

Я.П. Кісь, Н.Б. Шаховська, О.Б. Вальчук
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра інформаційних систем та мереж

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ. МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ

© Кісь Я.П., Шаховська Н.Б., Вальчук О.Б., 2008

Описано історію, міжнародний досвід та сучасний стан інтелектуальних геоінформаційних систем. Запропоновано модель системи та наведено низку вимог щодо її функціонування.

The history, intelligent experience and modern state of the intelligent GIS are described. The model of the system is offered and the row of requirements of its functioning is listed.

Вступ

Географічна інформація завжди була важливим елементом життя суспільства і ключовим засобом пізнання довкілля. Дослідження археологів показують, що географічні карти з'явилися значно раніше писемності. Це не випадково, оскільки і ми, і об'єкти навколо нас знаходяться у визначених точках простору, причому для розв'язання більшості практичних задач наше географічне положення виявляється важливим і впливає на кінцевий результат.

Геоінформаційна система (ГІС) – сучасна комп'ютерна технологія, що дозволяє поєднати модельне зображення території (електронне відображення карт, схем, аерозображень земної поверхні) з інформацією табличного типу (різноманітні статистичні дані, списки, економічні показники тощо). Інтелектуальна ГІС – система управління просторовими даними та асоційованих з ними атрибутів; це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, збереження, редагування, відображення та аналізу географічних даних.

Для опису реальних об'єктів у програмному середовищі ГІС використовується модель просторових даних, тобто спосіб цифрового опису просторових об'єктів, що містить відомості про їхнє розміщення і властивості, просторові та непросторові атрибути. Найчастіше на практиці застосовується пошарова модель даних. Сутність пошарової моделі просторових даних полягає у тому, що: реальний світ моделюється структурою з декількох шарів. Кожен шар є сукупністю однорідних об'єктів реального світу, що знаходяться в межах заданої території. Для точного відображення об'єктів у просторі вводиться єдина для всіх шарів система координат.

Геоінформаційні системи ефективно застосовуються в усьому світі органами державного управління, приватними фірмами й окремими громадянами для розв'язання різноманітних задач. Планування і розвиток територій – найважливіша задача органів державного управління різних рівнів. На базі ГІС можна раціонально спланувати розміщення об'єктів (промислових підприємств, шляхово-транспортної мережі, магазинів, кінотеатрів, парків тощо) [1]. Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити виконання суперечливих вимог. З одного боку, потрібно будувати нові та розвивати старі об'єкти промисловості, щоб забезпечити достатню кількість робочих місць у регіоні, покращувати транспортну інфраструктуру територій, піклуватися про стабільне поповнення бюджету за рахунок здачі в оренду об'єктів нерухомості. Інтелектуальні ГІС дають змогу інтегрувати всю необхідну для цього інформацію, аналізувати і моделювати різні ситуації на території, а також наочно відобразити результати цього аналізу.

У статті запропоновано загальну модель інтелектуальної ГІС та ряд вимог щодо її функціонування.

Історія розвитку ГІС

Геоінформаційні системи – явище відносно нове, хоча попередниками таких систем були географія та картографія, що з'явилися сотні років назад. Перші географічні інформаційні системи розроблені в 50–60-х роках, спочатку в цивільному секторі. У 70–80-х роках розвинулася сильна і активна ГІС-індустрія з явним лідерством США.

Бюро перепису США – одна з організацій, яким належала ключова роль у розвитку геоінформаційних систем – в кінці 60-х років в цій організації було розроблено формат GBF-DIME (Geographic Base File, Dual Independent Map Encoding). У цьому форматі вперше була реалізована схема визначення просторових відносин між об'єктами, звана топологією, яка описує, як лінійні об'єкти на карті сполучені між собою, які площадкові об'єкти межують один з одним, а які об'єкти складаються з суміжних елементів. Вперше були пронумеровані вузлові точки, привласнені ідентифікатори площам з різних боків ліній. Це стало революційним нововведенням. Формат GBF-DIME пізніше трансформувався в TIGER.

