

УДК 504.064.36

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2021.47.61-66>О. Міхно, канд. техн. наук, доц.
almikhno@ukr.net

ORCID ID 0000-0003-4994-2405

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
І. Патракеєв, канд. техн. наук, доц.

ipatr@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-0448-8790

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна,
Н. Левінська, доц.

levinskova@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-2532-2925

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ПРИНЦИП ПОЛІМАСШТАБНОСТІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Стаття є продовженням серії публікацій, в яких розглянуто тактичні властивості геоінформаційного моніторингу міського середовища, що є необхідною складовою сучасного воєнно-географічного опису театру військових дій. Властивість полімасштабності дозволяє виявити просторово-часові особливості розвитку міського середовища на різних територіальних рівнях – глобальному, регіональному, локальному, а також на макрорівні та мезорівні. Розглянуто теоретико-множинне подання принципу полімасштабного моделювання об'єктів міського середовища, на основі якого моделі і методи геоінформаційного моніторингу на кожному масштабному рівні можуть бути подані як композиція упорядкованих пар різного структурного типу. Наведено приклад ієрархії методів і моделей, використовуваних у дослідженнях міського середовища. Введено поняття базових моделей-композицій і запропоновано технологію для побудови полімасштабних композицій, які дозволяють визначати обчислювальну сутність відповідних математичних моделей на кожному рівні полімасштабного підходу в дослідженні міського середовища. Розроблено узагальнену схему застосування принципу полімасштабної декомпозиції об'єкта геоінформаційного моніторингу міського середовища з визначенням моделей об'єкта моніторингу на кожному рівні інформаційного простору. Кожен рівень території, що спостерігається, мовою теорії категорій можна інтерпретувати як деяку категорію, об'єктами якої є просторові дані, які організовані у вигляді тематичних шарів (векторних і растрових) і містять множину просторових об'єктів, що згруповані за принципом тематичної близькості та в певній системі координат, узагальненої для тематичних шарів. Запропонована система моніторингу міського середовища дозволяє вдосконалювати принципи прийняття управлінських рішень при розробці програм розвитку територій різних масштабів.

Ключові слова: геоінформаційний моніторинг, принцип полімасштабності, міське середовище, інформаційний простір, просторове моделювання.

Постановка проблеми. Сьогодні полімасштабність досліджень пов'язана з механікою твердого тіла, фізикою, хімією, матеріалознавством та іншими науковими галузями, що отримали значний поштовх і перетворились на міжнародну міждисциплінарну діяльність [1–3]. Полімасштабне моделювання спрямоване на визначення властивостей матеріалу або поведінки системи на одному масштабному рівні з використанням інформації або моделей з інших рівнів. Воно вирішує проблеми осіб, що приймають рішення, які виникають через різномасштабні явища в організаційному, соціально-економічному, екологічному та часовому просторі.

Багаторівневості міського середовища, безліч суб'єктів його трансформації, які переслідують асиметричні інтереси, багаторівнева система інститутів, що забезпечують регулювання взаємодії населення з довкіллям, визначають доцільність використання ієрархічного підходу до аналізу міського середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для втілення ієрархічного підходу геоінформаційний моніторинг реалізує принцип полімасштабності, який спирається на дослідження І. Маєргойза, А. Трейвіша [4, 5] та інших науковців і розуміється як метод оперування масштабами-рангами території у межах конкретного об'єкта моніторингу для визначення просторових закономірностей явищ або процесів. Принцип полімасштабності геоінформаційного моніторингу дозволяє на практиці реалізувати девіз римського клубу: "Мислити глобально, діяти локально", який уперше з'явився в 60-тих роках минулого століття й отримав сьогодні можливість для його всебічного та послідовного дослідження. Роберт Робенсон, який запропонував термін "глокалізація", стверджує, що "глобальні та локальні тенденції у

кінцевому рахунку взаємодоповнюють і взаємопроникають одна в одну, хоча у конкретних ситуаціях можуть прийти до протиріччя" [6].

Полімасштабність геоінформаційного моніторингу спільно з інтернет-технологіями дає можливість забезпечити якісний та оперативний моніторинг такої складної системи, як міське середовище. Використання принципу полімасштабності забезпечує [7]:

- значне розширення доступу до показників різного територіального рівня;
- спрощення процедури відображення статистичної інформації, її оперативну зміну;
- автоматизацію процесу аналізу просторових закономірностей об'єктів, явищ або процесів, обчислення прогнозів;
- підвищення оперативності та ефективності роботи органів державної влади при розробці політики сталого розвитку територій з урахуванням глокальних особливостей соціально-економічної, екологічної та містобудівної ситуації.

