ISSN 2522-1205 (Print); ISSN 2522-1213 (Online)

УДК 656:658.7:004.9(477)

Петлін К. В.,
petlinkostantin@gmail.com, ORCID ID: 0009-0005-8916-059X,
здобувач, Приватний вищий навчальний заклад "Європейський університет", м. Київ

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ ТА ПРІОРИТИЗАЦІЯ ЇЇ ВІДНОВЛЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ДРОНІВ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНВИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ НАВІГАЦІЙНИХ ПЛАТФОРМ І СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

Анотація. *У статті досліджено масштаби та характер пошкоджень транспортно-логістичної системи України внаслідок повномасштабної війни та обґрунтовано підходи до визначення пріоритетності її відновлення. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю оперативного оцінювання стану транспортної інфраструктури, забезпечення безперервності логістичних ланцюгів, ефективного використання обмежених ресурсів та формування стійкої моделі післявоєнної відбудови. Проаналізовано основні наслідки воєнних дій для автомобільних доріг, мостів, залізничної інфраструктури, морських портів, логістичних центрів та інших об'єктів транспортної системи. Систематизовано сучасні технологічні інструменти дистанційного моніторингу, зокрема супутникові знімки високої роздільної здатності, безпілотні літальні апарати, геоінформаційні технології, інтелектуальні геоінформаційні навігаційні платформи (ІГНП), фотограмметрію, 3D-моделювання та алгоритми штучного інтелекту і машинного навчання. Обґрунтовано доцільність комплексного використання зазначених технологій для оперативного виявлення пошкоджень, визначення їх масштабу та ступеня критичності, формування цифрових карт стану інфраструктури й оцінювання ризиків. Запропоновано інтегрований підхід до пріоритизації відновлення транспортних об'єктів, що передбачає врахування технічного стану, рівня пошкоджень, значущості об'єкта для транспортних і логістичних потоків, доступності альтернативних маршрутів, соціально-економічного ефекту та безпекових факторів. Визначено ключові напрями модернізації транспортно-логістичної системи України: відбудова та технологічне оновлення інфраструктури, розвиток мультимодальних перевезень, інтеграція до європейської мережі TEN-T, цифровізація логістичних процесів, впровадження інтелектуальних транспортних систем, розвиток "зеленої" логістики та підвищення стійкості критичної інфраструктури. Доведено, що післявоєнне відновлення має ґрунтуватися на принципі "Rebuild Better" та передбачати формування інтегрованої, цифрової, екологічної й адаптивної транспортно-логістичної системи, здатної забезпечувати економічну конкурентоспроможність, гуманітарну та національну безпеку України.*

Ключові слова: транспортно-логістична система, транспортна інфраструктура, воєнні пошкодження, відновлення, дрони, супутникові знімки, геоінформаційна система, ІГНП, штучний інтелект, пріоритизація, цифровізація, TEN-T.

Petlin K. V.,
petlinkostantin@gmail.com, ORCID ID: 0009-0005-8916-059X,
Postgraduate, Private Higher Education Institution "European University", Kyiv

ANALYSIS OF DAMAGE TO THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM OF UKRAINE DURING THE WAR AND PRIORITIZATION OF ITS RECOVERY USING DRONES, INTELLIGENT GEO-INFORMATION NAVIGATION PLATFORMS AND SATELLITE IMAGERY

Abstract. *The article examines the scale and nature of damage to Ukraine's transport and logistics system caused by the full-scale war and substantiates approaches to prioritizing its restoration. The relevance of the study is determined by the need for rapid assessment of the condition of transport infrastructure, ensuring the continuity of logistics chains, efficient allocation of limited resources, and development of a resilient model of post-war reconstruction. The study analyzes the major consequences of military actions for roads, bridges, railway infrastructure, seaports, logistics centers, and other elements of the transport system. Modern technological tools for remote monitoring are systematized, including high-resolution satellite imagery, unmanned aerial vehicles (UAVs), geographic information technologies,*

