

СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГУ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Кавац О.О.¹, Кавац Ю.В.¹, Дібрій Д.А.²

¹Кандидат технічних наук, Доцент кафедри інформаційних технологій і систем,
Українського державного університету науки і технологій, Україна

²Аспірант кафедри інформаційних технологій і систем, Українського державного
університету науки і технологій, Україна

Анотація. Супутниковий моніторинг є надійним інструментом отримання оперативної інформації про стан водних об'єктів та зміни в ньому із певною періодичністю, завдяки застосуванню широкого набору різномірних даних. А наявність архівних даних стає вагомою перевагою та відкриває можливість порівнювати отримані результати і аналізувати чинники впливу на стан водних об'єктів та навколишнє середовище. В роботі описано основні методи та набори даних, які можна використовувати для застосування методів дистанційного моніторингу на основі машинного навчання. В якості основного набору даних пропонується використання багатоспектральних датчиків Landsat, у тому числі TM (Thematic Mapper), MSS (Multispectral Scanner), ETM (Enhanced Thematic Mapper) і OLI (Operational Land Imager). Проаналізовано приклади застосування дистанційного підходу щодо оцінки ступеню забрудненості водойм на великих площах. Вказано перспективні методи машинного навчання для вирішення прикладної задачі.

Ключові слова. водні об'єкти, водойми, супутниковий моніторинг, оцінка стану забруднення, екологічне навантаження, методи ДЗЗ, машинне навчання, валідація, Landsat 8.

Вступ. В останні роки у світі спостерігається тенденція дефіциту прісної води, однією із глобальних причин виникнення якої є забруднення. В цьому контексті прісна вода є важливим ресурсом, який потребує моніторингу, оскільки сприяє розвитку економіки будь якої країни. Велика кількість прісної води зберігається у внутрішніх водоймах країни, так в Україні нараховують понад 63 тис. річок. Поверхневі води за своєю природою є динамічним об'єктом, зміни якого впливають на інші природні ресурси та навколишнє середовище. Це обумовлює важливість ефективного визначення обсягу поверхневих вод і відстеження їх динаміки. Відповідно до Водної рамкової директиви Європейського Союзу (ВРД ЄС), екологічний стан водойми

оцінюється на основі трьох основних груп параметрів: гідробіологічних, гідрохімічних і гідроморфологічних [1]. У рамках державної системи моніторингу довкілля України оцінювання якості поверхневих вод ведеться окремо за гідрохімічними й гідробіологічними показниками. Основний принцип оцінювання якості водного середовища, що використовується вже тривалий час у водоохоронній практиці нашої країни, полягає в визначенні в окремих точках водного об'єкта хімічного складу, фізичних властивостей і бактеріологічних показників води та зіставлення результатів з нормативними величинами відповідних показників [1-4]. Враховуючи дороговартість та складність отримання показників, постає актуальна задача по розробці інформаційної технології із залученням різномірних даних дистанційного зондування Землі.

Основна частина. На сьогодні численні дослідження показали великий потенціал і корисність методів дистанційного зондування для покращення та оперативного отримання інформації про характеристики навколишнього середовища в різних часових і просторових масштабах. Супутники, обладнані різними оптичними та тепловими датчиками, є перспективними в порівнянні з вимірюванням на місці, оскільки забезпечують постійно зростаючий потік геопросторових даних, що охоплюють великі території з високою роздільною здатністю, а головне більш економічним [5].

Багато досліджень показало ефективність багатоспектральних датчиків Landsat, у тому числі TM (Thematic Mapper), MSS (Multispectral Scanner), ETM (Enhanced Thematic Mapper) і OLI (Operational Land Imager), для пошуку зміни якості води, цей параметри є дуже важливим при оцінці стану забруднення водного об'єкту. Отримання інформації за ним дозволяє оперативно реагувати та визначати чинники впливу на навколишнє середовище. Оскільки супутникові набори даних Landsat доступні та мають відповідну часову частоту та просторову роздільну здатність. Супутникові набори даних Landsat дозволяють здійснювати щомісячний моніторинг на невеликих ділянках внутрішніх водних об'єктів і надають ключову інформацію про стан водного середовища. Складові води, такі як хлорофіл, глибина диска

Секкі (SDD), загальна зависла речовина (TSM), кольорова розчинена органічна речовина (CDOM) та інші, визначені як оптично активні змінні, широко вивчається багатьма дослідниками [5]. Однак кілька інших важливих показників є не оптично активними, наприклад хімічне споживання кисню (COD), біологічне споживання кисню (BOD), загальний азот (TN), перманганат хімічного споживання кисню (CODMn), аміак (NH₃-N) і загальний фосфору (TP), не були добре вивчені та залишаються складним аспектом комплексної оцінки якості води. Крім того, більшість попередніх досліджень, які оцінювали стан якості води в закритих водних об'єктах, рідко зосереджувалися на конкретних сезонах або залежали від балових шкал із обмеженими лабораторними аналітичними даними. Це підкреслює необхідність ефективної оцінки, як оптично активних, так і неактивних змінних і вивчення їх просторово-часових моделей.