Полімасштабність геоінформаційного моніторингу визначається розміром спостережуваних територій і вміщує такі масштаби-ранги:

- первинний (застосовується до первинних планувальних елементів соціально-планувальної структури населеного пункту – земельна ділянка, група земельних ділянок, будівлі та споруди, об'єкти інженерного забезпечення);
- мезорівень (застосовується до елементів соціально-планувальної структури населених пунктів, які визначені Державними будівельними нормами ДБН Б.2.-12:2019 "Планування та забудова територій": житлові

мікрорайони, підприємства та заклади періодичного обслуговування населення, зелені насадження загального користування, об'єкти вулично-дорожньої мережі);

- локальний (застосовується до окремих об'єктів і районів, що схильні до антропогенних впливів, якими можна вважати окремі водойми, лісові і гірські масиви, міські райони, приземний шар повітря, поверхневі і ґрунтові води, промислові і побутові стоки, атмосферні викиди, радіоактивні випромінювання);

- регіональний (моніторинг екосистем, застосовується для обстеження великих територіальних зон, які утворюють окремі міські, природні, лісові та водні екосистеми [8, 9]. Метою регіонального моніторингу є контроль за параметрами екосистем. Він вміщує оцінку відмінностей параметрів від фонових, встановлення впливу на спостережувані параметри наявних на регіональному рівні джерел антропогенного впливу. У ході проведення регіонального моніторингу досліджують біологічний кругообіг та його порушення, відстежують популяції представників тваринного світу, можливості природних ресурсів щодо забезпечення життєдіяльності регіонів, вивчають і оцінюють регіональні зміни параметрів атмосфери, гідросфери і літосфери).

- глобальний (моніторинг глобальних процесів, застосовується для дослідження процесів, що мають більший масштаб поширення, ніж на регіональному рівні, наприклад вивчення і оцінка загальних тенденцій зміни стану природного середовища під впливом антропогенних факторів, визначення забруднювачів в атмосфері, води, ґрунтах та біоті) [10].

Мета статті. Стаття присвячена аналізу властивості полімасштабності геоінформаційного моніторингу. Полімасштабність дозволяє підвищити ефективність процесу моніторингу на основі паралельного аналізу різних рівнів даних, які дозволяють отримати додаткову інформацію про об'єкт моніторингу і підвищити ймовірність прийняття правильного управлінського рішення.

Викладення основного матеріалу дослідження. Фізичну реальність навколишнього світу можна описати за допомогою інформаційного поля, яке містить деякі кількісні та якісні характеристики інформаційного простору. Інформаційний простір є лише пасивним відображенням навколишнього світу [11]. Інформаційне поле можна характеризувати за допомогою таких різних незалежних мір, як: вимір простору, вимір часу, вимір "щільності поля" та інші [2]. При застосуванні геоінформаційного моніторингу можуть враховуватись характеристики інформаційного поля (статичні процеси) або просторово-часові характеристики – під час моніторингу динамічних процесів, а також просторово-часові характеристики та "щільність поля" (енергетичний вимір поля).

Основна частина математичних моделей, які застосовуються для моніторингу об'єктів, фізичних процесів та явищ, призначена для їхнього опису в одному просторово-часовому масштабі. Завдання геоінформаційного моніторингу міського середовища пов'язані з полімасштабними дослідженнями, тобто мається на увазі, що вони вміщують явища непорівнянних просторових та/або часових, або просторово-часових та щільно-польових показників (індикаторів) на різних масштабах одночасно. При побудові схеми геоінформаційного моніторингу в ході дослідження міського середовища існує можливість побудувати ієрархію моделей з урахуванням полімасштабності об'єктів, процесів та явищ. Полімасштабні моделі надають додаткові переваги для оціню-

вання результатів геоінформаційного моніторингу. Полімасштабний підхід дозволяє досліджувати об'єкти, процеси і явища набагато більшого розміру (або більш тривалі за часом), ніж ті, які могли б досліджуватися на мікромасштабному рівні.

Таким чином, у випадках, коли необхідно за допомогою однієї моделі виконати моніторинг об'єкта, процесу або явища, геоінформаційний моніторинг надає можливість інтегрування моделей різного масштабованого рівня, що вимагає розробки теоретичних основ їхнього об'єднання.