© Петлін К. В.

intelligent geoinformation navigation platforms (IGNPs), photogrammetry, 3D modeling, and artificial intelligence and machine learning algorithms. The feasibility of an integrated application of these technologies is substantiated to enable the rapid detection of infrastructure damage, assessment of its scale and criticality, generation of digital infrastructure condition maps, and identification of potential risks. An integrated approach to prioritizing the restoration of transport infrastructure facilities is proposed, taking into account their technical condition, degree of damage, importance for transport and logistics flows, availability of alternative routes, socio-economic impact, and security factors. The key directions for modernizing Ukraine's transport and logistics system are identified, including infrastructure reconstruction and technological upgrading, development of multimodal transportation, integration into the Trans-European Transport Network (TEN-T), digitalization of logistics processes, implementation of intelligent transport systems, development of green logistics, and enhancement of critical infrastructure resilience. It is demonstrated that post-war recovery should be based on the "Build Back Better" principle and aimed at creating an integrated, digital, environmentally sustainable, and adaptive transport and logistics system capable of strengthening Ukraine's economic competitiveness, humanitarian resilience and national security.

Keywords: transport and logistics system, transport infrastructure, war-related damage, reconstruction, unmanned aerial vehicles, satellite imagery, geoinformation system, intelligent geoinformation navigation platforms, artificial intelligence, prioritization, digitalization, TEN-T.

JEL Classification: R41, R42, C55, O18, H54
DOI: https://doi.org/10.32782/2522-1205-2026-88-22

Постановка проблеми. Війна на території України призвела до масштабних руйнувань інфраструктури, зокрема транспортно-логістичної системи – доріг, мостів, залізниць. Ефективна і своєчасна оцінка ступеня пошкоджень є критично важливою для забезпечення безперервності логістичних ланцюгів, відновлення економіки, гуманітарної допомоги та стратегічної безпеки держави.

Традиційні методи оцінки пошкоджень, такі як польові огляди та звіти, часто є трудомісткими, небезпечними для інспекторів і не дозволяють отримати оперативні дані, що є особливо актуальним в умовах бойових дій. Впровадження сучасних технологій, а саме: використання безпілотних літальних апаратів (дронів), інтелектуального геоінформаційного простору (ІгНП) та супутникових знімків високої роздільної здатності, – відкриває нові можливості для швидкого, точного і масштабного моніторингу пошкоджень.

Застосування цих технологій дозволяє: оперативно збирати дані про стан транспортної інфраструктури навіть у важкодоступних і небезпечних зонах; автоматизувати обробку та аналіз великих обсягів інформації за допомогою алгоритмів штучного інтелекту і машинного навчання; пріоритезувати об'єкти для відновлення, орієнтуючись на критичність пошкоджень та їх вплив на логістичні потоки; підвищити ефективність планування ресурсів і зменшити терміни відбудови.

Таким чином, дослідження, спрямоване на інтеграцію дронів, ІгНП та супутникових даних у процес аналізу пошкоджень транспорту, має високу соціально-економічну значущість і сприятиме прискоренню відновлення транспортно-логістичної системи України у повоєнний період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми оцінювання пошкоджень інфраструктури України внаслідок війни та застосування сучасних технологій дистанційного моніторингу досліджують Б. Четверіков, О. Прохорчук, Л. Бабій, І. Калинич, які розглядають методи аналізу руйнувань за різночасовими супутниковими знімками та ГІС-технологіями.

Ю. Пушкаренко та В. Заславський досліджують можливості використання даних дистанційного зондування та архітектур глибокого навчання для оцінювання стану територій і виявлення пошкоджених об'єктів, зокрема доріг, мостів та критичної інфраструктури. Н. Куссуль, С. Дрозд та Г. Яїлмова розвивають підходи до автоматизованого виявлення наслідків воєнних дій із використанням супутникових даних і машинного навчання.

