

УДК 528.48:658.012.011.56

Максимова Ю.С.,

Київський національний університет будівництва і архітектури

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ НАБОРІВ ПРОФІЛЬНИХ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МІСТОБУДІВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ В ГІС

Розглянуто особливості сучасних моделей організації даних в ГІС, визначено переваги використання об'єктно-реляційної моделі для розроблення та ведення містобудівної документації та основні принципи моделювання наборів профільних геопросторових даних в середовищі об'єктно-реляційних систем керування базами даних.

Ключові слова: містобудівна документація, містобудівний кадастр, геоінформаційні системи, геопросторові дані, моделі геопросторових даних.

Вступ. Сьогодні важливими питаннями є створення єдиного інформаційного простору для розробників і користувачів містобудівної документації з метою забезпечення можливості організації оперативного обміну даними між учасниками містобудівної діяльності. Виникає необхідність у впровадженні технології проектування на основі комплексного використання ГІС-технологій та баз геопросторових даних та переходу від картографічного до геоінформаційного моделювання і прогнозування розвитку території на основі багатofакторного аналізу просторової взаємодії об'єктів і явищ міського середовища в ГІС.

В останні роки в містобудівному проектуванні все ширше застосовуються системи автоматичного проектування (САПР) та ГІС. Але в більшості випадків традиційна графічна частина містобудівної документації (МБД) подається як електронні версії паперових креслень, цифрові моделі яких відтворюють умовні графічні зображення об'єктів, а не їх комплексні інформаційні моделі як сукупність просторових і непросторових властивостей та відношень (логічних, функціональних і просторових зв'язків) між об'єктами.

Таке подання графічної частини МБД не відповідає сучасним вимогам, зокрема положенням Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності»: *«Містобудівна документація розробляється на паперових і електронних носіях на оновленій картографічній основі в цифровій формі як набори профільних геопросторових даних у державній геодезичній системі координат УСК-2000 і єдиній системі класифікації та кодування об'єктів будівництва для формування баз даних містобудівного кадастру».*

Аналіз останніх публікацій. Із прийняттям в 2011 – 2012 роках Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» та постанови Кабінету

Міністрів України «Про містобудівний кадастр», в яких сформульовані вимоги до сучасної містобудівної документації та її реєстрації й використання в містобудівному кадастрі в цифрових форматах, активізувалися дослідження і публікації щодо шляхів вирішення цих завдань. В роботах [6], [7], [9] розглядаються системні вимоги до подання містобудівної документації в цифрових форматах, а також основні принципи і напрями побудови системи МБК на основі інфраструктурного підходу до спільного виробництва та використання суб'єктами містобудівної діяльності інтероперабельних геопросторових даних в ГІС. Особливості архітектури сучасних геоінформаційних систем визначено в працях [5], [11], де наголошується на використанні баз геопросторових даних як ядра інтегрування різних інформаційних систем. В роботах [2], [3] розглянуто компоненти системи формування містобудівної документації, а саме: каталог класів об'єктів наборів профільних геопросторових даних, система класифікації й умовних позначень об'єктів на електронних картах в складі містобудівної документації, фасетна система кодування складових документації тощо.

Формулювання цілей та завдання статті. Великий масив існуючих містобудівних даних має довільну структуру та виробляється в різних форматах, оскільки досі не вирішено питання щодо уніфікації структури та складу моделі подання містобудівної документації в електронному (цифровому) виді. В нормативних документах визначено лише загальні вимоги щодо необхідності розроблення документації як наборів профільних геопросторових даних (НПГД) в єдиній системі класифікації та кодування, але не сформульовано чітких вимог щодо організації та структури моделей і форматів подання НПГД.

Метою цієї публікації є викладення результатів аналізу моделей організації даних в сучасних ГІС та обґрунтування основних принципів формування НПГД на основі об'єктно-орієнтованих моделей даних.

