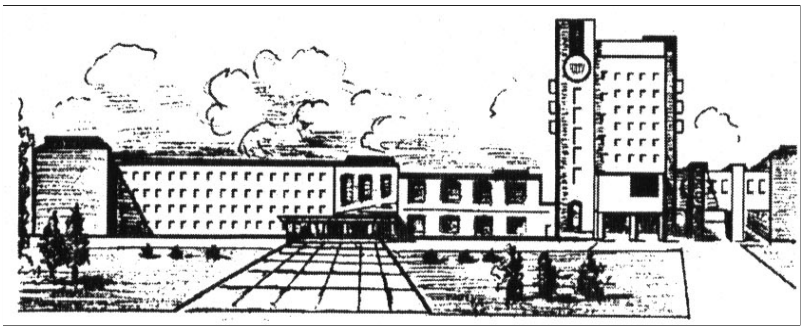
ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 1(39)

65
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Чернігів 2025

УДК 62:67.05
Т38
DOI: 10.25140/2411-5363-2025-1(39)

Друкується за рішенням вченої ради Національного університету «Чернігівська політехніка» (протокол № 4 від 31.03.2025 р.). Науковий журнал «Технічні науки та технології» внесено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого Наказом Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 р. № 975 (зі змінами від 09.02.2021 № 157), відповідно до якого журналу надано категорію «Б».

Технічні науки та технології : науковий журнал / Національний університет «Чернігівська політехніка». – Чернігів : НУ «Чернігівська
Т38 політехніка», 2025. – № 1(39). – 378 с.

У журналі вміщено статті, присвячені теоретичним та експериментальним дослідженням у науковому напрямі «Технічні науки» за спеціальностями: прикладна механіка, матеріалознавство, машинобудування, інформаційно-комп'ютерні технології, електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, хімічні та харчові технології, будівництво та геодезія. Статті прорецензовані провідними вченими у відповідних галузях знань.

Журнал «Технічні науки та технології» буде корисним для науковців, науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та студентів технічних спеціальностей закладів вищої освіти.

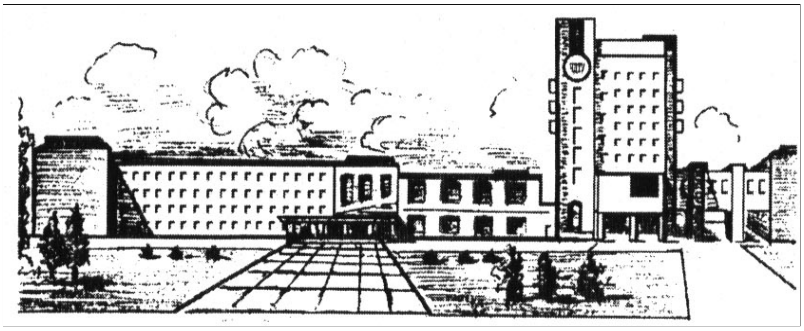
УДК 62:67.05

Головний редактор:
Казимир В. В., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка».
Заступник головного редактора:
Болотов М. Г., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка».
Члени редакційної колегії:
Прикладна механіка, матеріалознавство та машинобудування
Бойко С. В., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Болотов Г. П., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Дмитрієв Д. О., доктор технічних наук, професор, Херсонський національний технічний університет;
Єрошенко А. М., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Кальченко В. В., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Кальченко В. І., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Марков О. Є., доктор технічних наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія;
Новомлинець О. О., доктор технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Пилипенко О. І., доктор технічних наук, професор, почесний член редколегії;
Повстяной О. Ю., доктор технічних наук, доцент, Луцький національний технічний університет;
Сапон С. П., кандидат технічних наук, доцент, КПІ ім. Ігоря Сікорського;
Сіра Н. М., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Федориненко Д. Ю., доктор технічних наук, професор, Tohoku University, Японія;
Ющенко С. М., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Michał Bembenek, Doctor of Engineering Sciences, Professor, AGH University of Krakow (Krakow, Poland).
Інформаційно-комп`ютерні технології
Азаров О. Д., доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет;
Дорош М. С., доктор технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Єременко В. С., доктор технічних наук, професор, КПІ ім. Ігоря Сікорського;
Зайцев С. В., доктор технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Казимир В. В., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Криворучко О. В., доктор технічних наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України;
Мелешко Є. В., доктор технічних наук, професор, Центральноукраїнський національний технічний університет;
Павленко П. М., доктор технічних наук, професор, Державний університет «Київський авіаційний інститут»;
Семенов С. Г., доктор технічних наук, професор, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця;
Цюцюра С. В., доктор технічних наук, професор, Державний торговельно-економічний університет.
Енергетика, електротехніка та електромеханіка
Вінніков Д., доктор технічних наук, професор, Таллінський університет технологій (Естонія);
Волков І. В., доктор технічних наук, професор, Інститут електродинаміки НАН України;
Галкін І., доктор технічних наук, професор, Ризький технічний університет (Латвія);
Гусев О. О., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Денисов Ю. О., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Приступа А. Л., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Ромеро-Кадавал Е., доктор технічних наук, професор, Університет Естремадури (Іспанія);
Степенко С. А., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка».
Хімічні та харчові технології
Антонюк І. Ю., кандидат технічних наук, доцент, Державний торговельно-економічний університет;
Буяльська Н. П., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Гуменюк О. Л., кандидат хімічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Дударєв І. М., доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет;
Звірко О. І., доктор технічних наук, професор, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України;
Плаван В. П. доктор технічних наук, професор, Київський національний університет технологій та дизайну;
Самохвалова О. В., кандидат технічних наук, професор, Харківський державний університет харчування та торгівлі;
Сиза О. І., доктор технічних наук, професор, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка;
Трус І. М., доктор технічних наук, доцент, КПІ ім. Ігоря Сікорського;
Цибуля С. Д., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Челябієва В. М., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Будівництво та геодезія
Білик С. І., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;
Крячок С. Д., кандидат технічних наук;
Михайловський Д. В., доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури;
Паляниця Б. Б., кандидат технічних наук, доцент, НУ «Львівська політехніка»;
Савенко В. І., кандидат технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;
Сахно Є. Ю., доктор технічних наук, професор, НУ «Чернігівська політехніка»;
Терещук О.І. кандидат технічних наук, доцент, НУ «Чернігівська політехніка»;
Шульц Р. В., доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури;
Юрченко В. В., доктор технічних наук, доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури.

© НУ «Чернігівська політехніка», 2025

ISSN 2411-5363 (print)
ISSN 2519-4569 (online)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
CHERNIHIV POLYTECHNIC NATIONAL UNIVERSITY



TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 1(39)

65
CHERNIHIV POLYTECHNIC
NATIONAL UNIVERSITY

Chernihiv 2025

UDC 62:67.05
DOI: 10.25140/2411-5363-2025-1(39)

Published by the decision of the Academic Council of the Chernihiv Polytechnic National University (protocol № 13 dated 23.12.2024). Scientific journal "Technical sciences and technologies" is included into the list of scientific specialized editions of Ukraine, approved by the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated July 11, 2019 № 975 (as amended from February 9, 2021 № 157), according to which magazine is assigned a category «B».

Technical sciences and technologies : scientific journal / Chernihiv Polytechnic National University. – Chernihiv : Chernihiv Polytechnic National University, 2025. – № 1(39). – 378 p.

This journal contains articles devoted to theoretical and experimental research in the scientific direction "Technical Sciences" by specialties: applied mechanics, materials science and machine building, information and computer technologies, electric power engineering, electrical engineering and electromechanical engineering, chemical and food technologies, construction and geodesy. The articles are reviewed by leading scientists in relevant fields of knowledge.

Journal "Technical sciences and technologies" will be useful for the scientific and technical workers, postgraduates, master students and students of higher technical educational establishment.

