

УДК 528.92:91(075.8)

Е. Бондаренко, д-р геогр. наук, проф.,
Р. Писаренко,
Н. Левінська

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У ВІЙСЬКОВІЙ СФЕРІ

У статті на основі обґрунтованих методологічних положень представлено особливості проектування багатофункціональних геоінформаційних систем (ГІС) для їх практичного застосування у військовій сфері. Розкрито зміст основних принципів розробки таких ГІС, можливостей їх поєднання із засобами, які визначені функціональними можливостями програмного забезпечення.

Ключові слова: геоінформаційні системи, проектування ГІС, принципи розробки ГІС, засоби забезпечення багатофункціональності ГІС.

Постановка проблеми. Велику частину інформаційних ресурсів, необхідних сучасному суспільству, складає просторово-визначена інформація, що називається географічною. Від її повноти, точності, достовірності та доступності залежить в країні функціонування та адекватний ефективний розвиток усіх сфер його життєдіяльності, включаючи військову.

Технології реєстрації, узагальнення, передавання, перетворення та сприйняття вказаної вище інформації, що називаються геоінформаційними, дозволяють повному підходити до її використання через роботу в середовищі географічних інформаційних систем (ГІС) – апаратно-програмних людино-машинних комплексів, які забезпечують збір, обробку, відображення і розповсюдження просторової інформації, даних і знань про територію для ефективного використання при вирішенні наукових і прикладних задач, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням та територіальною організацією суспільства, управлінням військами в умовах ведення воєнних дій або навчань тощо [7].

Володіння функціональними можливостями такого програмного забезпечення, яке формує різні класи ГІС [1–4] для ефективного його використання за призначенням, проектування нових ГІС (як інформаційних систем та програмних продуктів) для спеціалізованих цілей покладається і на сучасних фахівців військово-географічних спеціальностей. Актуальність поставленої проблеми підсилюється необхідністю залучення високотехнологічних засобів боротьби з агресором в умовах ведення активних військових дій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автор у силу своєї професійної діяльності тривалий час проводить наукові дослідження, присвячені формулюванню

теоретико-методологічних підходів до проектування та розробки геоінформаційних систем різних територіальних рівнів та призначення; має значну кількість публікацій з окресленого напрямку наукової роботи. Його професійне становлення відбулось на основі вивчення праць провідних вітчизняних і зарубіжних вчених у даній галузі (ОМ. Берлянта, Є.Г. Капралова, Ю.О. Карпінського, Т.І. Козаченко, О.В. Кошкарьова, І.К. Лур'є, А.А. Ляценка, М. ДеМерса, Л.Г. Руденка, В.М. Самойленка, Б.Б. Серапінаса, С.М. Сербенюка, В.С. Тікунова, Р. Томлінсона та ін.) і завдяки застосуванню у своїй роботі.

Мета статті. Розкрити зміст основних принципів проектування ГІС, визначити її оптимальну структуру та розглянути модель взаємодії із відповідними засобами забезпечення багатофункціональності для врахування відповідних зв'язків у процесі фізичної реалізації ГІС з урахуванням специфіки військової сфери. Розгляд особливостей проектування геоінформаційних систем для застосування у військовій сфері через формулювання системи основних принципів їх функціонування, що є складовою методологічної основи проведення відповідних наукових розробок.

Викладення основного матеріалу дослідження. Практичний досвід роботи у ГІС засвідчує, що не всі програмні продукти, які відносяться до ГІС, виконують необхідний набір функцій для реалізації конкретного призначення та одержання практичних результатів. Придатність програмного забезпечення визначається можливістю виконання ним ряду функцій для комплексного багатоваріантного виконання поставлених задач. Зокрема, для геоінформаційного моделювання ці функції ГІС визначені автором раніше [2, 3] з відповідним практичними можливостями можуть бути представлені таблицею 1.