Виклад основного матеріалу. Системна організація даних містобудівного кадастру передбачає зведення множини даних до уніфікованої моделі, яка забезпечує створення й зберігання геопросторових даних містобудівних проектних рішень як у файлових форматах інструментальних ГІС, так і в середовищі універсальних систем керування базами даних (СКБД).

Основу методики розроблення геоінформаційної моделі складає традиційний підхід до проектування бази даних (БД), що включає рівні концептуального, логічного та фізичного моделювання (рис.1).

Концептуальне моделювання – це високорівневий абстрактний опис концептів предметної сфери (понять, складу, структури та зв'язків) з

використанням базових формалізмів обраного загального підходу моделювання даних незалежно від фізичного середовища реалізації бази даних [4].

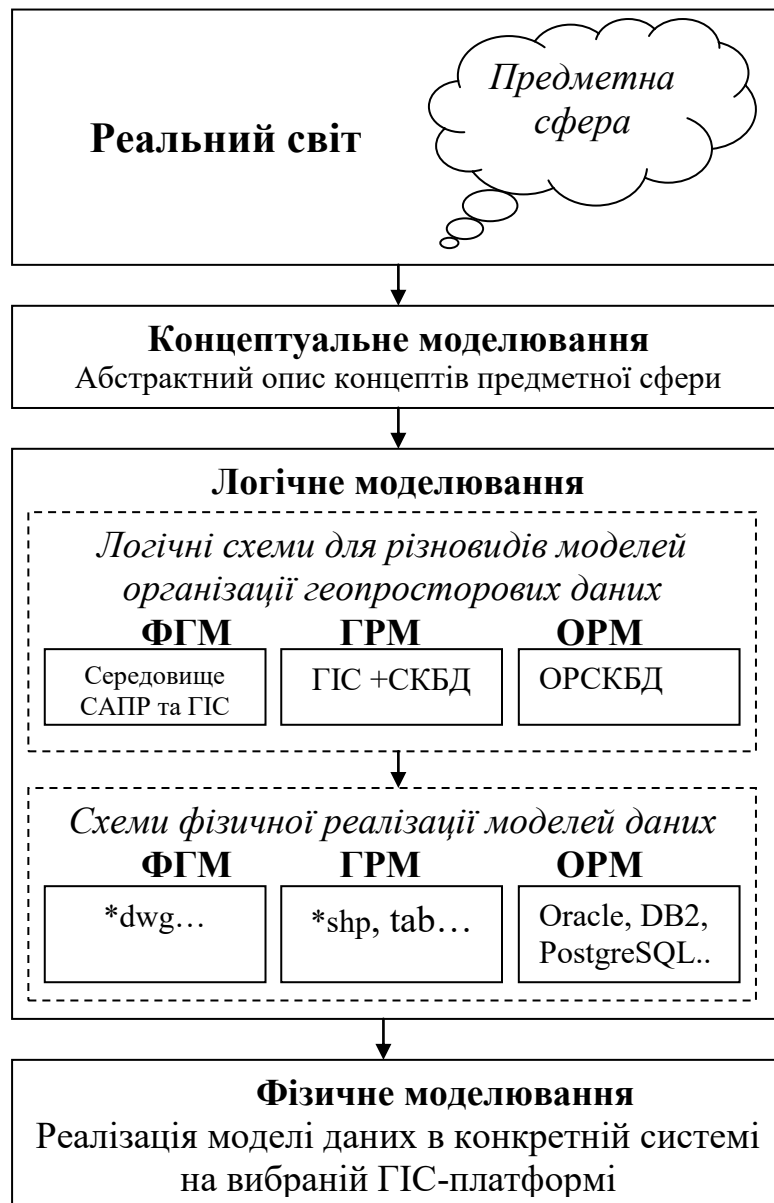


Рис.1. Рівні моделювання даних

В сучасних технологіях для концептуального моделювання найчастіше використовують уніфіковану мову моделювання UML (*Unified Modeling Language*), яка рекомендована як основний засіб моделювання в комплексі міжнародних стандартів з географічної інформації / геоматики [4, 10], та відповідні програмні засоби, що підтримують інтерактивний режим створення UML-діаграм, наприклад Visio, Dia тощо. Незважаючи на те, що концептуальна модель є високорівневою, вона водночас повинна бути достатньо повною, оскільки згідно принципу 100% у концептуальній схемі описуються усі структурні правила, властивості й поведінка об'єктів предметної сфери, які підлягають моделюванню в інформаційній системі [4].