Розглянемо теоретико-множинне подання принципу полімасштабного моделювання об'єктів геоінформаційного моніторингу міського середовища [12]. Моделі і методи геоінформаційного моніторингу на кожному масштабованому рівні можуть бути подані як композиція упорядкованих пар основних множин різного структурного типу:

$$K^i = \langle \{VX_j^i, \dot{M}M_j^i\} \rangle,$$

де i – номер масштабованого рівня, $i = \overline{0, L}$, L – кількість розглянутих рівнів; j – порядковий номер моделі об'єкта моніторингу на масштабованому рівні, $j = \overline{0, N}$, N – кількість моделей об'єкта моніторингу на i -му рівні.

Визначимо основний зміст множин: $VX_j^i = \{V_j^i, X_j^i\}$ – множина даних, де V_j^i – множина вхідних даних, X_j^i – множина вихідних даних моделі моніторингу. Множина $\dot{M}M_j^i = \{\dot{M}_j^i, M_j^i\}$, де $\dot{M}_j^i$ – множина методів обробки вхідних даних, M_j^i – множина моделей об'єкта моніторингу. Множину методів та моделей $\dot{M}M_j^i$ визначимо більш детально:

$$\dot{M}M_j^i = \{\dot{M}_j^i, M_j^i\} = \{s_j^i, \delta_j^i, \dot{m}_j^i, \dot{m}_j^{i \dots i^*}\}.$$

Множина моделей, які входять до множини $\dot{M}M_j^i$, поділені з позиції змінності на два великих класи: s_j^i – статичні моделі та δ_j^i – динамічні моделі. Методи обробки даних $\dot{m}_j^i$, $i = \overline{0, L}$, $j = \overline{0, N}$ можуть бути спеціалізованими, які використовуються тільки в конкретній моделі на окремому масштабованому рівні, або універсальними, які використовуються різними моделями об'єкта моніторингу на різних масштабованих рівнях $\dot{m}_j^{i \dots i^*}$, де $i, \dots, i^*$ – кількість рівнів. Сполучними елементами між моделями об'єкта моніторингу на різних масштабованих рівнях є параметри (індикатори), які виконують основну роль під час передачі інформації між масштабованими рівнями. Далі наведемо опис полімасштабної композиції, що дозволяє представити інформацію, з яких саме моделей, масштабованих рівнів вона складається, яким чином відбувається обмін даними між моделями різних рівнів.

Припустимо, що на i -му масштабованому рівні у межах певного об'єкта маємо композицію вихідних даних, методів та моделей геоінформаційного моніторингу $K^i = \langle \{VX_j^i, \dot{M}M_j^i\} \rangle$. На i^* -му рівні існує, відповідно, композиція $K^{i^*} = \langle \{VX_j^{i^*}, \dot{M}M_j^{i^*}\} \rangle$. Побудуємо полімасштабну композицію K^{i, i^*} . Основними множинами K^{i, i^*} є:

$$K^{i, i^*} = \langle \{V_j^i UV_j^{i^*}, X_j^i UX_j^{i^*}, \dot{M}_j^i UM_j^{i^*}, M_j^i UM_j^{i^*}\} \rangle.$$

Сполучними елементами між композиціями з різних масштабованих рівнів, що входять до K^{i, i^*} , є параметри (індикатори), які відіграють основну роль під час передачі інформації між масштабованими рівнями моделі об'єкта геоінформаційного моніторингу. Під параметрами (індика-

торами) $\vartheta \in VX = \{V_j^i \cup V_j^{i*}, X_j^i \cup X_j^{i*}\}$ будемо розуміти параметри, що належать до множини $X_j^i \cap X_j^{i*}$, що отримані як результат перетину двох множин: вихідних даних X_j^i з нижнього масштабованого рівня та вхідних даних V_j^{i*} з верхнього масштабованого рівня:

$$X_j^i \cap X_j^{i*} = \{\vartheta: (\vartheta \in X_j^i) \cap (\vartheta \in V_j^{i*}), \vartheta \in VX\}.$$

На рис. 1 наведено приклад ієрархії методів і моделей, які можуть використовуватись під час геоінформаційного моніторингу міського середовища. Відповідно до такого подання на першому масштабованому рівні (напр.,

регіональному) застосовуються моделі і методи дистанційного зондування Землі, в основі яких лежить теорія електромагнітних випромінювань; на другому масштабованому рівні – картографічні методи і моделі, які можуть застосовуватися, наприклад, методи штучного інтелекту. При такому підході результати моделювання об'єктів міського середовища на перших двох рівнях можуть використовуватись як вхідні дані для імітаційного моделювання більш складних структур, наприклад, транспортної структури міста з метою оцінювання транспортної та пішохідної мобільності населення.

