

УДК: 004:502.15(1-21)

**ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ІоТ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО
МОНІТОРИНГУ МІСТА****О. М. БАГАЦЬКА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<http://orcid.org/0000-0003-3040-7859>

E-mail: bagackaya_oksana@ukr.net

Н. А. ПАСІЧНИК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,<http://orcid.org/0000-0002-2120-1552>

E-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua

О. О. ОПРИШКО, кандидат технічних наук, доцент,<http://orcid.org/0000-0001-6433-3566>

E-mail: ozon.kiev@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України<https://doi.org/10.31548/dopovidi2021.05.014>

Анотація. *Технології IoT у концепції Big Data можуть докорінно змінити підходи в аграрних практиках, проте потрібно відпрацювати методики обробки та інтерпретації інформації, що може бути дієвим у практиці рослинництва. Оскільки габарити рослин замалі для супутникової зйомки, відпрацювання технологій можна робити на деревах, габарити яких достатні для їх ідентифікації на супутникових знімках. Мета роботи – ідентифікація та оцінка стану рослинних насаджень, зокрема, дерев із визначенням їх позиціонування на супутникових знімках мегаполісів. Для досліджень використовувались цифрові фотознімки створені оптичним та ІЧ об'єктивами Оболонського району м. Києва. Було встановлено, що в оптичному діапазоні для об'єктів під прямим сонячним опроміненням ідентифікація рослин можлива, у той час як затінені ділянки ідентифікуються із значними похибками. Під час використання індексу для ІЧ зйомки $IR_{tree} = C1 - C2 + 100$ вдалося виділити певні діапазони, що належать саме кроні дерев та траві за прямого сонячного опромінення і певною мірою в тіні, чого не вдалось досягнути з індексом для оптичного діапазону $GB_{tree} = G - B + 100$. Монохромні інфрачервоні та оптичні знімки виявились не придатними для ідентифікації рослин, оскільки у разі перебуванні об'єктів у тіні від споруд діапазони інтенсивності складових кольору рослин накладались на діапазони сторонніх об'єктів. Для інфрачервоних та оптичних супутникових знімків було запропоновано спектральні індекси, що враховують кілька складових кольору для оцінки стану рослинних насаджень. Для крон дерев під прямим сонячним освітленням для запропонованих індексів було отримано приблизно однакові результати. Проте індекси, запропоновані для інфрачервоної зйомки, мають більшу вибірковість, оскільки для них вдалось ідентифікувати окремо крони дерев та рослини на газонах, як за прямого сонячного освітлення, так і в тіні від споруд.*

Ключові слова: індекси, супутниковий моніторинг, IoT, біогаз

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.

Актуальність. Одним із найбільш об'єктивних індикаторів екологічного стану міст є стан багаторічних насаджень, Steve M. Raciti et al (2014) [1], моніторинг яких дозволяє не лише оцінювати стан екології, а й інтерпретувати причини стресів. В оглядовій роботі Jesús Martín Talavera et al (2017) [2] зазначено, що принциповою перевагою концепції IoT щодо екологічних застосувань є рішення, як класичних завдань з моніторингу і контролю, так й інноваційних підходів для прогнозування та оптимізації логістики. Питання логістики щодо утилізації твердих побутових відходів у вигляді целюлози є вкрай актуальними для мегаполісів. У роботі Jonathan T.E. Lee et al (2018) [3] показана доцільність переробки листя та гілля дерев саме на біогаз для зменшення викидів вуглецю за отримання енергії. У статті Huanhuan Tong et al (2018) [4] показано, що для мегаполісів отримання екологічно чистої енергії з целюлози є оптимальним, а також представлені технології, оптимізовані саме для міст.

Останні досягнення бездротових сенсорних мереж дозволили інтегрувати й застосовувати цю технологію в життєво важливих екологічних програмах. Актуальність проблеми призвела до впровадження новітніх біосенсорів, що мають свою

специфіку комунікації, V. Golub et al (2019) [5]. Поєднання різномірних даних від великої номенклатури сенсорного обладнання із різними протоколами комунікації та різними форматами збереження даних є складною задачею, для системного рішення якої пропонуються нові стандарти, такі як Open Geospatial Consortium, орієнтовані, передусім, на хмарні технології Jacob Nøxbroe Jeppesen et al (2018) [6]. Використання нейронних мереж та систем нечіткої логіки для управління інформаційними потоками показано в роботі V. Lysenko et al (2016) [7]. До позитивних прикладів реалізації хмарних технологій можна віднести рішення під назвою AgriPrediction, що об'єднує систему з коротким і середнім діапазонами бездротової мережі, з механізмом для завчасного прогнозування «потенційних порушень врожаю». За результатами досліджень, наведеними в Uélison Jean L. dos Santos et al (2019) [8] застосування продукту AgriPrediction дозволило збільшити вихід готової продукції більш як на 14 %.