Постановка завдання. Завдання дослідження полягає в аналізі характеру та масштабів пошкоджень транспортно-логістичної інфраструктури України, визначенні критеріїв оцінювання критичності її об'єктів та розробленні підходу до пріоритизації їх відновлення на основі інтеграції даних дронів, ІГНП і супутникового моніторингу. Особливу увагу передбачається приділити просторовому аналізу пошкоджень, оцінюванню впливу окремих об'єктів на функціонування логістичних потоків та формуванню обґрунтованої послідовності відновлювальних заходів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Транспортно-логістична система України – це комплекс інфраструктурних об'єктів і сервісів, що забезпечують перевезення вантажів і пасажирів по території країни і транзит між Європою та Азією. Вона включає:

– автомобільні дороги (державні і місцеві);
– залізничні колії – один з найбільших в Європі залізничних комплексів;
– повітряні порти й авіаційні перевезення;
– морські порти (Одеса, Маріуполь, Миколаїв тощо);
– внутрішні водні шляхи;
– логістичні центри і складські комплекси.

Таблиця 1

Аналіз пошкоджень транспортної інфраструктури України під час війни

№	Напрямок	Опис
1	**Масштаби пошкоджень**	26 000 км доріг, 345 мостів, 507 км залізниці зруйновано або пошкоджено
2	**Супутниковий моніторинг**	Оптичні/радарні знімки (Maxar, Airbus, NASA) для фіксації зруйнованих об'єктів
3	**Нічна супутникова зйомка**	Зменшення нічного освітлення – індикатор руйнування (наприклад, Харків - 94%)
4	**Дрони та ІГНП**	Використання БПЛА для 3D-моделей пошкоджених мостів, залізниці, доріг
5	**AI-аналіз пошкоджень**	Алгоритми класифікації рівня руйнувань, автоматичне формування карт
6	**Пріоритизація ремонтів**	Поєднання знімків, моделей та дорожньої доступності для обґрунтування відновлення
7	**Фінансові оцінки відновлення**	Потреби у $38-78 млрд на транспорт, $148 млрд – вся інфраструктура
8	**Дослідження для післявоєнного моделювання**	Інтеграція біоінспірованих алгоритмів у TLS для автоматизованого моніторингу
9	**Платформи для аналізу**	Використання GIS + супутникових зображень + AI у логістиці

Джерело: сформовано автором на основі [1; 6-10].

* *Примітка:*

ІГНП – інтелектуальні геоінформаційні навігаційні платформи;

AI/ML – штучний інтелект і машинне навчання;

GIS – геоінформаційні системи.

Україна до війни мала розвинену залізничну мережу – близько 21 тис. км колій, що активно використовувалася для вантажних і пасажирських перевезень. Автомобільна мережа – понад 170 тис. км, із яких близько 47 тис. км – дороги державного значення. Однак частина доріг перебувала у поганому стані через недофінансування і зношення. Морські порти були основою для експортно-імпортних вантажів, особливо зерна та металів. Логістична інфраструктура, зокрема склади і транспортні хаби, розвивалась, але потребувала модернізації та цифровізації.

Вплив війни на транспортно-логістичну систему має суттєві наслідки, які проявляються у:

– масштабних руйнуваннях доріг, мостів, залізничних колій, портів, а також логістичних центрів;

– заблокуванні чи пошкодженні морських портів, що призвело до переорієнтації вантажопотоків на сухопутні маршрути;

– зниженні пропускної спроможності залізниці через бойові дії;

– порушеннях логістичних ланцюгів, збільшенні часу і вартості перевезень;

– зростанні ролі мультимодальних перевезень (комбінація залізничного, автомобільного і річкового транспорту).

За оцінкою Київської школи економіки (KSE), транспортна інфраструктура зазнала збитків на **$38–40 млрд**, причому:

- ≈ 26 000 км доріг;
- 345 мостів;
- 507 км залізничних колій;
- понад 126 вокзалів та станцій [1-4].

