II. КАРТОГРАФІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.73.10>
УДК 528.91 / 528.94

Е. Бондаренко, д-р геогр. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ШКАЛ КІЛЬКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ТЕМАТИЧНИХ КАРТАХ В УМОВАХ КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЇ КАРТОГРАФІЇ

Розглянуто особливості формування шкал кількісних показників на тематичних карт у сучасних умовах автоматизації картографічних робіт через призму систематизації функціональних можливостей програмного забезпечення, яке належить до географічних інформаційних систем.

Узагальнено існуючі знання щодо розробки шкал кількісних показників для способів картографічного зображення, які передбачають їх застосування у практиці тематичного картографування. Указано на групи методів утворення шкал у сучасних умовах (автоматичні методи класифікації числових рядів, у т. ч. за допомогою засобів "розумної картографії" та інтерактивні (користувачські, що удосконалюють і розширюють автоматичні) для двох груп способів картографічного зображення за ступенем точності у відображенні об'єктів, явищ, процесів (геометрично точних та схематичних) із визначенням факторів їхньої розробки (характеру явищ, що картографуються і впливають на вибір способу зображення; призначення карти, що визначає її повноту та точність; якості вихідних даних; географічної специфіки території тощо).

Сформульовано принципи формування алгоритмів розрахунку числових інтервалів ступінчастих шкал, а також можливостей "розумної картографії" для розробки їх неперервних аналогів. Виявлено особливості формування шкал кількісних показників через додаткові прийоми при інтерактивному розподілі числового ряду на інтервали (заокруглення границь інтервалів; вибір початкового круглого числа, яке більше за початкове число ряду; вибір круглого кінцевого числа, яке менше за кінцеве число ряду; визначення в легенді реального початкового та кінцевого чисел ряду; визначення в легенді верхньої та нижньої границь інтервалів, що йдуть одна за одною).

Удосконалено модель взаємодії автоматичних та інтерактивних методів утворення шкал кількісних показників із урахуванням визначених особливостей їхньої розробки для створення тематичних карт.

Ключові слова: шкали кількісних показників, тематичні карти, методи утворення шкал, неперервна шкала, умовно-неперервна шкала, ступінчаста шкала, "розумна картографія", числовий ряд, географічні інформаційні системи.

Вступ. Кількісні показники картографування, які на тематичних картах відображаються за допомогою ряду широкоживаних геометрично точних або статистичних способів картографічного зображення, традиційно потребують розробки шкал, які в легенді відображаються у вигляді графічної побудови, що дає показ послідовності зміни кількісних характеристик об'єктів через застосування певних графічних змінних (форми, розміру, кольорової насиченості) або їх комбінації для формування умовних знаків.

Значення шкал на тематичних картах важко переоцінити. Вони показують важливість об'єктів, їх інтенсивність розподілу або щільність. Від коректного їх застосування залежить адекватність представлення змісту конкретної карти, без чого взагалі неможливе застосування обраних способів картографічного зображення і відповідних прийомів картографування. Тому розгляд та обґрунтування факторів вибору конкретного методу та особливостей формування шкал кількісних показників на картах у сучасних умовах розвитку теорії та практики картографії є актуальними.

Аналіз останніх досягнень і публікацій показав, що питання застосування (вибору, формування) шкал кількісних показників на тематичних картах зводяться в публікаціях, які в основному належать до вітчизняних (у межах колишнього СРСР) підручників, спеціалізованих довідників та навчальних посібників із картографії або картознавства [1–3, 6–9], де, розпочинаючи із 1970-х рр. і дотепер, від видання до видання повторюються з незначними модифікаціями теоретичні відомості з їхньої розробки. Але в цілому зміст викладеного матеріалу полягає в тому, що можливості формування шкал пов'язані із застосуванням певних способів картографічного зображення.

Так, для способів локалізованих значків та картодіаграм використовують абсолютні й умовні шкали геометричних фігур (наочних фігур тощо), які встановлюють їхні розміри відповідно до величин об'єктів, що зображуються. При цьому, в абсолютних шкалах розмір геометричної фігури встановлюється прямо пропорційно

до величини об'єкта картографування. Умовні ж шкали (які ще називаються відносними, *авт.*) показують кількісні відмінності в умовній вимірності. Наведені види шкал можуть бути неперервними (по суті, безінтервальними, *авт.*) або ступінчастими (інтервальними). У неперервних шкалах розмір фігур змінюється плавно, відповідно до зміни кількісних показників. Вони дають інтервали, які можуть бути однаковими або різними.

Для лінійних знаків (при відображенні кількісних показників товщиною лінії), кількісного фону, картограми застосовуються інтервальні шкали, вибір градацій яких залежить від особливостей числового ряду (кількісних показників).

Для ізоліній, псевдоізоліній при використанні фонового (пошарового) фарбування між ними застосовуються кольорові неперервні шкали, які зміною кольорової насиченості (або щільності штрихування) показують зміну величини показника картографування.

