

УДК 656.052.1:620.9

DOI 10.47049/2226-1893-2026-2-198-207

ЦИФРОВІ НАВІГАЦІЙНІ СЕРВІСИ ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХІВ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУДНОПЛАВСТВА

Н.Б. Долинська

аспірантка, кафедра «Морське та цивільне будівництво і архітектура»

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1347-0538>

tala.borisovna2011@gmail.com

Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

Анотація. Сьогодні розвиток водного транспорту дедалі частіше розглядається крізь призму блакитної економіки – підходу, що поєднує економічну ефективність із раціональним використанням природних ресурсів. Її актуальність визначається тим, що водні перевезення формують основу глобальної логістики: понад 80 % світової торгівлі здійснюється морським транспортом. Водночас судноплавство залишається джерелом відчутного екологічного навантаження, формуючи близько 2-3 % глобальних викидів вуглекислого газу.

У цих умовах питання підвищення енергоефективності судноплавства набуває не лише економічного, але й стратегічного значення. Навіть незначне зниження витрат палива на рівні окремих суден у сукупності дає відчутний ефект для всієї транспортної системи. Це особливо актуально в умовах посилення міжнародних вимог до скорочення викидів і підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. Окреме місце в цьому процесі займають внутрішні водні шляхи. На відміну від морського судноплавства, ефективність руху суден тут значною мірою визначається умовами плавання: обмеженими глибинами, складною конфігурацією фарватеру, впливом течій, змінними гідрометеорологічними факторами та високою цільністю руху. У таких умовах навіть незначні відхилення від раціональних режимів руху призводять до додаткових витрат енергії.

У зв'язку з цим ключового значення набувають цифрові навігаційні сервіси внутрішніх водних шляхів, які забезпечують отримання, обробку та передачу інформації про стан навігаційного середовища в режимі, близькому до реального часу. Їх використання дозволяє підвищити обґрунтованість навігаційних рішень, зменшити кількість неефективних маневрів і забезпечити більш раціональне використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, цифрові навігаційні сервіси виступають не лише як засіб інформаційної підтримки судноплавства, але як важливий інструмент реалізації принципів блакитної економіки, спрямований на підвищення енергоефективності та зниження екологічного навантаження водного транспорту.

© Долинська Н.Б., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)

Ключові слова: навігаційна безпека, внутрішні водні шляхи, енергоефективність, цифрові навігаційні сервіси, інтелектуальні телематичні технології, метод забезпечення безпеки, підтримка прийняття рішень.

UDC 656.052.1:620.9

DOI 10.47049/2226-1893-2026-2-198-207

DIGITAL NAVIGATION SERVICES FOR INLAND WATERWAYS AS A FACTOR FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY IN SHIPPING

Nataliia Dolynska

graduate student, the Department «Marine, civil engineering and architecture»

Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine

Abstract. *Today, the development of water transport is increasingly viewed through the prism of the blue economy – an approach that combines economic efficiency with the rational use of natural resources. Its relevance is determined by the fact that water transport forms the basis of global logistics: more than 80 % of world trade is carried out by sea. At the same time, shipping remains a source of significant environmental burden, generating about 2-3 % of global carbon dioxide emissions.*

In these conditions, the issue of increasing the energy efficiency of shipping acquires not only economic but also strategic importance. Even a slight reduction in fuel consumption at the level of individual vessels in the aggregate has a tangible effect on the entire transport system. This is especially relevant in the context of increasing international requirements for reducing emissions and increasing the efficiency of using energy resources.

A special place in this process is occupied by inland waterways. Unlike sea navigation, the efficiency of vessel movement here is largely determined by navigation conditions: limited depths, complex fairway configuration, the influence of currents, variable hydrometeorological factors and high traffic density. In such conditions, even minor deviations from rational traffic regimes lead to additional energy consumption.

In this regard, digital navigation services for inland waterways are of key importance, as they provide for the receipt, processing and transmission of information about the state of the navigation environment in a mode close to real time. Their use allows to increase the validity of navigation decisions, reduce the number of inefficient maneuvers and ensure a more rational use of energy resources.

Thus, digital navigation services act not only as a means of information support for shipping, but also as an important tool for implementing the principles of the blue economy, aimed at increasing energy efficiency and reducing the environmental burden of water transport.

