналіз інформаційних технологій розробки ІЗ виявив їх багатоетапний і багатоваріантний характер. Існуючі моделі мінімізації часових витрат формування ІЗ спрямовані на удосконалення окремих етапів технології, що не дає значного ефекту і призводить до суттєвих часових витрат. Етап оцінки якості ПД, що використовується при створенні ІЗ, і є сполучною ланкою між виробником і користувачем ПД. Проведений аналіз моделей оцінки якості і методів вибору ПД, чинних міжнародних і державних стандартів в області геоінформатики показав, що практично відсутні методи і моделі з урахуванням потреб користувача, що не задовольняє вимогам до якості, ускладнює вибір ПД для формування ІЗ і призводить до значних часових витрат цього етапу.

На основі проведеного аналізу методів, моделей і інформаційних технологій формування ІЗ ГІС-додатків сформульовано мету та задачі дослідження.

У **другому розділі** формалізовано процес формування ІЗ ГІС-додатків, розроблено модель оцінки якості та методи вибору ПД з урахуванням вимог користувача.

Формування ІЗ ГІС-додатків представлено у вигляді мінімізації функції  $\Phi_{N_p}^{форм.} = \tau_h \left( \bar{T}, \bar{K}, R(h), F(h), D(h) \right) \rightarrow \min_{\bar{K}, R(h), D(h) \in \Omega}$ , де часові витрати  $\tau_h$  залежать від сукупності факторів на момент  $h$  (момент формування ІЗ),  $N_p$  – достатній рівень повноти ПД для реалізації ГІС-додатка. Фактори, що впливають на

процес формування ІЗ, включають: вимоги до ІЗ  $\bar{T} = \{T_s, T_d, T_u\}$ , які враховують вимоги зі сторони міжнародних та державних стандартів в області геоінформатики  $T_s$ , зі сторони розробника –  $T_d$  та користувача –  $T_u$ ; показники якості ПД  $\bar{K} = \{k_1, k_2, \dots, k_q\}$ ,  $q = \overline{1, u}$ ; внутрішні ресурси на розробку ІЗ  $R(h)$ ; зовнішні фактори  $F(h)$ ; економічні фактори  $D(h)$ . Зона обмежень  $\Omega$  включає обмеження на вимоги до якості ПД, а також обмеження на внутрішні ресурси та фінанси.

Сформовано вектор показників якості ПД  $\bar{K}$ , що включає повноту, часову точність, логічну відповідність, позиційну та тематичну точність ПД. Такий набір показників відповідає вимогам міжнародних стандартів на якість географічної інформації і є основою для створення моделі оцінки якості ПД:  $K^i = f_i(k_1^i, k_2^i, k_3^i, k_4^i, k_5^i)$ .

Вимоги до якості ПД  $T_u^K$  відносно існуючих методів ГІС-аналізу, що використовуються для реалізації ФЗ ГІС-додатків, можна розділити на групи: з використанням тематичної точності  $T_u^{K(ITT)}$  та позиційної точності  $T_u^{K(PT)}$  ПД (інші три показники моделі важливі для будь-якого методу ГІС-аналізу). Варіативний характер  $T_u^K$  зумовлює розробку методів вибору ПД за значенням даних показників.

Показники якості  $k_4^i$  і  $k_5^i$  визначаються за допомогою розроблених методів, що враховують вимоги користувача:  $k_4^i = f_4(PT_i, VT_i, T_u^{k_4})$ ,  $k_5^i = f_5(l_j, T_u^{k_5})$  і подаються на більш високий рівень моделі. Тоді інтегральний показник для комплексної оцінки якості ПД  $K^i$  одержимо у вигляді:  $K^i = f_i(k_q^i, T_u^K)$ , де  $q = \overline{1, 5}$ .

Вимоги до позиційної точності відносно користувача  $T_u^{k_4}$  зумовлені значенням похибок планової та висотної точності  $(a_{PT(VT)}, b_{PT(VT)}, c_{PT(VT)})$ . На практиці, якщо вимоги користувача співпадають з вимогами стандартів, то картографічний матеріал вимагає часткового доопрацювання ( $b_{PT(VT)} = T_s$ ), значення похибки  $a_{PT(VT)}$  визначається експериментально і пов'язане з використанням методів автоматичної обробки ПД в середі розробки ГІС-додатка, значення  $c_{PT(VT)} \leq T_s$  призводить до неприпустимих помилок, де подальша обробка ПД не має сенсу. Важливість врахування похибки висотної точності залежить від вимірності картографічного матеріалу. В свою чергу значення планової і висотної точності ПД вказані в метаданих.

Якщо  $\bar{x}_i = \{SD_i, xml_i\}$  є множина наборів ПД для ІЗ, де  $SD_i$  – цифровий файл ПД,  $xml_i$  – XML-файл метаданих, що містить опис ПД. Для забезпечення позиційної точності необхідно  $\{PT_i, VT_i, T_u^{k_4}\} \rightarrow k_4^i$ . Розроблено метод вибору ПД за показником позиційної точності, представлений послідовністю етапів.

Етап 1. Формування множини наборів ПД  $\overline{x_i}$ .

Етап 2. Формування вектору вимог користувача  $T_u^{k_4}$ . Визначення вимог до мірності картографічного матеріалу ГІС-додатка  $\delta$  (двомірний, тримірний) та до похибок планової і висотної точності  $a_{PT(VT)}$ .