Логічне моделювання – побудова схеми, яка не залежить від особливостей конкретного предметного засобу, але враховує особливості певного типу моделі організації даних, наприклад, файлової, геореляційної або об'єктно-орієнтованої, особливості яких докладніше розглядаються далі.

Фізичне моделювання виконується на етапі обґрунтування вибору технічних і програмних засобів реалізації логічної моделі даних для досягнення встановлених в технічних вимогах техніко-економічних показників функціонування інформаційної системи. У фізичній моделі описується схема реалізації логічної моделі даних в середовищі конкретних програмних комплексів на конкретній конфігурації технічних засобах ГІС. Від моделі організації даних та її фізичної реалізації безпосередньо залежить ефективність використання ГІС не тільки і не стільки для створення картографічних документів, а для геопросторового моделювання проектних містобудівних рішень, повноти і якості їх геоінформаційних моделей, зокрема: досяжна точність подання просторових характеристик об'єктів, можливість контролю цілісності даних, досяжна швидкодія системи, можливість одночасного багатокористувацького доступу тощо.

В сучасних геоінформаційних системах застосовують три основні типи моделей організації даних (рис. 2): файлова геоінформаційна модель (ФГМ), геореляційна (ГРМ) та об'єктно-реляційна (ОРМ).

У моделях типу ФГМ описи геометрії об'єктів, умовні позначення і атрибутивні дані зберігаються в одному файлі креслення, що призводить до дублювання атрибутів у файлах для кожного масштабу подання об'єктів. Така організація даних застосовується, наприклад в САПР AutoCAD (dwg, dxf файли), ArchiCad (pln, pla файли).

Застосування геореляційної моделі дозволяє зменшити надлишковість в зберіганні різномасштабних геопросторових даних за рахунок поєднання просторових властивостей об'єктів у форматах файлів геоінформаційної моделі з атрибутивними даними в середовищі РСКБД. Таким чином, декілька просторових моделей одного об'єкта з різною точністю й деталізацією відповідних масштабів у форматах файлів інструментальної ГІС (наприклад, shp-файлів ArcGIS або tab-файлів MapInfo) логічно зв'язуються з єдиним набором його атрибутів, що зберігається в таблицях реляційної СКБД.

Формати просторових даних в моделях типу ФГМ та ГРМ залежать від ГІС-платформ, які не завжди допускають однозначне конвертування при обміні даними між різними інструментальними ГІС.

Об'єктно-реляційна модель забезпечує комплексне зберігання геометричних моделей і атрибутів просторових об'єктів в єдиному в середовищі об'єктно-реляційної СКБД.