UDC 62:67.05

Editor in chief:
Kazymyr V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernihiv Polytechnic National University.
Deputy Editor in chief:
Bolotov M.G., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Chernihiv Polytechnic National University.
Members of the Editorial Board:
Applied mechanics, materials science and machine building
Boyko S.V., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Bolotov H.P., Doctor of Technical Sciences, Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Dmytriiev D.O., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kherson National Technical University;
Yeroshenko A.M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Kalchenko V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Kalchenko V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Markov O.Ye., Doctor of Technical Sciences, Professor, Donbaska derzhavna mashynobudivna akademiia;
Novomlynets O.O., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Pilipenko O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honorary Member of the Editorial Board;
Povstianoi O.Yu., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lutsk National Technical University;
Sapon S.P., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute;
Sira N.M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University»;
Fedorynenko D.Yu. Doctor of Technical Sciences, Professor, Tohoku University, Japan;
Yushchenko S.M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University»;
Michał Bembenek, Doctor of Engineering Sciences, Professor, AGH University of Krakow (Krakow, Poland).
Information and computer technologies
Azarov O.D., Doctor of Technical Sciences, Professor, Vinnytsia National Technical University;
Dorosh M.S., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University»;
Yeremenko V.S., Doctor of Technical Sciences, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute;
Zaitsev S.V., Doctor of Technical Sciences, Chernihiv Polytechnic National University.
Kazymyr V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernihiv Polytechnic National University;
Kryvoruchko O.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life Resources and Environmental Management of Ukraine;
Meleshko Ye.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Central Ukrainian National Technical University;
Pavlenko P.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, State University "Kyiv Aviation Institute";
Semenov S.H., Doctor of Technical Sciences, Professor, Semyon Kuznets Kharkiv National Economic University;
Tsiutsiura S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, State Trade and Economic University.
Power engineering, electrical engineering and electromechanical engineering
Vinnikov D., Doctor of Science, Senior Researcher, Head of Power Electronics R&D Group, Tallinn University of Technology, Tallinn, Estonia;
Volkov I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine;
Galkin I., Doctor of Science, Professor, Riga Technical University, Riga, Latvia;
Husev O.O., PhD in Technical Sciences, Associate Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Denysov Yu.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chernihiv Polytechnic National University;
Prystupa A.L., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University;
Romero-Cadaval E., Doctor of Science, Professor, University of Extremadura, Badajoz, Spain;
Stepenko S.A., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University.
Chemical and food technologies
Antoniuk I.Yu., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, State University of Trade and Economics;
Buialska N.P., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University;
Gumeniuk O.L., PhD in Chemical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University;
Dudarev I.M., Doctor of Technical Science, Professor, Lutsk National Technical University;
Zvirko O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine;
Plavan V.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyiv National University of Technologies and Design;
Samokhvalova O.V., PhD in Technical Sciences, Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade;
Syza O.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Taras Shevchenko National University «Chernihiv Collegium»;
Trus I. M., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute;
Tsybulia S.D., Doctor of Technical Sciences, Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Cheliabiieva V.M., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University.
Construction and geodesy
Bilyk S.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture;
Kriachok S.D., PhD in Technical Sciences;
Mykhailovskyi D.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture;
Paliansia B.B., PhD in Technical Sciences, PhD in Technical Sciences, Lviv Polytechnic National University;
Savenko V.I., PhD in Technical Sciences, Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture;
Sakhno E.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor; Chernihiv Polytechnic National University;
Shults R.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Kyiv National University of Construction and Architecture;
Tereshchuk O.I., PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chernihiv Polytechnic National University
Yurchenko V.V., Doctor of Technical Sciences, PhD in Technical Sciences,Kyiv National University of Construction and Architecture.

© Chernihiv Polytechnic National University, 2025



ЗМІСТ

РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

Болотов Г. П., Болотов М. Г., Гречка В. В., Ососок М. О. Конструктивні особливості установок для дифузійного зварювання в тліючому розряді. 9

Гапонова О. П., Тарельник В. Б., Тарельник Н. В., Лапоног Г. П., Торгачов Д. В. Підвищення гідроабразивної зносоійкості робочих поверхонь комбінованими методами на основі електроіскрового легування і лазерного оброблення. 22

Зенкін М. А., Шведченко О. І. Вплив конструктивних особливостей механічних приводів рулонних друкарських машин на точність суміщення фарб 32

Регей І. І., Книш О. Б., Книш Р. О., Терновий А. М., Романчук І. О. Аналітична оцінка лінійного зміщення центра маси натискного сегмента в процесі штанцювання розгорток картонного паковання. 42

Сахно Є. Ю. Моделювання процесів роботи модернізованого гідростатичного підшипника з використанням елементів теорії графів 50

Васильєв О. С., Яковенко А. М. Визначення кінетичної енергії вібраційної машини ВП-10 ..... .59

Верба І. І., Даниленко О. В. Відновлення верстатобудування – умова розвитку промисловості України. 69

Кагляк О., Козирєв О., Ключников Ю. В., Левко К., Савченко О., Мельник О. Формування листових матеріалів з вуглецевих сталей за допомогою лазерного циклічного опромінювання. 85

Шаповал М. В., Михайлик В. Г., Криворот А. І. Аналіз конструкції гідроприводного розчинонасоса з різними комбінованими компенсаторами 98

Шваб С. Л., Ворон М. М., Тимошенко А. М., Семенко А. Ю., Скоробагатько Ю. П., Смірнов О. М. Особливості структуро- та фазоутворень у зварних з'єднаннях високомарганцевої сталі Fe-28Mn-11Al-1.2C, отриманих за допомогою присадного дроту Св-08Г2С-О. 109

Вовк О. В. Підвищення ефективності шліфування плоских поверхонь шляхом регулювання температури різання. 119

РОЗДІЛ ІІ. ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Самойленко О. В., Бєляєва А. Ю., Бородій Ю. П. Використання цифрових інструментів для засвідчення об'єктів права інтелектуальної власності 125

Жданова О. Г., Рибачук Л. В., Рябчун В. С., Малярчук Т. В. Задача максимізації зваженої кількості об'єктів, обстежених дроном 134

Журко Д. О., Білоус І. В. Математичне моделювання вібраційної площадки з регульованими за жорсткістю пружними опорами 151

Зінченко П. В., Мехед Д. Б. Оптимізація запитів GraphQL 161

Підлісний Ю. І. Аудит мереж інтернету речей: оцінка вразливостей та захист від кібернападів 170

Zlobin M., Bazylevych V. Systematic review of deep and machine learning for financial modeling 184

Masol A. The strategy for developing a recommendation system based on big data analytics in e-commerce 196

Velihorskyi B., Baida V., Khomenko M. Practical aspects for creating user interface of remote electronics laboratory. 206

РОЗДІЛ ІІІ. ХІМІЧНІ ТА ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Філінська Т. Г., Філінська А. О. Емульсії пікерінга. Перспективи використання в майонезному виробництві 218

Буяльська Н. П., Денисова Н. М., Кузін А. О. Зниження впливу шкідливих антропогенних факторів на людину шляхом розробки раціону харчування в умовах забруднення ґрунту відходами війни 230

Zamay Zh., Ignatenko A. Physico-chemical and microbiological quality indicators of fermented walnut milk-based drink. 243

Губа С. О., Болгова Н. В., Демидова Є. В., Губа О. О. Розробка рецептури суміші для протеїнового коктейлю з підвищеною біологічною цінністю. 255

РОЗДІЛ IV. ЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Денисов Ю. О., Єрмолов С. В. Шляхи підвищення ефективності БПЛА мультироторного типу в сільському господарстві. 266

Шаповал С. П., Мисак С. Й. Теплова ефективність гібридного фотоелектричного геліоколектора для енергоефективних систем енергопостачання. 278

Шинкаренко В. Ф., Шиманська А. А., Котлярова В. В. Принцип інверсії в структурній організації і еволюції електромеханічних перетворювачів енергії 291

Стрункін Г. М. Обмежувач напруги для тягових підстанцій міського електротранспорту 307

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

Боровий В. О., Браславська О. В., Рожі Т. А. Супутникове та БПЛА-знімання як інструменти моніторингу земельних ресурсів: сучасні технології та їх застосування в Україні. 315

Зацерковний В. І., Ніколюк І. Р. Використання БПЛА для виявлення вибухонебезпечних предметів та побудови карт при гуманітарному розмінуванні 328

Горюн О. О. Особливості розповсюдження просочувальних рідин у процесі імпульсного імпрегнування бетону. 346

Зуска А. В., Янкін О. Є., Чайка Т. М. Вплив роздільної здатності матриць цифрових фотокамер на точність топографічного зображення. 355

Гамаюн І. В., Пілічева М. О. Аналіз можливості застосування даних з відкритих джерел для формування бази геопросторових даних територіальної громади. 365

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ТА ПОДАЧІ РУКОПИСІВ СТАТЕЙ 377

CONTENT

SECTION I. APPLIED MECHANICS, MATERIALS SCIENCE AND MACHINE BUILDING

Bolotov G., Bolotov M., Grechka V., Ososok M. Design features of devices for diffusion welding in a glowing discharge 9

Haponova O., Tarelnyk V., Tarelnyk N., Laponog G., Torhachov D. Increasing the hydroabrasive wear resistance of surfaces by combined methods based on electrospark alloying and laser treatment 22

Zenkin M., Shvedchenko O. The influence of design features of mechanical drives of roll-wrap printing machines on the accuracy of color registration 32

