

Навігація та геоінформаційні системи

УДК 528.855

doi: 10.26906/SUNZ.2021.1.004

С. М. Андрєєв, В. А. Жилін

Національний аерокосмічний університет імені М. С. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОБУДОВИ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЗАЛІЗНИЧНИХ СПОЛУЧЕНЬ

Анотація. Предметом дослідження є методика побудови картографічних моделей залізничних сполучень із використанням технологій геоінформаційних систем (ГІС). **Об'єктом дослідження** є процес створення цифрових моделей інфраструктури залізниці для оптимального вирішення транспортних задач і забезпечення у режимі реального часу моніторингу рухомого й нерухомого майна залізниці та ефективного використання енергоносіїв. **Метою роботи** є підвищення інформативності моніторингу залізничної інфраструктури України за рахунок використання геоінформаційних технологій. **Висновки.** На підставі аналізу історичного розвитку та сучасного стану залізничної інфраструктури України показано, що одним з важливих елементів реформування і удосконалення залізничного транспорту в сучасних умовах є перехід до комплексних інформаційно-управляючих технологій з використанням засобів супутникової навігації. Обґрунтовано необхідність напрацювання єдиних технічних вимог і вибору платформи для створення на базі технологій ГІС нових картографічних моделей залізничних сполучень України, адже електронна картографічна модель залізниць, побудована з використанням технологій ГІС, допомагає вирішувати не лише задачі ефективного управління перевізним процесом, а й задачі контролю використання рухомого й нерухомого залізничного майна та всієї галузевої інфраструктури. Виконано усебічний аналіз картографічного методу дослідження залізничних транспортних мереж, а саме, підходи до вивчення і напрямки досліджень в аспектах забезпеченості територій транспортною мережею і досліджень структури транспортних мереж. Особливу увагу приділено проблемним питанням використання карт в дослідженнях транспортних мереж. Ретельно розглянуто картографічний метод на різних стадіях дослідницького процесу, а також класифікації карт транспорту, зокрема, за масштабом, територіальним охопленням і тематикою. Розглянуто особливості застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для залізничної інфраструктури, отримано висновок про необхідність комплексного застосування усіх доступних інформаційних джерел для побудови картографічних моделей залізничних сполучень на основі технологій ГІС. Запропоновано структуру ГІС-моніторингу залізниці, яка на основі даних ДЗЗ, застосування сучасних баз даних, пошуку та обрання інфраструктурної інформації забезпечує побудову картографічних моделей і отримання актуальних карт поточного стану залізничних сполучень держави.

Ключові слова: моніторинг залізничної інфраструктури України, геоінформаційні системи, картографічні моделі залізничних сполучень.

Вступ

Одним із важливих елементів реформування залізничного транспорту в сучасному світі є перехід до впровадження комплексних інформаційно-керуючих технологій. На Українських залізницях частково вже впроваджені інформаційні системи, тепер постає актуальна задача їх синхронізації, поєднання та прив'язки до географічних даних.

Реалізувати побудову електронних картографічних моделей залізничних сполучень можна і доцільно із застосуванням технологій геоінформаційних систем (ГІС). Такі електронні картографічні моделі здатні не лише накопичувати та зберігати дані про залізницю, а й аналізувати їх. Також забезпечується оперативна візуалізація певних частин залізничної інфраструктури, що цікавлять.

Така електронна картографічна модель може вирішувати кілька завдань одночасно. У першу чергу, концентрувати й аналізувати детальну інформацію про рухоме й нерухоме майно залізниці, що є необхідними вихідними даними для аудиту задля підтримання дієздатності та безпеки залізничних сполучень держави.

Отже, зазначена картографічна модель по суті є геоінформаційною системою. За допомогою такої інформаційної системи можна прорахувати не лише найкоротший шлях слідування вантажу, а й найдешевший маршрут.

Така модель «бачить» переміщення об'єкта або кількох об'єктів у режимі реального часу, будь-яке відхилення від графіка та ефективність використання енергоносіїв.

Між іншим, це дозволяє на порядок підняти якість надання залізничних послуг. Наприклад, вантажовласники зможуть контролювати всі етапи транспортних операцій зі своїм майном. У такий спосіб зручно відслідковувати й проходження залізницями потенційно небезпечних вантажів.

Найважливіше, що заявлена на основі технологій ГІС картографічна модель залізничних сполучень є хорошим помічником і для працівників колійного господарства, адже дозволяє здійснювати моніторинг технічного стану інфраструктури залізниць: за допомогою аерокосмічного обладнання проводиться діагностика залізничного полотна і визначаються всі потенційно небезпечні зони з огляду на природно-технологічні процеси.

Аналіз сучасного стану залізничної інфраструктури України і можливостей ГІС в процесі її моніторингу

Вперше у світі залізниці з'явилися на початку XIX століття у зв'язку з розвитком промисловості. 27 вересня 1825 року в Англії був відкритий рух на першій залізниці загального користування на лінії Стоктон-Дарлінгтон довжиною 56 км. У 1832 році у Франції з'явилася перша залізниця між Ліоном і Сент-Ет'єном довжиною 58 км., а в 1837 році — у Росії (Петербург – Царське Село – Павлівськ).

Передумовами необхідності будівництва залізниць на Україні стали передусім географічне положення краю та його природні багатства. Україні потрібні були залізниці для вивозу продукції сільськогосподарства головним чином з родючого Південно-Західного краю і продукції промисловості — з районів Донбасу і Кривого Рога. Після поразки в Кримській війні царський уряд усвідомив необхідність з'єднання центра країни з портами на Чорному та Азовському морях і з західними кордонами, виходячи зі стратегічних міркувань. Відповідно до цього на Україні виникло три основних осередки будівництва залізниць: Південно-Західний край, в районі якого поступово виникала мережа Південно-Західних залізниць; промисловий район Донбасу і Кривого Рога, в якому виникли Донецька і Катерининська залізниці; для зв'язку центра з морем і з промисловими районами України будувалася мережа Південних залізниць. Після будівництва лінії Курськ — Харків — Азовська почали будувати залізниці спеціально для вивозу вугілля з Донбасу. Першою такою залізницею була магістраль Костян-

тинівка — Єленівка, яка стала до ладу у 1872 р. Вона й послужила початком розвитку мережі майбутніх Донецьких залізниць. Першою була лінія Нижнедніпровськ — Долинська. У 1904—1906 рр. була побудована так звана Друга Катерининська залізниця (яка об'єдналася потім з Першою) по напрямку Долгінцево — Волноваха.

У середньому на 1 км експлуатаційної довжини залізниці приходилося 22.2 млн. т./км. і 3.2 млн. пасажиро-кілометрів. Сучасний залізничний транспорт на 40% електрифікований, двох і багатокіліні ділянки складають майже третину експлуатаційної довжини. Історична картографічна схема будівництва залізниць України представлена на рис. 1.

Треба відмітити, що за останні роки інфраструктура залізниць нашої держави дуже змінилася. В першу чергу це пов'язано з геополітичною ситуацією в нашій державі. Тому логічно приділити увагу тому, як саме змінилася інфраструктура залізничного транспорту України за останні роки. Структуру залізниць України станом на 2013 рік представлено на рис. 2.

Одним з важливих елементів реформування залізничного транспорту в сучасному світі є перехід до комплексних інформаційно-управляючих технологій з використанням засобів супутникової навігації. Зокрема, система глобального позиціонування (GPS) допомагає вирішувати не лише задачі ефективного управління перевізним процесом, а й задачі контролю за використанням залізничного майна та всієї галузевої інфраструктури. На Українських залізницях частково вже впроваджені інформаційні системи, тепер обговорюються можливості їх синхронізації, поєднання і прив'язки до географічних даних.



