

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ QGIS ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК. ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Світлана Величко¹, Олена Дупляк²

Київський національний університет будівництва і архітектури,
31, проспект Повітряних Сил, Київ, 03037, Україна

¹ канд. тех. наук., velychko.sv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8848-289X

² канд. тех. наук., dupliak.ov@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-3500-5106

DOI: 10.32347/2524-0021.2024.47.4-11

Анотація. Розвиток геоінформаційних систем з відкритим доступом значно розширює можливості розвитку інформаційних технологій в сучасному освітньому середовищі. Особливо використання геоінформаційних технологій важливе для здобувачів STEM спеціальностей, для яких опанування BIM технології є значною перевагою на ринку праці. Геоінформаційний комплекс QGIS широко використовується різними STEM спеціальностями для розширення можливостей навчання та отримання практичного досвіду розрахунків у вищій школі як в Україні, так і за кордоном. В статті наведений приклад розрахунку деяких морфометричних параметрів річки за допомогою ПК QGIS, які здобувачі виконували на 1 курсі магістратури. Виконані розрахунки на QGIS порівнювались з довідковими даними та картографічними матеріалами Google map. Розрахунки показали високу відповідність отриманих результатів довідковій літературі. Сучасні геоінформаційні системи з вільним кодом не є дуже складними, але вимагають додаткових знань та навичок роботи. Методичні матеріали та інформація про додаткові можливості ПК спонукає здобувачів до вивчення суміжних освітніх компонентів та пошуку інформації на інтернет-ресурсах, що сприяє розвитку індивідуальної траєкторії здобувача та стимулює вивчення професійної англійської лексики. Можливість отримати якісний ілюстрований матеріал у вигляді карт в масштабі з прив'язкою до координат надає можливість подальшого використання отриманого матеріалу в BIM програмах сімейства Autodesk та використання результатів розрахунків та карт в дипломному проєктуванні.

Ключові слова: QGIS, площа водозбору, морфометричні параметри річки, середня ширина басейну, довжина річки.

ВСТУП

Розвиток геоінформаційних систем з відкритим доступом значно розширює можливості розвитку інформаційних технологій в сучасному освітньому середовищі. Особливо використання геоінформаційних технологій важливе для здобувачів STEM спеціальностей, для яких опанування BIM технології є значною перевагою на ринку праці.

Розвиток географічних інформаційних систем надав значний поштовх розвитку гідроінформаційних технологій в архітектурно-будівельній галузі, науковій діяльності

та навчанні. ГІС дозволяють збирати, обробляти та візуалізувати географічну інформацію, отриману зі супутникових знімків на основі цифрової моделі рельєфу, що має значні перспективи використання в водогосподарській та природоохоронній діяльності [1].

Визначення морфометричних параметрів річкового басейну (площа басейну, річкова система, ширина, довжина басейну, довжина річки, звивистість) є важливими характеристиками річки при проведенні гідрологічних розрахунків. Традиційно визначення

цих параметрів здійснювалось на основі картографічних матеріалів (планшетів) різних років випуску минулого століття (радянських часів), з аналізом рельєфу місцевості та визначенням лінії вододілу та понижень [2]. На сьогоднішній день доступ до цих матеріалів через мережу інтернет заблокований, роздобути паперові матеріали для використання студентами в навчальному процесі досить складно.

Використання ГІС знаходить розвиток в різних областях найчастіше для картографування та просторового представлення результатів досліджень таких як оцінка впливу на навколишнє середовище [3], біологічних дослідженнях [4], дослідження якості води поверхневих джерел [5]. В той же час *QGIS* [6] використовується для розміщення спеціалізованих плагінів, які дозволяють проводити розрахунки в різних областях знань. В статті [7] розроблений плагін *WAT* для моделювання оцінки забруднення водної екосистеми. У статті [8] описано розробку та використання плагіна *Q-LIP* - інструменту для завантаження, обробки та автоматичного розрахунку екологічних індексів із зображень високої роздільної здатності *Landsat*. Платформа *QGIS* є сумісною з іншими потужними ПК такими як *SAGA GIS* [9,10], *GRASS* [11,12], які дозволяють обробляти супутникові знімки та цифрові моделі місцевості для отримання в тому числі і гідрологічних параметрів таких як площа водної поверхні [13,14], довжина річок та порівняння з вегетаційним розвитком місцевості [15]. В роботі [16] розроблена методика визначення напрямків прокладання дренажної системи по пониженим точкам, що може використовуватися для прокладання дренажу та дощових вод.

