

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 004.932.75: 652:656.7.052.002.5 (045)

СПЕЦИФІКА ВИКОРИСТАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗАДАЧ АЕРОНАВІГАЦІЇ

А. М. Касім¹, канд. техн. наук, М. М. Касім², С. О. Ясєнев³

¹Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

³Національний авіаційний університет

serhii.yasenev@gmail.com

Розглянуто особливості подання просторово-розподіленої інформації для визначення місцеположення рухомих об'єктів. Проведено аналіз баз картографічних даних і приведені методи їх створення у динамічних системах із урахуванням властивостей цифрових карт. Проаналізовано процес представлення картографічного фону в системах відображення повітряної обстановки. Розкрито завдання інтеграції аеронавігаційних систем і сучасних геоінформаційних технологій.

Ключові слова: геопросторові дані; цифрові карти; аеронавігаційна інформація; управління повітряним рухом; динамічна сцена.

Features of presentation of spatially-distributed information were observed to determine the location of mobile objects. The analysis of geospatial databases was made and methods of their creation for dynamic systems taking into account the properties of digital mapping were given. The process of cartographic representation of background for air situation display systems was analyzed. The purpose of integration air navigation systems and modern geoinformational technologies was disclosed.

Keywords: geospatial data; digital maps; aeronautical information; air traffic management; dynamic scene.

Вступ

Сучасний розвиток аеронавігації йде шляхом безперервного вдосконалення методів збирання, зберігання, передавання, представлення та аналізування аеронавігаційної інформації, елементи якої мають геопросторові особливості. Візуалізація, як одна з кінцевих стадій переробки такої інформації, потребує наявності у складі геоінформаційної системи (ГІС) потужного аналітичного засобу для вибору найбільш придатної образно-знакової геоінформаційної моделі аеронавігаційної дійсності [1].

Сьогодні вже немає потреби в переконанні й доведенні доцільності та ефективності використання технології цифрового просторового моделювання [1–2] для вирішення більшості практичних завдань, що постають перед аеронавігацією.

У цій сфері геоінформаційні рішення отримали широке застосування до таких завдань як автоматизована генерація польотних завдань і схем, необхідних для експлуатації командою повітряного судна або диспетчерами, просторовий аналіз заборонених зон польоту, моделюван-

ня коридорів повітряного простору різного рівня ешелонування.

Одним з ключових питань, що визначають завдання побудови системи візуалізації є створення картографічних баз даних (КБД). Картографічна інформація використовується як елемент динамічних сцен повітряної обстановки, яка надає контекстну інформацію про рух динамічних об'єктів.

Постановка проблеми

Геоінформаційна система є джерелом, що забезпечує надання картографічної інформації, необхідної для побудови динамічних сцен, які відображають на її фоні рух об'єктів у просторі і часі [1–4]. У завданнях пошуку і аналізу картографічних даних, починаючи від просторових статичних і до складних динамічних завдань, вибір принципу побудови баз даних має вирішальне значення.

При правильному виборі та застосуванні архітектури баз даних і алгоритмів їх обробки кількість одночасно супроводжуваних об'єктів може бути збільшена у декілька разів, пара-

тельно з цим можна проводити розв'язання інших прикладних завдань.

Специфіка досліджуваної предметної області (ПрО) проявляється, перш за все, в адекватному відображенні оточуючого динамічного середовища на електронних аеронавігаційних картах з урахуванням природи та характеру відображуваної інформації, дотриманням умов її використання в режимі лімітованого часу, а також вимог щодо високої оперативності її надходження й обробки та точності подання з тим, щоб сприяти прийняттю кінцевими користувачами оптимальних рішень у штатних та екстремальних умовах.

Для впровадження технологій зональної аеронавігації потрібен якісно новий підхід до організації використання поточної навігаційної інформації та її геопросторової складової.