Рис. 1. Історична картографічна схема будівництва залізниць України

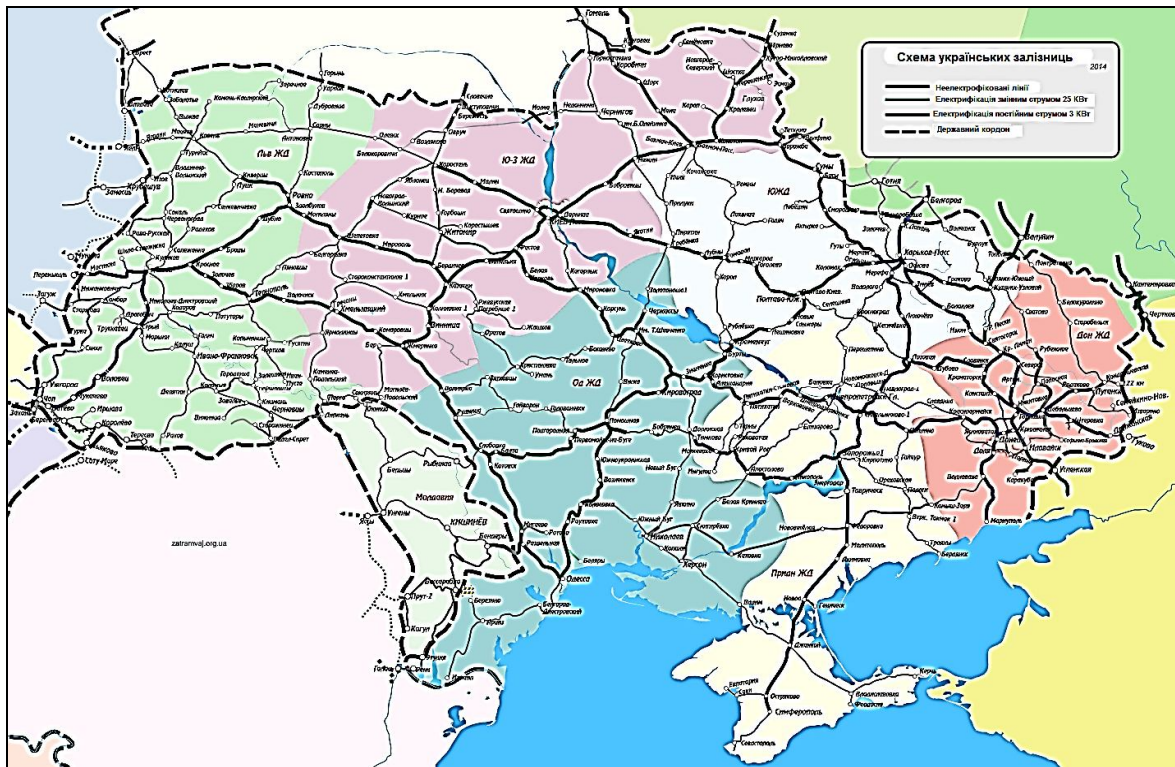


Рис. 2. Залізниця України станом на 2013 рік

Електронна картографічна модель залізниць, побудована з використанням технологій ГІС, здатна концентрувати детальну інформацію про рухоме й нерухоме майно. Залежно від того, наскільки деталізованою буде інформація, введена до такої моделі, спеціалісти швидко діставатимуть дані про місце розташування об'єкта, його технічні характеристики, прив'язку до загальної бази даних майна, кадастру тощо. Можна буде бачити, скільки людей працює на певному підприємстві залізниці, які території задіяні у виробничому процесі, а які, припустимо, здаються в оренду.

Територіальні сусіди України використовують ГІС як невід'ємний елемент транспортної логістики. За допомогою такої інформаційної системи можна вирішувати будь-які транспортні задачі.

В Укрзалізниці впровадження геоінформаційних систем започатковано з 2003 р. Саме тоді була затверджена «Концепція застосування геоінформаційних систем на залізничному транспорті України». У 2007 році була прийнята «Концепція інформаційно-аналітичної системи «Інфраструктура залізниць». На сьогодні GPS в Укрзалізниці застосовують у багатьох автоматизованих системах (АС). Відомі широкому загалу працівників локомотивного господарства АС «Дельта-СУ» та «БІС-Р» взяли під контроль витрати пально-мастильних матеріалів. Майже 700 локомотивів наразі підключені до АС й обладнані GPS-приймачами та модулями мобільного зв'язку GSM/GPRS. Автоматизована система також дозволяє контролювати місцезнаходження локомотива в режимі реального часу та його технічний стан.

Подібні функції виконує й АСУ «Навігація та управління», яка нині експлуатується на дослідному полігоні Південної залізниці. В колійному господар-

стві найближчим часом буде застосоване обладнання з GPS-приймачами та модулями мобільного зв'язку, якими планують оснастити 1,2 тис. рейкових дефектоскопів.

Загалом Укрзалізниця має значну кількість автоматизованих систем, але вони в основному автономні й не мають спроможності до обміну інформацією. Тож спільно з Головним управлінням інформаційних технологій авторами зібрано пропозиції від різних главків Укрзалізниці щодо напрацювання єдиних технічних вимог і вибору платформи для створення на базі технологій ГІС нових картографічних моделей залізничних сполучень України.

Картографічний метод дослідження залізничних транспортних мереж

Термін «транспорт» широко увійшов в мови різних народів і походить від латинського «transporto», що означає «переносу, перекладаю, переміщую». В цьому слові відображена головна суть транспорту — переміщення в просторі вантажів і людей (пасажирів). Для картографічного дослідження транспортних мереж інтерес представляють такі аспекти цього терміна:

- галузь народного господарства, яка має своїм призначенням перевезення вантажів і пасажирів;
- комплекс технічних засобів, що забезпечують пересування матеріальної продукції і людей.

Перше аспекту відображає соціально-економічні особливості транспорту, а другий характеризує його з технічної точки зору.

Залізничний транспорт — вид транспорту, що здійснює перевезення вантажів і пасажирів по рейкових шляхах за допомогою механічної тяги. У сучасному розумінні терміни «залізничний транспорт»

та «залізниця дорога» практично є синонімами. У складі залізничного транспорту до недавнього часу виділялося дві підсистеми: залізничний транспорт загального та не загального користування.

Залізничний транспорт загального користування здійснює комерційні перевезення вантажів і пасажирів на умовах публічного договору, обслуговує всі галузі економіки і верстви населення, керуючись загальними для всієї мережі правилами перевезень.

Залізничний транспорт не загального користування, здійснює, як правило, переміщення вантажів у процесі виробництва і перевезення працівників на території підприємств, а також забезпечує взаємодію із залізничним транспортом загального користування.

Залізничний транспорт (як і будь-який інший вид транспорту) виконує свою функцію за допомогою комплексу технічних засобів, прямо або побічно бере участь в перевізному процесі, і включає: а) постійні засоби (власне залізничну колію, а також стаціонарні споруди з усім їх обладнанням) і б) рухомий склад.

Сукупність постійних засобів, що забезпечують рух поїздів за певним напрямком залізниці, називають залізничною лінією; залізничні лінії разом зі станціями утворюють залізничну мережу. Однак, необхідно детально розглядати термін «транспорт» в контексті загального поняття, що визначається як «транспортна мережа» (синонім — «мережа шляхів сполучення»), складовою якої і є залізнична мережа (рис. 3).

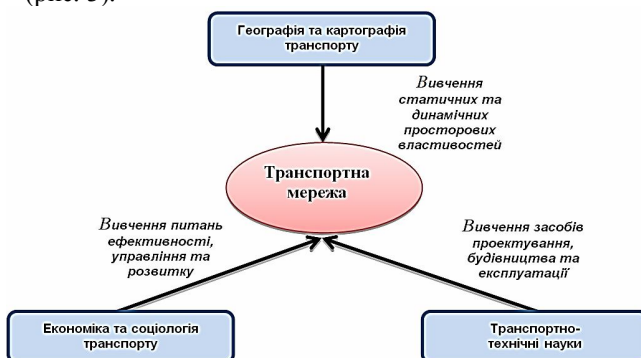


Рис. 3. Транспортна мережа як об'єкт вивчення

З технічної точки зору термін «транспорт» трактується як сукупність всіх шляхів сполучення, що зв'язують населені пункти країни або окремого регіону. А в економічних додатках теорії графів, що є одним з розділів дискретної математики, під транспортною мережею мається на увазі граф без петель, якщо в ньому можна виділити початкову точку або джерело, з якої дуги тільки виходять, і кінцеву точку або стік, в яку дуги тільки входять, і кожній дузі графа відповідає ціле число (що більше або дорівнює нулю), яке називається пропускною здатністю дуги.