Широке поширення бездротових мереж та їх застосування обумовлюють потребу в пропускну здатності й енергоресурсах, що притаманне для фенотипування рослинних насаджень Fadi Al-Turjman (2019) [9]. Аналогічні проблеми вирішували N. Kiktev et al (2018) [10] із використанням відеоспостереження на прикладі

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О. мобільного конвеєра. В роботі Fan Ouyang et all (2019) [11] показано технологію розгортання тимчасової мережі для аграрних потреб на базі БПЛА для WSN, проте їх адаптація для умов мегаполісу потребує додаткового вивчення. В роботі Đoko Bandur et all (2019) [12] показано необхідність впровадження циклічності використання Wireless Sensor Networks, пов'язаної насамперед із складнощами енергозабезпечення цих пристроїв. Дані спектрального моніторингу росту листків рослин є перспективними для IoT, проте такі наземні рішення найбільш залежать від енергозабезпечення і завантаженості інформаційних каналів, Min-Sheng Liao et all (2017) [13]. Технології IoT у концепції Big Data можуть докорінно змінити підходи у аграрних практиках, проте потрібно відпрацювати методики обробки та інтерпретації інформації, що може бути дієвим у практиці рослинництва. Оскільки габарити рослин замалі для супутникової зйомки, відпрацювання технологій можна роботи на деревах, габарити яких достатні для їх ідентифікації на супутникових знімках. Тому ідентифікація та оцінка стану рослинних насаджень, зокрема дерев із визначенням їх позиціонування на супутникових знімках мегаполісів і склало мету нашої роботи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дистанційний

моніторинг великої території можна здійснювати за допомогою атмосферних апаратів, насамперед БПЛА, а також супутників. БПЛА здатні давати зображення із високою здатністю розрізнення знімків, проте є правові питання щодо їх використання в мегаполісах. Супутникові знімки із низькою розподільчою здатністю (від 10 м/піксель) можливо отримати безкоштовно від різноманітних сервісів таких як USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Більш деталізовані знімки із розподільчою здатністю в 0,5 м/піксель можливо окремо замовити і в національних операторів (вартість біля 11 Євро/км²), проте для оцінки динаміки змін дерев можливо використовувати і наявні архівні дані вартість яких значно менша. Тобто економічно дані супутникового моніторингу є доступними.

Розпізнавання рослинних насаджень можливо здійснювати як в оптичному так і в інфрачервоному діапазоні спектру. Методику ідентифікації щодо зернових по монохромним фотознімках окремих спектральних каналах було показано в роботі V. Lysenko et all (2017) [14], проте на знімку окрім рослинних насаджень в місті буді і багато інших різних об'єктів, відповідно придатність методики потрібно дослідити. Спектральні портери місцевості було використано в роботі S. Shvorov et all (2018) [15] де було

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О. показано необхідність врахування впливу тіні на спектральні показники об'єктів, що необхідно враховувати для супутникових знімків оскільки на відміну від поля в місті завжди буде тінь від споруд.

Для ідентифікації рослин в оптичному діапазоні в роботі Jesper Svensgaard et all (2019) [16] було показано спеціальний індекс $MNVI = 2G - 2B - 2,4R$. Якщо $MNVI > 0$ піксель вважали рослиною, в іншому випадку – ґрунтом. Проте запропонований індекс розроблявся для пшениці, тому потрібно перевірити його щодо дерев

та газонів міста. В роботі Hengbiao Zheng et all (2020) [17] щодо ідентифікації рослинних насаджень було визначено, що мінімально можливий та бажаний розмір еталону для візуальної ідентифікації об'єктів у оптичному діапазоні складав 13×13 та 23×23 пікселів відповідно.

