

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

**Дослідження методів інтеграції ГІС з розподіленими системами
регіонального управління**
(тема)

Виконав:

Студент 2 курсу, групи ІІЗМ-20-4
Мігас В.О.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 121 Інженерія
програмного забезпечення
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова

Керівник проф. Шубін І.Ю.
(посада, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис) З.В. Дудар
(прізвище, ініціали)

2022 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Програмної інженерії
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інженерія програмного забезпечення
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав.кафедри _____
(підпис)

« _____ » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студента Мігасу Владиславу Олеговичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження методів інтеграції ГІС з розподіленими
системами регіонального управління

затверджена наказом університету від 24.03.2022 р. № 412 Ст

2. Термін подання роботи до екзаменаційної комісії 10 05 2022р.

3. Вихідні дані до роботи геоінформаційні системи, теорія
автоматів, онтології, методи побудови розподілених баз даних

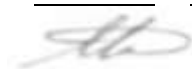
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі мета роботи,
аналіз проблемної галузі і постановка задачі, опис запропонованих
варіантів оптимізації, використовувані методи та алгоритми, опис
розробленої програмної системи, опис застосованих програмних рішень,
аналіз можливих застосувань

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз предметної галузі	31 березня 2022	<i>виконано</i>
2.	Огляд існуючих методів	10 квітня 2022.	<i>виконано</i>
3.	Розробка алгоритмів, проектування та розробка ПЗ	15 квітня 2022	<i>виконано</i>
4.	Підготовка пояснювальної записки	20 квітня 2022	<i>виконано</i>
5.	Спецчастина	28 квітня 2022	<i>виконано</i>
6.	Підготовка презентації та доповіді	03 травня 2022	<i>виконано</i>
7.	Попередній захист	05 травня 2022	<i>виконано</i>
8.	Нормоконтроль, рецензування	07 травня 2022.	<i>виконано</i>
9.	Занесення роботи в електронний архів	08 травня 2022.	<i>виконано</i>
10.	Допуск до захисту в зав. кафедри	11 травня 2022	<i>виконано</i>

Дата видачі завдання 28 березня 2022р.

Студент



 (підпис)

Керівник роботи _____

(підпис)

проф. Шубін І.Ю.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ / ABSTRACT

Кваліфікаційна робота магістра містить: 113 с., 34 рис., 2 табл., 37 джерел.

ГІС СИСТЕМА, ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, РОЗПОДІЛЕНІ БАЗИ ДАНИХ, ФУНКЦІЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ.

Об'єктом дослідження є система екологічного моніторингу та аналізу побудови складних розподілених баз даних за допомогою математичних методів.

Метою роботи є розробка алгоритмів та програмного забезпечення для побудови геоінформаційних систем, що інтегровані з розподіленими системами регіонального управління.

У методах розробки використовується теорія математичного моделювання, геоінформаційні системи.

У результаті роботи зроблено комплекс інструментальних засобів для програмної реалізації розподіленої ГІС системи регіонального управління.

GIS SYSTEM, ENVIRONMENTAL MONITORING, DISTRIBUTED DATABASES, INTERPOLATION FUNCTION.

The object of research is the system of ecological monitoring and analysis of the construction of complex distributed databases using mathematical methods.

The aim of the work is to develop algorithms and software for building geographic information systems that are integrated with distributed regional government systems.

The methods of development use the theory of mathematical modeling, geo-information systems.

As a result of the work a set of tools for the software implementation of the distributed GIS system of regional government was made.

Умови публікації пояснювальної записки

Я, _____ Мігас Владислав Олегович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

студент групи ІПЗм-20-4 здобувач вищої освіти на другому
(магістерському) рівні

кафедра програмної інженерії,
(повна назва кафедри)

заявляю: моя кваліфікаційна робота на тему Дослідження методів
інтеграції ГІС з розподіленими системами регіонального управління,
(назва роботи)

що буде представлена до ЕК для публічного захисту, виконана самостійно, в ній не містяться елементи плагіату і вона може бути опублікована в електронному архіві відкритого доступу EIArKhNURE. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Я ознайомлений з діючим положенням «Про протидію академічному плагіату в ХНУРЕ», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування дисциплінарних заходів.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз стану розв'язання проблеми та обґрунтування цілей дослідження	10
1.1 Використання інтернет-порталів	10
1.2 Аналіз Інтернет-ресурсів екологічної спрямованості	13
1.3 Вибір базових технології для створення ІІ ТАМ	16
1.4 Обґрунтування цілей дослідження	25
2 Опис проведених теоретичних досліджень	27
2.1 Аналіз технологій публікації картографічних даних в Інтернет	27
2.2 Аналіз технологій побудови картографічних Web-інтерфейсів	29
2.3 Алгоритми масштабування карти виділенням області	32
3 Опис розроблених алгоритмів	35
3.1 Просторові бази даних	35
3.2 Моделювання регіональної інфраструктури	37
3.3 Моделі основних елементів	42
3.4 Розробка основних бізнес-процесів системи	46
3.5 Алгоритми відображення картографічної інформації	50
4 Опис розробленого програмного забезпечення	53
4.1 Вимоги до програмної архітектури системи	53
4.2 Модель системи	55
4.3 Зв'язок семантичних і просторових даних	61
4.4 Проектування структури бази даних	62
4.5 Компоненти інтерактивних інтернет-атласів	65
4.6 Реалізація розрахункових моделей на основі РНР технології	68
5 Опис можливості використання отриманих результатів.....	78
5.1 Опис можливостей і принципів роботи	78
5.2 Приклад роботи програми	80

	7
Висновки	82
Перелік джерел посилання	84
Додаток А Перелік джерел посилання за науковими напрямками керівника та науковців кафедри програмної інженерії	88
Додаток Б Звіт результатів перевірки на унікальність тексту	89
Додаток В Слайди презентації	91
Додаток Г Листінг модуля	103
Додаток Д Апробація роботи.....	110
Додаток Е Експертний висновок результатів перевірки кваліфікаційної роботи на відповідність оформлення вимогам ДСТУ	112

ВСТУП

Для дослідження територіально розподілених явищ традиційно застосовуються геоінформаційні (ГІС) технології. Перспективним напрямком є побудова розподілених інформаційних систем на основі інтеграції ГІС і інтернет-технологій. Це пов'язане з необхідністю побудови багатокористувацьких інформаційних систем, що мають розширену функціональність у порівнянні із класичними настільними ГІС. Подібні технології розбудовують в основному великі корпорації – ESRI, MapInfo, Autodesk і ін. Це дорогі рішення, які рідко підходять для малобюджетних проектів органів влади або науки.

Для вирішення завдань керування регіональною інфраструктурою виникає необхідність в інформаційних системах, які забезпечують можливості комбінованого територіального, просторово-тимчасового аналізу галузевих даних. Однією з особливостей регіональної інфраструктури є її змістовне різноманіття – екологія, транспорт, житлово-комунальне господарство, охорона здоров'я, утвір, і ін. Тому необхідна уніфікована інформаційна модель системи, яка дозволяє описувати стан об'єктів з різних галузей регіональної інфраструктури. Важливу роль відіграє наявність картографічного Web-інтерфейсу для роботи з такою системою.

Одним з нових методів організації науково-освітньої середовища є створення єдиного інформаційного простору на базі інформаційно-аналітичного Web-порталу. У цей час ця область тільки починає розвиватися, і поки немає загальноприйнятої методики побудови подібних систем. Тому є актуальними завдання розробки нових технологічних рішень і програмних засобів для створення географічних інформаційних систем у мережі Інтернет, призначений для аналізу й моделювання територіально розподілених процесів.

Використання картографічних Web-інтерфейсів є перспективним методом організації доступу до широкого класу прикладних систем. Необхідні програмно-

технологічні рішення, які забезпечують ефективну передачу (скорочення трафіка) і ергономічну візуалізацію картографічних даних в Інтернет.

Мета роботи полягає в розробці нових інструментальних програмних засобів і технологічних рішень, а також у створенні на їхній основі географічних інформаційних систем, розміщених у мережі Інтернет і призначених для аналізу й моделювання територіальну розподілених процесів.

1 АНАЛІЗ СТАНУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЦІЛЕЙ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Використання інтернет-порталів

Інтернет-портали аналізу й моделювання територіально-розподілених ресурсів і процесів (далі по тексту Інтернет-портали територіального аналізу й моделювання – ТАМ) застосовуються й можуть знайти застосування для рішення науково-дослідних і прикладних завдань економіки, екології, соціології, демографії, історії й ін.

Сучасні Веб-технології мають достатній набір можливостей, для того щоб будувати розподілені системи на їхній основі. Важливою перевагою є використання стандартного Веб-браузера як простого інтуїтивно-зрозумілого засобу доступу до інформації.

При аналізі предметної області виділено такі напрями, що пов'язані з територіально-розподіленими ресурсами і процесами:

- задачі екологічного моделювання;
- задачі аналізу стану земельних ресурсів регіону й інформаційної підтримки керування його земельно-майновим комплексом;
- задачі аналізу регіональної інфраструктури.

При розробці програмних і технологічних рішень основний упор зроблений на використання відкритих, вільно-розповсюджуваних технологіях і програмних продуктах. Це пов'язане з декількома важливими обставинами:

- вартість комерційних рішень і компонентів у розрізі ГІС-інтернет або ГІС-СУБД дуже висока, що обмежує можливість їх використання в бюджетній сфері, а потреба в таких системах у науці, утворі, регіональному й муніципальному утворі швидко зростає;

- можливості технологій і програмних продуктів, створених в ідеї відкритого програмного забезпечення, у більшості прикладних завдань не уступають своїм комерційним аналогам, а в ряді наукомістких дослідницьких

завдань навіть випереджають. Останнє обставина пов'язане з тим, що активну роль у розвитку рішень Open GIS відіграють науково-дослідні науково-освітні колективи й корпорації;

– відкриті проекти є більш мобільними й більш інтенсивно розвиваються завдяки зусиллям інтернет-співтовариства.

При аналізі друкованих і електронних публікацій про геоінформаційних системах в Інтернет основна увага приділена тем з них, які пов'язані із завданнями екологічного моделювання, аналізу стану природних ресурсів, регіональної інфраструктури, соціально-економічних і природних процесів. Система гідрологічного моделювання, заснована на Веб і ГІС технологіях і призначена для рішення завдань гідрологічного аналізу й прогнозування в режимі реального часу – для системи керування міськими ризиками має бути створений прототип картографічного інтернет-сайту з використанням технології SVG для відображення карт показників ризику. На сайті мають бути представлені частки інтерактивних карт із показниками ризику затоплення території, показниками погрози землетрусів для будівель, а також комбіновані карти.

На основі технології Arcims створена система для спільного користування просторових даних, інформації й карт заболочених територій Флориди й суміжних аграрних екосистем [2]. В роботі [3] пропонується підхід TOPMODEL для дослідження моделі навколишнього середовища. Особливістю підходу є використання тривимірного віртуального середовища (VRML) в Веб-браузері.

Проаналізовано матеріали науково-дослідних робіт з екології і математичного моделювання, мети й завдання проекту – розробка, створення й супровід електронних експозицій у форматі науково-освітнього еколого-аналітичного тематичного інформаційного інтернет-сервера для акумулювання наукових і учбово-методичних матеріалів в області геоекологія, математичного моделювання й комп'ютерних технологій, орієнтованих на сучасну екологічну проблематику.

Веб Атлас Канади (<http://atlas.gc.ca/>) надає цікаву добірку тематичних електронних карт і зв'язаної інформації про Канаді.

Геоінформаційна система «Паспорт соціально-економічного розвитку» розроблена в рамках цільової програми «Територіальна інформаційна система» та призначена для зберігання, візуалізації й аналізу статистичних показників соціально-економічного розвитку регіонів. Область застосування системи:

- база даних статистичних показників;
- великомасштабна електронна карта регіону;
- інструментарій для візуалізації інформації (у вигляді таблиць, графіків, тематичних карт);
- база даних підприємств.

Інтенсивно розвивається напрямок ГІС Веб-систем і існує достатня кількість реалізованих проєктів. Електронний екологічний атлас міст, який є інформаційною базою для дослідження екологічних проблем міста [4], у якості вихідної інформації для тематичних шарів атласу були використані опубліковані схеми, карти, дані гідрометео-спостережень, результати геохімічних, геофізичних і інших зйомок, звіти відділів охорони здоров'я [4]. «Екологічний атлас заповідника» містить картографічну й атрибутивну інформацію про природні ресурси і екологічний стані заповідників [5]. Тематичні карти про екологічний стан заповідників побудовані на основі геоінформаційного аналізу, узагальнення й інтерпретації результатів досліджень екосистеми території заповідників.

Геоінформаційна система «Природні ресурси» містить базу даних статей природно-ресурсної тематики й геоінформаційний атлас природних ресурсів регіонального значення.

Крім наукових публікацій, існує достатня кількість інтернет-сайтів, у яких використовується картографічна складова. На сайті журналу Directions (<http://www.ciirectionsmag.com/>) представлена колекція (Веб-Gallery) інтернет-ресурсів з картографічною складовою. Ресурси згруповані по області використання. Кожний ресурс містить короткий опис, зображення копії екрана, список використаних технологій і інші характеристики.

1.2 Аналіз Інтернет-ресурсів екологічної спрямованості

Екологічні інформаційно-аналітичні системи є одним з напрямків спеціалізації наукових інформаційних систем.

Наукові інформаційні системи (НІС) можна визначити як інформаційні системи для доступу до наукової інформації. Основними категоріями користувачів НІС є [5]:

- учені (доступ до актуальної наукової інформації, пошук партнерів, фінансування, устаткування й обчислювальних потужностей);
- викладачі й студенти (знайомство з досягненнями науки й техніки й використання результатів наукових досліджень освітньому процесі);
- інвестори й промисловість (пошук перспективних наукових розробок і нових технологій, а також експертів, здібних оцінити нові наукові результати й технології й сприяти їх впровадженню у виробництво);
- керівники державних органів управління (керування наукою, визначення ролі наукових установ і вчених у науковому процесі);
- громадяни (знайомство з досягненнями науки й техніки).

З урахуванням інформаційних потреб перерахованих вище категорій користувачів виділяють наступні основні види інформаційних ресурсів, з якими працюють НІС: інформація про організації, проектах і звітах про пророблену роботу; персональна інформація; публікації; опис наукових результатів, патентів, технологій і унікального наукового встаткування; інформація про наукові фонди, електронні бібліотеках, базах даних і обчислювальних ресурсах, а також різна нормативно-довідкова й бібліографічна інформація й інші документи, що ставляться до наукової й науково-організаційної діяльності установи [6].

Основним результатом діяльності науково-дослідних колективів, що беруть участь у розробці екологічних інформаційно-аналітичних систем, є методичне, технологічне, модельне й програмне забезпечення для розвитку інформаційної інфраструктури прогнозування впливу, регулювання якості

оточуюча середовища й формування ресурсо-зберігаючого природокористування [3].

Створені до теперішнього часу і розвиваються фрагменти регіональної інформаційної інфраструктури (в екології, охороні здоров'я, керуванні земельними й лісовими ресурсами, у штабах ГО й НС, тощо) – розробки для конкретних користувачів. Накопичуваний досвід можна узагальнювати на базі науково-дослідного інформаційно-аналітичного порталу, у якому екологічна інформація буде представлена у вигляді атласів, математичних моделей, публікацій, і т.д.

Можна виділити кілька можливих функцій екологічного порталу:

- інформаційно-довідкова функція;
- освітня функція;
- науково-дослідна функція;

Дослідження наукових публікацій і відкритих ресурсів мережі Інтернет показало, що інтернет-ресурсів, спрямованих на моделювання територіально-розподілених ресурсів і процесів, досить мало.

Основні сервіси, надавані інтернет-порталом екологічної спрямованості, можна розділити на наступні групи:

- розподілене формування тематичних новинних стрічок;
- ведення тематичного каталогу статей;
- відображення підготовлених екологічних карт;
- ведення поповнюваних баз даних з результатами екологічних вимірів;
- інтерактивна карто-орієнтована візуалізація екологічних баз даних з використанням тематичного картографування й інших засобів;
- публікація інтерактивних моделей, що дозволяють проводити вичислювальні експерименти на стороні сервера.

Більшість сайтів містять картографічні атласи екологічної спрямованості, уміст яких в основному статично. Для публікації екологічних даних на карті використовуються два основні підходи:

- відображення підготовлених картографічних шарів з даними;

– тематичне розфарбування шару-підкладки.

Перший метод дозволяє відображати довільні просторові розподілу на території у вигляді серії ліній або областей з однаковим значенням показника. Однак для додавання нових даних у систему такий підхід може вимагати значних зусиль із боку адміністратора. Другий метод призначений для відображення даних, які ставляться до деяких об'єктів на території. Це можуть бути муніципальні утвори, райони, заповідники, і ін. Для візуалізації даних використовується тематичне картографування шару з об'єктами із застосуванням механізмів динамічної побудови тематичних карт. Цей метод дозволяє досить просто організувати зберігання вихідної інформації в базі даних. У результаті, керування даними (додавання нових показників, редагування даних, видалення) у системі суттєво полегшується.

Ресурсів, на яких були б представлені інтерактивні моделі територіально-розподілених ресурсів або процесів, виявити не вдалося. Зусилля наукового співтовариства об'єднаної Європи й заходу шостої рамкової програми Євро союзу спрямовані на усунення розриву між високим рівнем наявних наукових розробок і слабкістю методів, використовуваних у практиці керування. Сучасні інформаційні технології дозволяють об'єднати багатопредметні наукові розробки з комплексними даними моніторингу й дати користувачеві прості й наочні засоби аналізу складних екологічних, соціально-економічних явищ [4].

В досліджених інформаційно-обчислювальних ресурсах екологічного призначення можна виділити три функціональні підсистеми, орієнтованих на три групи користувачів:

– науково-дослідна підсистема (створюється й використовується як розподілена екологічна лабораторія науково-дослідних організацій);

– інформаційно-аналітичні сервіси підтримки прийняття рішення (створюються як відчужуваний продукт діяльності науково-дослідницької підсистеми й використовуються для завдань розрахунку критеріїв і сценаріїв оптимального природокористування);

– інформаційно-довідкова підсистема, що призначена для інформування громадян і розвитку системи екологічної освіти (як правило, створюється на основі підсистем 1 і 2).

В роботі [4] пропонується створити єдиний інформаційний простір із загальними інформаційними ресурсами, що містять: як службові (корпоративні), так і відкриті бази даних і документів, уніфіковані інформаційні моделі навколишнього середовища, математичні моделі екологічних процесів, програмні засоби, середовище наукового моделювання й обчислювальних експериментів, інструментальні програмні засоби й опис технологій створення наукомістких додатків. Основним елементом такого простору є науково-дослідний інформаційно-аналітичний портал. Комплекс, що перебуває на стороні сервера, обчислювальних моделей і екологічних геоданих дозволяє окремому користувачеві ефективно вирішувати завдання екологічного моніторингу [8].

Запропонований в [4] підхід дозволяє вирішувати й інші завдання, що пов'язані зі створенням наукомістких інформаційних і аналітичних модулів територіально-розподілених об'єктів, ресурсів і процесів.

1.3 Вибір базових технологій для створення ІІІ ТАМ

Предметна область розробки інтернет-порталів аналізу й моделювання територіально-розподілених ресурсів і процесів дуже широка, для того щоб однозначно визначити кінцевий перелік інформаційних технологій, що вимагаються для їхнього створення. Однак існує можливість скласти базовий перелік тих з них, які знайдуть своє застосування в більшості типових завдань. Якщо вести розгляд з погляду головних особливостей подібних інформаційних систем, то можна виділити наступний перелік:

– системи керування базами даних необхідні, як основа для побудови сховищ даних, що володіють стрункою логічною структурою. Сучасні розподілені

СУБД застосовуються для великих обсягів зберігання й обробки різномірної інформації;

- геоінформаційні системи знайдуть застосування в більшості задач, оскільки предметна область пов'язана з територіально-розподіленими ресурсами та процесами.

- технології Інтернет знайдуть застосування для організації взаємодії в розподілених системах і як засіб створення тонких клієнтів;

- використання елементів OLAP-технологій дозволяє організувати зберігання, керування, аналіз і візуалізацію багатомірних даних.

- застосування технологій захисту інформації необхідно для більшості розв'язуваних завдань у багатокористувацьких середовищах.

На основі аналізу поточного стану предметної області, сучасних підходів до створення інтернет-ресурсів, а також інших міркувань можна визначити основні компоненти інтернет-порталу аналізу моделювання територіально-розподілених ресурсів і процесів. Основні структурно-функціональні блоки порталу:

- інтернет-портал з набором стандартних сервісів (рубрикатор, пошук, форум, авторизація, і ін.);

- механізм ведення проектів різних тематик із засобами розмежування прав доступу, керуванням ресурсами тощо;

- засоби для постановки завдання для моделювання (вибір модифікації чи початкових і граничних умов);

- засоби візуалізації результатів розрахунків.

Механізм зберігання й керування електронними документами. Для реалізації будуть потрібні наступні програмні блоки:

- система керування вмістом сайту;

- механізм розмежування доступу;

- сховище просторових даних;

- сховище атрибутивних даних;

- картографічний сервіс для формування електронної карти в Веб-браузері, обробки просторових запитів, виконання просторових операцій над об'єктами;
- сервіс моделювання;
- компоненти візуального редагування тексту в Веб-браузері – для виправлення електронних документів безпосередньо в Веб-браузері.

Працюючи з Веб, користувач «переміщається» між серверами, тобто послідовно з'єднується з ними й одержує інформацію, як правило, у вигляді гіпертексту. У мережі Інтернет WWW відіграє настільки важливу роль, що саме її часто мають на увазі, говорячи про Інтернет, що, загалом кажучи, невірно [8]. Згідно з останньою версією стандарту мови HTML, Веб – це мережа інформаційних ресурсів, у якій для доступності цих ресурсів найбільш широкої аудиторії використовується три механізми.

Єдина схема іменування ресурсів. У термінах Веб усі ресурси, до чого може одержати доступ користувач, – документи, зображення, програми, – називається ресурсами. Кожний ресурс має унікальний для Веб адрес, називаний універсальним ідентифікатором ресурсу. Протокол для доступу до ресурсів через Веб. Взаємодія між клієнтом і сервером Веб здійснюється шляхом обміну повідомленнями по протоколу НТТР (Hypertext Transfer Protocol, RFC 1945, 2068), який відноситься до протоколів прикладного рівня. На практиці в переважній більшості випадків транс кравцем протоколом для НТТР є протокол ТСП, причому сервер НТТР (сервер Веб) перебуває в стані очікування з'єднання з боку клієнта стандартно по портові 80 ТСП, а клієнт НТТР (браузер Веб) є ініціатором з'єднання.