Rehei I., Knysh O., Knysh R., Ternovyi A., Romanchuk I. Analytical assessment of the linear displacement of the center of mass of the pressure segment during the die-cutting process of cardboard packaging blanks 42

Sakhno Ye. Modeling of working processes of a modernized hydrostatic bearing using elements of graph theory 50

Vasyliev O., Yakovenko A. Determination of kinetic energy of vibrating machine VP-10 59

Verba I., Danylenko O. Restoration of machine tool production as a prerequisite for industry development in Ukraine 69

Kaglyak O., Kozyrev O., Klychnykov Yu., Levko K., Savchenko O., Melnyk O. Laser forming of carbon steel sheets by cicled laser irradiation 85

Shapoval M., Mykhaylik V., Kryvorot A. Vibrating machine for surface preparation and sealing 98

Schwab S., Voron M., Tymoshenko A., Semenko A., Skorobagatko Yu., Smirnov O. Features of the structure and phase formation of welded joints of high-manganese steel Fe-28Mn-11Al-1.2C obtained by Sv-08G2S-O filler wire 109

Vovk O. Increasing the efficiency of grinding flat surfaces by adjusting the cutting temperature 119

SECTION II. INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGIES

Samoilenko O., Bieliaieva A., Borodii Yu. Using digital technologies to certify intellectual property rights 125

Zhdanova O., Rybachuk L., Riabchun V., Maliarchuk T. The problem of maximizing the weighted number of objects surveyed by the drone 134

Zhurko D., Bilous I. Using word embedding models in natural language processing 151

Zinchenko P., Mekhed D. Optimization of GraphQL queries 161

Pidlisnyi Yu. Audit of IoT networks: assessing vulnerabilities and protecting against cyber attacks 170

Zlobin M., Bazylevych V. Systematic review of deep and machine learning for financial modeling 184

Masol A. The strategy for developing a recommendation system based on big data analytics in e-commerce 196

Velihorskyi B., Baida V., Khomenko M. Practical aspects for creating user interface of remote electronics laboratory 206

SECTION III. CHEMICAL AND FOOD TECHNOLOGIES

Filinska T., Filinska A. Pickering emulsions. Prospects of use in mayonnaise production 218

Buialska N., Denisova N., Kuzin A. Reducing the influence of harmful anthropogenic factors on a human by developing a diet in the case of soil contaminated by war waste 231

Zamay Zh., Ignatenko A. Physico-chemical and microbiological quality indicators of fermented walnut milk-based drink 243

Huba S., Bolhova N., Demydova Ye., Huba O. Development of the recipe for protein cocktail with increased biological value 255

SECTION IV. ENERGY, ELECTRICAL ENGINEERING AND ELECTROMECHANICS

Denisov Yu., Yermolov S. Ways to increase the activity of multi-rotor UAVs in agriculture 266

Shapoval S., Mysak S. Thermal efficiency of a hybrid photovoltaic solar collector for energy-efficient power supply systems 278

Shynkarenko V., Shymanska A., Kotliarova V. The inversion principle in the structural organization and evolution of electromechanical energy converters 291

Strunkin H. Voltage limiter for urban electric transport traction substations 307

SECTION V. CONSTRUCTION AND GEODESY

Borovyi V., Braslavska O., Rozhi T. Satellite and UAV surveying as tools for monitoring land resources: modern technologies and their application in Ukraine 315

Zatserkovnyi V., Nikoliuk Igor. Using UAVs to detect explosives and create maps in humanitarian demining 328

Horiun O. Features of distribution of impregnating liquids in the process of impulse impregnation of concrete 346

Zuska A., Yankin O., Chaika T. Influence of the resolution capacity of digital camera matrices on topographic image accuracy 355

Gamayun I., Pilicheva M. Analysis of potential for utilizing open source data in developing the geospatial database for territorial communities 365

BASIC REQUIREMENTS FOR EXECUTION AND SUBMISSION OF MANUSCRIPTS OF SCIENTIFIC ARTICLES 377

РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

DOI: 10.25140/2411-5363-2025-1(39)-315-327
УДК 528.8: 681.518

Валентин Олександрович Боровий[1], Оксана Володимирівна Браславська[2], Томас Адальбертович Рожі[3]

[1]доктор технічних наук, професор кафедри географії, геодезії та землеустрою
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (Умань, Україна)
E-mail: v.o.borovyi@udpu.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0009-0003-0965-6313

[2]доктор педагогічних наук, професор кафедри географії, геодезії та землеустрою
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (Умань, Україна)
E-mail: oksana.braslavska@udpu.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0003-0852-686X

[3]викладач кафедри географії, геодезії та землеустрою
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини (Умань, Україна)
E-mail: tomas.rozhi.94@gmail.com. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-6794-9662

СУПУТНИКОВЕ ТА БПЛА-ЗНІМАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТИ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ

У статті проаналізовано інноваційні методи дистанційного зондування земельних ресурсів, зокрема супутникове знімання та БПЛА-знімання, що підвищують ефективність управління завдяки оперативному моніторингу територій, оцінці змін у землекористуванні та екологічних показників. Встановлено, що інтеграція супутникових технологій із БПЛА-зніманням формує комплексний механізм збору та обробки геопросторової інформації, що підвищує точність моніторингу та дозволяє прогнозувати зміни у використанні земель. Проведено порівняльний аналіз переваг та обмежень супутникового й аерофотознімання. Обґрунтовано необхідність використання геоінформаційних систем для автоматизованої обробки масивів даних дистанційного зондування.

***Ключові слова**: дистанційне зондування; супутникове знімання; безпілотні літальні апарати; геоінформаційні системи; моніторинг земельних ресурсів; землекористування.*
Рис.: 6. Табл.: 1. Бібл.: 23.

Актуальність теми дослідження. В умовах постійного зростання рівня використання земельних ресурсів, що супроводжується необхідністю підвищення ефективності їхнього управління, дедалі більшого значення набувають сучасні методи дистанційного зондування, серед яких особливо варто виділити технології супутникового моніторингу та знімання за допомогою безпілотних літальних апаратів. Використання цих інноваційних інструментів дозволяє не лише здійснювати регулярний контроль за станом земельних угідь, а й відстежувати динаміку змін у структурі землекористування, оперативно ідентифікувати можливі екологічні загрози та прогнозувати потенційні ризики, що можуть негативно впливати на довкілля та ефективність використання земельних ресурсів. В умовах України актуальність застосування супутникового моніторингу та БПЛА-знімання (безпілотних літальних апаратів) зумовлена низкою ключових факторів, серед яких особливе місце посідає необхідність удосконалення механізмів раціонального землекористування, запровадження передових цифрових технологій у систему кадастрового обліку, забезпечення ефективного контролю за станом сільськогосподарських угідь, а також виявлення та запобігання незаконним діям, пов'язаним із самовільним захопленням чи неправомірним використанням земельних ділянок та території України.

Постановка проблеми. Провідні технології супутникового та безпілотного аерознімання характеризуються високою роздільною здатністю та точністю отриманих зображень, що дозволяє здійснювати детальний аналіз змін, які відбуваються в межах певної території, та оперативно реагувати на нові виклики, зокрема пов'язані з процесами змін клімату, поступовою деградацією родючих ґрунтів, посиленням урбанізаційного навантаження та іншими чинниками, що впливають на стан земельного фонду. Інтеграція цих

© В. О. Боровий, О. В. Браславська, Т. А. Рожі, 2025

методів у загальну систему моніторингу земельних ресурсів не лише сприяє підвищенню ефективності ухвалення управлінських рішень, а й дозволить надалі мінімізувати корупційні ризики у сфері землеустрою, створюючи передумови для побудови прозорої та відкритої системи контролю за використанням земель, що відповідатиме сучасним вимогам цифровізації та автоматизації управлінських процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження авторства Є. Дружинін, М. Ковалевський, О. Погудіна, В. Чарановський [1]; М. М. Куамар, Б. Аль-Рамадан, К. Хан, М. Шафіулла та С. Ель Ферік [2], об'єднують у собі методи дистанційного зондування земельних ресурсів, супутникового моніторингу та застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для аналізу стану землекористування, отримали значний імпульс до розвитку у науковій літературі, де особливу увагу приділяються не тільки технологічним аспектам, але й можливостям їх практичного застосування. Водночас К. Нгуєн, М. Данг, Л. Буй, К. Буй [3] та Р. Ван Альфен, К. Рейнс, М. Роджерс, Р. Малсервісі і Т. Діксон [4], фокусують свою увагу на критичній ролі супутникових знімків, які стають незамінним інструментом для оцінювання екологічних змін, виявлення процесів деградації природного середовища та систематизації динаміки розвитку земельних ресурсів, хоча існуючі системи, такі як Landsat, Sentinel та MODIS, необхідно доповнювати, оскільки вони мають певні обмеження, пов'язані, наприклад, з впливом погодних умов та регулярністю отримання нових даних.