Історія GBF-DIME почалася в лютому 1967 р., коли Бюро перепису США зайнялося експериментами з комп'ютерного картографування [3]. Програмісти Бюро боролися з неефективністю і надмірністю при конвертації надрукованих на папері карт в карти цифрові. Проблема була в тому, що в ті часи кожен перетин вулиць (у містах США часто зустрічається гратчаста система, коли вулиці утворюють сітку), вводився рівно вісім разів. Проблема була подолана завдяки принципам картографічної топології, запропонованої математиком Бюро Джеймсом Корбеттом (James Corbett).

Таким чином була відкрита схема кодування, відома пізніше як DIME (Dual Independent Map Encoding). Основна ідея полягала в тому, щоб перенумерувати вузли (в даному випадку – перетини вулиць) і площі (квартали). Літом 1967 р. нововведення показали свою ефективність на практиці – вони різко підвищили ефективність оцифрування і виявлення помилок і стали основою для картографування результатів перепису.

Протягом 70-х років карти у форматі GBF-DIME були створені для всіх міст США. Ця технологія також використовується в сучасних геоінформаційних системах.

Нерегулярна мережа триангуляції представляє рельєф деякої території у вигляді набору прилеглих один до одного трикутників. Ця технологія була одночасно відкрита декількома дослідниками в різних частинах світу. Один з них – Томас Пьюкер (Thomas Peucker). Цифрові моделі рельєфу у вигляді нерегулярної мережі триангуляції, будувалися в Simon Fraser University (Канада), що виконував замовлення відділу військово-морських досліджень (US Defense Department). Основне завдання проекту – вирішення проблеми збігу реального гіпсометричного профілю деякої території (іншими словами, профілю висот) з моделлю, закладеною в комп'ютер. Іншими словами, це було військове завдання точного наведення ракет на ціль.

Окрім названих, відомі такі відкривачі нерегулярної мережі триангуляції: консультаційна фірма з Огайо W.E. Gates and Associates, геолог Крістофер Голд і Університет провінції Альберта (Канада).

Компанія ESRI (www.esri.com), була заснована в 1969 р. Джеком і Лаурою Данжермонд (Jack і Laura Dangermond) як консультативна група. У 70-ті роки ESRI фокусувалася на розвитку фундаментальних ідей ГІС і їх застосуванні в реальних проектах. Таких, наприклад, як розроблення плану перебудови Балтімора або допомога компанії Mobil Oil у виборі ділянки в місті Рестоне. Перший комерційний продукт ESRI – ArcInfo – вийшов у 1981 р. У тому ж році була проведена перша призначена для користувача конференція ESRI, на яку зібралося 18 осіб. У міру появи нових операційних систем і нового апаратного забезпечення ArcInfo оперативно переходила на нові платформи.

Компанія Intergraph була заснована в 1969 р. і спочатку займалася консалтингом. Компанія консультувала державні установи у використанні цифрових комп'ютерних технологій. Для задоволення запитів своїх перших клієнтів компанія запропонувала технології, які пізніше були використані в графічних системах – цей підхід знайшов віддзеркалення в назві компанії, складений

із слів Interactive і Graphics. Перша комерційна система для картографування – Interactive Graphics Design System.

Загалом досягнення США є набагато більші ніж досягнення Європи. Проте Європа також внесла вагомий внесок до процесу розвитку ГІС. Ситуація з комп'ютерним картографуванням в Європі мала певні відмінності, які привели до того, що Європа в процесі розроблення ГІС йшла своїм шляхом.

Річ у тому, що практично кожна з європейських країн має власне національне картографічне агентство. Отже, близько 30 організацій проводять в Європі карти масштабу 1:25 000 і вище, тоді як в США таких організацій всього дві – цивільна US Geological Survey і військова Defense Mapping Agency. Крім того, національні картографічні агентства європейських країн мали більше обов'язків і займалися і кадастрами, і земельними інформаційними системами – тобто робили ту частину роботи, яку в США проводили університети або приватні компанії.

Деякі з європейських агентств почали експерименти з комп'ютеризованими базами даних кадастру (наприклад, в Швеції і Австрії) дуже рано. Досить успішно освоювали нові технології Ordnance Survey в Англії, IGN у Франції і національне картографічне агентство Німеччини [1].