Загальний ремонтний бюджет на транспорт – до **$78 млрд** за оцінкою Світового банку.

За даними CEPA, загальні витрати на інфраструктуру – $148 млрд, з них $39.9 млрд – на транспорт: $27 млрд дороги, $4.3 млрд залізниці, $0.85 млрд морські/портові об'єкти [5]

Пропонуємо структурований огляд підходів до аналізу пошкоджень транспортної інфраструктури (доріг, мостів, залізниць) в Україні під час війни із застосуванням дронів, ІГНП і супутникових технологій:

1. Використання супутникових знімків. Супутникові знімки давно перестали бути виключно інструментом для метеорології чи геодезії. Сьогодні вони є критично важливим джерелом інформації для безпекового, гуманітарного, екологічного та інфраструктурного моніторингу, особливо в умовах воєнного конфлікту, надзвичайних ситуацій або комплексного відновлення територій.

Типи супутникових знімків і їх функціональність:

- Оптичні знімки (у видимому спектрі) мають високу деталізацію (до 30 см/піксель – наприклад, Maxar, Airbus). Ідеальні для виявлення фізичних руйнувань: зруйновані будинки, воронки від вибухів, пожежі. Застосовуються для порівняльного аналізу "до/після".

- Інфрачервоні й мультиспектральні знімки дають змогу бачити теплові аномалії, вогнища пожеж, втрати тепла з будівель, наявність вологи в ґрунті. Виявляють перевантаження об'єктів або їх пошкодження, непомітні у звичайному спектрі.

- Нічні (low-light) знімки дають змогу оцінити ступінь електрифікації території – де залишилося світло, де сталися повні відключення. Особливо

важливі для виявлення гуманітарних криз (відсутність освітлення – можливий індикатор катастрофічної ситуації).

- Радіолокаційні знімки (SAR) працюють навіть вночі або через хмари/дим, незалежно від погодних умов. Дають можливість вимірювати зміщення поверхні (просідання ґрунту, деформації дамб, мостів, залізничних насипів).

Ключовими напрямами застосування супутникових знімків є: *моніторинг руйнувань і бойових наслідків* (виявлення зруйнованих об'єктів інфраструктури; фіксація нових окопів, траншей, складів боєприпасів; оцінка площі ушкоджених територій); *аналіз безпеки територій* (виявлення непридатних до пересування шляхів; аналіз перекритих доріг, підтоплень, завалів, нових ландшафтних бар'єрів; створення цифрових карт ризиків для військових і рятувальників); *пріоритизація ремонтів та інфраструктурного відновлення* (використання знімків для оцінки масштабу пошкоджень і планування ресурсів; формування черги об'єктів для тимчасових чи капітальних ремонтів; визначення зон з критичним значенням для логістики чи евакуації); *гуманітарне планування та оцінка потреб населення* (виявлення місць масового скупчення переміщених осіб; аналіз стану житлового фонду, наявності безпечних укриттів; підготовка даних для міжнародних гуманітарних місій); *контроль транспортних і енергетичних коридорів* (оцінка пошкоджених або заблокованих логістичних артерій; визначення стану ЛЕП, трубопроводів, залізничних колій; виявлення пошкоджень на великій відстані без виїзду на місце).

Переваги використання супутникових знімків: дистанційність, оперативність, масштабність, порівнюваність у часі, інтегрованість із GIS.

2. Застосування дронів і ІГНП розширює можливості дистанційного інженерного контролю критичної інфраструктури.

У кризових умовах – під час бойових дій або після стихійних лих – традиційні методи інспекції інфраструктури часто є небезпечними, повільними або фізично неможливими. Технології дронів та ІГНП (інспекція з геоприв'язкою) забезпечують безпечний, високоточний і масштабований інструмент для оцінки стану інженерних об'єктів, зокрема мостів, опор, залізничних насипів, тунелів тощо.

