

## ДО ПИТАННЯ РЕЛЯЦІЙНОЇ КАРТОГРАФІЇ

**В. Чабанюк**Інститут географії НАН України,  
ТОВ “Інтелектуальні Системи ГЕО”, chab@isgeo.kiev.ua,**О. Дишлик**

Інститут географії НАН України, dyshlyk@geomatichna.kiev.ua

**Ключові слова:** реляційна картографія, реляційні патерни.

**Вступ**

Сучасна картографія має справу з представленнями географічних і просторових явищ, як реальних, так і віртуальних. Поряд з такими класичними поданнями цих явищ, як карти, нещодавно з'явилися некласичні: наприклад, сучасні електронні атласи або геоколажі, побудовані за допомогою предметних і картографічних платформ. Ці некласичні картографічні явища стають все популярнішими і потребують як наукового пояснення, так і наукових методів отримання нових знань у цьому напрямі.

Автори мають багаторічний досвід створення електронних атласів в умовах швидкої зміни інформаційних технологій і вирішення проблем, що трапляються у цій діяльності. Цей досвід змусив авторів зайнятися пошуком нових методологічних підходів до створення та використання картографічних систем. Бажано, щоб нові підходи ґрунтувались на використанні повторюваних рішень – реляційних патернів. Це пов'язано із забезпеченням тривалої працездатності електронних атласів (зокрема, Національного атласу України, РадАтласу тощо) у динамічну епоху “великих даних”. Абсолютно очевидною стала необхідність створення нових методологічних і технологічних атласних рішень, для яких необхідна своя сучасна наукова картографічна теорія.

Використовуючи абдуктивні міркування, суть яких полягала у знаходженні теоретичних пояснень накопичених практикою фактів, автори довели наявність реляційних картографічних патернів і тим самим існування реляційної картографії, а також запропонували деякі її ключові поняття, які викладено у низці опублікованих статей. Сьогодні значну частину фактів реляційної картографії вже доведено строгішими дедуктивними міркуваннями.

“Класична” картографія<sup>1</sup> сьогодні визначається як мистецтво, наука і технологія виготовлення і використання карт. Для позначення системних картографічних явищ використовується поняття “картографічної системи”. Така система за [11] визначається у найзагальнішому вигляді як множина предметів (напри-

клад, карт та інших представлень географічних сутностей) і відношень (реляцій) між ними.

Автори пропонують розширити класичне визначення картографії, доповнивши предмет її дослідження також картографічними системами та відповідними цим системам мистецтвами, науками і технологіями. Якщо позначити картографії, предметом дослідження яких є карти, як “предметні”, то картографії, предметом дослідження яких є відношення, логічно позначити терміном “реляційні”. Тобто предметні картографії, про які йдеться у визначенні класичної картографії, пропонується доповнити реляційними картографіями. Далі у роботі уточнено предмет дослідження реляційної картографії та описано деякі її елементи.

**Реляційна картографія**

Реляційна картографія є “другим виміром” деякої двовимірної **системної** або **геоматичної** картографії. Термін “геоматична” видається правильнішим, ніж термін “системна”, хоча обидва не зовсім вдалі, передусім через їхню багатозначність. Для отримання двовимірної геоматичної картографії “перший вимір” – одну із класичних картографій – потрібно доповнити “другим виміром” – реляційною картографією. Класичні картографії також називаються предметними, оскільки предметом їх дослідження є такі “головні” картографічні предмети, як карти. Серед класичних картографій як найопрацьованіші ми виділяємо картознавство К. Саліщева і аналітичну (трансформаційну) картографію В. Тоблера.

У найзагальнішому вигляді система визначається як множина елементів і відношень між ними. Системи можуть визначатися як у навколишньому матеріальному, так і в уявному середовищі. Системи в матеріальному середовищі географічних елементів (сутностей) називаються геосистемами. Системи в уявних середовищах, що представляють геосистеми, найчастіше називаються моделями геосистем або картографічними системами (системами карт). Зауважимо, що в навколишньому матеріальному середовищі систем немає. Система в навколишньому середовищі завжди є конструкцією людського мозку. Так, наприклад, геосистема Шацького національного природного парку є розумовою штучною конструкцією, хоча має справу з “географічними” сутностями (дорогами, лісами, гідрографічними об'єктами тощо), що фізично існують, і відношеннями між ними. Загальновідомі два

<sup>1</sup> Визначення Міжнародної картографічної асоціації (МКА) <http://icaci.org/mission/>, доступ 2016-тра-23.

створені людиною штучні середовища: аналогове (паперове) і цифрове (комп'ютерне). У цих середовищах “матеріалізуються” розумові (уявні) моделі геосистем.

Карта в найпоширенішому розумінні завжди спочатку є розумовим штучним об'єктом – найчастіше моделлю певних географічних сутностей або наборів географічних сутностей і тільки потім стає матеріальним штучним об'єктом, виготовленим на тому чи іншому носії. Прикладом набору географічних сутностей є так звані гідрографічні сутності Шацького національного природного парку, а їх моделлю – шар гідрографії топографічної карти парку.

Висловимо декілька незвичних для класичних картографів думок (у тому сенсі, що класичні картографи можуть і не погодитись з ними):

1. Більшість картографів є прихильниками “класичного” визначення “класичної” картографії – “мистецтва, науки і технології виготовлення і використання карт”. У цьому визначенні карта – “символізоване представлення географічної реальності, що представляє вибрані сутності та характеристики й одержувані в результаті креативних зусиль з дослідження варіантів його автором, і яке конструється для використання тоді, коли просторові відношення найбільш доречні”.

2. Для класичних картографів карта завжди є наріжним каменем, причому найчастіше її мають на увазі в однині. Всі відомі картографічні парадигми

(часто звані теоріями, наприклад, картознавство і аналітична картографія) ґрунтуються на класичному визначенні картографії. І навіть більше, де факто вважають, що є один автор карти – одна карта – один користувач карти. Природно, користувачів карти може бути багато, але при цьому явно або неявно постулюється, що всі вони повинні розуміти карту “однаково”. Така ж єдиність передбачається для інших двох елементів тріади “автор – карта – користувач (споживач)” (див. рис. 1).

3. Незважаючи на те, що предметом класичної картографії найчастіше є двовимірний (в евклідовій метриці) об'єкт – карта, така картографія є одновимірною наукою, оскільки класичні картографи доволі швидко “ховають” просторові відношення у карту і далі займаються, по суті, одновимірним предметом – картою. Звичайно, нам відомі роботи, в яких головну увагу зосереджено на вивченні метричних і навіть топологічних відношень між елементами карти, але таких робіт порівняно мало.

4. У класичній картографії немає наукових методів для опису і дослідження неметричних відношень між картами і між системами карт. Наприклад, науково обґрунтованого методу порівняння національних атласів двох країн немає, хоча таких атласів створена велика кількість і в них є багато “подібних” елементів.

