

**УДК 528.94**

## **МУЛЬТИМАСШТАБНІ КАРТОГРАФІЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ НЕБЕЗПЕК ТА РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

***Путренко В. В.***

*Інститут географії НАН України, Київ, Україна*  
*E-mail: putrenko@rambler.ru*

Розглянуто методологічні засади мультимасштабного тематичного картографування для цілей аналізу небезпек та ризиків надзвичайних ситуацій в Україні. Уточнено поняття «мультимасштабність» та розглянуто підходи до реалізації мультимасштабного геоінформаційного картографування. Проведено класифікацію методів укладання тематичного змісту мультимасштабних карт та експериментальні роботи зі створення мультимасштабних тематичних карт потенційно небезпечних об'єктів в Україні.

**Ключові слова:** мультимасштабність, геоінформаційне картографування, потенційно небезпечний об'єкт, надзвичайна ситуація.

### **ВСТУП**

Розвиток геоінформаційного картографування сприяє виникненню нових видів картосеміотичних моделей та способів картографічного зображення навколишнього середовища. Картографічні моделі стають все більш наочним та більш наближеними до реального світу. Серед технологічних ознак, які визначають розвиток сучасного геоінформаційного картографування головними виступають геопросторові бази даних, серверні та мережеві технології, матеріали дистанційного зондування Землі, засоби геопросторового позиціонування, моніторингу та мобільного зв'язку. Основними напрямками візуальних властивостей геоінформаційного картографування стали мультимасштабність, мультимедійність, розвиток тривимірних та чотиривимірних технологій, які дозволили реалізувати концепцію віртуальної реальності у картографуванні. При цьому мультимасштабність виступає як одна із базових переваг електронних карт над паперовими аналогами, яка дозволила з іншої точки зору поглянути на традиційний розділ картографічної науки – генералізацію картографічної інформації. Принцип мультимасштабності є ключовою перевагою при управлінні багатьма просторовими процесами, зокрема прийнятті управлінських рішень з метою попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

### **ПОПЕРЕДНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Формуванню мультимасштабних геопросторових баз даних та картографічних моделей присвятили свої праці Крис Стольт, Діана Танг, Пет Хандрахам, Йін З., Ванг У., Чен Дж., Златова С. [5, 6, 7, 8, 9]. В Російській Федерації проблемами мультимасштабного картографування займаються вчені Московського державного університету імені М.В. Ломонова [3, 4]. В Україні роботи з вивчення

мультимасштабного картографування тривають в Інституті географії НАН України та розробляються картографами та ландшафтознавцями [1, 2].

## МЕТА ТА ЗАВДАННЯ

Метою статті є методичне опрацювання питання організації мультимасштабних тематичних баз даних і картографічних моделей та їх прикладна реалізація на основі картографування потенційно небезпечних об'єктів в Україні. Завданнями статті є уточнення поняття мультимасштабність та формулювання принципів мультимасштабного тематичного картографування, виділення основних моделей мультимасштабного тематичного картографування, розробка мультимасштабних тематичних моделей даних для аналізу ризиків та небезпек виникнення надзвичайних ситуацій (НС), аналіз ефективності використання мультимасштабних тематичних карт.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

### Поняття мультимасштабності

Мультимасштабність є однією із головних переваг та ознак геоінформаційного картографування. Можливість довільної зміни масштабного коефіцієнту при відображенні картографічних даних принципово відокремила геоінформаційні дані від паперових карт. Але з масштабом також пов'язані такі поняття як генералізація, окіл, повнота та детальність інформації. Тому масштаб та мультимасштабність у картографічному відображенні не зводяться тільки до математичної основи карти. В зв'язку з цим, картографічна мультимасштабність може бути охарактеризована не тільки як набір дискретних або континуальних масштабних функцій відображення картографічних даних, але і як сукупність різнодеталізованих станів відображення оточуючого середовища. В такому розумінні мультимасштабні електронні карти є комплексними моделями дійсності, які на кожному масштабному рівні передають певний обсяг генералізованої інформації.

Існує три базові підходи до створення мультимасштабних тематичних карт: математичний, генералізаційний, деталізаційний, які залежать від переважання певних ознак мультимасштабності при створенні карти.

Математичний підхід передбачає незмінність двох інших ознак: генералізація та деталізація даних. В цьому випадку зміна масштабу не надає користувачу ніякої нової інформації, а тільки дозволяє зручно наближати зображення. Цей підхід реалізовано у більшості електронних карт та при роботі із шарами геоданих.