У науковому контексті особливо актуальною стала проблема поєднання супутникового моніторингу з БПЛА, що забезпечує не лише високу просторову роздільну здатність, але й оперативність збору інформації, що надзвичайно важлива для детального аналізу локальних особливостей земельного покриву, контролю за станом сільськогосподарських угідь та ідентифікації конкретних проблемних зон, таких як засоленість, недостатня волога чи ерозійні процеси, через що БПЛА-технології дедалі частіше пропонуються як ефективне доповнення супутникових даних для отримання комплексної картини землекористування (Ч. Лю, Х. Лі, Ю. Сюе, В. Лу та Ч. Чжан [5]).

Крім того, велика частина наукових досліджень від Т. Ямелинець [6] та О. Згурська, О. Корчинська, К. Рубель, С. Кубів, А. Тарасюк, О. Головченко [7], концентрується на інтеграції геоінформаційних систем (ГІС) у процес обробки супутникових та БПЛА-даних, що дозволяє автоматизувати процедури аналізу, значно підвищуючи точність оцінки землекористування, особливо у разі використання вегетаційних індексів, таких як NDVI, який визначено як ефективний для оцінювання стану рослинного покриву, продуктивності аграрних теренів та виявлення змін у природних екосистемах, що робить цей підхід особливо перспективним для широкого кола застосувань. Попри досягнуті успіхи, у науковій літературі залишається багато нерозв'язаних питань, зокрема потреба в розробці універсальних алгоритмів для інтеграції супутникових у єдину інформаційну систему, підвищення точності спектрального аналізу, а також адаптації технологій зондування до специфічних потреб у сфері землекористування.

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Попри суттєвий прогрес у використанні супутникового та БПЛА-знімання для моніторингу земельних ресурсів, залишаються невирішеними низка наукових та технічних аспектів, які потребують глибшого дослідження та системного вдосконалення, зокрема недостатня розробленість механізмів інтеграції масивів даних дистанційного зондування, які могли б забезпечити автоматизований аналіз динаміки землекористування, прогнозування антропогенних і природних змін, а також формування стратегій адаптації до них через відсутність уніфікованих алгоритмів обробки та інтерпретації різнорідних даних. Крім того, актуальним завданням є подолання обмежень у сфері аналізу багатоспектральних зображень, де недорозвиненість алгоритмів ідентифікації дрібномасштабних змін у структурі земельного покриву, таких як мікродеградація ґрунтів, фрагментація екосистем або локальні зміни вологості, ускладнює прогнозування масштабних деградаційних процесів.

Метою статті є дослідження використання сучасних методів дистанційного зондування, таких як супутникове та БПЛА-знімання, для ведення системного моніторингу стану земельних ресурсів України, оцінювання змін у їх використанні, виявленні екологічних загроз та створенні інтегрованих підходів до обробки цифрових даних.

Виклад основного матеріалу. Сучасні технології дистанційного зондування, зокрема супутникове знімання та використання БПЛА, відкривають значні перспективи для фахівців, що працюють у сфері кадастрового обліку, землеустрою та моніторингу земельних ресурсів. Якщо раніше процес аерофотознімання вимагав залучення авіаційної техніки, такої як літаки та вертольоти, що супроводжувалося значними фінансовими витратами та потребувало значного часу для реалізації, то на сьогодні аналогічні завдання можна ефективно виконати за допомогою БПЛА, що суттєво скорочує часові витрати, оптимізує витрати ресурсів та підвищує ефективність знімання території. Застосування сучасних методів управління природокористуванням, які базуються на дешифруванні аерофотоматеріалів, дозволяє суттєво полегшити та пришвидшити процес аналізу стану земельних ділянок без втрати точності отриманих даних. Завдяки використанню БПЛА у процесі моніторингу земельних ресурсів можна вирішувати широкий спектр завдань, серед яких особливу важливість мають такі аспекти, як збір детальної інформації про стан об'єктів нерухомості з метою визначення відповідності їхніх характеристик встановленим екологічним, технологічним та нормативним вимогам, а також здійснення аналізу природного середовища [8]. Крім того, значне значення має використання дронів для картографування окремих елементів земної поверхні, що дозволяє створювати актуальні основи для територіального планування, землеустрою та просторового аналізу земельних ділянок.

Однією з ключових переваг технологій супутникового моніторингу є можливість здійснення систематичного контролю за станом сільськогосподарських угідь, що включає оцінку рівня їх цільового використання, моніторинг деградаційних процесів, оперативний аналіз стану ґрунтів, а також прогнозування рівня врожайності. Крім того, застосування БПЛА у сфері земельного моніторингу дозволяє здійснювати контроль за запобіганням незаконному використанню земельних ділянок, що є особливо важливим у контексті боротьби з несанкціонованим втручанням та самовільним захопленням земель. Також безпілотні літальні апарати активно використовуються для оновлення топографічних карт, що дозволяє підвищити рівень деталізації географічних даних, а отримані матеріали можуть бути інтегровані у геоінформаційні системи (ГІС), що забезпечує комплексний підхід до управління земельними ресурсами [9].

Окрім цього, супутникове зондування виступає важливим джерелом інформації для виконання завдань, пов’язаних із просторовим аналізом та моніторингом змін у структурі землекористування. Завдяки високій точності та інформативності супутникових знімків можна не лише оперативно відстежувати тенденції змін у використанні земельних угідь, а й отримувати детальну інформацію про зміни площ забудованих територій, що є особливо актуальним у контексті розвитку сільських населених пунктів. Наприклад, за допомогою аналізу супутникових зображень можна виявляти незаконні процеси самовільного розширення присадибних ділянок за рахунок сільськогосподарських земель, що дозволяє місцевим органам самоврядування оперативно реагувати на подібні порушення, здійснювати контроль за дотриманням норм землекористування та запобігати незаконному використанню земельних ресурсів.

Використання БПЛА у процесі аерофотознімання та аналізу стану ґрунтів набуло широкого розповсюдження завдяки високій точності отримуваних даних, оперативності їхнього збору, економічній доцільності та доступності цієї технології у порівнянні з традиційними методами наземного моніторингу. Сучасні БПЛА обладнані сучасними камерами

з високою роздільною здатністю, мульти- та гіперспектральними сенсорами, лазерними сканерами (лідари), а також системами глобального позиціонування (GPS), що дає змогу проводити детальний аналіз територій із високою точністю та швидкістю [10].

Однією з головних переваг застосування БПЛА є можливість швидкого збору повної інформації про стан земельних угідь без необхідності безпосередньої присутності спеціалістів на досліджуваній території. За короткий проміжок часу дрон може зібрати значний обсяг даних про стан земельної ділянки, створити детальні візуальні зображення, що є критично важливим для оперативного моніторингу та прийняття ефективних управлінських рішень у сфері сільського господарства та землекористування. Завдяки високій продуктивності БПЛА, за один робочий день може обстежити територію площею до 5 тис. га, що робить цей метод значно ефективнішим у порівнянні з традиційними наземними способами обстеження, які потребують значних затрат часу та людських ресурсів (рис. 1).



Рис. 1. Моніторинг стану полів за допомогою БПЛА

Джерело: [11].

Супутникове знімання виступає провідним і популярним методом дистанційного моніторингу стану земельних ресурсів, що базується на використанні зображень, отриманих із супутникових платформ, які здійснюють постійне спостереження за земною поверхнею. Сучасні супутники, що активно застосовуються у сфері аграрного землекористування та моніторингу земель, оснащені передовими сенсорними системами, здатними здійснювати багатоспектральне зондування, включаючи видимий, інфрачервоний та інші діапазони спектра, що забезпечує високу роздільну здатність отриманих зображень і дозволяє проводити детальний аналіз стану земельних угідь.

Завдяки здатності супутникових систем охоплювати значні території та здійснювати регулярне оновлення інформації, вони є незамінним інструментом у процесах глобального моніторингу земельних ресурсів, що дозволяє не лише отримувати ключові характеристики досліджуваних територій, а й виконувати розрахунки різноманітних вегетаційних індексів, необхідних для оцінки стану рослинного покриву та продуктивності аграрних угідь. Одним із найбільш поширених і важливих індексів, що активно використовується в сільськогосподарському секторі, є NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), який дозволяє оцінити рівень розвитку та стан рослинності на основі аналізу спектральних характеристик поверхні [5].

Індекс NDVI визначається як відношення різниці між відбиттям світла у ближньому інфрачервоному діапазоні та відбиттям у червоному діапазоні до їхньої суми, що дає можливість оперативно аналізувати рівень вегетації та ідентифікувати потенційно проблемні ділянки, які можуть потребувати додаткової уваги або коригувальних заходів (рис. 2).