Цікавим прикладом реалізації вітчизняної ГІС є київський проект “екоГІС-КИЇВ” [2], який почав створюватися з кінця 1996 року. “екоГІС-КИЇВ” створений на основі пакета ArcView GIS та пакета розрахунку забруднення приземного шару атмосфери “ЕОЛ 2000” української компанії “Софт Фонд”. Наповнення БД відбувається пакетним вводом (імпортом) з інших програмних пакетів. Цілісність БД підтримується спеціальними довідковими словниками. За допомогою цієї ГІС користувач може вирішувати цілий комплекс аналітичних задач. Отже, “екоГІС-КИЇВ” є не просто системою збору моніторингових досліджень, а й системою підтримки рішень, тобто повноцінною інтелектуальною ГІС.

Постановка задачі

Сьогодні нема стандартизованої інтелектуальної ГІС, яка б враховувала всі потреби користувача. Це зумовлено тим, що досі не розроблена єдина система протоколів та форматів обміну даними між ГІС. Інформація, що накопичується, дуже часто не може бути порівняною, є різномірною та розмежованою; в деяких регіонах використовуються несертифіковані програмні засоби, багато інформації дублюється.

Існує ряд компаній (Yahoo, Microsoft, Google), які розробляють власні системи для розв'язання найпоширеніших задач: пошук місцевості, пошук будівлі, обчислення та відображення шляху між двома точками на карті, надання фотографічної та історичної довідки про обрану місцевість та ін. [4]. Об'єктами дослідження цих компаній є США та Великобританія.

В Україні існує низка виробників ГІС, всі вітчизняні системи ґрунтуються на існуючих, переважно на ArcView або MapInfo. Об'єктами дослідження цих систем є міста з великою площею та кількістю населення (Київ, Дніпропетровськ, Одеса, Львів), проте немає ГІС, яка б охоплювала всю країну. Така система повинна ґрунтуватися на принципах, методах та засобах штучного інтелекту, які застосовуються в галузі геоінформатики.

В загальному, така система розрахована на користувачів різного роду зайнятості, для громадян України, а також для туристів. Система повинна бути універсальною і не повинна залежати від конкретного виду діяльності, її доцільно впроваджувати в заклади освіти, торгівлі, туризму, заклади, що надають послуги та ін.

Головна відмінність технологій ГІС від технологій сховищ даних, побудованих на основі реляційної моделі, полягає у встановленні зв'язку між картографічною інформацією та тематичними даними у формі реляційних баз даних. Це дає змогу в інтерактивному режимі легко переходити від табличного подання даних до картографічного і навпаки, або суміщувати їх. Тому можливість комбінувати геометричні та атрибутивні дані визначає якісно новий підхід до аналізу даних з метою прийняття на його основі обґрунтованого рішення.

Отже, ГІС опрацьовує різномірну за структурою та формою подання вхідну інформацію: картографічна, числова, текстова, графічна тощо. Виникає необхідність збереження великих чисел

(протяжність кордонів адміністративної одиниці, чисельність населення, обсяг продукції тощо); надзвичайно малих (величина викидів небезпечних речовин, вміст мінеральних речовин у ґрунті тощо); інтервальних (температура повітря); лінгвістичних оцінок (якість) – оскільки проєктована система є людино-машинною, і тому згенеровані рішення повинні видаватися у термінах, звичних для людини; неточних даних (заміри, виконані у надзвичайних умовах).

Основний матеріал

Інтелектуальну ГІС державного значення необхідно розробити так, щоб вона була легка в користуванні, мала інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс і, звичайно, надавала коректні результати. Для виконання цих основних загальних вимог потрібно дотримуватись таких правил:

– збирання та обґрунтування даних, які мають бути ретельно проаналізовані та перевірені на коректність;

– інтерфейс системи повинен містити довідкову інформацію щодо всіх функцій програми на кожному кроці її виконання (наявність метаданих);

– програма не повинна містити надлишкових елементів, функціональність яких важко зрозуміти на перший погляд.

Отже, ставиться задача розробити структуру сховища даних для зберігання розрізної інформації про об'єкти ГІС.

Структура системи повинна бути побудована так, щоб вона могла бути легко модифікована, а також доповнена новими алгоритмами для опрацювання нових даних.

Враховуючи специфіку, до проєктування сховища даних ГІС висуваються такі *вимоги*:

– повинні бути виділені статичні дані, що регулярно модифікуються.

– повинні бути спрощені вимоги до запитів з метою вилучення запитів, що могли б вимагати множинних запитів SQL у традиційних реляційних СУБД.