Таблиця 1
Функції геоінформаційних систем

№	Функції	Практичний результат
1.	Створення цифрових карт на основі растроскануючих технологій	Можливість перегляду на екрані та реєстрації зображення в певній системі координат з метою векторизації
2.	Управління візуалізацією	Зміна масштабу, проекції, проведення автоматичної генералізації тощо
3.	Інтерактивний перегляд інформації в базі даних	Аналіз інформації з бази даних
4.	Аналіз просторових даних	Розгляд описових характеристик, нанесення просторової інформації на карту
5.	Просторовий аналіз форми об'єктів (геометрії)	Проведення просторових вимірів на самих об'єктах
6.	Комплексування інформації методом оверлейних операцій	Генерація похідних об'єктів та відновлення їх топології
7.	Зв'язування атрибутивної та просторової інформації (геокодування, приєднання)	Нанесення непросторових даних на карту комбінацією відомих способів картографічного зображення
8.	Організація запитів до баз даних	Формулювання умов та обмежень для пошуку об'єктів та їх візуалізації
9.	Просторовий аналіз даних, в тому числі з використанням виборів, виборів з використанням запитів, виборів за зразком (в англійській мові відповідно: query, SQL, query by example (QBE))	Розгляд місцезоналення об'єктів та їх атрибутивних характеристик (просторова кореляція)
10.	Просторове моделювання, в тому числі цифрове моделювання рельєфу	Побудова математичних, картографічних, математико-картографічних моделей усіма відомими способами картографічного зображення
11.	Набори для програмістів	Можливість вбудовування нових функцій за допомогою мов програмування
12.	Комбінування логічного та просторового аналізу	Використання експертних систем, що враховують просторову інформацію

При виконанні оперативних задач військового характеру окремі з представлених функцій (наприклад, 1, 11, див. табл. 1) можуть бути менш актуальними, або неактуальними взагалі.

Процес проектування ГІС передбачає, насамперед, обґрунтування вибору програмного забезпечення для подальшої побудови багатофункціональних геоінформаційних систем, що необхідно проводити з урахуванням системи головних принципів, визначених автором на основі аналізу програмних продуктів і головних

функцій ГІС. Це принципи: комплексності бази даних; багаторівневості структури; універсальності інтеграції даних; гнучкості системи запитів, модульності ГІС; багатоваріантності представлення даних; оптимальності використання ресурсів комп'ютера.

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 і у геоінформаційних системах. Однак останні, як відомо, відрізняються зокрема тим, що за їх допомогою можливо 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, населеного пункту, складу боєприпасів) потрібно набагато частіше, ніж конкретної лінії на кресленні.

Для цього необхідна гнучка система запитів (принцип гнучкості відповідної системи буде доповнений застосуванням мови структурованих запитів (з англійської – Structured Query Language, SQL), якою вже багато років слугує інструмент із багатьма можливостями створення і виконання таких запитів, перетворень інформації, її представлення. Це реляційні бази даних (РБД) [6, 8]. Вони мають не тільки переваги перед іншими моделями (мережними та ієрархічними), які полягають в наступному:

- дані структуровані у вигляді таблиць;
 - незалежність даних від програмних додатків;
 - можливе використання простих непроцедурних мов запитів, але і особливості, що істотно впливають на організацію зовнішньої пам'яті.
- Ці особливості полягають у наступному:
- наявності дворівневої структури системи: рівня безпосереднього управління даними в зовнішній пам'яті та мовного рівня;
 - підтримки мовним рівнем інформації, пов'язаної з назвою об'єктів бази даних та їхніми властивостями;
 - регулярності структур даних в зовнішній пам'яті з причини запису даних до таблиць, що є основними об'єктами цієї моделі даних;
 - застосуванні індексів для контекстного пошуку даних в зовнішній пам'яті;
 - підтримці надмірності даних в зовнішній пам'яті для виконання мовного рівня системи над відношенням в ній.

Реляційні бази даних сьогодні широко використовуються в переважній більшості сучасних геоінформаційних систем, але лише для збереження атрибутивної інформації, наприклад, якісних і кількісних характеристик об'єктів. Геометричні властивості цих об'єктів зберігаються у внутрішній структурі бази. Логічно і більш повно для розуміння сутності явища (що дозволить миттєво приймати рішення для представлення, наприклад, оперативної обстановки на бойових позиціях), характеристики об'єкта (атрибутивної та геометричної) або певного процесу було б одержання повної інформації по ньому безпосередньо із таблиці, що передбачає наявність в ній такої інформації. Першою спробою, а можна сказати, що це був рішучий крок щодо збереження атрибутів та геометричних властивостей інформації у таблицях бази даних зробила компанія Intergraph. В базах даних її програмного забезпечення

вже містяться відомості про геометричні характеристики об'єктів. Крім того, такі дані частково є і в атрибутивних таблицях програмних продуктів фірми ESRI, що, зрозуміло, привело до поліпшення їх функціональних характеристик.