В Україні *QGIS* також знаходить розвиток та досліджуються її можливості для визначення гідрологічних параметрів водних об'єктів [17], оцінки енергетичного потенціалу річок [11], оцінки впливу ставків на екологічний стан малих річок [18].

Актуальність теми

Сучасні тенденції викладання освітніх компонентів в навчальному процесі базу-

ється на використанні сучасного програмного забезпечення в тому числі і географічних інформаційних систем. Ознайомлення здобувачів з ГІС вільного доступу дозволяє з одного боку виконати розрахунки реальних об'єктів за нетривалий час на високому практичному рівні, з другого боку дозволяє познайомити здобувачів з особливостями роботи ГІС під час практичної підготовки, що вимагає від викладача розроблення нових методичних підходів.

Мета досліджень

Дослідити можливість використання *QGIS* в навчальному процесі для розрахунків морфометричних параметрів річки на основі цифрової моделі місцевості вільного доступу з роздільною здатністю 30 м.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Можливість використання *QGIS* для розрахунків гідрологічних параметрів річкового басейну аналізувалась на прикладі річки Улічка. Морфометричні параметри (площа водозбору, довжина річки, звивистість русла, річкова мережа) річкового басейну річки Улічка, притоки річки Уж в Закарпатській області визначались за допомогою ПК *QGIS* та цифрової моделі рельєфу вільного доступу з роздільною здатністю 30м та порівнювались з довідковими даними [20].

Виток р.Улічка розташований біля села Рунина (Словаччина). Річка утворюється злиттям декількох потічків на південних схилах головного карпатського вододільного хребта. Площа водозбору розраховувалась для всього басейну р. Улічка.

Цифрова модель рельєфу завантажувалась за допомогою плагіна *OpenTopography DEM Downloader*, система координат проекції рельєфу прийнята *WGS 84/ UTM 34N*.

Побудувати площу водозбору можна за допомогою *SAGA GIS*, *GRASS*. В роботі ми досліджували побудову річкового басейну за допомогою плагіна *PCRaster*, завантаженого в середовище *QGIS*. Алгоритм побудови площі водозбору зводиться до підготовки цифрової моделі для роботи в плагіні, заповнення дрібних понижень рельєфу для

утворення безперервних потоків по пониженим точкам місцевості, що дозволяє створити дренажну мережу, яка візуально подібна до річкової мережі. За створеною дренажною мережею будуємо водозбірну площу. За допомогою вбудованого алгоритму атрибутів векторного формату підраховуємо площу водозбору. Алгоритм розрахунку водозбірної площі за допомогою *PC Raster* наведений на (рис.1).

Побудувати річкову систему для визначення морфометричних параметрів можливо або вручну створивши векторний шар для річкової системи, або за допомогою виділення зображень водотоків з карти *Openstreetmap* плагіном *QuikOSM*, або за допомогою плагінів *PC Raster* та *GRASS* з дренажної мережі (цей метод використаний в роботі).

Побудована за допомогою *streamorder* дренажна мережа не є річковою системою, бо містить всі пониження рельєфу, в тому числі і тимчасові потоки та яри. Розгалужена дренажна мережа дозволяє визначити порядок приєднання потоків до основного русла, яке має найбільший порядок (рис. 2). Для відображення річкової системи можливо обмежувати порядок водотоків, які відображаються на карті. Поступово змінюючи порядок потоків та порівнюючи з картографічними матеріалами (наприклад з мапою *OpenTopoMap*) можна наблизити дренажну мережу до річкової системи. На жаль, побудова річкової системи не повністю відображає річкову систему і після закінчення генерації потрібно доповнити річкову систему частинами річки, які не згенеровані та видалити тимчасові водотоки вручну. Алгоритм побудови наведений на рис. 3.