– повинна бути забезпечена підтримка складних запитів SQL, що вимагають послідовної обробки великої кількості записів.

Вхідними даними ГІС є база даних та параметри користувача до системи обробки запитів, причому за своєю структурою запити є аналітичними, передбачають аналіз багатьох вимог та вибірку із множини відношень.

Вихідними даними є результати запитів. Доцільність отриманого результату залежить від правильності формування запитів. Вихідні дані повинні бути зручно розміщені на екрані, дані, які найбільше відповідають запиту – явно виділені серед менш значущих даних. Необхідно реалізувати підтримку збереження отриманих даних та їх друк на принтері.

Уведемо формальну модель сховища даних.

Реляційною базою даних називають трійку

$$DB = \langle r, R, Z \rangle,$$

де r – множина відношень бази даних, R – множина їх схем, Z – множина обмежень цілісності.

Тоді *сховищем даних*, побудованим на основі реляційної моделі, назвемо трійку

$$DW = \langle DB, rf, Rf, func \rangle,$$

де DB – множина баз даних (або множина відношень, їх схем та обмежень цілісності, які можна вважати окремою базою даних та які містять інформацію про певну множину предметної області – наприклад, дані складського обліку), rf – відношення, у якому зберігається агрегована інформація і за даними якого приймаються рішення (*відношення фактів*); Rf – схема відношення rf ; $func$ – множина процедур прийняття рішень.

Тоді нові дані (або рішення) – це результат застосування функцій сховища даних над відношенням фактів:

$$Design = func(rf, user_param),$$

де $user_param$ – параметри користувача (або вимоги), які ставляться до рішення.

Оскільки відношення rf містить агреговану інформацію з відношень баз даних, то зв'язок між ним і відношеннями баз даних DB приводить до утворення так званого гіперкуба даних (моделі багатовимірного подання даних) [5].

Виміром назвемо універсум відношень бази даних $DB_i - V_i : Universum(DB_i)$. Кожен вимір містить напрямки консолідації даних, що складаються із серії послідовних рівнів узагальнення (рівнів ієрархії).

Відношення між вимірами – деяке відношення, яке є зв'язком між вимірами.

$$V_1, V_2, \dots, V_n \rightarrow Rel.$$

Наприклад, зв'язком між вимірами *Географіний об'єкт* та *Адміністративна одиниця* є відношення *Сруктура територіальної-одиниці*. Оскільки не між всіма об'єктами, що зберігаються у вимірах, можна встановити однозначне відношення, то це призводить до виникнення невизначеності у відношенні вимірів, що і є характерним для ГІС.

Своєю чергою, Rel можуть бути параметрами для інших відношень між вимірами і тим самим створювати ієрархію вимірів.

Осями багатовимірної системи координат є основні атрибути аналізованого бізнес-процесу. На перетинах вимірів (dimensions) знаходяться дані, що кількісно характеризують процес - виміри (measures).

Формування відношення rf здійснюється на основі функції агрегування Agg : [5]