У першому варіанті дається визначення транспортної мережі як реального об'єкта дійсності, в другому — наводиться гранично формалізований опис мережі як математичної моделі, призначеної для транспортно-економічних розрахунків.

Існує також варіант сприйняття зазначеного терміну, який використовується геомережевим аналізом, відповідно до якого транспортна мережа являє сукупність пунктів з відомим географічним місцем розташування, які за допомогою деякої кількості маршрутів пов'язані між собою в мережу. Тут також опис транспортної мережі формалізовано, однак не є настільки абстрактним, а також загостреним на вирішення завдань перевізного процесу, як попередній. Таке трактування терміна є більш «географічним».

Термін «картографічний метод дослідження» має два основних тлумачення. Згідно найбільш відомим визначенням картографічний метод дослідження є методом наукового дослідження, заснованим на використанні карти як моделі досліджуваного об'єкта і проміжною ланкою між об'єктом і дослідником. Дане визначення знаходиться в рамках модельно-пізнавальної концепції, що розглядає картографію як науку про пізнання дійсності за допомогою картографічного моделювання.

Таким чином, вважаємо за доцільне сприймати таке визначення: картографічний метод дослідження — метод наукового дослідження, заснований на застосуванні карт, для вирішення завдань в різних областях знання за допомогою системи методичних прийомів, адаптованих до просторово розподілених особливостей досліджуваного об'єкта.

Вказівка на приналежність картографічного методу до методів наукового дослідження у визначенні терміна не означає, що окремі прийоми картографічного методу дослідження не можуть застосовуватися в сферах людської діяльності, відмінних від наукової — в побуті, технічному проектуванні тощо. Однак, тільки застосування картографічного методу в науковій сфері дозволяє розкрити всі закладені в ньому можливості і отримати не просто необхідну інформацію, а й нове знання в картографуванні області дослідження.

У використанні карт в інтересах транспорту також слід розрізняти кілька видів їх застосування. Наукове застосування карти, перш за все, мають в економіко-географічних дослідженнях транспорту для цілей оптимальної організації його експлуатації, дослідження питань формування і розвитку транспортних систем. Практичне застосування карт полягає в їх використанні для орієнтації і визначенні оптимальних напрямів пересувань транспортних засобів; технічне застосування — при вишукуванні доріг і споруд.

На підставі вищевикладеного має сенс використовувати таке визначення: картографічний метод дослідження в транспортній сфері — це застосування карт для вирішення завдань географії транспорту за допомогою системи методичних прийомів, адаптованих до особливостей досліджуваного транспортного об'єкта. Складність транспортної мережі в географічних дослідженнях визначає різноманітність використовуваних підходів і напрямків. Це, в свою чергу, вимагає проведення систематизації проведених наукових робіт та вивчення в кожному з напрямків ролі картографічного методу.

Кarti (картографічні моделі) не адекватні навколишній дійсності. Саме ця обставина є однією з

причин, що викликає необхідність комплексування картографічного методу з іншими спеціальними методами досліджень. Основні методи, що застосовуються в транспортно-географічних дослідженнях, такі: історичний, порівняльно-описовий, статистичний, економічного районування, картографічний, системного підходу, математичного аналізу. В залежності від завдань дослідження використовується різна субординація названих методів, але в переважній більшості не можна обійтися без районування, картографування і системного підходу.

Застосовуючи ідею геомережного аналізу, що дозволяє використовувати єдину методологію вивчення для мереж різних видів наземного транспорту і всіх ієрархічних рівнів його територіальної організації, існує два основних підходи для дослідження транспортних мереж: а) аналіз структури мережі і б) вивчення її густоти (щільності). У першому випадку досліджуються конфігурації, які утворюють мережу ліній, їх взаємозв'язки і залежність від зовнішніх сил, що впливають на мережу, в другому — загальна картина розміщення мережі на деякій території.

Вивчення густоти мереж становить інтерес не менший, ніж аналіз їх структури. Отже, другий підхід більш правильно називати вивченням забезпеченості території транспортною мережею. Це пояснюється тим, що поряд з обчисленням відносних показників щільності часто використовуються також і інші способи аналізу, які спираються на картографічний метод дослідження, що передбачають як визначення транспортної доступності, так і виділення зон різного ступеня транспортної освоєності шляхом комплексного районування.

Підходи до вивчення транспортних мереж і відповідні їм напрямки досліджень відображено у вигляді структурної схеми на рис. 4.

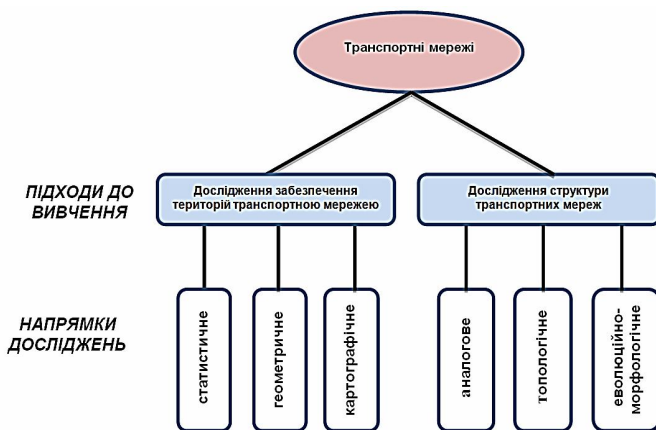


Рис. 4. Підходи до вивчення транспортних мереж і відповідні їм напрямки досліджень

Дослідження забезпеченості територій транспортною мережею. У вивченні питань забезпеченості територій транспортною мережею виділені такі напрямки дослідження:

– статистичне — засноване на обчисленні показників густоти мережі по адміністративно-територіальних одиницях з використанням статистичних даних;

– геометричне — інтерпретація забезпеченості територій транспортною мережею засобами елементарної геометрії;

– картографічне — засноване на використанні різноманітних прийомів картографічного методу дослідження.

Статистичний напрямок пройшов шлях від використання найпростіших показників щільності (густоти) мережі, що обчислюються щодо площі території або населення, до застосування комбінованих коефіцієнтів.

Геометричний напрямок — це оригінальний спосіб визначення показника щільності. Було запропоновано інтерпретувати щільність транспортної мережі як геометричну характеристику.

Картографічний напрямок — це графоаналітичний спосіб визначення щільності транспортної мережі, заснований на застосуванні картографічного методу.

Дослідження структури транспортних мереж. В даному підході до дослідження транспортних мереж також виділено декілька напрямків, що відрізняються вибором аспекту вивчення просторових характеристик мережі. На відміну від розглянутих вище питань вивчення забезпеченості територій транспортною мережею, тут кожний подальший напрямок представляє більш високу ступінь абстрагування при моделюванні структури мережі в порівнянні з попереднім:

– аналоговий напрямок вивчення структури транспортних мереж — засноване на зведенні величезної кількості конфігурацій реальних мереж до обмеженого числа аналогових геометричних моделей;

– топологічний напрямок — заснований на моделюванні структури мережі з використанням теорії графів для виявлення базових (топологічних) властивостей мереж, математично описуваних за допомогою певного набору параметрів;

– еволюційно-морфологічний напрямок — заснований на аналізі будови транспортних мереж з урахуванням еволюційного підходу, який передбачає їх просторовий саморозвиток.

Аналоговий напрямок дослідження транспортних мереж передбачає використання інтегрального числення для знаходження ліній розділу контурів і є надзвичайно трудомістким.

Топологічний напрямок дослідження транспортних мереж є відносно молодим, незважаючи на те, що вперше принципи теорії графів були застосовані для вирішення відомої проблеми Кенігсберзьких мостів, яка, по суті, є завданням транспортної тематики.

Еволюційно-морфологічний напрямок вивчає загальні закономірності формування конфігурацій транспортних мереж.

Проблемні питання використання карт в дослідженнях транспортних мереж

Картографічний метод на різних стадіях дослідницького процесу. Отже, для вивчення транспортних мереж використовується досить велика кількість різноманітних наукових методик, в яких (за винятком геометричного напрямку в дослі-

дженні забезпеченості території транспортною мережею) в тій чи іншій мірі застосовується картографічний метод. Його розвиток в контексті

формування картографічної науки та еволюції методології географії умовно можна розбити на три періоди (табл. 1).