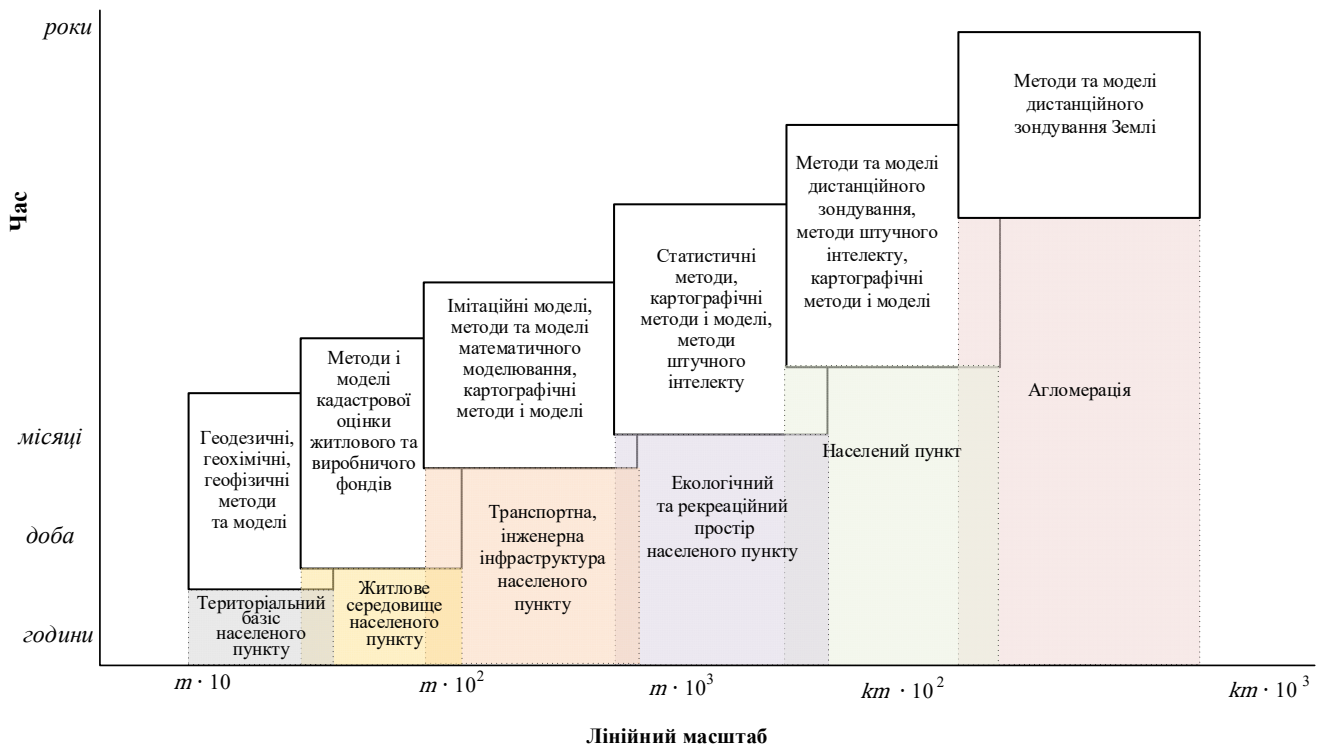


Рис. 1. Приклад ієрархії методів та моделей, які використовуються в дослідженнях міського середовища

Розглянемо реалізацію принципу полімасштабного моделювання для вирішення завдань геоінформаційного моніторингу з метою визначення властивостей конкретних об'єктів. Принцип полімасштабного моделювання має дуальний характер – двонаправлений процес генералізації-деталізації. На етапі деталізації об'єкта здійснюється полімасштабна декомпозиція досліджуваного об'єкта, у результаті чого отримуємо ієрархічну структуру, яка визначає:

- математичну основу моделювання відповідно до охоплення та конфігурації території, розміри об'єктів геоінформаційного моніторингу, особливості їхніх просторових відносин;
- структуру просторової бази даних відповідно до обраної математичної основи, призначення та зміст відповідних взаємопов'язаних інформаційних шарів, рівень їхньої деталізації, кількість і діапазон використання, який дозволяє покрити масштаб картографування;
- вимоги до різномірних джерел даних для методів і моделей на кожному рівні деталізації моделювання.

Зворотний процес – генералізація (композиція) – передбачає сходження за масштабними рівнями. Нехай

маємо об'єкт моніторингу ob_l , який відповідає масштабованому рівню l території, для якого визначають ряд властивостей. Виконаємо полімасштабну декомпозицію об'єкта моніторингу ob_l , виділяючи його складові об'єкти (елементи композиції), що відповідають різним масштабним рівням.