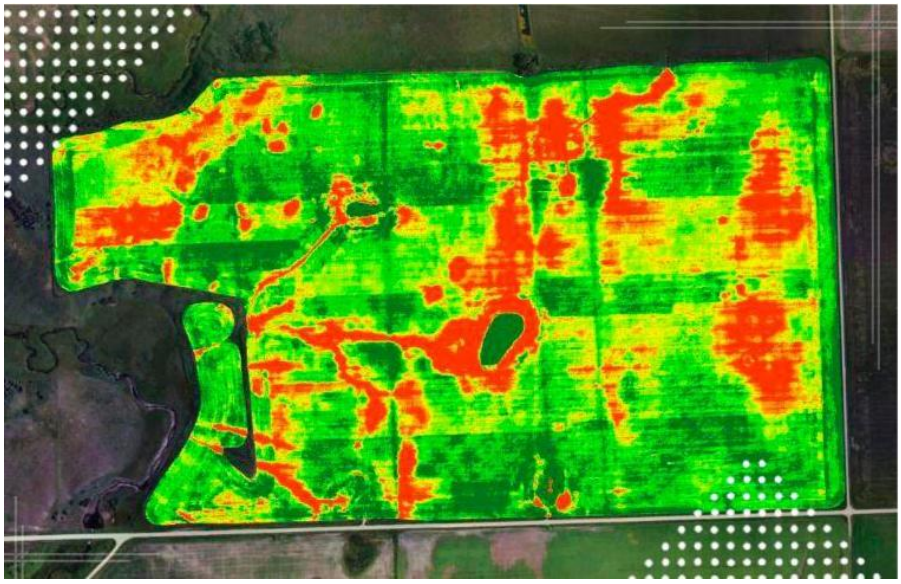


Рис. 2. Супутниковий знімок поля у ближньому ІЧ-діапазоні
Джерело: [12].

Супутникове знімання як метод моніторингу земельних ресурсів має низку суттєвих переваг, які роблять його незамінним інструментом для проведення комплексного аналізу стану земельних угідь у масштабах великих територій. Одна з головних переваг цієї технології полягає в тому, що вона дозволяє отримувати зображення, які вже інтегровані у відповідні платформи для обробки геопросторових даних, що значно полегшує подальший аналіз та використання інформації у процесі управління земельними ресурсами. У той час як дані, отримані за допомогою БПЛА, потребують додаткової інтеграції в програмні комплекси для їхньої обробки, супутникові знімки вже надходять у системи аналізу, що скорочує час на обробку інформації та підвищує оперативність прийняття рішень. Попри численні переваги, супутниковий моніторинг має й певні недоліки, серед яких особливо значущою є його залежність від погодних умов. Оскільки більшість оптичних супутників здійснюють знімання у видимому спектрі, наявність щільного хмарного покриву може значно ускладнювати отримання чітких зображень, що створює певні перешкоди для безперервного моніторингу земель. Крім того, супутникові системи мають встановлений графік знімання, що призводить до нерегулярності оновлення даних і може створювати часові затримки у процесі отримання актуальної інформації, особливо в умовах швидких змін, що відбуваються на досліджуваній території [13, с. 51].

Для об’єктивної оцінки ефективності різних методів дистанційного зондування доцільно провести їхнє порівняння за ключовими характеристиками, що дозволить визначити оптимальне поєднання супутникових і БПЛА-технологій для комплексного моніторингу земельних ресурсів. Детальне зіставлення цих методів, з урахуванням їхніх переваг і недоліків, представлено в табл. 1, що дає змогу сформувати цілісне уявлення про можливості їхнього застосування у сфері землеустрою. Доцільність використання конкретного способу збору даних безпосередньо залежить від низки факторів, зокрема від масштабів дослідження, рівня необхідної деталізації отриманої інформації, періодичності оновлення даних, а також природно-кліматичних умов досліджуваного регіону.

Таблиця 1 – Порівняння технологій для моніторингу земель

Критерій порівняння	БПЛА	Супутник
Дозвіл	нижче, ніж знімання із супутника	висока
Точність знімання	висока	низька
Залежність від хмарності	можливість працювати у хмарну погоду	залежить від погоди
Періодичність знімання	знімки в реальному часі	нерегулярність одержуваних даних
Інтегрування отриманої інформації	інформацію користувач повинен сам інтегрувати в програмні рішення	знімки вже інтегровані в платформу обробки даних у зручному для аналізу форматі
Вартість знімання	дешевше	дорожче

Джерело: сформовано на основі [4; 5; 9].

Саме тому найбільш ефективною стратегією є комбіноване застосування супутникового моніторингу та знімання за допомогою БПЛА, що дозволяє компенсувати недоліки кожного з методів та отримувати найбільш повну картину змін у землекористуванні. На відміну від супутникового зондування, БПЛА дають технічну можливість отримати цифрові дані з надзвичайно високою просторовою роздільною здатністю, що дає змогу виконувати детальний аналіз конкретних ділянок та оперативно реагувати на зміни, що відбуваються у процесі землекористування. Завдяки мобільності та гнучкості в налаштуванні, безпілотні літальні апарати забезпечують можливість збору точних даних у режимі реального часу, що особливо важливо для моніторингу посівів, контролю ерозійних процесів, оцінки стану лісових масивів та виявлення порушень у використанні земельних ресурсів [2].

Знімки, отримані за допомогою супутникових систем дистанційного зондування, зберігаються та обробляються на геопорталі Earth Explorer, що є частиною сервісу USGS. Ця платформа надає можливість здійснювати пошук необхідних даних за широким спектром критеріїв, зокрема встановлювати допустимий рівень хмарності, фільтрувати знімки за конкретними часовими інтервалами, обирати типи знімальних систем або аналізувати зображення, отримані у певний період доби [14].

На борту сучасних супутників, що застосовуються для моніторингу земель, встановлені високотехнологічні прилади, серед яких особливе місце займає багатоканальний скануючий радіометр Operational Land Imager (OLI), що дозволяє отримувати зображення земної поверхні з максимальною просторовою роздільною здатністю до 15 метрів, забезпечуючи точний аналіз стану територій. Крім того, на супутнику встановлений двоканальний інфрачервоний скануючий радіометр Thermal InfraRed Sensor (TIRS), який дає змогу фіксувати теплові характеристики земної поверхні, що є надзвичайно важливим для оцінки вологості ґрунтів, виявлення зон деградації земель та аналізу екологічного стану агроландшафтів.

На основі супутникових та аерофотознімків, отриманих із застосуванням БПЛА, було проведено комплексний аналіз поверхні досліджуваної території з особливим акцентом на мікрорельєфні особливості, які мають суттєве значення для вивчення агроландшафтних структур і просторової організації земельних угідь. Зокрема, матеріали дистанційного зондування дали змогу визначити на території дослідження такі важливі мікроелементи рельєфу, як невеликі западини, мікролощини, водотоки тимчасового характеру, окремі височини та сліди механічної обробки ґрунту сільськогосподарською технікою [15].

Цифрові знімки, що представлені на рис. 3, демонструють результати аерофотознімання, виконаної за допомогою безпілотних літальних апаратів, і відображають детальну картину стану земельної поверхні досліджуваної ділянки, що може бути використана для подальшого аналізу змін у землекористуванні, планування агротехнічних заходів та проведення моніторингу стану земельних ресурсів у режимі реального часу.



Рис. 3. Серія аерофотознімків моніторингових земельних ділянок, отриманих за допомогою БПЛА

Джерело: [10].

Після виконання аерофотознімання за допомогою супутникових та БПЛА-технологій отримані матеріали підлягали попередній обробці, що включала їх конвертацію у стандартизований обмінний формат, який забезпечує сумісність із (ГІС для подальшого аналізу та обробки просторових даних. На етапі імпорту цифрових аерофотознімків до геоінформаційної системи проводився відбір зображень, при якому низькоякісні знімки виключалися для підвищення точності аналізу та достовірності кінцевих результатів дослідження. Обробка отриманих даних здійснювалася за допомогою програмного комплексу ArcGIS 10.1 (ESRI Inc.), який забезпечує широкий спектр функцій для аналізу та обробки просторової інформації. Додатково використовувалося спеціалізоване програмне забезпечення Agisoft PhotoScan Professional Edition, яке дозволяє створювати високоточні цифрові моделі місцевості на основі аерофотознімків. Завдяки інтеграції цих технологій стало можливим виконання комплексного аналізу отриманих даних, що включав векторизацію (оцифрування) матеріалів аерофотознімання, створення ортофотопланів із необхідним масштабом, генерацію цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та побудову спеціалізованих картографічних продуктів [15, с. 74].

