

УДК 528.4

## ТРАНСФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ІЗ UML У SQL МОДЕЛІ

Юрій Карпінський<sup>1\*</sup>, Надія Лазоренко-Гевель<sup>2</sup>, Данило Кінь<sup>2</sup>

1\*. Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, вул. Велика Васильківська 69, Київ, Україна, 03150, E-mail: karp@gki.com.ua

2. Кафедра геоінформатики і фотограмметрії, Київський національний університет будівництва і архітектури, просп. Повітрофлотський 31, Київ, Україна, 03037

У статті розглядається завдання автоматизації трансформування моделі бази геопросторових даних (БГД), у зв'язку з комплексним впровадженням концепції модельно-керованої архітектури. Досліджується питання автоматичного переходу від концептуальної до фізичного рівнів під час створення БГД, та вибір оптимального програмного середовища для їх реалізації.

Метою роботи є дослідження автоматизації трансформування моделі бази геопросторових даних CASE-засобом візуального проектування Enterprise Architect 13.0 для створення БГД шляхом переходу від нотаций UML у SQL.

*Ключові слова* – база геопросторових даних, UML, SQL, модельно-керована архітектура, концептуальна модель, геоінформаційні системи.

### Вступ

З розвитком геоінформаційних систем і технологій відбувається комплексне впровадження концепції модельно-керованої архітектури, яка виходить з того, що тривалість життя технічної реалізації геоінформаційного продукту коротша, ніж термін придатності інформації, з яким він має справу. Тому і виникає необхідність подання інформації на рівні концептуального моделювання способом, який передбачає можливість використання нових методів і засобів реалізації систем без зміни раніше упорядкованої та збереженої інформації [1 – 3].

Новостворені геоінформаційні продукти повинні відповідати правилам ДСТУ ISO 19101:2009 - Географічна інформація. Еталонна модель (ISO 19101:2002, IDT) та ДСТУ ISO 19103:2017 Географічна інформація. Мова концептуальних схем.

Основною технологічною мовою моделювання систем у зазначених вище стандартах є Уніфікована мова моделювання (Unified Modeling Language – UML).

Проте, сучасне інформаційне забезпечення ГІС ґрунтується на концепції використання баз та банків геопросторових даних. Бази геопросторових даних, що розповсюджуються та використовуються в геоінформаційних системах і технологіях, ґрунтуються на Мові структурованих запитів (Structured Query Language – SQL).

Проектування БГД виконується мовою UML, проте реалізація моделі в системі керування базами даних (СКБД) мовою SQL відбувається вручну

### Постановка проблеми

Етапи створення бази геопросторових даних виконуються різними нотациями, а трансформування між ними не завжди виконується автоматично, що супроводжується збільшенням кількості файлів різних форматів, складністю збереження концептуальної моделі БГД і відстеження помилок під час її імпорту/експорту, а також можливою втратою даних (рис. 1). Тому розглянуто питання автоматизації трансформування моделі бази геопросторових даних із нотаций UML у SQL.

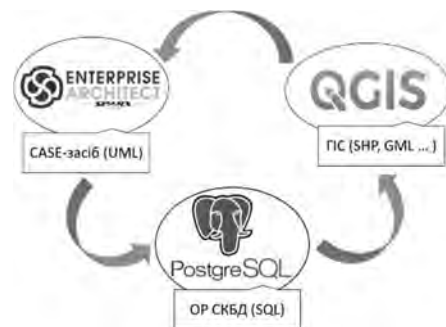


Рис. 1. Схема трансформування моделей у нотациях UML та SQL

### Аналіз останніх досліджень

У роботах [4 – 6] розглянуто процеси трансформування моделі бази геопросторових даних, як вертикальні переходи між рівнями модельно-керованої архітектури (Model Driven Architecture – MDA) (рис. 2).



Рис. 2. – Схема концепції MDA

Відповідно до [4, 5] виділяють три рівні архітектури MDA:

1) незалежна від платформи модель (Platform Independent Model – PIM) – розробляється на високому рівні; вона визначає бізнес-процеси системи незалежно від будь-якої конкретної технологічної платформи;

2) модель, орієнтована на платформу – (Platform Specific Model – PSM) – описується на більш низькому рівні абстракції, ніж PIM, оскільки вона враховує технічні аспекти конкретної технологічної платформи, на якій згодом буде працювати, і таким чином, залежить від платформи.