Keywords: *navigational safety, inland waterways, energy efficiency, digital navigation services, intelligent telematics technologies, safety assurance method, decision support.*

Вступ. Концепція блакитної економіки формується як відповідь на обмеженість традиційних підходів до розвитку водного транспорту, у межах яких основна увага приділялася зростанню обсягів перевезень і підвищенню пропускної здатності інфраструктури. У сучасних умовах такий підхід виявляється недостатнім, оскільки не враховує взаємозв'язок між інтенсивністю використання водних ресурсів і їх екологічною стійкістю.

У цьому контексті блакитна економіка пропонує іншу логіку розвитку, засновану на поєднанні економічної доцільності, екологічної збалансованості та технологічної ефективності. Для водного транспорту це означає зміщення акценту з кількісних показників функціонування на якісні характеристики процесу перевезень, серед яких ключове місце займає ефективність використання енергетичних ресурсів.

Важливою особливістю такого підходу є інтеграція транспортних процесів у ширший контекст управління водними системами. Судноплавство розглядається не ізольовано, а як складова єдиної системи, що включає природне середовище, інфраструктуру та інформаційні потоки. У результаті ефективність його функціонування визначається не лише параметрами окремого судна або ділянки маршруту, але й узгодженістю взаємодії всіх елементів цієї системи.

У цих умовах особливого значення набуває роль інформації як ресурсу управління. Якщо в традиційних моделях вона виконувала допоміжну функцію, то в межах блакитної економіки інформаційні потоки стають одним із ключових факторів забезпечення ефективності, оскільки вони визначають можливість узгодження рішень із реальними умовами функціонування транспортної системи. Повнота, актуальність і своєчасність даних визначають якість прийняття рішень і рівень використання енергетичних ресурсів.

Це зумовлює необхідність переходу до нових форм організації управління водним транспортом, у яких інформаційні системи відіграють системоутворюючу роль. Йдеться не лише про відображення навігаційної обстановки, а про створення інтегрованого інформаційного середовища, здатного підтримувати процес прийняття рішень у динамічних умовах.

Таким чином, блакитна економіка визначає методологічну основу для переосмислення ролі водного транспорту, у якій ключове значення набувають ефективність використання ресурсів і якість управління. Подальший розвиток цих положень безпосередньо пов'язаний із аналізом специфіки внутрішніх водних шляхів, де вплив умов середовища на параметри руху суден проявляється найбільш виразно.

Постановка проблеми. Енергоефективність судноплавства на внутрішніх водних шляхах формується під впливом комплексу факторів, які істотно відрізняються від умов морського плавання. Якщо у відкритому морі рух судна визначається переважно вибором курсу та швидкості з урахуванням гідрометеорологічних умов, то на внутрішніх водних шляхах вирішальне значення мають просторові обмеження і змінний характер середовища руху.

Фарватер, як правило, має складну геометрію, обмежену ширину та глибину, а його конфігурація може змінюватися під впливом природних процесів.

Додатково на параметри руху впливають течії, локальні гідрологічні особливості, нерівномірність глибин і наявність ділянок з підвищеним гідродинамічним опором. У таких умовах рух судна відбувається не як рівномірний процес, а як послідовність адаптацій до змінного середовища – від входу у звужені ділянки фарватеру до проходження зон зі змінною глибиною або течією.

Це призводить до того, що витрати енергії визначаються не лише підтриманням заданої швидкості, а значною мірою – характером маневрування. Часті коригування курсу, зміни швидкості, обхід ділянок із несприятливими умовами руху формують додаткові енергетичні витрати, які в традиційних підходах не завжди враховуються як системна проблема.

Окрему роль відіграє обмеженість інформації про поточний стан навігаційного середовища. Рішення щодо режиму руху часто приймаються на основі неповних або застарілих даних, що призводить до вибору нерациональних траєкторій і режимів роботи рушійної установки. У результаті навіть за відсутності очевидних перешкод виникають приховані втрати енергії, пов'язані з неузгодженістю руху судна і параметрів середовища.