Позначимо $ob_l^1 = ob_l$. Декомпозиція виконується послідовно на кожному рівні масштабування. На i -му кроці декомпозиції, який відповідає i -му масштабованому рівню, визначимо елементи нижнього рівня, які становлять об'єкти моніторингу i -го рівня:

$$ob_l^m \rightarrow \{ob_l^{1m}, ob_l^{2m}, \dots, ob_l^{M_{i-1}m}\}, m = 1, \dots, M_i,$$

де M_i – кількість елементів композиції на i -му масштабованому рівні. У результаті отримуємо ієрархічну структуру, яка відображає композиційну структуру об'єкта моніторингу (рис. 2). Зауважимо, що на рис. 2 використовується відносна нумерація масштабних рівнів, тобто послідовно зверху до низу нумеруються рівні, які беруть участь у декомпозиції.

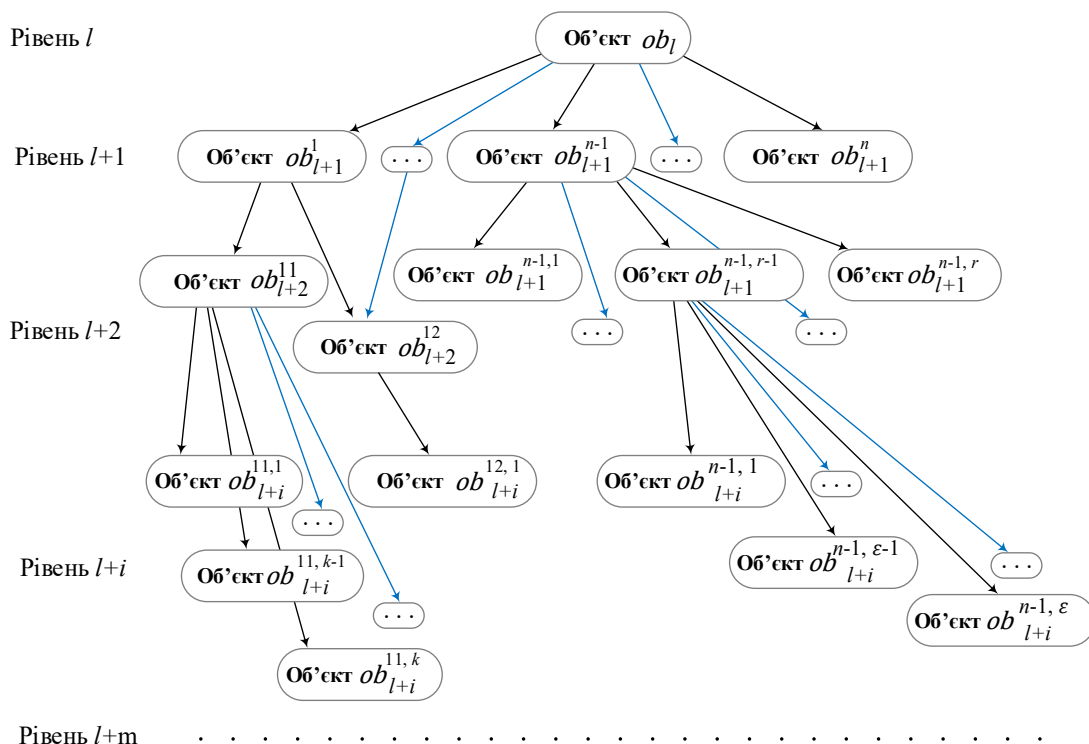


Рис. 2. Приклад полімасштабної декомпозиції об'єкта з виділенням його складових, які відповідають різним рівням масштабу

Важливою є передача даних між моделями різних масштабних рівнів. Для більш докладного опису цього процесу множину вхідних даних полімасштабної композиції розділимо на три групи:

$$D_{ij} = B_{ij} \cup C_{ij} \cup T_{ij},$$

де B_{ij} – множина даних, які надходять від моделей нижчого масштабного рівня

$$B_{ij} \subset \bigcup_m X_{i-1,m} = D_{ij} \cup \bigcap_m X_{i-1,m};$$

C_{ij} – множина даних, які надходять від моделей поточного масштабного рівня

$$C_{ij} \subset \bigcup_{k < j} X_{ik} = D_{ij} \cup \bigcap_{k < j} X_{ik};$$

T_{ij} – множина даних, які специфічні для поточного рівня та для конкретної моделі.