3) модель платформи (Platform Model – PM) – це модель, що описується вихідним кодом реалізованої моделі і генерується шляхом трансформування моделі PSM на основі заздалегідь спроектованої прикладної схеми.

4) Концепцію модельно-керованої архітектури дотримано у CASE-засобі візуального проектування Enterprise Architect 13.0, оскільки останній є в об'єктно-реляційною системою керування базами даних (ОР СКБД) [4]. Наприклад, для проектування прикладної схеми Мовою географічної розмітки GML (Geography Markup Language), що відповідає рівню моделі PIM, створено репозиторій стереотипів GML. Для побудови прикладної схеми БГД рівня моделі PSM, розроблено модуль Database Modeling, який містить репозиторій ОР СКБД PostgreSQL рівня моделі PM. Модуль Database Modeling дозволяє реалізувати трансформацію незалежно від обраної об'єктно-реляційної СКБД (1):

#### PIM ® Relational model® SQL script. (1)

Варто зазначити, що модель, орієнтована на платформу, прийнята у цій статті, як загальна об'єктна модель (General Feature Model – GFM) у нотациях UML, основу якої складає класифікація просторових об'єктів, відповідно до ДСТУ 8774:2018 [1].

Отже, в останніх дослідженнях [4 – 6] щодо трансформування моделей баз геопросторових даних від концептуального до фізичного рівнів залишається не вирішеним питання визначення автоматизації процесів під час створення БГД, та вибір оптимального програмного середовища для їх реалізації.

#### Результати

Відповідно до ДСТУ 8774:2018 [1] прийнято, що прикладна схема призначена для двох цілей. По-перше, вона забезпечує досягнення спільного та правильного розуміння змісту і структури даних в межах конкретної прикладної сфери. По-друге, вона забезпечує схему, що читається та

інтерпретується комп'ютером, для застосування автоматизованих механізмів керування даними [1].

Ці дві ролі передбачають поетапний процес створення прикладної схеми (рис. 3) [1].

Відповідно до стандартної технології створення прикладної схеми структуру бази геопросторових даних (БГД) було розроблено в п'ять етапів (рис. 4):

1) збір і аналіз інформації щодо базових сутностей та вимог конкретної предметної сфери;

2) встановлення відповідності між базовими сутностями предметної сфери і концептів загальної об'єктної моделі.



Рисунок 3 – Етапи створення прикладної схеми від реального світу до географічних даних [1]

3) проектування прикладної схеми бази геопросторових даних з використанням формальної мови моделювання UML з використанням репозитарію ОР СКБД PostgreSQL відповідно до правил, визначених в ДСТУ 8774:2018 [1].

4) інтеграція середовищ об'єктно-реляційних СКБД PostgreSQL та CASE-засобу візуального проектування Enterprise Architect 13.0 для трансформування прикладної схеми БГД у її логічну структуру шляхом підключення до заздалегідь створеної бази геопросторових даних в ОР СКБД за допомогою відкритого прикладного програмного інтерфейсу доступу до баз даних (Open Database Connectivity – ODBC), а також формування відповідної XML-схеми (XML Schema Definition – XSD) розширюваною мовою розмітки (eXtensible Markup Language – XML), як проміжного продукту, із збереженням усіх спроектованих груп, типів об'єктів, їх властивостей та взаємозв'язків;

5) автоматизоване формування SQL-файлу Мовою опису даних (Data Definition Language –

DDL) відповідно до спроектованої прикладної схеми бази геопросторових даних.

Одними з компонентів в рамках спільного українсько-норвезького проекту «Карти для сприяння належному управлінню землями» є створення (оновлення) цифрових геопросторових карт масштабу 1:50000 та створення і ведення однорідної безшовної бази геопросторових даних, яку буде реалізовано в середовищі PostgreSQL.

Прикладну схему БГД спроектовано за допомогою модулю Database Modeling CASE-засобу візуального проектування Enterprise Architect 13.0 [7].