Під Веб-технологіями розуміють всю сукупність засобів для організації WWW. Оскільки в кожному сеансі взаємодіють дві сторони – сервер і клієнт, Веб-технології розділяються на дві групи – технології сторони сервера (server-side) і технології сторони клієнта (client-side). Завдяки Веб-технологіям, користувачеві доступні не тільки статичні документи, але й такі ресурси, як програми або бази даних [9].

Великий внесок у розвиток веб-технологій вносить організація World Wide Веб Consortium (W3C). Завдяки зусиллям його учасників був вироблений великий набір специфікацій і стандартів – CSS, DOM, XML, XSLT, Xpath, і ін.

Мова HTML – мова розмітки гіпертексту є основним засобом представлення інформації у вигляді гіпертексту в Веб. Найважливішим поняттям мови HTML є поняття елемента. Під елементами розуміються структури, з яких будує ся документ мовою HTML. Деякі елементи можуть містити в собі інші. Кожний елемент у документі HTML може включати три частини: початковий тег, зміст і кінцевий тег [10]. Однак розвиваються суміжні технології, наприклад, мова XHTML – це HTML, записаний відповідно до синтаксичних правил XML.

Мови сценаріїв. Одним з основних недоліків мови HTML є пасивність і статичність документів на цій мові, тобто не можливість алгоритмічної побудови вмісту документа в відповідності із програмою, що реалізує алгоритм, або залежно від дій користувача, що переглядає документ. Для подолання цих недоліків у мову HTML уведена підтримка сценаріїв – програм, що завантажуються із сервера разом з документом HTML і виконуваних навігатором при перегляді цього документа. Існує кілька мов, на яких може бути написаний сценарій (JavaScript, JScript, VbScript, ECMA Script, і ін.). Найбільшою популярністю користується мова JavaScript, що реалізувала підтримку сценаріїв сторони клієнта у своєму браузері [11].

Каскадні таблиці стилів – це декларативна мова для опису візуального стилю документів [12]. Стилі задаються у вигляді набору властивостей елементів, окремо від структури й вмісту документа. В HTML документі стилі можуть записуватися в трьох різних формах:

- визначення стилю усередині тегу (inline);
- таблиця стилів для всього документа;
- зв'язані таблиці стилів (linked).

Термін «каскадні» у визначенні відбиває можливість злиття декількох таблиць стилів у вигляді однієї таблиці для окремого елемента.

Переваги використання CSS:

- гнучка модель стилів документа.
- менший розмір документів, якщо використовуються зв'язані таблиці стилів.

Специфікація об'єктної моделі документа, задає базовий набір програмних інтерфейсів для обробки структурованих документів у форматах XML, HTML, тощо. Програмні інтерфейси є незалежними від платформи й основної мови програмування. У міру розвитку цієї технології й додавання нових функціональних можливостей було вироблено кілька версій специфікації. У цей час ця технологія широко використовується, і практично в кожному середовищі програмування є реалізація DOM. У всіх сучасних Веб-браузерах реалізована об'єктна модель документа (DOM) для гнучкого керування вмістом HTML-документа безпосередньо із клієнтських сценаріїв.

Крім перерахованих вище технологій, можна виділити ще кілька технологій, які досить широко застосовуються. Частина з них підтримується прямо, для інших необхідно встановити модуль розширення до Веб-браузера. Java-аплети – це програми мовою Java, вбудовані в HTML документ. Аплети, як і інші Java-програми, виконуються у віртуальній машині (VM) Java, яка повинна бути активована в Веб-браузері. Аплети в основному призначені для створення складних користувацьких інтерфейсів. Елементи керування ActiveX. Деякі Веб-браузери підтримають впровадження ActiveX елементів керування в HTML документ. ActiveX компоненти побудовані на основі технології COM (Component Object Model) і поширюються в бінарному (відкомпільованому) виді.

Основне завдання Веб-сервера – обробка запитів клієнтів і організація доступу до ресурсів (звичайно у вигляді гіпертекстових документів).

На початку розвитку Веб-технологій ресурсами служили файли в гіпертекстовому форматі й зображення, розташовані у файловій системі сірий віра. Однак такий підхід добре підходить тільки для статичних інформаційних ресурсів. Для того щоб створювати динамічні Веб-сайти були розроблені ряд технологій і інтерфейсів.

CGI – Common Gateway Interface є стандартом інтерфейсу зовнішньої прикладної програми з Веб-сервером. При обробці за прося до CGI-ресурсу Веб-сервер робить запуск CGI-програми, якої делегується обробка вхідного запиту. При цьому CGI-програма запускається окремим процесом, що вимагає значних ресурсів сервера.

FastCGI – аналог інтерфейсу CGI, що володіє більш високої продуктивністю. Основна відмінність у тому, що програма-шлюз не вивантажується відразу з пам'яті сервера й може обробити кілька запитів.

Модуль Веб-сервера. Для розширення функцій Веб-сервера створюється додатковий модуль. Програмний інтерфейс модуля повністю залежить від використовуваного Веб-сервера (наприклад, ISAPI для Microsoft IIS, Apache DSO для Apache).

Основні технології для створення динамічних Веб-додатків:

Perl – один з перших інтерпретованих мов для створення сирій вірних сценаріїв. У ньому використовується досить складні й заплутані мовні конструкції. У цей час застосовується все ре же й рідше.

PHP – одна з найбільш популярних відкритих технологій для створення динамічних Веб-сайтів. Можливості мови розширюються за допомогою додаткових модулів. Зроблений упор на об'єктно-орієнтований підхід, мова небагато змінилася і стала більш походити на Java.

ASP – технологія активних серверних сторінок від компанії Microsoft. Використовується в основному тільки з Веб-сервером Microsoft IIS і «прив'язаний» до платформи Windows. Можливості самої мови до вільно бідні. Для додавання нових функцій використовуються компоненти ActiveX. ASP.Net – розвиток технології ASP і перехід на платформу Microsoft .Net.

Сімейство Java технологій. Основною технологією для побудови інтернет-додатків на основі Java є специфікація Java Servlet від компанії Sun. Однак побудова додатків безпосередньо на основі цієї технології досить трудомістка. Існує кілька надбудов над цією технологією, які полегшують задачу розробки інтернет-систем [12].

У міру історичного розвитку змінювалися й змінюються інформаційні технології й підходи, використовувані для публікації інформації в Інтернет. На сьогоднішній день можна виділити наступні основні підходи:

Статичний сайт. Уся інформація зберігається у вигляді заздалегідь підготовлених статичних файлів усередині файлової системи. Подібний сайт може виконувати тільки інформаційну функцію. У цього підходу множина недоліків, зв'язаних зі статичністю інформації, а також змішанням дизайну й контенту.

Динамічний сайт. Контент динамічних сайтів зберігається зазвичай у базі даних, а на деяких мовах програмування пишуться програми, що генерують із вмісту таких баз HTML-сторінки.

Система керування контентом – це деяке програмне забезпечення, що встановлене на Веб-сервері, що й призначене для створення й обслуговування динамічних Веб-сайтів. Усі вони в тому або іншому обсязі припускають відділення контенту від дизайну, роботу зі співтовариствами, підтримку бізнес-процесів і мінімізацію програмістських зусиль при розробці сайтів. Управляється така система найчастіше через Веб-інтерфейс.

Складність класифікації контент-систем полягає ще й у тому, що при цьому необхідно враховувати десятки параметрів, що відрізняють одну CMS від іншої. Тому всяку класифікацію можна назвати в достатній мері умовної. В теперішній час існує велика кількість CMS, як комерційних, так і вільно розповсюджуваних. З'являються організації, що намагаються об'єднати розроблювачів CMS, створити єдине інформаційне середовище для потенційних користувачів подібних систем, просувати й затверджувати єдині стандарти.

Крім них, існує ряд інтернет-проектів, на яких аналізуються й класифікуються існуючі CMS. Функції систем керування контентом можна розділити на декілька основних категорій.

Створення – надання авторам зручних і звичних засобів створення контенту.

Керування – зберігання контенту в єдиному репозиторії. Це дозволяє стежити за версіями документів, контролювати, хто й коли їх змінював, переконуватися, що кожний користувач може змінити тільки той розділ, за який він відповідає. Крім того, забезпечується інтеграція з існуючими інформаційними джерелами і ІН-системами. CMS підтримує контроль над робочим потоком документів, тобто контроль над процесом їх публікації.

Публікація – автоматичне розміщення контенту на терміналі користувача. Відповідні інструменти автоматично « під ганяють» зовнішній вигляд сторінки до дизайну всього сайту.

Представлення – додаткові функції, що дозволяють покращити форму представлення даних; наприклад, можна будувати навігацію за структурою репозиторія.

За характером взаємодії з користувачем Веб-додатки можна розділити на дві умовні групи. Першу групу становлять традиційні Веб-сайти, побудовані на класичній моделі взаємодії «запит-відповідь». У другу групу входять Веб-додатки, у яких використовується динамічний обмін даними із сервером.

Одне з головних утруднень, з яким зустрічаються розробники інтерфейсів Веб-додатків, полягає в тому, що після того, як сторінка виявилася в браузері клієнта, зв'язок браузера із сервером закінчується. Будь-яка дія з елементом інтерфейсу вимагає повторного звернення до сервера з повторним завантаженням нової сторінки. Через цей Веб-додаток втрачає свою елегантність і повільно працює. Увесь цей процес визначається самою природою HTTP-протоколу й відрізняється від того, як працюють настільні додатки, інтерфейс яких нерозрив але пов'язаний із програмною логікою.

Завдяки мові програмування JavaScript деяку кількість програмної логіки можна перенести в саму HTML-сторінку. Це дозволяє виконувати деякі дії, зв'язані в основному з обслуговуванням користувачького інтерфейсу. Однак цих можливостей буває недостатньо для побудови інтерактивного й практичного Веб-інтерфейсу.

Динамічна модель – основна відмінність від традиційного підходу в тому, що деякі дані можуть завантажуватися із сервера або передаватися на сервер без оновлення основний HTML-сторінки. Цей підхід у тих або інших аспектах відомий розроблювачам уже давно, однак старі ідеї час від часу відкриваються заново під новими назвами, наприклад, Аґах.

Веб-додатки, що створені з використанням даного підходу, часто відрізняються від традиційних більш високим рівнем інтерактивності й практичності.

Відображення деревоподібних структур. Іноді потрібно організувати роботу з деревоподібними рубрикаторами, у яких перебуває велика кількість елементів. Завантаження всього дерева в таких випадках зазвичай не прийнятно, оскільки вимагає передачі великого обсягу даних і вимагає значних ресурсів Веб-браузера для обробки такого дерева. Послідовний спуск по дереву з відновленням сторінки вимагає декількох перезавантажень сторінки, що негативно позначається на інтерактивності й практичності системи. Одним з варіантів рішення цього завдання є асинхронна завантаження списку елементів дерева. Для цього звичайно використовують наступний метод – перші кілька рівнів дерева завантажуються відразу, а елементи наступних рівнів дерева завантажуються асинхронно.

Вибірка елемента з великого довідника – таке завдання виникає, коли користувач повинен вибрати елемент зі довідника з більшим числом елементів. Це може бути, наприклад, тлумачний словник російської мови або список популярних запитів на пошуковому сервері. Користувач може не знати точного написання того або іншого елемента такого довідника. Зміст підходу в наступному. Користувач уводить перші символи, по яких із сервера асинхронно завантажується список найбільш підходящих елементів. Надалі користувач вибирає потрібний елемент вже зі списку, або вводить інші перші символи.

Використання фонових завантаження даних, дозволяє створювати зручні користувацькі інтерфейси для відображення і використання картографічної інформації.

1.4 Постановка задач дослідження

Під поняття регіональної інфраструктури може попадати широкий клас об'єктів, перелік яких і аналізовані характеристики сильно залежать від управлінського завдання. Звичайно розглядають соціальну, економічну, транспортну інфраструктуру. Незважаючи на різноманіття опису регіональної інфраструктури, показана можливість побудови уніфікованої інформаційної моді, яка дозволяє описувати стан об'єктів регіональному інфраструктури.

Аналіз сучасного стану розвитку систем ГІС та регіонального управління виділяє такі особливості, що мають бути вирішені в роботі:

- для оперативного рішення деяких завдань необхідно наявність двох типів користувацьких інтерфейсів – на основі додатка й у вигляді Web-сайту;

- система повинна підтримувати багатокористувацький доступ з механізмом розмежування прав доступу;

- довідники й таблиці даних мають різний набір полів. Необхідний механізм для створення довідників і таблиць з довільною внутрішньою структурою;

- деякі атрибути об'єктів є слабоструктурованими даними, тобто не мають строгої структури. Це, наприклад, опис тематичних карт, опис звітів, опис форм введення даних, і ін. Для зберігання й використання подібних даних необхідні спеціальні механізми і програмні засоби;

- необхідний механізм зберігання просторових даних, а також засобу для зв'язку й спільного використання картографічних і семантичних даних;

- необхідна підтримка зберігання файлових даних, зв'язаних інформаційними ресурсами й об'єктами керування.

Розглянуті основні завдання аналізу регіональної інфраструктури. Показана актуальність наявності багатокористувацького доступу до інформаційних ресурсів і сервісам системи, а також підтримки Win32 і Web-інтерфейсів.

Потрібно побудувати інформаційну модель системи аналізу регіональної інфраструктури, описати основні об'єкти й зв'язки між ними, визначити і описати

бізнес-процеси, сформулювати вимоги до програмної архітектурі системи аналізу регіональної інфраструктури.

Подібна модель взаємодії припускає створення проміжного шару логіки між користувальницької і серверної частинами системи.

Цей програмний шар виконує наступні функції:

– обробка подій користувацького інтерфейсу;

– виконання динамічних запитів на сервер;

– обробка результатів запиту;

– відновлення вмісту сторінки (користувацького інтерфейсу). Динамічний обмін даними між клієнтом і сервером може бути однобічним або двостороннім.

При однобічній передачі даних клієнтський додаток тільки відсилає деяку інформацію на сервер. Двосторонній обмін даними припускає як відправлення запиту, так і одержання відповіді із сервера.

2 ОПИС ПРОВЕДЕНИХ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Аналіз технологій публікації картографічних даних в Інтернет

Передача вихідних даних на комп'ютер клієнта – це найбільш простий тип організації взаємодії клієнта й сервера. Він має на увазі організацію на сервері архіву файлів у форматах, підтримуваних різними ГІС-оболонками. Як правило, ці файли розміщуються на FTP або на HTTP серверах, а для того, щоб вони були видні клієнтові «ззовні» організується яка-небудь навігація по цих файлових структурах. Кращий результат у цьому випадку досягається з користуванням обох типів серверів:

- HTTP – для навігації по архіву й опису карт;
- FTP (як більш швидкий протокол передачі даних) – для них передачі по мережі Інтернет.

Далі ці файли обробляються ГІС-додатком, наявним на комп'ютері клієнта. У цьому випадку мережне програмне забезпечення дозволяє тільки пересилати файли даних, головним чином, цифрових карт, із сервера на комп'ютер клієнта. Даний тип Webgis-сервера обходиться лише стандартними FTP і Web програмними засобами.

Картографічні ресурси з доступом через web-браузер – основною характеристикою таких систем є використання Web-браузера як клієнтського додатка. Ця група web-ресурсів найбільш популярна в цей час у мережі Інтернет. Існує велика кількість підходів і технологій для публікації картографічних даних усередині web-сайтів. За технологіями побудови клієнтського додатка можна виділити наступні основні підходи:

- використання базових Web технологій (HTML, CSS). Основна гідність цього підходу в тому, що немає особливих вимог до Web-браузеру клієнта. Крім цього, такі ресурси досить просто й швидко створюються. З недоліків можна відзначити відсутність засобів для побудови гнучких і функціональних

інтерфейсів користувача, а також погану застосовність цього підходу для рішення деяких завдань;

– використання динамічних Web технологій (HTML, CSS, DOM, Javascript, Remote Scripting). Подібний підхід дозволяє створювати практичні й комфортні для користувача інтерфейси. Для доступу до такого ресурсу підійде практично будь-який сучасний Web-браузер. Перевага підходу в тому, що також немає особливих вимог до Web-браузера;

– використання додаткових модулів. Існує широкий спектр технологій, які підтримуються Web-браузерами через додаткові модулі розширення. З найпоширеніших можна відзначити технологій Java, ActiveX, SVG. Ці технології дозволяють суттєво розширити можливості Web-браузера в декількох аспектах – взаємодія із сервером, візуалізація даних, реалізація програмної логіки.

ГІС Web-технології дозволяють створювати інтерактивні системи для рішення широкого кола завдань. Використання стандартного Web-браузера як клієнтського додатка дозволяє створювати системи для широкого кола користувачів.

Картографічні сервіси призначені для роботи із просторовими даними в розподілених системах. Вони не містять користувальницького інтерфейсу й призначені тільки для обробки запитів. Клієнтські додатки надають інструменти для роботи з картографічною інформацією за допомогою взаємодії з одним або не скількома сервісами. Існує кілька способів реалізації клієнтського додатка. Це може бути Web-сайт, серверна частина якого використовує картографічний сервіс іншого сервера. Це може бути й настільний додаток, який використовує ресурси одного або деяких картографічних сервісів. Використання картографічних сервісів дозволяє створювати системи, у яких просторові дані зберігаються й обробляються розподілене.

В цієї області особливої уваги заслуговують роботи зі стандартизації, виконувані членами консорціуму OpenGIS – міжнародної громадської організації заснованої в 1994 році. Ціль OGC надати вичерпний набір від критих специфікацій, які дозволять розроблювачам створювати здатні до взаємодії

компонента геоінформаційних систем. У рамках OGC уже розроблена множина специфікацій [14], які встановлюють ряд взаємозалежних стандартів обміну геоінформаційними ресурсами, у тому числі:

- Web Map Service – формування зображення ділянки карти, отримання інформації про об'єкти карти;
- Web Feature Service – вибірка, додавання, редагування, видалення об'єктів карти;
- Styled Layer Descriptor – опис стильового оформлення шарів карти;
- специфікації реалізації OGC, як правило, складаються з опису моделей даних і інтерфейсів для декількох профілів (обчислювальних платформ).

2.2 Аналіз технологій побудови картографічних Web-інтерфейсів

Особливість спеціалізованого програмного забезпечення у тому, що в якості клієнтського програмного забезпечення використовується окреме настільний додаток. Взаємодія користувачького й серверного додатків побудоване на базі клієнт-серверної архітектури. Такий підхід найбільше підходить для закритих рішень, призначених для рішення певного завдання й використовуваних вузьким колом користувачів. Основні переваги:

- підхід дозволяє створити найбільш зручне й функціональне клієнтське робоче місце.
- можливість додаткової оптимізації роботи системи (кешування даних, оптимізація запитів, спеціалізовані формати даних для передачі по мережі, ...).

Однак такій архітектурі властиві й недоліки:

- необхідність розробляти окреме клієнтське програмне забезпечення;
- складність відновлення клієнтського ПЗ;
- можливі конфлікти із системами безпеки мережі, при використанні специфічних мережних протоколів.

Приклад системи, побудованої на такому підході, описаний у [11].

Функціональні можливості, надавані системами публікації геопросторових даних в Інтернет, принципово мало відрізняються від тих, які доступні при використанні самих базових ГІС. Реалізація користувацького інтерфейсу на основі використання стандартних елементів мови HTML трохи знижує ефективність експлуатації системи, однак, принципові можливості по візуалізації й аналізу даних залишаються незмінними.

Як правило, технологія роботи з ГІС-даними в Інтернет передбачає трирівневу архітектуру [12]:

Сервер просторових даних, що забезпечує ефективну взаємодію з Web-сервером шляхом обміну запитами на отримання даних з різних джерел.

Засоби створення фрагмента карти, що дозволяють вмонтувати його в Web-сторінку.

Інтернет-додаток, що надає вилученим користувачам можливість роботи з картами в мережі.

Користувацький інтерфейс інтернет-додатка може (повинен) надавати наступні базові можливості:

- навігація по карті;
- переміщення вікна перегляду;
- збільшення/зменшення вікна перегляду (зміна масштабу);
- перехід до повного розміру карти;
- перехід до деякого об'єкта на карті;
- історія зміни вікна перегляду + можливість переміщатися по історії;
- просторові запити;
- запит по виділеній крапці;
- запит по області;
- прямокутна область;
- довільна область;
- формування робочої області;

- карта;
- зменшена карта;
- панель інструментів;
- список шарів + легенда;
- масштабна лінійка.

Найбільш простий варіант побудови інтерфейсу ґрунтується на базових можливостях мови розмітки документа (HTML) без використання Javascript. Для цього найчастіше необхідно використовувати форми (form) мови HTML, які дозволяють організувати зворотний зв'язок з користувачем системи.

Можливість виконання Java-програми на клієнтському комп'ютері дає широкі можливості по оптимізації системи в цілому, включаючи використання спеціальних структур даних, динамічну завантаження даних, та ін. В якості приклада реалізації вказано «The interactive mapping portal» (див. рис. 2.1) [13].