Під час переходу до сучасної концепції управління аеронавігаційною інформацією виходять на передній план і стають все більш гострими проблеми якості та можливий ризик спотворення геопросторових даних на етапах їх отримання, обробки і передачі, а також вибору з-поміж великої кількості різноманітних форматів і відповідно процедур конвертації більш зручних для розв'язання конкретного прикладного завдання.

Аналіз попередніх досліджень

На практиці нині використовують різні методи збирання геопросторової інформації [5]. Серед них широке розповсюдження дістали аерофотознімання, супутникова зйомка, лазерна і радіолокаційна. З метою інтеграції даних із різних джерел необхідно їх приведення до єдиного формату подання.

Результати досліджень групи вчених [1–6] дають підстави стверджувати, що на сьогодні існує низка проблем створення та функціонування КБД, необхідних для вирішення задач відображення повітряної і наземної обстановки, однією з головних є мінімізація часу виконання запитів при зверненні до записів файлу КБД.

Розгляд проблеми геоінформаційного забезпечення показав, що геореляційна модель, яка отримала широке розповсюдження в різних ПрО, не завжди є оптимальною моделлю побудови КБД, котрі можуть використовуватись для аеронавігації і забезпечення безпеки польотів.

Розвиток геоінформаційних технологій на сучасному етапі сприяє удосконаленню структури даних об'єктів управління повітряним рухом (УПР).

Це створює умови для якісного представлення геопросторових даних з використанням об'єктно-орієнтованого підходу та мови UML

(*Unified Modeling Language* — уніфікована мова моделювання).

Існує низка застосувань ГІС у аеронавігації [7–8], такі як: PANDA RNAV, RISK Air, Pegasus, АРМ Штурмана, Карта 2005 та ін.

Аналіз літератури на тему картографічної підтримки автоматизованих систем управління різного рівня та призначення [1–6; 9–12] показав, що на сьогодні також існує ще низка проблем, які виникають під час формування динамічних сценаріїв навігаційної ситуації — забезпечення зв'язку математичної основи цифрових карт з координатами тематичних об'єктів та визначення елементів їх взаємного орієнтування, гнучкість та інтероперабельність статичних й динамічних баз даних (БД), автоматизація введення даних, оперативне внесення змін у БД, зв'язок з геоінформаційними сервісами, забезпечення можливостей віддаленого доступу.

Цілі

Завдання візуалізації повітряної обстановки зводиться до реалізації системи представлення картографічної інформації про місцевість з наступним відображенням на її фоні повітряних суден (ПС) у вигляді динамічних сцен.

При цьому електронні карти слугують для визначення положення об'єкта у просторі та наочного відображення географічного середовища і орієнтирів (характерних особливостей).

Для запобігання насиченості динамічної сцени варто уникати надлишкової складності карти. Зменшення складності виконується при поданні карти у вигляді наборів найбільш інформативних областей, характерних ознак (орієнтирів), наборів контурів з подальшим стисненням отриманого зображення.

Цифрова модель місцевості (ЦММ) містить більше корисної інформації, ніж стандартні паперові топоплани чи топокарти, за рахунок додавання специфічних для заданої ПрО тематичних прошарків.

Ця інформація знаходиться у формі, зручній для комп'ютерної обробки й інтерпретації та придатній для створення цифрових моделей рельєфу або ортофотопланів, а також для статистичної обробки даних по території [10].

Зважаючи на те, що створення ЦММ є трудомістким і вартісним процесом, важливо знаходити підходи до отримання багатоцільових моделей місцевості, розробляти загальні принципи та логічні схеми побудови прикладних моделей для забезпечення міжгалузевого обміну та інтероперабельності геопросторових даних, а також концептуальні засади, критерії та методи оцінювання їх якості.

Функціонал авіаційних ГІС

В авіації ГІС вирішують проблеми орієнтування та безпеки повітряного судна (ПС). За режимом роботи такі системи поділяють на навігаційні та моніторингові. Навігаційна система розв'язує такі завдання: визначає положення ПС, здійснює пошук об'єкта на карті, виробляє оптимальний маршрут руху, відображає позиціонування ПС на карті в процесі руху. Навігаційні функції підтримуються в середовищі сучасних геоінформаційних систем, наприклад:

- ArcPad (відображення поточного положення на карті за даними GPS-приймача);
- ArcGIS Tracking Analyst (запис траєкторії, подальший аналіз руху об'єктів);
- ArcGIS Network Analyst (побудова маршрутів).