Процес моделювання місцевості передбачав створення цифрової моделі поверхні (ЦМП) земельних угідь, тривимірної (3D) моделі рельєфу, карт пластики рельєфу та інших тематичних карт, які дозволяють деталізовано досліджувати особливості земельних ресурсів та їх зміну в часі. У процесі аналізу також здійснювалася векторизація об’єктів місцевості, що включала виділення меж сільськогосподарських угідь та визначення контурів досліджуваних ділянок (рис. 4).

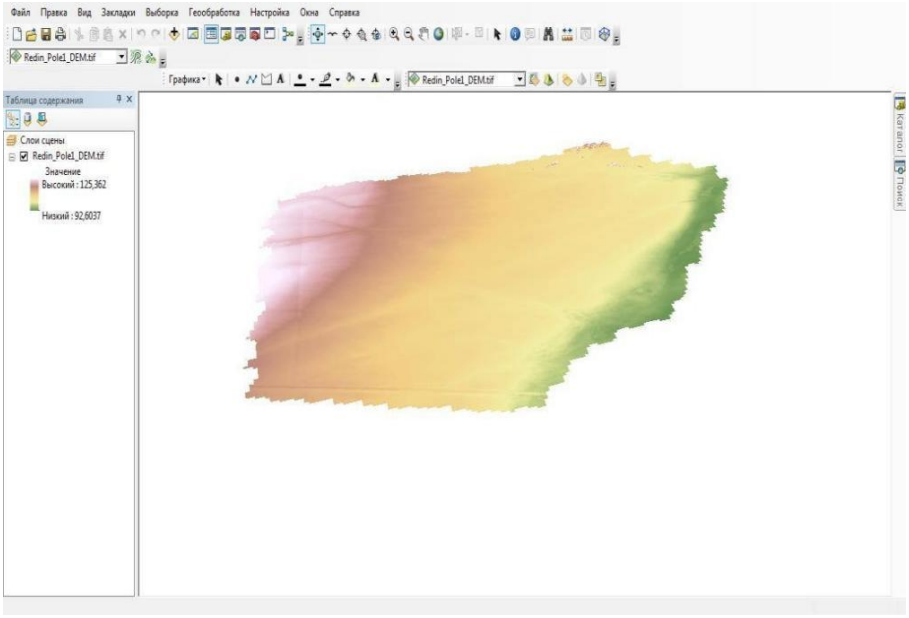


Рис. 4. Зображення опорної ділянки у спектрі висот поверхні (Agisoft PhotoScan Professional Edition)

Джерело: [16].

Розроблена цифрова карта досліджуваної території в поєднанні зі створеними атрибутивними базами даних є ключовою основою для подальшого проведення детальних досліджень у сфері моніторингу земельних ресурсів, аналізу агроландшафтних характеристик та планування раціонального землекористування. Отримані картографічні матеріали дозволяють створювати спеціалізовані тематичні карти, що забезпечують комплексний просторовий аналіз досліджуваної місцевості, відображають особливості ґрунтового покриву, структуру рослинності, гідрографічні особливості та рельєфні параметри (рис. 5).

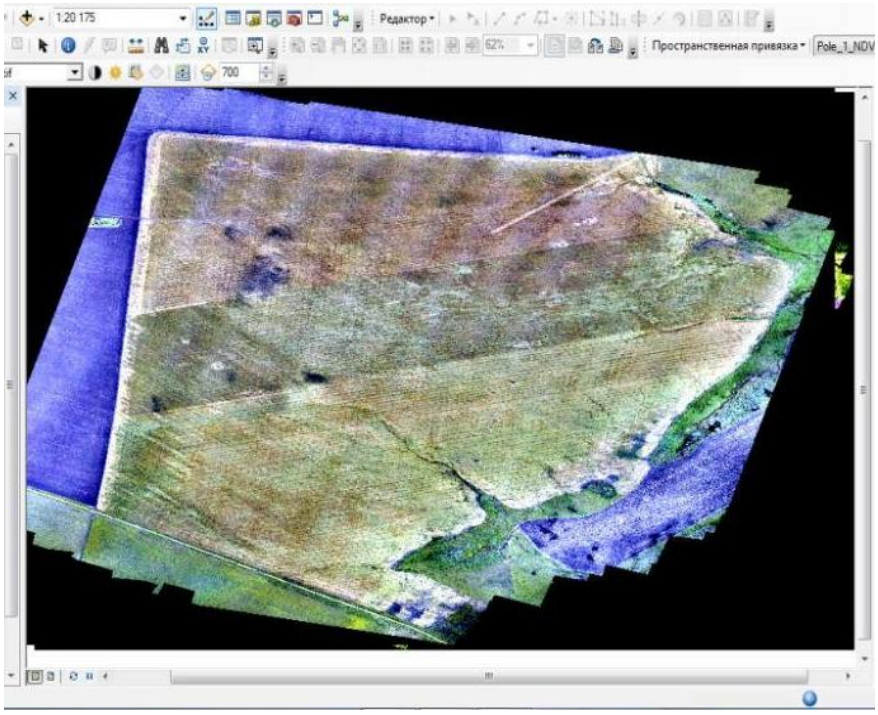


Рис. 5. Опорна ділянка у робочому вікні ArcGis 10.1 (ESRI Inc.)

Джерело: [16].

У цифровому ГІС-середовищі можна представити ключові структурні компоненти агроландшафтів, такі як рельєф місцевості, ґрунтовий покрив, геологічні породи, типи сільськогосподарських культур та інші просторові характеристики, кожен із яких розміщується у вигляді окремих інформаційних шарів [17]. Додатково в атрибутивних таблицях зберігаються кількісні та якісні показники, що характеризують окремі елементи ландшафту, що дозволяє здійснювати всебічний аналіз їхнього стану та змін у динаміці (рис. 6).

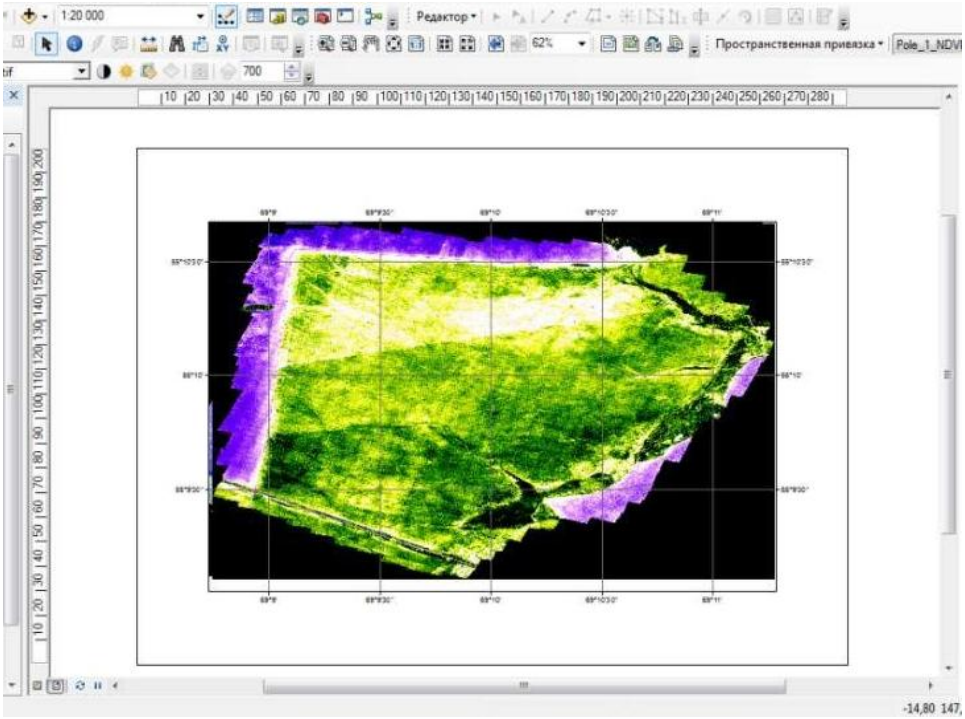


Рис. 6. Розрахунок індексу NDVI у ГІС в межах поверхні (Agisoft PhotoScan Professional Edition)

Джерело: [16].

Крім того, технології дистанційного зондування за допомогою БПЛА дають змогу ідентифікувати склад вирощуваних культур, оцінювати стан їхнього розвитку, виявляти локальні осередки захворювань рослин та зараження посівів шкідниками, визначати області ущільнення ґрунту, що призводять до зниження врожайності на окремих ділянках. Ці можливості роблять БПЛА важливим інструментом для постійного моніторингу сільськогосподарських територій, що дозволяє не лише фіксувати поточний стан земель, а і прогнозувати можливі ризики та ефективно їх мінімізувати. Отримані аерофотоматеріали є цінним джерелом просторової інформації, що дає змогу аналізувати динаміку змін у землекористуванні, моделювати тенденції сільськогосподарського освоєння територій та оцінювати рівень агрогенної трансформації природних ландшафтів [17].