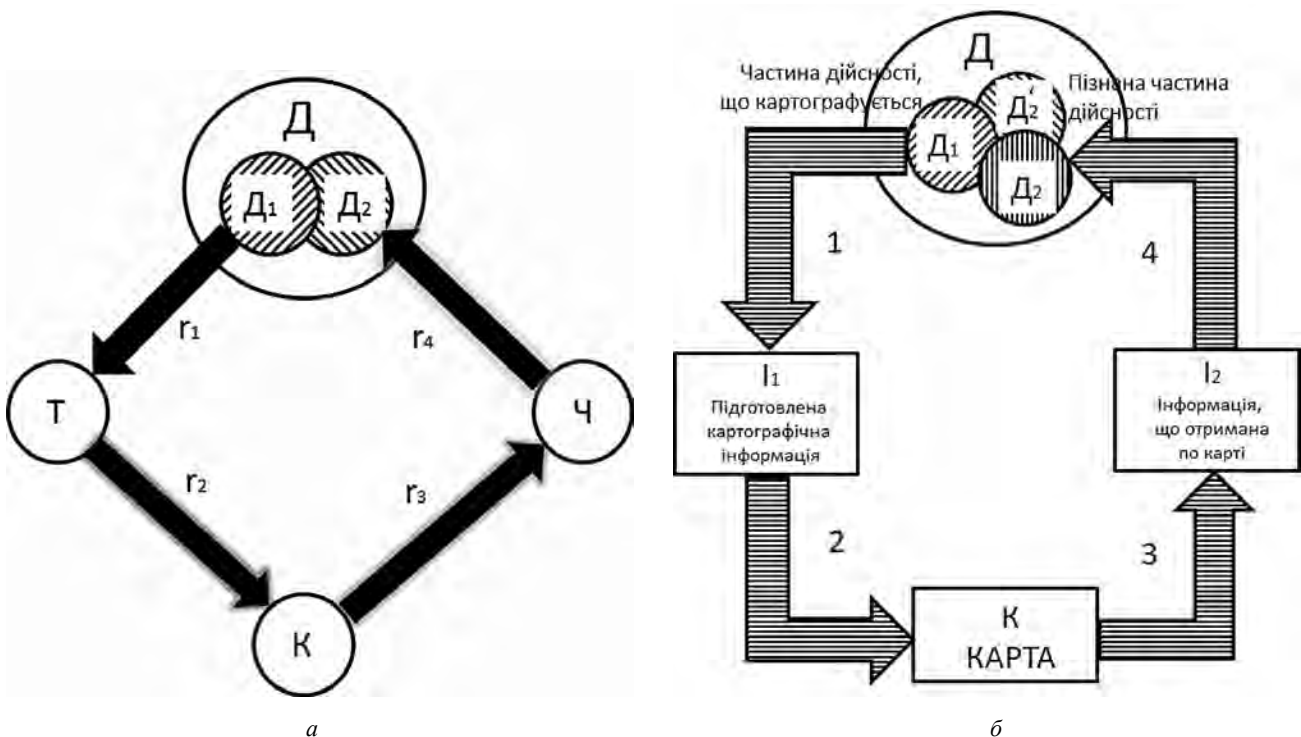


Рис. 1. Система “створення – використання карт” у теоретичних схемах науки [10; рис. 1]:

а – схема процесу картографічної комунікації за Л. Ратайським (Ratajski, 1976, р. 8). Д – дійсність, Д<sub>1</sub> – частина дійсності, що картографується (встановлена картографом), r<sub>1</sub> – інформація, необхідна для створення карти, С – картограф (творець карти), К – карта, r<sub>2</sub> – інформація, що міститься в карті, П – споживач (читач) карти, r<sub>3</sub> – інформація, отримана читачем карти, r<sub>4</sub> – інформація про дійсність, оброблена з урахуванням знань і досвіду читача карти, Д<sub>2</sub> – пізнана частина дійсності (на основі карти і розумової діяльності); б – схема картографічного методу пізнання дійсності (за К. Саліцеєм, 1982 б, с. 263). Д – дійсність, 1 – отримання інформації I<sub>1</sub> в результаті спостереження деякої частини дійсності Д<sub>1</sub>, 2 – обробка інформації I<sub>1</sub> і побудова карти, 3 – вивчення карти К для вилучення з неї інформації I<sub>2</sub>, 4 – використання отриманої інформації для представлення Д<sub>2</sub>, Д<sub>2</sub> про модельовану у вигляді карти частину реального світу

Для пояснення понять реляційної картографії скористаємося найпростішим визначенням системи карт – “карти і відношення між ними”. Всім відомим прикладом такої системи карт є географічний атлас. Навіть для такого простого поняття системи карт у роботі [12] на прикладі Національного атласу України (НАУ) абдуктивними міркуваннями виявлено відношення декількох видів. Знайдені відношення дали нам підставу стверджувати, що крім класичних картографій, предметом дослідження яких є карти, існують також картографії, предметом дослідження яких є (мають бути) відношення між картами (ніби “всередині” конкретної системи карт), а також між системами карт.

Одразу зауважимо, що географічний атлас – не єдиний приклад системи карт. Якщо трохи ускладнити визначення, то множина картографічних систем значно розшириться. Наприклад, якщо картографічну систему визначити як “карти, інші представлення географічної реальності і відношення між ними”, то цим визначенням відповідатимуть не тільки географічні атласи, а й мультимедійні атласні інформаційні системи. Також зауважимо, що нас цікавлять насамперед неметричними відношеннями. Ми маємо можливість знехтувати метричними відношеннями, оскільки обмежуємося так званим “пошаровим” (*field*) підходом до картографічних систем. Тобто ми не цікавимося окремими географічними сутностями (“об’єктний” підхід) – тільки географічними полями, їх пошаровими представленнями і відношеннями між пошаровими представленнями і різними наборами пошарових представлень.

Предмет дослідження реляційної картографії – відношення – важко уявити. У класичній картографії предмет дослідження – карта – найчастіше має прообрази в реальному світі – множини географічних сутностей. Тому з ними працювати простіше і зрозуміліше. Класичні картографи навчилися працювати також з метричними і навіть з топологічними відношеннями, які визначаються на моделях географічних сутностей. Але в сучасному світі вже існують такі картографічні явища, для роботи з якими потрібні неметричні відношення. Ці явища стали такими поширеними, що можна навіть говорити про появу “паралельних” віртуальних світів, які створюють нову дійсність. Через появу таких явищ наведену вище класичну картографічну тріаду “автор – карта – користувач” доцільно замінити на “автори – карти – користувачі”.

Наприклад, топографічну карту OpenStreetMap створювало багато авторів і такий процес називається *краудсорсингом*<sup>2</sup>. У визначенні краудсорсингу вказано, що діяльність волонтерів “координується”. Координатація є прикладом неметричних відношень. Для двох інших елементів тріади “автор – карта – користувач” можна також навести приклади порушення

<sup>2</sup> “Краудсорсинг (англ. crowdsourcing, crowd – “толпа” и sourcing – “использование ресурсов”) – передача некоторых производственных функций неопределённому кругу лиц, решение общественно значимых задач силами добровольцев, часто координирующих при этом свою деятельность с помощью информационных технологий”. – [https://ru.wikipedia.org/wiki/Краудсорсинг, доступ 2016-лютого-14].

