

# Обробка інформації в складних технічних системах

УДК 004.73:004.93:528.92

О.В. Бувака<sup>1,2</sup>, Н.Г. Кеберле<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Компанія ISD, Запоріжжя

<sup>2</sup> Запорізький національний університет, Запоріжжя

## ОПИС ТА МОНИТОРИНГ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ ВІЛЬНО ПОШИРЮВАНИМИ ЗАСОБАМИ ОБРОБКИ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ

*Розглядається проблема підвищення ефективності процесу введення і обробки даних про розміщення елементів інженерних мереж на карті. Пропонуються інформаційні технології опису і моніторингу інженерних мереж довільного призначення вільно поширюваними засобами обробки картографічних даних. Обговорюється застосування даних технологій на практиці.*

**Ключові слова:** інженерні мережі, картографічні дані, вільно поширюване програмне забезпечення.

### Вступ

Процеси збору, введення, обробки даних про розміщення елементів інженерних мереж довільного призначення на карті [1] – вкрай трудомісткі та тривалі, оскільки вимагають поєднання робіт безпосередньо на місцевості (визначення розміщень елементів інженерної мережі, створення та опис зв'язків між елементами) з безпомилковим занесенням отриманих даних до бази. Накопичені дані являють собою цінний інформаційний ресурс для прикладних застосувань, серед яких моніторинг стану конкретних елементів та фрагментів мережі у часі, пошук елементів мережі за заданими параметрами, отримання переліку елементів та їх зв'язків, розміщених за вказаними координатами, та навпаки. Знання координат розміщення елементів інженерних мереж дозволяє вирішувати і додаткові завдання із застосуванням теорії графів.

Існуючі інструментальні засоби опису та моніторингу інженерних мереж є вузькоспеціалізованими, спираються або на закриті ліцензовані картографічні дані, або на комерційні географічні інформаційні системи (ГІС), і вимагають істотних вкладень коштів в їх розгортання.

**Метою даної роботи** є розробка інформаційних технологій опису і моніторингу інженерних мереж довільного призначення вільно поширюваними засобами обробки картографічних даних.

### 1. Джерела дослідження та огляд відомих рішень

Використання картографічних даних в інформаційних системах - дуже популярний напрям розробки програмного забезпечення (ПЗ), оскільки таке

ПЗ затребувано величезною кількістю користувачів мобільних пристроїв. Використання цифрових карт у комерційних підприємствах і організаціях, на виробництві, відкриває абсолютно нові можливості до організації бізнес-процесів як топ-менеджменту, так і звичайних співробітників.

Устаткування для визначення геокоординат стає все доступніше. Безумовно, для деяких завдань промисловості, потрібні як можна точніші інструменти визначення геокоординат, але у великому числі завдань досить деякої прийнятної точності.

Безліч компаній і організацій усвідомлюють переваги використання цифрових карт і хочуть мати прийнятне рішення по їх використанню у своїх бізнес-процесах.

Існуючі комерційні рішення зі збору, управління і користування картографічними даними можна умовно розділити на універсальні системи, такі як ArcGIS<sup>1</sup>, Autodesk Infrastructure Map Server<sup>2</sup>, MapInfo Professional<sup>3</sup> та спеціалізовані системи. До останніх можна віднести продукти, розроблені або для конкретного замовника, або такі, що реалізують певне завдання обробки картографічних даних. Окрема увага приділяється цифровим картам. Існує багато каталогів цифрових карт, як наприклад, продукти ДНВП «Картографія»<sup>4</sup>, КБ Панорама<sup>5</sup>, спеціалізовані продукти Navteq<sup>6</sup>, НАВЛЮКС<sup>7</sup>, АЭРОСКАН<sup>8</sup>.

<sup>1</sup> <http://www.esri.com/>

<sup>2</sup> <http://www.autodesk.ru/products/autodesk-infrastructure-map-server/overview>

<sup>3</sup> <http://www.mapinfo.com/>

<sup>4</sup> <http://ukrmap.com.ua/e-maps/>

<sup>5</sup> [http://www.gisinfo.ru/price/price\\_map.htm](http://www.gisinfo.ru/price/price_map.htm)

<sup>6</sup> <http://here.com/>

<sup>7</sup> <http://navlux.luxena.com/>

Рух до популяризації використання геоданих у інформаційних системах бере свій початок у продуктах Google Maps та Яндекс.Карты. Однак умови використання карт Google Maps<sup>9</sup> та Яндекс.Карты<sup>10</sup> є комерційними, обмежують або кількість (безкоштовних) звернень до карт, або можливості змін та подальшу передачу третім особам даних карт.

