

УДК 528.92; 91(075.8)

Бондаренко Е. Л.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

НАУКОВІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ТА ЕФЕКТИВНОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ГІС

Стаття присвячена науковому обґрунтуванню і визначенню принципів, які необхідно враховувати при розробці поліфункціональних ГІС, а також оцінки ефективності їхнього функціонування. Доведено, що останнім досягненням при створенні таких ГІС є їх чотирирівнева структура.

Ключові слова: поліфункціональні ГІС, чотирирівнева структура, ефективність функціонування ГІС.

Вступ. Географічні інформаційні системи (ГІС), що сьогодні досить широко застосовуються в різних сферах людської діяльності, є гнучким та універсальним

© Е. Л. Бондаренко

засобом для вирішення в науках про Землю різноманітних конструктивних задач, які мають практичне застосування. До таких задач логічно відносяться: моніторинг, оцінка та управління природними ресурсами, аналіз соціально-економічного стану територій та прогнозування його розвитку тощо.

З цих позицій доцільно відзначити, що основним призначенням ГІС при їх прикладному застосуванні є інтеграція існуючих потоків даних в єдину систему комплексної географічної інформації про територію, комплексна оцінка та прогноз стану природного середовища в регіоні, інтелектуальна підтримка та оптимізація управлінських рішень, їх ув'язування з проблемами природокористування та ін. А одним із характерних результатів їх функціонування є розробка на основі такої інформації багатоваріантних карт для відповідних проблемно-практичних потреб користувачів із застосуванням методів просторового моделювання та аналізу даних.

Але далеко не всі програмні продукти, які відповідно до класифікації програмного забезпечення відносяться до ГІС, можуть виконувати необхідний набір функцій для реалізації призначення та одержання відповідних практичних результатів. Тому, актуальність даної статті полягає у визначенні головних принципів, на основі яких повинне обиратися програмне забезпечення для створення універсальних (поліфункціональних) географічних інформаційних систем нового покоління та принципів оцінки ефективності їх функціонування.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Відомо, що загальним питанням геоінформатики та геоінформаційного картографування, аналізу функціональних можливостей програмного забезпечення ГІС присвячені численні праці як вітчизняних (в основному це публікації у вигляді статей та тез доповідей на конференціях та форумах), так і зарубіжних вчених і спеціалістів, серед яких особливо слід виділити праці О.В. Кошкарьова, В.С. Тікунова, В.П. Каракіна, О.М. Берлянта, А.М. Трофімова, М. ДеМерса [1, 2, 5–9]. Але в теоретико-методологічному плані є питання, які висвітлені ще недостатньо, зокрема, це стосується принципів, які необхідно враховувати при виборі програмного забезпечення для побудови універсальних (поліфункціональних) ГІС для вирішення проблемно-практичних потреб користувачів.

Формулювання цілей. Метою даної публікації є спроба визначити головні принципи, на основі яких може бути побудована універсальна ГІС, а також назвати програмні продукти, що можуть інтегрувати в собі основні функції обробки географічної інформації, доводячи таку географічну інформаційну систему до рівня поліфункціональності та визначити принципи ефективності функціонування таких ГІС.

Виклад основного матеріалу. Сьогодні існує багато визначень ГІС, але серед усього їх різноманіття немає принципових відмінностей. Зокрема, в [9], що вважається першим повноцінним геоінформаційним виданням на терені колишнього СРСР, під ГІС розуміється *“реалізоване за допомогою автоматичних засобів сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи та*

суспільства, а також програмне забезпечення, що виконує функції введення, пошуку, моделювання тощо". З цього та інших визначень [4, 5] слідує, що ГІС складається з двох основних частин: бази даних із системою керування та програмних додатків, що забезпечують взаємодію між двома частинами – складовими ГІС. Функціональність програмного забезпечення визначається можливістю виконання ним ряду функцій для комплексного багатоваріантного виконання поставлених задач. Зокрема, для геоінформаційного картографічного моделювання, ці функції ГІС, визначені автором в [3], з відповідним практичним результатом.