Етап 3. Фільтрація множини наборів ПД  $\overline{x_i}$  згідно з вектором вимог користувача  $T_u^{k_4} = \{\delta, a_{PT(VT)}\}$  відбувається за нечіткими правилами виду  $(PT_i = \tilde{p}_j^1 \theta_j VT_i = \tilde{p}_j^2 \theta_j \delta = \tilde{p}_j^3) \Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_j^4$ ,  $j = \overline{1, m}$ , де  $\tilde{p}_j$  – терм, яким оцінюється змінні  $PT_i, VT_i, \delta$  в  $j$ -му правилі;  $\theta_j$  – логічна операція  $j$ -го правила. Визначено функції належності і терми змінних. Для планової та висотної точності  $\tilde{p}^{1,2} = \{\text{низький, середній, високий}\}$ , для вимірності картографічного матеріалу  $\tilde{p}^3 = \{\text{двомірний, тримірний}\}$  та вихідної змінної  $\tilde{t}^4 = \{\text{низький, середній, високий}\}$ . Визначено набір нечітких правил, що описують процедуру обробки вхідних параметрів:

$$\begin{aligned} (PT_i = \tilde{p}_1^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_2^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_1^4, & (PT_i = \tilde{p}_{1,2}^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_2^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_1^4, \\ (PT_i = \tilde{p}_1^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_2^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_1^4; & (PT_i = \tilde{p}_2^1 \wedge VT_i = \tilde{p}^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_2^4, \\ (PT_i = \tilde{p}_1^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_3^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_2^4, & (PT_i = \tilde{p}_2^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_{2,3}^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_2^4, \\ (PT_i = \tilde{p}_3^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_{1,2}^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_2^4; & (PT_i = \tilde{p}_3^1 \wedge VT_i = \tilde{p}^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_3^4, \\ (PT_i = \tilde{p}_3^1 \wedge VT_i = \tilde{p}_3^2 \wedge \delta = \tilde{p}_3^3) &\Rightarrow k_4^i = \tilde{t}_3^4. \end{aligned}$$

Етап 4. Формування набору ПД для ІЗ ГІС-додатка  $\overline{x_i'}$ , де  $k_4^i = \tilde{t}_3^4$ .

Метод вибору ПД за показником якості  $k_4^i$  припускає можливість коригування похибок планової та висотної точності, враховує вимірність картографічного матеріалу і надає результат у вигляді експертних рекомендацій, що дозволяє враховувати вимоги користувача  $T_u^{k_4}$ .

Вимоги до тематичної точності відносно користувача  $T_u^{k_5}$  за умов відсутності еталонного картографічного матеріалу позначаються способом розрахунку  $H = \{L, S, V\}$ , що обирається користувачем залежно від тематики ГІС-додатка. На практиці для ГІС-додатків життєзабезпечення (безпека, військова справа, управління та охорона природних ресурсів, управління і розробка інженерних мереж та комунікацій та ін.) використовують спосіб  $S$ , що забезпечує мінімальний ризик. Для ГІС-додатків економічної сфери (управління підприємством і бізнесом, туризм та ін.) передбачений спосіб  $V$ , що забезпечує максимальний вигравш. Якщо тематика ГІС-додатка є нейтральною відносно попередніх груп, то для розрахунку тематичної точності можна використовувати спосіб  $L$ , що забезпечує середньозважений вигравш.



Якщо  $(l_1, l_2, \dots, l_m)$  – множина класифікаційних ознак  $\overline{x_i}$ , вказана в метаданих, тоді тематична точність ПД:  $\{l_j, T_u^{k_5}\} \rightarrow k_5^i \quad j = \overline{1, m}$ . Розроблено метод вибору ПД за показником тематичної точності, який представлений послідовністю етапів.

Етап 1. Формування множини наборів ПД  $\overline{x_i}$ .

Етап 2. Формування вимог користувача  $T_u^{k_5}$  у вигляді способу розрахунку показника залежно від тематики ГІС-додатка  $H = \{L, S, V\}$ .

Етап 3. Фільтрація множини наборів ПД  $\overline{x_i}$  згідно з вимогами користувача  $T_u^{k_5}$  відбувається за матрицею  $A = (a_{ij})$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ , де  $a_{ij} = h_m - l_m$ ,  $h_m$  – множина імовірних класифікаційних ознак:

$$f(h_m) = \begin{cases} 0, & h_m \leq a \\ \frac{h_m - a}{b - a}, & a \leq h_m \leq b, \text{ в інтервалі } [a, b], \text{ де } a = \min l_j, b = \max l_j. \\ 1, & h_m \geq b \end{cases}$$

Згідно з обраним способом  $H$  визначається  $L_i, S_i, V_i$ :

$$L_i = \max_{1 \leq i \leq n} \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{ij}; \quad V_i = \max_{1 \leq i \leq n} \min_{1 \leq j \leq m} a_{ij};$$

$$R = (r_{ij}), \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad r_{ij} = \max_{1 \leq i \leq n} (a_{ij}) - a_{ij}, \quad S_i = \min_{1 \leq i \leq n} \max_{1 \leq j \leq n} r_{ij}.$$

Етап 4. Формування набору ПД для ІЗ ГІС-додатка:  $\overline{x'_i}$ , у порядку зменшення  $L_i, S_i, V_i$ , що відповідає показнику тематичної точності картографічного матеріалу.

Метод вибору ПД за показником  $k_5^i$  реалізується в умовах відсутності еталонного картографічного матеріалу і включає вибір способу розрахунку показника, що дозволяє враховувати вимоги користувача  $T_u^{k_5}$ .