Як приклад відповідності між базовими сутностями предметної сфери і концептів загальної об'єктної моделі розглянуто групу просторових класів «Гідрографія», клас просторового об'єкту «Водойма», домен «Статус водойми», тип даних «Ідентифікатор».

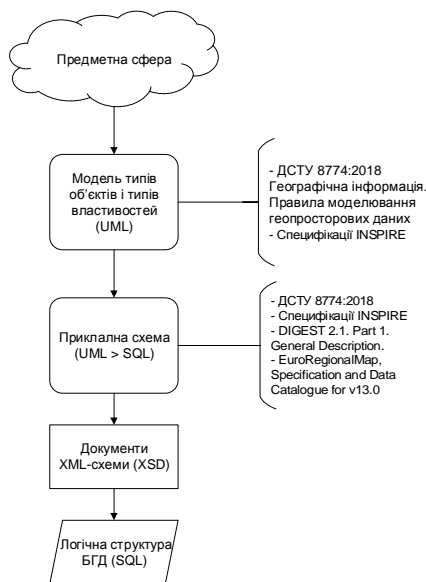


Рисунок 4 – Етапи створення прикладної схеми БГД

Результатом реалізації моделі в PostgreSQL буде сформована схема «hydro», яка містить 10 просторових класів, які пов'язані з Класифікатором інформації, яка відображається на геопросторових планах масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 відношенням «один до багатьох» (рис. 5) [8].

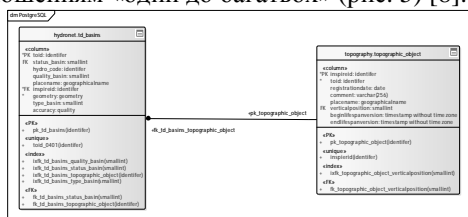


Рисунок 5 – Відношення між класом «Водойма» і «Топографічний об'єкт» в середовищі Enterprise Architect 13.0.

Особливість трансформування класів у моделях GML та UML в SQL полягає у тому, що в UML-моделі повинні бути враховані відношення між класами, визначенні первинні і вторинні ключі, операції над класами: перевірка на унікальність, індексованість.

Назви операцій класів, наприклад, перевірка на унікальність (unique), в PostgreSQL повинні містити унікальну назву. Це забезпечує ідентифікатор топографічного об'єкту, який складається з номера групи і класу в ній (toid\_0401). Обов'язкові атрибути класу, їх типи даних та множинність зберігаються з GML-моделі. Атрибути класу, типи даних яких не передбачено у службовій таблиці pg\_type ОП СКБД PostgreSQL, потребують створення нових типів відповідним запитом:

**CREATE TYPE identifier AS (localid varchar, namespace varchar)**

Складність використання таких типів даних зумовлена тим, що під час додавання нових даних в БГД необхідно заповнювати всі поля цього типу даних.

Для атрибутів класів просторових об'єктів також вказується множина допустимих значень – домени. Для зберігання домених значень атрибутів класів в PostgreSQL реалізовано схему «domains», яка містить таблиці із унікальними даними, які приймають атрибутивні поля класів, які пов'язані із таблицею певного домену.

Для експорту логічної моделі бази геопросторових даних, спроектованої у середовищі Enterprise Architect 13.0, в середовищі PostgreSQL було налаштовано підключення за допомогою засобу ODBC, що дозволило автоматично згенерувати SQL-файл мовою опису даних DDL (рис. 6, рис. 7).

Також на етапі інтеграції середовищ ОП СКБД PostgreSQL та CASE-засобу візуального проектування автоматично сформовано документ відповідної XML-схеми (XSD), який визначає структуру типів та елементів екземплярів даних XML-документа. Це дозволить здійснювати перевірку даних на етапі їх імпорту до згенерованої бази геопросторових даних [9, 10].



Рисунок 6 – Порядок роботи у вікні налаштування генерації SQL-файлу



Рисунок 7 – Порядок роботи у вікні налаштування генерації SQL-файлу

### Висновки

Автоматизація трансформування концептуальної UML-моделі у SQL-модель за допомогою CASE-засобів виконується, автоматично генеруючи SQL-файл. Розроблену базу геопросторових даних спроектовано з дотриманням вимог ДСТУ 8774:2018[1] шляхом дослідження інтерпретації стереотипів двох нотаций у середовищі Enterprise Architect 13.0 та ОР СКБД PostgreSQL.