Зазначено, що формування інтервалів і розмірів умовних знаків є доволі складною задачею, розробка якої можлива як за формальними підходами (розробка інтервалів в арифметичній чи геометричній прогресіях [7–9]), так і шляхом використання реальних перепадів величин явища, що картографуються [6, с. 117].

У зазначених працях [1; 6] також оглядово розглянуто можливість побудови безінтервальних шкал засобами програмно-технічного забезпечення для використання у способі картограми [6, с. 118; 1, с. 94–95], що забезпечує більш плавні переходи з підвищенням наочності зображення, але, у той самий час, утруднює процедуру зіставлення стану зображувального засобу по кожній одиниці картографування з легендою карти.

Одним із перших українських учених, який указав на необхідність розширення теоретико-методологічних і методичних підходів до вибору й розробки шкал кількісних показників, був В. О. Шевченко, у монографії якого [10, с. 64–89] сформульовано методологічні принципи та методичні підходи до їх формування на прикладі карт захворюваності населення України.

У роботах автора [4–5] зазначено, що в умовах комп'ютеризації картографії та у зв'язку із упровадженням різних математичних алгоритмів автоматизованого формування безперервних або ступінчастих шкал кількісних показників у програмному забезпеченні, яке належить до геоінформаційних систем (ГІС) чи виконує їх певні функції, підвищується роль фахових компетенцій картографа (дослідника чи виконавця), у результаті застосування яких має бути обрано найоптимальніший підхід до їх розробки для найбільш достовірного відображення показників картографування. Авторська спроба систематизації методів утворення інтервальних шкал кількісних показників шляхом побудови відповідної структурно-графічної моделі виявилась удаюю [4], але з появою в останні роки у сучасному програмному забезпеченні додаткових можливостей "розумної картографії" стосовно побудови шкал, зокрема, динамічних, на сьогодні така модель є неповною.

Мета та постановка завдань. Метою статті є розгляд особливостей формування шкал кількісних показників на тематичних картах у сучасних умовах комп'ютеризації картографії.

Мета може бути досягнута завдяки послідовному виконанню конкретних завдань, а саме:

- систематизувати існуючі знання щодо груп методів утворення шкал кількісних показників для застосування на тематичних картах для різних груп способів картографічного зображення з визначенням факторів їх розробки;
- охарактеризувати усталені автоматизовані методи розробки шкал у геоінформаційних системах, у тому числі засоби "розумної картографії", реалізовані в останніх версіях відповідного програмного забезпечення;
- сформулювати принципи формування алгоритмів розрахунку числових інтервалів (градацій) ступінчастих шкал, а також можливостей "розумної картографії" для розробки їх неперервних (безінтервальних) аналогів;
- виявити особливості формування шкал кількісних показників, у тому числі, через додаткові прийоми при інтерактивному розподілі числового ряду на інтервали;
- удосконалити модель взаємодії автоматизованих та інтерактивних методів утворення шкал кількісних показників з урахуванням визначених особливостей їхньої розробки для створення тематичних карт.

Виклад основного матеріалу. У теорії картографії та практиці застосування класичні способи картографічного зображення з їхніми модифікаціями за *ступенем точності у відображенні об'єктів, явищ, процесів, що картографуються*, поділяються на дві групи: геометрично точні та схематичні (статистичні). Першу групу становлять: знаки, лінійні знаки, ізолінії, якісний фон, кількісний фон, знаки руху (геометрично точні), точковий (із реальним розміщенням точок), ареалів (абсолютних), локалізованих діаграм. До другої входять: знаки руху (схематичні), точковий (із рівномірним розміщенням точок), ареали (відносні), псевдоізолінії, картограма (у т. ч. уточнена), картодіаграми.

Для способів картографічного зображення зазначених двох груп, яким згідно з їхньою сутністю властивий показ кількісних характеристик показників картографування, логічним є застосування шкал умовних знаків. До таких геометрично точних способів належать: знаки (коли застосовуються форма та розмір як необхідні графічні змінні при показі кількісних відмінностей показника картографування); лінійні знаки (форма, розмір (товщина)); ізолінії (кольорова насиченість); кількісний фон (кольорова насиченість); геометрично точні знаки руху (форма (стрілка), розмір (товщина)); локалізовані діаграми (форма, розмір). До схематичних – псевдоізолінії (кольорова насиченість); схематичні знаки руху (форма (стрілка), розмір (товщина)); картограма (кольорова насиченість); картодіаграм (форма, розмір).

Розширюючи положення теорії картознавства в частині розробки та вибору шкал на картах, доцільно вказати на можливість застосування абсолютних та умовних шкал в існуючому розумінні не лише для локалізованих значків та картодіаграм, як у (Берлянт, 2002, 2003). Це стосується, насамперед, способу локалізованих діаграм для показу кількісних показників (розміром зображувального засобу певної форми), зафіксованих у конкретному пункті спостереження (напр., обсягів забруднення атмосфери за індексом забруднення, обсягів скидання стічних вод у водні об'єкти). Крім того, абсолютні й умовні шкали можуть бути прив'язаними до відповідних видів показників картографування у способах: кількісного фону (абсолютні показники – абсолютна шкала), картограми (відносні – умовна), ізоліній та псевдоізоліній відповідно. Також доцільно удосконалити поділ абсолютних і умовних шкал на неперервні (безінтервальні) та ступінчасті (інтервальні) шляхом виділення третього виду – умовно-безінтервальних, які застосовуються у практиці подання кількісних відмінностей показника картографування способами ізоліній та псевдоізоліній.