Зазначене програмне забезпечення можна використовувати для аеронавігації, з огляду на те, що воно, на відміну від закритих бортових навігаційних систем, є відкритим для взаємодії з іншими додатками, а також може вирішувати безліч супутніх завдань. Крім того, навігаційні функції будуть корисним доповненням у системі моніторингу для збирання даних.

Моніторингова система реалізує процес стеження за ПС з диспетчерського пункту. Мається на увазі, що координати ПС, отримані за допомогою GPS-приймача, посередництвом радіоапаратури передають на диспетчерський пункт, де прив'язують до електронної карти у вигляді символу (позначки). Це дозволяє моніторинговим системам виконувати такі функції: стежити за ПС у реальному часі, визначати місце розташування ПС без участі екіпажу, відображати стан всіх спостережуваних ПС на електронній карті, контролювати проходження маршруту (знаходження ПС в заданому районі), автоматично реструвати параметри руху ПС.

Базова структура та основні задачі ГІС управління повітряним рухом

Сучасні умови ефективного моніторингу повітряного простору характеризуються широким використанням різних джерел навігаційної та картографічної інформації для забезпечення інформаційних потреб користувачів.

На рис. 1 подано типову структурну схему ГІС УПР, яка умовно складається з чотирьох основних частин: джерел інформації, які забезпечують систему необхідними даними про ПС і картографічний фон; системи управління базою даних (СУБД) — програмно-апаратної частини, яка реалізує і підтримує основні функції автоматизованої системи УПР; бази даних, яка представлена набором файлів, що зберігає як карто-

графічні дані, так і дані про динамічні об'єкти; споживачів інформації, які генерують запити до бази даних на зчитування, вставлення, видалення та оновлення даних.

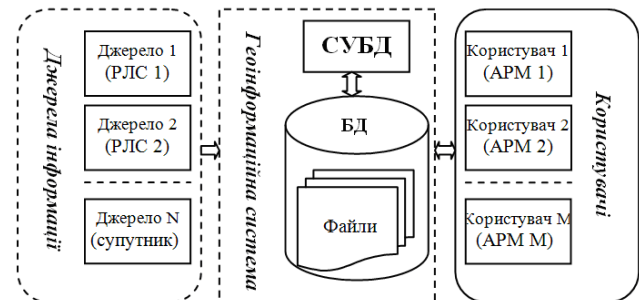


Рис. 1. Типова структурна схема геоінформаційної системи УПР

Важливість побудови швидкодійних баз даних для ГІС управління повітряним рухом зумовлена посиленням вимог, що витікають із завдань перерахованих нижче: отримання за допомогою систем радіозв'язку та архівація в базі даних інформації від мобільних і стаціонарних об'єктів, у тому числі і зображень; відображення у реальному часі даних від датчиків стану рухомих об'єктів (місцеположення, напрями, траси і швидкості) у вигляді складних символів на фоні мультимасштабних електронних карт на моніторах автоматизованих робочих місць (АРМ) диспетчерів; забезпечення процесу підтримки оперативного керування об'єктами, що переміщуються у навколосемному просторі у різному діапазоні швидкостей, та інтерактивної взаємодії з ними; збільшення або зменшення масштабу карти, зміщення її в довільному напрямку і центрування в потрібній точці, зміна властивості відображення карти; запит місцеположення та стану ПС по системі зв'язку; планування траєкторії переміщень й коригування поточного маршруту; оцінювання і планування витрат матеріально-технічних ресурсів; комп'ютерне моделювання повітряних коридорів на цифровій карті району планування, що кардинально змінює характер роботи й ефективність АРМ диспетчера (рис. 2).