Генералізаційний підхід передбачає, що в залежності від масштабного рівня карти змінюється генералізація геоданих, як геометрична, так і вибіркова за атрибутами. Інструменти генералізаційного підходу вбудовані у більшість сучасних геоінформаційних продуктів, що дозволяє здійснювати генералізацію інформації в залежності від масштабу у електронних картах та покращувати їх сприйняття.

Деталізаційний підхід найменш поширений у вітчизняній картографічній школі та набув основного розвитку на заході. При цьому підході зі зміною масштабу змінюється деталізація відображення інформації, що передбачає не просто генералізацію даних, а їх заміну іншими об'єктами, що відповідають масштабному рівню. Як приклад можуть бути розглянуті статистичні карти безробіття з ресурсу

ArcGIS.com, на яких статистика в залежності від масштабного рівня може проглядатись на рівні штатів, потім графств та окремих населених пунктів.

У більшості випадків при створенні електронних карт використовується відразу декілька підходів. Як зразок синтетичного підходу до створення мультимасштабних карт можуть бути використані моделі кластеризації точкових даних, які реалізовані у Google Maps, де в залежності від масштабу будуються нові символні значки, що поєднують кількість об'єктів у певному радіусі.

Також треба наголосити, що деталізаційний підхід є притаманним для організації геосистем, які функціонують на різних територіальних рівнях та підтримують ієрархічність зв'язків. Прикладом ієрархічної організації геосистем є ландшафтна оболонка, у якій виділяються геокомплекси різних порядків: зона, провінція, місцевість, урочище, фація. В такому випадку зміна деталізації мультимасштабної карти відбувається шляхом переходу на кожному новому масштабному рівні на новий вид територіальних одиниць у загальній ієрархії ландшафтів. Іншим прикладом може бути використання територіально-адміністративного поділу країни в якості ієрархічної системи, де в залежності від масштабу відображення користувач отримує інформацію в розрізі областей, районів чи сільських рад.

Створення мультимасштабних тематичних карт висуває ряд вимог до створення відповідної бази даних та використання способів зображення тематичного змісту.

#### **Формування мультимасштабних баз геоданих**

Мультимасштабні бази геоданих (МБГД) складаються з наборів даних різної деталізації (просторової та семантичної), які формують так звані лоди або рівні деталізації (від. англ. LoD — Level of Detail). Кожен лод оптимізований для відображення в певному діапазоні масштабів, тобто для нього існують опорний масштаб, до якого приведені (генералізовані) дані, і якийсь масштабний окіл, в межах якої можна використовувати дані без шкоди для читаності карти, швидкості її відображення, естетичності і т.п.

На сьогодні підходи до формування МБГД добре розвинуті при мультимасштабному генералізаційному підході, коли опрацьовуються геопросторові базові топографічні дані при створенні картографічних тайлових сервісів у Інтернет.

Основними принципами створення та підтримки МБГД при деталізаційному підході є підтримка набору шарів просторових об'єктів, які використовуються при відображенні тематики, топологічна зв'язаність між собою просторових об'єктів на різних ієрархічних рівнях, семантична узгодженість та спадковість атрибутивних даних, атрибутивна зв'язаність за рахунок унікальних ключів та класифікаторів між різними шарами просторових даних.

Підтримка набору шарів здійснюється для відображення однієї тематики, на основі обраної ієрархії деталізації тематичної інформації. Оскільки передбачається, що ці шари взаємозалежні, то існує необхідність у підтримці правильних топологічних зв'язків, щоб територія об'єкта вищого рангу не опинилась випадково на сусідній території на нижчому ранзі. Ієрархія зв'язків підтримується також на рівні атрибутивних даних, для того щоб встановити об'єкт-джерело. Для цього можуть використовуватись єдині класифікатори, ключі БД, ознаки

підпорядкованості об'єкту більш високого рівня. Спадковість атрибутивних даних передбачає використання даних найбільш детального рівня та їх поступове узагальнення на більш дрібних масштабних рівнях. Це передбачає наявність одного типу ґрунту у межах однієї ландшафтної одиниці та усіх більш дрібних похідних одиниць або відповідність кількості населення у області сумі населення у районах та населених пунктах.

Перелічені властивості характерні для організації векторних МБГД. У випадку растрових моделей добре розроблений лише генералізаційний підхід, а розробка деталізаційного підходу потребує подальших наукових пошуків. Найбільш вірогідним варіантом залишається суміщений підхід з обрахуванням зональної статистики.