Технології дронів та ІГНП дають можливість реалізовувати низку завдань, що включають:

А. Фотограмметрія з дронів – цифрове "сканування" об'єктів. Фотограмметрія – це метод побудови 3D-моделей об'єктів на основі великої кількості аерофотознімків з різних ракурсів. Сучасні дрони:

– знімають об'єкти з високою роздільною здатністю (до 1–2 см/піксель);
– використовують LiDAR або мультиспектральні сенсори для кращої деталізації;
– дають змогу створити точні 3D-моделі мостів, шляхопроводів, насипів, дамб тощо.

Б. AI-аналітика – швидка й точна оцінка стану конструкцій. Інтеграція з алгоритмами штучного інтелекту дозволяє:

– автоматично виявляти пошкодження: тріщини, зсуви, викривлення, просідання;
– порівнювати з попередніми облітами: виявлення нових дефектів, оцінка прогресу руйнувань;
– класифікувати ризики: визначати, чи конструкція потребує негайного втручання чи контрольного моніторингу.

В. Геоприв'язана інспекція (ІГНП) – збереження точності та контексту/ Усі фото, відео та моделі мають точну геоприв'язку до координат, що забезпечує:

– фіксацію об'єктів у GIS-системах;
– можливість віддаленого технічного аудиту інженерами та спеціалістами;
– прозору документацію стану інфраструктури для міжнародної звітності чи фінансування (наприклад, для донорів, урядових агентств, партнерів з ЄС).

Перевагами зазначеного підходу в умовах обмежень та загроз є: безпечність, швидкість, масштабованість, уніфікованість даних.

3. Пріоритизація ремонтів. В умовах масових руйнувань інфраструктури – транспортної, енергетичної, комунальної – ресурси для ремонту та відновлення обмежені. Тому ключовим завданням стає правильне ранжування об'єктів: де потрібне оперативне втручання, а де – стратегічне відновлення. Це можливо завдяки інтеграції багатьох джерел даних, що дозволяє комплексно оцінити стан об'єктів.

Пріоритизація ремонтів полягає у комбінуванні даних, а саме: через супутники можливо дізнатися масштаб пошкоджень, прицільне направлення дронів дає можливість перевірити вразливі точки, нічні знімки дають можливість оцінити втрати життєздатності мереж. Це дозволяє ранжувати об'єкти – хто вразливий найбільше, де потрібні тимчасові ремонти, де – капітальний відновлювальний ремонт.

Перевагами підходу є: ефективне використання ресурсів; мінімізація втрат серед цивільного населення; швидке реагування в режимі реального часу; можливість моделювання сценаріїв.

Таблиця 2

Напрями відновлення та модернізації транспортно-логістичної системи (ТЛС) України у повоєнний період