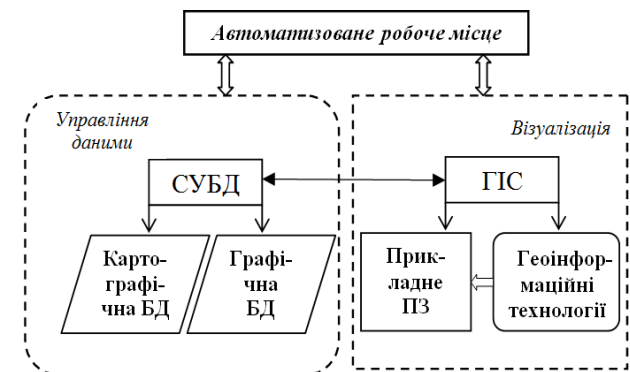


Рис. 2. Схематична діаграма обміну даними в процесі взаємодії ГІС та диспетчера

Класифікація і призначення мультимасштабних аеронавігаційних карт

Початковою робочою інформацією для формування сценаріїв динамічної обстановки є карти, плани, аерокосмічні знімки земної поверхні. Масштаби зображення мають бути змінними під конкретні завдання залежно від району, висоти польоту, метеоумов. Основу динамічної картини складає графічна інформація, до якої відносять картографічне представлення місцевості, символи рухомих об'єктів, що відображаються з пріоритетом відносно до картографічного фону [1–4].

Аеронавігаційні карти, які перебувають у розпорядженні авіаційних організацій, за своїм функціональним призначенням поділяють на польотні (маршрутно-польотні), бортові, карти цілей, спеціальні карти (табл. 1).

Таблиця 1

Авіаційні карти основних масштабів

Польотні і маршрутно-польотні карти	Бортові карти	Карты цілей	Спеціальні карти
1:200000	1:1000000	1:50000	1:2000000
1:500000	1:2000000	1:100000	1:3000000
1:1000000	–	1:200000	1:4000000
1:2000000	–	–	–

Польотні і маршрутно-польотні карти слугують для вибору і прокладення маршруту, розрахунку параметрів польоту, візуального та радіолокаційного орієнтування, контролю шляху, виконання необхідних розрахунків і графічних побудов в польоті.

Бортові карти — призначені для вирішення завдань літаководіння в разі виходу за межі польотної карти, а також для прокладення ліній положення.

Карты цілей слугують для розрахунку та визначенню координат заданих об'єктів, прив'язки і дешифрування аерокосмоснімків, візуального орієнтування під час польотів на малих висотах, виходу на малорозмірні об'єкти, при висадці повітряних десантів.

Спеціальні карти призначені для вирішення навігаційних завдань за допомогою радіотехнічних систем. На них наносять сітки ліній положення: лінії пеленгів, азимутально-далековимірні сітки та інші. Спеціальні карти можуть бути одночасно і бортовими.

Перелік та змістовна характеристика комплексу аеронавігаційних карт згідно рекомендацій ICAO (*International Civil Aviation Organization* —

Міжнародна організація цивільної авіації) наведені в працях [2, 12].

Особливості картографічної бази даних

Картографічна база даних з погляду категорії «простір» належить до просторової БД, у якій підтримуються просторові властивості сутностей. Такі БД широко використовуються в ГІС різного рівня та призначення, оскільки вони оптимізовані для зберігання і виконання запитів до даних про просторові об'єкти, які представлені деякими абстракціями, такими як: точка, лінія, полігон (табл. 2).