#### Способи тематичного зображення

Способи тематичного зображення змісту тісно пов'язані з масштабним рядом перегляду. Для тематичного змісту основними вимогами залишається використання сумісних та репрезентативних показників на різних масштабних рівнях та зв'язаність тематичного змісту з елементами базової топографічної основи.

Особливістю мультимасштабних тематичних карт на основі деталізаційного підходу є використання нового підходу у способі зображення – суміщення декількох шарів картограми, що складно реалізувати у паперовій версії. В паперових варіантах карт накладання декількох картограм виконувалось за рахунок використання кольорової відмивки та штриховки. Наразі електронні мультимасштабні карт можуть містити майже необмежену кількість картограм, що суміщаються між собою та передивляються за рахунок розміщення на різних масштабних рівнях.

При розробці тематичного змісту мультимасштабних тематичних карт можна використовувати матрицю масштабних переходів, яка визначає вибір способу відображення тематичного змісту на різних масштабних рівнях (таблиця 1). В якості перемінних використовуються тематична складова, тематичні показники та способи зображення. Тобто в залежності від необхідності на різних масштабних рівнях можуть змінюватись різні тематичні явища, тематичні показники або спосіб їх відображення.

Таблиця 1

Матриця укладання тематичного змісту мультимасштабних карт

<i>Матриця</i>	<b>Тематики</b>	<b>Показник</b>	<b>Спосіб зображення</b>
<b>Тематика</b>	Єдина тематика	Єдина тематика Зміна показника	Єдина тематика Зміна зображення
<b>Показник</b>	Єдиний показник Зміна тематики	Єдиний показника	Єдиний показника Зміна способу
<b>Спосіб зображення</b>	Єдиний спосіб Зміна тематики	Єдиний спосіб Зміна показника	Єдиний спосіб

Матриця демонструє наявність мінімум дев'яти різних комбінацій відображення тематичного змісту на мультимасштабній тематичній карті. Вибір конкретного варіанту відображення залежить від багатьох факторів, в тому числі тематики, призначення та типу об'єктів картографування. У більшості випадків для мультимасштабних карт обирається єдиний спосіб відображення єдиного показника за єдиною тематикою, що дозволяє спростити сприйняття змісту карти. Але можливо використання відмінних варіантів. З одного боку можлива побудова мультимасштабних карт з відмінною тематикою на різних масштабних рівнях, що може надавати нові переваги при аналізі просторових даних, з іншого боку зміна територіальних одиниць на різних масштабних рівнях може спонукати до використання різних способів відображення тематичного змісту: переходу від картограми до картодіаграми або значкового способу.

### Мультимасштабні картографічні моделі

Використання мультимасштабних картографічних моделей при вирішенні завдань попередження та ліквідації НС має особливу рацію, тому що допомагає оцінити ситуацію на різних масштабних рівнях та перейти від загальної оцінки до конкретних об'єктів. З цією метою було запропоновано моделі побудови мультимасштабних карт потенційно небезпечних об'єктів, які дозволяють оцінювати різні аспекти техногенних небезпек з різним рівнем деталізації інформації. Для реалізації цієї моделі було обрано адміністративно-територіальний поділ території України та вибрано наступні деталізаційні шари та відповідні масштабні діапазони (рис. 1):

- національний рівень (поділ території України на 24 області, Автономну Республіку Крим та міста республіканського підпорядкування Київ та Севастополь);
- регіональний рівень (поділ території на райони та міста обласного підпорядкування);
- місцевий рівень (поділ за населеними пунктами на села, селища, селища міського типу та міста);
- локальний рівень (рівень окремого об'єкта в межах населеного пункту або району).

Співвідношення між деталізаційними та масштабними рівнями подано у таблиці 2.

Таблиця 2

Співвідношення між рівнями деталізації тематичної інформації та масштабними рівнями електронної карти

Рівень	Масштаб
Національний	1 : 1 000 000
Регіональний	1 : 200 000
Місцевий	1: 100 000
Локальний	1: 10 000

Карти створено на основі МБГД потенційно небезпечних об'єктів. Для організації зв'язків у МБГД використано коди класифікатора об'єктів адміністративно-територіального устрою України (КОАТУУ). Просторова складова БД містить базові шари адміністративно-територіального устрою, потенційно-небезпечні об'єкти та дані про інфраструктурні об'єкти: шляхи сполучення, адресний простір, сили та засоби реагування.