Багаторівнева трансформація даних забезпечується між моделями об'єкта моніторингу сусідніх рівнів масштабування або моделями одного рівня. З урахуванням побудованої ієрархії принцип полімасштабності геоінформаційного моніторингу забезпечує однозначність та повноту передачі даних.

Слід також зазначити, що при побудові полімасштабно-зв'язаної структури геоінформаційного моніторингу вихідні дані моделі об'єкта верхнього рівня можуть і не перетинатися з вхідними даними моделей нижніх масштабних рівнів. Винятком може бути вплив індикаторів

верхнього рівня на властивості об'єкта моніторингу, які розташовані на нижніх масштабних рівнях. Для опису базових моделей-композицій і технології побудови полімасштабних композицій застосовано теоретико-множинний апарат, який дозволяє передати обчислювальну сутність відповідних математичних моделей.

На рис. 3 наведено приклад застосування принципу полімасштабної декомпозиції об'єкта геоінформаційного моніторингу міського середовища з визначенням побудованих моделей об'єкта моніторингу на кожному рівні інформаційного простору. Для кожного рівня деталізації визначається діапазон масштабів, у межах якого він може використовуватись для застосування методів і моделей геоінформаційного моніторингу, обробки даних, генералізації нових даних і візуалізації цих даних і результатів моделювання та моніторингу.

Розглянутий принцип полімасштабності геоінформаційного моніторингу дозволяє вдосконалити організацію моніторингових досліджень міського середовища при розробці стратегічних напрямів та програм сталого розвитку територій різного масштабу. Використання теоретико-множинного апарата дозволяє найбільш повно передати обчислювальну сутність полімасштабного моделювання складних систем. Результати полімасштабного моделювання об'єктів геоінформаційного моніторингу зберігаються в просторовій базі даних у вигляді рівнів деталізації (LOD – Level of detail).