Практичний же досвід картографування свідчить, що не всі програмні продукти, які відносяться до ГІС, виконують необхідний набір функцій для реалізації конкретного призначення та одержання практичних результатів. Тому його вибір для побудови універсальних (поліфункціональних) геоінформаційних систем необхідно проводити з урахуванням наступних головних принципів, що визначені автором на основі аналізу програмних додатків та головних функцій ГІС. До них віднесено наукові принципи: комплексності бази даних; багаторівневості структури; універсальності інтеграції даних; гнучкості системи запитів, модульності ГІС; багатоваріантності представлення даних; оптимальності використання ресурсів комп'ютера з розкриттям сутності кожного з них.

Принцип **комплексності бази даних** передбачає необхідність створення баз, в яких містяться дані, включаючи і геометричні співвідношення. У програмних продуктах попередніх поколінь геометричні відомості, як правило, зберігалися в графічних файлах. Потім ця ж технологія стала використовуватися й у геоінформаційних системах. Однак останні відрізняються зокрема тим, що за їх допомогою необхідно проводити досить складні перетворення даних в процесі моделювання, насамперед при трансформації картографічної проекції, зміні системи координат; при комбінації даних, представлених у різних системах координат тощо, а знаходження конкретного об'єкта на карті (наприклад, міста або підприємства) потрібно набагато частіше, ніж конкретної лінії на кресленні. Для цього необхідна гнучка система запитів (принцип гнучкості буде доповнений застосуванням мови структурованих запитів, SQL), якою вже багато років слугує інструмент із багатими можливостями створення і виконання таких запитів, перетворень даних, їхнього представлення. Це реляційні бази даних [6], що мають переваги перед іншими моделями, які полягають в наступному:

- дані структуровані у вигляді таблиць;
- незалежність даних від програмних додатків;
- можливе використання простих непроцедурних мов запитів.

Реляційні бази даних широко використовуються в більшості геоінформаційних систем, але лише для збереження атрибутивної інформації, наприклад, кількості населення в місті або типу населеного пункту. Геометричні властивості цих об'єктів зберігаються у внутрішній структурі бази даних. Першою зробила рішучий крок і стала зберігати атрибути та геометричні властивості даних у таблицях бази даних компанія Intergraph; відомості про геометричні характеристики також містяться і в

атрибутивних таблицях програмних продуктів фірми ESRI, що, зрозуміло, привело не тільки до більшої витонченості системи, але і до поліпшення її функціональних характеристик.

Принцип *багаторівневості структури* передбачає, по можливості, використання незалежних від ядра програми баз даних (зовнішніх), а за імпорт та експорт даних повинне відповідати спеціалізоване програмне забезпечення. Особливості вибору зовнішньої бази даних включають два варіанти: орієнтацію на одну (можливо найкращу?) базу даних або роботу з усіма існуючими.

Перший варіант є привабливим для розробників, але неприйнятним для користувачів тому, що в певних організаціях уже склалися свої переваги, і є недоцільним працювати з сервером баз даних для вирішення тільки однієї з багатьох задач, які стоять перед підприємством. Та й власне ГІС повинна органічно влитися в комплексну інформаційну систему.

Другий варіант неможливо повністю застосовувати, оскільки нові розробки в галузі управління даними з'являються дуже швидко. Тому вирішення даних проблем спирається на використання багаторівневої архітектури, згідно з якою дані зберігаються в будь-якій базі, а за їхній імпорт та експорт відповідає сервер додатків, який і перетворює дані до формату, зрозумілому геоінформаційному програмному забезпеченню.

Це може бути досягнуто за допомогою використання трансляторів даних (у різних розробників вони називаються по-різному, наприклад, “універсальний транслятор” в MapInfo), яке засноване на принципі *універсальності інтеграції*, що передбачає імпорт та експорт як атрибутивних, так і графічних даних інших геоінформаційних систем (наприклад, ArcInfo, ArcGIS, ArcView GIS тощо), що в свою чергу дозволяє програмному забезпеченню стати ідеальним засобом для об'єднання накопиченої інформації, яка з різних джерел не тільки може представлятися на одному екрані у табличній або картографічній формах, але, що дуже важливо, є доступною для здійснення геоінформаційного перехресного аналізу. До запитів, у тому числі й до просторових, можуть входити дані з різних джерел.