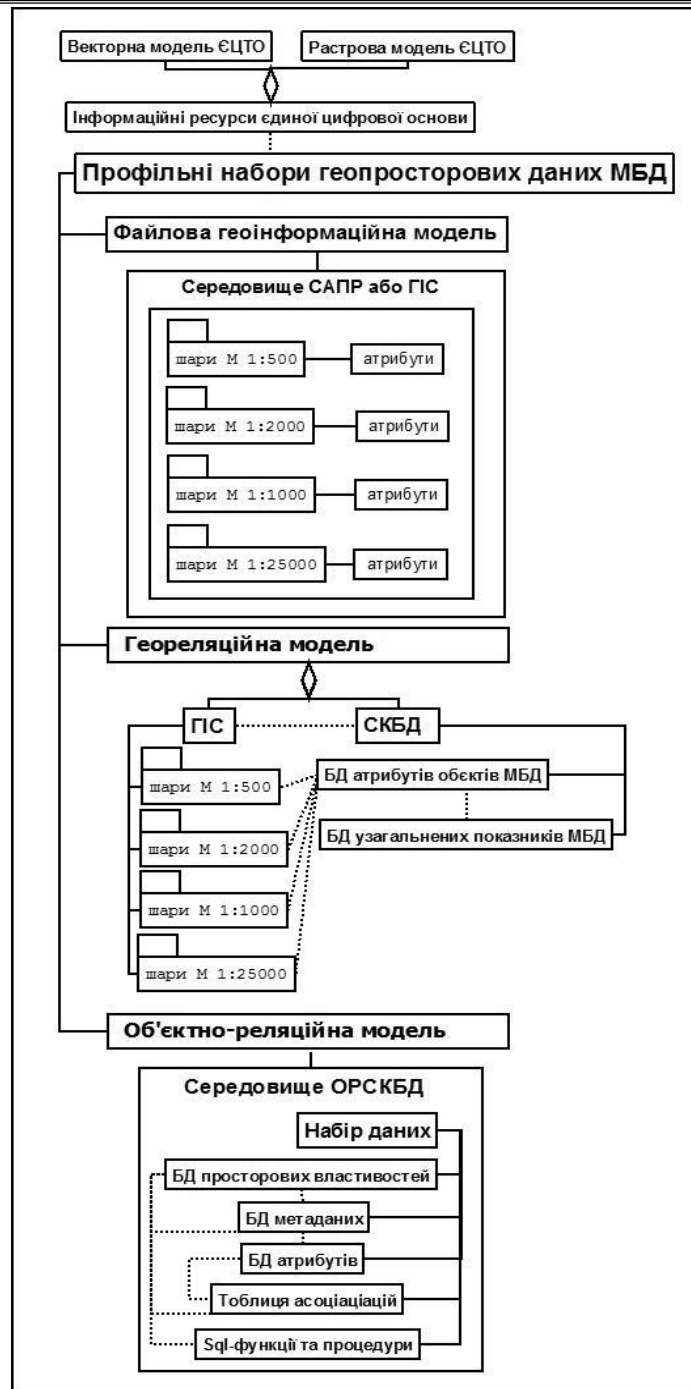


Рис.2. Структурна модель наборів профільних геопросторових даних

На рівні фізичної реалізації бази геопросторових даних (БГД) в середовищі певної СКБД одному НІГД відповідає база даних набору з таблицями для зберігання цифрових моделей просторових властивостей, атрибутів, логічних і топологічних відношень об'єктів, метаданих щодо джерела походження, якості просторових властивостей і атрибутів об'єктів, а також набір вбудованих прикладних процедур і функцій на мові структурованих запитів SQL (*Structured Query Language*).

Об'єктно-реляційні моделі стали доступними завдяки реалізації в більшості промислових СКБД нового стандарту мови SQL 1999 (або SQL-3),

що доповнило реляційні СКБД такими новими можливостями, які притаманні об'єктно-орієнтованим технологіям:

- визначення користувачем типів даних UDT (*User Defined Type*), які дозволяють в середовищі СКБД підтримувати нові типи даних зі складною внутрішньою структурою атрибутів;
- розширення СКБД додатковими функціями для UDT, що реалізують методи, за допомогою яких програми можуть створювати, керувати і отримувати доступ до даних, що зберігаються як абстрактні типи даних, визначені користувачем;
- розширення СКБД новими засобами оптимізації доступу до даних, які реалізують відповідні методи індексування даних нових типів UDT;

Поміж інших до стандартних розширених типів даних в ISO/IEC 13249-3:2002 [9] (далі SQL/MM) віднесено абстрактний тип даних Geometry для моделювання просторових об'єктів зі спеціальними механізмами індексування багатовимірних даних, підтримання запитів до просторових об'єктів на рівні розширення SQL просторовими предикатами, сотнями функцій аналізу та опрацювання просторових даних.