Альтернативний напрям використання вільно поширюваного програмного забезпечення, як способу здешевлення програмних комплексів обробки у тому числі і картографічних даних привело до розвитку проекту Open Street Maps<sup>11</sup>.

Підсумовуючи результати робіт в області використання вільно поширюваного ПЗ для управління картографічними даними, відмітимо наступне. На даний час існують вільно поширювані цифрові карти територій, а також бібліотеки, що полегшують введення і обробку гео- та додаткових даних про об'єкти, що заслуговують на увагу (POI).

Інженерні мережі [1] створюються для отримання послуг у тій або іншій галузі господарської діяльності. Незважаючи на різноманітність продукту, що транспортується, і спосіб транспортування, будь-яка інженерна мережа характеризується таким чином: принциповою (технологічною) схемою без прив'язки до місцевості, масштабом мережі (внутрішньоорганізаційні, міські, міжміські і так далі), топологією мережі.

До першочергових завдань управління інженерними мережами відносяться завдання опису і просторового моделювання мереж. До завдань опису мереж відносяться інвентаризація, паспортизація і облік. Завдання просторового моделювання включають побудову принципових схем, планів розташування об'єктів/устаткування мережі на місцевості.

Аналіз процесів управління інженерними мережами на прикладі телекомунікаційних компаній показав, що за наявності інформаційної системи опису інженерної мережі (інвентаризація, паспортизація і облік) завдання просторового моделювання зводяться до опису принципових схем інженерної мережі, а прив'язка до місцевості виконується вручну, на паперових картах, що значно уповільнює і ускладнює процес оновлення планів розташування об'єкту мережі, а також процес пошуку об'єкту на місцевості.

Пропонується використати переваги вільно поширюваних цифрових карт і бібліотек, і створити відкриту модульну систему, що пропонує інструментарій для інвентаризації і паспортизації об'єктів інженерних мереж, а також підтримки відповідності принципових схем мереж планам розташування об'єктів та устаткування на місцевості.

## 2. Опис системи

Інформаційна технологія опису інженерних мереж припускає: 1) використання існуючої або створення нової інвентарної бази цих об'єктів інженерної мережі, з урахуванням зберігання геокоординат розміщення об'єктів на місцевості; 2) використання існуючих принципових схем інженерної мережі; і 3) карт місцевості.

Інформаційна технологія моніторингу інженерної мережі відстежує зміни в комплектності і взаємному розміщенні об'єктів шляхом зіставлення даних, що вводяться, про об'єкти на карті з їх положенням на принциповій схемі, а також дозволяє знаходити об'єкти по заданому набору властивостей.

Розроблена система Free-GIS – система підтримки відповідності планів розміщення об'єктів принциповим схемам інженерних мереж – реалізує інформаційні технології опису і моніторингу інженерних мереж (див. функціональну модель на рис. 1).

Система складається з трьох компонентів: підготовка об'єктів, розміщення об'єктів на карті, редагування об'єктів.

Кожен компонент можна розробляти та змінювати незалежно від інших.

Основними критеріями до компонент були такі: наявність вільної ліцензії для використання картографічних даних на підприємствах, незалежність від оточення (не лише від операційної системи, але і від інших компонентів системи) для забезпечення гнучкості, простота підтримки для можливості розширення функціонала без змін архітектури. Перевага віддавалася технологіям і форматам даних, найбільш відповідним для цього завдання.

Архітектура системи представлена на рис. 2.

### 2.1 Використані технології

Розглянемо використані технології та формати.

**Формати подання даних у системі. JSON** (JavaScript Object Notation<sup>12</sup>) – дуже популярний в силу простоти і компактності формат обміну даними. Довільний об'єкт при описі в JSON представляється у вигляді (невпорядкованої) множини пар «ім'я-значення», де імена допускаються тільки типу string, а значення можуть бути одного з наступних типів даних: string, number, object, array, true, false, null. Наявність типу даних object дає можливість організувати опис об'єкту з довільним рівнем вкладеності властивостей.