Визначення інтегрального показника якості ПД включає декілька етапів, що зумовлює ієрархічну структуру моделі. Проводиться процедура визначення показників  $k_4^i$  і  $k_5^i$ , на основі розроблених методів. Знайдені міри належності передаються на наступний рівень ієрархії, що охоплює всі показники якості (часову, позиційну та тематичну точність, повноту та логічну відповідність просторових даних).

Визначені терми і функції належності. Сформована залежність входу-виходу нечіткими правилами виду:  $(k_1^i = \tilde{t}_j^1 \theta_j k_2^i = \tilde{t}_j^2 \theta_j \dots \theta_j k_q^i = \tilde{t}_j^q) \Rightarrow K^i = \tilde{d}_j$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $q = \overline{1, 5}$ . Для перших трьох показників моделі введено терми

$\tilde{t}^{1,2,3} = \{\text{низький, достатній}\}$ , для тематичної точності використовується один терм – «високий», в поєднанні з трьома квантифікаторами  $\tilde{t}^5 = \{\text{не високий, високий, дуже високий}\}$ , для вихідного показника введені три терми і один квантифікатор  $\tilde{D} = \{\text{дуже низький, низький, середній, високий, дуже високий}\}$ .

Вимоги користувача до якості ПД включають вимоги до всіх показників моделі  $T_u^K = \{T_u^{k_{1,2,3}}, T_u^{k_4}, T_u^{k_5}\}$ . Для перших трьох показників вимоги користувача визначені міжнародним стандартом на якість  $T_u^{k_{1,2,3}} \geq T_s$ , а для інших представлені у вигляді наборів:  $T_u^{k_4} = \{\delta, a_{PT(VT)}\}$ ,  $T_u^{k_5} = \{H\}$ .

Нечіткі правила моделі для визначення інтегрального показника якості ПД враховують вимоги користувача відносно групи застосованих методів ГІС-аналізу ( $T_u^{K(TT)}$ ,  $T_u^{K(PT)}$ ). Набір нечітких правил, що враховують обидві групи вимог:

$$\begin{aligned} (k_1^i = \tilde{t}_1^1 \wedge k_2^i = \tilde{t}_2^2 \wedge k_3^i = \tilde{t}_3^3 \wedge k_4^i = \tilde{t}_4^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_5^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_1, \\ (k_1^i = \tilde{t}_1^1 \wedge k_2^i = \tilde{t}_1^2 \wedge k_3^i = \tilde{t}_3^3 \wedge k_4^i = \tilde{t}_4^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_5^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_1, \\ (k_1^i = \tilde{t}_1^1 \wedge k_2^i = \tilde{t}_2^2 \wedge k_3^i = \tilde{t}_1^3 \wedge k_4^i = \tilde{t}_4^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_5^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_1, \\ (k_1^i = \tilde{t}_2^1 \wedge k_2^i = \tilde{t}_2^2 \wedge k_3^i = \tilde{t}_2^3 \wedge k_4^i = \tilde{t}_3^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_2^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_4, \\ (k_1^i = \tilde{t}_2^1 \wedge k_2^i = \tilde{t}_2^2 \wedge k_3^i = \tilde{t}_2^3 \wedge k_4^i = \tilde{t}_3^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_3^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_5. \end{aligned}$$

Нечіткі правила моделі відносно вимог  $T_u^{K(TT)}$ :

$$\begin{aligned} (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_1^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_1^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_2, \quad (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_2^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_1^5) \Rightarrow K^i = \tilde{d}_3, \\ (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_3^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_1^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_3, \quad z = 1, 2, 3 \end{aligned}$$

та нечіткі правила моделі відносно вимог  $T_u^{K(PT)}$ :

$$\begin{aligned} (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_1^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_1^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_2, \quad (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_1^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_2^5) \Rightarrow K^i = \tilde{d}_3, \\ (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_{2,3}^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_1^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_3, \quad (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_1^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_3^5) \Rightarrow K^i = \tilde{d}_4, \\ (k_z^i = \tilde{t}_2^z \wedge k_4^i = \tilde{t}_2^4 \wedge k_5^i = \tilde{t}_{2,3}^5) &\Rightarrow K^i = \tilde{d}_4. \end{aligned}$$

Інтегральний показник якості ПД  $K^i$  може набувати п'ять нечітких значень. Значення «дуже низький» говорить про неможливість використання ПД для ІЗ. Усі інші значення допускають можливість використання ПД для ІЗ, залежно від  $T_u^K$ , проте необхідно враховувати обмеження на внутрішні ресурси та фінанси розробки ГІС-додатка.

Розроблена модель оцінки якості ПД, що комплексно враховує вимоги користувача і повністю відповідає вимогам серії міжнародних стандартів на якість географічної інформації. Крім того, показники якості ПД визначені на кожному ієрархічному рівні моделі, що дає можливість їх незалежного використання при розв'язанні широкого кола практичних задач.

У третьому розділі розроблено модель мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків за рахунок використання паралельного процесу формування тестових ПД. Розроблено метод генерації тестових наборів просторових даних (ТНПД), та у рамках методу реалізовано алгоритми створення ПД, що дозволяє сформувати тестове інформаційне забезпечення ГІС-додатків.