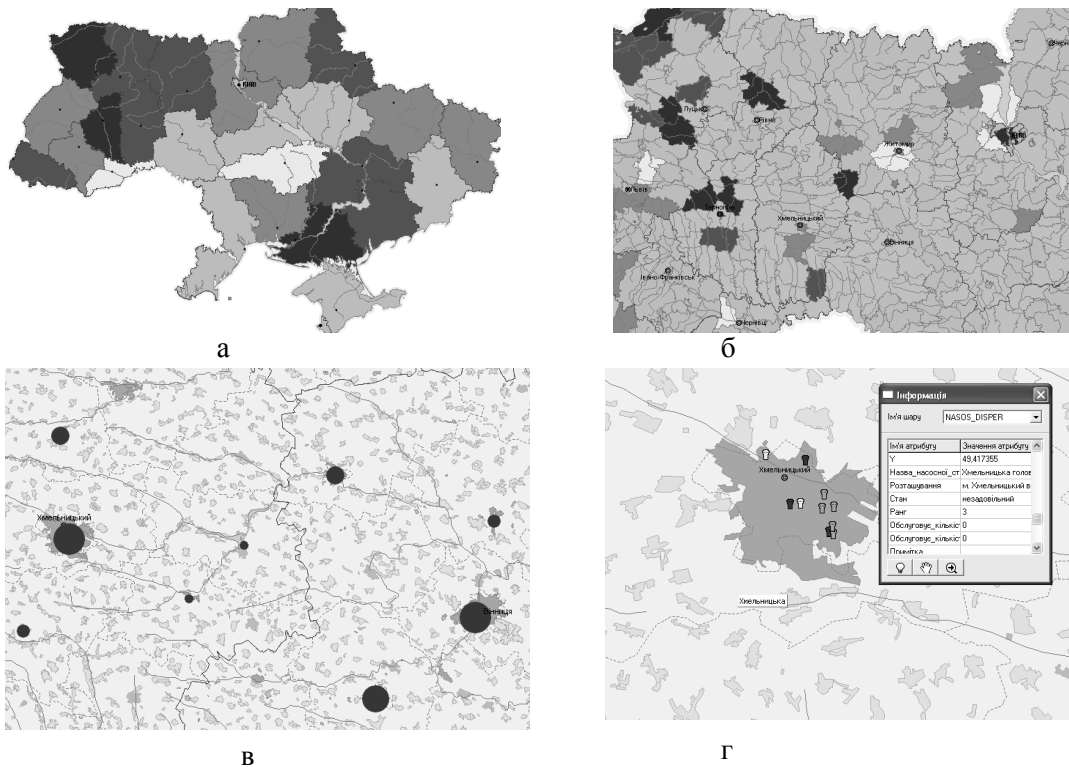


Рис. 1. Рівні мультимасштабного тематичного картографування: а – національний, б – регіональний, в – місцевий, г – локальний.

Всі шари карти отримано на основі первинних атрибутивних даних, що присутні в описі кожного потенційно небезпечного об'єкту. Відповідно було обрано метод відображення тематичної інформації зі зміною показників картографування та способів зображення, залежно від масштабного рівня. При відображенні просторового розподілу загроз на національному та регіональному рівні було обрано метод картограм, місцевому та локальному рівні – значків. Картограми відображають загальні характеристики загрози у відносних одиницях: відсотках, відношенні до кількості населення або території. Місцевий та локальний рівень відображають абсолютні значення або індивідуальні властивості об'єктів. При цьому основною ознакою для локального рівня є ступінь небезпечності конкретного об'єкта. За такою схемою було опрацьовано інформацію про хімічно небезпечні,

пожежо- та вибухонебезпечні, радіаційно небезпечні об'єкти, аварійні будинки, насосні станції та непридатні до використання отрутохімікати.

При використанні карти національний та регіональний рівень застосовуються як показники для прогнозування потенційних небезпек та ризиків, які найбільш доцільні при плануванні профілактичних робіт та управлінні силами рятування. Місцевий та локальний рівні деталізації інформації застосовуються при аналізі розподілу конкретних загроз, оцінці потенційних наслідків аварій та керуванні в умовах безпосередньої ліквідації НС.

Відповідно до цього на локальному рівні користувач карти може отримати відомості про адресу об'єкту, його технічні характеристики та стан, зону обслуговування або потенційного ураження в площинному вимірі або чисельності населення.