Мета роботи полягає в урахуванні енергоефективності на внутрішніх водних шляхах. Тобто доцільно розглядати не як характеристику окремого судна, а як результат взаємодії судна з динамічним середовищем плавання. Такий підхід змінює логіку аналізу: замість оптимізації ізолюваних параметрів виникає необхідність узгодження режиму руху з актуальними умовами навігації.

У цих умовах ключовим фактором підвищення ефективності стає своєчасне отримання та використання інформації про стан навігаційного середовища. Саме це створює передумови для переходу до цифрових форм управління, у межах яких дані про глибини, течії, трафік та інші параметри інтегруються у процес прийняття рішень.

Таким чином, специфіка внутрішніх водних шляхів обумовлює необхідність використання інструментів, здатних забезпечити узгодження руху судна з реальними умовами плавання. Реалізація цього підходу безпосередньо пов'язана із застосуванням цифрових навігаційних сервісів, що формують інформаційну основу для підвищення енергоефективності судноплавства.

Виклад основного матеріалу. У традиційних підходах енергоефективність судноплавства розглядається переважно як результат вибору режиму роботи судна, що оцінюється за підсумками рейсу або його окремих ділянок. Такий підхід дозволяє фіксувати витрати енергії, але не забезпечує можливості їх оперативного регулювання в процесі руху.

Перехід до принципів блакитної економіки змінює цю логіку. Енергоефективність перестає бути лише показником і переходить у категорію керованого процесу, який формується безпосередньо під час руху судна. Це означає, що рішення щодо режиму руху мають прийматися з урахуванням не лише заданих параметрів, але й поточного стану навігаційного середовища [1].

У такій постановці задача енергоефективності набуває рис задачі управління. Об'єктом виступає процес руху судна в змінному середовищі, а метою –

забезпечення такого режиму, за якого досягається узгодження між параметрами руху і умовами плавання з мінімальними витратами енергії.

Реалізація цього підходу практично неможлива без використання цифрових технологій. На відміну від традиційних методів, що базуються на досвіді судноводія і обмеженому наборі спостережень, цифрові системи дозволяють інтегрувати різноманітні дані про стан середовища і параметри руху судна в єдине інформаційне поле. Це включає навігаційні дані, інформацію про глибини, течії, трафік, а також технічні параметри роботи судна [4].

Ключовою особливістю цифрового підходу є можливість переходу від реактивного до проактивного управління. Якщо у першому випадку рішення приймаються як відповідь на вже сформовану ситуацію, то у другому – на основі прогнозу її розвитку. Це дозволяє уникати неефективних режимів руху ще до їх виникнення.

У результаті формується новий рівень організації управління, у якому енергоефективність досягається не за рахунок окремих оптимізаційних рішень, а шляхом постійного узгодження руху судна з динамічними умовами середовища. Такий підхід передбачає безперервний цикл отримання даних, їх аналізу та коригування параметрів руху.

У цьому контексті цифрові навігаційні сервіси виступають як інструмент, що забезпечує функціонування такого циклу управління. Вони формують інформаційну основу, на якій можуть прийматися обґрунтовані рішення щодо режимів руху суден.

Отже, енергоефективність судноплавства в сучасних умовах доцільно розглядати як об'єкт цифрового управління, реалізація якого безпосередньо пов'язана із застосуванням інтегрованих інформаційних систем. Практичні аспекти використання таких систем на внутрішніх водних шляхах розглядаються далі.

Реалізація підходу до управління енергоефективністю судноплавства, заснованого на використанні даних, безпосередньо пов'язана з розвитком цифрових навігаційних сервісів внутрішніх водних шляхів. Саме ці сервіси формують інформаційне середовище, в якому стає можливим узгодження параметрів руху судна з реальними умовами плавання [5].

У практиці розвитку внутрішніх водних шляхів такі сервіси вже впроваджуються та активно розвиваються у вигляді інтегрованих систем навігаційного обслуговування, що об'єднують різні джерела даних у єдине інформаційне середовище.

Сучасні системи навігаційного обслуговування забезпечують безперервне надходження інформації про стан фарватеру, глибини, гідрологічні умови, інтенсивність руху та положення інших суден. На відміну від традиційних джерел, ці дані мають динамічний характер і можуть використовуватися безпосередньо в процесі прийняття рішень.