Таблиця 1 – Періодизація розвитку картографічного методу в дослідженнях транспортних мереж

Період	Роки	Особливості розвитку
I	1841 – 1900	Поодинокі випадки застосування картографічного методу, слабо пов'язані з теорією картографії, що знаходилася в ту пору в стадії становлення (І. Коль, Ф.Г. Ган, Л. Лаланн). Вивчення транспортних мереж, до того ж, не набуло великого поширення через відсутність методологічної бази; географія транспорту не оформлена як самостійна географічна дисципліна.
II	1900 – 1960	Початок широкого застосування карт в дослідженнях транспортних мереж, що спирається на фундаментальні теоретичні праці в області картографії (М. Еккерт, А.І. Преображенський, М.М. Баранський та ін.). У вивченні транспортних мереж переважає методологія класичної (класифікаційної) географії.
III	1960 – по теперішній час	Використання карт в транспортних дослідженнях засноване на роботах, присвячених картографічному методу дослідження (К.А. Салішев, А.М. Берлянт, А. Робінсон та ін.), який був оформлений як самостійний розділ картографії. Так, наприклад, «математична революція» в географії на рубежі 1950-1960-х рр., з одного боку, і активне впровадження ЕОМ, з іншого, привели до збільшення ролі математичних прийомів у картографічному методі дослідження, які остаточно в ньому затвердилися після виникнення геоінформаційних систем.

Карти у вивченні транспортних мереж беруть участь не тільки в основній частині дослідження, але й для отримання вихідної інформації, а також як засіб відображення результатів. В нинішніх дослідженнях, при використанні геоінформаційних технологій, використання карт як джерела вихідних даних і засоби інтерпретації результатів настільки тісно переплітаються, що часто важко розрізнити, де закінчується складання і починається використання та перетворення карти.

Для основних підходи до дослідження транспортних мереж, при яких предметом аналізу є або структура мережі, або її густота, значення карт (а

також ступінь вивченості їх застосування) на різних етапах процесу дослідження неоднакові. У табл. 2 підсумовано значення картографічного методу на різних стадіях процесу дослідження географії транспортних мереж і вказано ступінь вивченості питань використання карт.

Нижче будуть розглянуті питання використання карт в дослідженнях транспортних мереж окремо для первинних (вихідних) і похідних (результуючих) карт. Для полегшення вивчення властивостей і закономірностей, властивих окремим видам карт транспорту, попередньо проаналізовані питання їх класифікації.

Таблиця 2 – Карти основних етапів обстеження транспортних мереж з використанням картографічних моделей

Підходи до вивчення транспортних мереж		Вивчення забезпеченості території транспортною мережею			Дослідження структури транспортних мереж	
		Статистичний напрямок	Картографічний напрямок		Аналоговий та топологічний напрямки	Еволюційно-морфологічний напрямок
Етапи наукового дослідження	Вивчення густоти (щільності) мережі		Комплексні дослідження транспортної забезпеченості			
	Підготовка до дослідження (попередній етап)	Первинні карти	Вибір картографічних джерел Картометричні роботи (при відсутності статистичних даних)	Вибір картографічних джерел		Вибір картографічних джерел
Розрахунок показників для адміністративних одиниць, що містять необжиті території, виключені з дослідження			а) визначення віддаленості від шляхів сполуч. б) розрахунок щільносних характеристик	Отримання комплексних характеристик при аналізі серії карт		Створення статичних топологічних моделей мережі для розрахунку її показників
Дослідження транспортних мереж (основна частина)	Похідні карти	Картограми щільності транспортної мережі	Ізолінійні карти: а) транспортної доступності; б) густоти мережі	Карты районування	Карты топологічної складності структури мережі	Карты топологічної складності структури мережі
Картографічна інтерпретація дослідження (відображення отриманих результатів)						«Хронологічні» карти

Питання класифікації карт транспорту. Відсутність докладної класифікації карт транспорту ускладнює вивчення їх властивостей, а також переваг і недоліків конкретних картографічних творів.

Відомо, що будь-яка наукова класифікація повинна задовольняти ряду логічних вимог:

а) обов'язкова послідовність переходу від загального поняття (наприклад, класу) до приватних

(підкласу, роду і виду), тобто поступовість розчленування широкого поняття на більш вузькі;

б) на кожному ступені класифікації необхідно застосовувати певну підставу розподілу;

в) при розчленуванні широкого поняття на більш вузькі сума останніх повинна дорівнювати обсягу широкого.

Крім цього, дуже важливо, щоб класифікації мали гнучкість і допускали розширення в міру появи нових видів і типів картографічних творів без корінної ломки своєї структури. Останнє зауваження здається вкрай істотним через недостатню вивченість питання про картографічні інтерпретації досліджень структур транспортних мереж, рішення якого не виключає появу нових видів карт.

Карти можуть відрізнятися (класифікуватися) по ряду ознак: масштабам, територіальним охопленням, темам (тобто предмету змісту), призначенням, математичним основам, епосам, мовам тощо. Найбільш істотні перші чотири з названих ознак, що визначають зміст і характер географічних карт.

Треба відзначити обмеженість застосування класифікації карт за призначенням, з огляду на багатоцільове призначення багатьох карт. Використання цієї класифікації практично доцільно лише в окремих ланках для карт, що мають чітко виражене призначення (наприклад, для навчальних і туристських карт) або для внутрішнього підрозділу карт, загальних за

тематикою. Об'єктивні труднощі створення класифікації карт за призначенням призвели до того, що деякими авторами на верхньому ієрархічному рівні класифікації карт за тематикою поряд з загальногеографічними і тематичними картами була виділена окрема група спеціальних карт, до яких, зокрема, були віднесені навігаційні дорожні карти. Таким чином, розглядаємо класифікації карт транспорту за масштабом, територіальним охопленням і тематикою.

Класифікація карт транспорту за масштабом і територіальним охопленням. Об'єднання класифікацій карт за масштабом і територіальним охопленням цілком правомірно. Виходячи з практики застосування геообразень в науках про Землю, доведено зв'язок просторових рівнів дослідження з оптимальними діапазонами масштабів карт. В даному випадку оптимальним є застосування (з деякими змінами і доповненнями) ієрархічних рівнів з виділенням таких рівнів транспортних систем:

- 1) космічний (метарівень);
- 2) планетарний (суперрівень);
- 3) крайній (макрорівень);
- 4) регіональний (мезорівень);
- 5) субрегіональний (мікрорівень).

З урахуванням необхідності уточнення меж рівнів транспортних систем відповідно до накопиченого досвіду транспортного картографування, таблиця класифікації прийме такий вигляд (табл. 3).

Таблиця 3 – Класифікація карт транспорту за територіальним охопленням і масштабом

Рівень транспортних систем	Карти	Охоплення простору, км ²	Масштаби карт
Глобальний (суперрівень)	Карты транспорту в міжнародних сполученнях	Більш 10^7	Дрібніше 1:15 000 000
Крайній (макрорівень)	Карты транспорту окремих країн і міжнародних об'єднань	$10^6 - 10^7$	1:2 500 000–1:15 000 000
Регіональний (мезорівень)	Карты транспорту економічних районів і адміністративних областей	$10^4 - 10^6$	1:500 000–1:2 500 000
Субрегіональний (мікрорівень)	Карты транспорту міських агломерацій і великих міст	$10^2 - 10^4$	1:100 000–1:500 000
Локальний	Карты транспорту окремих населених пунктів і низових ланок мережі шляхів сполучення	$10^0 - 10^2$	1:100 000 і крупніше

Класифікація карт транспорту за тематикою. Незважаючи на значну кількість наукових робіт, в яких розглядаються питання змісту карт транспорту, існує лише загальна систематизація. Існують такі основні тематичні групи транспортних карт:

– карти шляхів сполучень, які містять кількісну або якісну оцінку обслугованих території і населення засобами повідомлення;

– карти вантажонапруженості шляхів сполучень або вантажообігу транспортних пунктів (залізничних станцій, портів і пристаней, аеропортів);

– карти пасажиронапруженості шляхів сполучень або вантажообігу транспортних пунктів (залізничних станцій, портів і пристаней, аеропортів);

– карти частоти (інтенсивності) переміщувань рухомого складу (поїздів, суден, літаків, автотранспорту);

– карти ввезення-вивезення продукції або карти товарообміну.