### ВИСНОВКИ

Мультимасштабність є однією із базових ознак геоінформаційного картографування, яка значно розширює способи використання та відображення просторової інформації. В широкому розумінні мультимасштабність є більш складною ознакою електронних карт ніж просто математична основа. Потребує виділення три базові підходи до реалізації мультимасштабності карт: математичний, генералізаційний, деталізаційний. В рамках останнього підходу можливо формування багатосарових тематичних карт з диференційованим підходом до відображення явища на різних масштабних рівнях. В якості експериментальної роботи було виконано укладання електронних карт потенційно небезпечних об'єктів України на основі використання адміністративно-територіального поділу з виділенням національного, регіонального, місцевого та локального рівнів агрегації інформації та відповідних способів її картографічного відображення. Створення подібних картографічних моделей відбувається на базі підготовки мультимасштабних геопросторових баз даних та має високе прикладне значення для управління кризисними ситуаціями, зокрема, попередженні та ліквідації надзвичайних ситуацій.

### Список літератури

1. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку / [Руденко Л.Г., Козаченко Т.І., Ляшенко Д.О., Бочковська А.І., Дишлик А.П., Чабанюк В.С., Путренко В.В.] / За редакцією акад. Л.Г. Руденко – НВП «Видавництво «Наукова думка»» НАН України», 2011. – 102 с.
2. Давидчук В.С. Мультимасштабна ландшафтна карта як засіб комплексного відображення геопросторової інформації / В.С. Давидчук, Л.Ю. Сорокіна, Р.Ф. Зарудна // Розвиток тематичної складової інфраструктури геопросторових даних в Україні: Зб. наук. праць. – К., 2011. – С. 18-26.
3. Самсонов Т.Е. Мультимасштабное картографирование рельефа: общегеографические и гипсометрические карты / Т.Е. Самсонов. – Lambert Academic Publishing Saarbrücken, 2011. – 208 с.
4. Юрова Н.Д. Мультимасштабное социально-экономическое картографирование на примере производства строительных материалов в России / Н.Д. Юрова, Т.Е. Самсонов // ИнтерКарто-

- ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территории: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции. Смоленск, 26 – 28 июня, 2012 г. Смоленск, 2012. – С. 469 – 476.
5. Stolte Chris Multiscale Visualization Using Data Cubes / Chris Stolte, Diane Tang, Pat Hanrahan // Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on April-June 2003, p. 176 – 187.
  6. Yin Z.C. A Multi-Scale GIS Database Model Based On Petri Net / Z.C. Yin // ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI (4/W6). – Hangzhou, 2005. – P. 271 – 275.
  7. Wang Y. H. Multi-Scale Conceptual Model for GIS Geographical Features / Y. H. Wang, J. Chen, J. Jian // Journal of China University of Mining & Technology. – 2003. – Vol. 32(4). – P. 376–382.
  8. Zhang Chao The Application of Gisway System in Emergent Thematic Mapping / Chao Zhang, Lianfa S. I., Zhuoning Chen // Disaster Engineering science, 2009, 11(8): p.24-28 (in Chinese). [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201105/2011fzjz37.pdf>
  9. Zlatanova S. Management of multiple representations in spatial DBMSs. / S. Zlatanova, J.E. Storer, and W. Quak. // 7<sup>th</sup> AGILE Conference on Geographic Information Science, Heraklion, Greece, Parallel Session 3.3., 2004. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://agile.gis.geo.tu-dresden.de/web/Conference\\_Paper/CDs/AGILE%202004/papers/3-3-3\\_Zlatanova.pdf](http://agile.gis.geo.tu-dresden.de/web/Conference_Paper/CDs/AGILE%202004/papers/3-3-3_Zlatanova.pdf)

**Путренко В.В. Мультимасштабные картографические модели анализа опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций / В.В. Путренко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т. 26 (65). – № 1– С. 136-144.**

Рассмотрены методологические основы мультимасштабного тематического картографирования для целей анализа опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Украине. Уточнено понятие «мультимасштабность» и рассмотрены подходы к реализации мультимасштабного геоинформационного картографирования. Проведена классификация методов составления тематического содержания мультимасштабных карт и экспериментальные работы по созданию мультимасштабных тематических карт потенциально опасных объектов в Украине.

**Ключевые слова:** мультимасштабность, геоинформационное картографирование, потенциально опасный объект, чрезвычайная ситуация.