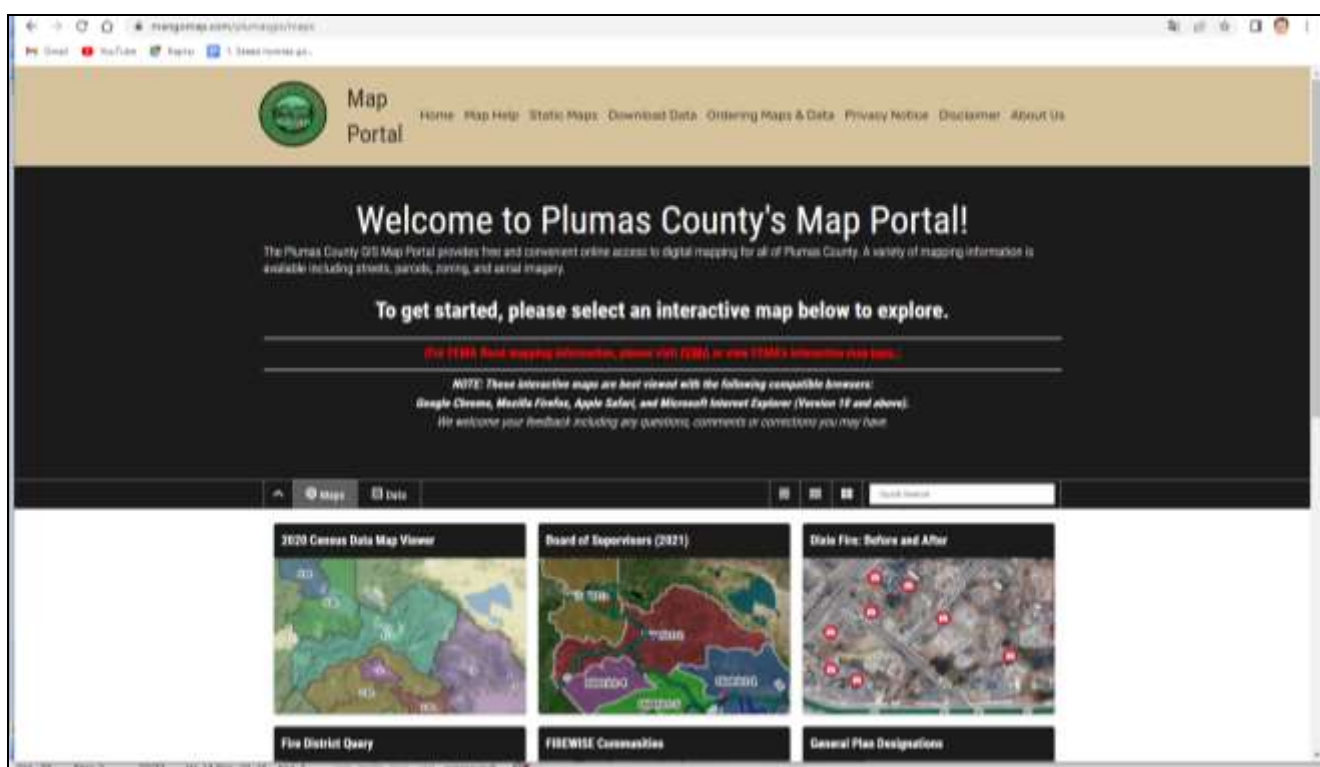


Рисунок 2.1 – Приклад інтерфейсу реалізації [13]

Крім обслуговування користувальницького інтерфейсу, Java-аплети можуть реалізовувати досить складні математичні розрахунки й логікові. Завдяки своїй незалежності від платформи, малому розміру скомпільованого коду, широкому

набору готових бібліотек і програмних інтерфейсів, Java є гарної програмною платформою для реалізації складних розподілених додатків.

У якості ядра системи використовуються компоненти maps від компанії Mapsolute).

2.3 Алгоритми масштабування карти виділенням області

Для цього обробляються події миші на зображенні карти (onmouseover, onmousemove, onclick, onmouseout). Коли користувач починає виділення області на карті, створюється новий HTML-шар у документі – «Область виділення». Цей шар позиціонується поверх зображення карти й у ньому динамічно генерується HTML-код, який виглядає як область виділення. Можна використовувати різні ефекти (стилі, кольори, фільтри) для області виділення. Після того, як користувач закінчив виділення, виконується відповідна дія (найчастіше – відправлення HTML-форми на сервер).

Переміщення вікна перегляду «перетаскуванням» карти Використовуючи JavaScript можна реалізувати механізм плавного «перетягування» карти усередині області перегляду. Це виглядає в такий спосіб. Користувач натискає кнопку миші усередині зображення карти «тягне» її убік, у результаті карта починає зміщатися разом з покажчиком миші. Після того, як користувач відпускає кнопку, виконується запит на сервер, і завантажується нове зображення, яке закриває порожні області, що утворювалися, на карті.

Для реалізації такої можливості буде потрібно використовувати обробку подій миші на зображенні карти й механізм зміни області відсікання в шару.

Для деяких типів картографічних інтернет-систем можна реалізувати кешування карти на клієнтові. Допустимо, що користувач працює з обраним масштабом карти й не міняє його. Уся карта розбивається сіткою на прямокутні фрагменти з однаковими розмірами (у пікселях). Кожний фрагмент має свої

фіксовані координати на карті. Картографічний сервер надає можливість завантажити кожен фрагмент із сервера у вигляді зображення. У клієнтській програмі (на Javascript) будується віртуальна композиція всієї карти із фрагментів. Інтерфейс користувача забезпечує плавне переміщення вікна про огляду по такій карті без відновлення головної HTML сторінки. Ще не завантажені фрагменти карти, які попадають у вікно перегляду, динамічно довантажуються на клієнтський комп'ютер і вбудовуються в композицію карти. При цьому зображення тих частин, які стали вже невидимі (після переміщення області перегляду користувачем) залишаються в пам'яті. І якщо користувач розв'яже повернутися до вже відвіданої області – будуть використані кешовані зображення частин карти. Кеш організується за допомогою засобів мови JavaScript. При необхідності можна реалізувати видалення застарілих даних з кешу, наприклад, використовуючи час останнього доступу до фрагмента або відстань від основного вікна перегляду.

Приклади реалізації: Google Maps [15].

Використовується платформа Drill Down Server (DDS) (див. рис. 2.2).

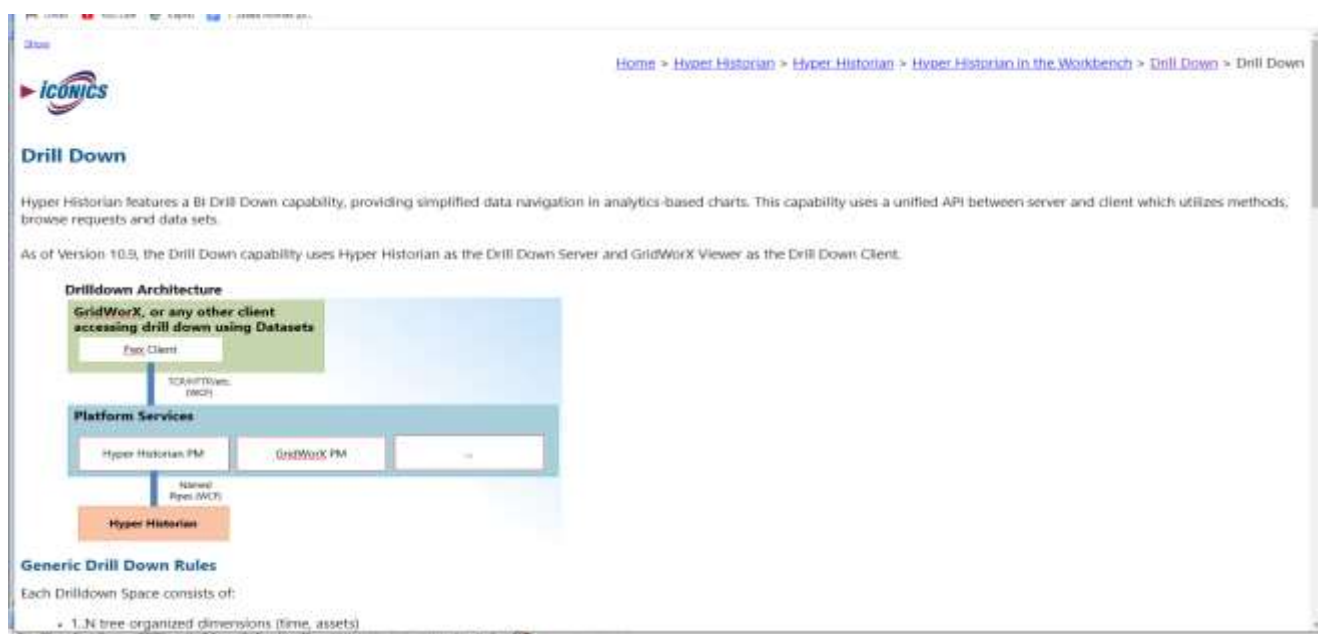


Рисунок 2.2 – Опис платформи DDS [15]

Використання такої техніки дозволяє організувати зручний огляд карти з мінімальним обсягом переданої інформації [14]. Недолік методу – при зміні

масштабу карти або списку видимих шарів усі керовані дані стають застарілими й необхідно починати хешування заново. Крім цього, при відновленні HTML сторінки з картою вміст хешу губиться.

Приклади візуалізації інтерактивних карт по показниках ризику можна побачити в роботі [34].

Переваги:

– багаті можливості зробити зручний інтерфейс користувача з витонченим дизайном;

– відкритий формат даних (на основі XML).

Недоліки:

– необхідність підтримки технологій SVG браузером;

– вимога до швидкодії клієнтського комп'ютера;

– менша популярність у порівнянні з Flash-технологією .

3 ОПИС РОЗРОБЛЕНИХ АЛГОРИТМІВ

3.1 Просторові бази даних

В світовій практиці більші масиви просторових даних зберігають у так званих просторових сховищах даних (spatial datasets) [16], що представляють собою реляційні або об'єктно-реляційні бази даних (БД) з підтримкою геометричних типів даних і операцій над ними. Застосування такого підходу забезпечує логічну цілісність даних і зручність застосування раз особистих перетворень даних [16].

Для збільшення швидкості доступу до просторової інформації використовуються індексування. Найбільш популярні методи індексування – сітковий індекс (grids), квадратичні дерева (quad-trees), R-Дерева (R-trees) [17].

Виділяються дві основні архітектури для зберігання просторових даних у СУБД – активна й пасивна [17]. Ключові відмінності цих архітектури полягають у тому, як просторові дані зберігаються в базі даних і як обробляються (універсальність даних, індексування, обробка транзакцій).

Пасивна. СУБД зберігає просторову інформацію як бінарний об'єкт (BLOB). Для обробки просторових запитів і керування використовується додаткове ПЗ – сервер доступу до просторових даних.

Активна. Підтримка просторових даних вбудована в ядро СУБД. Усі операції над просторовими даними обробляються безпосередньо усередині СУБД.

Розвиваються концепції просторових баз даних із множинними представленнями об'єктів (Multiscale, Multirepresentation) [18].

Переваги використання просторових сховищ даних:

- зберігання просторових даних безпосередньо в таблицях під керуванням реляційних СУБД;
- обробка просторових і гібридних запитів;
- перетворення просторових даних у режимі реального часу;

– індексування просторових даних для підвищення швидкості вибірки даних.

В теперішній час на ринку існують декілька основних рішень в області просторових сховищ даних [19]:

- Spatial Database Engine (SDE), ESIU;
- Spatialware, MapInfo Corporation;
- Spatial Data Option, Oracle Corporation;
- Postgresql / Postgis, Refrations Research.

Переважає більшість рішень є комерційною з вартістю в десятки тисяч доларів. На цьому тлі виділяється рішення Postgresql / Postgis (<http://postgis.refrations.net>, розповсюджуване під ліцензією GNU).

Postgis – це модуль розширення СУБД Postgresql, який додає функціональні можливості для роботи із просторовими даними [20]. Інтерфейс модуля Postgis побудований на основі специфікації Opengis «Simple Features Specification for SQL». У цей час модуль має широкі можливості:

- підтримка всіх типів просторових об'єктів (POINT, LINE-STRING, POLYGON, MULTIPOINT, MULTILINESTRING, MULTI-POLYGON, GEOMETRYCOLLECTION);
- представлення об'єктів у форматах well-known text і well-known-binary;
- методи доступу й створення просторових об'єктів;
- прості функції просторового аналізу;
- бінарні предикати для визначення просторових відносин;
- просторові оператори;
- перетворення системи координат у базі даних;
- підтримка тривимірної геометрії;
- агрегування просторових даних;
- підтримка растрових даних.

Виконаний аналіз дозволив визначити базовий набір технологій і основні компоненти інтернет-порталів аналізу й моделювання територіально-розподілених ресурсів і процесів.

Оскільки розробка орієнтована на реалізацію недорогих проектів бюджетних організацій, органів влади й науки, то перевага повинна бути віддана відкритим технологіям. При цьому спектр функціональних можливостей програмного забезпечення повинен забезпечувати аналітичні можливості на рівні кращих зразків комерційної продукції.

Огляд показав, що для розробки багатокористувацьких геоінформаційних систем в Інтернет будуть потрібні нові додаткові інструментальні програмні засоби й технологічні рішення для просторового аналізу й моделювання.

Особлива увага повинна бути приділена, по-перше, побудові інформаційної моделі структури геоданих адекватної завданням просторово-тимчасового аналізу й геоінформаційного моделювання територіально розподілених об'єктів, ресурсів і процесів. По-друге, розробці користувацьких Web-інтерфейсів, що забезпечують можливості повноцінного аналізу просторової, атрибутивної інформації й побудови геоінформаційних моделей об'єкта дослідження або керування.

3.2 Моделювання регіональної інфраструктури

Програмно-технологічні рішення моделювання територіально розподілених об'єктів, ресурсів і процесів розглянемо на прикладі інформаційної моделі аналізу регіональної інфраструктури. Обмежимося питаннями державного керування регіонального масштабу, які здебільшого пов'язані з аналізом територіально-розподілених об'єктів керування, природних, економічних, екологічних ресурсів і соціально-економічних процесів. У цьому випадку під поняття регіональної інфраструктури може попадати широкий клас об'єктів, перелік яких і аналізовані характеристики сильно залежать від управлінського завдання. Звичайно

розглядають соціальну, економічну, транспортну інфраструктуру. При галузевому аналізі може розглядатися інфраструктура житлово-комунального комплексу, охорони здоров'я, утвору, зв'язки й ін.

Інфраструктура регіональної системи керування може розглядатися й у цілому, включаючи організаційні й територіальні елементи адміністративно-територіального подолу й містячи в собі інфраструктури керування бюджетним процесом, земельно-майновим комплексом, силовими структурами, соціальною сферою й т.п.

Елементами або об'єктами регіональної інфраструктури можуть служити:

– території (муніципальних районів, міських округів, населених пунктів, особливоохоронюваних зон, і ін.);

– землі (сільськогосподарських угідь, лісового фонду, запасу, і ін.);

– об'єкти соціально-економічного призначення (охорони здоров'я, соцкультпобуту, комунального господарства, промисловості, транспорту, зв'язку, і ін.);

– державна й муніципальна нерухомість (будівлі, споруди, дороги, мости, і ін.).

Разом з тим це змістовне різноманіття опису регіональній інфраструктури може бути зведене до інформаційної моделі, що має типову архітектуру. Можливість типізації пов'язана з тим, що просторова модель усякої регіональної інфраструктури представляє собою систему логічно й географічно взаємозалежних майданних, лінійних і точкових об'єктів. Дерева логічних і просторових взаємозв'язків об'єктів інфраструктури визначаються з однієї сторони природою й призначенням розглянутої регіональної інфраструктури, з іншої сторони методами її опису й аналізу стану.

В кожному з таких об'єктів може бути поставлена атрибутивна інформація. На практиці опис об'єктів інфраструктури регіонального керування, як правило, представляє інформаційний ресурс, вартий з множини документів, схем, таблиць і їх опису. Цей інформаційний ресурс може бути підрозділений на довідкові, кадастрові (паспортні), оперативні й історичні відомості

Довідкова інформація служить для однозначної ідентифікації, класифікації, позиціонування й логічного визначення об'єкта в різних функціональних додатках.

Кадастрові відомості й паспорти об'єктів являють собою уніфіковане опис облікових одиниць. Вони, як правило, використовуються в завданнях кадастрового обліку й реєстрації стану об'єкта або прав власності на нього.

Оперативні й історичні відомості відбивають зміна поточного стану об'єкта, статусу його власника або розпорядника. Ці відомості можуть бути представлені у вигляді записів у базі даних, електронних таблиць, графіків, діаграм, текстових документів або їх растрових копій.

В інформаційній системі територіально-орієнтованих завдань аналізу стану регіональної інфраструктури її об'єкти повинні бути прив'язані до інфраструктури просторових даних геоінформаційної системи регіону. У якості таких використовуються векторні карти адміністративно-територіального подолу, кадастровий-кадастрового-земельно-кадастрового управління, адресні плани населених пунктів, фізико-географічні карти, космо- і аеро-знімки. Об'єкти регіональної інфраструктури позиціонуються щодо об'єктів на картах адміністративно-територіального подолу (адміністративна приналежність), прив'язуються до одиниць земельно-кадастрового розподілу (власність і на значення) і до об'єктів адресних планів населених пунктів (поштова адресація, приналежність до територій містобудівного, функціонального й цінового зонування). Фізико-географічні карти й адресні плани населених пунктів використовуються для створення систем навігації й пошуку. Космо- і аеро-знімки доповнюють інформаційні можливості фізико-географічних карт, застосовуються для навігації й по позову об'єктів відсутніх на векторних картах.

Інформаційна модель об'єктів регіональної інфраструктури використовується для створення інформаційних ресурсів і програмного забезпечення інформаційно-аналітичних сервісів органів державної влади регіону по напрямках:

– соціально-економічний стан;

- фінанси, керування бюджетним процесом;
- трудові ресурси й соціальний захист населення;
- екологія, ресурси й природокористування;
- транспорт;
- телекомунікації й зв'язок;
- житлово-комунальне господарство;
- архітектура й містобудування;
- сільське господарство;
- лісове господарство;
- охорона здоров'я, освіта і культура;
- громадський порядок;
- природна й техногенна безпека.

Змістовна різноманітність управлінських завдань і їх постійне розвиток вимагає структурування інформаційних ресурсів не тільки по напрямках використання, але й з позицій характерного часу відновлення відомостей про стан об'єкта інфраструктури. Рішення комплексних завдань аналізу й підготовки програм розвитку вимагають створення уніфікованого опису регіональної інфраструктури й широкого спектра засобів, що забезпечують всебічний аналіз взаємопов'язаних об'єктів інфраструктури й соціально-економічних процесів. Відповідно, інформаційна модель стану регіональної інфраструктури повинна:

- забезпечувати уніфікований опис елементів регіональній інфраструктури різного призначення;
- дозволяти гнучко конфігурувати й розбудовувати інформаційно-аналітичні сервіси слідом за розвитком потреб системи регіонального керування.

Інформаційні ресурси й сервіси застосовуються для рішення за дач обліку, моніторингу, аналізу, економічної оцінки стану об'єктів керування й контролю результатів діяльності суб'єктів управління.

Вихідна інформація сервісів аналізу стану регіональної інфраструктури представляється у вигляді таблиць, графіків, діаграм, тематичних карт і

картограм, що дозволяють оцінити й зіставити різні об'єктів керування. Роботи з аналізу регіональної інфраструктури здійснюються керівниками-аналітиками різної спеціалізації. Форми запити комплексного аналізу, як правило, достатньо складні й спеціалізовані, а вихідні форми регламентовані адміністративними процесами. Тому результати аналізу можуть формуватися у вигляді зведених звітів, які у свою чергу стають інформаційними ресурсами системи аналізу регіональної інфраструктури. Типові форми аналітичних запитів, також можуть бути визначені як одиниці зберігання й включені до складу інформаційних ресурсів.

Істотним моментом є багатокористувацький доступ до інформаційних ресурсів і сервісам системи аналізу регіональної інфраструктури. Її користувачів можна розділити на три великі класи:

- персонал, що забезпечує формування інформаційних ресурсів;
- фахівці, що вирішують завдання соціально-економічного аналізу, оцінки й прогнозу;
- керівники, що здійснюють моніторинг об'єктів керування й контроль результатів діяльності суб'єктів керування.

Одні користувачі формують первинні інформаційні ресурси, другі їх обробляють і формують агреговані опису й інформаційний моделі стану об'єктів керування, треті переглядають і аналізують результати. Інформаційна модель повинна підтримувати можливість створення трьох типів інтерфейсів, які різняться й функціонально й технологічно. Для конфігурування системи, ведення й аналізу територіально-орієнтованої інформації розумно використовувати інтерфейси. Вони забезпечують можливість роботи зі службовою інформацією й можливість редагування даних. Інтерфейси, призначених для первинного наповнення, перегляду й аналізу готових звітів і інформаційних моделей стану об'єктів інфраструктури цікаві інтернет-рішення.

Збір відомостей про поточний стан об'єктів регіональної інфраструктури здійснюється по галузях, відомствах і муніципальним утворам. Джерелом базової статистичної інформації є органи Держкомстату. Різноманітність форм і форматів

описів об'єктів регіональної інфраструктури не повинне стати перешкодою для аналізу.

З однієї сторони потрібна можливість зберігання даних за принципом « як є», оскільки потрібно зберегти можливість аналізу даних у відповідно з галузевими, відомчими методиками. З іншої сторони, регіональним органам влади потрібен комплексний аналіз, автоматизація якого можлива тільки при уніфікованій представленні характеристик об'єктів регіональної інфраструктури й можливості по будови агрегованих моделей її стану.

В відповідності із законодавством, значна частина відомостей про стан регіональної інфраструктури підлягає розкриттю й публікації в Інтернет. Відповідно, повинна бути передбачена можливість автоматизації процесу публічного інформаційного взаємодії органів влади й населення.

3.3 Моделі основних елементів

Виділені наступні основні типи інформаційних ресурсів системи (див. рис. 3.1):

- довідник;
- таблиця даних;
- аналітичний запит;
- шаблони звітів;
- картографічний шар;
- тематичний шар;
- картографічний набір;
- шаблон введення даних.

