

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.14-27

УДК 528.931.2+004.94

д.т.н., доцент **Беспалько Р.І.**,

r.bespalko@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1225-852X,

к.т.н. **Гуцул Т.В.**,

t.gutsul@chnu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7192-3289,

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

## ОСОБЛИВОСТІ ГЕНЕРАЛІЗАЦІЇ ЛІНІЙНИХ ГІДРОГРАФІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

Для регулювання земельних відносин земель водного фонду потрібні високоякісні картографо-геодезичні матеріали, які давали б можливість з достатньою повнотою і детальністю відтворювати реальну ситуацію. Дослідження структури річкової мережі мають велике народногосподарське значення для вирішення проблем раціонального використання та охорони земель водного фонду. На території України налічується 63119 річок і струмків (лінійних об'єктів гідрографії). Русла рік є найдинамічнішими географічними об'єктами, на них відбуваються постійні зміщення. За 30-50 років річка може зміститися на відстань, що дорівнює ширині русла або й більше. Один із способів оцінки рівня старіння карт, безпосередньо пов'язаний із зміною кількісних характеристик контурів місцевості. Зважаючи на незадовільний рівень забезпечення картографічними матеріалами, не дотримання нормативно встановлених термінів створення та оновлення топографічних карт на територію України відбулося старіння та як наслідок невідповідність сучасному стану близько 70% топографічних карт усіх масштабів більш ніж на 15 років. Часто картографічні матеріали неоднорідні за віком не тільки на окремі регіони, але навіть території одного району. Web-картографування як інноваційний напрямок традиційної картографії потребує не лише єдиної методики створення, але й візуалізації об'єктів картографічної основи при зміні масштабів. Генералізація заснована на дійсних наукових принципах дозволяє отримати нове картографічне зображення. ГІС-технології, як можливий інструмент здійснення генералізації – основний підхід серед картографів та користувачів ГІС-засобів в процесах автоматизації традиційної генералізації. З'ясування особливостей генералізації із залученням ГІС-технологій дозволяє стверджувати, що цей процес автоматизовано не в повному обсязі.

Ключові слова: водний кадастр; генералізація; ГІС; гідрографія; картографування; річки; струмки.

**Постановка проблеми.** Картографічне зображення не є абсолютною копією реальності, однак відтворює масштабовану її версію. В однаковій мірі це поширюється і на паперовий, і на електронний способи представлення просторових даних. Оскільки передати детально всі елементи місцевості не можливо, то вдаються до відбору і узагальнення картографічних об'єктів, який називають генералізацією. Процес генералізації об'єктів до сих пір опирається на принципи щодо точності та змісту, наведені у «Основних положеннях створення та оновлення топографічних карт 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000» 1999 р., котрі обов'язкові для всіх підприємств, організацій та установ, які виконують топографо-геодезичні та картографічні роботи незалежно від форм власності та їхньої відомчої приналежності [1].

Зазначений нормативний документ розроблявся для традиційних паперових версій. Тоді, як на початку тисячоліття чітко простежується різкий темп появи технічних та технологічних новацій в сферах електронної геодезичної апаратури, супутникових систем позиціонування, глобальних комп'ютерних мереж. Картографія, геоінформатика та методи дистанційного зондування Землі перетворилися в один із найефективніших засобів накопичення та узагальнення знань [2]. Швидкозростаючий попит на продукцію web-картографування потребує адекватного відображення даних в різному діапазоні масштабів.

Методи картографічної генералізації використовуються не по одному, а комплексно. Проте, до лінійних гідрографічних об'єктів зображених на картографічних творах масштабу 1:10 000-1:25 000 згідно [1] застосовується лише узагальнення контурів, яке потребує спеціалізованих методів. Ценз відбору автоматично обмежується графічною точністю цих масштабів та становить 1 та 2,5 м відповідно.

Неточності при відборі та узагальненні елементів гідрографічної сітки на топографічних картах середніх масштабів спричиняють до зміни кількості і загальної довжини водотоків. Крім того, результати генералізації впливають як на морфометричні, так і на статистичні показники, одержувані за картою.

Недолік сучасного етапу розвитку web-картографування полягає у відсутності єдиної методики створення та відображення об'єктів картографічної основи. В більшості випадків, вона розробляється згідно з виробничими завданнями окремих підприємств.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Слідуючи передовому досвіду європейській країн (INSPIRE), Україна спочатку взяла курс, а потім і запровадила з 1 січня 2021 р. Національну інфраструктуру геопросторових даних [3]. Частиною базового набору геопросторових даних є – гідрографічні

об'єкти та гідротехнічні споруди. До цього, було реалізовано декілька геопорталів, в яких гідрографічні об'єкти становили складову змісту цифрової основи або були частиною тематичного набору.