Більшість постачальників універсальних СКБД реалізували підтримку об'єктно-орієнтованої технології за SQL-3, в тому числі для типу даних Geometry з розширеними функціями опрацювання векторних і растрових моделей геопросторових даних, просторових індексів, топології та просторових запитів у відповідності до SQL/MM. Завдяки цьому відбулася міграція технологій підтримання та опрацювання геопросторових даних від спеціалізованих середовищ інструментальних ГІС до загальних інформаційних технологій на основі систем баз геопросторових даних [5, 11].

Незалежно від вибраної моделі організації даних, важливо в результаті забезпечити:

підтримання в середовищі ГІС комплексної геоінформаційної моделі містобудівних рішень, як сукупність просторових і непросторових властивостей та відношень (логічних, функціональних і просторових зв'язків) між об'єктами;

одночасний багатокористувацький доступ до єдиної геоінформаційної моделі для проєктувальників різних профільних груп (архітекторів, транспортників, інженерної інфраструктури тощо);

можливість використовувати єдину геоінформаційну модель в різних спеціалізованих та інструментальних програмних засобах ГІС без переформатування (конвертування) даних;

незалежне від ГІС-платформи нарощування системи додатковими спеціалізованими функціями (процедурними знаннями) та/або сценаріями

опрацювання й аналізу геопросторових даних оцінювання, моделювання й прогнозування ситуації в процесі прийняття проектних рішень щодо просторового планування території;

надійне зберігання, повторне використання та постачання наборів профільних геопросторових даних містобудівної документації в уніфікованих форматах замовникам і в систему містобудівного кадастру.

Сформульовані вище вимоги до комплексної геоінформаційної моделі містобудівних рішень можуть здатися "ідеалістичними" для користувачів ГІС з файловими та геореляційними моделями організації даних, що зараз найчастіше використовуються в проектувальній практиці. Але, як впливає з порівняльного аналізу властивостей різних моделей організація геопросторових даних (див. таблицю), реалізація цих вимог є цілком реальною в сучасних ГІС на основі об'єктно-реляційної моделі організації даних в середовищі ОР СКБД з просторовими розширеннями.

Порівняльні характеристики моделей організації геопросторових даних

Назва властивості геоінформаційної моделі	Можливість реалізації за типами моделей організації даних		
	ФГМ	ГРМ	ОРМ
Об'єктність моделі	Часткова	Часткова	Повна
Доменна цілісність	Відсутня	Часткова	Повна
Посилальна цілісність	Відсутня	Часткова	Повна
Топологічна цілісність	Часткова	Часткова	Доступна
Уніфікована структура даних	Обмежена	Обмежена	Повна
Багатокористувацький доступ	Обмежена	Обмежена	Повна
Реплікація даних	Відсутня	Часткова	Повна

Наголосимо, що останні версії практично усіх інструментальних ГІС налаштовуються безпосередньо на використання засобів підтримання геопросторових даних в середовищі ОР СКБД, зокрема в Oracle, DB2, MS SQL Server, PostgreSQL з відповідними просторовими розширеннями. Це означає, що якщо ГІС містобудівного проектування реалізувати за архітектурою системи бази геопросторових даних (наприклад, на основі відкритої безкоштовної ліцензії ОР СКБД PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS), то без великих фінансових витрат можна забезпечити створення комплексної геоінформаційної моделі просторових планів та використання для роботи з нею уже наявних в користувачів різних програмних засобів (AutoCADMap, ArcGIS, MapInfo, QGIS тощо), інтегрованих в єдину систему на основі СКБД.