**GeoJSON**<sup>13</sup> – це обмінний формат для представлення різних географічних структур даних. Об'єкт GeoJSON може представляти деяку геометричну фігуру (що називається в GeoJSON "геометрією"), особливість (feature), або колекцію особливостей (feature collection). GeoJSON підтримує наступні

<sup>8</sup> <http://aeroscan.com.ua/index.php>

<sup>9</sup> [http://www.google.com/intl/en-US/help/terms\\_maps.html](http://www.google.com/intl/en-US/help/terms_maps.html)

<sup>10</sup> [http://legal.yandex.ua/maps\\_api/](http://legal.yandex.ua/maps_api/)

<sup>11</sup> <http://www.openstreetmap.org>

<sup>12</sup> <http://json.org/>

<sup>13</sup> <http://geojson.org/geojson-spec.html>

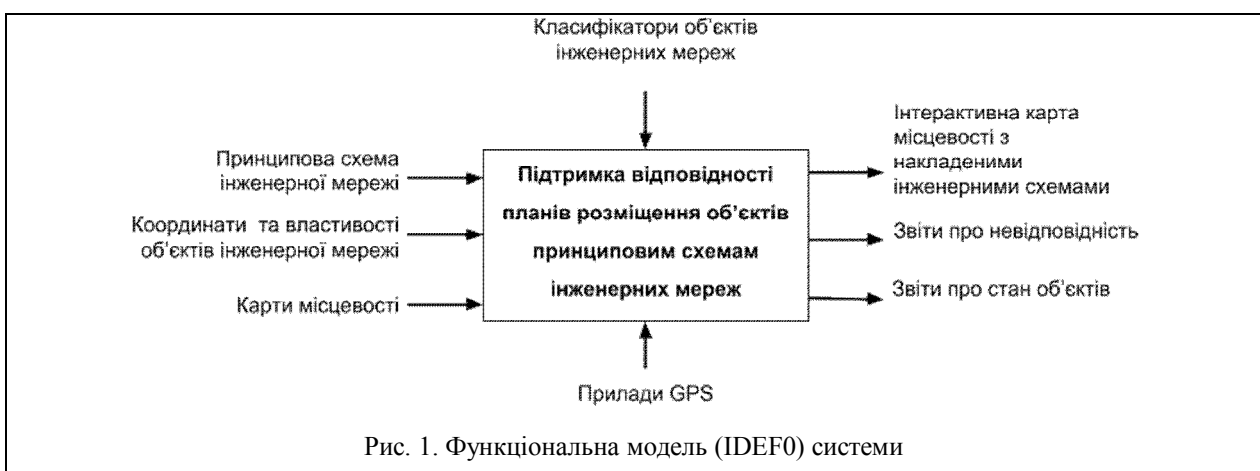


Рис. 1. Функціональна модель (IDEF0) системи



Рис. 2. Архітектура системи підтримки відповідності планів розміщення об'єктів принципівим схемам інженерних мереж

геометричні фігури: Point, LineString, Polygon, MultiPoint, MultiLineString, MultiPolygon і GeometryCollection. Особливість в GeoJSON описує об'єкт геометрії і його додаткові властивості, а колекція особливостей є списком особливостей.

**Збереження даних.** Для зберігання картографічних даних вибрана MongoDB – одна з популярних так званих NoSQL СУБД, що відноситься до класу документ-орієнтованих<sup>14</sup>.

Особливість таких СУБД в тому, що у бази даних немає жорстко структурованої схеми, що надає гнучкість додаткам. Документи зберігаються у вигляді Binary JSON (серіалізованого JSON), таким чином, MongoDB використовує усі переваги JSON. Замість SQL як мова запитів використовується JavaScript. Вибір очевидний, оскільки будь-який JSON є валідним об'єктом JavaScript.

Типова база даних складається з колекцій документів. Колекцію можна розглядати як аналог таблиці в реляційних БД, а документи, відповідно,

як рядки. У свою чергу документи складаються з полів. Аналог полів в реляційних БД - колонки. Кожен документ може складатися з унікального набору полів, і цей набір може бути змінений незалежно.

Попри те, що MongoDB – нереляційна СУБД, в ній підтримуються відношення "один-до-багатьох" та "багато-до-багатьох", за допомогою спеціального типу даних «масив».