Так, зокрема відповідно до п. 4. Постанови КМУ «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» від 4 вересня 2013 р. № 661 існує Цифрова топографічна карта України масштабу 1:100 000 [4], яка за опублікованим WMS-посиланням може завантажуватися в будь-яку ГІС.

21 грудня 2017 р. Державним агентством водних ресурсів анонсовано геопортал «Водні ресурси України» [5]. Аналіз інформаційного наповнення, повноти відомостей, просторової точності зображення та відповідності об'єктів гідрографії на геопорталі «Водні ресурси України» міститься в [6].

1 січня 2013 р. в Україні відкрито доступ до Національної кадастрової системи, одним з важливих елементів якої є – Публічна кадастрова карта [7]. На момент запуску, ресурс містив близько 18 млн. державних актів, ґрунтову карту України, межі 40 тис. адміністративно-територіальних одиниць, оглядову карту України масштабу 1:100 000 з відображенням основних топографічних об'єктів та картограми агровиробничих груп ґрунтів. В 2019 р. з'явився шар «Умовна прибережна захисна смуга», який є похідною, у вигляді буферних зон навколо лінійних та полігональних гідрографічних об'єктів (без урахування крутизни схилів) та носить виключно інформаційний характер.

Розроблення комплексу стандартів «База топографічних даних» ґрунтується на узагальненні національного й міжнародного досвіду стандартизації геопросторових даних. Зокрема, у базі топографічних даних цифрові моделі місцевості розглядаються на основі об'єктно-орієнтованого підходу незалежно від картографічних масштабів і правил картографічної генералізації [8].

Систематизацію сучасних методів збирання геопросторових даних наведено в [9]. Порівняння топографічних карт і даних ДЗЗ як джерел дослідження річкових систем наведено в [10]. Спроба автоматизованого дешифрування, зокрема внутрішніх вод (річок, каналів) за даними ДЗЗ наведена в [11]. Генералізацію лінійних об'єктів гідрографії з урахуванням густоти річкової мережі за даними ДЗЗ запропоновано в [12].

Дослідженням алгоритмів автоматизованої генералізації лінійних об'єктів присвячено праці [13]. Порівняльна оцінка алгоритмів спрощення ліній наведена в [14]. Автоматизоване створення структурних схем річкових мереж на основі математичних алгоритмів та картографічних даних міститься в [15].

Авторами програмного забезпечення ТОВ «ГІСІНФО», ЗАО КБ «Панорама» розроблялася технологія часткової автоматизації

картографічної генералізації. Один із її етапів включав генералізацію об'єктів гідрографії й гідротехнічних споруд, що полягала в автоматичній заміні ділянок площинних об'єктів, шириною меншою за припустиму (у міліметрах на карті), на ділянки лінійних об'єктів. Площинні об'єкти перетворювалися у лінійні відповідно до таблиці перекодування [16].

В інших ГІС-засобах операції генералізації з лінійними об'єктами лаконічно описано розробниками на рівні інструкцій чи методичних вказівок по роботі з програмами. Серед засобів САПР, в [17] розкрито методико-технологічні вказівки до генералізації водних об'єктів середовищі за узагальненням контурів в середовищі системи AutoCAD Land Development Desktop.

**Формулювання задачі дослідження.** Встановити методи збору геоданих про лінійні гідрографічні об'єкти та їх недоліки. З'ясувати існуючі засоби для генералізації в середовищі популярних ГІС програм (ArcGIS, MapInfo, QGIS, Surfer, Global Mapper). Виявити особливості існуючих методів спрощення.

**Мета дослідження.** З'ясувати особливості генералізації лінійних об'єктів гідрографії засобами ГІС-технологій.

**Методи дослідження.** Застосовувані методи базуються на системному підході, абстрагуванні (узагальненні), теорії моделювання, методах ГІС-моделювання (Дугласа-Пеккера, Мак-Мастера та DMin), експерименту та вимірювання.

**Актуальність і новизна.** Генералізація – одна із головних наукових проблем в картографії. Під час генералізації картографічних зображень виділяють три головних елемента карти – дорожню мережу, об'єкти гідрографії та населені пункти [13].

Генералізація з використанням ГІС-технологій – основний підхід серед картографів та користувачів ГІС-засобів в процесах автоматизації традиційної генералізації. В існуючих ГІС реалізовані технології збору, зберігання та візуалізації просторових даних, що повністю можуть забезпечити розв'язання означеної задачі.

Існує експертне припущення, згідно якого до 80% всієї інформації на цифрових картах зображується з використанням лінійних об'єктів, що робить задачу їх узагальнення актуальною не лише в контексті лінійних гідрографічних об'єктів.