єдності. Так, для OpenStreetMap тріада формулюється так: “автори – картографічна платформа OpenStreetMap – користувачі”. Не заглиблюючись у подробиці, зазначимо, що картографічна платформа є картографічною системою спеціального виду. Згадане тут картографічне явище OpenStreetMap неможливо належно досліджувати засобами однієї класичної картографії. У цьому випадку вкрай необхідні як реляційна, так і системна картографії.

Зупинимося на “картографічній” інтерпретації поняття “відношення” у наведеному вище першому визначенні системи карт. Термін “картографічна” взято в лапки, оскільки майже всі розглянуті нижче відношення досить незалежні від значень елементів, між якими вони визначаються. Значення цих відношень будуть справедливими і для інших значень елементів (тобто не тільки для карт) у визначенні картографічної системи. Саме з цієї причини ми доволі вільно змінюємо значення елементів. Так, заміна значення елементів “карти” у першому визначенні системи карт на значення “карти та інші представлення” у другому визначенні системи карт не позначається на поняттях і фактах про відношення реляційної картографії.

Внутрішньосистемні відношення можна пояснити за допомогою описаних у роботі [12] так званих основних “інфологічних” концепцій:

1. Ієрархічне тематичне структурування тієї частини реальності, яка представлена паперовим і електронним варіантами НАУ. На найвищому, першому, рівні ієрархії НАУ складається з п’яти тематичних блоків і блока “Загальна характеристика”. Кожен тематичний блок складається з розділів – це другий ієрархічний рівень. Розділи, як правило, складаються з підрозділів, однак можуть вже містити і карти – третій ієрархічний рівень. Підрозділи складаються, як правило, з карт, однак можуть містити ще один підрозділ – четвертий ієрархічний рівень.

2. Організація картографічного інформаційного забезпечення у шари з виділенням базової карти і змінюваних відповідно до ієрархічної тематичної структури тематичних шарів. При цьому шари базової карти є базовими як для окремих карт, так і для цілих тематичних блоків.

3. Семантичне (тематичне) картографічне моделювання окремих “тем” реальності.

4. Варіативність (мінливість) інформаційного забезпечення.

Усі перераховані інфологічні концепції дають змогу виділити ті чи інші картографічні відношення. Термін “інфологічний” має кілька значень: 1) інфологіка – щось, організоване складніше, ніж даталогіка (спрощене розуміння – загальновідома відмінність між інформацією та даними); 2) предметна, змістова або ділова частина карти чи системи карт; 3) “мовна” конструкція, що застосовується до карт і систем карт.

Уже перша основна інфологічна концепція пов’язана з декількома фундаментальними видами відношень: класифікацією, генералізацією та агрегуванням. Щоб не обтяжувати читача формальними визначеннями цих відношень, скористаємося їх англійськими

скороченнями з комп'ютерної науки і прикладами з Національного атласу України, а саме: класифікація називається відношенням "InstanceOf" (елемент1 є екземпляром елемента2); генералізація називається відношенням "IsA" (елемент1 є (різновидом) елемента2); агрегування називається відношенням "PartOf" (елемент1 є частиною елемента2). Відношення у першій інфологічній концепції є відношеннями реляційної картографії. Так, у НАУ існує ієрархічна класифікація "атлас/блок/розділ/підрозділ/карта". Приклад її реалізації (InstanceOf): "НАУ/Населення і людський розвиток/Населення/Релігія/Православні церкви". Для порівняння – у Національному атласі Швейцарії (НАШ), версія 3 (2010) прикладом реалізації аналогічної ієрархії є "НАШ/Суспільство/Релігія/Християнська/Православна". У підрозділ "Християнська" у НАШ входять також інші церкви: Christian Catholic, Roman Catholic, Protestant, Other Christian Religion. Тобто можна вважати, що християнська релігія швейцарського суспільства є агрегуванням перерахованих церков (PartOf). Прикладом генералізації є відношення: Православна є (IsA) Християнською є (IsA) релігією.

Зауважимо, що навіть такий невеликий набір прикладів породжує багато додаткових питань. Вони пов'язані з тим, що у класичній картографії існують аналогічні терміни і/або поняття, які іноді збігаються, а іноді відрізняються від термінів і/або понять, наведених вище. Наприклад – генералізація і класифікація. Не заглиблюючись у розгляд цих термінів і понять, можемо вказати тільки на універсальний критерій для виявлення відмінностей між ними: окрема карта або множина карт. Так, у класичній картографії генералізацію найчастіше розглядають у контексті топографічної карти. Ця карта складається з шарів, які моделюють реальні фізичні поля: дорожню мережу, гідрографію тощо. Генералізація застосовується для отримання різномасштабних топографічних карт з одного, детальнішого джерела. З погляду реляційної картографії описана класична генералізація (спрощено кажучи) не виводить наше розуміння "за межі" окремої сутності, що моделюється, – деякої частини географічної реальності, тоді як "реляційна" генералізація дає змогу це зробити.

Відношення у другій інфологічній концепції, на перший погляд, є відношеннями класичної картографії. Справді, відношення між базовою картою і тематичними шарами найчастіше неявно є в будь-якій тематичній карті. На наш погляд, у разі застосування другої інфологічної концепції виникають певні проблеми, які потребують вирішення. Це, насамперед, "неявність" відношень між базовими та тематичними шарами. Оскільки відношення явно не визначаються, то не зовсім зрозуміло, які наукові підходи використовують класичні картографи, перед об'єднанням (агрегуванням) і під час об'єднання базових і тематичних шарів у тематичну карту. Другою, складнішою проблемою є агрегування тематичних шарів і карт у тематичні групи, які вище названо підрозділами, розділами і блоками. Наприклад, підрозділ НАУ "Паливна промисловість" складається з карт: "Виробництво палива (включаючи кокс та

нафтоперероблення)", "Кам'яне вугілля, лігніт (буре вугілля) і торф", "Кокс та нафтоперероблення", "Використання палива", "Газоподібне паливо", "Нафтопродукти". Під час порівняння тематичних шарів перерахованих тематичних карт виникає багато питань до агрегування як тематичних шарів у одній карті, так і в одній групі (підрозділі) карт. Описані тут проблеми можна вирішити за допомогою явного дослідження властивостей відношень між тематичними шарами і картами.

Відношення у третій інфологічній концепції тільки на перший погляд здаються відношеннями класичної картографії. У роботі [12] порушувалося питання, чому на одних і тих самих вхідних даних у двох реалізаціях підрозділу НАУ "Паливна промисловість" побудовано різні тематичні карти. Доволі легко помітити, що такого питання не виникне, якщо "між" вхідними даними і тематичними картами побудувати відношення трансформації/верифікації. Якщо визначити множину "допустимих" трансформацій, то проблеми не буде. У реляційній картографії для вирішення проблем описаного виду будуються даталогічний та інфологічний рівні й відношення між елементами кожного з рівнів.