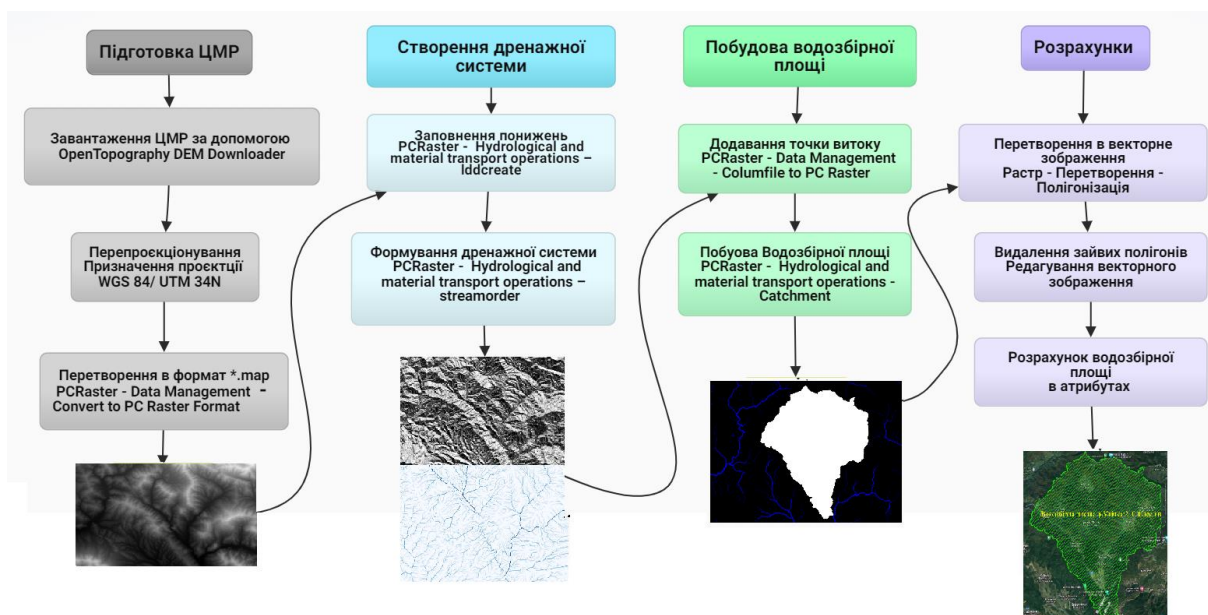


Рис. 1. Алгоритм розрахунку площі водозбору на *QGIS*
Fig. 1. Algorithm for calculating the catchment area by *QGIS*

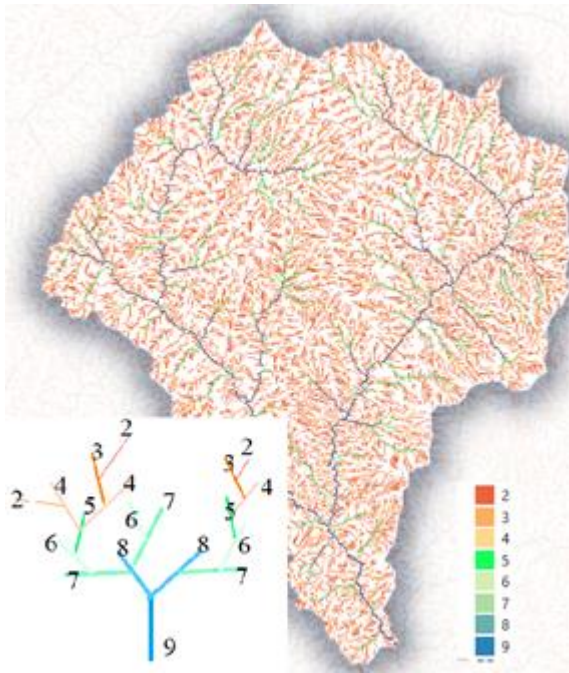


Рис. 2. Розгалуження річкової системи, число Штралера
Fig. 2. Branching of River System, Strahler number

Після побудови річкової системи в векторному форматі можемо розрахувати довжину річки по руслу, відстань від гирла до витoku, ширину та довжину басейну за допомогою атрибутів.

Звивистість русла розраховується за формулою:

$$K_{зв} = \frac{L_p}{L}, \quad (1)$$

де $K_{зв}$ – коефіцієнт звивистості річки; L_p – довжина по руслу, м; L – довжина прямої лінії між витоком і гирлом річки, м.