Тим не менше, різноманітність вихідних даних, вимоги до детальності, потреба в узгодженості та топологічної коректності з іншими об'єктами змісту суттєво ускладнюють цей процес та потребують досвідчених спеціалістів-картографів.

**Результати і їх обґрунтування.** Геодані лінійних гідрографічних об'єктів в середовищі ГІС можуть одержуватися різними способами: цифруванням топографічних карт, дешифруванням даних ДЗЗ, моделюванням водозбірних площ за ЦМР та ін. Розглянемо детальніше найрозповсюдженіші способи.

Цифрування топографічної карти потребує підготовки вихідних даних. Паперову карту сканують на широкоформатних сканерах (растеризація зображення) з рекомендованою роздільною здатністю не менше 300 dpi та здійснюють реєстрацію. Реєстрація полягає в присвоєнні значень прямокутних або географічних координат контрольним точкам за одним із методів (афінних перетворень, трансформації II та III порядку, сплайну, найменших квадратів і т. ін.). В результаті, із растровим зображенням можна здійснювати картометричні операції, зокрема вимірювати будь-які координати точок на растровому зображенні у відповідній системі (вказаній на етапі реєстрації); відстані між двома зазначеними координатами; довжини прямих чи ламаних ліній; довжини, периметра та площі полігонів.

Після реєстрації растрового зображення розпочинають цифрування. В більшості сучасних ГІС воно доступне в ручному та напівавтоматичному режимах (потоква векторизація). Спеціалізовані ГІС-векторизатори (EasyTrace, VPMap, MapEdit, Vextractor та ін.) пропонують автоматичний режим, що супроводжується підвищеними вимогами до вихідних матеріалів, додатковими затратами часу на їх обробку та налаштування процесу автоматичного цифрування.

Під час роботи в автоматичному режимі цифрування до цих пір існує багато проблем: зменшення шумів, знаходження і усунення розривів ліній, облік зміни товщини ліній, збереження топологічних ознак, розпізнавання та відновлення написів, аналіз ситуацій з великою кількістю об'єктів, а також через низьку якість вихідних матеріалів автоматичні векторизатори формують високий відсоток помилок, необхідність ручного виправлення яких знижує ефект від автоматизації процесу цифрування.

Спосіб цифрування є фізично трудозатратним, монотонним та тривалим у часі. Кількість помилок визначається досвідом оператора та функціональними можливостями залученого програмного забезпечення.

Дешифрування даних ДЗЗ залежатиме від джерела та просторової роздільної і радіометричної здатності зображень. Підготовчий етап полягатиме у зборі необхідних для полегшення дешифрування матеріалів (планово-картографічних матеріалів району робіт).

Основний акцент дешифрування природних лінійних гідрографічних об'єктів спрямовується на прями дешифрувальні ознаки – розмір (форма) та тон.



Камерально дешифрують лише однозначно розпізнані об'єкти, сумнівні відмічають та залишають для польового дешифрування (обстеження).

У сучасних програмних засобах реалізовано алгоритми розпізнавання, які можна поділити на керовану і некеровану класифікацію та окремий метод – дерева рішень. Некерована класифікація опирається на кластерний аналіз, а керована на попередній статистичний аналіз заданих еталонів зі створення для кожного відповідних сигнатур. Для дерева рішень характерні багаторівневі налаштування та можливість використання їх для інших зображень [18].

За даними ЦМР, здійснюючи їх постобробку та приведення до форми гідрологічно-коректної ЦМР та подальший аналіз виділення меж водозбору, можна одержати і структуру річкової мережі (наприклад, в середовищах ГІС Global Mapper та Surfer). Попередньо, слід експериментальним шляхом підібрати оптимальні параметри розмірів растрового зображення ЦМР ( $\alpha$ ) та порогових значень сум напрямків стоку ( $k$ ) [19]. Останні обмежують довжину та кількість об'єктів водотоків: чим вище порогове значення, тим менша кількість об'єктів водотоків та їх довжина і навпаки. Таким чином, підбір параметру  $k$  (табл. 1) дозволяє проводити генералізацію лінійних гідрографічних об'єктів в межах водозбору.