Нарешті, відношення у четвертій інфологічній концепції однозначно належать до реляційної картографії. Щоб усвідомити суть цих відношень, досить уявити собі відношення, які існують між паперовим атласом і його електронним аналогом. У паперовому атласі нічого не можна змінити, оскільки він надрукований. У електронному аналогу в "розумних" межах практично все можна змінити. Спрошено: як початкову точку можна використовувати третю інфологічну концепцію для кожної тематичної карти, а потім "інтегрувати" всі "можливі" карти в систему, яка може набувати тих чи інших "допустимих паперових" значень. Так, ми можемо змінити спосіб відображення окремих тематичних карт, побудованих на тих самих даних. При цьому в паперовому атласі зміняться деякі елементи, але сам атлас, по суті, не зміниться, оскільки не змінилися вхідні дані. Звернемо увагу, що між незмінним паперовим атласом і його змінним електронним аналогом існує відношення класифікації/інстанціації. А саме: змінюваний електронний атлас є класом всіх "допустимих" незмінних паперових атласів (класифікація). А незмінний конкретний паперовий атлас є екземпляром (інстанціація від слова *instance* – екземпляр) класу всіх "допустимих" паперових атласів. Усі приклади описаних вище відношень можна зарахувати до внутрішньосистемних відношень, якщо під системою розуміти реалізацію конкретного атласу. Реляційна картографія особливо корисна для вивчення не однієї окремої системи, а системи систем карт. На жаль, ми не виявили аналогів системи систем карт у класичній картографії.

#### **Відношення (реляції) між системними картографічними предметами**

У попередньому розділі здійснена спроба пояснити предмет дослідження реляційної картографії на прикладах внутрішньосистемних відношень між картогра-

фічними предметами-картами. Ці відношення – “на кордоні” між предметними і реляційними картографіями. У цьому підрозділі ми наводимо приклади відношень, які однозначно перебувають за межами предметних (класичних) картографій, але все одно намагаємося використовувати приклади з практики класичних картографій.

Як картографічні предмети, між якими будуються відношення, ми вибрали такі картографічні твори, як географічні атласи. Географічні атласи є моделями геосистем. Для тієї самої геосистеми можна побудувати велику множину моделей. Моделі можна розрізняти різними способами, наприклад, за датою, за детальністю, за повнотою тощо.

Найочевиднішим прикладом створення двох моделей тієї самої геосистеми є Національний атлас України (НАУ), випущений в 2007 р. у паперовому та електронному варіантах. За час, що минув з 2007 р., розробники НАУ зіткнулися з двома великими системними проблемами, породженими нашою цифровою епохою: 1) можливість швидкого створення і часті зміни електронних версій моделей тієї самої геосистеми, що врешті призводить до проблеми “великих даних”; 2) через швидку мінливість інформаційних технологій втрачають працездатність старі версії електронних моделей. Зазначені проблеми “виводять” сучасні атласи за межі класичних картографій.

Щоб вирішувати описані проблеми, необхідно вміти працювати з різними моделями тієї самої геосистеми. Зауважимо, що наведені приклади моделей Національної геосистеми України теж є системами, тільки вони називаються географічними атласами або атласними інформаційними системами або системами карт (картографічними системами). Якщо ми маємо справу з кількома системами, що моделюють ту саму геосистему, то такі системи є в певному сенсі порівнянними. Крім того, повніше визначення системи – “множина елементів (предметів), що знаходяться у відношеннях і зв’язках один з одним, що створює певну цілісність, єдність [11]”. Щоб отримати “цілісність, єдність”, під час моделювання великих геосистем будують інтегровані системи, підсистемами яких можуть бути, наприклад, кілька версій географічного атласу.

Інтегровані системи найчастіше отримують одним з двох способів або їх комбінуванням: побудовою структурованої системи і побудовою метасистеми. Спосіб побудови структурованої системи ґрунтується на відношенні агрегування. Агрегування систем відрізняється від агрегування з попереднього розділу тим, що здійснюється не на множині карт або шарів, а на множині систем карт. Прикладом структурованої системи є сучасна базова карта. Цю систему отримують інтегруванням чотирьох картографічних підсистем: 1) топографічної; 2) адміністративно-територіального поділу, доповненого адресним простором; 3) кадастрової; 4) цифрових зображень ДЗЗ (космічних і аерофотознімків).

Термін “метасистема” ґрунтується на префіксі грецького походження “мета”, що має три основні значення [9]:

1. “МетаХ” є ім’ям чогось, що сталося після Х, тобто Х є передумовою “метаХ”.

2. “МетаХ” вказує, що Х змінюється і є ім’ям цієї зміни.

3. “МетаХ” використовується як ім’я чогось, що є вищим за Х у значенні вищої організованості або вищого логічного типу, або розглядається із загальної перспективи.

Термін “метасистема” у застосуванні до систем, інтегрованих за допомогою відповідної процедури заміни, поєднує всі три розуміння цього поняття. Зрозуміло, що (1) метасистема може бути визначена після визначення кількох інших типів систем; (2) це система, яка описувала зміну – заміну однієї системи іншою; і (3) вона вища від окремих систем – процедура заміни робить її чимось більшим, ніж набір окремих систем. Три наведені значення терміна “метасистема” дають змогу виділити три варіанти метасистемного способу інтеграції. Як приклад картографічної метасистеми розглянемо топографічну підсистему сучасної базової карти і її застосування до створення географічного атласу. У минулому десятилітті для створення НАУ використовували набір карт України (картографічних основ) кількох масштабів від 1:500,000 до 1:12,000,000. Базову карту кожного масштабу виготовляли і використовували окремо, тобто базову карту змінювали вручну залежно від теми, що моделювалась. У сучасних картографічних системах, таких як OpenStreetMap, є можливість використовувати автоматизовану процедуру заміни базової карти, що залежить від масштабу. Йдеться про рівні масштабування, так звані “зуми”, які представляють один із 20 шарів тайлів, що формують топографічну підсистему базової карти. Наведений приклад топографічної підсистеми базової карти задовольняє визначення метасистеми.

У цитованих вище роботах з реляційної картографії введено поняття страт інтегрованої ієрархічної системи, яка моделює ту чи іншу велику геосистему – наприклад, національну геосистему України. Автори визначили чотири страти: операційну, аплікаційну, понятійну і загальну. Між стратами існує відношення “мета”. Отже, аплікаційна страта є метастратою операційної страти, а понятійна – метастратою аплікаційної страти.

Відношення “мета” між стратами охоплює також відношення класифікації систем. Так, представлена вище четверта інфологічна концепція містить відношення між класом всіх можливих паперових атласів і екземпляром цього класу – конкретним паперовим НАУ, надрукованим у 2007 р. Електронна версія НАУ 2007 р. є аналогом паперового НАУ 2007. У проєкті НАУ існує реалізація класу всіх можливих паперових атласів. Її можна назвати змінною версією незмінної електронної версії НАУ. Вона дає змогу виготовляти будь-які можливі незмінні варіанти і версії атласів операційної страти – як паперових, так і електронних.

