

МЕТОДИ КАРТОГРАФІЧНОЇ ОЦІНКИ УРБАНІЗОВАНОСТІ ТЕРИТОРІЙ ТА ЗОНІНГУ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Розглянуті питання отримання картографічних проекцій циліндричної групи змінно-масштабної метрики. Змінно-масштабні проекції доцільно застосовувати при потребі підвищеного показу домінуючих соціально-економічних факторів, показників тощо. При розв'язанні проблем зонінгу населених пунктів часто використовуються, крім традиційних карт, анаморфовані. Такі карти характеризуються незвичною топологією, а їх побудова є нетривіальною задачею. Відповідно, в статті розглянута теорія і практика отримання таких карт.

Ключові слова: урбанізовані території, зонінг населених пунктів, псевдоциліндрична проекція змінно-масштабної метрики, анаморфовані карти.

Вступ. В сучасних умовах виникає необхідність у модифікації традиційного картографічного забезпечення містобудівних потреб, оптимізації інфраструктури, раціонального розміщення продуктивних сил тощо [1, 9]. Особливо це стосується тотального застосування геоінформаційних технологій [8]. Внаслідок цього виникає потреба розробки новітніх методів, до яких відносяться псевдоциліндричні картографічні проекції змінно-масштабної метрики та проекції анаморфованих карт [3, 4, 11].

При створенні ряду тематичних карт, перш за все соціально-економічних, традиційні проекції не завжди забезпечують умови для кращого відображення досліджуваних явищ [14]. Можливими варіантами розв'язку цих проблем є пошук так званих найкращих картографічних проекцій. На сьогодні відомі два напрямки отримання найкращих проекцій [10]. Основою першого є теорема Чебишева, за якою визначаються проекції, в яких в межах картографованої області максимум модуля логарифму масштабу повинен приймати мінімальні значення. Другий напрямок передбачає одержання і оцінку спотворень проекцій як в окремих точках, так і по всій області. При цьому використовують критерій оцінок переваг проекцій, запропонованих Ейрі, Йорданом, В. Каврайським, Г. Конусовою та іншими, достатньо повно описаними в літературі [4]. Таким чином можна визначати проекції, що відносяться як до мінімаксного типу, так і до варіаційного.

Але в картографічній практиці частіше мають місце випадки, коли визначальним фактором вибору і використання проекцій є не величина

спотворень та характер їх розподілу, а інші фактори або їх сукупність [14]. Відповідно до цього найкращі проекції можуть бути двох типів: проекції, що забезпечують мінімум спотворень і кращий їх розподіл за критеріями мінімаксного або варіаційного типів; проекції, що забезпечують оптимальну відповідність вимогам згідно з призначенням створюваної карти [2].

В загальному змісті ідеальними можна назвати проекції, в яких забезпечується оптимальне виконання вимог до картографічних проекцій згідно призначення карт і на конкретній території. Проте картографічних проекцій, однаково придатних для всіх випадків практики просто не існує. Їх потрібно отримувати для кожного конкретного завдання. Отримувати картографічні проекції спеціального призначення можна без строгого дотримання окреслених умов.

Метою даного дослідження є обґрунтування вибору картографічних проекцій змінно-масштабної метрики для регіонального тематичного картографування, зокрема оцінки урбанізованості територій, а також алгоритмізація анаморфованого відображення зонінгу населених пунктів.

В сучасній вітчизняній літературі спостерігається незначна кількість публікацій з математичної картографії, однак слід відмітити такі дослідження. Обґрунтуванню вибору оптимальних проекцій при кадастровому картографуванні присвячена робота [3]. Особливості створення анаморфованих картографічних зображень для потреб управлінських рішень у містобудуванні та управлінні міськими територіями розглянуті в роботі [5]. Посібник [10], за винятком окремих розділів, має навчально-методичний характер.

1. Алгоритм псевдоциліндричної картографічної проекції змінно-масштабної метрики. Як правило, циліндричні проекції використовуються у випадку, коли відображуване явище поширюється тільки по широті або по довготі [3]. У випадку відображення домінуючих явищ доцільно застосовувати псевдоциліндричні проекції змінно-масштабної метрики.