Таблиця 2

Відмінність просторових БД від традиційних (за функціональністю)

Традиційні БД	Просторові БД
Можуть зберігати й обробляти числову і символну інформацію	Мають розширену функціональність, що дозволяє зберігати цілісний просторовий об'єкт, який об'єднує як традиційні види даних (описова або атрибутивна частина), так і геометричні (дані про межі та положення об'єкта в просторі)
Застосовують декларативну мову SQL (<i>Structured Query Language</i> — мова структурованих запитів) для створення, модифікації й керування даними (у реляційних БД)	Дозволяють виконувати аналітичні запити, що містять просторові оператори для аналізу просторово-логічних відношень об'єктів: – перетинається; – торкається; – міститься в; – містить; – знаходиться на відстані X від об'єкта A ; – співпадає (збігається) тощо.
Використовують індекси для швидкого доступу до даних	Використовують спеціальні просторові індекси для прискорення просторових операцій з БД

Ураховуючи, що універсальні ГІС застосовують сучасні комп'ютерні технології, які дозволяють поєднати модельне зображення території (електронне відображення цифрової карти) з інформацією переважно табличного типу (рис. 3), пояснімо поняття «геопросторові дані».

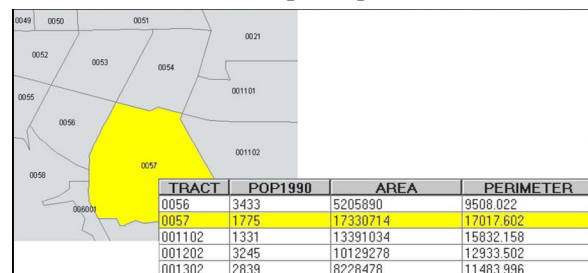


Рис. 3. Приклад взаємозв'язку графічних об'єктів та їх тематичних атрибутів

Геопросторові дані — це набір даних про геопросторовий об'єкт, тобто інформація, яка визначає географічне положення й характеристики природних та штучних об'єктів, а також їх межі на поверхні Землі. Такий набір даних повинен містити таку інформацію:

1. Об'єкти та їх атрибути, взаємозв'язки між ними.
2. Опис просторових аспектів об'єктів.
3. Опис положення просторових об'єктів у просторі і часі із застосуванням одиниць вимірювання у певній системі відліку.
4. Опис семантичної структури набору даних.
5. Каталог об'єктів.
6. Набір метаданих та його структуру (визначено ISO 19115).

Отже, геопросторовими вважаються дані про об'єкти та явища, що безпосередньо або опосередковано пов'язані з місцеположенням на Землі, зафіксованим у встановленій системі просторово-часових координат; або ж набори даних про такі об'єкти та зв'язки між ними.

Як формат для зберігання і передавання геопросторової інформації може розглядатися GML (*Geography Markup Language*) — мова географічної розмітки, яка є міжнародним стандартом, прийнятим ISO в 2007 р. (ISO 19136: 2007). Стандартизований формат для обміну та зберігання геопросторових даних GML являє собою множинну базових елементів, примітивів, що дозволяють описувати геометрію різних об'єктів. Однією з переваг формату GML, це можливість опису геопросторових даних у різних системах координат, наприклад у системі WGS-84 або ПЗ-90.

Питання якості геопросторових даних набуває особливого сенсу, коли йдеться про їх використання з метою попередження та швидкого реагування на надзвичайні ситуації, коли від повноти й актуальності даних залежить не тільки обсяг матеріальних втрат, але й безпека та життя людей. Розглядаючи це питання, варто спиратися на вітчизняний та зарубіжний досвід побудови баз геопросторових даних та прикладних ГІС, а також на зміст концепцій міжнародних стандартів комплексу «ISO 19100: Географічна інформація/геоматика» щодо якості географічної інформації та на публікації провідних фахівців [10–11].

Один із розділів ДСТУ «ISO 19101:2009 — Географічна інформація. Еталонна модель» — «Адміністрування» передбачає опис принципів якості наборів географічних даних, опис останніх та опис метаданих з каталогами об'єктів. Ця група охоплює також і просторову прив'язку географічних об'єктів. Тут слід виділити таке поняття як «доменна еталонна модель» — мо-

дель, що покликана забезпечити високорівневий опис та подання структури і змісту географічної інформації (описується з використанням графічних позначень уніфікованої мови моделювання — UML) [11]. Вона містить такі основні концепти: набір даних, прикладну схему, набір метаданих, геоінформаційні сервіси, наприклад: сервіси оброблення. Сервіси оброблення — це спеціалізований клас, що стосується оброблення географічної інформації. В ISO 19116 приводиться приклад сервісу оброблення.