Матеріали і методи досліджень. Для моніторингу стану дерев у мегаполісі використовувались цифрові фотознімки створені оптичним та ІЧ об'єктивами Оболонського району м. Києва від 11 вересня 2018 (рис. 1).



Рис. 1. Супутникові фотознімки Оболонського району м. Києва, зроблені оптичним та ІЧ об'єктивами

Вибір дослідних ділянок здійснювали засобами Microsoft Picture Manager одночасно на обох знімках за методикою запропонованою в роботі M. Dolia et

all (2019) [18]. Розглядалися ділянки, візуально визначені як крона дерев на сонці та в тіні, газон на сонці та в тіні, асфальтований паркінг та дах будівлі. Розміри ділянок: мінімальна сторона

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.
ділянки становила від 16 пікселів. Окремо розглядали квартал забудови, що розташований між вулицями Petra Pancha str., Polyarna str., Simi Kolzenkiv str., Petra kalnyshevskoho str. Для наочності у відображенні визначених візуально дослідних зразків та кварталу забудови вводились додаткові коефіцієнти для отримання єдиного порядку величин. Обробка даних здійснювалась засобами MathCad.

Отримані результати та обговорення. Оптичний діапазон спектру. На рисунку 2 представлено залежність складових кольору для

дослідних об'єктів в оптичному діапазоні.

Для листя розглянутих дерев залежність кількості пікселів від величини інтенсивності складової кольору за RGB каналами відповідають таким діапазнам – 70..120, 80-120, 60-110, відповідно, за використання індекс $MNVI = 2G - 2B - 2.4R$ усі пікселі будуть розпізнані як такі, що не відповідають рослині. Ймовірним поясненням цього є особливості забарвлення молодих рослин пшениці й листя дерев на початку вересня.

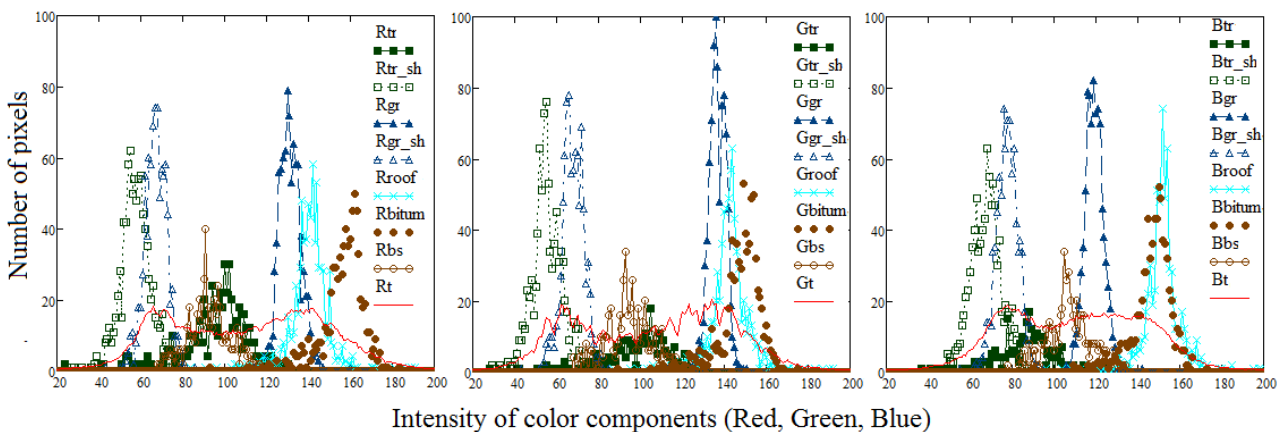


Рис. 2. Залежність для дослідних ділянок кількості пікселів від інтенсивності складової кольору: де tr - tree, tr_sh - tree in the shade, gr - grass, gr_sh - grass in the shade, roof - roof, bitum – asphalt, bs- asphalt in the shade, t - whole neighborhood

Використати фільтрацію за окремими монохромними каналами для ідентифікації рослин виявилось неефективним, оскільки для куполу дерев не вдалось виявити діапазон серед наявних каналів, притаманний саме ним. Можливим рішенням ідентифікації рослинних насаджень є

попіксельна фільтрація, коли для пікселя враховуються кілька складових кольору, за принципом, закладеним в індекси типу MNVI. На рисунку 3 наведені результати ідентифікації за використання запропонованого авторами індексу GBtree (1)

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.

$$GBtree = G - B + 100 \quad (1)$$

де: G та B – зелена та синя складові кольору для адитивної моделі кольороутворення.