Дана систематизація заснована на методичних вказівках з проектування та складання комплексних науково-довідкових атласів. До даних тематичних груп були додані карти маятникових поїздок, що остаточно порушили стрункість класифікації, яка спочатку мала суто практичний характер і не володіла суворою логікою побудови. Таким чином, для успішного виконання поставлених завдань треба було створити класифікації транспортних карт за тематикою. При її розробці було використано такі принципи:

• відповідність галузевому поділу в географії транспорту;

• відповідність основним предметам вивчення в географії транспорту — транспортним мережам і просторовому розміщенню потоків вантажів і пасажирів;

• відповідність наявним підходам до вивчення транспортних мереж і потоків;

• відповідність суті відображуваних об'єктів і явищ.

Отже, класифікація складається з двох частин і представлена на рис. 5, 6. На верхніх щаблях класифікації карти транспорту систематизовані за галузевою ознакою (рис. 5).

Виділено галузеві карти (тобто карти, що відображають один вид транспорту і загальнотранспортні карти, на яких представлено кілька видів транспорту). На нижніх щаблях класифікації вказано тільки елементи, присвячені картам залізничного транспорту (рис. 6).

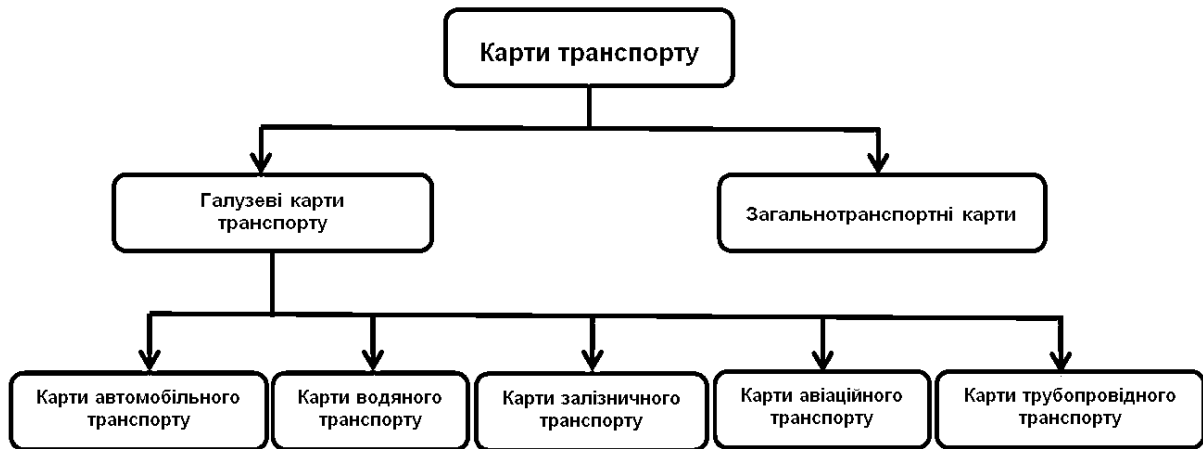


Рис. 5. Класифікація карт транспорту за галузевою ознакою

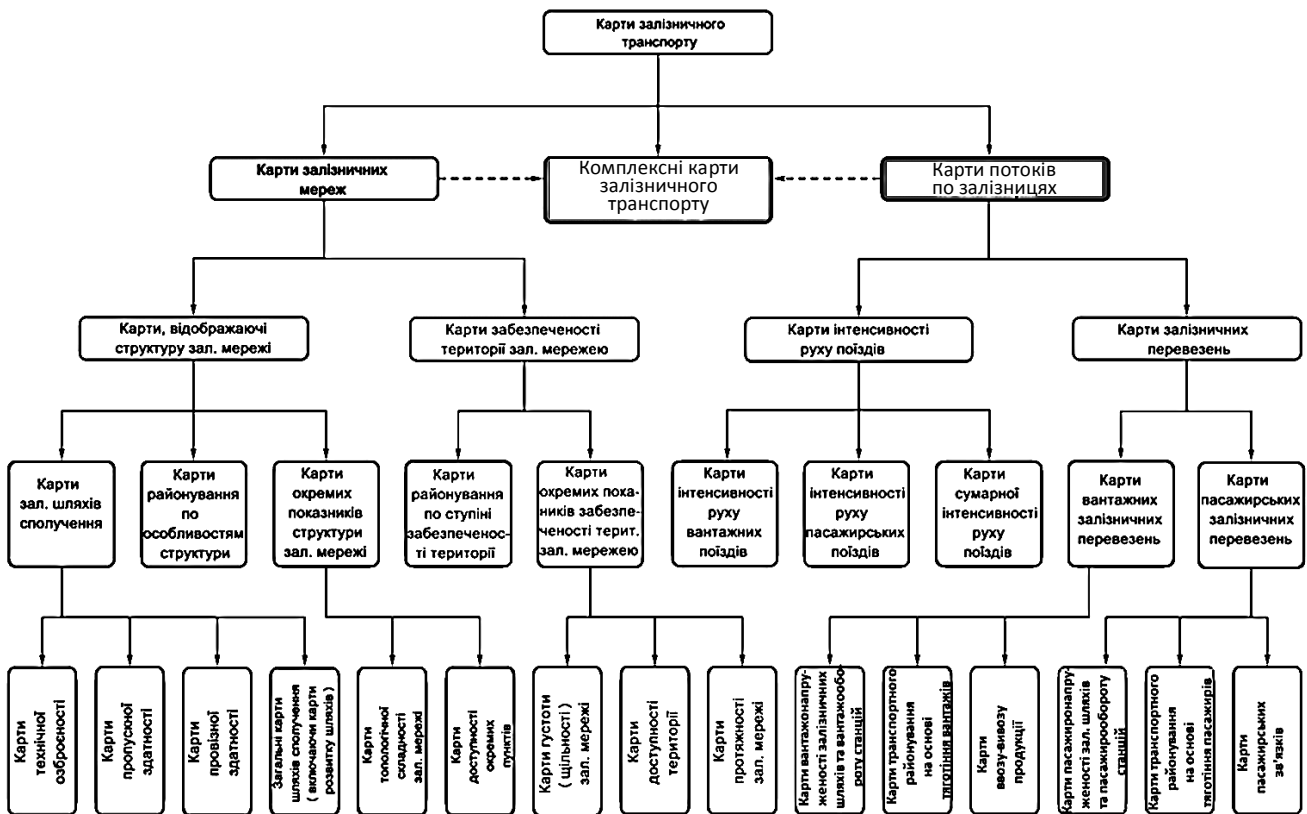


Рис. 6. Класифікація карт залізничного транспорту

Карты кожного виду транспорту підрозділяються на карти транспортних мереж і карти перевезень (транспортних потоків). Існують також комплексні карти транспорту, тобто карти, що поєднують відображення транспортних мереж і потоків.

Звернемо увагу, що одні зазначені види карт транспорту мають широке поширення (наприклад, карти ввезення-вивезення продукції і пасажирських зв'язків або карти технічної озброєності шляхів спо-

лучення), інші ж зустрічаються вкрай рідко або майже відсутні, проте, тим не менш, з теоретичної точки зору можуть існувати. Так, в представленій класифікації в групі карт, що відображають структуру транспортної мережі, виділено карти районування за особливостями структури і карти окремих показників структури мережі. Це зроблено за аналогією з вхідними в групу карт забезпеченості території транспортною мережею картами районування за

ступенем забезпеченості території і картами окремих показників забезпеченості території залізничною мережею.

Питання використання вихідних карт. На підставі виконаного аналізу наукових підходів до вивчення транспортних мереж були визначені такі питання застосування карт на попередньому і основному етапах дослідження.