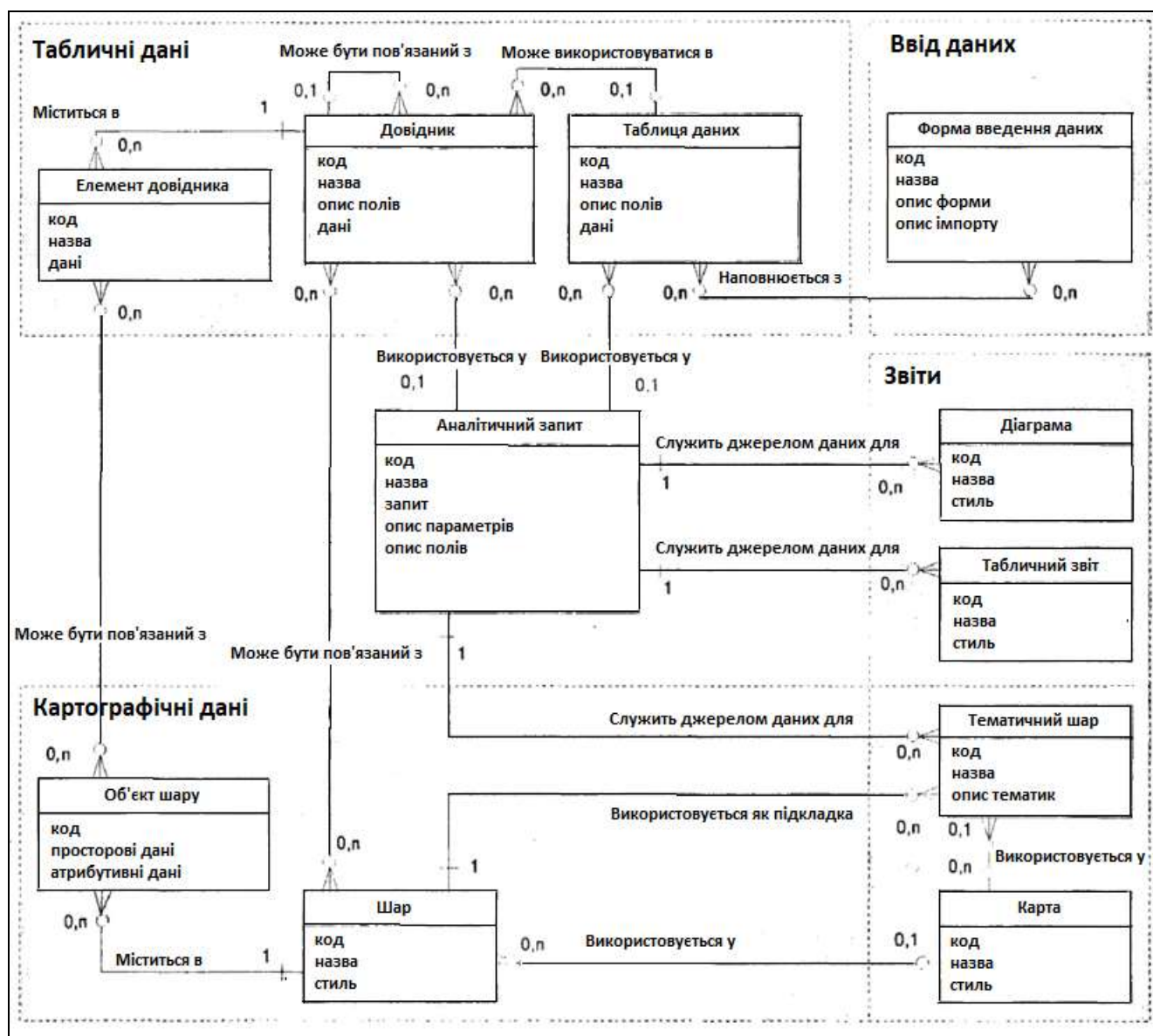


Рисунок 3.1 – Інформаційна модель системи, що розробляється

Довідники призначені для однозначного визначення об'єктів предметної області або їх стану. По суті, вони є плоскими таблицями з довільним набором стовпців – полів довідника. Рядками в такій таблиці є елементи довідника. Довідники можуть мати залежності між собою, коли поле одного елемента довідника містить посилання на елемент із іншого довідника.

Усі довідники можна розділити на два типи:

– кодифікатори й класифікатори – призначені й класифікації об'єктів керування в різних системах їх логічного представлення;

– списки об'єктів керування використовуються для визначення й однозначної ідентифікації об'єктів керування. Вони є елементами регіональної інфраструктури, для яких виконується аналіз стану.

Таблиці даних призначені для зберігання історичних даних про елементи інфраструктури. Кожний запис таблиці складається із двох частин:

– набір ключових полів, які задають простір об'єктів керування (наприклад, муніципальне освіта, рік);

– набір полів даних, які відбивають конкретний стан об'єкта (значення показників).

Аналітичні запити описують вибірку даних з таблиць і довідників системи. У результаті виконання аналітичного запиту формується вихідна таблиця. Набір вхідних параметрів призначений для побудови параметричних запитів.

Шар описує картографічний шар, збережений у системі. Століття уторовані шари складаються з об'єктів шару. Якщо об'єкти шару пов'язані з об'єктами керування, то необхідне зберігання зв'язків між елементами довідника й об'єктами шару. Це забезпечить зв'язок картографічної й семантичної інформації в системі.

Тематичний шар – шар з виконаним тематичним картографуванням (набором тематик). Джерелом даних для класифікації служить результат виконання аналітичного запиту. У якості під ложки використовується один з доступних шарів системи.

Можна виділити кілька видів тематичного картографування:

– тематичне розфарбування;

– картограми (гістограми, кругові діаграми, символи, рози вітрів).

Окремий тематичний шар може містити кілька тематик, наприклад, шар муніципальних утворів з тематичним розфарбуванням по одним даним і гістограми за іншим даними, для кожної з яких задані індивідуальні параметри класифікації й візуальний стиль.

Картографічний набір – підготовлена карта, що полягає з набору звичайних і тематичних шарів. У карті може перевизначитися візуальний стиль кожного шару.

Форми введення даних призначені для організації розподілу введення нових даних користувачами в систему. Окрема форма введення тримає структуру полів і таблиць, візуальне представлення й процес внесення даних у таблиці системи.

Для наочної візуальної представлення даних призначено кілька типів інформаційних ресурсів – діаграми (графіки, гістограми, кругові діаграми, крапкові діаграми), табличні звіти й підготовлені карти з тематичними шарами (тематичне розфарбування, картограми).

На рис. 3.2 показані загальні властивості інформаційних ресурсів, зв'язки з файловими даними й користувачами.

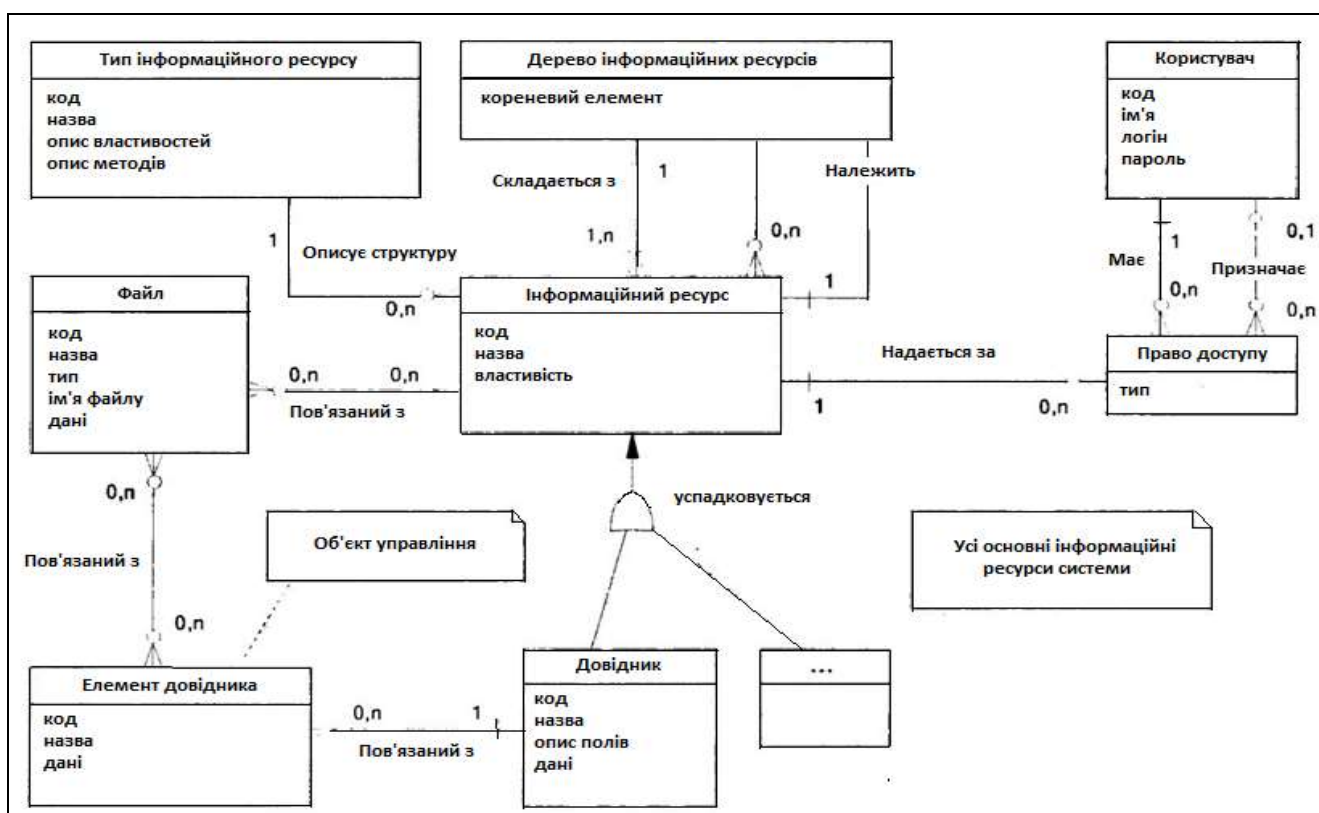


Рисунок 3.2 – Інформаційна модель системи

Для уніфікації роботи з усіма інформаційними ресурсами використовується загальний батьківський клас – інформаційний ресурс, від якого успадковуються всі види інформаційних ресурсів. Дерево інформаційних ресурсів призначене для упорядкування окремих інформаційних ресурсів у єдиний каталог. Файл призначений для зберігання довільних файлових даних (документи, креслення, таблиці, фотографії, і ін.) у системі. Файл може бути пов'язаний з окремими

інформаційними ресурсами або об'єктами керування. Користувач системи може одержати доступ тільки до тем інформаційним ресурсам, на які видані явні або неявні права доступу (читання, запис, повний доступ).

3.4 Розробка основних бізнес-процесів системи

Вихідними даними, які використовуються в системі, є дані про об'єкти регіональної інфраструктури, регіональні й галузеві довідники, статистичні звіти по регіоні, картографічні дані, і ін.

Виділяються три основні бізнес-процеси в системі (див. рис. 3.3):

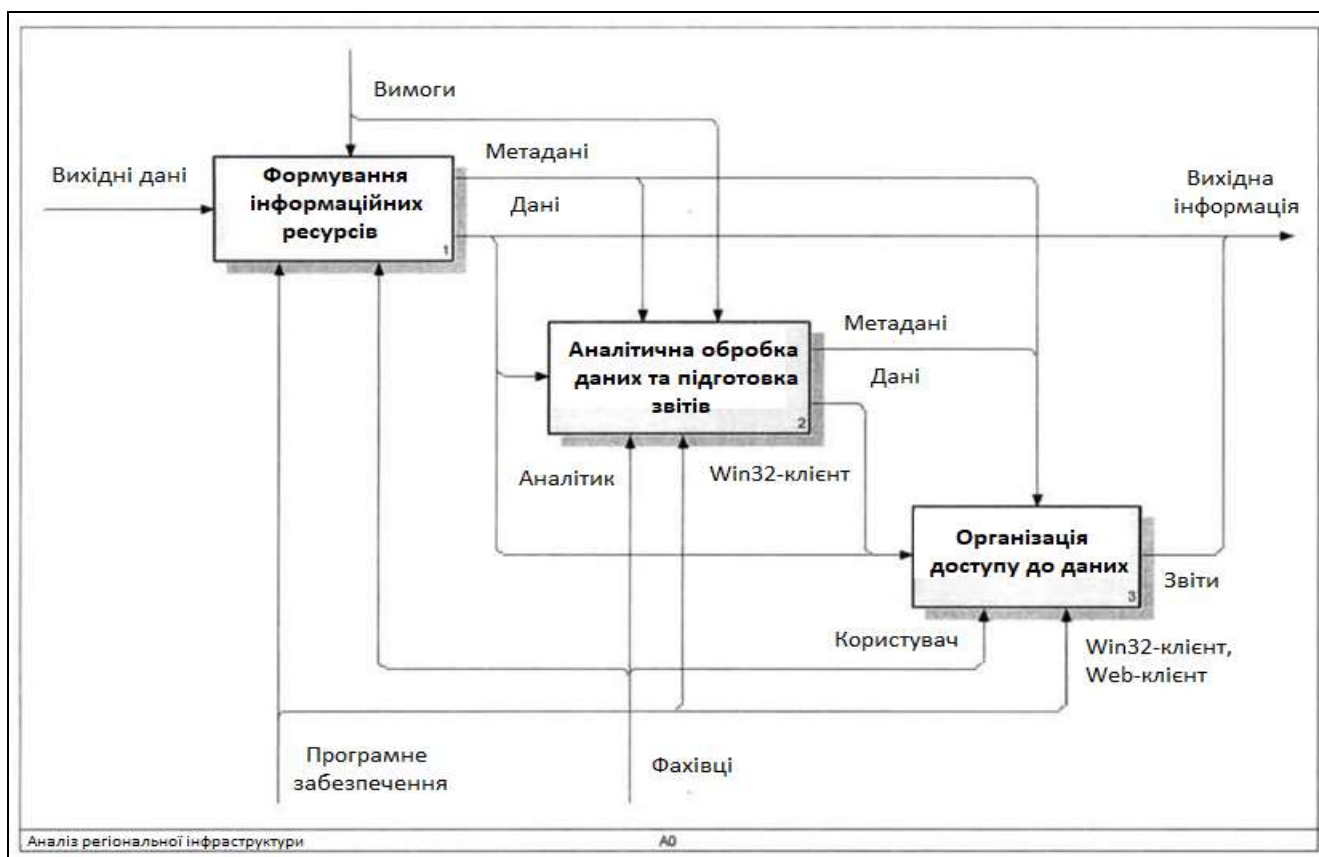


Рисунок 3.3 – Аналіз регіональної інфраструктури

Керуючими даними є довідники й класифікатори вищого рівня, опис типових форм і звітів, і ін.

В якості ресурсів розглядаються фахівці в даній області програмного забезпечення:

- формування інформаційних ресурсів;
- аналітична обробка даних і підготовка звітів;
- організація доступу до даних.

На рисунку 3.4 показаний процес формування інформаційних ресурсів

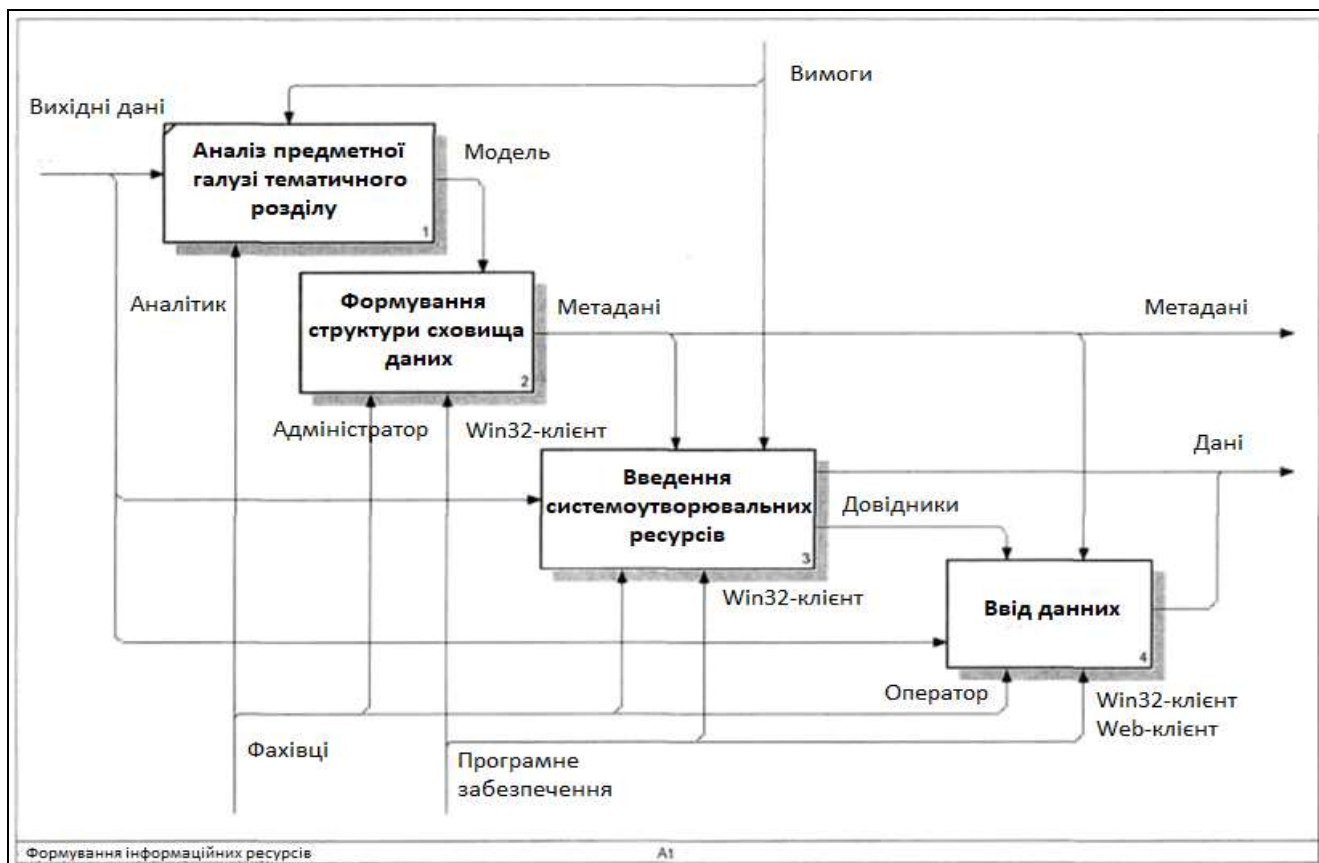


Рисунок 3.4 – Формування інформаційних ресурсів

Процес полягає з наступних частин:

– аналіз предметної області тематичного розділу. Регіональна інфраструктура складається з різних галузей, у кожній з них використовується свої об'єкти, взаємозв'язки між об'єктами, довідники, карти, і ін., тому необхідно провести аналіз кожної галузі й побудувати їхні моделі;

– формування структури сховища даних на основі галузевої моделі підготовляється сховище галузевої інформації, формуються структури довідників і таблиць даних, створюється внутрішня структура розділів;

– уведення системотворчих ресурсів – під системотворчими ресурсами розуміються довідники об'єктів керування, набори картографічних шарів, а так само регіональні довідники;

– введення даних – наповнення сховища даними, які відбивають поточний стан об'єктів регіональної інфраструктури.

Виділяються кілька механізмів уведення табличних даних – безпосереднє введення даних, імпорт даних, використання форм введення даних.

Інформаційна модель аналітичної обробки даних і підготовки звітів представлена на рис. 3.5.

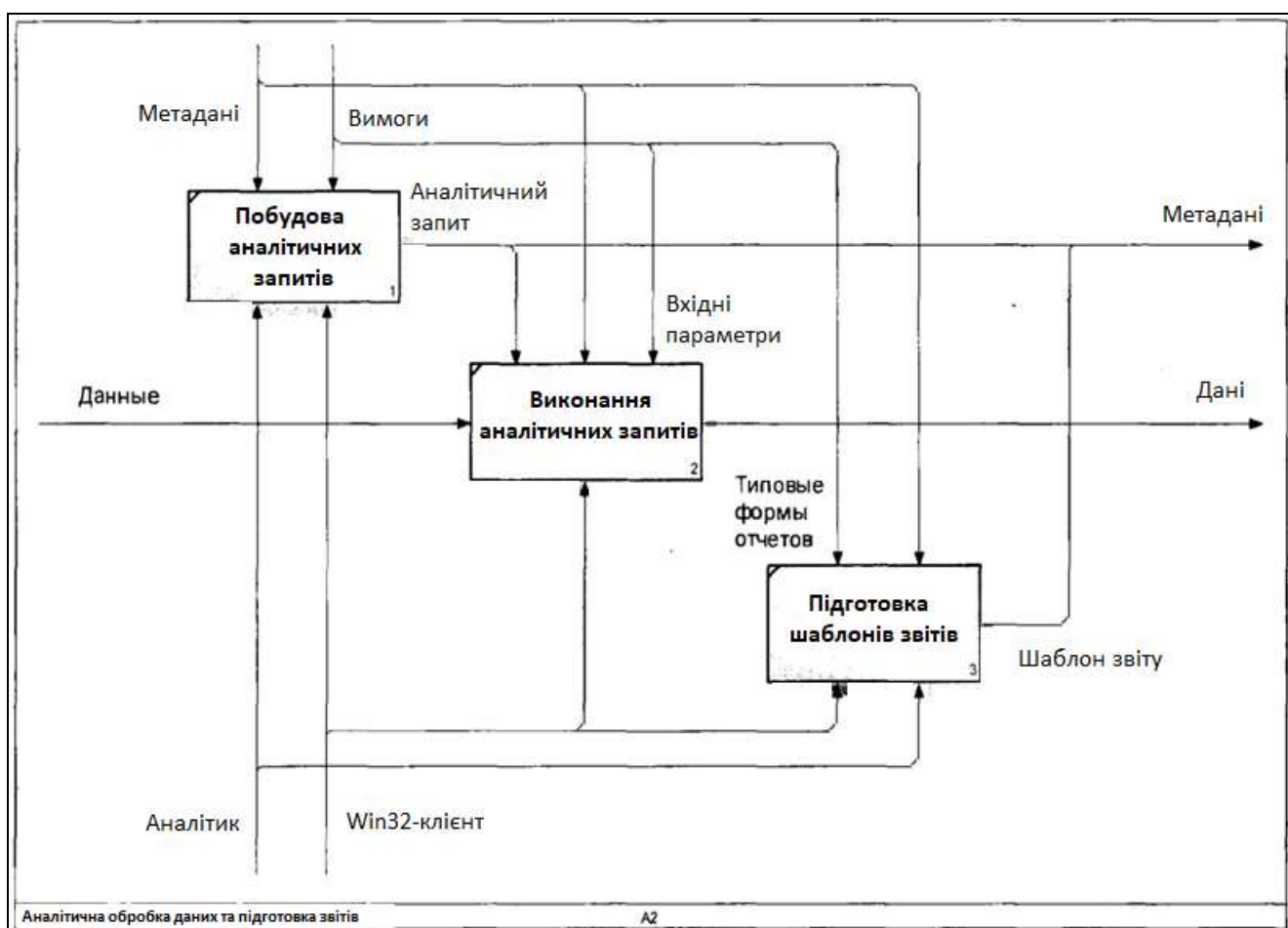


Рисунок 3.5 – Аналітична обробка даних і підготовка звітів

Процес аналітичної обробки даних і підготування звітів полягає з наступних частин:

– побудова аналітичних запитів;

- виконання аналітичних запитів. Підготовлений аналітичний запит у результаті виконання із заданими вхідними параметрами формує таблицю даних;
- підготовка шаблонів звітів. Шаблон звіту описує візуальне представлення даних. Джерелом даних служить результат виконання аналітичного запиту.