Комп'ютерні методи картографування в частині розвитку програмно-технічних засобів автоматизації картографічних робіт, а саме, геоінформаційних систем (як програмних продуктів), посприяли систематизації запрограмованих алгоритмів розподілу рядів кількісних показників (класифікацій) на градації.

Шкали в умовах комп'ютеризації можуть бути створені двома групами методів: автоматизованими (у т. ч. за допомогою засобів "розумної (інтелектуальної) картографії") та інтерактивними (користувачькими).

Усталеними автоматизованими методами на сьогодні вважаються для побудови: неперервних шкал в абсолютній та умовній вимірності – метод градуированих символів, при застосуванні якого шкали формуються за трьома принципами (перший – (коли розмір зображувальних засобів певної форми (інтерактивно задається мінімальне, середнє та максимальне значення) є пропорційним числовим значенням ряду); другий – розмір зображувальних засобів певної форми є пропорційним кореню квадратному із числових значень ряду; третій – розмір зображувальних засобів певної форми є пропорційним кореню логарифму із числових значень ряду); для умовно-безінтервальних (умовно-неперервних) шкал – застосування запрограмованих методів інтерполяції, серед яких чільне місце займають алгоритми лінійної інтерполяції та зворотних зважених відстаней; для інтервальних шкал із: рівною кількістю показників у кожній градації, рівними інтервалами значень, довільними інтервалами значень, стандартним відхиленням та квантилюванням.

Метод рівної кількості показників необхідно застосовувати для розбиття ряду, що не містить екстремальних значень на градації таким чином, що кожна градація матиме однакову кількість числових значень. Якщо, наприклад, ряд містить 30 значень, які треба розбити на п'ять градацій, ГІС віднесе до кожного інтервалу віднесено по шість значень, залежно від фактора заокруглення, який є важливим і буде інтерактивно встановлено.

Метод рівних інтервалів значень застосовується переважно для числових рядів, що або рівномірно зростають, або рівномірно спадають, відповідно до чого, наприклад, рівномірно зростаючий ряд від 1 до 50, розподілений на п'ять рівних інтервалів, включатиме такі градації з округленням до одиниці: 1–10, 11–20, 21–30, 31–40, 41–50.

Метод довільних інтервалів значень передбачає створення діапазонів за алгоритмом, що застосовує середнє арифметичне значення кожного інтервалу для більш рівномірного розподілу даних за ними, тобто розподіляє значення таким чином, що середнє арифметичне значення кожного інтервалу знаходиться максимально близько до свого значення в цьому діапазоні. Це

гарантує, що інтервали змістовно представлено своїми середніми арифметичними значеннями і, що значення інших даних у ньому, доволі близькі між собою.

При утворенні інтервалів за *методом стандартного відхилення*, автоматично визначається інтервал, близький до середнього значення. Інтервали вище та нижче середнього значення вважаються відхиленням від середнього діапазону.

Метод квантилювання показників дає змогу формувати інтервали, які демонструють розподіл значень у межах певного сегмента даних.

Метод, заснований на формуванні рівних інтервалів, є таким, що дозволяє утворити ряди кількісних показників, які мають однакові інтервали; інші розглянуті (рівна кількість, довільні інтервали, квантилювання, стандартне відхилення) – різні інтервали.

Для одержання максимального ефекту при проведенні геоінформаційного аналізу й побудови кінцевої шкали кількісного показника картографування важливим є не лише достатньо легке використання складного функціоналу програми, яка належить до геоінформаційних систем. Шкали кількісних показників у процесі їх кінцевого створення при використанні засобів інтелектуальної картографії дозволяють у сеансі роботи за гістограмою розподілу числових значень виявити тренди з коригуванням даних, здійснювати маніпулювання ними, зокрема, перехід від абсолютних до відносних показників тощо. При використанні функціонально закладених методів автоматичної класифікації даних (про них йшлося вище) із застосуванням простого графічного інтерфейсу можна удосконалити алгоритм із урахуванням одержаної власної експертної оцінки: інтерактивно позначити середнє значення, підкреслити виявлені тренди, провести кореляцію між декількома показниками тощо.

Автоматичні методи розбиття рядів кількісних показників на градації, реалізовані у програмному забезпеченні ГІС, можуть не завжди давати достовірні результати картографування, тому в процесі геоінформаційного картографування при їх використанні для створення нових тематичних карт постає питання додаткового вибору шкал, оцінка якості яких потрібна при подальшому використанні карт у наукових і практичних цілях. Задача підходу до вибору методів розбиття шкал кількісних показників для створення тематичних карт полягає власне в обґрунтуванні числа ступенів шкали і границь інтервалів, якщо ряд кількісних показників розбивається на градації інтерактивно.