Якщо  $N_p$  – достатній рівень повноти ПД для реалізації ФЗ ГІС-додатка, тоді швидкість формування ІЗ буде пропорційна загальному об'єму ПД помноженому на інтенсивність надходження даних ( $a$ ). Якщо взяти до уваги варіативний характер  $N$ , то модель набуде нелінійного виду:

$$\frac{dN}{dt} = a \left( 1 - \frac{N}{N_p} \right) N, \quad N = \frac{N_p N_0 e^{at}}{N_p - N_0 (1 - e^{at})}.$$

Підвищити інтенсивність формування ПД для ІЗ можна за рахунок ТНПД ( $a_r$  і  $a_t$  – інтенсивність надходження реальних і тестових просторових даних). Тоді  $N$  визначається рівнянням:

$$\frac{dN}{dt} = (a_r + a_t) N \left( 1 - \frac{N}{N_p} \right) \rightarrow \max.$$

Проведено аналіз чутливості моделі до варіативних значень  $N$ . Якщо в початковий момент часу  $N_0 > N_p$ , тоді  $N(t) = -\sqrt{c} e^{(a_r+a_t)t}$ . Частіше, на практиці, початковий рівень  $N_0 < N_p$ , тоді  $\frac{dN}{dt} = (a_r + a_t) N(t)$ ,  $N(t) = c e^{(a_r+a_t)t}$ . Отже, швидкість формування ПД залежить від  $N_0$ .

У випадку низького рівня  $N_0$  підвищити інтенсивність формування ІЗ ПД можна за допомогою ТНПД. Використання паралельного процесу формування тестових ПД дозволяє зменшити часові витрати на отримання даних для розробки методів реалізації ФЗ ГІС-додатків.

Розроблено метод генерації ТНПД, що включає етапи створення базових просторових об'єктів (рис. 1), а також атрибутів цих об'єктів з можливістю імітації помилок і спотворень просторових стосунків і форм.

Метод передбачає послідовне виконання шести етапів.

Етап 1. Вибір системи координат: система сферичних координат геоїду, картографічна проекція, плоскі координати.



Етап 2. Формування вектору базових просторових об'єктів. Вибір базових просторових об'єктів згідно зі схемою ТНПД (рис. 1):  $T_i = \{\text{Точка, Лінія, Полігон, Поверхня}\}$ , де  $T_i$  – ТНПД.

Етап 3. Формування вектору вимог до базових просторових об'єктів  $T_u^{T_i} = \{T_u^{T_{pt}}, T_u^{T_l}, T_u^{T_{pn}}, T_u^{T_s}\}$ , де  $T_u^{T_{pt}}$  – вимоги користувача до набору точок,  $T_u^{T_l}$  – ліній,  $T_u^{T_{pn}}$  – полігонів,  $T_u^{T_s}$  – поверхні.

$T_u^{T_{pt}} = \{k_{pt}, q_u \vee q_{nu}\}$ , де  $k_{pt}$  – кількість,  $q_u, q_{nu}$  – однорідність (тематично однорідні, не однорідні).  $T_u^{T_l} = \{k_l, s_{st} \vee s_{sp}, t_r \vee t_s, q_u \vee q_{nu}\}$ , де  $k_l$  – кількість,  $s_{st}, s_{sp}$  – форма (ламана, гладка),  $t_r, t_s$  – тип (замкнута, не замкнута).  $T_u^{T_{pn}} = \{k_{pn}, q_u \vee q_{nu}\}$ , де  $k_{pn}$  – кількість.  $T_u^{T_s} = \{p_s, r_m \vee r_h \vee r_f\}$ , де  $p_s$  – кількість піків,  $r_m, r_h, r_f$  – рельєф (рівнинний, горбистий, гірський).

Етап 4. Формування вектору вимог до спотворень просторових об'єктів.  $T_u^{E_i} = \{T_u^{E_l}, T_u^{E_{pn}}\}$ , де  $T_u^{E_l}$  – вимоги користувача до спотворень набору ліній,  $T_u^{E_{pn}}$  – полігонів. Якщо в імітації спотворень нема необхідності, то даний етап можна пропустити.

Оцифровка лінійних об'єктів може супроводжуватись розривами  $g_l$ , петлями  $l_l$  та самоперетином  $c_l$ ; помилки в просторових стосунках – недоводами  $U_l$ , перехльостами  $O_l$  та перетином  $C_l$ . Спотворення набору ліній  $T_u^{E_l} = \{g_l, l_l, c_l, U_l, O_l, C_l\}$ . Помилки оцифровки полігональних об'єктів можуть призводити до самоперетину  $c_{pn}$  і розриву  $g_{pn}$  (утворенню щілин) межі об'єкту; помилки в просторових стосунках можуть виражатися в накладенні  $O_{pn}$  та перетині  $C_{pn}$ . Спотворення набору полігонів  $T_u^{E_{pn}} = \{c_{pn}, g_{pn}, O_{pn}, C_{pn}\}$ .

Етап 5. Процедура обробки вимог користувача до базових просторових об'єктів та їх спотворень відбувається на основі розроблених алгоритмів генерації ТНПД. Згідно з  $T_u^{T_i}, T_u^{E_i}$  експерт (фахівець формування ПД) задає вхідні параметри алгоритмів генерації ТНПД.

Етап 6. Формування ТНПД у векторному або растровому виді для інтеграції у базу ПД. Залежно від вимог користувача визначається формат представлення ТНПД, з урахуванням моделі даних ГІС-додатка. ТНПД формується у вигляді цифрового файлу з просторовою прив'язкою і атрибутами.