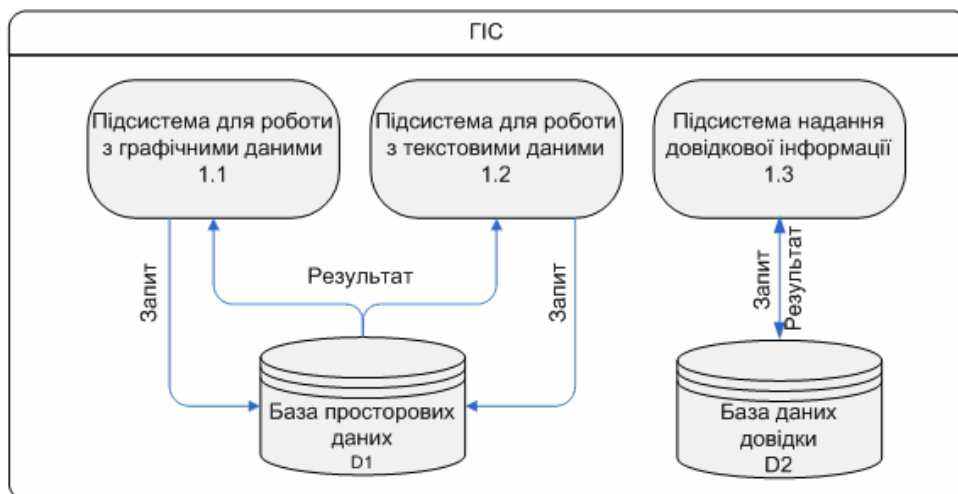
$$rf : Agg(Rel_1, \dots, Rel_n).$$

Внаслідок встановлення відношень між вимірами та операцій агрегування, гіперкуб у переважній більшості випадків є сильно розрідженим, тому проблема опрацювання невизначеності тут постає набагато сильніше ніж у реляційних базах даних.

Розглянемо спрощену модель системи. Система складається з таких елементів:

- підсистема для роботи з графічними даними (1.1),
- підсистема для роботи з текстовими даними (1.2),
- підсистема надання довідкової інформації (1.3).

Сховище даних поділене на дві частини: D1 – База просторових даних та D2 – База даних довідки. Сховище просторових даних може містити кілька відношень, проектування відношень та зв'язків між ними є досить важливим завданням на етапі проектування системи.



Основною вимогою до системи є правильна функціональність та простота отримання необхідної інформації. Функціональність програми залежить від ефективності реалізації алгоритмів. Легкість взаємодії з програмою залежить від проектування інтерфейсу користувача, тому він повинен відповідати всім сучасним вимогам, бажано використовувати обгортки для інтерфейсу, а також реалізувати здатність налаштування під вимоги користувача.

Для захисту просторових даних застосовуються різні методи, які ґрунтуються на прив'язці до апаратного забезпечення, також використовується алгоритм шифрування даних з відкритим ключем (RSA). Отже, для захисту системи, запитів та результатів від несанкціонованого доступу необхідно використати один з існуючих методів захисту інформації.

Висновки

Подальший розвиток інтелектуальних ГІС буде спрямований на самонавчання, самовдосконалення, розширення баз даних, глобалізацію та інтеграцію, інакше кажучи, об'єднання всіх ГІС у єдину систему.

Наукова новизна. У статті розглянуто історію та сучасний стан інтелектуальних ГІС, запропоновано нову модель системи та наведено ряд вимог щодо її функціонування, реалізації та використання. Подано формальну модель сховища даних для побудови ГІС.

Практична цінність. Наукові результати, отримані в статті, дають змогу провадити подальше дослідження та реалізацію інтелектуальної ГІС.

1. Берлянт А.М., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. *Картографія и геоинформатика: ВИНТИ*, 1991. 2. Чабанюк В.С. *Основні напрямки розвитку геоінформаційних систем у 90-і роки // Вісник геодезії та картографії*. – 1994. – № 2. – С. 118–135. 3. John E. Harmon, Steven J. Anderson. *The design and implementation of geographic information systems.: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey*, 2003. 4. Вальчук О. Б. *Інтелектуальна ГІС м. Коломиї // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. – 2005. – №62. 5. Кравець Р.Б. *Організація багатовимірного подання та аналізу інформації у реляційній базі даних // Вісник НУ “Львівська політехніка”*. – 2003. – № 489.

УДК 004.852, 004.942

П.О. Кравець

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних систем та мереж

ІГРОВА ЗАДАЧА КОЛЕКТИВНОГО СТИМУЛЮВАННЯ ДІЙ АГЕНТІВ

© Кравець П.О., 2008

Сформульовано ігрову задачу колективного стимулювання елементів (агентів) активних систем. Запропоновано рекурентний метод розв'язування стохастичної гри. Побудовано ігровий алгоритм та проведено комп'ютерне моделювання стохастичної гри з колективним стимулюванням агентів. Досліджено вплив параметрів задачі на збіжність ігрового методу.

The game task of collective stimulation of elements (agents) of active systems is formulated. The recurrence method of the stochastic game solving is offered. The game algorithm is constructed and computer modeling of stochastic game with collective stimulation of the agents is carried out. The influence of parameters of a task on convergence of a game method is investigated.

Вступ

Для розв'язування ряду задач у розподілених системах (наприклад, керування проектами, вироблення та прийняття рішень, керування організаційними системами, пошук інформації в комп'ютерних мережах та ін.) використовуються багатоагентні інформаційні системи. У таких