При розробці (або оцінці) шкал необхідно враховувати ряд факторів, до яких віднесено: характер явищ, що картографуються і впливають на вибір способу зображення; призначення карти, що визначає її повноту та точність; якість вихідних даних; географічну специфіку території. Інколи, переважно на точних, детальних картах, зображувальні засоби у вигляді геометричних фігур та/або наочних значків необхідно подавати в неперервній шкалі. У цьому випадку завданням картографа є доцільний вибір основи шкали ("масштабності").

Перехід до ступінчатих шкал, які переважають у картографічній практиці, пояснюється різними причинами: або бажанням поділити явища, що картографуються за групами характерних величин, або недостатністю даних, чи особливостями способу, а, часто, спільним впливом зазначених чинників.

Питання щодо кількості ступенів вирішується неоднаково для різних способів зображення. Зрозуміло, що більше число ізоліній (псевдоізоліній) відтворює наочніше і точніше реальні та штучні "статистичні" поверхні. Тому мінімальний інтервал між ізолініями (псевдоізолініями) треба встановлювати, виходячи із бажаної точності визначення величин по ізолініях (псевдоізолініях) і наявності вихідних даних. Стосовно графіки (роздільної здатності), важливо лише, щоб ізолінії (псевдоізолінії) не зливалися в місцях їх найбільшого згущення.

При визначенні числа ступенів у шкалах значків, лінійних знаків, локалізованих діаграм і картодіаграм потрібно враховувати також умови розрізненості знаків між собою.

Розробка шкал кількісних показників відбувається під час проектування легенди карти. Розподіл ряду на градації інтерактивно аналогічно до автоматичних методів можна виконати різними методами, які доцільно звести до двох груп методів: поділу числового ряду на рівні інтервали; поділу числового ряду на нерівні інтервали.

Методи поділу ряду кількісних показників на рівні інтервали можна розділити на:

- метод рівних інтервалів із поділом від нуля;
- метод рівних інтервалів із поділом від початкового числа ряду.

Метод рівних інтервалів із поділом від нуля доцільно застосовувати тоді, коли кінцеве число ряду в порівнянні невелике число розрядів (у декілька десятків) переважає початкове, а власне початкове мало відрізняється від нуля.

Метод рівних інтервалів із поділом від початкового числа ряду доцільно застосовувати тоді, коли кінцеве число статистичного ряду є порівняно невелике та перевищує початкове, а останнє помітно відрізняється від нуля.

Варто зауважити, що можливими є також інші методи поділу рядів кількісних показників на інтервали шляхом, наприклад, розрахунків від середнього числа, яке одержується діленням на два кінцевого числа ряду (при поділі від нуля) або початкового числа (його різниці з нулем, при поділі від початкового числа). Пропоновані розрахунки будуть відмінними від одержаних описаними методами рівних інтервалів, але одержані результати, як показує досвід, є тотожними.

Методи розбиття статистичного ряду на нерівні інтервали можна розділити на сім видів:

- метод зростаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від нуля;
- метод зростаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа;
- метод спадаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від нуля;
- метод спадаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа;
- метод поділу числового ряду від середини;
- метод ізольованих інтервалів;
- метод поділу числового ряду на рівні за кількістю показників інтервали.

Усі *методи кратних інтервалів* мають одне спільне обґрунтування, сутність якого полягає в тому, що різниця верхньої та нижньої границь у будь-якому інтервалі на певне число розрядів більша, ніж різниця у попередньому інтервалі, і у стільки ж разів менша, ніж у наступному, або навпаки, у будь-яке число разів менша різниці попереднього, і у стільки ж разів більша наступного.

Сутність поділу статистичного ряду на кратні інтервали полягає в тому, щоб утворити геометричну прогресію, знаменник якої є коефіцієнтом кратності. При зростаючих інтервалах цей коефіцієнт буде більший за одиницю, при спадаючих – менший за одиницю. Якщо верхню і нижню границі першого інтервалу прийняти за одиницю, то різниця границь будь-якого іншого інтервалу дорівнюватиме коефіцієнту кратності, піднесеному до ступеня, показник якого на одиницю менший за порядковий номер інтервалу. Такий піднесений до відповідного ступеня коефіцієнт кратності традиційно називається вагою інтервалу. Наприклад, при коефіцієнті кратності 3 вага початкового інтервалу дорівнюватиме одиниці; вага другого – 3^{2-1} ; вага третього – $3^{3-1}=2$ і т. д.

Методи зростаючих кратних інтервалів доцільно застосовувати тоді, коли кінцевий показник у ряду у багато разів більший (більш ніж у декілька десятків разів) і перевищує його початковий показник, а різниці між

сусідніми показниками в цьому ряду мають тенденцію збільшення до кінця ряду (тобто числовий ряд немов би розріджується до свого кінця). Коефіцієнт кратності здебільшого доцільно вибирати в межах 2–4, найчастіше цим методом важливо знайти вагу інтервалів і суми ваги за даної кількості інтервалів та коефіцієнта кратності.