Напрям	Суть
Інфраструктурна відбудова та модернізація	
Капітальний ремонт доріг та мостів	Пріоритет – національні артерії (М-03, М-06, М-14), ремонт мостів через Дніпро, поновлення пропускної спроможності
Залізнична реконструкція	Широкий перехід на євроколію (1435 мм), електрифікація, відновлення вузлів і станцій
Порти та річковий транспорт	Відновлення морських портів (Одеса, Чорноморськ, Ізмаїл), розвиток Дунаю як альтернативи Чорному морю
Аеропорти	Повна реконструкція зруйнованих аеропортів (Гостомель, Харків, Миколаїв), з акцентом на безпеку й двофункціональність (цивільний/військовий)
Євроінтеграція та мультимодальна інтеграція з ЄС	
Приєднання до TEN-T	Повна інтеграція в європейську транспортну мережу TEN-T (транс'європейські коридори)
Прикордонна логістика	Розвиток мультимодальних терміналів у прикордонних регіонах (Львів, Волинь, Закарпаття)
Гармонізація стандартів	Перехід на стандарти вантажоперевезень і митного оформлення ЄС
Цифровізація та автоматизація логістики	
Інтелектуальні транспортні системи (ITS)	Впровадження електронного моніторингу, управління трафіком, AI-рішень для оптимізації маршрутів
Цифрові логістичні платформи	Єдина платформа для контролю руху вантажів, інтеграція з митницею та супутниковим моніторингом
Автоматизоване управління інфраструктурою	Дрони та цифрові двійники (digital twins) для моніторингу стану доріг, мостів, залізниці
Екологічна трансформація та "зелена логістика"	
Збільшення частки залізничного та водного транспорту	Стратегія зменшення навантаження на автодороги та CO_2 викидів
Електротранспорт	Електрифікація вантажного і пасажирського транспорту (електрофури, трамвай-вантажоперевезення у містах)
Інвестиції в альтернативну енергію	Розгортання зарядної інфраструктури, розвиток водневих перевезень
Стійкість, безпека і військово-логістичний компонент	
Зміцнення критичних вузлів	Побудова резервних маршрутів, захищених логістичних коридорів
Військово-цивільна логістика	Універсальна транспортна інфраструктура, здатна обслуговувати як цивільні, так і оборонні потреби
Протимінні маршрути	Маршрути, сертифіковані як безпечні для перевезень після розмінування
Інституційне оновлення та інвестиційна мобілізація	
Приватно-державне партнерство (PPP)	Розвиток концесійних доріг, портів, логістичних хабів
Міжнародні фінансові програми	Залучення коштів Світового банку, ЄІБ, EBRD, USAID
Реформа управління ТЛС	Централізація управління інфраструктурними проєктами, прозорість процедур закупівель

* *Джерело:* сформовано автором на підставі проведених досліджень.

4. Інструментальна взаємодія є комплексним підходом до оцінки та планування територій у кризових умовах. У сучасних умовах війни, гібридних загроз і постійно змінюваної обстановки на місцевості критично важливо мати надійний технологічний інструментарій для виявлення, аналізу й реагування на ситуації в режимі реального часу. Йдеться про інтеграцію різнорідних платформ – супутникових, аеророзвідувальних, аналітичних та геоінформаційних – у єдину систему прийняття рішень. Вона передбачає:

А. Супутниковий моніторинг. Супутникові знімки з високою роздільною здатністю дозволяють оперативно виявляти пошкодження інфраструктури, зміни в рельєфі чи навколишньому середовищі, а саме:

– виявлення зруйнованих доріг, мостів, будівель;

– фіксація динаміки змін – до/після атаки;

– моніторинг руху техніки або зміни природного середовища (наприклад, підтоплення, лісові пожежі).

Б. Прицільне направлення дронів. На основі супутникових даних здійснюється вибіркове скерування дронів для підтвердження вразливих точок (аеророзвідка з високою точністю; збір додаткових

даних з критичних об'єктів, виявлення прихованих пошкоджень, які не видно із супутника (наприклад, структурні тріщини або мінування).

В. Автоматизований аналіз із використанням штучного інтелекту (AI). Інтеграція супутникових і дронових даних у систему автоматичної обробки дає можливість:

– класифікувати об'єкти: розрізнення житлових будинків, техніки, інфраструктурних елементів;

– аналізувати ступінь пошкоджень: від мінімального до критичного;

– формувати 3D-моделі місцевості: точне відтворення об'єктів для планування реконструкції;

– створювати карти ризиків: ідентифікація зон з високим рівнем небезпеки (небезпека обвалу, залишкова мінна загроза, блоковані маршрути).

Г. Інтеграція в GIS-інструменти для стратегічного планування. На основі оброблених даних GIS-системи дозволяють моделювати сценарії розвитку та ухвалювати оперативні рішення:

– планування "зелених коридорів" – безпечні маршрути для евакуації, доставки гуманітарної допомоги або проходження цивільного транспорту;

– позначення пріоритетних транспортних артерій – відновлення доріг, мостів, залізничних вузлів для забезпечення логістики військових та цивільних структур;

– оптимізація маршрутизації – врахування небезпечних зон, заторів, перепон;

– синхронізація з картами ремонту та відновлення.