В загальному випадку псевдоциліндричні проекції задаються рівняннями:

$$X = f_1(\varphi), \quad Y = f_2(\varphi, \lambda) \quad (1)$$

При застосуванні поліноміального апроксимування рівняння (1) мають вигляд:

$$X = R \sum_{i=1}^{m_1} a_i \varphi^i, \quad Y = R \lambda \left(1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i \right) \cos \varphi. \quad (2)$$

Параметри проекції $(a_i; b_i)$ визначаються за методом найменших квадратів наступним чином. За правилами математичної картографії визначаються рівняння масштабів m , n і p .

$$m^2 = \frac{\left(\frac{\partial x}{\partial \varphi}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \varphi}\right)^2}{R^2 (\partial \varphi)^2} = \left(\sum_{i=1}^{m_1} i a_i \varphi^{i-1}\right)^2 + \lambda^2 \left(1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i\right)^2 \sin^2 \varphi. \quad (3)$$

$$n^2 = \frac{\left(\frac{\partial x}{\partial \lambda}\right)^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial \lambda}\right)^2}{R^2 \cos^2 \varphi (\partial \lambda)^2}.$$

$$n = 1 + \sum_{i=1}^{m_2} (i+1) b_i \lambda^i. \quad (4)$$

$$p = m \cdot n \cdot \cos \varepsilon, \quad (5)$$

$$\varepsilon = 90^\circ - \theta.$$

Задаючись в різних точках вибраної паралелі значеннями n_{ki} можна скласти систему рівнянь виду:

$$\sum_{i=1}^{m_2} (i+1) b_i \lambda^i = n_{ki} - 1, \quad (6)$$

з розв'язку якої визначаються постійні коефіцієнти b_i .

Аналогічно, для значень масштабів ряду точок вздовж вибраних меридіанів складається система рівнянь виду:

$$\sum_{i=1}^{m_2} i a_i \varphi^{i-1} = m^2 - \lambda^2 \left(1 + \sum_{i=1}^{m_2} b_i \lambda^i\right)^2 \sin^2 \varphi. \quad (7)$$

Після визначення a_i , b_i обчислюються за формулами (2) прямокутні координати вузлових точок змінно-масштабної псевдоциліндричної проекції. Варіативність останньої регулюється заданими m , n і p .

Розвиток тематичного картографування в містобудівних аспектах потребує розробки анаморфованих карт і проекцій зі змінно-масштабною метрикою. Такі карти суттєво розширюють можливості картографування з відображенням різноманітної інформації, зокрема домінуючої. Даний підхід дозволяє регулювати неоднакове навантаження у різних частинах містобудівної карти.

2. Теорія і результати анаморфованого відображення містобудівного зонінгу. Обґрунтування планувальних рішень забудови міст та раціонального використання територій для розміщення будівництва потребує комплексного містобудівного аналізу району проектування. У цьому контексті важлива роль картографічних матеріалів, що дозволяють в наочній формі відображати природні та соціально-економічні умови району будівництва [13].

Карти і топоплани міських територій отримані в традиційних картографічних проєкціях містять неповну метричну та семантичну інформацію. З цієї причини актуальною є потреба розробки нових картографічних проєкцій і створення на їх основі цифрових тематичних карт із неевклідовою метрикою. Такі карти особливо важливі для оцінки сучасного стану та перспективного планування розвитку міста [11].

Нами пропонується використовувати при розв'язку управлінських задач у містобудуванні анаморфовані картографічні зображення.

Анаморфованим картографічним зображенням, або анаморфозом називають графічне зображення, похідне від традиційної карти, що утворене трансформацією масштабу, який залежить від розподілу величини прояву певного явища, відображеного на початковій карті [14]. Цей розподіл характеризується такою числовою характеристикою як щільність. Найбільш розповсюдженим різновидом таких зображень є площинні анаморфози, які вирівнюють у просторі карти щільність явища за рахунок зміни площ областей початкового картографічного зображення. Анаморфози дають графічне зображення території, топологічно тотожне покладеному в основу його створення [6].

Враховуючи новизну і оригінальність анаморфного картографування стисло математично обґрунтуємо цей метод.

З математичної точки зору задачу побудови анаморфози можна розглядати як задачу пошуку відображення картографічної площини (x, y) в площину (u, v) , які задані функціями:

$$u = U(x, y) \quad v = V(x, y), \quad (8)$$

що вирівнює щільність $p(x, y)$ до деякого середнього \bar{p} . Остання вимога рівнозначна наступній:

$$\frac{\partial U}{\partial x} \cdot \frac{\partial V}{\partial y} - \frac{\partial U}{\partial y} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} = \frac{p(x, y)}{\bar{p}}. \quad (9)$$

Щільність величини, у відповідності з якою відбуватиметься анаморфування, пропонується розглядати як кусково-неперервну функцію $p(x, y)$ точок площини із середнім значенням \bar{p} в межах області D_0 [6].