Виміряти лінійні розміри басейну можна, створивши векторний шар, на якому наносять необхідні лінії та визначають їх довжину за допомогою таблиці атрибутів. Середня ширина басейну розрахована за формулою:

$$B_{ср} = \frac{F}{L_6}, \quad (2)$$

де $B_{ср}$ – середня ширина басейну, м; F – площа басейну річки, м²; L_6 – довжина басейну річки, м.

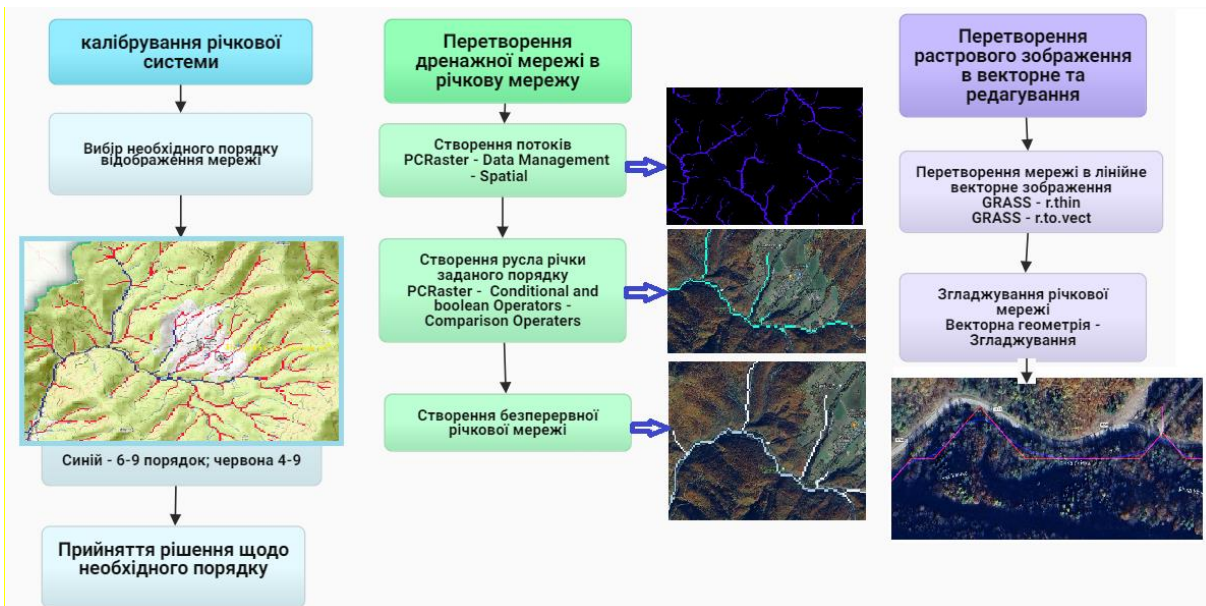


Рис. 3. Алгоритм побудови річкової мережі на QGIS
Fig. 3. Algorithm for drawing of river system by QGIS

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Довідкова література щодо морфометричних параметрів річок України датується 50-80 роками минулого століття, актуальна інформація є тільки по окремим річкам. За довідковими даними [20] річка Улічка – права притока річки Уж. Довжина річки від витoku

до гирла – 27 км, площа водозбірного басейну 211 км².

Результат побудови площі басейну р. Улічка наведений на рис. 4. Розрахована площа водозбору складає 210,02км², похибка – 0,47%.

Довжина річки Улічка розрахована – 27,078км, похибка складає 0,3%.

Звивистість русла річки визначена за формулою (1) складає $27,078/15,99 = 1,69$.

Басейн річки Улічка має правильну форму, довжина басейну (L_G) була визначена від гирла до найбільше віддаленої точки басейну по прямій і складає 21,616 км. Максимальна ширина басейну, $B_{max} = 17.475$ км, визначена як довжина прямої, перпендикулярної до довжини басейну в його найширшому місці.

Середня ширина басейну річки розрахована за формулою (2) дорівнює $B_{cp} = 9,716$ км.



Рис. 4. Басейн р. Улічка
Fig. 4. Ulichka river basin

ВИСНОВКИ

Геоінформаційне середовище *QGIS* дозволяє визначати морфометричні параметри басейну річки на основі цифрової моделі місцевості вільного доступу, візуалізувати дані в заданому масштабі. Розбіжність між довідковими даними та розрахунковими на основі вихідних даних вільного доступу мають незначну розбіжність, менше 1%. На точність впливає локалізація витoku (положення якого не завжди точно вказано в літературі). Розрахунки за допомогою ГІС значно скорочують витрати часу.