Особливе значення БПЛА-знімання набуває в межах розвитку точного (прецизійного) землеробства, що базується на адаптивно-ландшафтному підході до управління земельними ресурсами. Використання цих технологій дає можливість ефективно реалізовувати заходи з екологічно безпечного сільськогосподарського виробництва, забезпечувати сталий розвиток агроландшафтів, мінімізувати ризики, пов’язані з природними факторами, а також підвищувати рівень економічної та екологічної ефективності аграрного виробництва. Завдяки використанню сучасних технологій дистанційного зондування, зокрема супутникового моніторингу та БПЛА-знімання, аграрії отримують можливість оцінювати ці неоднорідності на рівні окремих ділянок, що дозволяє більш точно визначати потребу в поливі, коригувати норми внесення добрив і засобів захисту рослин та ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення щодо кожного поля.

Висновки. Результати дослідження демонструють, що використання сучасних методів дистанційного зондування, таких як супутниковий моніторинг та знімання з БПЛА, суттєво оптимізує управління земельними ресурсами. Ці технології забезпечують оперативну оцінку стану земель та довгостроковий аналіз їхнього використання. Зокрема, супутникові знімки й аерофотознімання з БПЛА дозволяють детально досліджувати стан угідь, відстежувати динаміку сільськогосподарських територій, прогнозувати обсяги врожаю та виявляти потенційні екологічні ризики. Під час аналізу порівняно переваги та обмеження двох методів: супутникового знімання (масштаб охоплення, можливість відстеження глобальних змін у землекористуванні, оцінка стану рослинності) та БПЛА-знімання (висока деталізація, локальний моніторинг деградованих зон, аналіз вологості ґрунтів, спостереження за агроландшафтами). Супутникові дані ефективні для широкомасштабного аналізу, тоді як безпілотники забезпечують точність на мікрорівні.

Дослідження акцентує на технологіях обробки даних дистанційного зондування, зокрема застосуванні ГІС для створення цифрових моделей рельєфу, агроекологічного моделювання та прогнозування змін у земельному покриві. Комбінація супутникових даних із результатами БПЛА-знімання формує комплексний інструментарій для виявлення ризиків: ерозії, засолення, нерівномірного розвитку рослинності, втрат урожаю. Підкреслено доцільність інтегрованого підходу до моніторингу земель, який поєднує супутникові технології і ГІС-аналітику. Така синергія підвищує точність даних, скорочує витрати на польові роботи та сприяє раціональному використанню земельних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Дружинін, Є. А., Ковалевський, М. І., Погудіна, О. К., & Чарановський, В. О. (2021). Методи та інформаційні технології впровадження безпілотних літальних апаратів в повітряний простір України. *Системи озброєння і військова техніка*, (4 (68)), 84–90. https://doi.org/10.30748/soivt.2021.68.12.

2. Quamar, M. M., Al-Ramadan, B., Khan, K., Shafiullah, M., & El Ferik, S. (2023). Advancements and Applications of Drone-Integrated Geographic Information System Technology–A Review. *Remote Sensing*, *15*(20), 5039. https://doi.org/10.3390/rs15205039.

3. Nguyen, Q. L., Dang, M. T., Bui, L. K., & Bui, Q. N. (2023). Application of unmanned aerial vehicles for surveying and mapping in mines: A review. In *Advances in Geospatial Technology in Mining and Earth Sciences: Selected Papers of the 2nd International Conference on Geo-spatial Technologies and Earth Resources 2022* (pp. 1-22). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-20463-0_1.

4. Van Alphen, R., Rains, K. C., Rodgers, M., Malservisi, R., & Dixon, T. H. (2024). UAV-based wetland monitoring: multispectral and lidar fusion with random forest classification. *Drones*, *8*(3), 113. https://doi.org/10.3390/drones8030113.

5. Liu, C., Li, X., Xue, Y., Lu, W., & Zhang, C. (2024). Development and applications of an integrated space-air-ground observation network in natural resource monitoring and supervision. *E3S Web of Conferences*, *520*, 04018. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452004018.

6. Ямелинець, Т. (2022). *Інформаційне ґрунтознавство*. ЛНУ ім. Івана Франка. https://geography.lnu.edu.ua/ wp-content/uploads/2022/05/YAmelynets-Informatsiyne-gruntozn-2022-bookl.pdf.

7. Спіцина, А., Плукар, Л., Маслиган, О., Мороз, Т., Касьмін, Д., & Назаренко, І. (2022). Цифровізація економіки як фактор стійкого розвитку держави на тлі масштабної воєнної агресії (український досвід). *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, *6*(47), 304–315. https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.47.2022.3938.

8. Македон В. В., & Байлова О. О. (2023). Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки»*, *(47)*, 16–26. https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.

9. Tomczyk, A. M., Ewertowski, M. W., Creany, N., Ancin-Murguzur, F. J., & Monz, C. (2023). The application of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and GIS to the analysis and monitoring of recreational trail conditions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *123*, 103474. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103474.

10. Kudaibergenov, O. (2024). Analysis of the Use of Satellite Data and Drones for Land Monitoring in Kazakhstan. *Preprints*. https://doi.org/10.20944/preprints202410.1229.v1

11. *GIS for Land Administration & Land Records*. (б. д.). GIS Software for Mapping and Spatial Analytics – Esri. https://www.esri.com/en-us/industries/land-administration/overview.

12. *All maps*. (б. д.). USGS. https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps.

13. Makedon, V., Myachin, V., Plakhotnik, O., Fisunenko, N., & Mykhailenko, O. (2024). Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *2*(13(128)), 47–57. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796.

14. Liu, R., Jia, K., Li, H., & Zhang, J. (2024). Using unmanned aerial vehicle data to improve satellite inversion: A study on soil salinity. *Land*, *13*(9), 1438. https://doi.org/10.3390/land13091438.

15. Hutsuliak, H., Hutsuliak, Y., & Oliinyk, H. (2021). Prerequisites for creating the agricultural land resources monitoring system. *Balanced Nature Using*, (4), 71–76. https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253089.

16. *Landsat next defined. Landsat science*. (б. д.). Landsat Science. A joint NASA/USGS Earth observation program. https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined.

17. Македон, В. В., Валіков, В. П., & Федьора, С. С. (2019). Удосконалення управління промисловими підприємствами на основі стратегій інноваційного розвитку. *Європейський вектор економічного розвитку*, *1*(26), 108–123. https://doi.org/10.32342/2074-5362-2019-1-26-8.

18. Sun, J., Yuan, G., Song, L., & Zhang, H. (2024). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Landslide Investigation and Monitoring: A Review. *Drones*, *8*(1), 30. https://doi.org/10.3390/drones8010030.

19. Braslavska, O., Dets, T., & Rozhi, T. (2023). The role of geodesy in the development of drone technologies for measuring, mapping and monitoring territories. *Spatial Development*, (5), 268–285. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.268-285.

20. Shevchuk, S., Prokopenko, N., & Rozhi, T. (2024). Analysis of the use of geodesic data in the planning and monitoring of agricultural landscapes: Optimization of land use and nature protection. *Spatial Development*, (7), 445–458. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.445-458.

21. Rozhi, I., Rozhi, T., & Fedii, O. (2024). Geodesic aspects of the creation of digital relief models for the needs of geo-information systems. *Spatial Development*, (8), 477–491. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.477-491.

22. Shevchuk, S., Domashenko, H., & Rozhi, T. (2024). Modern methods of geodesic mapping of territories: Use of gps and gnss technologies. *Spatial Development*, (8), 506–517. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517.

23. Kyryliuk, V., Rozhi, T., & Khariv, V. (2023). Geodetic planning in the agricultural landscape: Creation of digital maps and models for land use optimization. *Spatial Development*, (6), 293–308. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.6.293-308.

References

1. Druzhynin, Ye. A., Kovalevskyi, M. I., Pohudina, O. K., & Cheranovskyi, V. O. (2021). Metody ta informatsiyni tekhnolohiyi vprovadzhennya bezpilotnykh lital′nykh aparativ v povitryanyy prostir Ukrayiny [Methods and information technologies for integrating unmanned aerial vehicles into Ukraine's airspace]. *Systemy ozbroyennya i viys'kova tekhnika – Weapons and Military Equipment Systems*, (4 (68)), 84–90. https://doi.org/10.30748/soivt.2021.68.12.

2. Quamar, M. M., Al-Ramadan, B., Khan, K., Shafiullah, M., & El Ferik, S. (2023). Advancements and Applications of Drone-Integrated Geographic Information System Technology–A Review. *Remote Sensing*, *15*(20), 5039. https://doi.org/10.3390/rs15205039.