Найдоцільнішим із кратних інтервалів вважається більш-менш рівномірне збільшення або зменшення кількості конкретних показників в інтервалах до початкового і кінцевого від середніх.

Метод зростаючих (спадаючих) кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа доцільно застосовувати тоді, коли перше (останнє) число цього ряду незначно відрізняється від нуля.

Метод зростаючих (спадаючих) кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа доцільно застосовувати тоді, коли початкове (кінцеве) число статистичного ряду значно відрізняється від нуля.

Метод спадаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа застосовується у випадку, коли важливо більш диференційовано відобразити показники, сконцентровані в середині та в кінці числового ряду, а початкове число цього ряду суттєво відрізняється від нуля.

Метод поділу числового ряду на інтервали від середини доречно застосовувати тоді, коли необхідно виділити розміщення показника, наближеного до середньої величини всіх показників, який, у свою чергу, ділиться на дві частини: молодшу (від початкового числа до середньої величини) і старшу (від середньої величини до кінцевого числа). Розрахунки верхніх границь інтервалів залежать від того, на парну чи непарну кількість інтервалів потрібно поділити ряд. При парній кількості інтервалів кожна частина ряду спочатку ділиться на кількість інтервалів. Верхня границя першого інтервалу визначається складанням непарного числа з подвійною часткою від ділення. Якщо запропонувати п'ять інтервалів, то до верхньої границі першого інтервалу необхідно додати також подвійні частки від ділення молодшої частини (отримаємо границю другого інтервалу). Верхня границя того інтервалу, в якому знаходиться середня величина, визначається складанням цього середнього числа з одною часткою від старшої частини ряду. У подальшому додаються подвоєні частки старшої частини.

При поділі ряду даним методом розподіл кількості показників по інтервалах може бути різноманітним. Проте немає великого значення (як у методі критичних інтервалів) і весь розподіл залишається доцільним, якщо тільки в них немає інтервалів без показників. Більш наочним є розподіл із парною кількістю інтервалів, оскільки середнє число фігурує як одна із границь інтервалів. Недоліком цього поділу є те, що середнє число визначається механічно (математично). Крім того, показники можуть бути отримані однаковими при зовсім різних величинах діленого і дільника.

Метод ізольованих інтервалів відрізняється від усіх інших однією властивістю. При діленні всіма іншими способами верхня границя будь-якого інтервалу немов би автоматично є нижньою границею наступного. Тому їх непотрібно спеціально визначати. Проте майже немає такого ряду, в якому всі різниці між сусідніми показниками були б рівними, і навпаки, у будь-якому ряду ці різниці нерівні, із-за чого деякі показники виявляються близькими між собою за величиною, а між іншими показниками зустрічаються порівняно великі різниці. Іншими словами, числовий ряд немов би самостійно розбивається на групи чисел і відносно великі проміжки чисел між ними ("провали").

Метод поділу числового ряду на рівні інтервали за кількістю показників можна застосовувати, коли загальне число показників у ряду кратне передбаченій кількості інтервалів. Границі інтервалів за цим способом розраховуються як середнє арифметичне із двох сусід-

ніх показників. Цей спосіб доцільно використовувати для поділу таких статистичних рядів, у яких різниці сусідніх показників більш-менш рівні.

Методи інтерактивного поділу числових рядів (власне, як і автоматичних) приводять до результатів, які будуть безпосередньо перенесені в легенду карти з утворенням надлишкових труднощів при її читанні або сприйнятті викладу не зовсім точних, а інколи зовсім невірних даних про особливості показаних об'єктів, явищ та процесів. Тому найбільш достовірні результати часто доводиться отримувати за допомогою додаткових прийомів. Серед них: заокруглення границь інтервалів; вибір початкового круглого числа, яке більше за початкове число ряду; вибір круглого кінцевого числа, яке менше, ніж кінцеве число ряду; визначення в легенді реального початкового та кінцевого чисел ряду; визначення в легенді верхньої та нижньої границь інтервалів, що йдуть одна за одною.

Заокруглення границь інтервалів необхідно проводити у тих випадках, коли в результаті їх розрахунків вони виражаються змішаними (цілими та/або дробовими) числами.

При використанні тематичної карти, у легенді якої вони фігурують, може виникнути враження, що ці числа обов'язково є критеріями, які щось відображають; кількісними характеристиками, що обґрунтовують якісні явища. У випадку, якщо такі числа нічого в явищі не виражають і не є одночасно кількісними границями, їх можна заокруглити. Перший етап заокруглення – заокруглення до цілих – є можливим, наприклад, при розгляді способу зростаючих кратних інтервалів із поділом числового ряду від початкового числа (напр., для показника картографування – наявність промислових токсичних відходів у сховищах).

Необхідність *вибору початкового круглого числа, що більше за початкове число ряду*, виникає у випадку, коли початкове число ряду за своєю величиною значно більше і якщо при більшому круглому числі верхні границі інтервалів одержуються заокругленням. Наприклад, якщо початкове число ряду дорівнює 169,1, заокруглення границь має бути до сотень, то логічним є вибір круглого числа, що дорівнює 100 (тобто менше за початкове). Але може статися так, що при цьому границі інтервалів будуть некратні 100, проте при числі 200 вони будуть йому кратні. Тоді й доцільно вибрати кругле число – 200. Потім у легенді необхідно додатково вказати вибір початкового числа ряду.