Збільшення величини індексу на 100 одиниць було здійснено, щоб

отримати позитивні величини для рослинних об'єктів, що перебувають в тіні, оскільки на супутникових знімках оптичного діапазону тінь від споруд є неодмінною складовою.

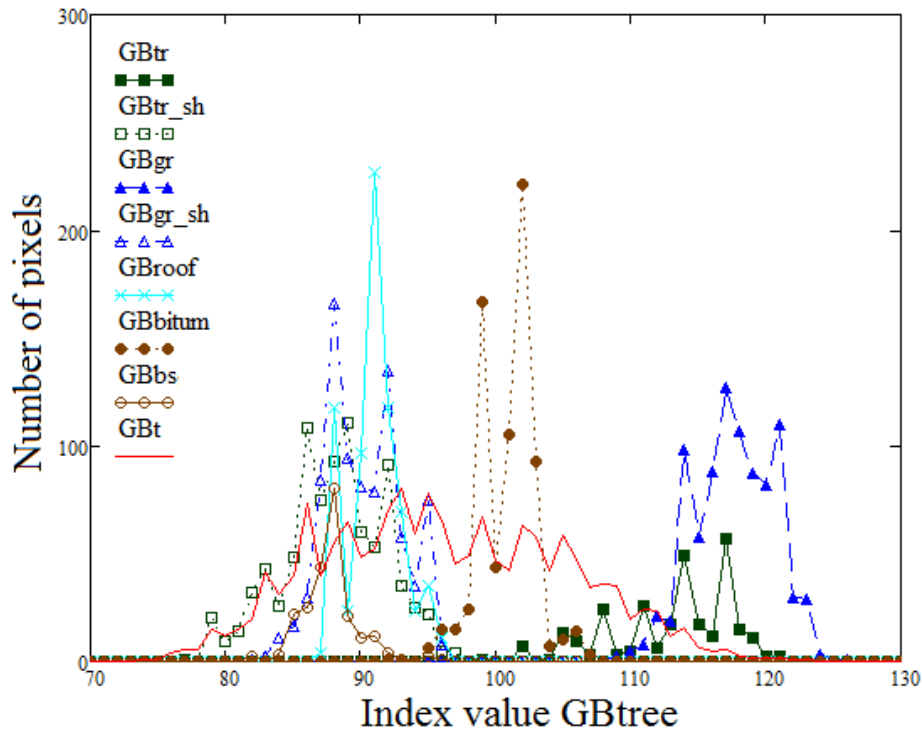


Рис. 3. Графік розподілу кількості пікселів для дослідних об'єктів для індексу GBtree, найменування ділянок аналогічно із рис. 2.

Виходячи з отриманих результатів, при перебуванні під прямим сонячним промінням деревам відповідає діапазон 104..122, газонам – 108..124, без накладання сторонніх об'єктів. У випадку затінених ділянок відбулось накладання діапазонів для дерев, газонів та тротуарів. Зважаючи на це ідентифікація рослинних насаджень на супутникових знімках в оптичному діапазоні для запропонованого індексу GBtree матиме суттєву похибку стосовно ділянок, що перебувають у тіні від будинків.

Зйомка з інфрачервоним об'єктивом. Там само як і в оптичному діапазоні, ІЧ знімок складається з даних трьох окремих каналів, що відповідають різним діапазнам спектру або їх комбінації. Оскільки для отримання зображення використовувались ІЧ спектри, для адитивної моделі кольороутворення канали позначали як C1, C2 та C3, подібно до RGB. Результати моніторингу в ІЧ спектрі наведені на рисунку 4.