Генерація річкової мережі не дає гарного співпадіння з картографічними матеріалами, і основне русло і притоки особливо вищого порядку необхідно редагувати, на що витрачається певний час, але менше часу ніж на креслення річкової мережі вручну.

Геоінформаційна система вільного доступу *QGIS*, як показав досвід її використання на кафедрі водопостачання та водовідведення здобувачами спеціальності 194, не є складною і ознайомлення з теоретичною інформацією дозволяє використовувати її в навчальному процесі. Безперечно, комерційні ГІС системи є більш пристосовані та зручні для використання, але опанувавши складніші рішення перейти на більш зручні для користувача не буде проблемою.

ПК *QGIS* вимагає додаткових знань та навичок роботи, і використання її в навчальному процесі дозволяє здобувачу вирішувати близькі до реальних умов завдання та використовувати власні дослідження та розрахунки в атестаційній роботі.

Необхідність отримання додаткових знань під час виконання лабораторних робіт, які з часом можна використати на практиці, спонукає здобувачів до вивчення додаткової інформації, що сприяє розвитку індивідуальної траєкторії здобувача та інтеграцію в міжнародне наукове середовище, бо більшість наукових статей та відео є іноземними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми *QGIS* [Текст] : навч. посіб. / О. Часковський, Ю. Андрейчук, Т. Ямелинець. – Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, Вид-во Простір-М, 2021. – 228 с. URL: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/GIS-in-Nature-Protection_QGIS.pdf
2. Вакулік С., Жданюк Б. Картографічне визначення морфометричних та гідрологічних характеристик басейну річки Серна // Загальна, фізична і конструктивна географія, 2015. – 14 (315). – С. 17-23. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/15237/1/4.pdf>
3. Placidi V., Cenci M., Castellani F., Falasca M. The Role of GIS Data Post-Processing in the

- Environmental Assessment: The Case of Umbria, Italy. // *Urban Science*, 2024. – 8(1). – С. 19. URL: <https://www.mdpi.com/2413-8851/8/1/19>
4. **Girón-Gutiérrez D., Méndez-González J., Osorno-Sánchez T. G., Cerano-Paredes J., Soto-Correa J. C., Cambrón-Sandoval V. H.** Climate as a Driver of Aboveground Biomass Density Variation: A Study of Ten Pine Species in Mexico // *Forests*, 2024. – 15(7). С. 1160. URL: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/7/1160>
5. **Dai P. D., Quang D. M., Giang N. M. H., Hieu L. H.** Efficient Water Quality Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicles and Internet of Thing Technologies // 16th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI), Iasi, Romania, 2024, 1-6. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10606972>
6. **QGIS** [Електронний ресурс] URL: <https://qgis.org/project/overview/> (дата звернення 14.08.2024). – Назва з екрана.
7. **Nielsen A., Bolding K., Hu F., Trolle D.** An open source QGIS-based workflow for model application and experimentation with aquatic ecosystems // *Environmental Modelling & Software*, Volume 95, 2017, Pages 358-364, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.032>.
8. **Sebbah B., Yazidi Alaoui O., Wahbi M., Maġġtoui M., Ben Achhab N.,** QGIS-Landsat Indices plugin (Q-LIP): Tool for environmental indices computing using Landsat data // *Environmental Modelling & Software*, 2021, Volume 137, 104972, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104972>.
9. **Passy P., Théry S.** The use of SAGA GIS modules in QGIS // *QGIS and generic tools*, 2018. – 1, P. 107-149. <https://doi.org/10.1002/9781119457091.ch4>
10. **SAGA System for Automated Geoscientific Analyses** [Електронний ресурс] – URL: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html> (дата звернення 14.08.2024). – Назва з екрана.
11. **Obodovskiy O., Pochaievets O., Lukianets O., Onyschuk V., Kryvets O.** Use remote sensing for estimation hydropower potential of the rivers of the Ukrainian Carpathians // 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. European Association of Geoscientists & Engineers. 2019, 1, 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902067>
12. **GRASS GIS** [Електронний ресурс] – URL: <https://grass.osgeo.org/> (дата звернення 14.08.2024). – Назва з екрана.
13. **Enriquez M. D.** Catchment delineation of Pandurucan River using quantum geographical information system (QGIS) // *AIP Conference Proceedings*, 2022. 2644, No. 1. <https://doi.org/10.1063/5.0104450>
14. **Liljana L. A. T. A.** Catchment Delineation for Vjosa River WEAP model, using QGIS Software // *Journal of International Environmental Application and Science*, 2020. 15(4), 203-215. URL: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1447446>
15. **Passy P., Selles A.** Reservoir Hydrological Monitoring by Satellite Image Analysis, QGIS and Applications in Water and Risks. 2018. 4, 77-103. <https://doi.org/10.1002/9781119476726.ch3>
16. **Falasy A., Cooke R.** QGIS-based support tools to simplify the complex design challenges of subsurface drainage systems, *Irrigation and Drainage*, 2024, 1–17. <https://doi.org/10.1002/ird.3011>
17. **Bespalko R., Hutsul T.** Technological features of distribution between river basins using GIS technologies (based on the example of r. Brusnytsya) // *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*. 2021. 55, 117-127. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-09>
18. **Andrieiev V., Hapich H.** Impact of ponds and reservoirs construction on the environmental safety of small river basins of the steppe zone of Ukraine (the case of Dnipropetrovsk region) // *Land Reclamation and Water Management 2020*. 1, 158 - 166. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-228>
19. **Van Der Kwast, H., & Menke, K.** QGIS for hydrological applications: Recipes for catchment hydrology and water management. Locate Press. 2022, 186 p. URL: <https://locatepress.com/book/hyd2>
20. **Каталог річок України** / Уклад. Г. І. Швець, Н. І. Дрозд, С. П. Левченко; Відп. ред. В. І. Мокляк. – Київ: Видавництво АН УРСР, 1957. – 192 с. URL: https://shron1.chtyvo.org.ua/Levchenko_SP/Katalog_richok_Ukrainy.pdf