Таблиця 1

Приклад зв'язку модельних значень сум довжин в межах водозбору та їх відхилень (%) від фактичної суми (загальної довжини лінійного об'єкту гідрографії) при різних розмірах комірок ЦМР та значень параметр  $k$

ГІС	Global Mapper						Surfer					
	10×10		25×25		50×50		10×10		25×25		50×50	
Розмір комірки $\alpha$ ЦМР, м												
Значення $k$	м	%	м	%	м	%	М	%	м	%	м	%
	5000	109200	+30	49660	-41	29140	-65	116900	+39	55850	-34	27520
6000	99720	+18	44580	-47	28060	-67	110700	+31	50400	-40	26290	-69
7000	94850	+13	40950	-51	26290	-69	104900	+25	46890	-44	24320	-71
8000	87800	+4	37350	-56	24230	-71	100400	+19	41950	-50	22020	-74
9000	80250	-5	34220	-59	23610	-72	95860	+14	38990	-54	21140	-75
10000	72670	-14	32560	-61	22220	-74	90570	+8	37130	-56	20040	-76

В середовищі ГІС MapInfo Professional алгоритми генералізації векторних даних реалізовано через три основні функції: суміщення вузлів різних об'єктів; розріджування вузлів (видалення вузлів із об'єктів із збереженням їх форми); видалення надлишкових полігонів (видалення з існуючих полігонів дрібних).

Для середовища ГІС QGIS в офіційному репозиторії існує розширення DPSimplify з налаштуванням рівнем деталізації, яке функціонує на основі методу Дугласа-Пекера. Поріг спрощення об'єкту задається в одиницях

вимірювання шару. Завершення процедури спрощення супроводжується звітним вікном з даними щодо кількості вузлів в робочому наборі до та після операції.

В середовищі ArcGIS існує декілька варіантів спрощення ліній. Загалом, вони полягають у видаленні лишніх згинів та незначних ділянок лінії. Практична реалізація лінійного спрощення найчастіше досягається використанням методів: Дугласа-Пеккера, Мак-Мастера та DMin.

Суть методу Дугласа-Пеккера полягає у здійсненні трьох кроків:

- 1) з'єднанні першої та останньої точки лінійного об'єкту прямою лінією;
- 2) порівнянні відстані від кожної вершини до цієї прямої. Якщо відстань менша за допустиме значення, то вершину можна видалити;
- 3) знаходженні найввідаленішої від прямої вершини, яка буде новою плаваючою точкою. Метод продовжуватиметься, поки не завершаться вершини менші за допустиме значення (рис. 1).

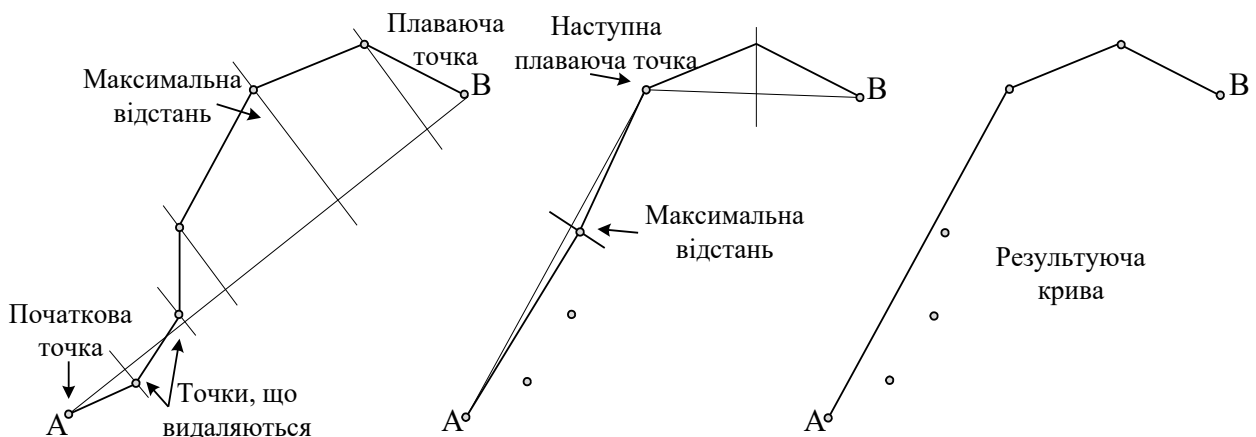


Рис. 1. Реалізація методу Дугласа-Пеккера

Ідея методу Мак-Мастера полягає у видаленні точок, які знаходяться надто близько до сусідніх та утворюють гострий кут між векторами. В ній розглядаються одночасно 3 сусідніх точки, поміщені в «прямокутне вікно», що рухається вздовж напрямку кривої. Вершини у вікні тестуються за двома критеріями:

- 1) відстань від вершини до попередньої вершини. Якщо відстань надто мала (менше допустимого значення), то таку вершину можна видалити;
- 2) застосування поняття кута-повороту. Якщо кут між прямими, що є продовженням двох відрізків – між першими двома вершинами та першою і третьою вершиною надто малий, то третю вершину можна видалити.

Процедура триває по мірі переміщення «прямокутного вікна» вздовж напрямку кривої (рис. 2).