Такий інтегрований підхід до інструментальної взаємодії дозволяє не тільки швидко реагувати на зміни в умовах воєнного або надзвичайного стану, а й ефективно планувати відновлення територій із мінімальними ризиками для людей і ресурсів.

Комбіноване застосування супутників, дронів, AI та ІГНП ефективно масштабує оцінки. Цей підхід забезпечує швидкі, безпечні, точні інспекції та обґрунтовану пріоритизацію ремонтів. Він необхідний для стратегічного планування рятувальних і реконструкційних робіт, адже дозволяє: економити ресурси; уникати людських жертв; звітувати донорам із чіткими доказами.

Основні напрями відновлення та модернізації транспортно-логістичної системи (ТЛС) України у повоєнний період сформовано на основі аналітики Світового банку, урядових стратегій та європейських програм інтеграції (табл. 2).

Після масштабних руйнувань, спричинених повномасштабною війною, транспортно-логістична система України постає не лише як об'єкт відновлення, а як стратегічна точка перезапуску країни. Інфраструктура стала мішенню, а тепер має стати опорою відбудови – економічної, соціальної та політичної.

Відбудова ТЛС – це не просто повернення до довоєнного стану, а вікно можливостей для її радикального переосмислення. Україна має шанс побудувати транспортну систему, яка буде: стійкою до загроз, інтегрованою в Європу, екологічною та цифровою, економічно ефективною і соціально орієнтованою.

Відбудова ТЛС має ґрунтуватися на принципі "Rebuild Better" – побудувати кращу систему, ніж була, а саме:

– Системну – побудовану на довгостроковій логіці, а не ситуативному латанні.

– Мережеву – інтегровану на національному та міжнародному рівнях.

– Цифрову – з можливістю дистанційного моніторингу, прогнозування та оптимізації.

– Стійку до ризиків – проєктовану з урахуванням загроз: воєнних, кліматичних, техногенних.

Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Нами окреслено чотири вектори відновлення ТЛС України, зокрема:

- Європейська інтеграція (включення в коридори TEN-T (зокрема, Балтійське-Чорне море); перехід на європейські стандарти (швидкість, навантаження, безпека); розвиток прикордонної інфраструктури та мультимодальних вузлів для торгівлі з ЄС).

- Екологічна стійкість (розвиток залізничного та водного транспорту – як альтернатива автоперевезенням; використання відновлюваних матеріалів у будівництві (перероблений асфальт, бетон); створення зелених логістичних центрів з нульовим викидом вуглецю).

- Безпека та адаптивність (проєктування живучої інфраструктури: з подвійним призначенням, укриттями, захистом від атак; альтернативні маршрути та резервні логістичні коридори; інфраструктура для оперативної евакуації, гуманітарних місій, військової мобільності).

- Цифрова трансформація (інтелектуальні транспортні системи (ITS) – управління рухом, навігація, аналітика; GIS-платформи для моніторингу стану об'єктів, прогнозування пошкоджень; використання AI, дронів і супутникових знімків для дистанційної інспекції та планування).

Повоєнна транспортно-логістична система України має перетворитися з вразливої, переобтяженої та фрагментованої в інтегровану з Європою транспортну артерію; гаранта гуманітарної та військової безпеки; каталізатор сталого економічного розвитку; платформу для технологічних інновацій і цифрового управління.

Сьогоднішні інвестиції в інфраструктуру – це вклад у завтрашню безпеку, конкурентоспроможність і гідне європейське майбутнє.

ЛІТЕРАТУРА

1. Critical infrastructure: How to diagnose damage using drones and artificial intelligence. *National Research Foundation of Ukraine.* 2023, November 29. URL: https://nrfu.org.ua/en/news-en/critical-infrastructure-how-to-diagnose-damage-using-drones-and-artificial-intelligence/.