Страти також можна використовувати для упорядкування артефактів трьох основних фаз існування картографічних систем: дослідження, розроблення та експлуатації. Фаза дослідження відповідає понятійній страті, фаза розроблення – аплікаційній страті, і фаза експлуатації – операційній страті. Зазначені фази формують так званий життєвий цикл картографічної системи. Якщо згадати, які артефакти створюються на кожній з фаз, то можна помітити, що: 1) основним результатом фази дослідження є концепція створюю-

ваної системи, 2) на фазі розроблення створюється безліч моделей системи, які в результаті розроблення поступово перетворюються (наближаються до) на фінальну систему. Наприклад, за деяких підходів до розроблення системи спочатку розробляється технічне завдання, потім послідовно формуються понятійна (концептуальна), апікаційна (логічна) й операційна (фізична) моделі системи. Усі перераховані артефакти є моделями системи, які можна розташувати на деяких ієрархічних рівнях – від загальніших (концепція, понятійна модель) до детальніших (фізична модель). Загальніші моделі описують більший клас можливих систем, але не дуже конкретно. Детальніші моделі описують менший клас можливих систем і ці описи все конкретніші. Остання нижня модель в цій ієрархії є фінальною системою. Як неважко здогадатися, між системами описаних ієрархічних рівнів існує відношення “мета”. Завданням розробника є, по суті, створення такої процедури заміни, яка дала б змогу “зупинитися” на самій адекватній моделі.

Щоб додатково пояснити сказане вище, звернемося до монографії [10]. Зауважимо, що розпад Радянського Союзу, період стагнації у пострадянській картографії, передчасна смерть автора монографії [10] в 2001 р. призвели до того, що результати, викладені у цій праці, маловідомі науковій спільноті. Тому ми зараховуємо цитовану монографію до класичних картографій, хоча її потенціал поширюється далеко за їх межі. Розглянемо авторську (А. Лютого) версію (рис. 1).

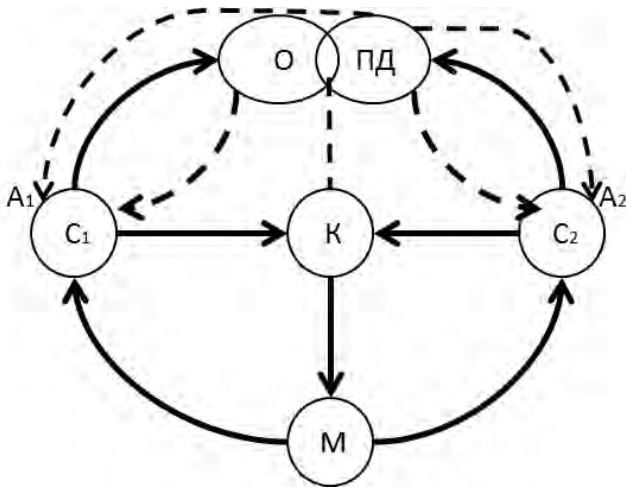


Рис. 2. Модель системи “створення – використання карт” (авторська версія) [10; рис. 5]:

*O* – об’єкт (дійсність); *ПД* – практична діяльність;

*C<sub>1</sub>* – суб’єкт–картограф; *C<sub>2</sub>* – суб’єкт–споживач (користувач) карти; *K* – карта (текст мови); *M* – мова карти (система); *A<sub>1</sub>*, *A<sub>2</sub>* – активатори (об’єктивні умови людської практики, що визначають звернення суб’єктів до мови карти, до картографічної форми комунікації, моделювання і пізнання).

Колами показані елементи системи, овалами, що перекриваються, – елементи навколишнього середовища системи, суцільними стрілками – зв’язки і взаємодії в системі і виходи з неї, пунктирними стрілками – впливи на систему навколишнього середовища (входи і зворотні зв’язки); пунктирною лінією позначений опосередкований характер відношення “карта – об’єкт (дійсність)”

Для сучасної інтерпретації рис. 2 знову звернемося до описаних вище фаз життєвого циклу картографічних систем і задамо питання: що таке понятійна (концептуальна) модель системи? У більшості моделей життєвих циклів інформаційних систем концептуальна модель є моделлю предметної області, а логічні моделі можуть бути названі реалізовуваними, або апікаційними, моделями. Дуже часто концептуальну модель називають концептуальною схемою, яка будується з використанням знань предметної області та якоїсь мови концептуального моделювання. У наш час найвідомішою такою мовою є Універсальна мова моделювання UML (Unified Modeling Language). У спрощеному вигляді можна вважати, що в загальній страті вибирають мову моделювання предметної області й за її допомогою будують концептуальну модель, яка є артефактом понятійної страти. Потім на понятійній страті вибирають мову реалізації концептуальної моделі. Прикладом такої мови може бути Visual Basic або реляційна модель баз даних. Результатом застосування мови реалізації є логічна (апікаційна) модель або схема системи. Нарешті, фізичною (операційною) моделлю може бути програма, що виконується, або реалізація логічної моделі засобами конкретної СКБД. Фізична модель належить до операційної страти і/або фази експлуатації.

Доволі очевидні такі аналогії. Мова карти А. Лютого є артефактом загальної страти. Якби вона мала реалізацію у будь-якій апікаційній мові понятійної страти, то ми могли б використовувати її для побудови конкретної карти апікаційної страти. Для того, щоб картою міг скористатися кінцевий користувач, потрібні операційні моделі. Відношення між картами апікаційної та операційної страт допомагає зрозуміти така аналогія. Картою апікаційної страти можна вважати векторну карту, наприклад, у форматі *shape*. Ця карта може змінюватися багатьма програмними засобами, які працюють з форматом *shape*, наприклад, ArcGIS або QGIS. Картою операційної страти при цьому буде rasterized зображення карти на екрані комп’ютера або надруковане на папері.

З урахуванням вищесказаного рис. 2 повинен виглядати так, як зображено на рис. 3.

Зробимо кілька важливих зауважень до рис. 3:

1. Щоб не перевантажувати рисунок, ми показали не всі відношення. Так, існують відношення: 1) між групами авторів; 2) між групами користувачів карт; 3) між усіма групами суб’єктів (суб’єктами-розробниками, суб’єктами-користувачами) і зовнішнім світом (*O* і *ПД*); 4) існують активатори з практичної діяльності (*ПД*) для всіх груп користувачів; 5) інші.

2. На жаль, дуже рідко розробнику (творцеві) “комфортно” в кожній з трьох груп. Найчастіше “постратна” спеціалізація призводить до того, що розробники з різних груп погано розуміють один одного.

3. Відношення між елементами різних страт показані як двосторонні (наприклад, відношення між *M* і *AM*). Це справді так, якщо згадати описані вище приклади відношень класифікації/інстанціації (екземплярізації).