Принцип багаторівневості структури передбачає, по можливості, використання незалежних від програмного продукту баз даних (зовнішніх), а за імпортно-експортної операції повинне відповідати спеціалізоване програмне забезпечення. Особливості вибору зовнішньої бази даних включають два варіанти: орієнтування на одну, можна припустити, можливо навіть найкращу базу 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, що стоять перед підприємством (суб'єктом). 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 таких проблем спирається на використання багаторівневої структури, згідно з якою дані зберігаються в будь-якій базі, а за їхній імпорт та експорт відповідає сервер додатків, який і перетворює інформацію 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" у MapInfo (розробник – компанія MapInfo Corp., зараз Pitney Bowes), що засноване на принципі універсальності інтеграції, який передбачає імпорт та експорт як атрибутивних, так і позиційних даних інших геоінформаційних систем (наприклад, модуля ArcMap ГІС ArcGIS (ESRI)). Це, в свою чергу, дозволяє програмному забезпеченню стати ідеальним засобом для об'єднання накопиченої інформації, яка, навіть у випадку надходження з різних джерел, не тільки може спільно відображатися у табличній або картографічній формі, 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 та інтеграції даних. Найбільш поширеною на сьогодні є мова структурованих запитів (SQL), яка, наприклад, в Сполучених Штатах Америки прийнята за національний стандарт. Вона є простою, логічною та дозволяє сортувати, обчислювати тощо, тобто створювати прості та складні запити (завдання на пошук інформації в базі даних, яка відповідає певним умовам) у формі нових таблиць, які можуть існувати у віртуальному вигляді (в сеансі моделювання, в т. ч. картографічного) з подальшим їх збереженням у внутрішній базі даних програмного забезпечення та трансляцією до інших форматів збереження.

Мова структурованих запитів, що з'явилася ще в середині 1970-х років, на сучасному етапі її застосування орієнтована на зручне та зрозуміле користувачам формулювання систем запитів до реляційної бази даних та містить окрім операторів формулювання запитів та маніпулювання даними в базі, засоби для визначення схеми бази даних, різноманітних обмежень цілісності, авторизації доступу до відношень та їх полів.

Найвідомішими на сьогодні мовами структурованих запитів до реляційних баз даних є мова реляційної алгебри та мова реляційного обчислення, які в загальному плані реалізовані через мову структурованих запитів SQL та в повно- і багатофункціональних ГІС представляють вирази, що створені з елементарних запитів. Крім SQL в ГІС доцільно застосовувати статистичні запити (query) та запити за зразком (query by example (QBE)), див табл. 1.

Принцип модульності ГІС забезпечує розширення їх функціональності та полегшує створення власних програмних додатків. До модульних ГІС відносяться програми, які дозволяють вирішувати складні задачі геоінформаційного аналізу та мають достатні обчислювальні можливості для вирішення прикладних задач просторового моделювання: ArcGIS, MapInfo Professional, Microstation Geographics (Bentley), GeoMedia (Intergraph) т. і. 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, у СУБД Oracle 8.0 уже був компонент Spatial Cartridge, який забезпечував можливість збереження та обробки просторових даних.

Модульна структура ГІС передбачає наявність базового програмного пакету (ядра), що виконує ключові функції ГІС (див. табл. 1): управління відображенням шарів даних електронної карти, зміна масштабу, одержання інформації про обраний об'єкт, побудова табличних і просторових запитів тощо. Для розширення функціональних можливостей створюються (розроблені) незалежні програмні модулі, що органічно сполучаються з "ядром". Наприклад, модулі 3D Analyst і Vertical Mapper забезпечують роботу з тривимірними моделями у, відповідно, ArcGIS і MapInfo Professional, а за допомогою модуля Network Analyst виконується мережний аналіз у ArcGIS.

Розширення функціональних можливостей ГІС реалізується також за допомогою модулів мов програмування, які дають можливість вбудовування нових функцій в додатки (формування додаткових засобів інтерфейсів) 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; незалежно від того, чи буде створений додаток вбудований в "ядро", чи навпаки, використовується його функціональність.

Важливим є принцип багатоваріантності представлення даних, що повинен забезпечити відокремлення відповідної інформації від форми її подання, що, в свою чергу, має передбачати використання робочих просторів, як це зроблено в ГІС MapInfo. Дані, які використовуються в сеансі моделювання, відображаються у вигляді картографічних моделей, ті ж дані можуть бути представлені іншими способами картографічного зображення на іншій (інших) картах або за допомогою виведення результатів у некартографічній формі – 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 з причини потреби графікою та просторовими даними значних машинних ресурсів. Оптимізувати дані можна за допомогою функцій їх пакування, завдяки динамічному підключенню програмних модулів та використанні передових стандартів, які згадані при розгляді принципу модульності ГІС. Цей принцип також є актуальним у випадку роботи ГІС на мобільних пристроях у польових умовах.

Об'єднання геоінформаційних систем та Інтернет відкрило принципово нові можливості ГІС. Програмний продукт, який виник внаслідок злиття ГІС і мережі Інтернет відрізняється від геоінформаційної системи, розташованої на ізольованому комп'ютері можливістю 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 інформацію з декількох джерел одночасно; зняттям проблеми простору і часу при роботі, оскільки геоінформаційна

система може знаходитись на будь-якій відстані від користувача.