REFERENCES

1. **Chaskovskiy, O., Andreichuk, Yu., & Iamelynets T. (2021).** *Zastosuvannia HIS u pryrodokhoron-nii spravi na prykladi vidkrytoi prohramy QGIS*. Lviv: LNU im. Ivana Franka, Vydvo Prostir-M. Retrieved from: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/GIS-in-Nature-Protection_QGIS.pdf [in Ukrainian]
2. **Vakulik, S., & Zhdaniuk, B. (2015).** *Kartografichne vyznachennia morfometrychnykh ta hidrohichnykh kharakterystyk baseinu richky*

- Serna. *Zahalna, fizychna i konstruktyvna hohrafiia*, 14(315), 17-23. Retrieved from <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/15237/1/4.pdf> [in Ukrainian]
3. **Placidi, V., Cenci, M., Castellani, F., & Falasca, M. (2024).** The Role of GIS Data Post-Processing in the Environmental Assessment: The Case of Umbria, Italy. *Urban Science*. 8(1):19. <https://doi.org/10.3390/urbansci8010019>
 4. **Girón-Gutiérrez, D, Méndez-González, J., Osorno-Sánchez, T. G., Cerano-Paredes, J., Soto-Correa, J. C., Cambrón-Sandoval, V. H. (2024).** Climate as a Driver of Aboveground Biomass Density Variation: A Study of Ten Pine Species in Mexico. *Forests*. 15(7):1160. <https://doi.org/10.3390/f15071160>
 5. **Dai, P. D., Quang, D. M., Giang, N. M. H. & Hieu, L. H. (2024).** Efficient Water Quality Monitoring Using Unmanned Aerial Vehicles and Internet of Thing Technologies. *16th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, Iasi, Romania, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ecai61503.2024.10606972>
 6. **QGIS** [Electronic resource] Retrieved from <https://qgis.org/project/overview/>
 7. **Nielsen, A., Bolding, K., Hu, F., & Trolle, D. (2017).** An open source QGIS-based workflow for model application and experimentation with aquatic ecosystems. *Environmental Modelling & Software*, 95, 358-364. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.032>
 8. **Sebbah, B., Yazidi Alaoui, O., Wahbi, M., Maġġtoul, M., & Ben Achhab, N. (2021).** QGIS-Landsat Indices plugin (Q-LIP): Tool for environmental indices computing using Landsat data. *Environmental Modelling & Software*, 137, 104972. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.104972>
 9. **Passy, P., & Théry, S. (2018).** The use of SAGA GIS modules in QGIS. *QGIS and generic tools*, 1, 107-149. <https://doi.org/10.1002/9781119457091.ch4>
 10. **SAGA System for Automated Geoscientific Analyses** [Electronic resource] Retrieved from <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>.
 11. **Obodovskyi, O., Pochaievets, O., Lukianets, O., Onyschuk, V., & Kryvets, O. (2019).** Use remote sensing for estimation hydropower potential of the rivers of the Ukrainian Carpathians. In 18th International Conference on Geoinformatics-Theoretical and Applied Aspects. *European Association of Geoscientists & Engineers*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902067>
 12. **GRASS GIS** [Electronic resource] – Retrieved from <https://grass.osgeo.org/>
 13. **Enriquez, M. D. (2022).** Catchment delineation of Pandurucan River using quantum geographical information system (QGIS). *AIP Conference Proceedings*, 2644(1). <https://doi.org/10.1063/5.0104450>
 14. **Liljana, L. A. T. A. (2020).** Catchment Delineation for Vjosa River WEAP model, using QGIS Software. *Journal of International Environmental Application and Science*, 15(4), 203-215. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1447446>