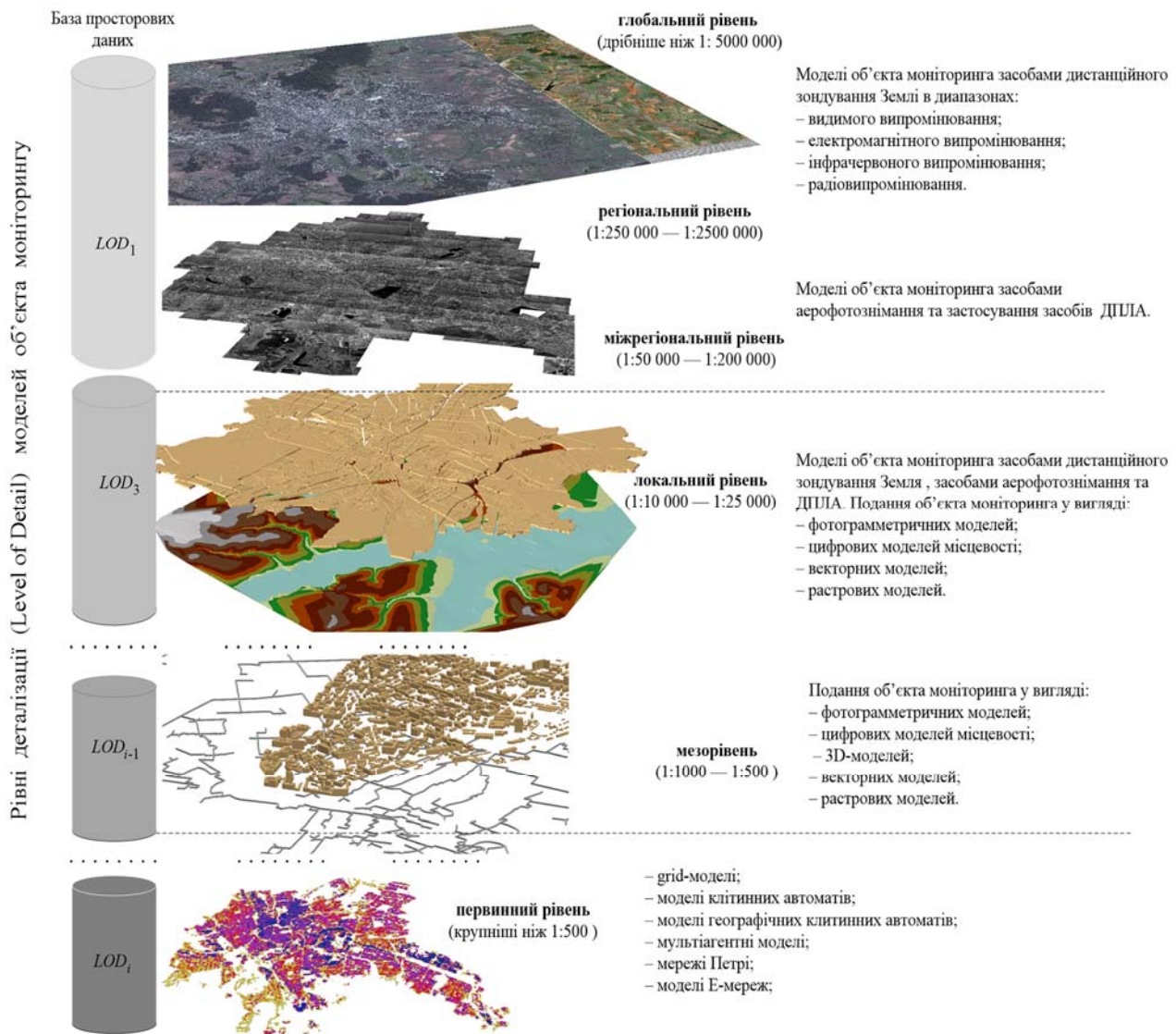


Рис. 3. Приклад застосування принципу полімасштабної декомпозиції об'єкта геоінформаційного моніторингу з виділенням його складових

Висновки. На підставі системного аналізу, спираючись на логічні конструкції, проаналізовано особливості подання принципу полімасштабності геоінформаційного моніторингу. Під аспектом розміру територій, що спостерігаються, розуміється глобальний, регіональний і локальний рівень моніторингу. У сукупності вони можуть створювати єдину складну систему полімасштабного геоінформаційного моніторингу, у той же час на кожному рівні геоінформаційний моніторинг може функціонувати незалежно.

По суті, кожен рівень території, що спостерігається, мовою теорії категорій можна інтерпретувати як деяку категорію, об'єктами якої є просторові дані, які організовані у вигляді тематичних шарів (векторних і растрових) і містять множину просторових об'єктів, згрупованих за принципом тематичної близькості та в певній системі координат, узагальненої для тематичних шарів.

Запропонована система моніторингу міського середовища дозволяє вдосконалювати принципи прийняття управлінських рішень при розробці програм розвитку територій різних масштабів.

Список використаної літератури

1. Karakasidis T.E., Charitidis C.A. Multiscale modeling in nanomaterials science // *Mat. Science & Engineering*, 2007. С. 27. Р. 1082–1089.
2. Раткин Л. Многомасштабное моделирование процессов и структур в нанотехнологиях // *Наноиндустрия*, 2009. № 1. С. 46–47.
3. Абгарян К.К., Гаврилов Е.С., Марасанов А.М. Информационная поддержка задач многомасштабного моделирования композиционных материалов // *Internat. Jour. of Open Information Technologies*, 2017. № 12. С. 24–29.
4. Трейвиш А.И. Принцип полимасштабности в географии и страноведении / *Меняющаяся география зарубежного мира*; под ред. И. С. Иванова, И.М. Кузина, А.С. Фетисова. Т. 17. Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Ойкумена, Москва–Смоленск, 2007. С. 50–65.
5. Раужин И.Г. Полимасштабный мониторинг демографических процессов в России с использованием геоинформационных технологий: дис. ... кан. географ. наук: 25.00.24. ГОУ ВПО "Ставрополь. гос. ун-т", Ставрополь, 2011, 230 с.
6. Robertson R., Knondker H. Discourses of globalization: Preliminary considerations // *Internat. sociology*, 1999. Vol. 13, № 1. Р. 25–40.
7. Тикунов В.С., Белозеров В.С., Панин А.Н., Черкасов А.А. Полимасштабный геоинформационный мониторинг миграционных процессов: общие подходы // *Наука. Инновации. Технологии*, 2014. №1(5). С. 135–144.
8. Зятягало В.В., Иванов А.Ю., Гершензон О.Н. Мониторинг шельфовых зон с использованием космической радиолокационной съемки и географических информационных систем // *Тез. докл. Black sea forum 14-15 декабря 2007 г.* С.120–125.
9. Кучейко А.А., Зятягало В.В., Запорожец Н.А. Радиолокационный мониторинг разливов нефти и нефтепродуктов в акваториях // *Бурение и нефть*, 2008. №11. С. 13–18.

10. Tsvetkov V. Ya. Global Monitoring // European Researcher, 2012, Vol. 33, № 11-1, P. 1843–1851.

11. Ожерельева Т. А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований, 2014. № 10. С. 21–24.