Розроблено метод генерації ТНПД, який реалізує можливість створення наборів ПД з урахуванням вимог користувача, що дозволить сформувати тестове ІЗ ГІС-додатків. Розроблено алгоритми генерації ТНПД. Визначені вимоги користувача до базових просторових об'єктів та їх спотворень з метою подальшої програмної реалізації.

**У четвертому розділі** розроблено інформаційну технологію формування ІЗ ГІС-додатків. Структурну схему прикладної інформаційної технології представлено у вигляді послідовності взаємозв'язаних блоків: процесу

реєстрації ФЗ та шарів ГІС-додатка, процесу вибору ПД для ІЗ ГІС-додатка і процесу створення наборів просторових даних (рис. 2).

У першому блоці ІТ «Процес реєстрації ФЗ та шарів ГІС-додатка» реалізується визначення базових параметрів ФЗ: найменування, пріоритету, методу ГІС-аналізу, типу шару ПД та базових параметрів шарів: найменування, пріоритету даних, типу шару, базових просторових об'єктів шару ( $T_i$ ). Значення пріоритету задачі залежить від послідовності реалізації ГІС-додатка, а пріоритет набору даних залежить від пріоритету задачі і обчислюється як відношення пріоритету ФЗ до кількості масивів даних для її реалізації. На виході першого блоку формується перелік ФЗ і шарів ГІС-додатка.

У другому блоці «Процес вибору просторових даних для інформаційного забезпечення ГІС-додатка» проводиться вибір ПД для ІЗ та розрахунок інтегрального показника якості ПД. Вхідною інформацією є картографічні матеріали (набори ПД), що перевіряються на відповідність вимогам користувача. Для чого розроблено методи вибору ПД за показниками позиційної та тематичної точності та модель оцінки якості ПД. Вихідною інформацією блоку є набір ПД, що відповідають вимогам користувача, і значення показників якості ПД ( $K^i$ ).

Третій блок «Процес створення наборів просторових даних» передбачає рішення відразу декількох задач: визначення рівня повноти ПД, створення тестових та реальних наборів ПД.

Реалізація задачі визначення рівня повноти ПД для ІЗ здійснюється на основі вихідної інформації попередніх блоків: переліку ФЗ і шарів ГІС-додатка та показників якості  $K^i$ . Для вирішення задачі розроблено модель мінімізації часових витрат реалізації ГІС-додатків, де виконується розрахунок рівня повноти ПД. Якщо значення рівня повноти ПД менше за потрібне, то здійснюється перехід до наступної задачі.

Реалізація задачі створення ТНПД відбувається на основі розробленого методу генерації ТНПД. Вихідною інформацією задачі є тестове ІЗ. В період створення або очікування реальних ПД тестове ІЗ використовується для розробки методів реалізації ФЗ ГІС-додатка (як тимчасова заміна).

Задача створення наборів реальних просторових даних реалізує процес введення картографічного матеріалу для подальшої роботи. Слід враховувати, що реалізація задачі залежить від часу очікування ПД. Вихідною інформацією задачі є ІЗ ГІС-додатка.

При наявності нових картографічних матеріалів здійснюється повернення до другого блоку інформаційної технології. Значення рівня повноти зумовить подальшу послідовність виконання задач у блоці. Якщо рівень повноти ПД, як і раніше, нижче за потрібний, то відбувається заміна масиву тестових даних на реальний картографічний матеріал, у випадку, якщо значення інтегрального