Доступ до даних у системі побудований у такий спосіб (див. рис. 3.6):

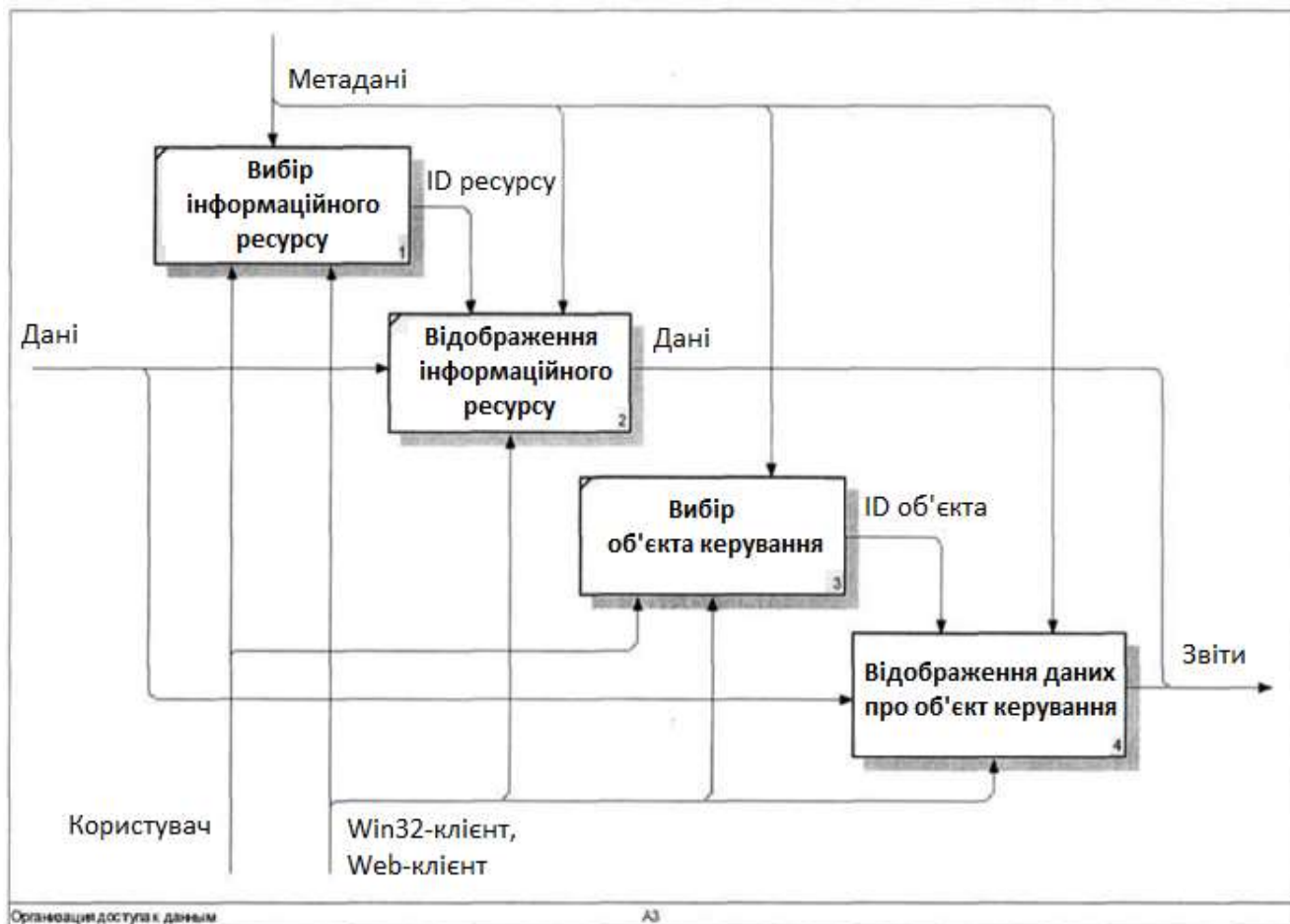


Рисунок 3.6 – Організація доступу до даних

Вибір інформаційного ресурсу. Користувач вибирає необхідний інформаційний ресурс із загального каталогу.

Відображення інформаційного ресурсу. Після вибору ресурсу, відбувається відображення його вмісту у вигляді таблиці, діаграми, тематичної карти, картограми. Також відображаються файли, пов'язані з інформаційним ресурсом.

Вибір об'єкта керування. Користувач вибирає необхідний об'єкт керування з довідника об'єктів або вказуючи його на карті. Відображення даних про об'єкт керування. Існує кілька видів інформації, пов'язаної з об'єктом керування –

паспорт об'єкта, представлення об'єкта на карті, список підлеглих об'єктів, дані про стан об'єкта, список зв'язаних файлів.

3.5 Алгоритми відображення картографічної інформації

Сутність підходу полягає в наступному – зображення ділянки мапи завантажується не відразу повністю, а порціями – фрагментами однакового розміру. Для цього на стороні сервера вся карта розбивається сіткою з рівномірним кроком на частині (див. рис. 3.7). Для кожної частини будується її растрове зображення – фрагмент карти.

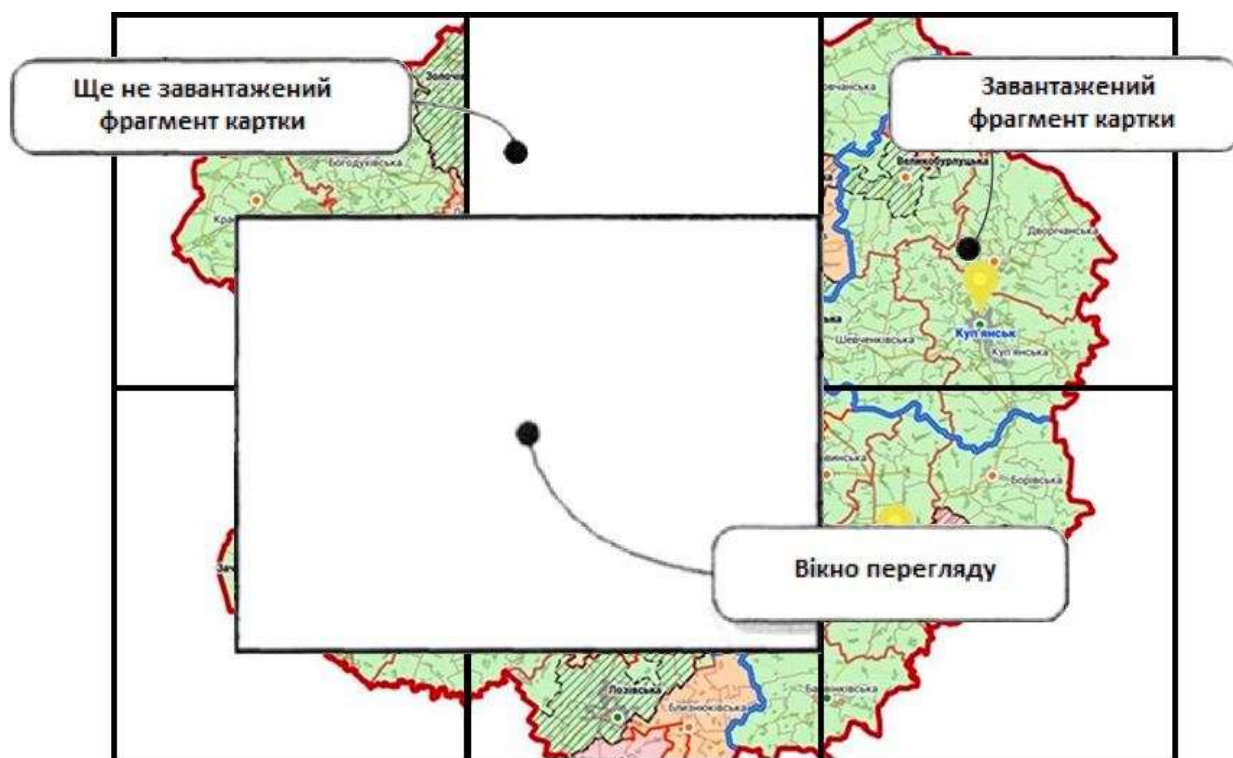


Рисунок 3.7 – Схема формування мапи

Кожному фрагменту співставлений унікальний номер, що містить з відносні координати положення фрагмента по горизонталі й вертикалі, а також масштабний коефіцієнт. На клієнтській стороні, в Web-браузері, із цих фрагментів будується віртуальна композиція всієї карти. При навігації користувача по карті

динамічно довантажуються нові фрагменти карти, які раніше були невидимі. При цьому вузлі завантажені фрагменти залишаються в пам'яті, і, якщо користувач розв'яже повернутися до вже відвіданої області, будуть використані кешовані зображення частин карти. Для кожного рівня масштабування карти є окрема сітка й, відповідно картографічний шар, окремий набір фрагментів.

Застосування підходу дозволяє реалізувати зручний картографічний інтерфейс користувача для рішення широкого кола завдань. Однією з необхідних умов для застосування подібного підходу є розбивка (квантування) простору віртуальних зображень карти на фрагменти. Квантування необхідно виконати по просторовим координатам карти (x, y) і масштабному ряду. Саме при цих умовах можна використовувати переваги даного підходу на повну силу. З'являється можливість організації хешування й динамічного завантаження зображень фрагментів карти як на клієнтській частині, так і на серверній частині системи. Хешування фрагментів на клієнтській частині знижує загальний обсяг переданої інформації з мережі. Хешування фрагментів карти на серверній частині зменшує навантаження на картографічний сервіс. Якщо попередньо виконати розтеризацію всіх можливих фрагментів карти, то, у деяких випадках, можна обійтися в цілому без картографічного сервісу.

Необхідно відзначити, що подібний підхід призначений здебільшого для публікації статичних карт. Це пов'язане з декількома аспектами:

Якщо карта динамічно змінюється (змінюється набір видимих шарів, їх порядок, наносяться нові об'єкти, змінюється розфарбування об'єктів, і т.д.), переваги подібного підходу губляться. Однак, є шляхи вирішення подібних проблем для деяких окремих випадків (див. нижче).

Використання підходу припускає більше число запитів-відповідей між клієнтом і сервером. Динамічна розтеризація фрагмента карти за просторовим даними вимагає досить багато ресурсів сервера. Тому системні вимоги до сервера значно зростають, якщо не прийняти спеціальних заходів.

При розтеризації фрагментів карти виникають складності з динамічно позиціонованими елементами карти (наприклад, підписами об'єктів). Це

проявляється в надлишковім числі підписів об'єктів, недоречнім відсіканні частин підписи, і ін.

Для відображення карти клієнтська частина повинна вирішувати наступні базові завдання:

- визначення фрагментів, видимих у вікні перегляду;
- завантаження фрагмента із сервера й вбудовування його в карту;
- відображення ділянки карти у вигляді композиції з окремих фрагментів;
- обробка подій, що надходять від користувача (переміщення, перегляд, зміна масштабу та ін.).

Крім цієї логіки клієнтська частина може реалізовувати додатковий набір функцій. Для побудови клієнтської частини на основі Web-браузера підходять кілька технологій – DHTML, SVG, Java Applets, ActiveX. Можливостей цих технологій вистачає для реалізації клієнтської логіки картографічного Web-інтерфейсу.

4 ОПИС РОЗРОБЛЕНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Вимоги до програмної архітектури системи

Виходячи з інформаційної моделі системи, можна виділити наступні особливості, що діють:

- для оперативного рішення деяких завдань необхідно наявність двох типів користувацьких інтерфейсів – на основі додатка й у вигляді Web-сайту;

- система повинна підтримувати багатокористувацький доступ з механізмом розмежування прав доступу;

- довідники й таблиці даних мають різний набір полів. Необхідний механізм для створення довідників і таблиць з довільною внутрішньою структурою;

- деякі атрибути об'єктів є слабоструктурованими даними, тобто не мають строгої структури. Це, наприклад, опис тематичних карт, опис звітів, опис форм введення даних, і ін. Для зберігання й використання подібних даних необхідні спеціальні механізми і програмні засоби;

- необхідний механізм зберігання просторових даних, а також засобу для зв'язку й спільного використання картографічних і семантичних даних;

- необхідна підтримка зберігання файлових даних, зв'язаних інформаційними ресурсами й об'єктами керування.

Під поняття регіональної інфраструктури може попадати широкий клас об'єктів, перелік яких і аналізовані характеристики сильно залежать від управлінського завдання. Звичайно розглядають соціальну, економічну, транспортну інфраструктуру. Незважаючи на різноманіття опису регіональної інфраструктури, показана можливість побудови уніфікованої інформаційної моді, яка дозволяє описувати стан об'єктів регіональному інфраструктури.

Розглянуті основні завдання аналізу регіональної інфраструктури. Показана актуальність наявності багатокористувацького доступу до інформаційних ресурсів і сервісам системи, а також підтримки Win32 і Web-інтерфейсів.

Побудована інформаційна модель системи аналізу регіональної інфраструктури, описані основні об'єкти й зв'язку між ними, визначені й описані бізнес-процеси, сформульовані вимоги до програмної архітектури системи аналізу регіональної інфраструктури.

Використання фонового завантаження даних, дозволяє створювати зручні користувацькі інтерфейси для відображення й використання картографічної інформації. На схемі (див. рис. 4.1) показана архітектура Веб-додатку з використанням динамічного обміну даними.

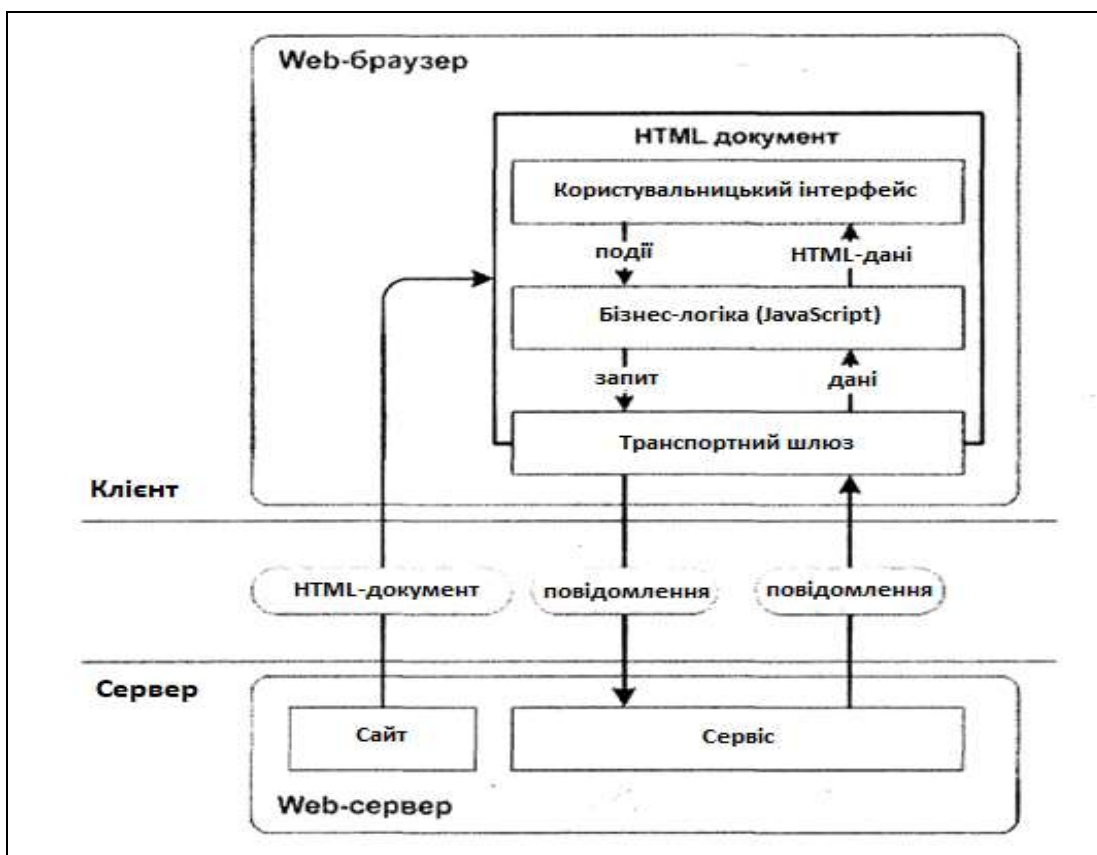


Рисунок 4.1 – Схема взаємодії картографічного веб-сервісу

Подібна модель взаємодії припускає створення проміжного шару логіки між користувацької і серверної частинами системи. Для його реалізації звичайно використовують мову сценаріїв Javascript. Цей програмний шар виконує наступні функції:

- обробка подій користувацького інтерфейсу;
- виконання динамічних запитів на сервер;
- обробка результатів запиту;

– відновлення вмісту сторінки (користувацького інтерфейсу). Динамічний обмін даними між клієнтом і сервером може бути однобічним або двостороннім.

При однобічній передачі даних клієнтський додаток тільки відсилає деяку інформацію на сервер. Двосторонній обмін даними припускає як відправлення за прося, так і одержання відповіді із сервера.

4.2 Модель системи

На основі інформаційної моделі системи лежать ідеї розширюваності й гнучкості. Оскільки в реальному житті вимоги до інформаційної системам можуть сильно мінятися згодом – важливо було закласти необхідну гнучкість системи при її проектуванні. Для цього минулого використані об'єктні технології, технології зберігання слабоструктурованих даних, XML технології й механізми шаблонів.

Усі основні сутності системи представлені у вигляді документів – службових об'єктів системи (див. рис. 4.2).

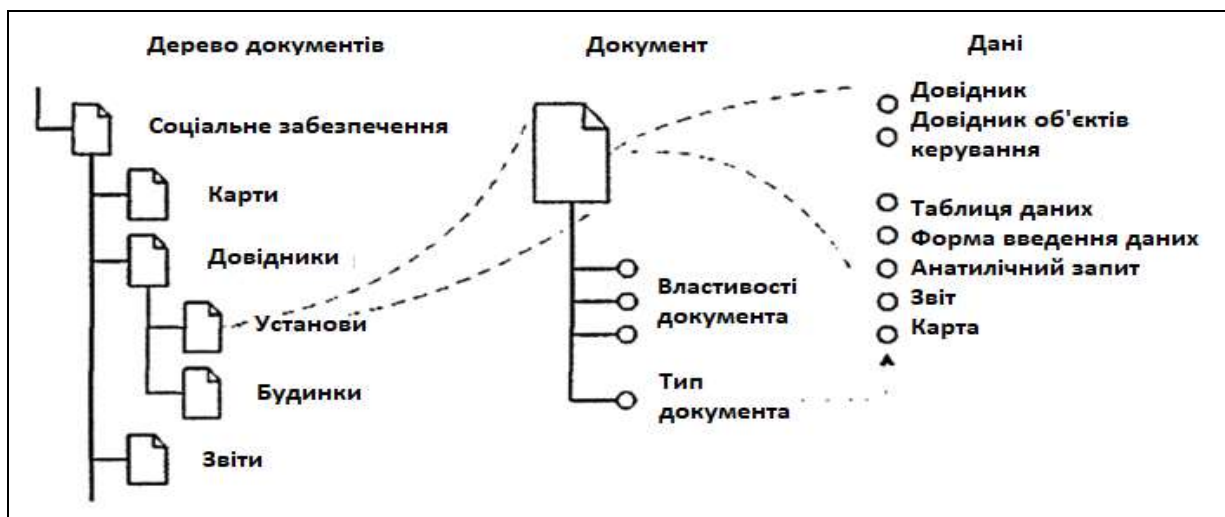


Рисунок 4.2 – Модель системи

З точки зору зберігання даних у системі всі документи рівноправні, однак для зручності прив'язки одних документів до інших вони вибудовані єдине дерево. Тип документа й набір його властивостей задається шаблоном документа. Поняття шаблону документа в нашому випадку має схожий сенс, що й поняття

класу в об'єктно-орієнтованому програмуванні, а кожний конкретний документ у цьому випадку слід розуміти як екземпляр об'єкта даного класу. Набір шаблонів у системі заздалегідь зумовлений і фіксований. Усі документи системи мають базовий набір властивостей (назва, дата створення, дата модифікації, короткий опис). Крім цього, залежно від шаблону, у документа можуть бути додаткові властивості. Вони використовуються розроблювачами для побудови гнучкої внутрішньої моделі даних. Модель даних для зберігання значень властивостей документів передбачає додавання нової властивості в шаблон без зміни структури таблиць БД. Виділені наступні основні типи документів:

- тематичний розділ;
- папка;
- картографічний шар;
- тематичний шар;
- картографічний набір;
- довідник;
- довідник об'єктів;
- таблиця даних;
- аналітичний запит (представлення);
- шаблони звітів;
- шаблон введення даних.

Є також службові документи, що описують внутрісистемну організацію даних. Система дозволяє ввести нові типи документів, наприклад ділову переписку, технічні паспорти об'єктів при участі розроблювачів.

Усі документи системи вибудовані у вигляді єдиного дерева. Це дозволяє організувати зручну навігацію по документах системи, а так же використовувати дерево для керування правами доступу користувачів. Через документи користувач одержує доступ до даних, які він описує (довідник, карта, звіт, і ін.). Користувачі системи можуть створювати нові документи й упорядковувати їх у дереві. При цьому враховуються бізнес-правила, закладені в систему, і розмежування прав

доступу на документи. Таке рішення дозволяє реалізувати гнучке управління об'єктами системи, а так само забезпечити її розширюваність [9].

Для моделювання сховища даних у конкретній предметній області (розділі системи) використовуються документи трьох типів – довідники, довідники об'єктів і таблиці даних.

Довідники призначені для ведення різних кодифікаторів предметної області. За структурою він є плоскою таблицею з набором стовпців – полів довідника й рядків – елементів довідника. Виділено два типи довідників – елементарний (містить жорстко заданий набір полів – `object_id`, `code`, `name`) і довідник з довільною структурою (набір полів задається користувачем). Для зберігання довідників створюються окремі таблиці БД, на відміну від елементарних довідників. Залежно від типу даних, поле довідника може містити як значення (число, рядок), так і посилання на елемент іншого довідника, що дозволяє будувати ієрархічні залежності. Кожний довідник містить обов'язкове поле `object_id`, яке є унікальним ідентифікатором. Причому елементи всіх довідників мають наскрізну ідентифікацію.

Довідник об'єктів схожий за структурою на довідник. Елементами довідника об'єктів є об'єкти керування. Об'єкт – це довільна сутність реального миру (установа №132, автодорога Е-04, громада, і т.ін.). Крім цього, об'єкт має наступні особливості:

- об'єкт може бути присутнім на картографічних шарах;
- з об'єктом можуть бути зв'язані додаткові дані (у особистих даних);
- з об'єктом може бути зв'язаний довільний набір файлів (фотографії, документи, таблиці, архіви, відео ролики, і ін.).