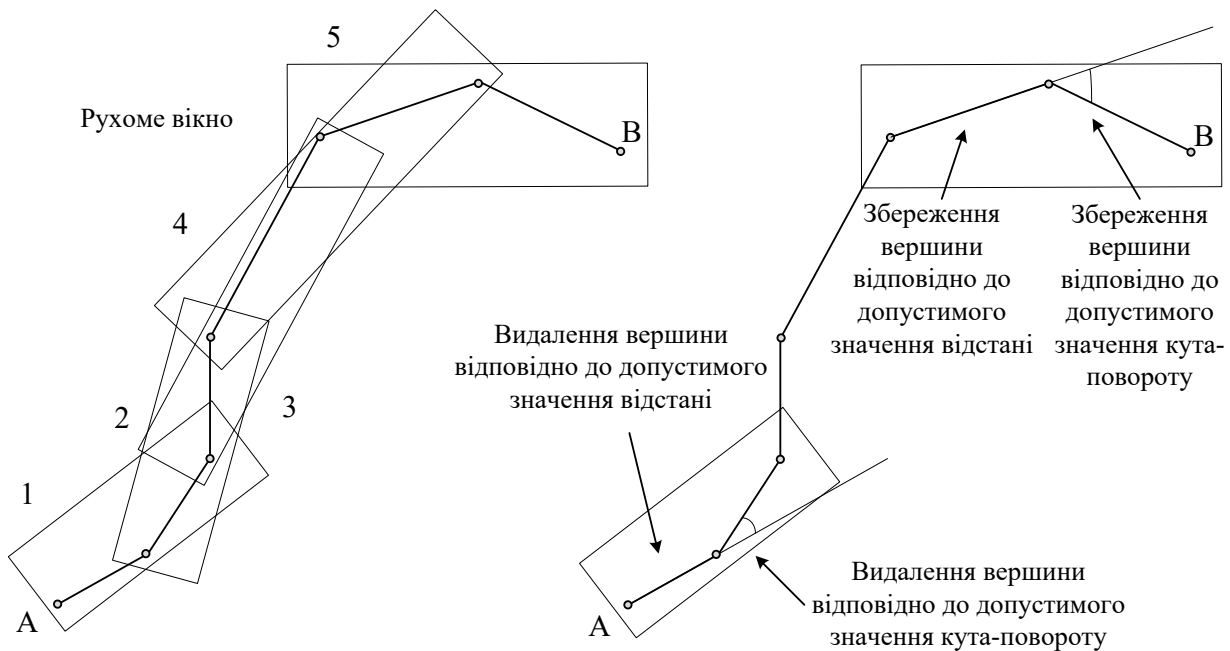


Рис. 2. Реалізація методу Мак-Мастера

Метод DMin об'єднує як геометричну, так і семантичну інформацію про криву. Основна його мета – спрощення лінійних об'єктів з використанням семантичної значимості об'єкту, до якого входить дана крива. Додаткові можливості методу полягають у збереженні форми об'єктів та топологічної стійкості (метод не створює самоперетинів окремих кривих, а також перетинів сусідніх відрізків кривих). Хоча метод, і не оптимальний, однак ефективний в сенсі обчислювальної складності та добре масштабується на значні за обсягом масиви просторових даних. Основна його перевага полягає в можливості обробки не окремих кривих, як попередні методи, а одразу всього масиву даних.

**Висновки та рекомендації подальшого дослідження.** Геопросторові дані одержувані за будь-якими джерелами вихідних даних потребують високої точності, якості, швидкості обробки, актуального стану та низьких затрат. Цифрування та дешифрування даних ДЗЗ, як найрозповсюдженіші на сьогодні методи збору інформації щодо гідрографічних об'єкти залишаються доволі трудомісткими, монотонними та об'єктивно залежать від фактора кваліфікації оператора. Натомість, цифрове моделювання з використанням гідрологічно-коректних ЦМР – оперативне, і дозволяє одержати разом з водозбірною площею і структуру річкової мережі. Застосування різних порогових значень сум ( $k$ ), в деяких ГІС (Surfer та Global Mapper) сприяє узагальненню контурів одержаної мережі. Натомість, в ГІС MapInfo, QGIS та ArcGIS генералізація може застосовуватися не до всієї мережі одразу, а до окремих лінійних об'єктів. Серед усіх досліджуваних засобів, оптимальне для спрощення об'єктів



середовище ArcGIS, в якому реалізовано три методи – Дугласа-Пеккера, Мак-Мастера та DMin.

Подальше дослідження буде спрямовано на одержання за різними даними структури річкової мережі басейну р. Брусниця в межах водозбірної площі. Серед різних результатів планується визначити еталонну структуру, максимально наближену до реальної ситуації на місцевості, як основу подальших порівнянь наведених в дослідженні методів (Дугласа-Пеккера, Мак-Мастера та DMin). Порівняльну оцінку цих методів спрощення доцільно здійснити за чотирма категоріями: довжиною, щільністю, нерівністю та криволінійністю для різного діапазону картографічних масштабів.