У перспективі планується дослідити питання трансформування UML-моделей у SQL з використанням GML нотаций.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ ISO 19101:2009 – Географічна інформація. Еталонна модель. – Держспоживстандарт. - К., 2009.
2. ДСТУ ISO 19103:2017 Географічна інформація. Мова концептуальних схем (ISO 19103:2015, IDT).
3. ДСТУ 8774:2018 Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних.
4. Kutzner T. Geospatial Data Modelling and Model-driven Transformation of Geospatial Data based on UML Profiles [Електронний ресурс] / Tatjana Carina Natalie Kutzner // Technical University of Munich. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://pdfs.semanticscholar.org/a4cf/2e6ad675ff83f38d2688b1c26c10d2b38f16.pdf> (дата звернення: 20.08.2019).
5. Mens T. A Taxonomy of Model Transformation [Електронний ресурс] / T. Mens, P. van Gorp // Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 152. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/profile/Tom\\_Mens/publication/215571213\\_A\\_Taxonomy\\_of\\_Model\\_Transformation/links/0912f508bad379c6ea000000/A-Taxonomy-of-Model-Transformation.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Tom_Mens/publication/215571213_A_Taxonomy_of_Model_Transformation/links/0912f508bad379c6ea000000/A-Taxonomy-of-Model-Transformation.pdf?origin=publication_detail) (дата звернення: 20.08.2019).
6. Nalecz T. The use of spatial data models and their transformation (UML, XML, GML) in geology

and hydrogeology [Електронний ресурс] / Tomasz Nalecz // Annals of Geomatics, IX, 4. – 2011. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/280319106\\_THE\\_USE\\_OF\\_SPATIAL\\_DATA\\_MODELS\\_AND\\_THEIR\\_TRANSFORMATION\\_UML\\_XML\\_GML\\_IN\\_GEOLOGY\\_AND\\_HYDROGEOLOGY](https://www.researchgate.net/publication/280319106_THE_USE_OF_SPATIAL_DATA_MODELS_AND_THEIR_TRANSFORMATION_UML_XML_GML_IN_GEOLOGY_AND_HYDROGEOLOGY) (дата звернення: 20.08.2019).

7. Enterprise Architect 13.0 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.sparxsystems.com/products/ea/index.html> (дата звернення: 20.08.2019).

8. Класифікатор інформації, яка відображається на геопросторових планах масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 // К. : НДІГК. 2000. URL:[http://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart\\_norms/25.pdf](http://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/25.pdf) (дата звернення: 20.08.2019).

9. Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition), W3C Recommendation 26 November 2008.

10. Hayashi L. S. Combining UML, XML and relational database technologies – the best of all worlds for robust linguistic databases [Електронний ресурс] / L. S. Hayashi, J. Hatton // Proceedings of the IRCS Workshop on Linguistic Databases. – 2001.

### TRANSFORMATION OF THE MODEL OF TOPOGRAPHIC DATABASE FROM UML-MODEL TO SQL

Yurii Karpinkyi<sup>1</sup>,  
Nadiia Lazorenko-Hevel<sup>2</sup>, Danylo Kin<sup>2</sup>

1\*. Research Institute of Geodesy and Cartography Velika Vasykivska Str. 69, Kyiv, Ukraine, 03150, E-mail: karp@gki.com.ua

2. Department of Geoinformation system and photogrammetry, Kyiv National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotsky Ave, 03037, Kyiv, Ukraine

This article deals with the problem of automating the transformation of the model of geospatial database (GDB) due to the complex implementation of the model-driven architecture concept. The question of automatic transformation from conceptual to physical levels during the GDB creation is investigated, and the choice of the optimal software environment for their implementation.

The purpose of this work is to investigate the automating the transformation of the model of GDB by the CASE tool of visual modeling and design, Enterprise Architect 13.0 to create GDB by switching from UML notations to SQL.

**Keywords** – topographic database, UML, SQL, DDL, Model Driven Architecture, conceptual model, geoinformation systems.