Таблиці даних призначені для зберігання статистичних даних про елементи інфраструктури, з використанням елементів OLAP-технологій. Фізично таблиця даних являє собою плоску таблицю, у якій можуть бути присутнім два типи полів – ключові поля (виміру) і поля даних (заходу). Сукупність ключових полів задає простір станів (наприклад, муніципальний утвір, рік) об'єктів керування. Сукупність полів даних відбиває конкретний стан об'єкта (значення показників).

Передбачено декілька механізмів уведення табличних даних у систему:

- безпосереднє редагування вмісту таблиць (довідників, даних) через інтерфейс адміністратора;

- імпорт даних з файлів;

- додавання даних з використанням механізму шаблонів уведення. Для внесення даних з таблиць формату Microsoft Excel використовується майстер імпорту. Цей програмний модуль дозволяє задати джерело даних, набір даних для імпорту, відповідність полів джерела й приймача й інші параметри;

- передбачене розподілене введення даних користувачами по шаблонах уведення. Шаблон уведення описується XML документом, у якому утримується структура полів і таблиць форми введення, візуальне представлення й процес внесення даних у багатомірні таблиці системи. На основі шаблонів формуються й обробляються форми введення даних.

Для вибірки й аналізу даних використовуються документи типу аналітичний запит. Візуальний конструктор таких документів дозволяє поєднувати дані з декількох таблиць, формувати набір полів вихідної таблиці, фільтрувати дані, створювати вхідні параметри. У режимі перегляду аналітичного запиту виконується вибірка даних за заданою структурою запиту й у результаті формується таблиця з даними. У клієнтських програмах є можливість експорту вибірки у файли форматів MS Excel, RTF, HTML, TXT, CVS.

Для наочної візуальної представлення даних призначені документи типу шаблон звіту. Такий документ містить зв'язок з джерелом даних (аналітичним запитом) і опис візуального представлення звіту у форматі XML. Підтримуються наступні види звітів: таблиці, графіки, гістограми, кругові діаграми, крапкові діаграми, тематичні карти, картограми.

Для роботи з картографічним матеріалом призначені декілька типів документів системи.

Шар – документ системи, який описує картографічний шар. У властивостях документа вказується де зберігаються просторові дані (файл у форматі MapInfo), піктограма шару, а також візуальний стиль шару.

Тематичний шар – шар з виконаним тематичним картографуванням (набором тематик). Це окремий документ, у якому задано посилання на шар підкладку й джерело даних (аналітичний запит, таблиця даних, довідник), а також набір тематик. Система підтримує кілька видів тематичного картографування:

- тематичне розфарбування;
- картограми (гістограми, кругові діаграми, символи, рози вітрів).

Один тематичний шар може містити кілька тематик, наприклад, шар муніципальних утворів з тематичним розфарбуванням по одним даним і гістограми за іншим даними, для кожної з яких задані індивідуальні параметри класифікації й візуальний стиль. Для зберігання тематичного шару використовується XML формат.

Картографічний набір – підготовлена карта, що полягає з на бору шарів і тематичних шарів. У карті може перевизначитися візуальний стиль кожного шару.

У складі інформаційної системи є сервер баз даних, депозитарій картографічних шарів, файловий архів, геоінформаційний інтернет-сайт, клієнтські додатки для відображення й аналізу даних у середовищі Windows і Інтернет (за допомогою стандартного Web-браузера).

Депозитарій картографічних шарів організований на основі файлової системи сервера. Для зберігання просторових даних використовується файли широко розповсюдженого формату MapInfo.

Файловий архів організований також на основі файлової системи. Усі файли впорядковані в довільній ієрархії папок, що задається адміністратором.

Компоненти доступу до файлів і картографічним шарам призначені для керування й обмежування доступу до відповідних ресурсів. Програмно вони реалізовані подібно Web сервісам.

Win32 клієнт – це засіб вилученого керування сховищем даних формування клієнтських ГІС-додатків для моніторингу стану об'єктів керування й візуалізації результатів просторово-тимчасового аналізу даних. У системі можна виділити кілька типів Win32 додатків, кожне з яких спрямовано на рішення певних завдань

(ПЗ Адміністратора, ПЗ Керівника, і ін.). Усі додатки побудовані з використанням єдиної програмно-технологічної бази [32].

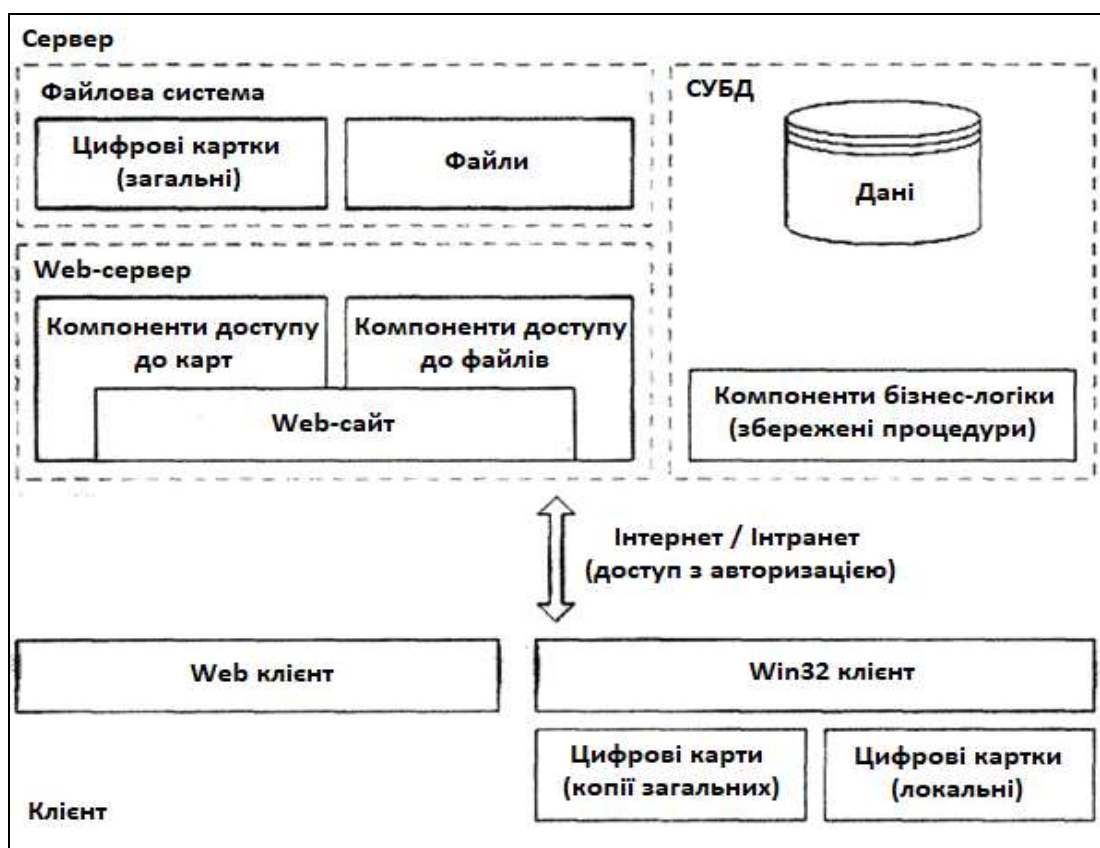


Рисунок 4.3 – Загальна архітектура системи

Картографічна інформація, з якої працює додаток, ділиться на дві групи:

– копії загальних картографічних шарів, розташованих на сервері.

Використання копій дозволяє збільшити швидкість роботи з картографічними даними;

– приватні картографічні шари. Це можуть бути службові або секретні шари карт, які не можна викладати на сервер. Хоча такі шари будуть зареєстровані в системі (створені відповідні документи), самі просторові дані будуть розташовані тільки на локальному комп'ютері конкретного користувача.

Подібний підхід дозволяє працювати із загальними й секретними картографічними шарами в єдиній оболонці, без проблем із забезпеченням секретності інформації.

4.3 Зв'язок семантичних і просторових даних

Зв'язок просторових і семантичних даних побудована наступним чином. Первинною сутністю є об'єкт, що відбиває щось із реального миру. Усі об'єкти ставляться до того або іншому довіднику об'єктів, який задає їхній тип і структуру. Кожному об'єкту співставлено унікальний ідентифікатор (`object_id`), по яким можна відрізнити один об'єкт від іншого. Крім нього в об'єкта може бути набір додаткових полів (назва, рік будівлі, і т.д.), який задається довідником об'єктів.

Семантичні дані (статистичні дані) зберігаються в окремих таблицях (однієї або декількох) з різною структурою й пов'язані з конкретним об'єктом неявно. Наприклад, якщо в таблиці даних (багато мірний куб) T є вимір, який зв'язаний з довідником об'єктів, те, зробивши вибірку, можна одержати дані, що ставляться до довільному об'єкту з довідника. Усі подібні зв'язки зберігаються в системі, що дозволяє знаходити всі дані, що ставляться до заданого об'єкта.

Просторові дані зберігаються у вигляді картографічних шарів. Для зв'язку об'єктів і просторової складовій застосовується геокодування. У якості геокоду використовується унікальний ідентифікатор об'єкта `object_id`. Саме він прописаний у файлах картографічних шарів. Крім цього, у базі даних зберігаються зв'язки: [об'єкт – шар] і [довідник об'єктів – шар], які показують, на яких шарах присутній неуводити, увести до ладу об'єкт. Зв'язки автоматично будуються при додаванні нового картографічного шару в систему. Це дозволяє знайти всі карти й шари, пов'язані із заданим об'єктом або довідником.

Використання моделі [карта – шар – довідник об'єктів – дані] дозволяє гнучко будувати різноманітні представлення даних на картах.

Ядро регіональної ГІС підтримує багатокористувацький доступ з автентифікацією. Базовою інформаційною одиницею, якої задаються обмеження на доступ з боку користувачів, є документ. Права доступу розділені на рівні (по зростанню пріоритету): тільки читання, читання й запис, повний доступ, немає доступу.

Дерево документів задає ієрархію (див. рис. 4.4), по якій розподіляються неявні права на дочірні документи, тобто якщо користувачеві дозволено читання якого-небудь документа, то йому неявно дозволене читання й дочірніх документів. Якщо на документ задано кілька типів доступу (явних і неявних), то вибирається право з більш високим пріоритетом.

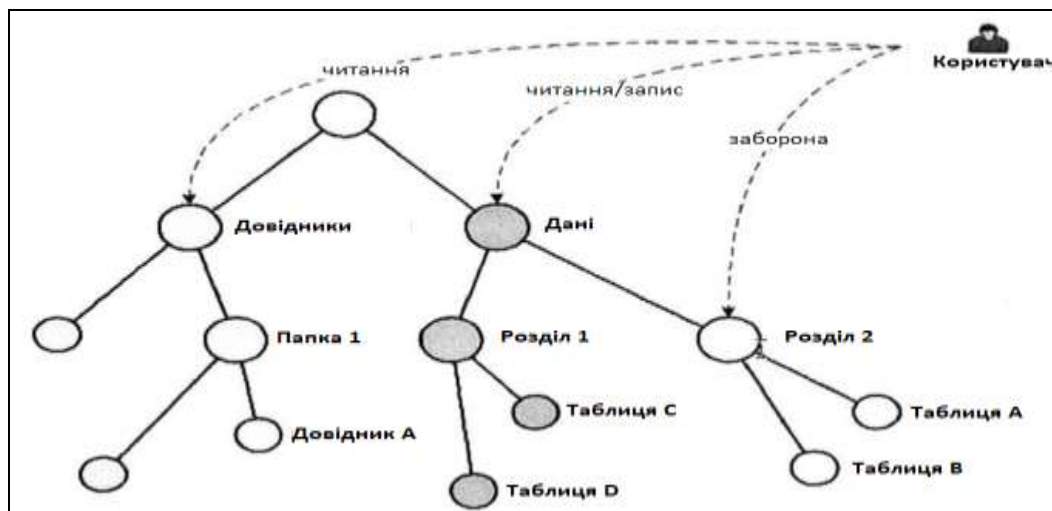


Рисунок 4.4 – Схема розподілу прав по дереву документів

Реалізований механізм дозволяє гнучко управляти доступом користувачів до окремих розділів і документам. Фізично, використовується дворівнева система перевірки прав доступу. По-перше, користувач повинен підключитися до системи (базі даних).

4.4 Проектування структури бази даних

Для цього використовується автентифікація користувача на рівні СУБД (усі користувачі системи є й користувачами СУБД). По-друге, перевірка прав доступу на рівні окремого документа відбувається у компонентах бізнес-логіки.

Для зберігання семантичних даних, структурної моделі системи й метаданих використовується сервер, що відповідає стандартам для реляційних СУБД (транзакції, тригери, збережені процедури, представлення, система розмежування доступу, велика кількість підтримуваних операційних систем),

достатній по продуктивності. Доступ програмного забезпечення до бази даних реалізований через проміжний шар бізнес-логіки (збережені процедури й представлення). Усі функції цього шару можна розділити на категорії:

- загальні функції для роботи з документами системи;
- функції для роботи із системою розмежування доступу.
- набори функцій для кожного типу документів системи. Аналогічно шару бізнес логіки, внутрішню структуру бази даних можна розділити на модулі. Кожний модуль складається з таблиць, представлення, тригерів, генераторів, збережених процедур. Нижче наведені схеми й короткі описи двох модулів бази даних (див. рис. 4.5).

Основні сутності логічної моделі ядра:

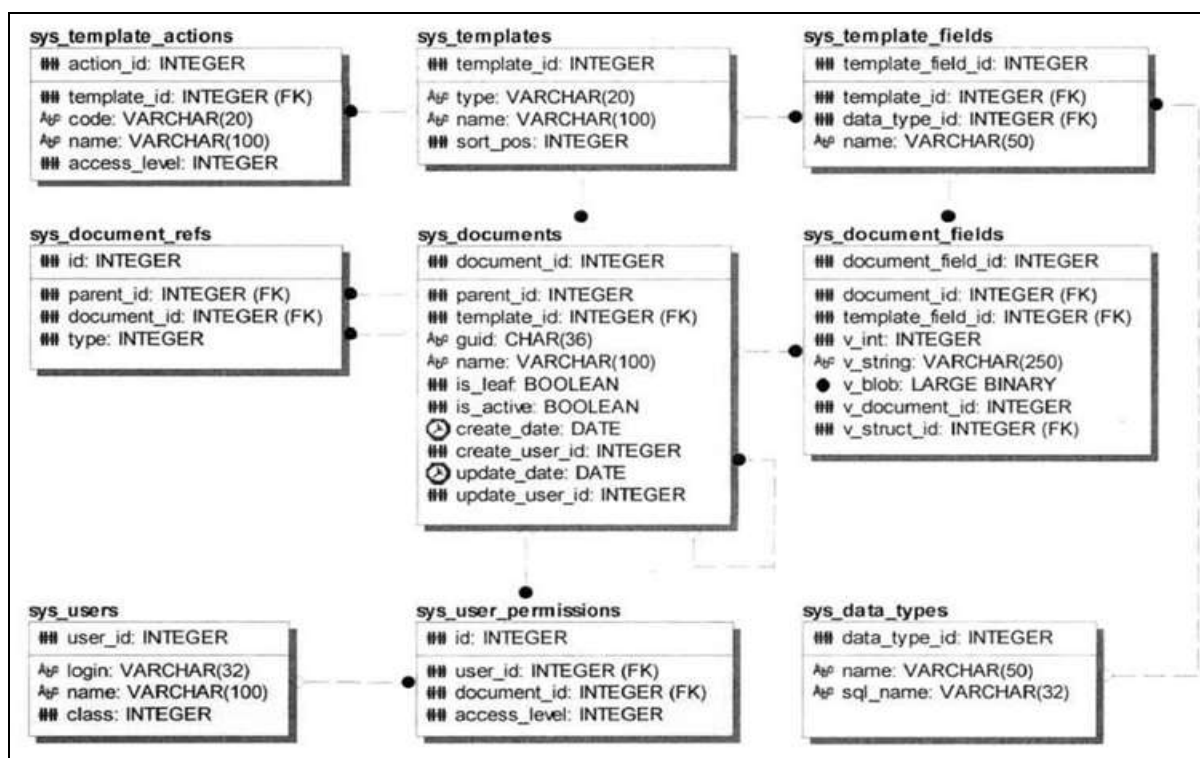


Рисунок 4.5 – Логічна модель основної частини ядра

- `sys_templates` – список усіх шаблонів документів системи;
- `sys_data_types` – типи даних, з якими працює система (ціле, рядок, речовинне число, дата, BLOB, посилання на документ, структура). Типи даних використовуються при визначенні властивостей документів і при моделюванні довідників, таблиць даних, і т.ін.;

– `sys_struct_fields` – поля структур;
– `rb_objects` – основна таблиця для зберігання об'єктів (елементів довідників);

– `urb_xxxx` – динамічно створювані таблиці для зберігання даних довідників.

Для кожного нового довідника з не тривіальною структурою створюється нова таблиця, а так само допоміжні сутності (представлення, тригери).

При проектуванні й реалізації ядра регіональної ГІС застосовувалися сучасні інформаційні технології. Основний упор у програмно-технологічній моделі був зроблений на забезпеченні гнучкості й розширюваності системи. Для цього минулого використані об'єктно-орієнтовані технології, XML технології, механізми шаблонів, і ін.

4.5 Компоненти інтерактивних інтернет-атласів

Основні елементи системи:

Web-браузер – програмний засіб доступу до порталу. Можуть використовуватися усі популярні браузери.

Корпоративний інтернет-портал – зовнішній і внутрішній сайт. Єдина крапка входу сторонніх відвідувачів і авторизованих користувачів. Залежно від прав доступу користувачеві доступні ті або інші розділи порталу й автоматизовані робочі місця. При необхідності (наприклад, з міркувань безпеки) внутрішні й зовнішні розділи порталу можуть бути фізично рознесені.

Загальні розділи – набір розділів і сервісів порталу, доступних для всіх користувачів. Це може бути стрічки новин, форуми, каталоги електронних публікацій і ін.

Розрахункові моделі – програмні реалізації математичних і інформаційних моделей на основі Web-браузера з доступом через Інтранет.

Ресурси – дані, що зберігаються в системі. Для зберігання кожного типу ресурсів необхідні сховища даних, наприклад, на основі файлової системи, СУБД і т.п. Для адресації, упорядкування й розмежування доступу необхідне використання каталогів ресурсів. Доступ до ресурсів реалізується через спеціалізовані компоненти.

Сервіси – типові програмні бібліотеки, використовувані для побудови розрахункових моделей і розділів порталу. Набір сервісів залежати від специфіки розв'язуваних завдань.

На рис. 4.7 показана загальна структура інтернет-порталу. Система побудована за принципом клієнт-серверної архітектури із взаємодією через локальну мережу або Інтернет.

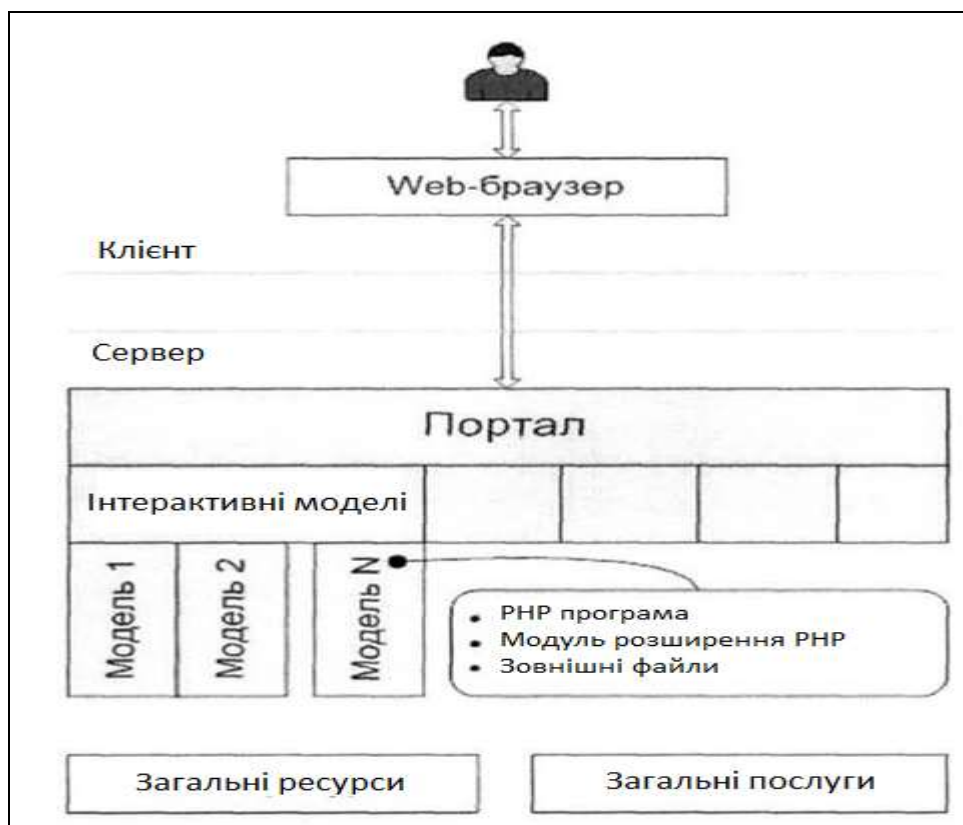


Рисунок 4.7 – Структура системи

Завдяки модульній архітектурі в ІС можуть застосовуватися різні підходи для побудови користувацьких інтерфейсів.

На рисунку 4.8 показана модель взаємодії між користувачем, клієнтською й серверною частиною моделі, ресурсами й сервісами системи.