Принцип *гнучкості системи запитів* передбачає їх використання як засобів доступу до реляційних баз даних. Найбільш розповсюдженою на сьогодні є мова структурованих запитів (SQL), що, наприклад, в Сполучених Штатах прийнята в якості національного стандарту. Вона є простою, логічною та дозволяє сортувати, обчислювати тощо, тобто створювати прості та складні запити (завдання на пошук даних в базі даних, які відповідають певним умовам) у формі нових таблиць даних, які можуть існувати в неявному вигляді (в сеансі моделювання) з подальшим їх збереженням у внутрішній базі даних програмного забезпечення та трансляцією до інших форматів збереження.

Принцип *модульності* ГІС забезпечує розширення їх функціональності та полегшує створення власних програмних додатків. До модульних ГІС відносяться програми, що дозволяють вирішувати складні задачі геоінформаційного аналізу

та мають достатні обчислювальні можливості для вирішення прикладних задач просторового моделювання: ArcView GIS (розробник – компанія ESRI), MapInfo Professional (MapInfo Corp.), Microstation Geographics (Bentley), GeoMedia (Intergraph) та ін. В них реалізована переважна більшість способів картографування, вони дозволяють будувати графіки і діаграми, вирішують задачі мережного аналізу, тривимірного моделювання тощо та мають механізми зв'язку з системами управління базами даних (СУБД) типу Oracle, Informix, DB2 тощо, а також можуть працювати як клієнти серверів таких СУБД. Необхідно відмітити, що і виробники СУБД почали розробляти зворотні механізми зв'язку з геоінформаційними програмами. Наприклад, СУБД Oracle 8.0 уже містить компонент Spatial Cartridge, що забезпечує можливість збереження та обробки просторових даних.

Модульна структура ГІС передбачає наявність базового програмного пакету, який називається “ядром” і виконує ключові функції ГІС: керування відображенням шарів даних електронної карти, зміна масштабу, одержання інформації про обраний об'єкт, побудова табличних і просторових запитів тощо. Для розширення функціональних можливостей створюються незалежні програмні модулі, що органічно сполучаються з “ядром”. Наприклад, модулі 3D Analyst і Vertical Mapper забезпечують роботу з тривимірними моделями у, відповідно, ArcView GIS і MapInfo Professional, а за допомогою модуля Network Analyst виконується мережний аналіз у ArcView GIS.

Розширення функціональних можливостей ГІС реалізується також за допомогою модулів мов програмування, які дають можливість вбудовування нових функцій в додатки та використання функціональності в цих додатках, тобто такі модулі є макросами, написаними на мовах програмування (наприклад, Avenue в ArcView GIS або MapBasic у MapInfo), які дозволяють як додавати нові кнопки для запуску написаних програм, так і створювати великі спеціальні додатки, в результаті чого можна самостійно обирати де, та в яких форматах будуть зберігатися дані; чи буде створений додаток вбудований в “ядро”, чи навпаки, буде використовувати його функціональність.

Важливим є принцип *багатоваріантності представлення даних*, що повинен забезпечити відокремлення даних від форми їхнього представлення, що, в свою чергу, повинне передбачати використання робочих просторів, як це зроблено в ГІС MapInfo. Дані, які використовуються в сеансі моделювання, представляються у вигляді картографічних моделей, ті ж дані можуть бути представлені іншими способами картографічного зображення на іншій (інших) картах або за допомогою некартографічного виведення результатів у вигляді графіків або діаграм.

У робочому просторі повинні зберігатися і результати запитів. А оскільки сам запит є реляційною базою даних, то результатами роботи можна легко обмінятися з іншими користувачами або зберегти їх в основну реляційну базу, модифікувавши таким чином електронну карту.

Враховувати принцип *оптимальності використання ресурсів комп'ютера* необхідно по причині потреби графікою та просторовими даними значних

машинних ресурсів. Оптимізувати дані можна за допомогою функцій пакування таблиць, завдяки динамічному підключенню програмних модулів та використанні передових стандартів, які згадані при розгляді принципу модульності ГІС.