Тому використання технологій Інтернет передбачає додання до принципу багаторівневості структури ГІС четвертого рівня – використання мережного браузера, перевагою якого є непотрібність встановлення програмного забезпечення на робочому місці та незалежність від джерел даних. Сучасні розробки, пов'язані з появою функціональних можливостей ГІС у World Wide Web, називаються WebGIS [2, 5, 6]. Вони є майже в кожного виробника ГІС. Наприклад, у фірми MapInfo – це MapInfo ProServer, у Intergraph – GeoMedia Web Map, у Autodesk – Map Guide; у ESRI – ArcGIS online і т. д.

Таким чином, чотирирівнева структура ГІС, що включає набір реляційних баз даних на першому рівні; наявність універсального конвертера форматів (на другому); модульний склад ГІС (третій рівень) та використання браузера мережі Інтернет (четвертий) є на сьогодні важливим досягненням, що забезпечує багатofункціональність ГІС.

Обґрунтована структура дала підстави побудувати структурно-графічну модель поєднання принципів проектування (створення) та засобів забезпечення багатofункціональності (комплексності) ГІС (зокрема для застосування у військовій сфері), яка наочно представлена на рис. 1.



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

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших досліджень. На основі обґрунтованих наукових положень, що є складовою методології розробки багатofункціональних геоінформаційних систем спеціального призначення, представлено особливості їх проектування через основні принципи, що складають систему і повинні застосовуватись лише комплексно.

У процесі розкриття змісту основних принципів

проектування ГІС визначено її оптимальну структуру та побудовано модель їх взаємодії із відповідними засобами забезпечення багатofункціональності для врахування відповідних зв'язків у процесі фізичної реалізації ГІС.

Перспективним у процесі науково-практичних пошуків напрямом має стати моніторинг публікацій і програмних продуктів для удосконалення наукових положень проектування і розробки вказаних ГІС.

Список використаних джерел

1. Бондаренко Е.Л. Географічні інформаційні системи: навчальний посібник. Київ: ТОВ "СПТ "Бавок", 2011. 160 с.
2. Бондаренко Е.Л. Геоінформаційне еколого-географічне картографування. Київ: Фітосоціоцентр, 2007. 272 с.
3. Бондаренко Е.Л. ГИС і бази даних. Київ: Редакційно-видавничий відділ НТУ, 2014. 144 с.
4. Бондаренко Е.Л. Підхід до класифікації програмного забезпечення для геоінформаційного картографування // Україна: географічні проблеми сталого розвитку: зб. наук. пр. у 4-х т. Київ: ВГЛ "Обрії", 2004. Т. 4. С. 145–147.
5. Бондаренко Е. Л., Яценко О. Ю. Телекомунікаційна картографія. – Київ: УкрІНТЕІ, 2011. – 36 с.

Э. Бондаренко, д-р геогр. наук, проф.,
Р. Писаренко,
Н. Левинскова
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ВОЕННОЙ СФЕРЕ**

В статье на базе обоснованных методологических положений представлены особенности проектирования многофункциональных геоинформационных систем (ГИС) с целью их практического применения в военной отрасли. Раскрыто содержание основных принципов разработки таких ГИС, возможностей их интеграции из средствами, которые определены функциональными возможностями программного обеспечения.

Ключевые слова: геоинформационные системы, проектирование ГИС, принципы разработки ГИС, средства обеспечения многофункциональности ГИС.

E. Bondarenko, Doctor of Science in Geography, Professor,
R. Pysarenko,
N. Levinskova
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

**FEATURES OF DESIGNING GEOINFORMATION SYSTEMS
FOR APPLICATION IN THE MILITARY SPHERE**

The article is devoted to questions of substantiation of methodological positions and design of features of multifunctional geoinformation systems (GIS) for their practical application in the military sphere. The system of scientific principles of development of such of GIS was formulated. Their content was disclosed. The main possibilities of integrating the principles and means of providing the multifunctionality that were defined by the functionality of the software were presented.

Keywords: geoinformation systems, GIS design, principles of GIS development, means of providing multiservice GIS.

6. Геоинформатика: [учебн. для студ. вузов] / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов [и др.] ; под ред. В.С. Тикунова. Москва: ИЦ "Академия", 2005. 480 с.

7. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / Ю.Б. Баранов, А.М. Берлянт, Е.Г. Капралов [и др.]. – Москва: ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.

8. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку / Л.Г. Руденко, Т.І. Козаченко, Д.О. Ляшенко [та ін.] ; за ред. Л.Г. Руденка. Київ: НВП "Видавництво "Наукова думка" НАН України", 2011. 102 с.

Надійшла до редколегії 29.08.16