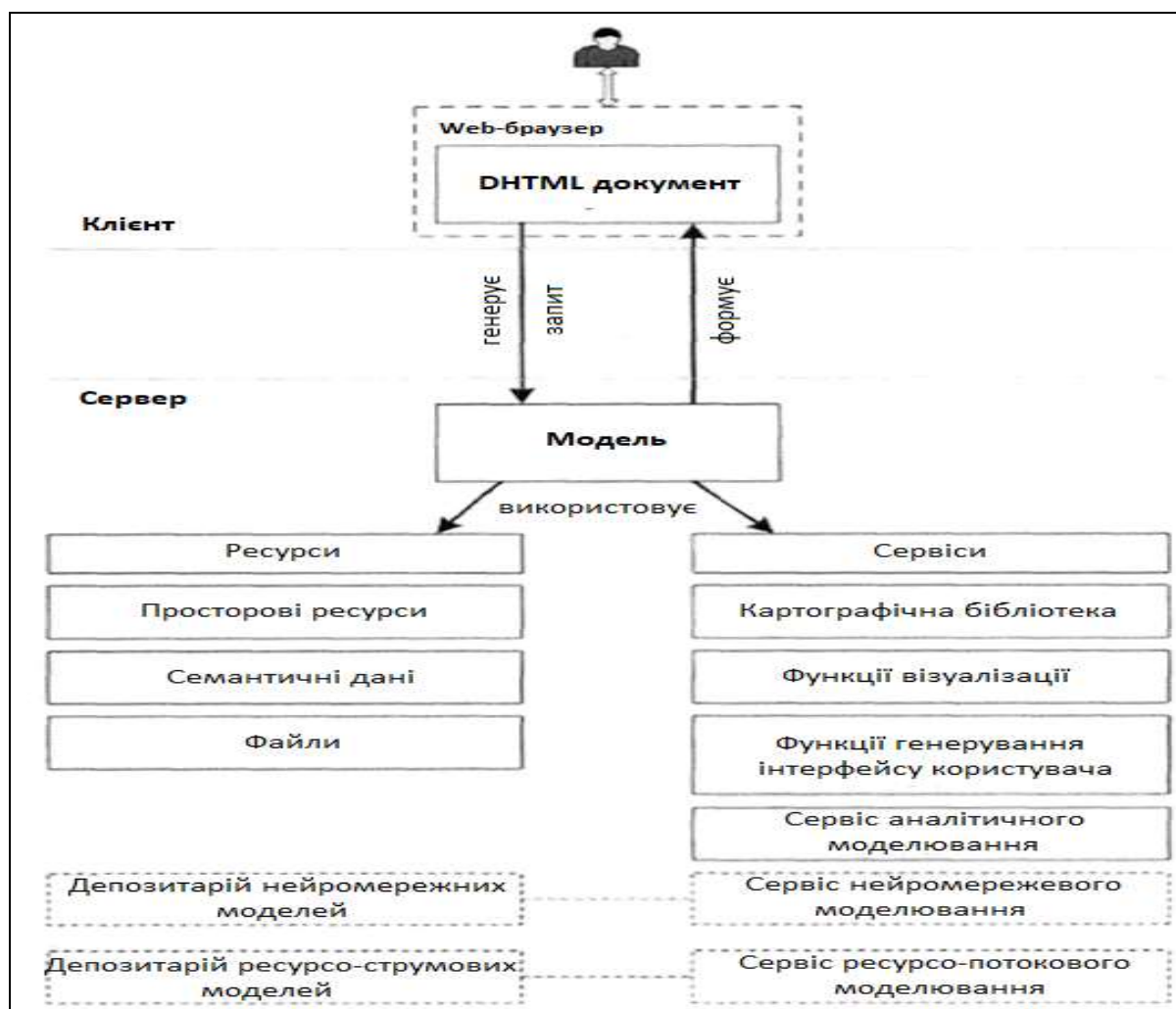


Рисунок 4.8 – Схема взаємодії користувача, обчислювальної моделі й середовища порталу

Модель – програмна реалізація логіки модуля на основі серверних технологій.

DHTML документ – набір документів з гіпертекстовою розміткою, формованих моделлю. Вони призначені для побудови користувальницького інтерфейсу модуля. Документи можуть містити як клієнтські сценарії (мовою Javascript), так і додаткові елементи користувацького інтерфейсу на основі технологій ActiveX, Java, SVG, Flash. З одного боку, документ несе інформацію користувачеві, з іншого боку – це засіб для формування запиту до розрахункового модуля.

Запит – це деяке повідомлення моделі, наприклад:

- одержати список об'єктів з каталогу № 12;

- одержати фрагмент цифрової карти, у якому розташований об'єкт із ідентифікатором ID=34321;
- виконати розрахунок з параметрами ($a=2,3222$; $b=21$).

В результаті запиту модуль виконує необхідна дія й, найчастіше, формує відповідне повідомлення у вигляді DHTML-документа.

Ресурси й сервіси – елементи внутрішньої архітектури системи.

Просторові дані – шари й карти із просторовими даними. Для розтеризації фрагментів карти, обробки просторових запитів і інших операцій над просторовими даними призначений картографічний сервіс.

Семантичні дані – інформація про об'єкти системи.

Депозитарій нейромережових моделей – сховище для штучних нейронних мереж, що відбивають технологічні процеси підприємства. Моделі можуть зберігатися як у вигляді топологій, так і у вигляді навчених нейромереж. Для виконання типових завдань (навчання, тестування, моделювання) з штучними нейронними мережами призначений сервіс нейромережного моделювання.

Депозитарій ресурсо-потоківих моделей і відповідні сервіси моделювання – призначені для роботи з ресурсно-потоківими моделями [23].

4.6 Реалізація розрахункових моделей на основі PHP технології

В розглянутих системах моделювання на стороні сервера було реалізоване на основі Web-технологій. Основу серверної частини складає Web-сервер (Apache), PHP із додатковими модулями розширення. Це компоненти для доступу до баз даних, програмне забезпечення Mapserver, а також розроблена бібліотека візуалізації просторових розподілів у вигляді ліній рівнів і напівпрозорих заливок на тлі карти місцевості. Самі обчислення проводяться зовнішніми розрахунковими модулями. Розрахункові модулі є сценаріями мовою PHP, у яких

за певними правилами запрограмовані реалізації моделей. Користувацький інтерфейс розрахункового модуля формує ся у вигляді DHTML документа, який може містити вставки коду мовою Javascript.

Передбачено кілька варіантів реалізації розрахункових модулів, програма мовою PHP. Цей варіант добре працює, якщо об'єм обчислень відносно малий, оскільки PHP – інтерпретований мова.

Модуль розширення мови PHP. Цей варіант призначений для моделей, у яких обсяг обчислювальної роботи досить великий. Мова PHP містить програмні засоби, що дозволяють створювати модулі розширення мови з реалізацією нових функцій. Це дозволяє винести ресурсомістку частину обчислень в окремий скомпільований модуль і звертатися до нього з основної програми розрахункового модуля, написаної мовою PHP,

Що виконується файл серверної операційної системи. Розрахункова програма моделювання розробляється окремо на кожній мові програмування й компілюється у файл, що виконується. Надалі він викликається на виконання з основної програми розрахункового модуля.

Запропонована технологія розширення можливостей сервера за допомогою розрахункових модулів дозволяє реалізувати досить широкий спектр завдань моделювання. Розроблювач забезпечений різноманітними програмними засобами, у тому числі:

- механізмом побудови користувацького інтерфейсу;
- засобами доступу до різних СУБД (Mysql, Interbase, Oracle, MS SQL Server, і ін.);
- механізмом доступу до об'єктів карти місцевості;
- механізмом модифікації об'єктів карти місцевості;
- готовими бібліотеками підготовки візуального представлення даних.

В різних інформаційних системах виникає завдання ведення тематичних каталогів з електронними публікаціями, нормативними документами й ін. При цьому в багатьох випадках реалізується однотипні моделі даних і інструменти для

роботи з каталогом. Каталог являє собою деревоподібний рубрикатор (див. рис. 4.9), до вузлів якого «прив'язані» статті.

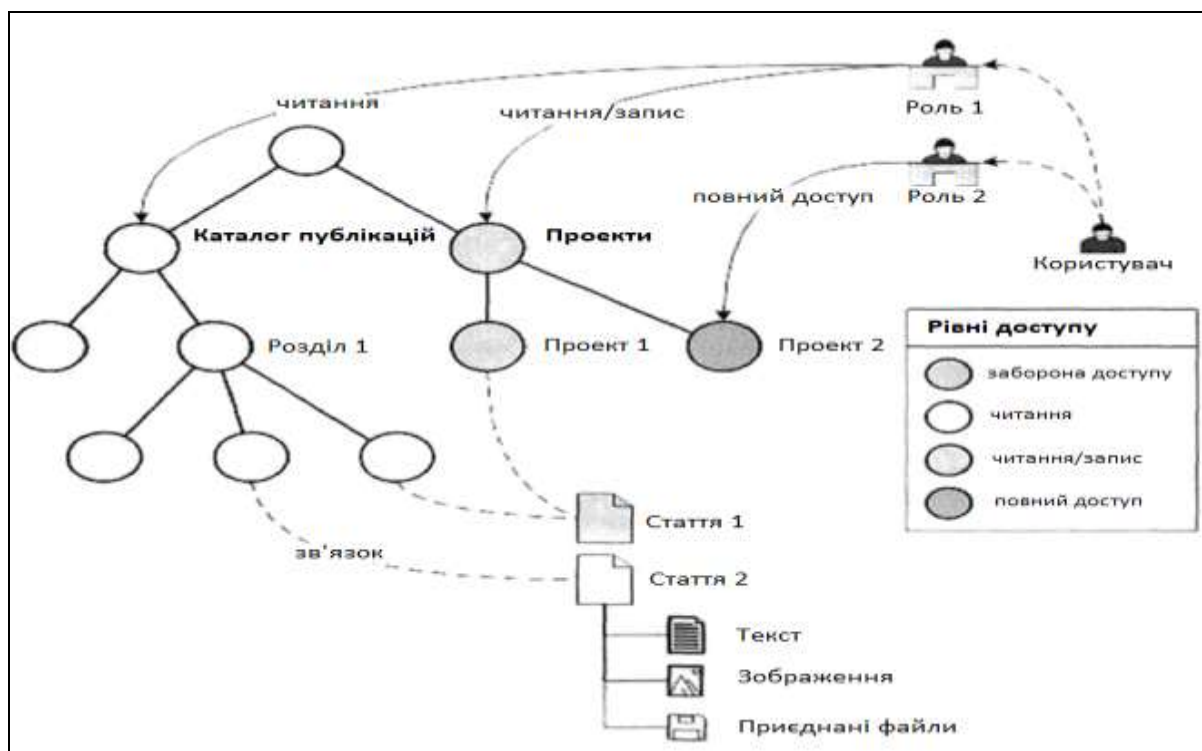


Рисунок 4.9 – Модель каталогу публікацій

Обраний наступний формат даних для електронної статті:

- атрибутивні поля: назва, автори, джерело, анотація, дата публікації;
- коротка HTML версія публікації + набір вбудованих графічних зображень;
- приєднані файли, наприклад, повна версія статті (у форматі doc, pdf, txt, ...) або файл із даними;
- стаття може ставитися до декільком розділам рубрикатора (ката балки статей).

Передбачений механізм розмежування прав доступу на документи – каталог задає ієрархію, по якій розподіляються неявні права на дочірні документи.

Для організації каталогів електронних публікацій із системою безпеки треба було створити 3 компонента:

- модуль для організації файлового архіву на сервері, для зберігання прикріплених файлів;
- модуль для організації каталогів із системою безпеки;

– модуль для зберігання електронних публікацій.

Перші два компоненти є незалежними й можуть використовуватися окремо.

Усі операції з електронними публікаціями виконуються користувачем через Web-інтерфейс, тобто безпосередньо через сайт. Для цього не потрібне знання мови розмітки HTML або інших спеціальних знань, оскільки редагування тексту реалізоване в зручному візуальному виді. Для цього використовувався вільно розповсюджуваний компонент для візуального редагування HTML документів – Fckeditor (<http://www.fckeditor.net/>). Інтерфейс схожий на інтерфейс текстового редактора Word. Він дозволяє виконувати всі операції в наочному виді – редагувати текст, задавати шрифти, вирівнювання, колір, додавати таблиці і т.д.

Крім редагування документів реалізовані операції управління каталогом документів (додавання, редагування, перенос, видалення) і окремими документами.

На рисунку 4.10 показаний фрагмент фізичної моделі бази даних, який відповідає за зберігання каталогу й прав доступу користувачів і системи розмежування прав доступу

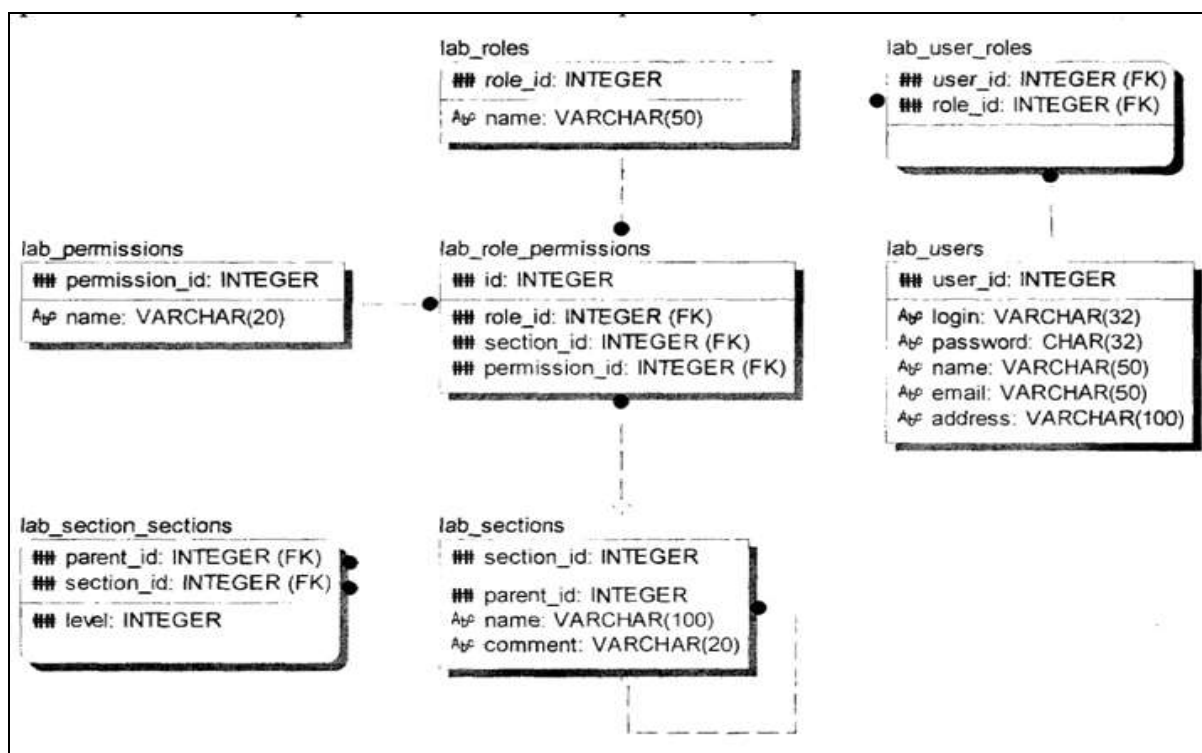


Рисунок 4.10 – Фізична модель бази даних каталогу

Основні сутності:

- labsections – розділи каталогу (вузли дерева);
- labsection sections – допоміжна таблиця, у якій зберігаються усі прямі й опосередковані зв'язки в дереві, використовується для оптимізації запитів;
- labusers – користувачі системи;
- labroles – ролі користувачів у системі;
- labuser roles – таблиця привласнених ролей для кожного користувача;
- lab role permissions – явні права доступу ролі до вузлів дерева;
- lab_permissions – типи прав доступу (немає доступу, читання, запис, повний доступ).

На рисунку 4.11 показана схема бази даних для зберігання статей.

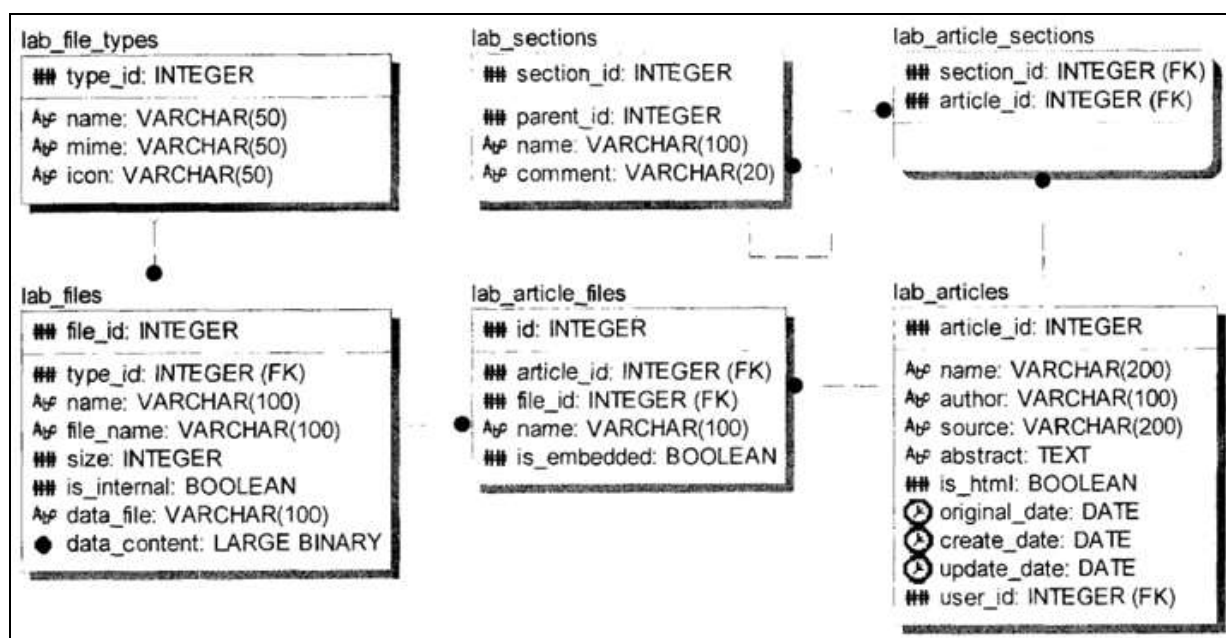


Рисунок 4.11 – Фізична модель бази даних каталогу статей

Основні сутності:

- labfiles – бінарні файли, збережені в системі, крім основних атрибутів, підтримується два механізми зберігання вмісту файлу – у поле таблиці (BLOB) і у файлової системі;
- lab file types – довідник типів файлів;
- lab articles – список електронних публікацій;
- labarticle sections – таблиця приналежності публікацій до каталогу;
- lab article Files – таблиця приналежності файлів до публікацій.

В роботі розглядаються алгоритми роботи клієнтської програми на основі DHTML технологій.

Технологія DHTML складається з об'єктної моделі HTML документа DOM і мови клієнтських сценаріїв (найчастіше використовується Javascript).

Перевагою використання такої технології є те, що практично всі сучасні Web-браузери її підтримують без додаткових модулів. Ця технологія є базовою, оскільки Java, ActiveX, SVG, зазвичай вбудовуються в DHTML сторінку.

Одним із цікавих методів побудови користувацьких інтерфейсів є динамічне підкачування даних без перезавантаження сторінки (Remote Scripting). Зміст цього методу полягає в тому, що деякі дані динамічно завантажуються із сервера й вбудовуються основну HTML сторінку. Це дозволяє зменшити обсяг переданої інформації з мережі й поліпшити «якість» користувацького інтерфейсу.

В результаті, можна говорити, що користувацька частина системи є клієнтським додатком, а не набором динамічних сторінок, що згенеровані сервером. Після завантаження основної сторінки, логіка клієнтського додатка працює практично незалежно. Уміст сторінки більше не генерується сервером, а обновляється самим клієнтським додатком. Клієнтський додаток взаємодіє із сервером як з деяким сервісом, який надає всі необхідні дані – опис карти, фрагменти карти, інформацію про об'єкти й т.п. Використання такого підходу дає можливість частково розділити логіку клієнтської й серверної частин, що приводить до більш високої гнучкості всієї системи.

В технології DHTML немає вбудованих засобів, призначених для відображення довільних геометричних фігур. Однак можна реалізувати подібні функції досить специфічним образом. Для цього найчастіше застосовують віртуальні пікселі – прямокутні HTML елементи (DIV), що згенеровані динамічно. В них збираються всі фігури. Для простих геометричних фігур цей метод достатньо добре працює. Цей спосіб показує принципову можливість малювання довільних геометричних фігур засобами DHTML. Існують вільно розповсюджені бібліотеки таких функцій. Основні можливості цієї бібліотеки є наступне:

- малювання ліній, прямокутників, еліпсів, полігонів із заданою товщиною ліній і кольором;
- малювання зафарбованих прямокутників і еліпсів.

Описано логіку побудови клієнтської частини на основі DHTML технологій (див. рис. 4.12).

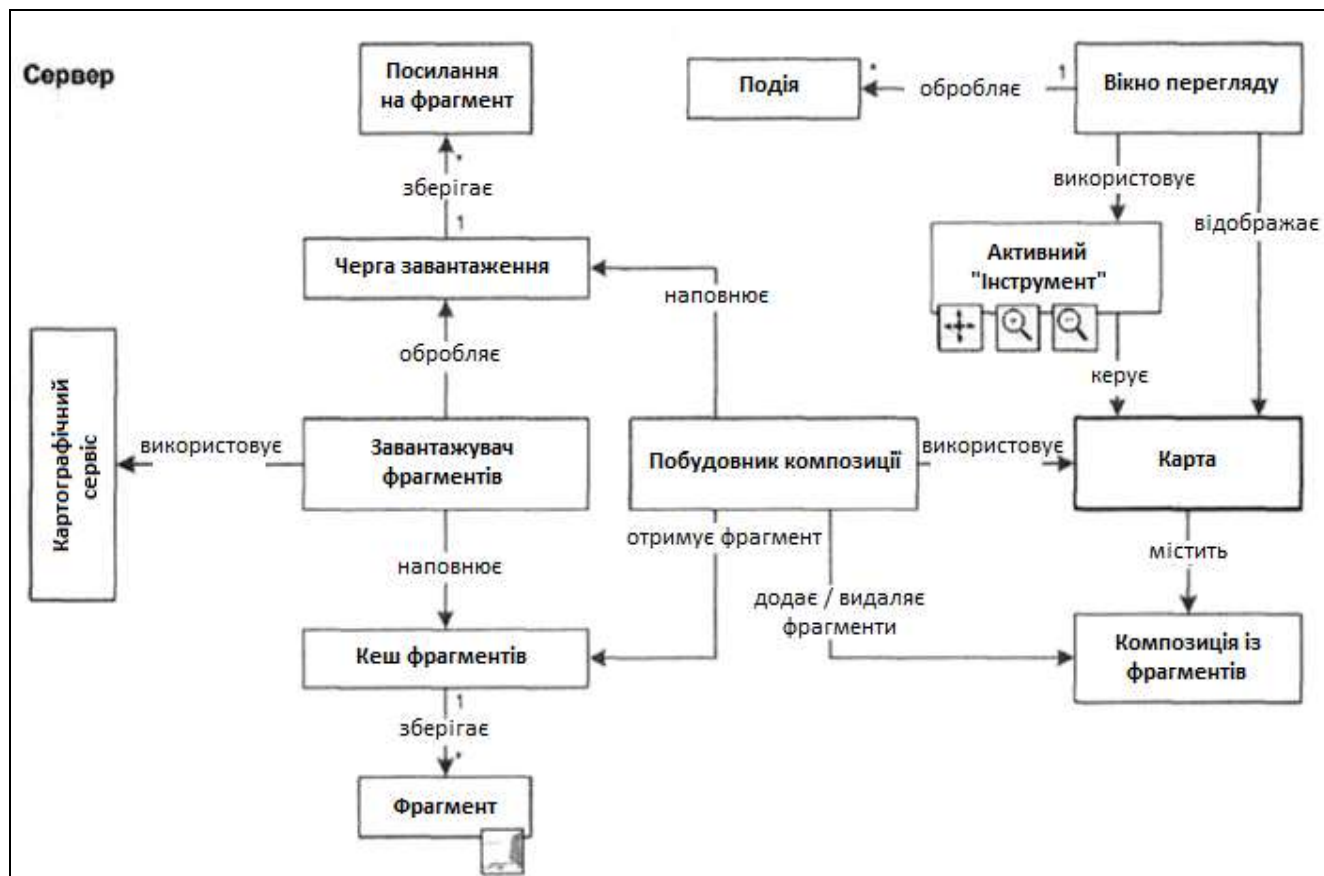


Рисунок 4.12 – Модель візуалізації карти в клієнтському додатку

Для візуалізації карти використовуються базові HTML-елементи системи.