Об'єднання геоінформаційних систем та Інтернет відкрило принципово нові можливості ГІС. Програмний продукт, який виник внаслідок злиття ГІС і Інтернет відрізняється від геоінформаційної системи, розташованої на ізольованому комп'ютері можливість доступу до інформації декількох користувачів одночасно; рухомістю даних, тобто здатністю зберігатися не в одному електронному осередку (комп'ютері), а в декількох, що дозволяє збільшити їх загальний максимальний обсяг і, крім того, використовувати для аналізу дані з декількох джерел одночасно та зняттям проблеми простору і часу при роботі, оскільки геоінформаційна система може знаходитись на будь-якій відстані від користувача.

Тому, використання Інтернет-технологій передбачає додання до принципу багаторівневості структури ГІС четвертого рівня – використання браузера мережі Інтернет, перевагою якого є непотрібність програмного забезпечення для встановлення на комп'ютері робочого місця та незалежність від джерел даних. Сучасні розробки, пов'язані з появою функціональних можливостей ГІС у World Wide Web, називаються WebGIS [3]. Такі розробки є практично в кожного потужного виробника ГІС. Наприклад, у фірми MapInfo – це MapInfo ProServer, у Intergraph – GeoMedia Web Map, у Autodesk –Map Guide; у ESRI – ArcExplorer Web, а під ArcView GIS створені Internet Map Server (ArcIMS) і Map Objects Internet Map Server і т. д.

Отже, чотирирівнева структура ГІС, що включає набір реляційних баз даних; наявність універсального конвертера форматів; модульний склад ГІС та використання браузера мережі Інтернет є на сьогодні останнім досягненням, що забезпечує багатофункціональність ГІС. Це дає підстави побудувати структурно-графічну модель поєднання принципів створення та засобів забезпечення багатофункціональності ГІС (рис. 1), яка може бути розширена додатково за допомогою вдосконалення інтерфейсу даного програмного забезпечення та введення нових функціональних можливостей відповідно до теоретичних положень вітчизняної картографії, що дозволить покращити роботу з ним, вирішувати нові проблемно-орієнтовані завдання та довести ГІС до її поліфункціональності.

Ефективність функціонування поліфункціональної ГІС визначається призначенням, результатами використання за призначенням та витратами на її створення і експлуатацію. При розробці методів оцінки ефективності доцільно керуватися методологічними принципами, що передбачають таку оцінку з позицій системного підходу, отримання не тільки загального показника, але і часткових оцінок, забезпечення гнучкості методик до зміни умов роботи ГІС. Ці принципи наступні: **спадковості** (передбачає те, що актуальна інформація повинна доповнюватися ретроспективною); **неперервності** (дозволяє постійне оновлення інформаційного забезпечення за допомогою моніторингу); **послідовності** (заключається в необхідності поетапного збору, систематизації

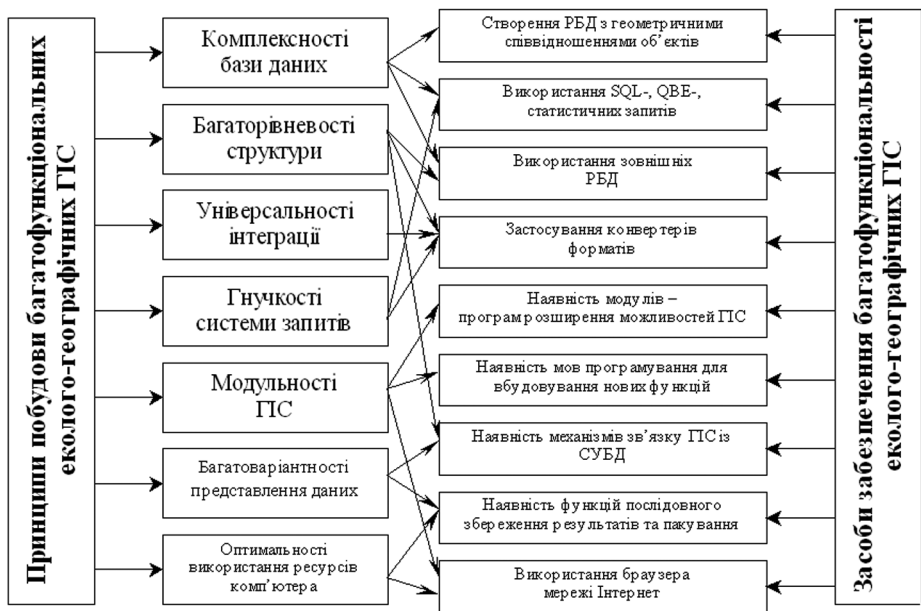


Рис. 1. Структурно-графічна модель поєднання принципів створення та засобів забезпечення багатофункціональності ГІС