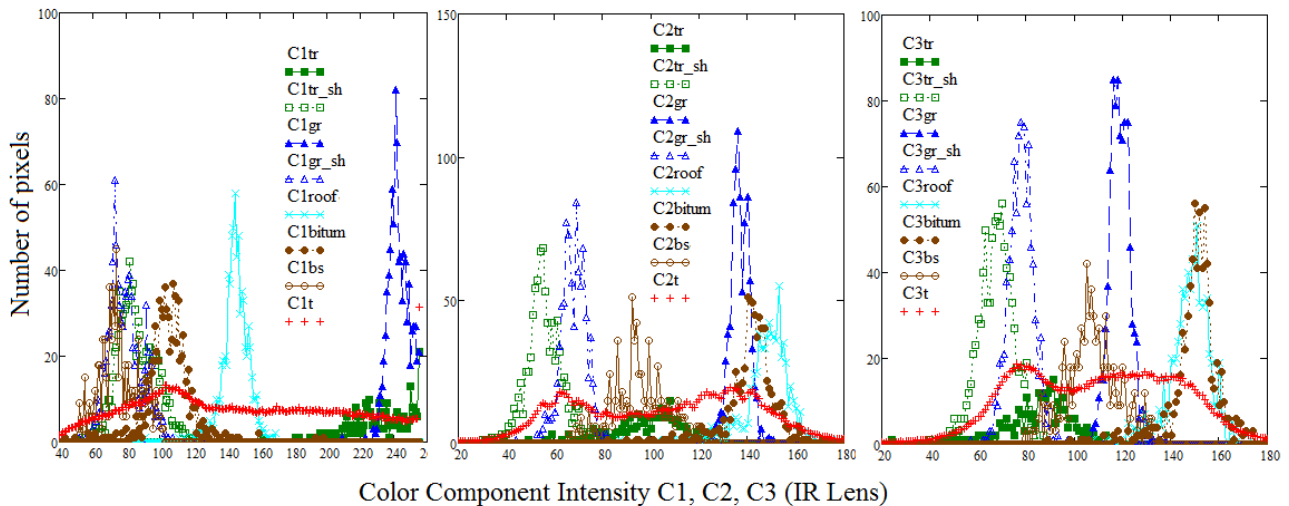


Рис. 4. Залежність для дослідних ділянок кількості пікселів від інтенсивності складової кольору за інфрачервоної зйомки, найменування ділянок аналогічно із рис. 2.

Згідно отриманих результатів, за ІЧ супутникової зйомки вибіркова ідентифікація рослинних насаджень можлива й за окремими каналами, так за першим каналом можна виділити копули дерев та траву, а за другим ідентифікувати ці об'єкти в тіні. Оскільки жоден з наявних каналів не виявився універсальним щодо ідентифікації рослин, як і для оптичного діапазону, перевірили можливість використання для інфрачервоних знімків попіксельної фільтрації по 2-х каналах. Відмінність інфрачервоних знімків від знімків видимого діапазону полягає в тому, що в кожному вимірювальному каналі замість певного спектрального діапазону (R, G, B) є різні варіанти суми двох спектрів, а саме червоного та інфрачервоного. Згідно наявних

даних в досліді попередників не перевірялось можливість ідентифікації рослин в інфрачервоних знімках з адитивною моделлю кольороутворення. Завдяки доступності таких знімків від не спеціалізованих супутників дистанційного зондування доцільно розглянути таку можливість.

Пропонуємо застосовувати індекс для ідентифікації рослин за інфрачервоної зйомки (2).

$$IR_{tree} = C1 - C2 + 100 \quad (2)$$

де: C1 та C2 – 1 та 2 канали в адитивній моделі кольороутворення, які в оптичному діапазоні відповідають за R та G складові кольору.

Результати ідентифікації за використання інфрачервоної зйомки представлено на рисунку 5.