Іншою ключовою ознакою для вибору саме MongoDB було те, що GeoJSON є підмножиною JSON, отже, геометричні об'єкти можуть зберігатися «як є», і відпадає необхідність у відображенні «об'єкт – таблиця даних» (Object – Relational Mapping, ORM). Нарешті, третім аргументом виявилася безпосередня підтримка двовимірних об'єктів в MongoDB, у тому числі, геопросторових індексів, з можливостями пошуку точок усередині замкнутого простору (прямокутника, багатокутника, круга, круга на сфері), пошук найближчих точок (біля точки, біля сфери).

**Джерела картографічних даних.** Open Street Maps (OSM) - це некомерційний мережевий картографічний проект із створення силами співтовариства учасників-користувачів Інтернету детальної вільної і безкоштовної цифрової географічної карти всього світу. Проект активно розвивається за рахунок ентузіастів, і якісний аналіз карт України показав їх значно більш високу точність і актуальність, чим у Google Maps. Важливою перевагою є наявність вільної ліцензії Open Database License<sup>15</sup>, завдяки якій усі дані доступні для легального копіювання, редагування і комерційного використання.

Наявність вільної ліцензії дозволяє застосувати картографічні дані для внутрішніх цілей комерційних організацій. Також, Open Street Maps надає можливість створення локального сервера картографічних даних усередині підприємства, який недоступний ззовні, і якому не потрібний доступ до серверів OSM для роботи. Таким чином, можна виключити розповсюдження комерційних даних підприємства, незважаючи на використання загальнодоступних карт.

<sup>14</sup> <http://ru.wikipedia.org/wiki/NoSQL>

<sup>15</sup> <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0/>

### Інструменти візуалізації об'єктів на карті.

На стороні клієнта використовуються технології JavaScript та HTML+CSS. Безпосередньо для візуалізації об'єктів на карті використовується LeafLet<sup>16</sup> - проста JavaScript-бібліотека для інтерактивних карт. Її основними особливостями є: підтримка роботи у браузерних мобільних пристроях; простий API; невеликий розмір; наявність доповнень. Основними критеріями вибору бібліотеки були простота, функціональність і гнучкість.

LeafLet допускає використання різних карт: Google Maps, Яндекс.Карты, Open Street Maps, що дозволяє у будь-який момент перейти на більш відповідну карту. У бібліотеці реалізована робота з GeoJSON: LeafLet підтримує усі типи об'єктів GeoJSON.

На стороні сервера використовується декілька Java-орієнтованих бібліотек: Java Servlets для статичної частини інтерфейсу користувача, Java Server Pages<sup>17</sup> для динамічно генерованих HTML-сторінок, в ролі сервера використовується Apache Jetty, вибраний за наявності вільної ліцензії на використання, поширеність і кросплатформність.

### 2.2. Компоненти системи та їх функції

**Підготовка та зберігання даних про об'єкти мережі.** В процесі інвентаризації інженерної мережі нові об'єкти мережі розміщуються на місцевості фізично, їх координати визначаються і зберігаються. На кожен об'єкт мережі генерується пакет GeoJSON, що містить як координати, так і метадані про об'єкт (властивості самого об'єкту). Цей пакет GeoJSON заноситься в інвентарну базу даних інженерної мережі, під управлінням СУБД MongoDB.

**Відображення на карті.** По заповненню інвентарної бази даних користувач отримує можливість візуального перегляду інженерної мережі на карті місцевості. Для реалізації цього компонента було вирішено використати бібліотеку LeafLet і карти OpenStreet Maps. LeafLet обрали завдяки її простоті, розширюваності і можливості працювати з різними постачальниками карт. Open Street Maps обрали завдяки вільній ліцензії і точності даних по Україні.

На карті кожен об'єкт повинен виглядати особливим чином - залежно від типу і стану. Наприклад, для типізації об'єктів телекомунікаційних мереж існує класифікатор [2]. GeoJSON надає лише базові типи географічних об'єктів (точка, лінія, полілінія і так далі), тому інформація про тип і стан об'єкту зберігається в метаданих об'єкту. Залежно від значення цих полів, вже на стороні клієнта, дані відображаються відповідним чином. LeafLet дозволяє зробити це за допомогою параметра `onEachFeature` у об'єкту GeoJSON, куди передається метод розбору

метаданих і надання об'єктам потрібного виду. Візуалізація додаткової інформації виконується тільки за запитом користувача, в цілях підтримки читабельності карти в цілому.