2. Russia-Ukraine war: Three years of fighting in satellite images. *Al Jazeera.* 2025, February 24.

URL: https://www.aljazeera.com/news/ long-form/2025/2/24/russia-ukraine-war-three-years-of-fighting-in-satellite-images.

3. Cherniavskyi B. Integration of Drones and Bio-Inspired Algorithms into Intelligent Transportation Logistics Systems for Post-war Remediation of Ukraine. In: Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort. Cham: Springer, 2025. P. 426-437. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-87379-9_39.

4. Як супутникові технології змінюють Україну: від зон бойових дій до пшеничних полів. *TS2 Space* (n.d.). URL: https://ts2.tech/uk/.

5. Greene S., Ribakova E., Rzegocki S. et al. Resilience, Reconstruction, Recovery: The Path Ahead for Ukraine. Washington, DC: Center for European Policy Analysis, 2024. URL: https://cepa.org/comprehensive-reports/resilience-reconstruction-recovery-the-path-ahead-for-ukraine/.

6. Russia Will Pay: Damages Assessment Report. February 2024. Kyiv School of Economics Institute, 2024. URL: https://kse.ua/ua/russia-will-pay/.

7. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022–December 2023. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, United Nations. Washington, DC: World Bank, 2024. URL: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released.

8. Trans-European Transport Network (TEN-T). *European Commission (n.d.).* URL: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en.

9. Russia-Ukraine War: Three Years of Fighting in Satellite Images. *TS2 Tech.* 2025. URL: https://ts2.tech/.

10. Satellite Imagery and Geospatial Intelligence. *Maxar Technologies (n.d.).* URL: https://www.maxar.com/.

REFERENCES

1. Critical infrastructure: How to diagnose damage using drones and artificial intelligence. 2023, November 29, *National Research Foundation of Ukraine*, available at: https://nrfu.org.ua/en/news-en/critical-infrastructure-how-to-diagnose-damage-using-drones-and-artificial-intelligence/.

2. Russia-Ukraine war: Three years of fighting in satellite images. 2025, February 24, *Al Jazeera*, available at: https://www.aljazeera.com/news/ long-form/2025/2/24/russia-ukraine-war-three-years-of-fighting-in-satellite-images.

3. Cherniavskyi B. (2025), Integration of Drones and Bio-Inspired Algorithms into Intelligent Transportation Logistics Systems for Post-war Remediation of Ukraine, In: Intelligent Transport Systems: Ecology, Safety, Quality, Comfort, *Springer*, Cham, p. 426-437. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-87379-9_39.

4. Yak suputnykovi tekhnolohii zminiuiut Ukrainu: vid zon boiovykh dii do pshenychnykh poliv (n.d.), *TS2 Space*, available at: https://ts2.tech/uk/.

5. Greene S., Ribakova E., Rzegocki S. et al. (2024), Resilience, Reconstruction, Recovery: The Path Ahead for Ukraine, *Center for European Policy Analysis*, Washington, DC, available at: https://cepa.org/comprehensive-reports/resilience-reconstruction-recovery-the-path-ahead-for-ukraine/.

6. Russia Will Pay: Damages Assessment Report. February 2024 (2024), *Kyiv School of Economics Institute*, available at: https://kse.ua/ua/russia-will-pay/.

7. Ukraine Third Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3): February 2022-December 2023 (2024), World Bank, Government of Ukraine, European Commission, United Nations, *World Bank*, Washington, DC, available at: https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2024/02/15/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released.

8. Trans-European Transport Network (TEN-T) (n.d.), *European Commission*, available at: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en.

9. Russia-Ukraine War: Three Years of Fighting in Satellite Images (2025), *TS2 Tech*, available at: https://ts2.tech/.

10. Satellite Imagery and Geospatial Intelligence (n.d.), *Maxar Technologies*, available at: https://www.maxar.com/.

Стаття надійшла: 03.08.2026
Стаття прийнята: 17.09.2026
Стаття опублікована: 20.10.2026