## MULTI-SCALE CARTOGRAPHIC MODELS OF HAZARD ANALYSIS AND RISK OF EMERGENCIES

*Putrenko V. V.*

*Institute of geography of National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

*E-mail: putrenko@rambler.ru*

Multi-scale is one of the basic characteristics of GIS mapping, which significantly expands ways to use and display spatial information.

The aim of the paper is methodological study of the organization multi-scale thematic databases and cartographic models and their implementation applied based on mapping of potentially hazardous facilities in Ukraine. The objectives of the paper is multi-scale clarify the concept and formulation of principles multi-scale thematic mapping, the selection of basic models multi-scale thematic mapping, development multi-scale thematic data models for risk analysis and hazard emergencies analysis of effectiveness of multi-scale thematic maps.

In a broad sense multi-scale is more complex characteristics of digital maps than just a mathematical basis. Requires selection of three basic approaches to implementing multi-scale map: mathematics, generalization, detail.

Detail approach is less common in the national cartographic school and became principal in the west. With this approach, the change of scale change display detailed information that



includes not just data generalization, and their replacement by other objects that correspond to a large-scale level. As an example may be considered statistical maps Unemployment resource ArcGIS.com, where statistics based on large-scale level is viewable at the state, then county and individual communities.

It should also be emphasized that detail approach is inherent to the organization geosystems, operating at different territorial levels and maintain hierarchical relationships. In this approach, perhaps forming multi-thematic maps with the differentiated approach to reflection phenomena at different scale levels.

In developing the thematic content of multi-scale thematic maps can be used matrix scale passages, which determines the choice of how to display thematic content at different scale levels. As the variables used thematic element, thematic indicators and methods of image. That is, depending on the need at different scale levels can vary different themed events, themed performance or the way they appear.

The matrix shows the presence of at least nine different combinations to display contextual content of multi-scale thematic map. Selecting a specific display options depend on many factors, including the subject, purpose and type of object mapping. On the one hand possible to build multi-scale maps with different themes at different scale levels, which may offer new advantages in the analysis of spatial data, on the other hand change units at different levels of scale can encourage the use of different ways of displaying thematic lines: transition from cartograms to charts or symbol method.

As the experimental work was done signing electronic maps of potentially dangerous objects Ukraine on the basis of the administrative-territorial division of the allocation of national, regional, settlement, and local levels of aggregation of information and appropriate methods of cartographic representation. All layers of maps received from the primary attribute data present in the description of each potentially dangerous object. Accordingly, a method was chosen display related information with the change of parameters and methods of mapping, depending on the scale level. Create a similar mapping model is based on preparation multi-scale geospatial databases and has high practical value for crisis management situations, including the prevention and elimination of emergencies.

**Keywords:** multi-scale, GIS mapping, potentially dangerous object, emergencies.

#### References

1. Stolte Chris Multiscale Visualization Using Data Cubes / Chris Stolte, Diane Tang, Pat Hanrahan // Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on April-June 2003, p. 176 – 187.
2. Yin Z.C. A Multi-Scale GIS Database Model Based On Petri Net / Z.C. Yin // ISPRS Workshop on Service and Application of Spatial Data Infrastructure, XXXVI (4/W6). – Hangzhou, 2005. – P. 271 – 275.
3. Wang Y. H. Multi-Scale Conceptual Model for GIS Geographical Features / Y. H. Wang, J. Chen, J. Jian // Journal of China University of Mining & Technology. – 2003. – Vol. 32(4). – P. 376–382.
4. Zhang Chao The Application of Gisway System in Emergent Thematic Mapping / Chao Zhang, Lianfa S. I., Zhuoning Chen // Disaster Engineering science, 2009, 11(8): p.24-28(in Chinese). – Режим доступа: <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201105/2011fzjz37.pdf>
5. Zlatanova S. Management of multiple representations in spatial DBMSs. / S. Zlatanova, J.E. Storer, and W. Quak. // 7<sup>th</sup> AGILE Conference on Geographic Information Science, Heraklion, Greece, Parrallel Session 3.3., 2004. – Режим доступа: [http://agile.gis.geo.tu-dresden.de/web/Conference\\_Paper/CDs/AGILE%202004/papers/3-3-3\\_Zlatanova.pdf](http://agile.gis.geo.tu-dresden.de/web/Conference_Paper/CDs/AGILE%202004/papers/3-3-3_Zlatanova.pdf)

*Поступила в редакцию 21.04.2013 г.*