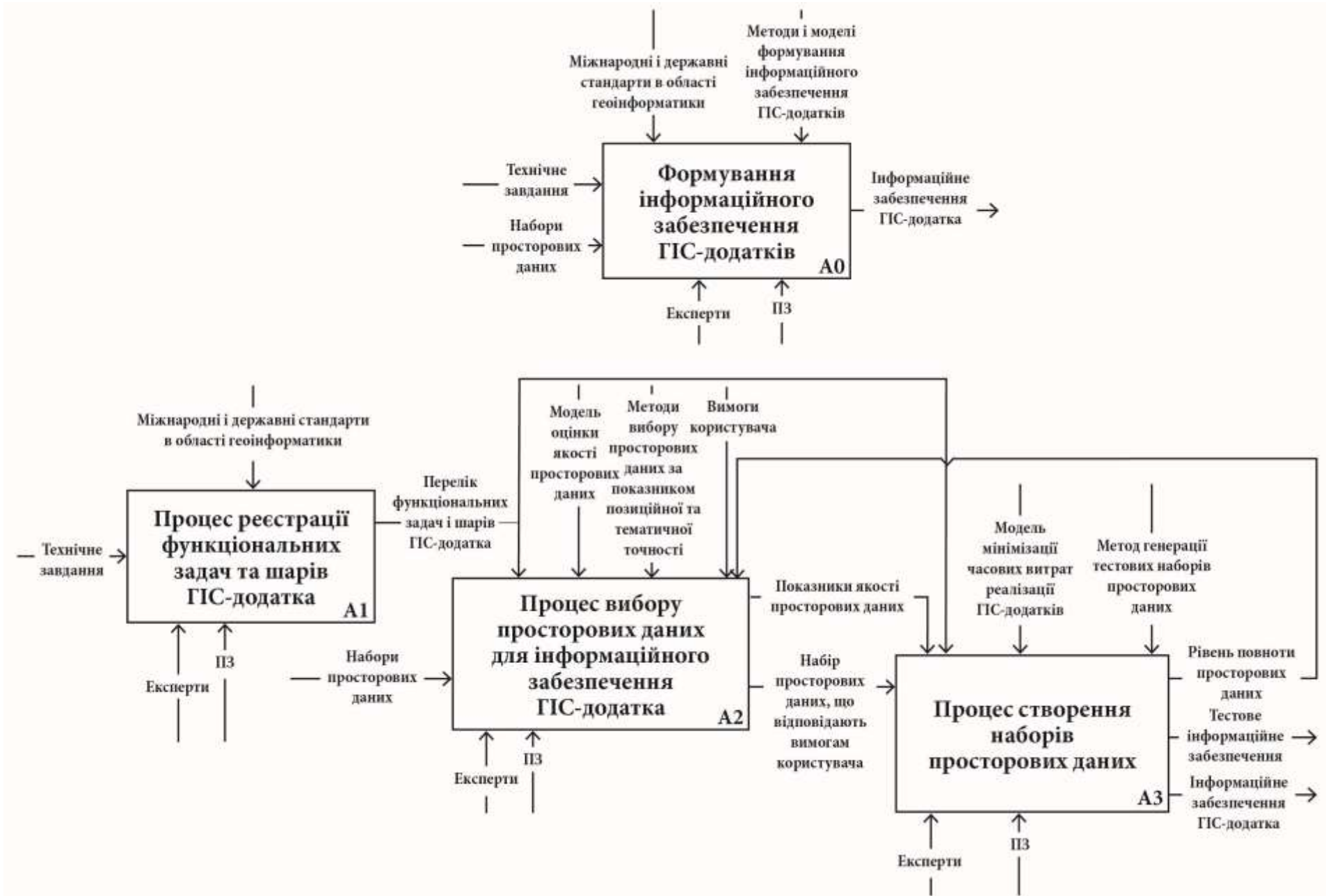


Рисунок 2 – Схема інформаційної технології формування ІЗ ГІС-додатків

показника якості  $K^i$  відповідає вимогам користувача. Вихідною інформацією задачі є тестове ІЗ, що поєднує реальні і тестові ПД.

У разі досягнення необхідного рівня  $N_p$  відбувається перехід до задачі створення наборів реальних ПД, де виконується повна заміна тестових даних на реальний картографічний матеріал. На цьому етапі процес формування ІЗ ГІС-додатка повністю завершений.

У розробленій інформаційній технології слід зазначити можливість створення тестових ПД для ІЗ, за рахунок використання паралельного процесу генерації ТНПД, що дозволить зменшити часові витрати на отримання даних для розробки методів реалізації ФЗ ГІС-додатків.

Практичне застосування інформаційної технології акцентовано на етапі створення наборів просторових даних, його значущість в процесі розробки ГІС-додатка складно переоцінити, оскільки розробка картографічного матеріалу є одним з перших, найтриваліших та ресурсномістких етапів, характер і стан якого впливає на весь ланцюг проектних рішень. Ця технологія апробована під час формування ІЗ реальних ГІС-додатків.

Реалізовано програмний продукт, що містить запропоновані моделі, методи вибору ПД та метод генерації ТНПД. Працездатність програмного продукту підтверджена актами про його впровадження. Розроблений програмний продукт реалізує можливість створення тестового інформаційного забезпечення ГІС-додатків з урахуванням вимог користувача до базових просторових об'єктів та їх спотворень, що дозволило скоротити час на отримання даних для розробки методів реалізації ФЗ ГІС-додатків.

У додатках до дисертації наведено: акти впровадження результатів дисертаційної роботи на підприємстві «Міський інформаційний центр» (м. Харків) в системі «Ведення адресного реєстру м. Харкова» та в навчальний процес Харківського національного університету радіоелектроніки.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі відповідно до поставленої мети розв'язано актуальну науково-практичну задачу, а саме розробку методів, моделей та інформаційної технології формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків, що дозволило скоротити час на їх реалізацію та провести вибір ПД для ІЗ з урахуванням вимог користувача.

У рамках виконаного дослідження отримано такі наукові і практичні результати:

1. Проведено аналіз методів і моделей формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків, який підтвердив актуальність вирішення задач мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків та вибору просторових даних для інформаційного забезпечення з урахуванням вимог користувача;

2. Набула подальшого розвитку модель оцінки якості просторових даних, шляхом використання інтегрального показника якості, що охоплює часову, позиційну та тематичну точність, повноту та логічну відповідність просторових даних. Модель дозволяє комплексно врахувати вимоги користувача при виборі



просторових даних для формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків;

3. Вдосконалено метод вибору просторових даних за показником тематичної точності. Метод реалізується в умовах відсутності еталонного картографічного матеріалу і включає вибір способу розрахунку показника, що дозволяє врахувати тематику ГІС-додатка;

4. Вдосконалено метод вибору просторових даних за показником позиційної точності, який передбачає можливість коригування похибок планової та висотної точності, враховує вимірність картографічного матеріалу і надає результат у вигляді експертних рекомендацій, що дозволяє більш повно врахувати вимоги користувача;

5. Вдосконалено модель мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків. Модель відрізняється використанням паралельного процесу формування тестових ПД, що дозволяє зменшити часові витрати на отримання даних для розробки методів реалізації функціональних задач ГІС-додатків;

6. Вперше розроблено метод генерації тестових наборів просторових даних, який на відміну від інших включає створення базових просторових об'єктів, а також атрибутів цих об'єктів з можливістю імітації помилок і спотворень просторових стосунків і форм. У рамках методу реалізовано алгоритми створення просторових даних, що дозволяє сформувати тестове інформаційне забезпечення ГІС-додатків. Тестові набори просторових даних призначені для: вибору і освоєння програмного забезпечення, проведення експериментальних досліджень, розробки методів реалізації функціональних задач ГІС-додатків, тестування ГІС-додатків.