 15. **Passy, P., & Selles, A. (2018).** Reservoir Hydrological Monitoring by Satellite Image Analysis. *QGIS and Applications in Water and Risks*. 4, 77-103. <https://doi.org/10.1002/9781119476726.ch3>
 16. **Falasy, A., & Cooke, R. (2024).** QGIS-based support tools to simplify the complex design challenges of subsurface drainage systems. *Irrigation and Drainage*, 1–17. <https://doi.org/10.1002/ird.3011>
 17. **Bespalko, R., & Hutsul, T. (2021).** Technological features of distribution between river basins using GIS technologies (based on the example of r. Brusnytsya). *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series "Geology. Geography. Ecology"*. 55, 117-127. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-09>
 18. **Andriev, V., & Hapich, H. (2020).** Impact of ponds and reservoirs construction on the environmental safety of small river basins of the steppe zone of Ukraine (the case of Dnipropetrovsk region). *Land Reclamation and Water Management*, 1, 158-166. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-228>
 19. **Van Der Kwast, H., & Menke, K. (2022).** QGIS for hydrological applications: Recipes for catchment hydrology and water management. Locate Press. Retrieved from: <https://locatepress.com/book/hyd2>
 20. **Mokliak, V. I. (1957).** *Kataloh richok Ukrainy* Kyiv: Vydavnytstvo AN URSR. Retrieved from https://shron1.chtyvo.org.ua/Levchenko_SP/Kataloh_richok_Ukrainy.pdf [in Ukrainian]

The use of the QGIS tools to determine hydrological characteristics. The experience in higher education

Svitlana Velychko, Olena Dupliak

Abstract. The development of geo-information systems with open access significantly expands the information technology possibilities in the modern educational environment. The use of geoinformation technologies is especially important for STEM specialties, for whom mastering BIM technology is a significant advantage in the labour market. Quantum geographic information system QGIS is widely used by various STEM specialties to expand learning opportunities and gain practical experience of calculations in higher education both in Ukraine and abroad. Morphometric parameters calculation for Ulichka river by QGIS tools is represented in the article. The 1st year master's degree students used QGIS for hydrological calculations. The calculations performed on QGIS were compared with the reference data and cartographic materials of Google map. Calculations showed a high correspondence of the obtained results with reference literature. Modern geographic information systems with free code are not very complex, but require additional knowledge and work skills. Methodical materials and information about additional possibilities of QGIS tools encourage students to study related educational components and search for information on Internet resources, which contributes to the development of the individual student trajectory and stimulates the study of professional English vocabulary. The ability to obtain high-quality illustrative material in the form of scaled maps with reference to coordinates provides the possibility of further use of the obtained material in BIM designs on the Autodesk family software and to use the results in future attestation thesis.

Key words: QGIS, catchment area, morphometric parameters of the river, basin average width, length of the river

Стаття надійшла до редакції 19.08.2024