Вибір круглого кінцевого числа, яке менше за кінцеве число ряду, необхідно застосувати тоді, коли поділ ряду виконується за другим варіантом способів рівних і кратних інтервалів. Таке кругле число доцільно вибирати тоді, коли при ньому границі інтервалів будуть заокруглені, а при більш круглому числі заокруглення не буде.

Визначення в легенді реального початкового числа ряду має певний зміст, тобто конкретизує числові характеристики явищ. Важливим є позначення в легенді початкового числа, коли воно значно більше від нуля.

Визначення в легенді кінцевого числа ряду має істотне значення, оскільки вказує на існуючу в даному явищі кількісну границю, тому є обов'язковим правилом, яке полягає в тому, щоб верхні границі кінцевого інтервалу були кінцевим числом ряду. У даному контексті незадовільно виглядає легенда тематичної карти, в якій кінцевий інтервал характеризується вираженням: "від ..., вище..., більше і т. п.". Тут фігурує єдине число – нижня границя.

Визначення в легенді верхньої та нижньої границь інтервалів, що йдуть одна за одною, потребує уваги, оскільки при всіх поділах ряду (крім методу ізольованих інтервалів) верхня границя кожного інтервалу є нижньою границею наступного. Це виходить із понять елементарної математики. На цій основі, будь-яка точка, по-перше, має тільки одне числове значення, а по-

друге, вимагає границю чисел, які менші за числове значення цієї точки і, одночасно, є точкою другого відрізка, який містить числа більші, ніж значення точок.

Сучасні ГІС дають змогу проводити автоматичні заокруглення за інтерактивним визначенням їх критеріїв, у тому числі реалізованими засобами "розумної картографії". Але перспективним є практична розробка алгоритму реалізації узагальнених інтерактивних способів утворення інтервалів кількісних показників залежно від властивостей числового ряду та призна-

чення карти шляхом убудовування нових функцій за допомогою мов програмування.

Взаємодію розглянутих методів автоматичного розбиття числового ряду на градації, що застосовуються в сучасних ГІС та узагальнених методів інтерактивного розбиття ряду на градації з побудовою різних видів шкал при створенні тематичних карт у процесі геоінформаційного картографування, можна представити удосконаленою структурно-графічною моделлю (рис. 1).

Рис. 1. Структурно-графічна модель взаємодії методів автоматичного та інтерактивного утворення шкал кількісних показників на тематичних картах

Висновки й перспективи подальших досліджень. Виходячи із запитів теорії та практики розробки шкал кількісних показників для застосування у геоінформаційному тематичному картографуванні, на основі досвіду роботи у сучасному програмному забезпеченні, яке належить до ГІС або виконує його окремі функції, проведено:

- систематизацію існуючих знань щодо груп методів утворення шкал кількісних показників для застосування на тематичних картах для двох груп способів картографічного зображення (графічно точних і схематичних) із визначенням факторів їхньої розробки (характеру явищ, що картографуються і впливають на вибір способу картографічного зображення; призначення карти, що визначає її повноту й точність; якості вихідних даних; географічну специфіку території);
- характеристики типових автоматичних методів розробки інтервальних шкал у геоінформаційних системах, у тому числі засобами "розумної картографії", реалізованих в останніх версіях відповідного програмного забезпечення з одержанням градацій із: рівною кількістю показників у кожній градації, рівними інтервалами значень, довільними (природними) інтервалами значень, стандартним відхиленням та квантилюванням;
- формулювання принципів формування алгоритмів розрахунку числових інтервалів (градацій) ступінчастих шкал, а також можливостей "розумної картографії" для розробки їх неперервних (безінтервальних) аналогів;
- виявлення особливостей формування шкал кількісних показників, у тому числі, через додаткові прийоми при інтерактивному розподілі числового ряду на інтервали, що містять: заокруглення границь інтервалів; вибір початкового круглого числа, що більше за початкове число ряду; вибір круглого кінцевого числа, яке менше, ніж кінцеве число ряду; визначення в легенді реального початкового й кінцевого чисел ряду; визначення в легенді верхньої та нижньої границь інтервалів, що йдуть одна за одною;
- удосконалення моделі взаємодії автоматичних та інтерактивних методів утворення шкал кількісних показників із урахуванням визначених особливостей їхньої розробки для створення тематичних карт.

Перспективними вважаються подальші дослідження, що будуть спрямовані для практичної розробки алгоритму реалізації узагальнених інтерактивних способів утворення інтервалів кількісних показників залежно від

властивостей числового ряду та призначення карти шляхом убудовування нових функцій за допомогою мов програмування.