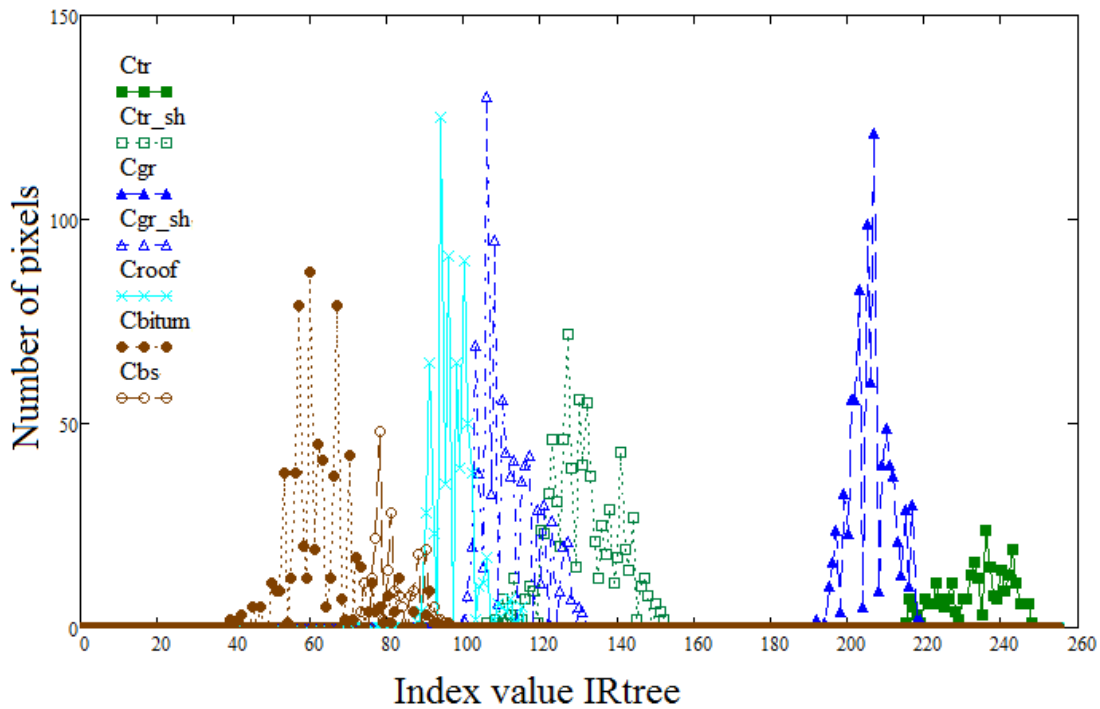


Рис. 5. Графік розподілу кількості пікселів для дослідних об'єктів у IR зйомці для індексу IRtree, найменування ділянок аналогічно із рис. 2.

Під час використання індексу IRtree вдалося виділити окремі діапазони, що належать саме кроні дерев та траві за прямого сонячного опромінення і певною мірою в тіні, чого не вдалось досягнути з індексом GBtree. Результати, отримані при обчисленні площі листової поверхні дерев для дослідного кварталу міста, за прямого освітлення становили для індексів IRtree – 13,1 % та GBtree – 13,8 %, з урахуванням дерев у тіні – 20,5 % та 68 %. На нашу думку, така різниця в показниках для затінених ділянок для оптичного діапазону пояснюється фіксацією, поряд із короною дерев і газонів, асфальтового покриття. Отже, інфрачервоні супутникові знімки показали більшу вибірковість, яка є важливою для оцінки стану насаджень.

Висновки і перспективи:

Монохромні інфрачервоні та оптичні знімки виявилися не придатними для ідентифікації рослин, оскільки під час перебування об'єктів у тіні від споруд діапазони інтенсивності складових кольору рослин накладались на діапазони сторонніх об'єктів. Для інфрачервоних та оптичних супутникових знімків було запропоновано спектральні індекси, що враховують кілька складових кольору для оцінки стану рослинних насаджень. Доведено, що підходить щодо попиксельної ідентифікації рослин для видимого діапазону придатні і для інфрачервоних знімків в адитивній моделі кольороутворення. Для крон дерев під прямим сонячним освітленням для

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.

запропонованих індексів було отримано приблизно однакові результати. Проте індекси, запропоновані для інфрачервоної зйомки, мають більшу вибірковість, оскільки для них вдалось ідентифікувати окремо крони дерев та рослин на газонах, як при прямому сонячному освітленні, так і в тіні від споруд.

Можливість ідентифікації площі куполу дерев на ділянках за наявності позиціонування дозволить відстежувати динаміку змін їх стану і за аналізу карт виявляти можливі джерела стресу (біологічного, технологічного тощо). Наявність таких карт стресового стану рослин дозволить за використання технологій машинного навчання чи дата сайнс інжиниринг відпрацювати методики ідентифікації характеру стресу, які з використанням БПЛА

можуть застосовуватись для агрохімічних потреб.

Підтвердження та подяка.