4. Ми наполягаємо на розрізненні поглядів на карту розробника і користувача, саме тому ввели малопересічні кола для відображення цих позицій

(див., наприклад, АКР і АКК). У “паперову” еру відмінності між цими поглядами не були такими істотними. У цифрову еру ми говоримо навіть про різні рівні існування карт: даталогічний (розробника) й інфологічний (користувача).

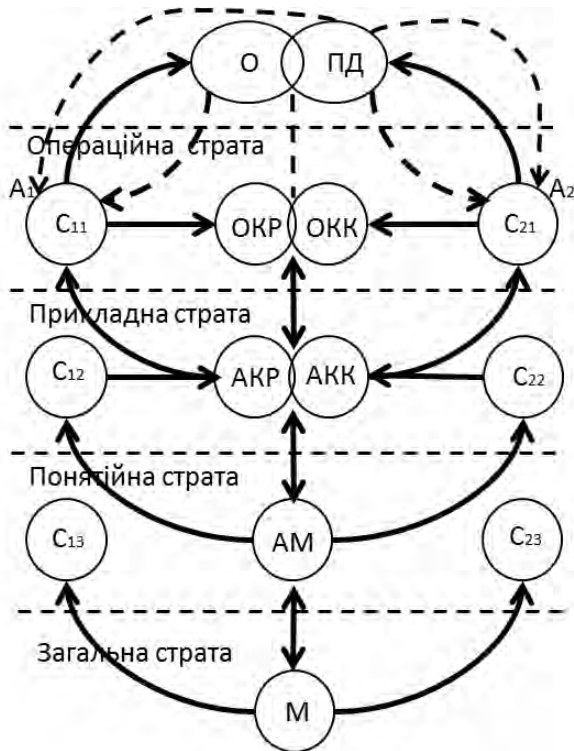


Рис. 3. Сучасна модель системи “створення – використання карт”:

АМ – Аплікаційна мова; АКР – Аплікаційна карта розробника; АКК – Аплікаційна карта користувача; ОКР – Операційна карта розробника; ОКК – Операційна карта користувача;  $C_{1n}, C_{2n}, n = 1, 2, 3$  пояснені нижче, інші позначення ті самі, що і на рис. 2.  $C_{1n}, n = 1, 2, 3$ . Ми розрізняємо три групи розробників (творців). Термінологія для позначення груп використовується переважно з комп’ютерних наук:  $C_{13}$  – комп’ютерні та картографічні аналітики,  $C_{12}$  – комп’ютерні та картографічні проектувальники,  $C_{11}$  – програмісти та картографи. Схоже значення мають і користувачі  $C_{2n}, n = 1, 2, 3$ . Власне користувачами карт у розумінні А. Лютого є тільки  $C_{21}$ . Користувачі карт вищих страт  $C_{22}, C_{23}$  повинні мати просунутіші навички для “читання” карт

### Реляційні картографічні патерни

Реляційні картографічні патерни є “квінтесенцією” реляційних картографій. Без цих спеціального виду відношень немає сенсу говорити про реляційні картографії. Природно, ці відношення найважче пояснити, оскільки патерни не надто популярні в класичних картографіях. Щоб зрозуміти всю складність нашого завдання, досить прочитати написане вище. До цього ми писали про відношення, не акцентуючи на їх повторюваності. А тепер серед усіх цих відношень потрібно ще вибрати якісь особливі відношення – патерни.

Одне з найпоширеніших визначень патерна наведено в [1]: патерн (*Pattern*) – це доведене практично, краще рішення відомої, повторюваної проблеми в заданому контексті. У статті [4] подано таке визначення архітектурного патерна – каркасу:

– Архітектурний патерн (*Architectural pattern*) – це загальне, повторно використовуване рішення проблеми, що зустрічається всюди в архітектурі картографічної системи (або атласної інформаційної системи або електронного атласу) в заданому контексті.

– Каркас (*Framework*) – це архітектурний патерн для всієї картографічної системи (або системи карт, або атласної інформаційної системи, або електронного атласу) або деяких її логічних частин.

Важливо відзначити, що “патерн одночасно є і предметом (реччю), яка трапляється в світі, і правилом, яке говорить нам, як створювати предмет і коли ми його повинні створювати. Він одночасно є і процесом, і предметом; одночасно і описом існуючого предмета, і описом процесу, який породжує цей предмет” [2; с. 247].

У роботі [4] ми звертали увагу читачів на той факт, що патерни незаслужено обділені увагою класичних картографів. Однак недавно з’явилися публікації, особливо Річарда Донахью [5, 6], професора Роберта Рота і його співавторів (див., наприклад, [8])<sup>3</sup>, які показали, що дослідження в цьому напрямі все-таки проводяться. Нижче пояснимо, чому вважаємо ці роботи дуже важливими для нашого дослідження. І навіть більше, ми переконані, що роботи картографічної школи університету Вісконсин-Медісон дуже істотно впливатимуть на розвиток як веб-картографії зокрема, так і картографії загалом.

Почнемо з того, що у роботі [5] пропонується використовувати так звану бібліотеку патернів веб-картографування для навчання веб-картографії у вищій школі (табл. 1, у якій подано навігаційне меню прототипу бібліотеки патернів веб-картографування, що організовує наявні патерни проектування у розділі: “початок”, “дані”, “елементи карти”, “представлення”, “інтерактивність”).

Таблиця 1

### Навігаційне меню прототипу бібліотеки патернів веб-картографування [5; с. 124]

початок	дані	представлення	інтерактивність
шаблон	завантаження	тайлова базава карта	панорамування
макет	даних	векторна базава карта	збільшення
сторінки	збереження експорт	хороплет пропорційний символ	видобування оверлей/перемикач
	<b>елементи карти</b>	щільність точок	фільтр
	сітка	ізоляція/поверхня	організація ( <i>arrange</i> )
	легенда	потік	повторне відображення ( <i>reexpress</i> )
		картограма двовимірне/багатовимірне	послідовність ресимволізація
		анімація графіки/діаграми	змінна проєкції
			пошук обчислення

Приклад опису патерна “витягнення” з бібліотеки патернів веб-картографування наведено у табл. 2 (контекст, формулювання проблеми, і рішення надають концептуальне знання, яке пов’язує специфічні розробницькі рішення з цілями навчання веб-картографії вищого порядку).

<sup>3</sup> Автори дякують Робертові Роту та Річарду Донахью за надані статтю і дисертацію.