Покриття D_0 (початкове картографічне зображення) є набором територіальних одиниць $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$, кожна з яких характеризується постійною щільністю p_i . Будемо вважати, що $p_i > 0, i = \overline{1, n}$, а набір $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$ задовольняє умови:

$$\bigcup_{i=1}^n S_i = D_0, \quad \Delta(S_i \cap S_j) = 0, i \neq j, \quad \Delta(S_i) > 0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

де $\Delta(S)$ позначає площу геометричної фігури S .

Границі області D_0 та її територіальних одиниць $\{S_i | i = \overline{1, n}\}$ апроксимуємо ламаними з достатньо короткими ланками.

Запропонований алгоритм є ітеративним. На кожному кроці ітерації для будь-якої точки $z = (x, y)$ території, що анаморфується, визначається сумарний вектор зсуву $\vec{v}(x, y) = \sum_{i=1}^n \vec{v}_i$, де \vec{v}_i – вектор зсуву, що створюється i -ою територіальною одиницею [12]. При цьому, якщо територіальна одиниця має форму круга радіуса R з центром в початку координат і постійною щільністю p , то вектор зсуву дорівнює

$$\vec{v}(x, y) = \begin{cases} \vec{r} \left(\frac{\tilde{R}}{R} - 1 \right), & \text{при } \|\vec{r}\| = \sqrt{x^2 + y^2} \leq R \\ \vec{r} \left(\sqrt{1 + \frac{(\tilde{R}^2 - R^2)}{\|\vec{r}\|^2}} - 1 \right), & \text{при } \|\vec{r}\| \geq R \end{cases}, \quad (11)$$

де $\tilde{R} = R \sqrt{\frac{p}{\bar{p}}}$ – радіус круга, що відповідає середній щільності \bar{p} .

Із застосуванням відомої теореми Стокса [7], замість інтегрування за територіальною одиницею S_i можемо здійснювати інтегрування по її границі, яку апроксимуємо замкненою ламаною з нескінченно короткими ланками. Після перетворень отримуємо:

$$\vec{v} = -\frac{1}{2\pi} \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i - \bar{p}}{\bar{p}} \right) \cdot \begin{pmatrix} (I_x(x_0, y_0))_i \\ (I_y(x_0, y_0))_i \end{pmatrix}^T, \quad (12)$$

де інтеграли $(I_x)_i = \int_{\partial S_i} \ln|\vec{r}| \partial y$, $(I_y)_i = \int_{\partial S_i} \arctg\left(\frac{r_x}{r_y}\right) \partial y$ легко обчислюються.

Практичне застосування виразу (12) передбачає здійснення інтегрування вздовж кожної з ланок внутрішніх границь територіальних одиниць S_i .

На основі запропонованого алгоритму розроблено програмний модуль побудови анаморфованих картографічних зображень, використовуючи який отримана серія з 15 анаморфованих карт для типового обласного центру України (на прикладі міста Луцька).

Як приклад, наведено анаморфовані картографічні зображення, що характеризують доступність до центру міста Луцька (рис. 1), забезпеченість школами та дошкільними закладами районів міста Луцька (рис. 2) та містобудівну цінність оціночних районів міста Луцька (рис. 3).

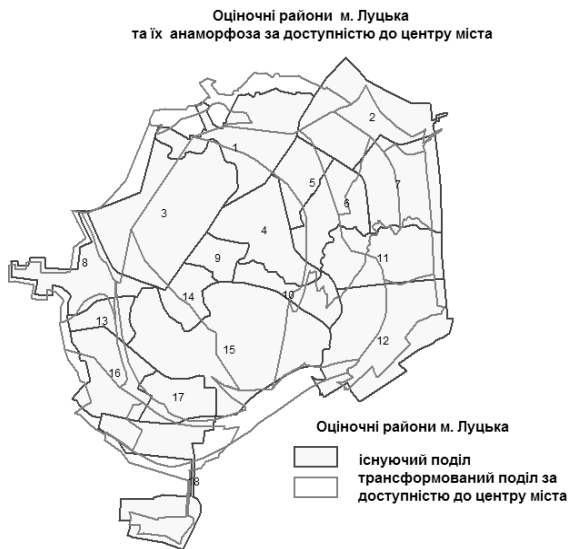


Рис. 1. Анаморфована карта доступності до центру м. Луцька



Рис. 2. Анаморфована карта забезпеченості школами та дошкільними закладами районів м. Луцька



Рис. 3. Анаморфована карта містобудівної цінності оціночних районів міста Луцька

Висновки і перспективи подальших досліджень. 1. Картографічні проекції змінно-масштабної метрики можна успішно застосовувати в тематичному картографуванні, зокрема у відображенні урбанізованості території України в цілому і окремих її регіонів.