7. Розроблено інформаційну технологію формування інформаційного забезпечення ГІС-додатка на основі створених методів та моделей, що забезпечує комплексний підхід до формування інформаційного забезпечення з урахуванням вимог користувача до якості картографічного матеріалу та використанням паралельного процесу створення тестового інформаційного забезпечення. Застосування запропонованої інформаційної технології призводить до зменшення часових витрат на отримання даних для розробки методів реалізації функціональних задач ГІС-додатка.

8. Реалізовано програмний продукт, що містить в собі запропоновані методи, моделі і інформаційну технологію формування інформаційного забезпечення ГІС-додатка. Програмний продукт дозволяє сформувати інформаційне забезпечення ГІС-додатка, а його апробація підтвердила надійність і технологічність в процесі розробки реальних ГІС-додатків.

9. Результати дисертаційної роботи впроваджені на підприємстві «Міський інформаційний центр» (м. Харків) в системі «Ведення адресного реєстру м. Харкова». Матеріали дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі в ході підготовки і проведення занять з навчальної дисципліни: «Інформаційне забезпечення і програмні засоби геоінформаційних систем» для студентів спеціальності 6.050103 напряму підготовки «Програмна інженерія» на кафедрі медіасистем та технологій Харківського національного університету

радіоелектроніки, а також у науково-дослідній роботі Харківського національного університету радіоелектроніки.

Основними напрямками розвитку результатів дисертаційної роботи є розширення і вдосконалення методів генерації тестових просторових даних, виявлення інших факторів впливу на втрати часу реалізації ГІС-додатків та введення їх до моделі.

#### ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Бельчева А. В. Алгоритм создания тестовых наборов векторных и растровых данных / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Радиоэлектроника и информатика. – 2012. – № 2 (57). – С. 83–86.
2. Бельчева А. В. Аналитический выбор исходных данных на основе метода иерархий с учетом тематики геоинформационного проекта / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Бионика интеллекта. – 2012. – № 1 (78). – С. 97–101.
3. Бельчева А. В. Модель оценки качества пространственных данных для ГИС-приложений / А. В. Бельчева // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2013. – № 4 (978). – С. 73–79.
4. Бельчева А. В. Теория игр и расчет показателей эффективности данных / А. В. Бельчева, В. П. Манаков, Н. О. Манакова // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 1 (52). – С. 87–89.
5. Бельчева А. В. Нечеткие множества и расчет показателя точности цифровых карт / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 3/2 (51). – С. 29–32. (Входить до міжнародної наукометричної бази BASE та WorldCat.)
6. Бельчева А. В. Модель минимизации временных затрат реализации ГИС-проекта с учетом полноты информационного обеспечения / А. В. Бельчева, Н. О. Манакова // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2013. – № 11 (985). – С. 85–89.
7. Бельчева А. В. Метод генерации тестовых наборов данных для формирования информационного обеспечения ГИС / А. В. Бельчева // Вісник національного технічного університету «ХПІ». – Харків, 2013. – № 38 (1011). – С. 120–125. (Входить до міжнародної наукометричної бази BASE.)
8. Бельчева А. В. Генерация наборов пространственных данных / А. В. Бельчева // Современные информационные системы и технологии : материалы 1-й междунар. науч.-практ. конф., 15–18 мая 2012 г. – Сумы, 2012. – С. 15. (Входить до міжнародної наукометричної бази BASE.)
9. Бельчева А. В. Прикладная информационная технология формирования информационного обеспечения ГИС-приложений / А. В. Бельчева // Информационные системы и технологии (ИСТ–2014) : материалы 3-й междунар. науч.-техн. конф. – Харьков, 2014. – С. 150–151.
10. Бельчева А. В. Реализация метода иерархий в диалоговой системе «MPRIORITY» / А. В. Бельчева // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : материалы XVI Междунар. молодежного форума, 17–19 апр. 2012 г. – Харьков : ХНУРЭ, 2012. – С. 445–446.

11. Бельчева А. В. Современные подходы к проектированию ГИС / А. В. Бельчева // Информационные системы и технологии (ИСТ–2012) : материалы междунар. науч.-техн. конф., 22–29 сент. 2012 г., Морское – Харьков, Украина. – Харьков, 2012. – С. 19.

12. Бельчева А. В. Сравнительный анализ прикладных программ хранения и организации информации / А. В. Бельчева // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке : материалы XV Юбилейного Междунар. молодежного форума, 18–20 апр. 2011 г. – Х. : ХНУРЭ, 2011. – С. 408–409.

## АНОТАЦІЯ

Бельчева Г. В., Методи і моделі формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Харківський національний університет радіоелектроніки Міністерства освіти і науки України, Харків, 2015.

Дисертація присвячена розробці методів, моделей та інформаційної технології формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків.

Вперше розроблено метод генерації тестових наборів просторових даних, який містить створення базових просторових об'єктів, а також атрибутів цих об'єктів з можливістю імітації помилок і спотворень просторових стосунків і форм, що дозволяє сформуванню тестове інформаційне забезпечення ГІС-додатків.