Список використаних джерел:

1. Берлянт А. М. Картография : учебник для вузов / А. М. Берлянт. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
2. Божок А. П. Картография / А. П. Божок, А. М. Молочко, В. І. Остроух. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2008. – 271 с.
3. Божок А. П. Картография / А. П. Божок, Л. Є. Осауленко, В. В. Пастух. – К.: Фітосоціоцентр, 1999. – 252 с.
4. Бондаренко Е. Л. Геоінформаційне еколого-географічне картографування : моногр. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – 272 с.
5. Бондаренко Е. Л. Способы картографического зображення в середовищі географічних інформаційних систем / Е. Л. Бондаренко // Картография та вища школа : зб. наук. пр. – 2005. – Вип. 10. – С. 54–60.
6. Картоведение : учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова и др. ; под ред. А. М. Берлянта. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 477 с.
7. Салищев К. А. Картоведение / К. А. Салищев. – М. : Изд-во Московск. ун-та, 1982. – 408 с.
8. Салищев К. А. Картоведение: ученик. – 3-е изд. / К. А. Салищев. – М. : МГУ, 1990. – 400 с.
9. Справочник по картографии / А. М. Берлянт, А. В. Гедымин, Ю. Г. Кельнер и др. – М. : Недра, 1988. – 428 с.
10. Шевченко В. А. Медико-географическое картографирование территории Украины / В. А. Шевченко. – К. : Наук. думка, 1994. – 159 с.

References:

1. Berlyant A. M. Cartographia: uchebnik dlia vuzov / Berlyant A. M. – Moskva: Aspect Press, 2002. – 336 s.
2. Bozhok A. P. Cartographia / A. P. Bozhok, A. M. Molochko, V. I. Ostroukh. – K.: VPC "Kyivs'kyi universytet", 2008. – 271 s.
3. Bozhok A. P. Cartographia / A. P. Bozhok, L. Ye. Osaulenko, V. V. Pastukh. – K.: Fitosotsiotsentr, 1999. – 252 s.
4. Bondarenko E. L. Geoinformatsiynne ekoloho-geografichne kartografuvannya: monohrafiya / E. L. Bondarenko. – K.: Fitosotsiotsentr, 2007. – 272 s.
5. Bondarenko E. L. Sposoby kartografichnoho zobrazhennya v seredovyschi geografichnykh informatsiynykh system / E. L. Bondarenko // Kartografiya ta vyscha shkola: zb. nauk. prats'. – 2005. – Vyp. 10. – S. 54–60.
6. Kartovedenie: uchebnik dlya vuzov / A. M. Berlyant, A. V. Vostokova, V. I. Kravtsova [i dr.]; pod red. A. M. Berlyanta. – M.: Aspect Press, 2003. – 477 s.
7. Salishev K. A. Kartovedenie / K. A. Salishev. – M.: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 1982. – 408 s.
8. Salishev K. A. Kartovedenie: uchebnik, 3-e izd. / K. A. Salishev. – M.: MGU, 1990. – 400 s.
9. Spravochnik po kartografii / A. M. Berlyant, A. V. Gedymin, Yu. G. Kelnner [i dr.]. – M.: Nedra, 1988. – 428 s.
10. Shevchenko V. A. Mediko-geograficheskoe kartografirovanie territorii Ukrainy / V. A. Shevchenko. – K. : Naukova dumka, 1994. – 159 s.

Надійшла до редколегії 26.10.18

Э. Бондаренко, д-р геогр. наук, проф.

Киевский национальный университет имени тараса Шевченка, Киев, Украина

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ШКАЛ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТАХ В УСЛОВИЯХ КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ КАРТОГРАФИИ

Статья посвящена рассмотрению особенностей формирования шкал количественных показателей на тематических карт в современных условиях автоматизации картографических работ. Вопросы подняты через призму систематизации функциональных возможностей программного обеспечения, которое относится к географическим информационным системам.

Автором обобщены существующие знания, касающиеся разработки шкал количественных показателей для способов картографического изображения, предусматривающих их применение в практике тематического картографирования. Представлена классификация методов формирования шкал по степени автоматизации с выделением: автоматических методов распределения числовых рядов на градации (в том числе, с помощью средств "умной картографии") и интерактивных (пользовательских), которые совершенствуют и расширяют автоматические. Выделены две группы способов картографического изображения по степени точности в отображении объектов, явлений, процессов (геометрически точные и схематические), которые подразумевают применение шкал. Определены факторы их разработки (характер картографируемых явлений, влияющий на выбор способа изображения; назначение карты, определяющее ее полноту и точность; качество исходных данных; географическая специфика территории).

Сформулированы принципы формирования алгоритмов расчета числовых интервалов ступенчатых шкал, а также возможностей "умной картографии" для разработки их непрерывных аналогов. Выявлены особенности формирования шкал количественных показателей с учетом дополнительных приемов при интерактивном распределении числового ряда на интервалы. Это: округление границ интервалов; выбор начального круглого числа, большего от первоначального числа ряда; выбор круглого конечного числа,

меньшего, чем конечное число ряда; определение в легенде реального начального и конечного чисел ряда; определение в легенде верхней и нижней границ интервалов, идущих один за другим.

Усовершенствована модель взаимодействия автоматических и интерактивных методов образования шкал количественных показателей с учетом определенных особенностей их разработки для создания тематических карт.