2. Викладені в статті алгоритми не є вичерпними при розв'язанні поставлених задач, але разом з тим дозволяють отримати низку змінно-масштабних проекцій, що уможливають виконання умови на стиснення і розтяг зображення.

3. Застосування в зонінгу населених пунктів спільно з традиційними картами анаморфованих дозволяє суттєво підвищувати наочність окремих проблемних питань і можливість їх адекватного розв'язання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алфьоров М. А. Урбанізаційні процеси в Україні в 1945–1991 рр: Монографія/ М. А. Алфьоров — Донецьк: Донецьке відділення НТШ ім. Шевченка, ТОВ «Східний видавничий дім» 2012. — 552 с.

2. Барановський В.Д., Карпінський Ю.О., Кучер О.В., Лященко А.А. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру // Системи координат і картографічні проекції за заг. ред. Ю.О. Карпінського. – К.: НДІГК, 2009. – 96 с. / Сер. Геодезія, картографія, кадастр.

3. Бугаевский Л.М. Картографические проекции / Л. М. Бугаевский, Л.А. Вахрамеева. – М.: Недра, 1992. – 292 с.

4. Бугаевский Л.М. Математическая картография / Л.М. Бугаевский. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.

5. Верешко О.В., Волошин В.У. Дослідження ефективності використання територій за допомогою перетворень метрики міського простору на прикладі території міста Луцька / О. В. Верешко, В. У. Волошин // Наук.-техн. зб. «Містобудування та територіальне планування». – Вип. 57. – К. : КНУБА, 2015.– С. 87-92.

6. Гусейн-Заде С.М. Численные методы создания анаморфованных картографических изображений / С.М. Гусейн-Заде, В.С. Тикунов // Геодезия и картография. – 1987. – №1. – С. 38-44.

7. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1970. – 720 с.

8. Кочуров Б.И. Геоэкологическое картографирование / Б.И. Кочуров // Уч. метод. пособие. – М.: Изд-во центр «Академия», 2009. – 192 с.

9. Куць Є.С., Куць С.В. Урбанізовані території: методологія та практика планування і управління. Науково-дослідний і проектний інститут містобудування Держбуду України (НДПІ містобудування). – Мелітополь, ТОВ «Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні», 2003. – 252 с.

10. Мельник В.М. Основи картографії: навч. посібн. / В.М. Мельник. – Луцьк : РВВ Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – 212 с. Тикунов В.С. Моделирование в картографии: Учебник -М.: Изд-во МГУ, 1997. -405 с.

11. Мудрих З. О. Предметах и методах анаморфоза карт // Кавртография. Вып I. Зарубежные концепции и направления исследований. – М.: Изд-во «Прогресс», 1983. – С. 152-160.

12.Свентэк Ю.В. Теоретические и прикладные аспекты современной картографии. – М.: Эдиториал, 1999. – 78 с.

13.Тикунов В.С., Юдин С . А . Использование анаморфированных картографических изображений в градостроительном анализе//Изв. АН СССР. Сер. Геогр. 1987. № 1. С. 100-105.

14.Тикунов В.С. Моделирование в картографии: Учебник -М.: Изд-во МГУ, 1997. -405 с.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы получения картографических проекций цилиндрической группы переменного масштаба. Переменные масштабы целесообразно применять при необходимости повышенного показа доминирующих социально-экономических факторов, показателей и т.д. При решении проблем зонирования населенных пунктов часто используются, помимо традиционных карт, анаморфированные. Такие карты характеризуются необычной топологией, а их построение является нетривиальной задачей. Соответственно, в статье рассмотрена теория и практика получения таких карт.

Ключевые слова: урбанизированные территории, зонирование населенных пунктов, псевдоцилиндрическая проекция переменного масштаба метрики, анаморфированные карты.

ANNOTATION

The article deals with the issue of getting a cylindrical map projections of variable-metric scale. Variable-scale projections are useful if you need to display dominance of socio-economic factors, indicators and so on. In solving the problems of zoning of settlements in addition to traditional maps are often used anamorfoza maps. Such maps are characterized by unusual topology, and their construction is a nontrivial task. Accordingly, this paper deals with the theory and practice of receiving such maps.

Keywords: urban territory, zoning of settlements, cylindrical map projections of variable-metric scale, anamorfoza maps.