### Література

1. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1 000 000, Наказ Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України № 156 від 31.12.99 р.
2. Берлянт А.М. Теория геоизображений / А.М. Берлянт. – Москва: ГЕОС, 2006. – 262 с.
3. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13 квітня 2020 р. № 554-IX // Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 37. – С. 277.
4. Цифрова топографічна карта України масштабу 1:100000 [Електронний ресурс] // НДІ геодезії і картографії. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [https://gki.com.ua/access\\_map\\_100k](https://gki.com.ua/access_map_100k).
5. Овчаренко І.В. В Україні запроваджується кадастр поверхневих водних об'єктів [Електронний ресурс] / І.В. Овчаренко // Держводагенство офіційний сайт. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [www.kmu.gov.ua/news/irina-ovcharenko-v-ukrayini-zaprovadzhuyetsya-kadastr-roverhnevih-vodnih-obyektiv](http://www.kmu.gov.ua/news/irina-ovcharenko-v-ukrayini-zaprovadzhuyetsya-kadastr-roverhnevih-vodnih-obyektiv).
6. Біля І.К. Аналіз геопорталу «Водні ресурси України» (на прикладі Чернівецької області) / І.К. Біля. // Часопис картографії. – 2018. – Випуск 18. – С. 25–36.
7. Публічна кадастрова карта України [Електронний ресурс] // Державна служба геодезії, картографії і кадастру України. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <https://map.land.gov.ua/>.
8. Карпінський Ю.О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.В. Рунець. // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – Вип. 2 (65). – С. 28–36.

9. Карпінський Ю.О. Методи збирання геопросторових даних / Ю.О. Карпінський, Н.Ю. Лазоренко-Гевель. // Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва. – 2018. – Випуск I (35). – С. 204–211.
10. Ковальчук А.І. Використання потенціалу різночасових картографічних джерел та аерокосмічної інформації у дослідженнях річкових систем / А.І. Ковальчук. // Часопис картографії. – 2012. – Вип. 5. – С. 27–35.
11. Бондаренко Е.Л. Методичні особливості дешифрування даних дистанційного зондування Землі для геоінформаційного картографування земельних ресурсів Чернівецької області / Е. . Бондаренко, Я В. Смірнов. // Вісник КНУ ім. Т.Шевченка. – 2014. – № 1 (62). – С. 53–59.
12. Каримова А.А. Разработка методики автоматизированного геоинформационного картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли : дис. канд. техн. наук : 25.00.35 – «Геоинформатика» / Каримова Анастасия Альбертовна – Москва, 2019. – 110 с.
13. Сайидов А.К. Исследование алгоритмов автоматизированной генерализации линейных объектов / А.К. Сайидов, Э.Ю. Сафаров. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – №2. – С. 84–90.
14. Аль-Дамлахи И. Сравнение качества алгоритмов упрощения линии, используемых в ГИС на основе экспериментального исследования / И. Аль-Дамлахи. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2019. – Т. 63. № (2) – С. 226–233.
15. Фокин И.Е. Методические основы создания структурных схем рек на основе картографической базы данных / И.Е. Фокин, С.А. Крылов. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т 62 (4). – С. 403–413.
16. Технології автоматизованої генералізації: Проекти – комплексні рішення по розробці спеціалізованих ГІС на основі ГІС «Карта 2011» [Електронний ресурс] / Розроб. ЗАО «КБ Панорама». – Режим доступу : <http://panorama.vn.ua/projects/19.php>
17. Збірник завдань з картографії: навчальний посібник / В.Д. Сидоренко, О.М. Новікова, А.А. Листопадський, О.Л. Дмитренко. – Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2015. – 185 с.
18. Квартич Т.М. Аналіз методів автоматизованої класифікації цифрових зображень дистанційного зондування Землі / Т.М. Квартич. // Інженерна геодезія. – 2014. – №60. – С. 110–117.
19. Пьянков С.В. Определение оптимальных параметров растровой модели при расчете гидрографических характеристик водных объектов / С.В. Пьянков, В.Г. Калинин. // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». – 2015. – №21. – С. 282–288.