## Компоненти патерна проектування оператора витягнення [5; с. 125]

<i>Бібліотека патернів веб-картографування</i>	<i>Патерни проектування рішення</i>
<p><b>витягнення</b>  <b>визначення:</b> запитує деталі про потрібну властивість карти  <b>контекст</b>  <b>оператор витягнення</b> є первинним способом, за допомогою якого користувачі інтерактивно долають картографічну проблематику (у контексті інтерактивної картографії) і заповнюють мантру інформаційного пошуку Шнейдермана “спочатку оглянь, збільши і відфільтруй, потім-деталі-за необхідності” (у контексті географічної візуалізації)  <b>формулювання проблеми</b>  (1) карта є абстракцією дійсності, яка має невизначеності при спробі зробити картографічне представлення корисним і зрозумілим. Потрібно більше деталей, щоб зменшити цю невизначеність.  (2) мантра інформаційного пошуку Шнейдермана: “спочатку оглянь, збільши і відфільтруй, потім – деталі – за необхідності”</p>	<p>інформація або прив’язана до об’єкта у скрипті або до елемента HTML (тоді як D3.js прив’язує дані до вибірки) або інформація зберігається в окремій структурі даних всередині скрипта. Потрібна керована користувачем подія, щоб витягти інформацію, що відповідає цілі. Інформацію потім потрібно показати користувачеві.  <b>динамічна мітка:</b> витягнення активує і наповнює мітку імені місця  <b>інформаційне вікно:</b> витягнення активує і наповнює інформаційний контейнер прямо зверху карти  <b>інформаційна панель:</b> витягнення активує і наповнює інформаційний контейнер, що закорочений поза картою  <b>рекомендація:</b> якщо кількість і складність інформації, що надається витягненням, збільшується, рухайтесь від динамічної мітки до інформаційного вікна і інформаційної панелі  <b>рекомендація:</b> оскільки витягнення з самого початку підтримує властивість ідентифікації, розгляньте, як ви можете підтримувати складніші цілі, такі як порівняння і послідовності</p>

Далі доречно навести цитату з роботи [6]: “Результати: евристики, використані для розроблення бібліотеки патернів веб-картографування, представлені у вигляді базованих на сценаріях процесів веб-картографування, які виділяють послідовність і діапазон навчальних результатів, спрямованих на отримання прототипної веб-карти. Ці евристики включають: (1) Реалізацію простору рішень. Фундаментальною точкою входу для веб-картографування є ґрунтовне занурення у HTML, CSS і JavaScript (тобто “простір рішень”). (2) Надання можливості формулювати картографічні вимоги. Патерни принципово враховують конкретні потреби веб-картографії та відрізняються від патернів програмної інженерії (SE) і людино-машинної взаємодії (HCI). (3) Настанова принципів веб-картографії. Бібліотека підсилює навчання за межами суто технічних викликів і навчає відношенням між теорією і реалізацією. (4) Навігаційні. Формат представлення Бібліотеки спроектовані так, що патерни доступні через інтерфейс навігації в стилі меню. (5) Реляційна. Патерни співвідносяться один з одним, що реалізується двома способами: (1) ієрархічними відношеннями між патернами і (2) послідовним упорядкуванням патернів для досягнення конкретних цілей навчання веб-картографування в робочому процесі картографування”.

Без детальної обґрунтування наведемо такі твердження:

1. Бібліотека патернів веб-картографування (див. [5, 6, 8], процеси веб-картографування (названі вище евристичними), прототипні веб-карти та інші супутні елементи формують певну Навчальну картографічну систему (НКС). Ця НКС може використовуватися для навчання основам веб-картографії в університетах (Вісконсин-Медісон та інших).

2. Структура НКС відповідає Каркасу рішень (КР) Реляційної картографії (РК), поняття якого описано у роботі [2]. КР РК (наприклад, Каркас атласних рішень AtlasSF) ми інтенсивно використовуємо для створення електронних атласів і атласних інформаційних систем. Зауважимо, що бібліотека патернів веб-картографування належить до основ певного учбового (навчаль-

ного) КР (УКР), процеси веб-картографування (евристики) належать до процесів УКР, прототипні веб-карти – до продуктів УКР. Публікації [8], [5], [6] є прикладами публікацій УКР. У НКС, напевне, є елементи, що належать до сервісів УКР.

3. НКС є двостратовою ієрархічною системою, побудованою на артефактах загальної та понятійної страт Концептуального каркасу (КоКа) Картографічних систем реляційної картографії. Частина цього каркасу показана на рис. 3. Детальніша інформація щодо концептуальних каркасів міститься в цитованих вище роботах авторів.

4. У НКС відношення мають важливіше значення, ніж окремі її картографічні предмети. Такі предметні патерни, як патерни представлення, окремо використовуються давно не тільки у веб-картографії, а й у класичній картографії (див., наприклад, [7]). Якраз відношення між артефактами загальної та понятійної страт створюють нову принципову якість НКС.

5. Каркас рішень у зазначеній НКС є прикладом реляційного картографічного патерна.

### Висновки

У цій роботі подано деякі терміни, поняття і факти створеної теорії реляційної картографії. Деякі елементи цієї теорії вже викладено раніше в цитованих роботах авторів. Для відповіді на питання про необхідність теорії реляційної картографії наведемо такі міркування.

Будь-яка теорія потрібна, як мінімум, для:

– пояснення явищ;

– отримання нових знань про предмет дослідження.

Ми вважаємо, що сьогодні потрібна теорія, яка дала б змогу пояснити такі сучасні картографічні явища, як картографічні або геоплатформи, неокартографія, веб-картографія тощо. Природно, що наукова теорія також потрібна для отримання нових науково обґрунтованих знань про “картографічні системи”. Щоб навести приклад потрібності й корисності реляційної картографії, скористаємося концептуальним каркасом електронних (географічних) атласів і атласних інформаційних систем (АтІС) із роботи [14], а саме його проекцією формации-страти (див. рис. 4).





Рис. 4. "Проекція" формації – страти концептуального каркасу АГІС [14]

Червоним кольором на рис. 4 виділено HTML4, HTML5 і ГеоПлатформи. Під HTML5 тут розуміємо тріаду HTML5+CSS3+JavaScript. Ця тріада є визначальною для веб-картографування на нижчих стратах у формації Веб 1.0<sup>2</sup>. У формації Веб 2.0 до вказаної тріади додаються ГеоПлатформи. Прикладом ГеоПлатформи є OpenStreetMap.

Твердження попереднього абзацу сформульовано з використанням двох властивостей КоКа картографічних систем. По-перше, цей каркас передбачає, що елементи нижніх страт залежать від відповідних елементів вищих страт. По-друге, елементи-"сусіди" в "сусідніх" рівнях, стратах і формаціях КоКа істотно взаємозалежні один від одного. Тому, наприклад, під час пошуку "сусіда" HTML4 у формації Веб 1.0<sup>2</sup> ми зупинилися саме на технологіях HTML5, а не, скажімо, Adobe Flex.

Загальна і понятійна страти формації Веб 1.0<sup>2</sup> містять Навчальну картографічну систему, подану вище як приклад, що містить реляційні картографічні патерни і бібліотеку патернів веб-картографування.

Зазначимо, що описаний вище результат стосовно HTML5 має аналог серед результатів глави 5 дисертації [5]. Так, на рис. 5 (це переклад рис. 5.21 із [5]) показана структура навчальних модулів.