Вікно – вікно перегляду, у якому відображається карта. В HTML коді це елемент DIV з відносним позиціонуванням і фіксованим розміром. Обробка подій миші й клавіатури, які поступають від користувача, делегується активному інструменту (переміщення, наближення, видалення, і ін.).

Карта – шар (дочірній HTML елемент вікна) з абсолютним позиціонуванням, на який динамічний містяться фрагменти мапи. Стиль елемента-вікна заданий таким чином, що на екран виводиться тільки та частина мапи, яка попадає у вікно перегляду (`overflow="hidden"`). Для зберігання даних використовуються наступні основні об'єкти:

– фрагмент карти – об'єкт описує елементарний фрагмент карти (зображення) – у фрагмента задані його координати на карті (у пікселях);

– кеш фрагментів карти – це масив із фрагментів карти, які вже завантажені на клієнтський комп'ютер.

– черга завантаження – черга із фрагментів, які необхідно завантажити із сервера.

Для завантаження фрагментів із сервера й керуванням картою використовуються два основні об'єкти – завантажник фрагментів і будівельник композиції. Об'єкти цих об'єктів є активними й працюють асинхронно по таймеру. Використовуються засоби браузера для асинхронного виклику заданої JavaScript функції через рівні інтервали часу. Застосування цих можливостей дозволяє емулювати окремі потоки виконання в мові JavaScript.

Будівельник композиції виконує наступні функції. Наповнення черги завантаження. Аналізуються координати поточного вікна перегляду й, у результаті, визначається список видимих фрагментів. Ті фрагменти, які ще не завантажені із сервера, містяться в чергу завантаження. При цьому враховується вміст кешу фрагментів.

Формування композиції фрагментів. Після того, як зображення фрагмента повністю завантажилось із сервера, його необхідно вмонтувати загальну композицію карти. Для цього HTML-елемент зображення фрагмента робиться дочірнім стосовно HTML-елементу карти. У результаті цей фрагмент стає видимий, якщо попадає в область прогляду.

Видалення неактуальних фрагментів із загальної композиції. Після тривалої навігації по карті, у шарі карти накопичується більша кількість дочірніх елементів (зображень фрагментів). Тестування (на комп'ютері із процесором Athlon 2000+) показало, що якщо цих елементів буде більше декількох сотень, то з'являються помітні «ривки» при переміщенні по карті. Щоб цього уникнути, доцільно створити службу видалення неактуальних фрагментів з карти. Алгоритм роботи подібної служби можна реалізувати на основі аналізу таких атрибутів фрагмента, як:

- відстань до вікна перегляду;
- проміжок часу моменту останньої видимості фрагмента;
- загальне число завантажених фрагментів у карті.

При реалізації використовувався наступний метод – відстань від фрагмента до вікна перегляду рівнялося із граничним показником. Якщо значення було більше – фрагмент віддалявся з карти. Відстань вимірялася між центром вікна й центром фрагмента з використанням зваженої метрики (максимум модулів).

Для реалізації проекту обрані наступні інформаційні технології й програмне забезпечення: операційна система – Unix (Freebsd); Web-Сервер – Apache; основна мова для розробки – PHP; система керування контентом – phpwebthings; програмне забезпечення для доступу до геоінформації – Map Server; візуальне редагування HTML – Fckeditor; система керування базами даних – Mysql.

У якості картографічного формату даних використовувався стандартний формат файлів ГІС MapInfo. При підготовці тематичних карт використовувалася цифрова топ-основа Харківський області.

Інформаційно-графічна система аналізу регіональної інфраструктури «ТЕРРА» (ІГС-ТЕРРА) призначена для інформаційного забезпечення органів влади й керування в рішенні ряду завдань, таких як аналіз соціально-економічного становища населення, формування й розвиток програм адресного соціального захисту населення, прогнозування потреби в соціальних послугах, і т.п. [32]. Основу інформаційних ресурсів становлять взаємопов'язані статистичні дані про стан об'єктів регіональної інфраструктури, набори оглядових цифрових топографічних і тематичних карт, федеральні й окружні довідники.

Основні дані, якими оперує ГІС «ТЕРРА», рознесені по розділах (семантичним шарам):

- паспорта районів і міст;
- території місцевого самоврядування;
- населені пункти;
- автомобільні дороги;
- демографія;

- особливо охоронювані території;
- установи соціального забезпечення;
- медичні установи;
- дитсадки;
- школи;
- коледжі та професійні освітні заклади;
- вищі навчальні заклади;
- споруджувані об'єкти;
- пам'ятники історії й культури.

Склад розділів не є фіксованим і може поповнюватися адміністратором системи. Для кожного тематичного розділу системи передбачена систематизація інформації із семи підрозділам – довідники, об'єкти, дані, форми введення даних, аналітичні запити, звіти й карти.

5 ОПИС МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

5.1 Опис можливостей і принципів роботи

Застосування об'єктних технологій дозволяє зробити декомпозицію складних інформаційних моделей і моделей даних. Використання XML технологій дозволило допрацьовувати функціональні можливості клієнтських програм, не зачіпаючи базу даних. Крім цього, застосування XML технологій дозволяє, у більшості випадків, розбити розробку на етапи (розробка специфікації, побудова візуалізаторів, побудову конструктора), які можуть виконуватися паралельно деякими розроблювачами. Завдяки текстовій природі XML-документів, на початковому етапі розробки їх можна створювати в будь-якому текстовому редакторі, що, наприклад, дозволяє тестувати візуалізатор документа, коли ще не створений його конструктор.

На основі ядра регіональної розподіленої ГІС створена інформаційно-графічна система аналізу регіональної інфраструктури. Гнучкість програмної архітектури дозволила вносити ряд доробок у логіку системи, не міняючи ядра системи.

АРМ «Адміністратора» призначений для настроювання системи в цілому, формування структури розділів, створення первинних об'єктів системи, керування користувачами системи і їх правами доступу.

АРМ «Аналітика» містить інструменти для формування аналітичних запитів і підготовки звітів у вигляді таблиць, діаграм, тематичних карт і картограм.

АРМ «Керівника» призначений для відображення агрегованої інформації в наочному виді на основі підготовлених звітів.

Усі Windows-додатки побудовані в єдиному стилі й з використанням подібних елементів користувацького інтерфейсу. Деякі функції й елементи додатків описані нижче.

В системі реалізована спрощена політика розмежування доступу. Права доступу видаються на окремі тематичні розділи системи.

Тип доступу до елементів тематичного розділу визначається роллю користувача в системі (оператор, аналітик, адміністратор).

Форма керування користувачами системи складається із двох областей:

- загального списку користувачів системи;
- інформації про обраного користувача і його правах доступу. (рис. 5.1)

Редагувати довідник

Довідник

Назва Дата створення

Дата оновлення

Поле довідника

№	Поле	Назва	Од. вим.
1	OBJECT_ID	ID	
2	CODE	Код	
3	NAME	Назва	
4	UNITS	Од. виміру	

Поле

Назва

Тип даних

Од. виміру

Посилання ...

Зберегти Відміна

Рисунок 5.1 – Форма редагування довідника

Імпорт/експорт даних. Для введення табличних даних у систему був створений майстер імпорту, яких дозволяє вносити первинні дані з файлів формату MS Excel. Реалізована логіка імпорту даних у довідники й таблиці даних. Процес імпорту складається із трьох кроків:

- вибір джерела даних (файлу формату MS Excel);
- визначення зв'язків між даними;
- запуск процедури імпорту.

Після проведення необхідних налаштувань виконується імпорт даних, результат якого відображається у вікні статусу, і включає інформацію про рядки з

неправильним форматом, числі оброблених записів, і числі успішно імпортованих записів.

5.2 Приклад роботи програми

Дані з довідників, довідників об'єктів і таблиць даних можуть бути експортовані в кілька форматів:

- текстовий файл (*.txt);
- текстовий файл із роздільниками (*.csv);
- HTML файл (*.html);
- Rich Text файл (*.rtf);
- MS Excel (*.xls).

Досвід тестової реалізації подібного підходу показав його застосовність для рішення різних завдань. Однак виникла необхідність доробки й розвитку запропонованої архітектури. Основні моменти, які необхідно буде врахувати:

Виділення бізнес логіки системи в окрему ланку. Більш твердий поділ усієї архітектури на окремі компоненти й модулі. Це зробить систему більш гнучкою й дозволить розбудовувати окремі модулі системи незалежно. Необхідно вибрати технологію й платформу для реалізації компонентів бізнес логіки (наприклад, Java, .Net).

Розробка технологій організації геоінформаційного зберігання просторових даних на основі СУБД. Таке сховище забезпечить можливість редагування й аналізу просторових даних.

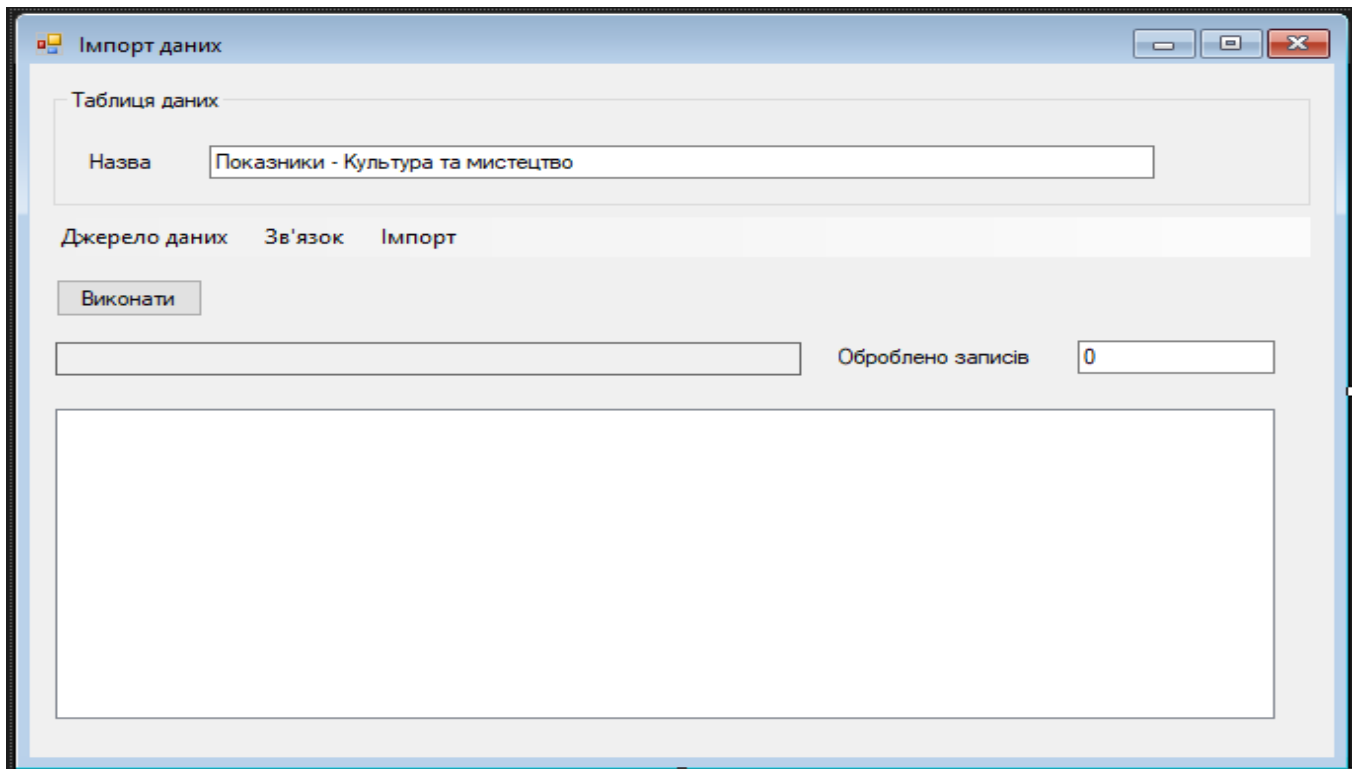


Рисунок 5.2 – Форма імпорту даних. Запуск процедури імпорту

Планується використовувати технологію PostgreSQL/Postgis (<http://postgis.refractions.net>).

Використання XML технологій для зберігання слабо структурованих даних.
Розробка XML специфікацій для зберігання типових ресурсів системи.

ВИСНОВКИ

Для рішення актуального завдання моделювання екологічної обстановки в Україні проведений аналіз проблеми, на підставі якого сформульовані й вирішені основні завдання дослідження.

Показано, що для рішення завдань моделювання екологічної обстановки необхідне створення ГІС, використання якої разом з розподіленою базою даних територіальної інформаційно-аналітичної системи екологічного моніторингу забезпечує підвищення ефективності збору даних і прогнозування екологічної обстановки, а також відображення результатів рішення безпосередньо на карту місцевості. На цій основі запропонований експериментальний варіант ГІС і відповідної їй бази даних, які використовуються для завдання вихідних даних при моделюванні обстановки й відображення результатів рішення на карту України.

Використання інтерактивних інтернет-атласів інформаційного та математичного моделювання таких технологій має на увазі, що обчислювальний експеримент відбувається не на локальному комп'ютері користувача, а на спеціальному сервері. Сервер обробляє запити із клієнтських комп'ютерів, проводить обчислення й пересилає результати експерименту.

Створення інтерактивних картографічних інтерфейсів для доступу до територіально-розподілених даних. Завдання, розв'язувані з використанням такого інтерфейсу, можуть бути наступними:

- наповнення й редагування баз даних, які можуть формуватися на сервері, і розподілено наповнюватися;
- інтерактивна візуалізація даних з використанням засобів побудови таблиць, графіків, просторових розподілів, тематичних карт.

Виконання обчислювальних розрахунків на сервері в інтерактивному режимі, при цьому користувач має можливість задати параметри моделі, а також початкові й граничні умови. Джерелами даних можуть служити дані, збережені на сервері, або дані, передані користувачем.

Перевагами таких методів і алгоритмів є:

– централізоване зберігання обчислювальних моделей. Дозволяє легко модифікувати й допрацьовувати реалізацію моделі – усі зміни відразу стають доступні для всіх користувачів системи. Крім цього спрощується процес публікації нової моделі;

– захист вихідних даних і обчислювальних моделей, використання сервера моделювання, дозволяє провести експеримент, не передаючи вихідні дані або обчислювальні моделі кінцевому користувачеві. Користувач може лише задати пари метри моделі й одержати результати розрахунків;

– розмежування доступу – централізоване зберігання даних і моделей, дозволяє організувати гнучку систему розмежування доступу до різних елементів системи й операціям над ними.

– використання загальних даних – на сервері можуть зберігатися дані, які дозволено використовувати в обчислювальних експериментах групі користувачів: це можуть бути як статичні дані, так і такі, що регулярно оновлюються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козирєв А.Д., Шубін І.Ю. Інформаційна технологія дослідження алгоритмів розподілення аерозолів // Тези міжнародної науково-практичної конференції «Application of information technologies in the preparation and operation of law enforcement forces», 2019
2. Мороженко В. Стан навколоземного простору. Екологія Землі, її зв'язок з проблемами озоносфери й зміни клімату// Вісник НКА України. - 2018. - №1. - С. 50-59.
3. Багнюк В. Якою буде наша енергетична стратегія? // Вісн. НАН України. - 2019. - № 9. - С. 29 – 37.
4. Галак О.В., Козирєв А.Д., Орлов Я.В., Шубін І.Ю. Інформаційна технологія визначення зон ураження під час надзвичайних ситуацій. // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХVII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2019, 15–17 травня 2019р.: у 5 ч. Ч.V. / за ред. проф. Сокола Є.І. –Харків: НТУ “ХПІ”. – 158с.
5. І.Ю. Шубін, А.Д. Козирєв, О.В. Галак. Методи створення інтелектуальної системи екологічного моніторингу та аналізу побудови складних границь територій. // Науково-технічний журнал «Біоніка інтелекту» ХНУРЕ, 2020
6. ГИС для муниципалитетов / А.А. Алябьев, СВ. Серебряков, Л.Г. Бабурина, В.И. Берк // Геодезия и картография. - 2013. - №1. - С. 1 - 8.
7. Ляховец С.В., Четвериков Г.Г. Геоінформаційні системи для завдань керування проектами складних природо-технічних комплексів // Радіоелектроніка й інформатика. - 2016. - № 3. - С. 114 – 121.
8. Вихідців Е.І. Математичні моделі й методи рішення завдань прогнозування рівнів забруднення прикордонного шару атмосфери сильнодіючими отруйними речовинами при аварійних викидах // Праці 4-го

Міжнародного молодіжного форуму «Радіоелектроніка й молодь у XXI столітті». -Частина 2. - Харків: ХГТУРЭ. -2000.- С.6-7.

9. Гиренко П.І., Писклакова В.П., Халявін В.А. Створення розподіленої бази даних територіальної інформаційно-аналітичної системи надзвичайних ситуацій // АСУ й прилади автоматики. - 2002. - Вип. 120. - С. 10 – 14.

10. Клименко Е.Г. Програмно-алгоритмічні засоби інтелектуального аналізу даних // Радіоелектроніка й інформатика. - 2001. - № 3. - С. 64-67.

11. Уваров Р.А. Моделювання екологічної обстановки з урахуванням турбулентного руху в атмосфері // Радіоелектроніка й інформатика. - 2001. - № 3. - С. 129 – 134.

12. Уваров Р.А. Математичне моделювання екологічної обстановки в Україні // Радіоелектроніка й інформатика. - 2000. - № 4. - С. 125 - 129.

13. K. Guntupally, R. Devarakonda and K. Kehoe, "Spring Boot based REST API to Improve Data Quality Report Generation for Big Scientific Data: ARM Data Center Example," 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2018, pp. 5328-5329, doi: 10.1109/BigData.2018.8621924.

14. Хо К. и др. Spring 5 для профессионалов. – Litres, 2019.

15. Aggarwal S. Modern web-development using reactjs //International Journal of Recent Research Aspects. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 2349-7688.

16. Linwood J. Using Offline Maps with Mapbox //Build Location Apps on iOS with Swift. – Apress, Berkeley, CA, 2020. – С. 235-247.

17. ESRI Marine and Coast Community // Shannon Lab, USA, 2008. p. 771 URL: www.esri.com/industries/marine/index.html.

18. Використання геоінформаційних систем (ГІС) // Vol. 9, № 1, 2017., URL: <https://geographica.com/en/blog/how-gis-has-been-used-2021>. - Вип. 12. - С. 10 – 14.

19. Дискретні періодичні сплайни з векторними коефіцієнтами і поверхні Кунса // URL: www.math.spbu.ru/mmeh/AspDok/pub/2018/Chashnikov.pdf

20. Маніфест що таке карта з плаваючою формою // EEEI 2020, 10с. – URL: www.floatingssheep.org/2020/12/what-would-floating-sheep-map.html

21. Wejchert J., Haumann D. Animation Aerodynamics // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1991. 25. N 4. P. 19–22.
22. Ebert D., Musgrave K., Peachy D., Perlin K., Worley S. Texturing and Modeling: A Procedural Approach. Orlando, Florida: AP Professional, 1994. 350 p.
23. Yaeger L., Upson C. Combining Physical and Visual Simulation. Creation of the Planet Jupiter for the Film 2010 // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 1986. 20. N 4. P. 85–93.
24. Kass M., Miller G. Rapid, Stable Fluid Dynamics for Computer Graphics // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 2018. 24. N 4. P. 49–57.
25. Curtis C., Anderson S., Seims J., Fleischer K., Salesin D. Computer-Generated Watercolor // Proc. of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 2017. P. 421–430.
26. Stam J. Stable Fluids // Proc. of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques. 2019. P. 121–128.
27. Stam J, A Simple Fluid Solver based on the FFT // Journal of Graphics Tools. 2011. 6. N 2. P. 43–52.
28. Selle A., Fedkiw R., Kim B., Liu Y., Rossignac J. An Unconditionally Stable MacCormack Method // Journal of Scientific Computing. 2018. 35. N 2-3. P. 350–371.
29. Stam J. Real-Time Fluid Dynamics for Games // Proc. of the Game Developer Conference. 2003 URL: <http://www.dgp.toronto.edu/people/stam/reality/Research/pdf/GDC03.pdf>.
30. Crane K., Llamas I., Tariq S. Real-Time Simulation and Rendering of 3D Fluids // GPU Gems N 3. Massachusetts: Addison–Wesley, 2017. P. 633–675.
31. Perlin K. Improving Noise // ACM Transactions on Graphics. 2020. 21. N 3. P. 681–682.
32. Perlin K. An Image Synthesizer // ACM SIGGRAPH Computer Graphics. 2015. 19. N 3. P. 287–296.
33. Perlin K. Making Noise // Proc. of the Game Developer Conference. 2019 URL: <http://www.noisemachine.com/talk1>.

34. Perlin K. Course in Advanced Image Synthesis // ACM SIGGRAPH Conference. 2020. 18. N 3.
35. Green S. Implementing Improved Perlin Noise // GPU Gems N 2. Massachusetts: Addison–Wesley, 2015. P. 409–416.
36. Li W., Fan Z., Wei X., Kaufman A. Flow Simulation with Complex Boundaries // GPU Gems N 2. Massachusetts: Addison–Wesley, 2020. P. 747–764.
37. Chetverikov G., Puzik O., Vechirska I. Multiple-valued structures of intellectual systems //Proceedings of the with Internations Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2016, 7589907. -pp. 204-207