та аналізу інформації); *репрезентативності* (вимагає достовірно відображати суттєві ознаки та властивості об'єктів, що досліджуються); *масштабності* (передбачає формування вимог до дотримання масштабу економічної діяльності, складу та питомої ваги інформації, що необхідна для вирішення конкретних задач); *економічності* (заключається у відповідності ціни отримання інформації і загальної вартості розробки природоохоронних заходів для їх реалізації).

Висновки та перспективи подальших розробок. Визначені принципи створення поліфункціональних ГІС, дають змогу стверджувати, що на сьогодні основні тенденції в розвитку ГІС-технологій характеризуються відкритістю систем зі збільшенням їх функціональності. Прикладами програмних продуктів є багатофункціональні модульні ГІС фірм ESRI (ArcView GIS, Arc GIS), Intergraph (GeoMedia), MapInfo (MapInfo Professional).

Перспективним є моніторинг функціональних характеристик програмного забезпечення ГІС для збагачення теоретико-методологічних основ геоінформаційного картографування і впровадження нових досягнутих наукових розробок в практику.

Основними методами оцінки ефективності функціонування універсальної ГІС є застосування методологічних принципів, що передбачають таку оцінку з позицій системного підходу, отримання не тільки загального показника, але і часткових оцінок, забезпечення гнучкості методик до зміни умов роботи географічних

інформаційних систем.

Рецензент – доктор географічних наук, професор В. О. Шевченко

Література:

1. *Берлянт А. М.* Геоинформационное картографирование / Берлянт А. М. – М.: Астрей, 1997. – 64 с.
2. *Берлянт А. М.* Создание общей теории геоизображений / А. М. Берлянт // Картографический метод и возможности компьютерных систем. – Варшава, 2001. – С. 13–24.
3. *Бондаренко Е. Л.* Геоінформаційне еколого-географічне картографування / Бондаренко Е. Л. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – 272 с.
4. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, Е. Г. Капралов [и др.]. – М.: ГИС-Ассоциация, 1999. – 204 с.
5. Геоинформатика: Учебн. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунов [и др.]; Под ред. В. С. Тикунова. – М.: Издательский центр “Академия”, 2005. – 480 с.
6. *ДеМерс М. Н.* Географические информационные системы. Основы / ДеМерс М. Н. : Пер. с англ. – М.: Дата +, 1999. – 490 с.
7. *Трофимов А. М.* ГИС как инструмент пространственного анализа и моделирования / А. М. Трофимов // ГИС для устойчивого развития территорий. – Хельсинки-Санкт-Петербург, 2002. – С. 142–146.
8. *Трофимов А. М.* Геоинформационные системы и проблемы управления окружающей средой / А. М. Трофимов, М. В. Панасюк. – Казань: изд-во Казанского университета, 1984. – 152 с.

Э. Л. Бондаренко

**НАУЧНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОГО
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ГИС**

Статья посвящена научному обоснованию и определению принципов, которые необходимо учитывать при разработке полифункциональных ГИС, а также оценки эффективности их функционирования. Доказано, что последним достижением при создании таких ГИС есть их четырехуровневая структура.

Ключевые слова: полифункциональные ГИС, четырехуровневая структура, эффективность функционирования ГИС.

E. Bondarenko

**SCIENTIFIC PRINCIPLES OF CREATION AND OPERATING
BENEFITS OF UNIVERSAL GIS**

This article is devoted to a scientific substantiation and definition of principles, which is necessary for taking into account at development multifunctional GIS, and also estimations of efficiency of their operation. It is proved, that the last reaching at creation

such GIS is them four-level structure.

Key words: multifunctional GIS, four-level structure, operating benefits of GIS.

Надійшла до редакції 2 лютого 2011 р.