д. т.н., доцент **Беспалько Р.І.**,

к.т.н. **Гуцул Т.В.**,

Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича

## **ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ СРЕДСТВАМИ ГИС- ТЕХНОЛОГИЙ**

Для регулирования земельных отношений земель водного фонда нужны высококачественные картографо-геодезические материалы, которые давали бы возможность с достаточной полнотой и детальностью воспроизводить реальную ситуацию. Исследование структуры речной сети имеет большое хозяйственное значения для решения проблем рационального использования и охраны земель водного фонда. На территории Украины насчитывается 63119 рек и ручьев (линейных объектов гидрографии). Русла рек наиболее динамичные объекты, на которых происходят постоянные смещения. За 30-50 лет речка может сместиться на расстояние, которое равняется ширине русла или еще больше. Один из способов оценки уровня старения карт, непосредственно связан с изменением количественных характеристик контуров местности. Учитывая неудовлетворительный уровень обеспечения картографическими материалами, не соблюдение нормативно установленных сроков создания или обновления топографических карт на территорию Украины произошло старение, и как следствие несоответствие текущему состоянию примерно 70% топографических карт всех масштабов более чем на 15 лет. Часто картографические материалы неоднородные по возрасту не только на отдельные регионы, но и даже на территории одного района. Веб-картографирование как инновационное направление традиционной картографии требует не только единой методики создания, но и визуализации объектов картографической основы при смене масштабов. Генерализация основана на действительных научных принципах позволяет получить новое картографическое изображение. ГИС-технологии, как возможный инструмент осуществления генерализации – основной подход среди картографов и пользователей ГИС-средств в процессах автоматизации традиционной генерализации. Выяснение особенностей генерализации с привлечением ГИС-технологий позволяет утверждает, что этот процесс автоматизирован не в полной мере.

Ключевые слова: водный кадастр; генерализация; ГИС, гидрография; картографирование; реки; ручьи.

Dr. Tech. Sciences, associate professor **Bespalko Ruslan**,  
candidate of technical sciences, assistant department **Hutsul Taras**,  
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi

## **FEATURES OF GENERALIZATION OF LINEAR HYDROGRAPHIC OBJECTS USING GIS TECHNOLOGIES**

To regulate the land relations of water fund lands, high-quality cartographic and geodetic materials are needed, which would make it possible to reproduce the real situation with sufficient completeness and detail. Studies of the structure of the river network are of great economic importance for solving the problems of rational use and protection of water resources. There are 63,119 rivers and streams (linear objects of hydrography) on the territory of Ukraine. The riverbeds are the most dynamic geographical objects, they are constantly shifting. In 30-50 years, the river can move a distance equal to the width of the channel or more. One of the ways to assess the level of aging of maps is directly related to changes in the quantitative characteristics of the contours of the area. Due to the unsatisfactory level of provision of cartographic materials, non-compliance with the deadlines for creating and updating topographic maps on the territory of Ukraine, aging and inconsistency with the current state of about 70% of topographic maps of all scales for more than 15 years. Often cartographic materials are heterogeneous in age not only for individual regions, but even the territory of one district. Web-mapping as an innovative direction of traditional cartography requires not only a single method of creation, but also the visualization of objects of the cartographic basis when changing the scale. Generalization based on valid scientific principles allows to obtain a new cartographic image. GIS-technologies as a possible tool for generalization - the main approach among cartographers and users of GIS-tools in the process of automation of traditional generalization. Finding out the peculiarities of generalization with the involvement of GIS technologies suggests that this process is not fully automated.

Key words: water cadastre; generalization; GIS; hydrography; mapping; rivers; streams.

### **REFERENCES**

1. Osnovni polozhennia stvorennia ta onovlennia topohrafichnykh kart mashtabiv 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1 000 000 / Zatv. Nakazom Hol. upr. heodezii, kartohrafii ta kadastru Ukrainy № 156 vid 31.12.99 r. {in Ukrainian}.
2. Berliant A.M (2006). Teoryia heoyzobrazhenyi [Geoimaging theory] HEOS, Moskva. 262 s. {in Russian}