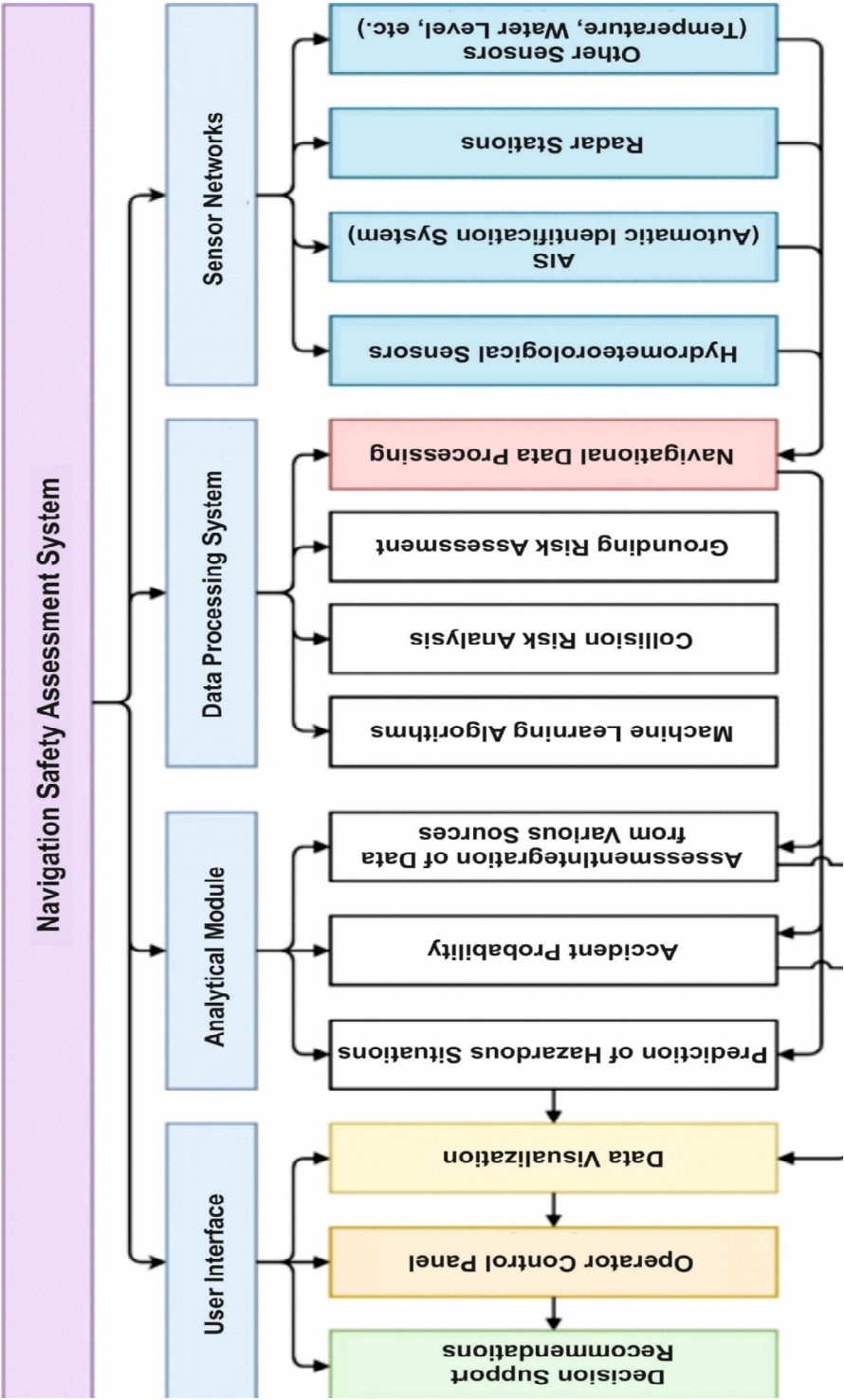


Рис. 1. Архітектура системи цифрового управління енергоефективністю судноплавства на внутрішніх водних шляхах

Практичне значення цього підходу проявляється у можливості уникнення неефективних режимів руху. Наприклад, своєчасне отримання інформації про зміни глибин або ділянки з підвищеним гідродинамічним опором дозволяє коригувати режим руху до входження в таку зону. Аналогічно, дані про трафік і обмеження руху дають змогу мінімізувати вимушені зниження швидкості або надлишкові маневри, які супроводжуються додатковими витратами енергії.