Серед інших прикладів — сервіси для перетворення координат, перетворення одиниць вимірювань та конвертації форматів. Проте, не кожен сервіс повинен змінюватись або бути спеціалізованим з метою його використання для оброблення географічної інформації. Різні стандарти ISO 19100 вказують на те, чи належить сервіс до сервісів загальних інформаційних технологій, чи він спеціалізований для географічної інформації.

Специфіка КБД полягає в тому, що це не просто реєстр даних про об'єкти і явища реального світу. За своїм призначенням КБД є основою для побудови геоінформаційних моделей місцевості в середовищі ГІС певного призначення.

Інформаційне моделювання динамічних систем

Важливою складовою системи відображення динамічної навігаційної ситуації є програмний комплекс, який забезпечує вирішення завдань, пов'язаних із підготовкою початкових даних, чисельною обробкою вихідної інформації, отриманням статистичних результатів, візуалізацією повітряної і наземної обстановки з відображенням динамічних об'єктів поверх картографічного фону у різних масштабах. Обмін інформацією проводиться через зовнішні (обмінні) файли. Реалізація взаємодії оператора з БД передбачає виведення в проміжний буфер за його запитом різноманітних картографічних даних про місцевість та перешкоди і контрольовані динамічні об'єкти, з наступним відображенням цієї інформації у вигляді суміщеного візуального динамічного образу [1–4].

Відомо, що для побудови систем даного класу застосовують різні підходи спільний недолік яких — відсутність узгодження теоретичних моделей і програмно-апаратних засобів та їх реалізацій. З позицій системного підходу найважливішим етапом є складання математичної моделі системи, що досліджується. Першим кроком у цьому напрямі є параметризація, тобто опис виділених елементів системи і елементарних дій над нею за допомогою тих чи інших параметрів.

У класичних динамічних системах вживаються лише так звані безперервні параметри, тобто змінні, що приймають будь-які дійсні значення на відрізку $[a, b]$ (де $-\infty < a < b < +\infty$). В узагальнених динамічних системах разом з безперервними параметрами мають місце і дискретні параметри. Особливу роль відіграють параметри, що приймають кінцеву кількість значень. За їх допомогою можна описувати процеси та об'єкти, які не можуть бути охарактеризовані за допомогою звичайних числових параметрів, а розрізняються лише якісно.

Параметри, що описують систему, змінюють своє значення в часі. Залежності між параметрами можуть використовувати значення параметрів у різні моменти часу. Наприклад, значення параметра $z(f)$ може залежати від значення параметрів $y(t - a)$ і $x(t - b)$ в моменти часу, що передують моменту часу t . Нарешті, поряд з цілком визначеними функціональними залежностями (однозначними функціями, що задаються) в узагальнених динамічних системах широко використовуються різного роду ймовірнісні співвідношення.

Завдання бази даних полягає у збереженні всіх даних, що являють інтерес, в одному або кількох місцях, причому таким способом, що наперед виключає непотрібну надлишковість. Природно, що найзначнішим фактором в життєвому циклі додатку, що працює з БД, є стадія проектування. Від того, наскільки ретельно продумана структура бази, наскільки чітко означені зв'язки між її елементами, залежить продуктивність системи та її інформаційна насиченість. Для цього застосовують інформаційні моделі (ІМ).

Інформаційна модель — це засіб формування уявлення про дані, їх склад і використання в конкретних умовах. Застосовуючи сучасні пакети прикладних програм можна, не торкаючись ІМ, створювати складні БД, але для того, щоб інформаційна система працювала швидко і займала мінімальний обсяг, не обійтися без попереднього аналізу завдання за допомогою ІМ.

Для опису інформаційного завдання використовуються три види представлення ІМ.

Концептуальне — охоплює все завдання з погляду адміністратора інформаційної системи, тобто людини, відповідальної в цілому за роботу БД. Саме уявлення адміністратора БД про майбутнє завдання має бути узагальнене в концептуальній моделі, яка є предметно-орієнтованою та системно-незалежною.