3. Zakon Ukrainy Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh : vid 13 kvitnia 2020 r. № 554-IX [About the national infrastructure of geospatial data]. (2020, April 13). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, p. 277 {in Ukrainian}.
4. Tsyfrova topografichna karta Ukrainy masshtabu 1:100000 (2013). [Digital topographic map of Ukraine scale 1:100000]. Retrived from: [https://gki.com.ua/access\\_map\\_100k](https://gki.com.ua/access_map_100k). {in Ukrainian}
5. Ovcharenko I.V. (2017). V Ukraini zaprovadzhuietsia kadastr poverkhnevnykh vodnykh ob'ektiv [A cadastre of surface water bodies is being introduced in Ukraine]. Retrived from: [www.kmu.gov.ua/news/irina-ovcharenko-v-ukrayini-zaprovadzhuyetsya-kadastr-poverhnevih-vodnih-obyektiv](http://www.kmu.gov.ua/news/irina-ovcharenko-v-ukrayini-zaprovadzhuyetsya-kadastr-poverhnevih-vodnih-obyektiv) {in Ukrainian}.
6. Bilia I.K. (2018). Analiz heoportalu «Vodni resursy Ukrainy» (na prykladi Chernivetskoï oblasti) [The analysis of the geoportal Water Resources of Ukraine (for example, Chernovtsy region)]. Chasopys kartohrafii, 18 {in Ukrainian}.
7. Publichna kadastrova karta Ukrainy (2013) [Public cadastral map of Ukraine] Derzhavna sluzhba heodezii, kartohrafii i kadastru Ukrainy. Retrived from: <https://map.land.gov.ua/>. {in Ukrainian}
8. Karpinskyi Yu.O., Liashchenko A.A., Runets R.V. (2010). Etalonna model bazy topografichnykh danykh [Reference model of topographic database]. Visnyk heodezii ta kartohrafii. Kyiv, DP «naukovo-doslidnyi instytut heodezii ta kartohrafii», 2 (65), 28–36. {in Ukrainian}
9. Karpinskyi Yu.O., Lazorenko-Hevel N.Yu. (2018). Metody zbyrannia heoprostorovykh danykh [The methods of geospatial data collection for topographic mapping], Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky i vyrobnytstva, 1 (35), 204–211. {in Ukrainian}
10. Kovalchuk A.I. (2012). Vykorystannia potentsialu riznochasovykh kartografichnykh dzherel ta aerokosmichnoi informatsii u doslidzhenniakh richkovykh system [Using the potential of multitemporal cartographic sources and aerospace information in studies of river systems], Chasopys kartohrafii, 5, 27–35. {in Ukrainian}
11. Bondarenko E.L., Smirnov Ya.V. (2014). Metodychni osoblyvosti deshyfruvannia danykh dystantsiinoho zonduvannia Zemli dlia heoinformatsiinoho kartografuvannia zemelnykh resursiv Chernivetskoï oblasti [Methodical features of data interpretation of remote sensing for geoinformation mapping of Chernivtsi region land resources], Visnyk KNU im. T. Shevchenka, 1 (62), 53–59. {in Ukrainian}
12. Karymova A.A. (2019). Razrabotka metodyky avtomatyzyrovannoho heoynformatsyonnoho kartografyrovannia na osnove dannykh dystantsyonnoho zondyrovannia Zemly [Development of a methodology for automated geoinformation mapping based on Earth remote sensing data], Moskva, 110 s. {in Russian}



13. Saiydov A.K., Safarov E.Yu. (2015). Yssledovanye alhorytmov avtomatyzyrovannoi heneralyzatsyy lyneinkh ob'ektov [Researching algorithms for automated generalization of linear objects], *Heodeziya y aerofotosyemka*, 2, 84–90. {in Russian}

14. AL-Damlakhy Y. (2019). Sravnenye kachestva alhorytmov uproshcheniya lynyy, yspolzuemykh v HYS na osnove eksperimentalnogo yssledovaniya [Experimental research comparison of the quality of line simplification algorithms used in GIS], *Heodeziya i aerofotosyemka*, 2 (63), 226–233. {in Russian}

15. Fokyn I.E., Krylov S.A. (2018). Metodicheskiye osnovy sozdaniya strukturnykh skhem rek na osnove kartograficheskoi bazy dannykh [Methodical specifics of creation of structural schemes of rivers on the basis of a cartographic database], *Heodeziya y aerofotosyemka*, 62 (4), 403–413. {in Russian}

16. Tehnologii' avtomatyzovanoi' generalizatsii': Proekty – kompleksni rishennja po rozrobci specializovanyh GIS na osnovi GIS Karta 2011 [Technologies automated generalization: Projects – integrated solutions to develop specialized GIS-based GIS Map 2011] Available at <http://panorama.vn.ua/projects/19.php>. {in Ukrainian}

17. Sydorenko V.D., Novikova O.M., Lystopadskyi A.A., Dmytrenko O.L. (2015). Zbirnyk zavdan z kartografii: navchalnyi posibnyk [Collection of tasks in cartography: a textbook], Kryvyi Rih, DVNZ «KNU», 185 s. {in Ukrainian}

18. Kvartych T.M. (2014) Analiz metodiv avtomatyzovanoi klasyfikatsii tsyfrovyykh zobrazhen dystantsiinoho zonduvannia Zemli [Analysis of methods of automated classification of digital images of remote sensing of the Earth], *Inzhenerna heodeziia*, 60, 110–117. {in Russian}

19. Piankov S.V., Kalynyn V.H. (2015). Opredelenye optimalnykh parametrov rastrovoy modely pry raschete gidrograficheskyykh kharakterystyk vodnykh objektov [Determination of optimal parameters of raster models in calculating the hydrographic characteristics of water bodies]. Proceedings of the International conference «InterCarto. InterGIS», 21. {in Russian}.