Отримала подальший розвиток модель оцінки якості просторових даних, що комплексно враховує вимоги користувача при виборі просторових даних для формування інформаційного забезпечення. Вдосконалено метод вибору просторових даних за показником тематичної точності, який дозволяє врахувати тематику ГІС-додатка та реалізується в умовах відсутності еталонного картографічного матеріалу. Вдосконалено метод вибору просторових даних за показником позиційної точності, який передбачає можливість коригування похибок планової та висотної точності, враховує вимірність картографічного матеріалу; модель мінімізації часових витрат на реалізацію ГІС-додатків, що дозволяє скоротити час на отримання даних для розробки функціональних задач ГІС-додатків.

На основі запропонованих методів і моделей створено інформаційну технологію формування інформаційного забезпечення ГІС-додатків, та здійснено її практичну реалізацію у вигляді програмного продукту.

Ключові слова: модель, метод, інформаційна технологія, ГІС, інформаційне забезпечення, показники якості, просторові дані.

## АННОТАЦИЯ

Бельчева А. В., Методы и модели формирования информационного обеспечения ГИС-приложений. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Харьковский

национальный университет радиоэлектроники Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2015.

Диссертация посвящена разработке методов, моделей и информационной технологии формирования информационного обеспечения ГИС-приложений. Объектом исследования диссертационной работы является процесс создания ГИС-приложений, а предметом – методы, модели и информационная технология формирования информационного обеспечения ГИС приложений.

Проведен анализ методов и моделей формирования информационного обеспечения ГИС-приложений, который позволил обосновать актуальность задач минимизации временных затрат на реализацию ГИС-приложений и выбора пространственных данных для информационного обеспечения с учетом требований пользователя.

Впервые разработан метод генерации тестовых наборов пространственных данных, который включает создание базовых пространственных объектов, а также атрибутов этих объектов с возможностью имитации ошибок и искажений пространственных отношений и форм. В рамках метода разработаны алгоритмы создания пространственных данных, что позволяет сформировать тестовое информационное обеспечение ГИС-приложений. Тестовые наборы пространственных данных предназначены для: выбора и освоения программного обеспечения, проведения экспериментальных исследований, разработки методов реализации функциональных задач ГИС-приложений, тестирования ГИС-приложений.

Получила дальнейшее развитие модель оценки качества пространственных данных, путем использования интегрального показателя качества, который охватывает временную, позиционную и тематическую точность, полноту и логическую согласованность пространственных данных, что позволяет комплексно учитывать требования пользователя при выборе пространственных данных для информационного обеспечения.

Усовершенствован метод выбора пространственных данных по показателю тематической точности, который предусматривает выбор способа расчета показателя, что позволяет учесть тематику ГИС-приложения, и реализуется в условиях отсутствия эталонного картографического материала.

Усовершенствован метод выбора пространственных данных по показателю позиционной точности. Метод предусматривает возможность коррекции пороговых значений ошибки плановой и высотной точности, учитывает мерность картографического материала и предоставляет результат в виде экспертных рекомендаций, что позволяет более полно учесть требования пользователя.

Усовершенствована модель минимизации временных затрат на разработку ГИС-приложений. Модель отличается использованием параллельного процесса формирования тестового информационного обеспечения, что позволяет сократить время на получение данных для разработки методов реализации функциональных задач ГИС-приложений.

Разработана информационная технология формирования информационного обеспечения ГИС-приложений на основе созданных методов и моделей, что

обеспечивает комплексный подход к формированию информационного обеспечения с учетом требований пользователя к качеству картографического материала и использованием параллельного процесса формирования тестового информационного обеспечения. Практическое применение информационной технологии акцентировано на этапе создания наборов пространственных данных, его значимость трудно переоценить, ведь разработка картографических материалов является одним из первых и ресурсоемких этапов, характер которого влияет на всю цепочку проектных решений. Информационная технология апробирована во время формирования информационного обеспечения реальных ГИС-приложений, ее применение позволяет сократить время на получение данных для реализации функциональных задач ГИС-приложения.

Разработанный программный продукт содержит предложенные методы, модели и информационную технологию, позволяет формировать информационное обеспечение ГИС-приложений, а его апробация подтвердила надежность и технологичность в процессе разработки реальных ГИС-приложений.

Результаты диссертационной работы внедрены на предприятии и в учебный процесс.

Ключевые слова: модель, метод, информационная технология, ГИС, информационное обеспечение, показатели качества, пространственные данные.

#### ABSTRACT

Bielcheva G., Methods and models of formation of information support for GIS applications. – Manuscript copyright.

Thesis for completing of a scientific degree of technical Sciences candidate, specialty 05.13.06 – information technologies. – Kharkiv National University of radio electronics of the Ministry of education and science of Ukraine, Kharkov, 2015.

The thesis is devoted to the development of methods, models and information technology of information support of GIS applications' formation.

The method of generating test sets of spatial data was developed for the first time, which includes creating of the base spatial objects, as well as attributes of these objects with the capability of simulating errors and distortions of spatial relationships and shapes, which allows generating test information support for GIS applications. The model for evaluating of spatial data quality was further developed, which presents versatile consideration of the user's demands during the choice of spatial data with the aim of formation of informational support. The selection method of spatial data on the basis of data rate thematic accuracy was improved, it allows taking into consideration the theme of GIS application and was implemented under the condition of the absence of reference cartographic material. The minimizing model of the time, spent for implementation of GIS applications, was improved, thereby reducing the time for obtaining the data, needed to develop the functional tasks of GIS applications.

Based on the proposed methods and models, the informational technology of formation of information support of GIS applications was created, its practical implementation was issued in the form of a software module.

Keywords: model, method, information technology, GIS, information management, quality indicators, spatial data.