Зовнішнє — відображає уявлення про завдання з погляду конкретного споживача, тобто особи, яка розв'язує вузьке завдання роботи системи на конкретному АРМ. Звідси випливає, що кожна інформаційна система може мати декілька зовнішніх представлень в ІМ.

Внутрішнє — відображає представлення про інформаційне завдання під кутом зору розробника з врахуванням особливостей і можливостей конкретної СУБД.

У підсумку етапу логічного проектування КБД будується безпосередньо її модель, яка описується у вигляді набору: $\{T_r, S, R\}$, де T_r — множина транзакцій додатків до ГІС, що генеруються споживачами, причому $T_r = f(P)$, де P — множина завдань системи; S — множина об'єктів схеми БД; R — множина зв'язків між об'єктами.

На даному рівні за способами відображення зв'язків між даними виділяються такі моделі БД ГІС: ієрархічна, мережева, реляційна. Серед них остання отримала широке розповсюдження через свою математичну суворість і використовується в таких системах як Informix, MS SQL Server, Oracle, Arc SDE тощо.

У реляційній теорії одним з головних є поняття відношення. Мовою математики відношення означаються так. Нехай задано n множин U_1, U_2, \dots, U_n . Тоді R є відношенням над цими множинами, якщо R є множиною впорядкованих наборів вигляду $\langle u_1, u_2, \dots, u_n \rangle$, де u_1 — елемент з U_1 , u_2 — елемент з U_2 , ..., u_n — елемент з U_n . При цьому набори вигляду $\langle u_1, u_2, \dots, u_n \rangle$ називаються кортежами, а множини U_1, U_2, \dots, U_n — доменами. Кожен кортеж складається з елементів, що вибираються із своїх доменів. Ці елементи називаються *атрибутами*, а їх значення — *значеннями атрибутів*, де атрибути відображують властивості об'єктів.

Основні етапи проектування реляційних БД:

1. Визначити інформаційні потреби користувачів БД.
2. Проаналізувати об'єкти реального світу, які потрібно промодельовати в базі даних і сформулювати їх список.
3. Поставити у відповідність сутностям та характеристикам — таблиці й поля в нотації вибраної СУБД.
4. Визначити атрибути, які унікально ідентифікують кожен об'єкт.
5. Розробити правила, які будуть встановлювати і підтримувати цілісність даних.
6. Встановити зв'язки між об'єктами, провести нормалізацію таблиць.
7. Спланувати питання надійності даних і, за потреби, збереження секретності інформації.

Математичні властивості, якими володіє реляційна модель, є корисними при визначенні мов маніпулювання даними, а також вибору нормальних форм (НФ) різних рівнів.

Нормалізація відношень забезпечує цілісність і підвищує ефективність використання БД ГІС у

цілому внаслідок виключення дублювання записів. Атомарність значень досягається переходом з низьких НФ на вищі (з 1 і 2НФ в 3НФ, 4 НФ і 5НФ), що дозволяє зберігати і використовувати дані в єдиному екземплярі.

Через властивості реляційної алгебри для даної моделі при представленні інформації у вигляді сукупності підмножин точкою входу може виступати будь-яке відношення.

Висновки

1. З інформаційною, просторово-часовою та модельною сутністю геопросторових даних пов'язана можливість використання ГІС для підтримки прийняття рішень різного призначення.

2. Хоча аеронавігація ґрунтується на просторовій інформації і, по суті, є невід'ємною від різноманітних повітряних об'єктів, застосування універсальних ГІС тут досить обмежене, оскільки для навігації необхідний лише невеликий набір специфічних функцій.