Першою властивістю моделей організації даних в порівняльній таблиці вказано "об'єктність моделі", оскільки вона є ключовою та визначальною в реалізації інших властивостей моделі. Об'єктність характеризується рівнем

реалізації парадигми об'єктно-орієнтованого підходу в таких двох аспектах моделі геопросторових даних:

1) основними елементами структури геопросторової моделі є не графічні елементи зображення умовних позначень об'єктів на картах і схемах, а кортежі даних, що описують непросторові та просторові (координати й геометричні елементи контурів) властивості об'єктів території, що моделюється;

2) кожний кортеж даних є екземпляром (реалізацією) певного класу (типу) об'єктів території, який характеризується однорідною сукупністю атрибутів, що описують стан екземплярів, і набором програмних функцій (методів), що моделюють поведінку та зміну станів екземплярів класу.

Цілісність інформаційної моделі визначається як відповідність усіх даних визначеному набору несуперечливих правил, в тому числі для:

обмежень щодо допустимого інтервалу значень атрибутів або доменна цілісність даних;

реалізації логічних зв'язків між об'єктами різних класів з використанням посилань на основі механізму первинних та зовнішніх ключів (цілісність посилань);

досягнення координатно-топологічної узгодженості між геометричними елементами просторових моделей об'єктів як одного, так і різних класів (топологічна цілісність).

В ГІС з файловими і геореляційними моделями організації даних реалізація першої складової об'єктної моделі залежить від структури форматів інструментальної ГІС та, як уже зазначалося, базується на підході створення шарів для кожного класу об'єктів переважно за типом просторової локалізації об'єктів (точки, полілінії, полігони) в певному масштабі просторового розрізнення. Це призводить до дублювання атрибутів об'єктів у файлах геопросторових даних для кожного масштабу та ускладнює забезпечення цілісності даних в таких моделях. Поведінкова складова в цих моделях організації даних реалізується лише частково на рівні програмних функцій інструментальних ГІС, які визначаються не для класів об'єктів предметної сфери, а для окремих типів просторової локалізації в цілому. Передусім, до таких поведінкових методів можна віднести програмні функції, що автоматично обчислюють метричні характеристики (периметр, площу тощо) при зміні геометричних елементів об'єктів. Моделювання змін станів об'єктів, для яких необхідно враховувати логічні й просторові відношення між об'єктами одного або різних класів, може бути здійснено лише за участі користувача системи шляхом реалізації в інтерактивному режимі певного сценарію послідовного виклику інструментальної ГІС для визначених користувачем об'єктів моделі. Наприклад, це може бути розрахунок

коефіцієнта забудови окремої земельної ділянки, кварталу або територіальної зони, що потребує виконання просторового аналізу щодо належності будівель певним об'єктам території та операцій з відповідними атрибутами просторових об'єктів. В будь-якому випадку, геопросторові дані та методи моделювання їх станів не організовані в єдину об'єктну структуру, що цілісно може зберігатися та передаватися від однієї до іншої системи, від виконавця проекту замовнику або іншим користувачам.

Найповніше усі властивості геоінформаційної моделі, що забезпечують цілісність геопросторових даних, їх незалежність від програмних засобів ГІС та багатокористувацький режим їх використання, можуть бути ефективно реалізовані в середовищі об'єктно-реляційних СКБД з уніфікованими просторовими розширення на основі стандартів мови SQL-3 та SQL/MM. Ієрархія уніфікованих класів типу *ST_Geometry* за стандартом SQL/MM охоплює усі доступні в сучасних інструментальних ГІС геометричні типи об'єктів в дво- та тривимірному координатному просторі – від елементарних точок, поліліній, полігонів до комплексних об'єктів, визначених на множині елементарних, і TIN моделей поверхонь. Мова SQL-3 розширена не тільки новими типами даних, але й додатковими операторами, що притаманні процедурним мовам програмування. Це відкриває можливість для реалізації поведінкових методів для класів просторових об'єктів через механізм створення й використання в середовищі ОР СКБД SQL-процедур (функцій) постійного зберігання. Таким чином, забезпечується повторне використання не тільки геопросторових даних інформаційної моделі НППД, але й методів контролю цілісності даних та моделювання зміни їх стану в єдиному середовищі ОР СКБД з можливістю їх використання спільно з програмними засобами будь-якої інструментальної ГІС.