Ключевые слова: шкалы количественных показателей, тематические карты, методы образования шкал, непрерывная шкала, условно-непрерывная шкала, ступенчатая шкала, "умная картография", числовой ряд, географические информационные системы.

E. Bondarenko, Doctor of Science in Geography, Professor
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

SPECIFIC ASPECTS OF SCALES FORMATION ON THEMATIC MAPS IN CONDITIONS OF CARTOGRAPHY COMPUTERIZATION

The article is devoted to the consideration of specific aspects of scales formation on thematic maps in modern conditions of automation of cartographic works. The special aspects are revealed by systematization of the functionality of the software, which relates to geographic information systems (GIS).

The author summarized the existing knowledge regarding the development of scales for cartographic image methods, which provide their using in the practice of thematic mapping. The classification of scale formation methods is presented according to the degree of automation with distribution: automatic methods for distributing numerical series by gradation (including using "smart cartography") and interactive (user-defined), which improve and expand the automatic. Two groups of cartographic image methods are identified depending on the degree of accuracy in the display of objects, phenomena or processes (geometrically accurate and schematic), which imply the use of scales. The factors of scales development (nature of mapping phenomena affecting the choice of the image method, the purpose of the map, the definition of its completeness and accuracy, the quality of the source data, the geographical specificity of the territory) are defined.

The author formulated the principles for the formation of algorithms for calculating numerical intervals of graded scales, as well as the possibilities of "smart cartography" for the development of their continuous analogues. Additional techniques are proposed for interactive distribution of the number of series at intervals: the rounding the boundaries of intervals; the choice of the initial round number more than the initial number of the series; the choice of a round finite number less than a finite number of the series; the definition in the legend of the actual starting and final numbers of the series; the definition in the legend of the upper and lower bounds of the intervals are following one after another.

In this article the author improved the model of interaction between automatic and interactive methods of scales forming based on certain features of their development for creating of thematic maps.

Keywords: scales of quantitative indicators, thematic maps, methods of scales formation, continuous scale, conditional continuous scale, interval scale, smart cartography, numerical series, geographic information systems.

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.73.11>
УДК 528.88:(551.422:528.92)](477-25)

О. Томченко, канд. техн. наук, наук. співроб.
ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень
Землі Інституту геологічних наук НАН України", Київ, Україна,
Л. Мазуркевич, учитель географії,
О. Малець, учень 11 класу, дійсний член МАН
Русанівський ліцей, Київ, Україна,
КПНЗ "Київська Мала академія наук учнівської молоді", Київ, Україна,
І. Підлісецька, канд. геогр. наук, асист.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ПЛОЩ ОСТРОВІВ КИЇВСЬКОЇ ГРУПИ РІЧКИ ДНІПРО

Дослідження полягає у відтворенні історичного вигляду островів Київської групи Дніпра на основі використання матеріалів аерокосмічного знімання часів Другої світової війни і сучасних космічних знімків із застосуванням геоінформаційних технологій (ГІС). За допомогою ГІС та методів дистанційного зондування (ДЗЗ) встановлено суттєві зміни площі островів Київського архіпелагу в період із 1942 до 2017 р. Визначено, що острови почали зменшуватись унаслідок антропогенних змін (намивання піску), що негативно вплинуло на стан їх біотопів. Робота присвячена аналізу зміни площ островів Київської групи Дніпра (16 найбільших островів) та околів за 75 років, а також детальному вивченню ландшафтної структури острова Великий Північний та його острова – супутника Пташиний, що виник не так давно і продовжує інтенсивно формуватися. Створено детальну картографічну схему ландшафтів о. Великий Північний та розроблено нову екологічну стежку.

Ключові слова: дослідження динаміки островів Київської групи Дніпра, геоінформаційні технології, картографічна схема, ландшафтна структура, екостежка.

Постановка проблеми. Цінність островів Києва та околів як складової Дніпровського екологічного коридору полягає в унікальності ландшафтно-біоценотичних формацій [3]. Справа в тому, що типові біотопи річкової заплави на островах збереглися набагато краще, ніж на сусідніх берегових ділянках у межах Києва. При цьому стан порушених антропогенним впливом острівних ландшафтних угруповань ще не є безнадійним і може бути відновлений у випадку встановлення заповідного режиму. У сучасних умовах, коли природа Києва зникає просто на очах, для того щоб зрозуміти, що ми втрачаємо, необхідно чітко собі уявити, якою була природа

цього куточка Дніпра до розвитку тут міста, якою вона була ще навіть порівняно недавно. Це можливо з використанням сучасних геоінформаційних технологій і архівних картографічних та аерокосмічних матеріалів, що доводить подана робота.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виходячи з аналізу літератури, зрозуміло, що Дніпро та його ділянка біля Києва неодноразово перебувала в полі зору багатьох дослідників. Підготовлені інженером М.І. Максимовичем зведення "Днепр у гор Києва. Краткий гидрографический и исторический очерк" (1898) та "Днепр и его бассейн: История и гидрография реки"