3. Географічний контекст інформації, якою оперують служби аеронавігації, дає підстави для створення такої інтегрованої аеронавігаційної ГІС, яка б охоплювала розв'язання поставлених навігаційних й моніторингових завдань та реалізувала взаємодію з іншими сучасними програмними засобами геообробки і технологіями візуалізації просторової інформації. Тому актуальною науково-прикладною задачею є розробка спеціалізованої багатофункціональної (з точки зору обробки гетерогенних даних) ГІС, яка забезпечить можливість візуально-графічного представлення, аналізу, контролю та маніпулювання аеронавігаційними даними.

4. Реалізація викладених підходів до проектування БД ГІС УПР дасть можливість своєчасно надавати повну й достовірну інформацію кінцевим користувачам щодо аеронавігаційної дійсності, а це, в свою чергу, дозволить підвищити ефективність управлінських рішень у сфері аеронавігації на місцевому рівні. Дослідження онтологічних аспектів таких БД, безумовно, має стати підґрунтям для нових наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Касім А. М.* Геоінформаційне моделювання динамічної обстановки в системах управління повітряним рухом / А. М. Касім, М. І. Васюхін // Безпека життя і діяльності людини — освіта, наука, практика: зб. наук. праць 10-ї Міжнародної науково-методичної конференції в двох томах. — К.: Центр учбової літератури. — 2011. — Т. 1. — С. 106–111.

2. *Імітаційна* геоінформаційна модель представлення навколосемної та повітряної обстановки рай-

ону аеропорту / М. І. Васюхін, В. Д. Гулевець, А. М. Касім [та ін.] // Збірка матеріалів, статей, доповідей і тез третього науково-практичного семінару «Геоінформаційні системи та інформаційні технології у військових і спеціальних задачах. «Січневі ГІСи», 27–28 січня 2012 р. — Львів, АСВ, 2012. — С. 26–39.

3. *Методы* организации динамических сцен в геоинформационных комплексах оперативного управления / М. И. Васюхин, А. М. Касим, С. М. Креденцар [и др.] // Вестник Херсонского национального технического университета. — 2007. — № 4. — С. 72–76.

4. *Касім А. М.* Модель динамічної сцени повітряної обстановки / А. М. Касім, М. М. Касім, С. О. Ясенев // Наукоємні технології: матеріали наук.-техн. конф. — К.: «НАУ-друк», 2011. — С. 60.

5. *The aggregation technology of applied software for aerial photography data processing to building map databases in precision agriculture system* / A. M. Kasim, M. I. Vasiukhin, O. M. Tkachenko, V. V. Dolinnyy // Electronics and control systems. — 2015. — Vol. 1, Issue 43. — P. 52–58.

6. *Проблеми* картографічної підтримки автоматизованої системи комплексного захисту аеропорту / А. М. Касім, М. І. Васюхін, О. І. Запорожець [та ін.] // Проблеми інформатизації та управління. — 2010. — Т. 3, № 31. — С. 30–38.

7. *Богуненко М. М.* Використання ГІС програм в аеронавігації [Електронний ресурс] / М. М. Богуненко, Є. А. Знаковська, С. М. Креденцар. — Режим доступу: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/handle/123456789/12868>.

8. *Боханов І. І.* Напрями застосування ГІС-технологій в аеронавігації України [Електронний ресурс] / І. І. Боханов, Л. С. Мамонтова, С. Д. Крячок. — Режим доступу: <http://gis.sls.name/wp-content/uploads/2015/01/%D0%A3%D0%94%D0%9A-6811.pdf>.

9. *Мартин Дж.* Организация баз данных в вычислительных системах / Дж. Мартин. — М.: Мир, 1980. — 662 с.

10. *Карпінський Ю. О.* Географічна інформація: еталонна модель — перший основоположний національний стандарт, гармонізований з міжнародними стандартами серії ISO 19100 / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2010. — Вип. I (19). — С. 198–203.

11. *Географічна* інформація. Еталонна модель: ДСТУ ISO 19101:2009. — К.: Держспоживстандарт України, 2009. — 58 с.

12. *Методика* з інформаційного наповнення аеронавігаційних карт і схем [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://uksatse.ua/doc/ans_maps_uk.pdf.

Стаття надійшла до редакції 08.02.16