1. Питанням застосування карт на попередній стадії дослідження транспортних мереж (зокрема, вибору джерел, отримання за картками вихідних даних), до сих пір приділялося недостатньо уваги. Найбільш детально були розроблені питання картометрії, універсальна методологія якої активно використовується, у тому числі, і в транспортних дослідженнях, наприклад, при вимірюванні довжин ділянок місцевих автодоріг. Однак при вивченні залізничних мереж затребуваність картометричних вимірювань невелика, адже в даному випадку для отримання даних про протяжність використовуються, зазвичай, статистичні матеріали. Відзначимо, що практично у всіх згаданих у переліку літератури наукових працях відсутні будь-які обґрунтування використання карт в виконаних роботах і, швидше за все, добір вихідного картографічного матеріалу проводився на «інтуїтивному» рівні; карти, що були «відправною точкою» дослідження, майже не аналізувалися.

Є лише поодинокі згадки про використання карт. Таким чином, необхідна розробка методології вибору картографічних джерел при вивченні просторових характеристик транспортних мереж.

2. Щодо використання карт на основному етапі досліджень транспортних мереж, можна стверджувати, що питання застосування картографічного методу дослідження у вивченні забезпеченості території транспортною мережею розроблені досить повно. Проте, не дивлячись на високу ступінь вивченості даної теми, існує проблема, пов'язана з необхідністю розробки нових підходів до транспортного зонування. В 1970-80-і роки в нашій країні були досягнуті значні успіхи в комплексних дослідженнях транспортної забезпеченості територій. Однак, у зв'язку з проведеними в країні економічними реформами, в сучасних умовах при вивченні транспортної забезпеченості, необхідно враховувати і такі параметри, як інвестиційна привабливість територій, соціальна значимість різних видів транспорту, наявність логістичної інфраструктури та ін. Для цілей створення синтетичної карти районування необхідне складання цілого ряду вихідних тематичних карт, на яких повинні бути відображені зазначені елементи транспортного зонування.

Якщо картографічний напрямок в дослідженнях забезпеченості території транспортною мережею безпосередньо заснований на картах, то в дослідженнях структури транспортних мереж «центр ваги» використання карт зміщується на етап створення топологічної моделі, для вивчення просторових характеристик якої в подальшому застосовуються різноманітні математичні методи дослідження. Відзначимо, що з часу основоположних досліджень

практично не висвітлювалися питання переходу від карти до топологічної моделі транспортної мережі, по якій і повинні проводитися розрахунки показників, що описують просторову структуру конкретної мережі. Це викликано тим, що підсвідомо мається на увазі схожість картографічної моделі дійсності (тобто карти) і топологічної моделі, в результаті чого характеристики структури мережі визначаються безпосередньо по карті.

Дійсно, за визначенням карта є плоскою просторовою, математично певною образно-знаковою моделлю дійсності, з чого випливає, в тому числі, наявність у картографічного зображення топологічних властивостей — безперервності і сусідства об'єктів. Однак дані властивості затуюються топографічними властивостями картографічного зображення — його здатністю передавати на площині в обраній системі координат і масштабі величини реальних об'єктів, і відносини між ними (відстані).

Більш того, вимоги до точності карт зводяться, як правило, до вимог дотримання геометричної точності, яка має на увазі правильність нанесення на карту об'єктів, які відображаються щодо найближчих пунктів і точок геодезичної основи, тобто коректне відображення топографічної складової картографічного зображення. Особливо це характерно для загальногеографічних карт (як топографічних, так і дрібномасштабних оглядових), що пов'язано з призначенням даних картографічних творів, яке передбачає отримання по ним координат, відстаней і площ (тобто проведення картометричних вимірювань). Правильному відображенню топологічної складової картографічного зображення (це називають топологічною точністю) традиційно приділяється, як правило, менше уваги. Проте, в соціально-економічному (не технічно-навігаційному) плані важливі, перш за все, топологічні характеристики транспортних мереж. Так, при вивченні структури транспортних мереж (їх просторових характеристик) недотримання топологічної точності здатне спотворити результати дослідження.

Таким чином, представляється вкрай важливою розробка алгоритму переходу від зображення транспортної мережі на географічній карті до топологічної моделі, призначеній для розрахунку показників, що характеризують просторову структуру мережі.

Застосування даних дистанційного зондування Землі для моніторингу залізничної інфраструктури

Аеро- і космофотознімки вже досить давно служать для виявлення і поновлення даних про транспортні мережі.

Як відомо, дешифрування даних дистанційного зондування підрозділяється на три етапи:

- 1) виявлення об'єктів, які відобразились на знімках;
- 2) упізнання (розпізнавання) об'єктів;
- 3) визначення характеристик об'єктів.

Згідно з даними, для виявлення об'єктів залізничного транспорту потрібні аерокосмічні знімки, що характеризуються мінімальним просторовим

розрізненням (L_R) 30 м, для розпізнавання — 6 м, а виявлення характеристик можливо при просторовому розрізненні знімків вище 1,5 м.

Відповідно, мають використовуватися знімки високого ($L_R = 10 \div 30$ м), дуже високого ($L_R = 1 \div 10$ м), а також надвисокого ($L_R \leq 1$ м) розрізнення.

Для фотографічних знімків під просторовим розрізненням мається на увазі лінійне розрізнення, яке розраховується за формулою

$$L_R = M / 2R_{сн},$$

де M – знаменник масштабу фотографічного знімку, $R_{сн}$ – роздільна здатність оригінального негативу; для цифрових (сканерних та ін.) знімків за просторову роздільну здатність приймається розмір пікселя

для PIX на місцевості, розраховується як

$$L_R = \sqrt{2} \cdot PIX.$$

В даний час широке розповсюдження отримав доступ до даних ДЗЗ за допомогою геопорталів – геоінформаційних Web-сервісів, заснованих на матеріалах космічної зйомки Землі. До числа найбільш відомих загальнодоступних геопорталів відносяться Google Earth, Microsoft Virtual Earth, Yahoo! Maps, Kosmosnimki. Розглянемо можливості отримання відомостей про залізничні мережі на прикладі Web-сервісу Kosmosnimki.

Базове покриття зазначеного геопортала використовує матеріали космічних зйомок, які мають характеристики, що наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Узагальнені характеристики супутників ДЗЗ, дані яких наведені в геопорталі Kosmosnimki

№ з/п	Держава	Компанія-власник	Космічний апарат	Рік запуску	Роздільна здатність, м	Ширина смуги з'йомки, км	Масштаб топокарти аналогічної точності
Надвисока розрізнювальна здатність							
1	США	GeoEye	IKONOS	1999	0,8	11,3	1:5 000
Дуже висока розрізнювальна здатність							
2	Індія	ISRO	IRS-1C	1995	5,8	70	1:50 000
			IRS-1D	1997	5,8	70	1:50 000
			IRS-P6	2003	5,8	23-70	1:50 000
3	Франція	SPOT Image	SPOT 2	1990	10	60	1:100 000
			SPOT 4	1998	10	60	1:100 000
Висока розрізнювальна здатність							
4	США	NOAA	Landsat-7	1999	15	185	1:200 000

На рис. 7, а–в представлені зразки демаскуючих ознак залізниць на космічних знімках (відзначимо, що виявлення зазначених ознак на аеро- і космоснімках практично нічим не відрізняється, що робить можливим застосування загальної методології). Як видно з рис. 7, а, на знімках з просторовим дозволом 15 м (зразок приведено до масштабу 1:200 000), чітко виявляється лінійна структура геозображення, проте детальне впізнання залізничної мережі при даному розрізненні неможливе – схожою структурою зображення володіють також автомобільні шляхи, траси трубопроводів і лінії електропередач, у яких однаково чітко виражена сталість ширини.

табу 1:200 000), чітко виявляється лінійна структура геозображення, проте детальне впізнання залізничної мережі при даному розрізненні неможливе – схожою структурою зображення володіють також автомобільні шляхи, траси трубопроводів і лінії електропередач, у яких однаково чітко виражена сталість ширини.