Попередні результати дослідження було викладено у вигляді тез «Technologies for environmental monitoring of the city» на міжнародній науковій конференції 2021 IEEE 16th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems, CADSM 2021 – Proceedings, 2021, стр. 40–43, (DOI:

10.1109/CADSM52681.2021.9385213).
Автори висловлюють свою вдячність фахівцям кафедри автоматики та робото-технічних систем Шворову С. А., Комарчуку Д. С., Решетюку В. М., за надану підтримку та обладнання для обробки супутникових фотознімків високої роздільної здатності.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.015>.

3. Jonathan T.E. Lee (2018) Environmental impact comparison of four options to treat the cellulosic fraction of municipal solid waste (CF-MSW) in green megacities / Jonathan T.E. Lee, Alvin Wei Liang Ee, Yen Wah Tong // Waste Management, Vol. 78, pp. 677-685 <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.043>.

4. Huanhuan Tong (2018) Harvest green energy through energy recovery from waste: A technology review and an assessment of Singapore / Huanhuan Tong, Zhiyi Yao, Jun Wei Lim, Liwei Mao, Jingxin Zhang, Tian Shu Ge, Ying Hong Peng, Chi-Hwa Wang, Yen Wah Tong // Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 98, pp. 163-178 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.009>.

References

1. Steve M. Raciti (2014) Mapping carbon storage in urban trees with multi-source remote sensing data: Relationships between biomass, land use, and demographics in Boston neighborhoods / Steve M. Raciti, Lucy R. Hutyra, Jared D. Newell // Science of The Total Environment, Vol. 500–5011, pp. 72-83 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.070>.

2. Jesús Martín Talavera (2017) Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields / Jesús Martín Talavera, Luis Eduardo Tobón, Jairo Alejandro Gómez, María Alejandra Culman, Juan Manuel Aranda, Diana Teresa Parra, Luis Alfredo Quiroz, Adolfo Hoyos, Luis Ernesto Garreta // Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 142 (A), pp. 283-297,

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.

5. B. Golub (2019) Production of Biotechnological Objects using Business Intelligence / B. Golub, A. Hudz, A. Dudnyk, A. Bushma // 2019 9th International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT 2019 – Proceedings, pp. 200-204, <https://doi.org/10.1109/ACITTT.2019.8780061>.

6. Jacob Høxbroe Jeppesen (2018) Open geospatial infrastructure for data management and analytics in interdisciplinary research / Jacob Høxbroe Jeppesen, Emad Ebeid, Rune Hylsberg Jacobsen, Thomas Skjødeberg Toftegaard // Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 145, pp. 130–141, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.026>.

7. V. Lysenko (2016) Automation of biotechnological objects / V. Lysenko, A. Dudnyk // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Proceedings of the 13th International Conference on TCSET 2016, pp. 44-46, <https://doi.org/10.1109/TCSET.2016.7451963>.

8. N. Kiktev (2018) Infocommunication Technology for Determination of Coal Ash-Content on the Conveyor Line / N. Kiktev, N. Chichikalo, H. Rozorinov, R. Filippov, D. Khort // 2018 International Scientific-Practical Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2018 – Proceedings, pp. 535-538, <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632108>.

9. Uélison Jean L. dos Santos (2019) AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops / Uélison Jean L. dos Santos, Gustavo Pessin, Cristiano André da Costa, Rodrigo da Rosa Righi // Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 161, pp. 202–213, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.010>.

10. Fadi Al-Turjman (2019) The road towards plant phenotyping via WSNs: An overview / Fadi Al-Turjman // Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 161, pp. 4–13, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.018>.

11. Nikolay Kiktev (2018) Infocommunication Technology for Determination of Coal Ash-Content on the

Conveyor Line / Nikolay Kiktev, Nina Chichikalo, Heorhiy Rozorinov, Rostislav Filippov, Dmitry Khor // 2018 International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T), pp. 535 – 538, <https://doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2018.8632108>.

12. Fan Ouyang (2019) Automatic delivery and recovery system of Wireless Sensor Networks (WSN) nodes based on UAV for agricultural applications / Fan Ouyang, Hui Cheng, Yubin Lan, Yali Zhang, Xuanchun Yin, Jie Hu, Xiaodong Peng, Guobin Wang, Shengde Chen // Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 162, pp. 31–43, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.025>.

13. Đoko Bandur (2019) An analysis of energy efficiency in Wireless Sensor Networks (WSNs) applied in smart agriculture / Đoko Bandur, Branimir Jakšić, Miloš Bandur, Srđan Jović // Computers and Electronics in Agriculture, Vol.156, pp. 500–507, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.016>.