У дослідженнях дистанційного зондування оцінки стану забруднення та якості води впроваджуються різні підходи, щоб покращити знання про водну систему. Типова методологія інтерпретації та оцінки концентрацій різних змінних еволюціонувала від методів емпіричної регресії, включаючи просту лінійну регресію та не лінійну множинну регресію, до аналізу головних компонент (PCA) і нейронних мереж [14]. Тим не менш, деякі звичайні регресійні моделі можуть бути не оптимальними, особливо коли існують складні нелінійні зв'язки між поведінкою водної системи та факторами навколишнього середовища. В останні роки, замість того, щоб змінювати класичні підходи, використання інструментів і технологій великих даних у секторі оцінки стану забруднення та якості води, стало основним. Незважаючи на те, що деякі оцінки, засновані на машинному навчанні, показали багатообіцяючі результати у вирішенні проблеми низької точності часових рядів за допомогою простих емпіричних моделей, залишається проблемою глибоке розуміння складних двонаправлених взаємодій між складовими води та сонячним випромінюванням у часовому і просторовому контексті. Технології глибинного машинного навчання дають можливість вивчати більш складні статистичні характеристики, але іноді примусово відокремлюють

просторові або часові кореляційні характеристики. Недавні дослідження, присвячені оцінці екологічних факторів на основі даних, таких як вологість ґрунту, виявили, що новий підхід штучного інтелекту (AI) моделі згорткової довготривалої короткочасної пам'яті (ConvLSTM) значно перевершує класичні методи моделювання послідовностей у захопленні просторово-часові кореляції вхідних даних супутникових зображень. Однак спроби застосувати алгоритм ConvLSTM для визначення якості води все ще рідкісні, що підкреслює необхідність приділяти особливу увагу складному моделюванню якості води.

Висновки. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку та валідацію нової регресійної моделі на основі глибинного навчання для оптично активного та неактивного моделювання якості води. Використання супутникових зображень середнього просторового розрізнення, дозволить проводити моніторинг з високою частотою, що є потенційно потужніше у відображенні нелінійної просторово-спектральної інформації з відносно високою просторовою роздільною здатністю.

ЛІТЕРАТУРА

1. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Official Journal of the European Communities, 22.12 2000. L 327/1. 118 p.
2. Бреус Д.С., Левченко М.В. Методи оцінювання та нормування якості природних водних ресурсів Таврійський науковий вісник Випуск № 110. Том 2 , 2019 р. Стр.126-131.
3. Berka C. Relationships between agricultural land use and surface water quality using a GIS. Sumas River watershed, Abbotsford, B.C.MSc thesis, Resource Management and Environmental Studies, University of British Columbia, Vancouver, B.C., 1996. 174 p.
4. EPA: 1996, Environmental Indicators of Water Quality in the United States. USEPA Rep. 841-R-96-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
5. Sun, X., Zhang, Y., Shi, K., Zhang, Y., Li, N., Wang, W., Huang, X., Qin, B. Monitoring water quality using proximal remote sensing technology. Sci. Total Environ. 2022, 803, 149805.

SATELLITE MONITORING OF WATER BODY POLLUTION ASSESSMENT BASED ON MACHINE LEARNING

Olena Kavats, Yurii Kavats, Danilo Dibrii

Abstract. *Satellite monitoring is a reliable tool for obtaining operational information about the state of water bodies and their changes with a certain periodicity, thanks to the*

use of a large set of heterogeneous data. And the availability of archival data becomes a significant advantage, opening up the possibility of comparing the obtained results and analyzing factors affecting the state of water bodies and the environment. The paper describes the main methods and datasets that can be used to apply remote monitoring methods based on machine learning. The use of medium spatial resolution data is proposed as the main data set. Examples of the application of the remote sensing approach to the assessment of water pollution in large areas are analyzed. Possible machine learning methods for solving an applied problem are presented, the new artificial intelligence (AI) approach of convolutional long-short-term memory (ConvLSTM) model significantly outperforms classical methods.

Keywords: *water objects, satellite monitoring, assessment of the state of pollution, ecological burden, methods of environmental protection, machine learning.*

REFERENCE

1. EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Official Journal of the European Communities, 22.12 2000. L 327/1. 118 p.
2. Breus D.S., Levchenko M.V. Methods of assessment and standardization of the quality of natural water resources Taurian Scientific Bulletin. Edition № 110. Volume 2 , 2019. 126-131p.
3. Berka C. Relationships between agricultural land use and surface water quality using a GIS. Sumas River watershed, Abbotsford, B.C.MSc thesis, Resource Management and Environmental Studies, University of British Columbia, Vancouver, B.C., 1996. 174 p.
4. EPA: 1996, Environmental Indicators of Water Quality in the United States. USEPA Rep. 841-R-96-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.
5. Sun, X., Zhang, Y., Shi, K., Zhang, Y., Li, N., Wang, W., Huang, X., Qin, B. Monitoring water quality using proximal remote sensing technology. Sci. Total Environ. 2022, 803, 149805