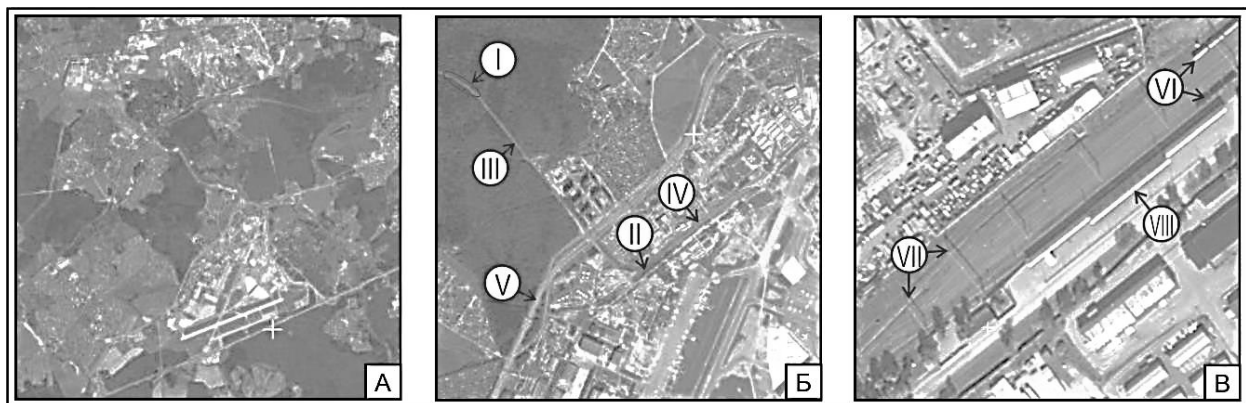


Рис. 7. Відображення залізниць на космічних знімках високої, дуже високої і надвисокої розрізнювальної здатності геопортала Kosmosnimki

Знімки з просторовим розрізненням 5,8 м (зразок приведено до масштабу 1:50 000) дозволяють розпізнати залізниці за прямими ознаками (див. рис. 7б). Полотно залізниці відрізняється прямолінійністю обрисів, плавністю і великими радіусами закруг-

лень (I); примикання інших залізничних ліній, на відміну від автодоріг, ніколи не відбувається під прямим кутом (II). Залізниці мають більш плавний, ніж у шосейних шляхів, поздовжній профіль, тому багато великих і дрібних насипів і виїмок. У лісі

залізницю, як правило, супроводжує широка розчищена смуга відводу (III). У безлісних районах уздовж полотна можуть бути розташовані снігозахисні посадки або щити для снігозатримання. На залізничних станціях збільшується кількість шляхів, тому видно загальне розширення полотна (IV). Відзначимо також, що одержавши поширення з кінця 1970-х років в ряді регіонів нашої країни автомагістралі (автостради) мають ряд загальних із залізницями демаскуючих ознак, проте на відміну від останніх, мають більшу ширину земляного полотна — близько 23 м і більше (V).

Крім того, автомагістралі характеризуються відсутністю поздовжньої смугастості в зображенні полотна і специфічними конфігураціями шляхових розв'язок.

Що ж стосується знімків, що мають просторову розрізняльну здатність 0,8 м (зразок приведено до масштабу 1: 5 000), то вони дозволяють не тільки безпомилково розпізнати залізницю, а й визначити багато їх характеристик (див. рис. 7в). Поряд з демаскуючими ознаками, описаними вище, на аеро- і космознімках надвисокої розрізняльної здатності часто видно рейки і шпали; також залізні дороги надійно дешифруються при наявності рухомого складу (VI). Таким чином, стає можливим визначити кількість шляхів на станціях і перегонах, а також наявність електрифікації (особливо при використанні контактної мережі з жорсткими поперечками, дешифрувати які допомагають тіні, що ними відкидаються (VII). Також хорошими демаскуючими ознаками є зображення пасажирських будівель, пакгаузів та інших різних залізничних споруд, спеціально обладнаних пасажирських платформ (VIII) і вантажно-розвантажувальних майданчиків.

Крім того, на знімках надвисокої розрізняльної здатності помітна відмінність залізничних ліній за шириною колії (вузькоколіїні залізниці відрізняються від широкої колії меншими розмірами,

більш крутими поворотами і помітно меншим за кількістю рухомим складом; особливо це помітно в місцях, де вузькоколіїки підходять до станцій залізниць широкої колії). Також можливе визначення ступеня експлуатаційної готовності залізничних ліній. Так, у доріг що тільки будуються, на знімках траса простежується як би «пунктиром». Видно також сліди земляних робіт, а також тимчасові при trasові ґрунтові дороги. У міру наближення до закінчення будівництва залізниця набуває рис діючої, але виділяється різкістю обрисів насипів і виїмок. Добре видно на знімках також полотна розібраних залізниць. Від діючих ліній зображення розібраних залізниць відрізняється відсутністю рейок і частини мостів, а також деякою загальною «розмитістю».

Однак, незважаючи на високу інформативність космознімків, в цілому розміщені на геопорталах дані неоднорідні за своїми характеристиками. У відкритому доступі знімки надвисокої розрізняльної здатності представлені тільки на територію великих міст і мегаполісів; в інших випадках слід дотримуватися зйомки на замовлення. Це унеможливує визначення за допомогою геопорталів сучасного стану експлуатаційної готовності залізничних ліній на більшу частину країни.

Таким чином, на підставі сказаного маємо необхідність залучення в дослідження залізничних мереж також і таблично-текстових даних.

Спільне використання джерел при дослідженні еволюції просторового розміщення залізниць. У світлі вищесказаного при застосуванні картографічного методу дослідження залізничних транспортних мереж видається очевидною необхідність спільного застосування усіх доступних джерел. З метою найбільш повного використання їх інформативних можливостей при вивченні просторового розміщення залізниць з урахуванням досліджуваного періоду розвитку мережі доцільно дотримуватися такого порядку (табл. 5).

Таблиця 5 – Зведена таблиця комплексного використання джерел для дослідження залізничних транспортних мереж

Джерела	Періоди розвитку залізничної мережі, роки									
	1838	1850	1900	1950	2000					
Літературно-географічні матеріали	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Карти шляхів сполучення			█	█	█	█	█	█	█	█
Обзорно-топографічні карти				█	█	█	█	█	█	█
Обліково-статистичні відомчі матеріали					█	█	█	█	█	█
Нормативно-правові матеріали										█
Космічні знімки									█	█
Польові спостереження	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
Умовні позначення										

Використовуючи на початку дослідження літературно-географічні джерела загального характеру для з'ясування реалій досліджуваного періоду, переходять до докладних описів, що містять хронологічні таблиці введення ділянок залізничних ліній в експлуатацію. Територіальне розміщення ліній визначають по картах шляхів сполучення, за датою складення найближче віддаленою від моменту введення ділянки в експлуатацію, а в разі відсутності інформації (перш за все, по шляхах незагального користування і залізничних вузлах), використовують оглядово-топографічні карти.

Якщо відомості, що стосуються окремого моменту розвитку залізничної мережі, в літературно-

географічних і картографічних джерелах суперечать один одному, необхідно залучення відомчих обліково-статистичних матеріалів.

Структура ГІС-моніторингу стану залізниці

На основі аналізу історичних джерел, стосовних залізничної інфраструктури України, сучасного стану державної залізниці, можливостей ГІС в процесі її моніторингу, а також особливостей картографічного методу дослідження залізничних транспортних мереж з урахуванням проблемних питань використання в процесі моніторингу залізниць географічних карт, розроблено структуру ГІС-моніторингу стану залізниці (рис. 8).

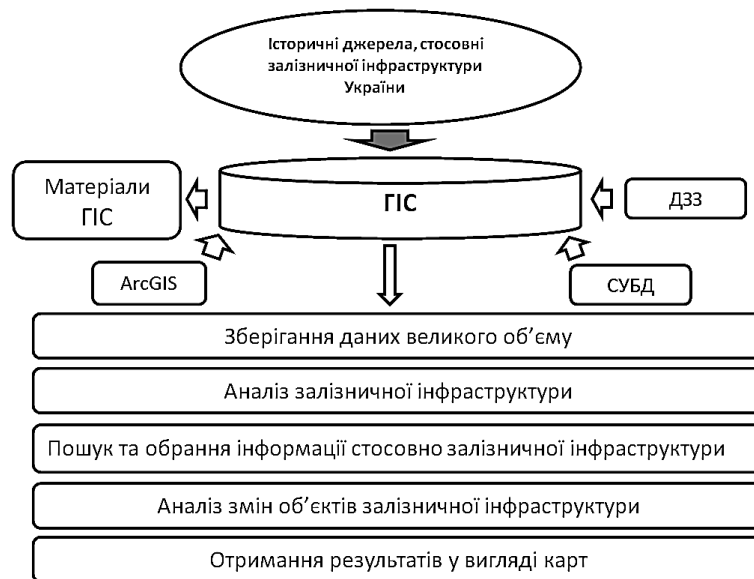


Рис. 8. Структурна схема ГІС-моніторингу стану залізниці

До запропонованої структури входить блок геоінформаційних систем, який отримує дані дистанційного зондування Землі та картографічні матеріали, для оброблення яких застосовуються системи управління базами даних (СУБД). Також структура передбачає застосування програмного забезпечення ArcGIS провідної в геотехнологіях компанії ESRI (США).