Окрему роль відіграє інтеграція різномірних джерел інформації. Поєднання даних автоматичної ідентифікації суден, електронних карт, гідрологічних спостережень та сервісів управління рухом формує єдине інформаційне поле, у межах якого забезпечується більш повне уявлення про навігаційну ситуацію. Це дозволяє переходити від локальних рішень до системного узгодження режимів руху.

У результаті цифрові навігаційні сервіси виконують не лише функцію інформування, але й стають елементом системи управління. Вони забезпечують основу для формування рішень, спрямованих на зменшення витрат енергії за рахунок більш точного врахування умов плавання.

Особливо важливо, що впровадження таких сервісів не потребує радикальних змін конструкції суден або їх енергетичних установок. Підвищення ефективності досягається за рахунок зміни підходу до управління рухом і використання вже доступної інформації більш повно та своєчасно. [5]

Таким чином, цифрові навігаційні сервіси внутрішніх водних шляхів виступають як практичний інструмент реалізації принципів блакитної економіки, забезпечуючи підвищення енергоефективності судноплавства шляхом інтеграції даних, підтримки прийняття рішень та узгодження руху суден з динамічними умовами навігаційного середовища.

Висновки. На внутрішніх водних шляхах енергоефективність фактично формується щоденними рішеннями – вибором режиму руху, реакцією на зміну умов, взаємодією з іншими суднами. І саме в цих, на перший погляд дрібних рішеннях, накопичуються як втрати енергії, так і можливості її економії.

У цьому контексті цифрові навігаційні сервіси змінюють сам підхід до управління. Вони дозволяють бачити навігаційну ситуацію ширше і діяти не постфактум, а на випередження – уникати неефективних режимів руху ще до того, як вони виникають.

Фактично мова йде про перехід до нового рівня: коли ми керуємо не лише рухом судна, а ефективністю цього руху.

І важливо, що цей підхід не потребує кардинальних технічних змін. Він базується на більш повному і своєчасному використанні інформації, яка вже доступна в сучасних навігаційних системах.

Саме тому цифровізацію внутрішніх водних шляхів можна розглядати як один із найбільш реалістичних і ефективних інструментів реалізації принципів блакитної економіки на практиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Panin, V.V., Doronin, V.V., & Aleynikov, V.M. (2018). APPLICATION OF THE SYSTEM ANALYSIS OF IMPLEMENTATION OF THE INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON INLAND WATERWAYS OF UKRAINE. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 0(2). <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-2-14>.
2. Perzyński, T., & Lewiński, A. (2017). New Telematic Solutions for Improving Safety in Inland Navigation. In J. Mikulski (Ed.), *Smart Solutions in Today's Transport* (Vol. 715, P. 70-81). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66251-0_6.
3. Buravtsova, J. (2021). IMPLEMENTATION OF RIVER ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS AND ONSHORE INFORMATION SERVICES ON THE INLAND WATERWAYS OF UKRAINE. *Shipping & Navigation*, 32(2), P. 10-17. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.32.2021.10-17>.
4. Kosharskaya, L., Makhurenko, G., & Postan, M. (2017). Application of the system approach to the development of the project of a safety management system for navigation in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(36)), P. 29-36. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109094>.
5. Doronin, V.V., & Spiian, O.M. (2019). Application of system analysis of implementation of a multicomponent system of river e-navigation. *Oceanographic Journal (Problems, Methods and Facilities for Researches of the World Ocean)*, 1(12), P. 88-104. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.1\(12\).2019.88-104](https://doi.org/10.37629/2709-3972.1(12).2019.88-104).
6. Miciuła, I., & Wojtaszek, H. (2019). Automatic Hazard Identification Information System (AHIIS) for decision support in inland waterway navigation. *Procedia Computer Science*, 159, P. 2313-2323. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.406>.
7. Грицук, І., Носов, П., Пономарьова, В., & Дягилева, О. (2023). REDUCTION OF NAVIGATION RISKS BY USING FUZZY LOGIC TO AUTOMATE CONTROL PROCESSES UNDER UNCERTAINTY. *Наука і Техніка Сьогодні*, 6(20). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6\(20\)-8-22](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6(20)-8-22).
8. Hesselbarth, A., Medina, D., Ziebold, R., Sandler, M., Hoppe, M., & Uhlemann, M. (2020). Enabling Assistance Functions for the Safe Navigation of Inland Waterways. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 12(3), P. 123-135. <https://doi.org/10.1109/MITS.2020.2994103>.
9. Kussul, N., Skakun, S., & Kravchenko, O. (2011). Environmental Risk Assessment Using Geospatial Data and Intelligent Methods. *International Journal «Information Technologies & Knowledge»*, 5(2), P. 129-141.