Зауважимо, що картографічну бібліотеку Leaflet можна вважати де факто стандартним елементом гео-платформ. Для обґрунтування результатів глави 5 із [5] автор у главах 1-4 виконав чотири емпіричні дослідження: (1) конкурентний аналіз відомих технологій веб-картографування; (2) огляд з оцінюванням потреб дизайнерів та розробників веб-карт; (3) щоденний трекінг дослідження з побудови однакової карти з використанням підмножини технологій, ідентифікованих у перших двох дослідженнях, і (4) завершальний огляд, що узагальнив думки учасників третього дослідження.

Описаний приклад підтверджує можливість використання елементів реляційної картографії для отримання нових знань теоретично. З іншого боку, некартографія як збірний образ сучасних неklasичних картографічних явищ без відповідної наукової теорії дуже нагадує процес, який описується відомою теоремою нескінченних мавп (*infinite monkey theorem*)<sup>4</sup>.

Через масове поширення зазначених явищ виникла загроза поглинання цим процесом класичних картографій. Реляційна картографія може допомогти позбутися "неklasичного" загострення кризи картографії.

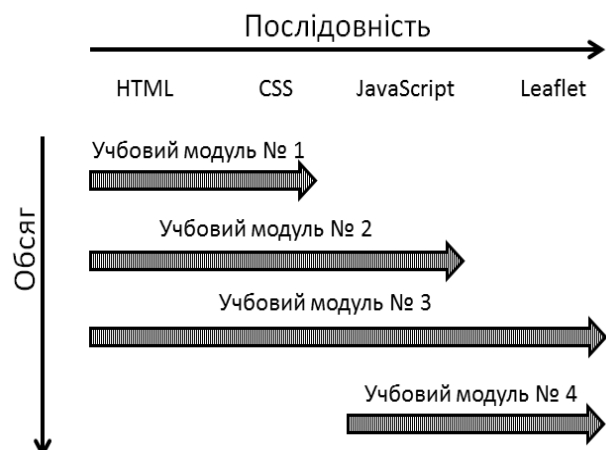


Рис. 5. Навчальні модулі для вивчення тріади HTML5+CSS3=JavaScript і бібліотеку Leaflet [5]

<sup>4</sup> У теоремі британського астрофізика Артура Едінгтона (вперше теорію сформулював французький математик Еміль Борель) йдеться про те, що нескінченна кількість мавп, натискаючи навмання клавіші на безлічі друкарських машинок безліч разів, майже напевно може надрукувати текст, схожий на завершені твори Вільяма Шекспіра.

**Література**

1. Ackerman Lee. Patterns-Based Engineering: Successfully Delivering Solutions via Patterns / Ackerman Lee, Gonzalez Celso. – Addison–Wesley, 2011. – 444 p.
2. Alexander Christopher. The Timeless Way Of Building / Alexander Christopher. – Oxford University Press, 1979. – 552 p.
3. Chabanyuk V. Cartographical Patterns as the Means of Big Data Handling in Atlas Mapping / Chabanyuk Victor, Dyshlyk Oleksandr, // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів, 2015. – Вип. I (29). – С. 159–167.
4. Chabanyuk V. Atlas Relational Patterns as the Means of Big Data Handling / Chabanyuk Victor, Dyshlyk Oleksandr // 27<sup>th</sup> International Cartographic Conference, Rio-de-Janeiro. – 17 p.
5. Donohue Richard Gardiner II. Web Cartography with Web Standards: Teaching, Learning, and Using Open Source Web Mapping Technologies. – University of Wisconsin–Madison, Doctor of Philosophy (Geography) Dissertation, 2014. – 167 (173) p.
6. Donohue Richard Gardiner II. A Web Mapping Pattern Library: Design Patterns for Web Cartography Education (Abstract). – 27<sup>th</sup> International Cartographic Conference, Rio-de-Janeiro, 1 p.
7. Peterson Gretchen N. Cartographer's Toolkit: Colors, Typography, Patterns. – PetersonGIS, 2012. – 169 p.
8. Roth Robert E., Donohue Richard G., Sack Carl M., Wallace Timothy R., Buckingham Tanya M. A. A Process for Keeping Pace with Evolving Web Mapping Technologies (Peer–Reviewed Article). – Cartographic Perspective, Number 78. – P. 25–52.
9. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: пер. с англ. / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
10. Лютый А. А. Язык карты: сущность, система, функции / А. А. Лютый. – 2-е изд., испр. – М.: ИГ РАН, 2002. – 327 с.
11. Советский энциклопедический словарь / под ред. А. М. Прохорова. – 4-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – 1600 с.
12. Чабанюк В. С. Концептуальний Каркас Електронної версії Національного атласу України / В. С. Чабанюк, О. П. Дишлик // Український географічний журнал. – 2014 – № 2. – С. 58–68.
13. Чабанюк В. С. Передумови створення атласів на основі сучасних технологічних рішень / В. С. Чабанюк, О. П. Дишлик // Національне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. – К.: ДНВП “Картографія”, 2014. – Вип. 6. – С. 108–111.
14. Чабанюк В. С. Сучасні підходи до розроблення електронних атласів у контексті “великих даних” / В. С. Чабанюк, О. П. Дишлик // Український географічний журнал. – 2015. – № 4. – С. 49–57.

**До питання реляційної картографії**

В. Чабанюк, О. Дишлик

Розглянуто неklasичні картографічні явища, такі як картографічні платформи і сучасні електронні атласи. Ці явища стали неймовірно поширеними в останні роки, тому картографічна наука повинна звернути на них увагу. Проте виявилось, що для роботи з вищезгаданими явищами недостатньо знань і методологій класичної картографії. Щоб усунути цю суперечність, запропоновано новий напрям теоретичної картографії – “реляційна картографія”. Область дослідження реляційної картографії визначається як різні повторювані відношення між шарами, картами, всередині й між картографічними системами.

**К вопросу реляционной картографии**

В. Чабанюк, О. Дишлик

Рассматриваются неклассические картографические явления, такие как картографические платформы и современные электронные атласы. Эти явления стали невероятно распространенными в последние годы, поэтому ими уже не может пренебрегать картографическая наука. Однако для работы с этими явлениями недостаточно знаний и методологий классических картографий. Чтобы устранить это противоречие, предлагается создать новое направление теоретической картографии – “реляционную картографию”. Область исследований реляционной картографии определяется как различные повторяемые отношения между слоями, картами, внутри и между картографическими системами.

**Towards relational cartography**

V. Chabanyuk, O. Dishlik

The article reviews the non-classical cartography phenomena – such as the cartographic platform and modern electronic atlases. These phenomena have become incredibly popular in recent years, that is why cartographic science should pay attention to them. However, it turned out that knowledge and methodologies of classical cartography are not enough to work with the above mentioned phenomena. To resolve this contradiction, the authors propose a new direction in theoretical cartography – “relational cartography”. A study area of relational cartography is defined as a variety of repetitive relations between the layers, maps, within and between cartographic systems.