14. Min-Sheng Liao (2017) On precisely relating the growth of Phalaenopsis leaves to greenhouse environmental factors by using an IoT-based monitoring system / Min-Sheng Liao, Shih-Fang Chen, Cheng-Ying Chou, Hsun-Yi Chen, Shih-Hao Yeh, Yu-Chi Chang, Joe-Air Jiang // Computers and Electronics in Agriculture Vol.136, pp. 125–139, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.03.003>.

15. V. Lysenko (2017) Determination of the not uniformity of illumination in process monitoring of wheat crops by UAVs / V. Lysenko, D. Komarchuk, O. Opryshko, N. Pasichnyk, N. Zaets // 2017 4th International Scientific-Practical Conference Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2017. – Proceedings., pp. 265-267. <http://dx.doi.org/10.1109/INFOCOMMST.2017.8246394>.

16. S. Shvorov (2018) UAV Navigation and Management System Based on the Spectral Portrait of Terrain / S. Shvorov, D. Komarchuk, N. Pasichnyk, O. Opryshko, Y. Gunchenko, S. Kuznichenko // 2018 IEEE 5th International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), – Proceedings., pp. 68-71

Багацька О. М., Пасічник Н. А., Опришко О. О.

<http://dx.doi.org/10.1109/MSNMC.2018.8576304>.

17. Jesper Svensgaard (2019) Can reproducible comparisons of cereal genotypes be generated in field experiments based on UAV imagery using RGB cameras? / Jesper Svensgaard, Signe Marie Jensen, Jesper Cairo Westergaard, Jon Nielsen, Svend Christensen, Jesper Rasmussen European Journal of Agronomy, Vol.106, pp. 49-57, <https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.03.006>.

18. Hengbiao Zheng (2020) Early season detection of rice plants using RGB, NIR-G-B and multispectral images from unmanned aerial vehicle (UAV) / Hengbiao Zheng, Xiang Zhou,

Jiaoyang He, Xia Yao, Tao Cheng, Yan Zhu, Weixing Cao, Yongchao Tian Computers and Electronics in Agriculture, Vol.169, 105223, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105223>.

19. M. Dolia (2019) Information Technology for Remote Evaluation of after Effects of Residues of Herbicides on Winter Crop Rape / M. Dolia, V. Lysenko, N. Pasichnyk, O. Opryshko, D. Komarchuk, V. Miroshnyk, T. Lendiel, A. Martsyfei // 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies, AICT 2019 – Proceedings pp. 469-473.

<https://doi.org/10.1109/AIACT.2019.8847850>.

TECHNOLOGIES FOR ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE CITY

O. M. Bahatska, N. A. Pasichnyk, O. O. Opryshko

Abstract. *IoT technologies in the Big Data concept can radically change approaches in agricultural practices, but it is necessary to work out methods of processing and interpreting information that can be effective in crop practice. Since the dimensions of plants are too small for satellite imagery, the development of technologies can be done on trees whose dimensions are sufficient for their identification in satellite imagery. The purpose of the work is to identify and assess the condition of plantations, in particular trees, with the determination of their positioning on satellite images of megacities. Digital photographs created by optical and infrared lenses of the Obolonskyi district of Kyiv were used for the research. It was found that in the optical range for objects under direct sunlight, plant identification is possible, while shaded areas are identified with significant errors. When using the index for IR shooting $IR_{tree} = C1 - C2 + 100$ it was possible to identify individual ranges that belong to the crown of trees and grass in direct sunlight and to some extent in the shade, which could not be achieved with the index for optical range $GB_{tree} = G - B + 100$. Monochrome infrared and optical images were not suitable for plant identification, because when objects were in the shadow of buildings, the ranges of intensity of the color components of plants were superimposed on the ranges of foreign objects. For infrared and optical satellite images, spectral indices have been proposed that take into account several color components to assess the condition of plantations. For tree crowns under direct sunlight, approximately the same results were obtained for the proposed indices. However, the indices proposed for infrared photography are more selective, as they were able to identify separately the crowns of trees and plants on lawns, both in direct sunlight and in the shade of buildings.*

Keywords: *indices, satellite monitoring, IoT, biogas*