Висновки. Поміж найпоширеніших в сучасних ГІС файлової, геореляційної та об'єктно-реляційної моделей організації даних найефективнішою для моделювання наборів профільних геопросторових даних містобудівної документації є об'єктно-реляційної моделей.

Перспективним завданням є створення еталонних геоінформаційних моделей для НППД за видами містобудівної документації в середовищі ОР СКБД з визначенням уніфікованого каталогу об'єктів, правил доменної й топологічної цілісності та реалізацією вбудованих SQL-процедур моделювання поведінки об'єктів, незалежно від програмного середовища інструментальних ГІС.

Література

1. ДБН Б.1.1-16:2013. Склад та зміст містобудівного кадастру. – К.: Мінрегіон України, 2013.

2. Айлікова Г.В. Структура та принципи побудови каталогу класів об'єктів профільних наборів геопросторових даних містобудівної документації / Г.В. Айлікова, В.В. Янчук, Д.В. Горковчук, Ю.В. Кравченко, О.І. Сингаївська // Містобудування та територіальне планування, вип. № 47. – К.: КНУБА, 2013. – с. 27 – 36.
3. Айлікова Г.В. Система класифікації та умовних позначень об'єктів для містобудівної документації / Г.В. Айлікова, В.В. Янчук // Містобудування та територіальне планування, вип. № 47. – К.: КНУБА, 2013. – с. 37 – 46.
4. ДСТУ ISO 19101:2009 Географічна інформація. Еталонна модель (ISO 19101:2002, IDT) – К.: Держспоживстандарт України. – 2009. – 42 с.
5. Лященко А.А. Архітектура сучасних ГІС на основі баз геопросторових даних [Текст] / А. А. Лященко, А. Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2011. № 5 (74) С.45—50 – 6.
6. Лященко А.А. Інфраструктурний підхід до створення сучасної системи містобудівного кадастру / А.А. Лященко, Ю.В. Кравченко, Д.В. Горковчук // Вісник геодезії та картографії. – 2014. № 6 (93) С.21—27 – 7.
7. Лященко А.А. Системні вимоги до сучасного містобудівного кадастру та містобудівної документації / А.А. Лященко // Містобудування та територіальне планування, вип. № 47. – К.: КНУБА, 2013. – с. 397 – 405.
8. Орлова М.С. Приведение градостроительной документации к системе требований: задачи, проблемы, особенности / <http://www.samoupravlenie.ru/56—02.php>.
9. ISO/IEC CD 13249-3:2006(E) - Text for FDI Ballot Information technology - Database languages – SQL Multimedia and Application Packages - Part 3: Spatial. – ISO/IEC, May 15, 2006.
10. ISO/TS 19103:2005. Geographic information: Conceptual schema language (ISO, Geneva 2005).
11. *Yeung, A-K.W.* Spatial database system: design, implementation and project management [Text] / A-K.W. Yeung, B. G. Hall // The GeoJournal Library. – Vol. 87. – 2007. – 553 p.

Аннотация

Рассмотрены особенности современных моделей организации данных в ГИС, определены преимущества использования объектно-реляционной модели для разработки и ведения градостроительной документации и основные принципы моделирования наборов профільных геопространственных данных в среде объектно-реляционных систем управления базами данных.

Ключевые слова: градостроительная документация, градостроительный кадастр, геоинформационные системы, геопространственные данные, модели геопространственных данных.

Annotation

The features of modern data organization models in a GIS are reviewed, the advantages of using object–relational model for the development and maintenance of planning documentation and main principles of geospatial data sets modeling in the object-relational database management systems are determined.