10. National University of Transport, Kyiv, Ukraine, & Koncha, P. (2025). ADAPTING INNOVATIVE ASSESSMENT AND FORECASTING METHODS FOR HIGHWAYS IN UKRAINE. *Modern Science*, 176. <https://doi.org/10.62204/2336-498X-2025-1-1>.

REFERENCES

1. Panin, V.V., Doronin, V.V., & Aleynikov, V.M. (2018). APPLICATION OF THE SYSTEM ANALYSIS OF IMPLEMENTATION OF THE INSTRUMENTAL METHOD OF NAVIGATION ON INLAND WATERWAYS OF UKRAINE. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 0(2). <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-2-14>.
2. Perzyński, T., & Lewiński, A. (2017). New Telematic Solutions for Improving Safety in Inland Navigation. In J. Mikulski (Ed.), *Smart Solutions in Today's Transport* (Vol. 715, P. 70-81). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66251-0_6.
3. Buravtsova, J. (2021). IMPLEMENTATION OF RIVER ELECTRONIC NAVIGATION SYSTEMS AND ONSHORE INFORMATION SERVICES ON THE INLAND WATERWAYS OF UKRAINE. *Shipping & Navigation*, 32(2), P. 10-17. <https://doi.org/10.31653/2306-5761.32.2021.10-17>.
4. Kosharskaya, L., Makhurenko, G., & Postan, M. (2017). Application of the system approach to the development of the project of a safety management system for navigation in Ukraine. *Technology Audit and Production Reserves*, 4(2(36)), P. 29-36. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109094>.
5. Doronin, V.V., & Spiian, O.M. (2019). Application of system analysis of implementation of a multicomponent system of river e-navigation. *Oceanographic Journal (Problems, Methods and Facilities for Researches of the World Ocean)*, 1(12), P. 88-104. [https://doi.org/10.37629/2709-3972.1\(12\).2019.88-104](https://doi.org/10.37629/2709-3972.1(12).2019.88-104).
6. Miciuła, I., & Wojtaszek, H. (2019). Automatic Hazard Identification Information System (AHIIS) for decision support in inland waterway navigation. *Procedia Computer Science*, 159, P. 2313-2323. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.406>.
7. Gritsuk, I., Nosov, P., Ponomaryova, V., & Dyagileva, O. (2023). REDUCTION OF NAVIGATION RISKS BY USING FUZZY LOGIC TO AUTOMATE CONTROL PROCESSES UNDER UNCERTAINTY. *Science and Technology Today*, 6(20). [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6\(20\)-8-22](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2023-6(20)-8-22).
8. Hesselbarth, A., Medina, D., Ziebold, R., Sandler, M., Hoppe, M., & Uhlemann, M. (2020). Enabling Assistance Functions for the Safe Navigation of Inland Waterways. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 12(3), P. 123-135. <https://doi.org/10.1109/MITS.2020.2994103>.

9. Kussul, N., Skakun, S., & Kravchenko, O. (2011). Environmental Risk Assessment Using Geospatial Data and Intelligent Methods. International Journal «Information Technologies & Knowledge», 5(2), P. 129-141.
10. National University of Transport, Kyiv, Ukraine, & Koncha, P. (2025). ADAPTING INNOVATIVE ASSESSMENT AND FORECASTING METHODS FOR HIGHWAYS IN UKRAINE. Modern Science, 176. <https://doi.org/10.62204/2336-498X-2025-1-1>.

Дата надходження статті: 27.05.2026

Дата прийняття статті: 30.06.2026

Дата публікації статті: 16.06.2026