Детальний опис алгоритмів побудови електронних картографічних моделей, що передбачено в рамках запропонованої структури ГІС-моніторингу стану залізниці, наведено в роботах [1–4].

Таким чином, на основі даних ДЗЗ, застосування сучасних систем управління баз даних, пошуку та обрання інфраструктурної інформації розроблено структуру ГІС-моніторингу стану залізниці, яка забезпечує побудову картографічних моделей і отримання актуальних карт поточного стану залізничних сполучень держави.

Висновки

На підставі аналізу історичного розвитку та сучасного стану залізничної інфраструктури України показано, що одним з важливих елементів реформування і удосконалення залізничного транспорту в сучасних умовах є перехід до комплексних інфор-

маційно-управляючих технологій з використанням засобів супутникової навігації. Обґрунтовано необхідність напрацювання єдиних технічних вимог і вибору платформи для створення на базі технологій ГІС нових картографічних моделей залізничних сполучень України, адже електронна картографічна модель залізниць, побудована з використанням технологій ГІС, допомагає вирішувати не лише задачі ефективного управління перевізним процесом, а й задачі контролю використання рухомого й нерухомого залізничного майна та всієї галузевої інфраструктури.

Виконано усебічний аналіз картографічного методу дослідження залізничних транспортних мереж, а саме, підходи до вивчення і напрямки досліджень в аспектах забезпеченості територій транспортною мережею і досліджень структури транспортних мереж. Окрему увагу приділено проблемним питанням використання карт в дослідженнях транспортних мереж. Ретельно розглянуто картографічний метод на різних стадіях дослідницького процесу, а також класифікації карт транспорту, зокрема, за масштабом, територіальним охопленням і тематикою. Розглянуто особливості застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для залізничної інфраструктури, отримано висновок про необ-

хідність комплексного застосування усіх доступних інформаційних джерел для побудови картографічних моделей залізничних сполучень на основі технологій ГІС. Запропоновано структуру ГІС-моніторингу залізниці, яка на основі даних ДЗЗ, за-

стосування сучасних баз даних, пошуку та обрання інфраструктурної інформації забезпечує побудову картографічних моделей і отримання актуальних карт поточного стану залізничних сполучень держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев С. М., Жилін В. А. Методика побудови гіпсометричних картографічних моделей рельєфу за даними дистанційного зондування Землі. Сучасні інформаційні системи: Щоквартальний науково-технічний журнал. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – Т. 4, № 4 – 136 с. – С. 11-22.
2. Андреев С. М., Жилін В. А. Методика побудови гідрологічних картографічних моделей за даними дистанційного зондування землі. Сучасні інформаційні системи: Щоквартальний науково-технічний журнал. – Харків: НТУ "ХПІ", 2020. – Т. 4, № 3 – 162 с. – С. 22-40.
3. Андреев С. М., Жилін В. А., Мельник А. П. Застосування анаморфозних картографічних моделей для аналізу геоданих. Сучасні інформаційні системи: Щоквартальний науково-технічний журнал. – Харків: НТУ "ХПІ", 2019. – Т. 3, № 3 – 142 с. – С. 5-16.
4. Андреев С. М., Жилін В. А. Застосування даних аерофотозйомки з безпілотних літальних апаратів для побудови 3D-моделей місцевості. Системи управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць. – Полтава: Полтавський НТУ ім. Юрія Кондратюка, 2019. – Вип. 1(53) – 168 с. – С. 3-16.
5. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М.: Астрей, 1997. – 64 с.
6. Адров, В.Н. Данные ДЗЗ для топографического картографирования – критерии выбора / В.Н. Адров, Ю.И. Карионов, П.С. Титаров, А.Д. Чекурин // Пространств. данные. – 2005. – № 4. – С. 38–45.
7. Андреева, Е.Н. Мелкомасштабные карты хозяйственной освоенности территории (концепция, содержание, легенда) / Е.Н. Андреева, Я.Г. Машбиц, С.Б. Шлихтер // Пути совершенствования картогр. изучения природ. среды и ресурсов мира и континентов. – М.: Ин-т географии АН СССР, 1987. – С. 39–52.
8. Берлянт, А.М. Геоизображения и их свойства / А.М. Берлянт // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. – 1987. – Т. 119, вып. 5. – С. 403–411.
9. Берлянт, А.М. Картографический метод исследования / А.М. Берлянт // Геодезия, геоинформатика, картография, кадастр: Энцикл.: в 2-х т. / под общ. ред. А.В. Бородко, В.П. Савиных. – М.: Геодезкартиздат, 2008. – Т. 1. – С. 319–320.
10. Берлянт, А.М. Картография / А.М. Берлянт. – 3-е изд., доп. – М.: КДУ, 2011. – 464 с.
11. Билич, Ю.С. Проектирование и составление карт / Ю.С. Билич, А.С. Васмут, Л.М. Бугаевский. – М.: Недра, 1984. – 364 с.
12. Бугроменко, В.Н. Графо-аналитический метод оценки конфигурации транспортных сетей / В.Н. Бугроменко // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. – 1985. – Вып. 1. – С. 48–53.
13. Конарев, Н.С. Железнодорожный транспорт / Н.С. Конарев, Л.П. Черноцкая Ж.-д. трансп.: Энцикл. / гл. ред. Н.С. Конарев. – М.: Большая Рос. энцикл., 1994. – С. 7–12.
14. Чибряков, Я.Ю. Использование геоинформационных технологий для картографирования железнодорожного транспорта / Я.Ю. Чибряков // Бюл. трансп. информ. – 2003. – № 10. – С. 35–40.

Received (Надійшла) 11.11.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 20.01.2021

Application of geoinformation systems technologies for construction of cartographic models of railway connections

Sergey Andrieiev, Volodymyr Zhilin

Abstract. The subject of the research is the method of creation cartographic models of railway connections with the use of geographic information systems (GIS). The object of the study is the process of creating digital models of railway infrastructure for the optimal solution of transport problems and providing real-time monitoring of movable and immovable property of the railway and efficient energy usage. The purpose of the work is to increase the informativeness of monitoring the railway infrastructure of Ukraine through the use of geographic information technologies. **Conclusions.** Based on the analysis of the historical development and current state of the railway infrastructure of Ukraine, it is shown that one of the important elements of reforming and improving railway transport in modern conditions is the transition to integrated information and management technologies using satellite navigation. The necessity of working out unified technical requirements and choosing a platform for creation of new cartographic models of railway connections of Ukraine on the basis of GIS technologies is substantiated, since the electronic cartographic model of railways constructed with use of GIS technologies helps to solve not only problems of transport process effective management, but also real estate and all industry infrastructure. A comprehensive analysis of the cartographic method of research of railway transport networks, namely, approaches to the study and direction of research in terms of the provision of areas with transport network and research on the structure of transport networks. Particular attention is paid to the problematic issues of the use of maps in the study of transport networks. The cartographic method at different stages of the research process, as well as the classification of transport maps, in particular, by scale, territorial coverage and subject matter, is carefully considered. Peculiarities of remote sensing data of the Earth application for remote railway infrastructure are considered, the conclusion on necessity of complex application of all available information sources for construction of cartographic models of railway connections on the basis of GIS technologies is received. The structure of GIS-monitoring of the railway is offered, which on the basis of remote sensing data, various databases, search and selection of infrastructural information provides construction of cartographic models and obtaining actual maps of the current state of railway connections of the state.

Keywords: monitoring of railway infrastructure of Ukraine, geoinformation systems, cartographic models of railway connections.