12. Бурбаки Н. Первая часть. Основные структуры анализа. Книга первая. Теория множеств ; пер. с франц. Москва : изд-во "МИР", 1965. 231 с.

References

1. Karakasidis T.E. & Charitidis C.A. (2007). Multiscale modeling in nanomaterials science. *Materials Science & Engineering*, C 27 (5-8), 1082-1089. [In English]

2. Ratkin L. (2009). Multiscale modeling of processes and structures in nanotechnology. *Nanoindustry*, 1, 46-47. [In Russian]

3. Abgaryan K.K., Gavrilov E.S. & Marasanyan A.M. (2017) Information support for the tasks of multiscale modeling of composite materials. *International Journal of Open Information Technologies*, 12, 24-29. [In Russian]

4. Treivish A.I. (2007) The principle of polyscale in geography and regional studies. Changing geography of the foreign world. V.17. Questions of economic and political geography of foreign countries. Oikumena, Moscow – Smolensk, 50-65. [In Russian]

5. Raushin I.G. (2011) Polyscale monitoring of demographic processes in Russia using geoinformational technologies: dis. ... can. geograph. sciences: 25.00.24, Stavropol, 230 p. [In Russian]

6. Robertson R. & Knodder H. (1999) Discourses of Globalization: Preliminary Considerations. *International sociology*, 13(1), 25-40. [In English].

7. Tikunov V.S., Belozero V.S., Panin A.N. & Cherkasov A.A. (2014) Polyscale Geoinformational Monitoring of Migration Processes: General Approaches. *Science. Innovation. Technologies*, 1(5), 135-144. [In Russian]

8. Zatyagalova V.V., Ivanov A.Yu. & Gershenzon O.N. (2007) Monitoring of Shelf Zones Using Space Radar Imagery and Geographic Information Systems. *Black sea forum*, December 14-15, 120-125. [In Russian]

9. Kucheiko A.A., Zatyagalova V.V. & Zaporozhets N.A. (2008) Radar Monitoring of Oil and Oil Products Spills in Water Areas. *Drilling and oil*, 11.13-18. [In Russian]

10. Tsvetkov V. Ya. (2012) Global Monitoring. *European Researcher*, 33 (11-1), 1843-1851. [In English].

11. Ozheryelyeva T.A. (2014) About Relationship of Concepts of Information Space, Information Field, Information Environment and Semantic Environment. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 10, 21-24. [In Russian]

12. Bourbaki N. (1965) First part. Basic Analysis Structures. Book one. Set theory. Tr. with French, MIR, Moscow, 231 p. [In Russian]

Надійшла до редколегії 13.07.21

O. Mikhno, PhD in Technical Sci., Ass. Prof.

almikhno@ukr.net

ORCID ID 0000-0003-4994-2405

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine,

Patrakeyev, PhD in Technical Sci., Ass. Prof.

ipatr@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-0448-8790

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine,

N. Levinskova, Ass. Prof.

levinskova@ukr.net

ORCID ID 0000-0002-2532-2925

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

PRINCIPLE OF POLYSCALE OF GEOINFORMATIONAL MONITORING OF URBAN ENVIRONMENT

The article is a continuation of series of publications that consider tactical properties of geoinformational monitoring of urban environment, which is a necessary component of modern military-geographical description of theater of operations. The property of polyscale allows to reveal spatio-temporal features of development of urban environment at different territorial levels - global, regional, local, as well as at the macro and meso level. Theoretical-set representation of the principle of polyscale modeling of urban objects is considered, on the basis of which models and methods of geoinformational monitoring at each scale level can be presented as a composition of ordered pairs of different structural type. An example of a hierarchy of methods and models used in urban studies is given. The concepts of basic models-compositions are introduced and the technology for construction of polyscale compositions is offered, which allow to determine the computational essence of corresponding mathematical models at each level of polyscale approach in studying of urban environment. Generalized scheme of application of principle of polyscale decomposition of geoinformational monitoring object of urban environment with definition of models of object of monitoring at each level of information space is developed. Each level of observed territory in the language of category theory can be interpreted as a category, the objects of which are spatial data, which are organized in the form of thematic layers (vector and raster) and contain many spatial objects grouped by thematic proximity and in certain coordinate system generalized for thematic layers. The proposed system of urban environment monitoring allows to improve principles of management decisions in development programs of different scales.

Keywords: geoinformational monitoring, polyscale principle, urban environment, information space, spatial modeling.