Набір додаткових функцій включає стандартні дії над об'єктами, властиві будь-якій ГІС, а також дії над об'єктами і зв'язками інженерної мережі, залежно від типу і стану об'єкту і особливостей бізнес-процесів конкретного підприємства.

**Редагування.** Редагування цих карт припускає додавання, видалення і зміну об'єктів і зв'язків між об'єктами інженерної мережі. Значення типів об'єктів визначаються відповідним класифікатором, як наприклад, в [2].

Сутність редагування зводиться до того, що дані про конкретний об'єкт і/або зв'язок між об'єктами отримуються з бази даних у виді, що допускає редагування: текстові поля властивостей об'єкту/зв'язку і їх поточні значення. Для реалізації використовується технологія Java Server Pages.

Усі функції редагування працюють з «сухими даними», тобто не можна вручну посунути об'єкт або мишею намалювати зв'язок, оскільки потрібна точна відповідність координат на карті реальним координатам розміщення об'єкту на місцевості.

### 3. Практична реалізація та застосування системи

Система Free-GIS від початку була спроектована для інженерних мереж телекомунікаційної компанії. Вивчення технологічних процесів опису і моніторингу цих інженерних мереж показало, що переважну частину часу операторів займає введення і пошук даних по конкретних елементах мережі. Рішення про автоматизацію опису і моніторингу об'єктів інженерної мережі з прив'язкою на місцевості могло вимагати створення нової геоінформаційної системи «з нуля», проте виявилось, що можна використовувати вже існуючу в компанії інформаційну систему, яка вирішує базові завдання опису і побудови принципової схеми інженерної мережі.

Було розроблено програмне забезпечення, що зокрема забезпечує експорт/імпорт даних між існуючою інформаційною системою і запропонованою в роботі системою підтримки відповідності планів розміщення принципівим схемам інженерних мереж.

Сама система Free-GIS використовує тільки вільно поширювані дані і програмне забезпечення, при цьому використання цифрових карт Open Street Maps дає можливість компанії самостійно підтримувати набір карт, на яких розміщені об'єкти, для внутрішнього користування на власному сервері, без обов'язкової публікації цих карт он-лайн.

Представляється можливим з мінімальними змінами використати запропоновану систему для інших типів інженерних мереж за умови існування

<sup>16</sup> <http://leafletjs.com/>

<sup>17</sup> <http://ru.wikipedia.org/wiki/JSP>

інформаційної системи опису і створення принципів схем таких типів.

### Список літератури

1. Гриценко Ю.Б. Геоинформационные технологии мониторинга инженерных сетей / Ю.Б. Гриценко, Ю.П. Ехлаков, О.И. Жуковский. – Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2010. – 148 с.

2. КБ Панорама. Классификаторы слов, семантических характеристик и объектов связи [Электронный документ] / Режим доступа : <http://www.gisinfo.ru/classifiers/classifiers.htm#telecomm>.

Надійшла до редколегії 21.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.І. Гоменюк, Запорізький національний університет, Запоріжжя.

### ОПИСАНИЕ И МОНИТОРИНГ ИНЖЕНЕРНЫХ СЕТЕЙ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫМИ СРЕДСТВАМИ ОБРАБОТКИ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

А.В. Бувака, Н.Г. Кеберле

*Рассматривается проблема повышения эффективности процесса ввода и обработки данных о размещении элементов инженерных сетей на карте. Предлагаются информационные технологии описания и мониторинга инженерных сетей произвольного назначения свободно распространяемыми средствами обработки картографических данных. Обсуждается применение данных технологий на практике.*

**Ключевые слова:** инженерные сети, картографические данные, свободно распространяемое программное обеспечение.

### DESCRIPTION AND MONITORING OF ENGINEERING NETWORKS USING FREELY AVAILABLE CARTOGRAPHIC MEANS

O.V. Buvaka, N.G. Keberle

*Considered is the problem of efficiency increase for an engineering network data input, processing and placement on a map. Proposed are information technologies of description and monitoring of arbitrary engineering by means of freely available cartographic data and tools. Discussed is the application of the proposed means to real data.*

**Keywords:** engineering networks, cartographic data, freely available software.