3. Nguyen Q. L., Dang M. T., Bui L. K., & Bui Q. N. (2023). Application of unmanned aerial vehicles for surveying and mapping in mines: A review. In *Advances in Geospatial Technology in Mining and Earth Sciences: Selected Papers of the 2nd International Conference on Geo-spatial Technologies and Earth Resources 2022* (pp. 1–22). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-20463-0_1.

4. Van Alphen, R., Rains, K. C., Rodgers, M., Malservisi, R., & Dixon, T. H. (2024). UAV-based wetland monitoring: multispectral and lidar fusion with random forest classification. *Drones*, *8*(3), 113. https://doi.org/10.3390/drones8030113.

5. Liu, C., Li, X., Xue, Y., Lu, W., & Zhang, C. (2024). Development and applications of an integrated space-air-ground observation network in natural resource monitoring and supervision. *E3S Web of Conferences*, *520*, 04018. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452004018.

6. Yamelynets, T. (2022). Informatsiyne gruntoznavstvo: monohrafiya [Informational soil science: monograph]. LNU imeni Ivana Franka – LNU named after Ivan Franko. https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/05/YAmelynets-Informatsiyne-gruntozn-2022-bookl.pdf.

7. Zghurska, O., Korchynska, O., Rubel, K., Kubiv, S., Tarasiuk, A., & Holovchenko, O. (2022). Tsyfrovyzatsiya natsional′noho ahropromyslovoho kompleksu: novi vyklyky, realiyi ta perspektyvy [Digitalization of the national agro-industrial complex: new challenges, realities, and prospects]. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 6(47), 3*04–315. https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.47.2022.3938.

8. Makedon V. V., Bailova O. O. (2023). Planuvannya i orhanizatsiya vprovadzhennya syfrovykh tekhnolohiy v diyal′nist′ promyslovykh pidpryyemstv [Planning and organizing the implementation of digital technologies in the activities of industrial enterprises]. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Seriia «Ekonomichni nauky» – *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series "Economic Sciences"*, *(47)*, 16-26. https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3.

9. Tomczyk, A. M., Ewertowski, M. W., Creany, N., Ancin-Murguzur, F. J., & Monz, C. (2023). The application of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and GIS to the analysis and monitoring of recreational trail conditions. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *123*, 103474. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103474.

10. Kudaibergenov O. (2024). Analysis of the Use of Satellite Data and Drones for Land Monitoring in Kazakhstan. *Preprints*. https://doi.org/10.20944/preprints202410.1229.v1.

11. *GIS for Land Administration & Land Records*. (б. д.). GIS Software for Mapping and Spatial Analytics – Esri. https://www.esri.com/en-us/industries/land-administration/overview.

12. *All maps*. (б. д.). USGS https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps.

13. Makedon, V., Myachin, V., Plakhotnik, O., Fisunenko, N., & Mykhailenko, O. (2024). Construction of a model for evaluating the efficiency of technology transfer process based on a fuzzy logic approach. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2*(13(128)), 47–57. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300796.

14. Liu, R., Jia, K., Li, H., & Zhang, J. (2024). Using unmanned aerial vehicle data to improve satellite inversion: A study on soil salinity. *Land*, *13*(9), 1438. https://doi.org/10.3390/land13091438.

15. Hutsuliak, H., Hutsuliak, Y., & Oliinyk, H. (2021). Prerequisites for creating the agricultural land resources monitoring system. *Balanced Nature Using,* (4), 71–76. https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253089.

16. *Landsat next defined | landsat science*. (б. д.). Landsat Science | A joint NASA/USGS Earth observation program. https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined.

17. Makedon, V. V., Valikov, V. P., Fedyora, S. S. (2019). Udoskonalennya upravlinnya promyslovymy pidpryyemstvamy na osnovi stratehiy innovatsiynoho rozvytku [Improving the management of industrial enterprises based on innovative development strategies]. *Yevropeiskyi vektor ekonomichnoho rozvytku – European vector of economic development, 1*(26), 108–123. https://doi.org/10.32342/2074-5362-2019-1-26-8.

18. Sun, J., Yuan, G., Song, L., & Zhang, H. (2024). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in Landslide Investigation and Monitoring: A Review. *Drones*, *8*(1), 30. https://doi.org/10.3390/drones8010030.

19. Braslavska, O., Dets, T., & Rozhi, T. (2023). The role of geodesy in the development of drone technologies for measuring, mapping and monitoring territories. *Spatial Development*, (5), 268–285. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.268-285.

20. Shevchuk, S., Prokopenko, N., & Rozhi, T. (2024). Analysis of the use of geodesic data in the planning and monitoring of agricultural landscapes: Optimization of land use and nature protection. *Spatial Development*, (7), 445–458. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.445-458.

21. Rozhi, I., Rozhi, T., & Fedii, O. (2024). Geodesic aspects of the creation of digital relief models for the needs of geo-information systems. *Spatial Development*, (8), 477–491. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.477-491.

22. Shevchuk, S., Domashenko, H., & Rozhi, T. (2024). Modern methods of geodesic mapping of territories: Use of gps and gnss technologies. *Spatial Development*, (8), 506–517. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517.

23. Kyryliuk, V., Rozhi, T., & Khariv, V. (2023). Geodetic planning in the agricultural landscape: Creation of digital maps and models for land use optimization. *Spatial Development*, (6), 293–308. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.6.293-308

Отримано 20.03.2025

UDC 528.8:681.518

Valentyn Borovyi[1], Oksana Braslavska[2], Tomas Rozhi[3]

[1]Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Geography, Geodesy and Land Management
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University (Uman, Ukraine)
E-mail: v.o.borovyi@udpu.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0009-0003-0965-6313

[2]Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Geography, Geodesy and Land Management
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University (Uman, Ukraine)
E-mail: oksana.braslavska@udpu.edu.ua. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0003-0852-686X

[3]Lecturer at the Department of Geography, Geodesy and Land Management
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, (Uman, Ukraine)
E-mail: tomas.rozhi.94@gmail.com. **ORCID:** https://orcid.org/0000-0002-6794-9662

SATELLITE AND UAV SURVEYING AS TOOLS FOR MONITORING LAND RESOURCES: MODERN TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN UKRAINE

The article analyzes innovative methods of remote sensing of land resources, in particular satellite imaging and the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), which ensure increased efficiency of land resource management through operational monitoring of the state of territories, analysis of the dynamics of changes in land use and a comprehensive assessment of environmental indicators, which together contribute to the optimization of management decisions. It is established that the integration of satellite technologies, characterized by wide coverage and systematic data updating, with highly detailed UAV imaging, focused on local research, forms a comprehensive mechanism for collecting and processing geospatial information, which not only increases the accuracy of monitoring, but also provides for the prediction of structural changes in land use, taking into account environmental, social and economic factors. The study conducted a comparative analysis of the advantages and limitations of satellite and aerial photography, where the key parameters considered were spatial resolution, which determines the scale of the analysis, regularity of data acquisition, which ensures the relevance of information, dependence on atmospheric conditions, which limits the efficiency of the survey, and the cost of using technologies, which affects the accessibility of methods for different categories of users. Based on the results obtained, the critical need for the implementation of geographic information systems (GIS) for automated processing of remote sensing data sets was argued, which allows not only to identify areas of soil degradation, assess their moisture level and track the phenological cycles of agricultural crops, but also to integrate these data into climate change adaptation strategies. A model for the application of remote sensing is proposed, which is based on algorithms for collecting, processing and visualizing data obtained from satellite images and UAV aerial photography, which provides cost-effectiveness by reducing the cost of field research, increasing the accuracy of analysis through a combination of macro-scale and local data, and minimizing environmental risks associated with soil degradation and biodiversity loss.

Keywords: *remote sensing, satellite imaging, unmanned aerial vehicles, geographic information systems, land resources monitoring, land use*

Fig.: 6. Table: 1. References: 23.

Боровий В. О., Браславська О. В., Рожі Т. А. Супутникове та БПЛА-знімання як інструменти моніторингу земельних ресурсів: сучасні технології та їх застосування в Україні. *Технічні науки та технології.* 2025. № 1(39). С. 315-327.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 1(39)

Технічний редактор, відповідальна за випуск	Н. В. Мороз
Редактор	О. С. Смєлова
Комп’ютерна верстка	О. П. Журко

Заснований у 2015 році. Ідентифікатор медіа
відповідно до Реєстру суб’єктів у сфері медіа від 31.08.2023 р. № 782 R30-01210

Підписано до друку 02.04.2025. Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. – 43,94.
Тираж 100 пр. Замовлення № 06/25.

Редакційно-видавничий відділ
Національного університету «Чернігівська політехніка»
14030, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.
Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 7128 від 18.08.2020 р.