



**Д. І. БІДОЛАХ**

**ВИЗНАЧЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ БЛАГОУСТРОЮ  
ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЗЙОМКИ БЕЗПЛОТНИМИ ЛІТАЛЬНИМИ АПАРАТАМИ**

*ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»*

Опрацьовано можливість використання результатів зйомки території об'єктів благоустрою з безпілотного літального апарата DJI Phantom 4 для визначення їхніх лінійних горизонтальних параметрів. Установлено, що такий підхід дає змогу підвищувати якість, точність і швидкість визначення довжин елементів благоустрою за актуальним картографічним матеріалом, що опрацьовується у середовищі геоінформаційних систем (ГІС). Апробацію запропонованого способу проведено на базі території скверу в центральній частині міста Бережани Тернопільської області шляхом порівняння результатів геоінформаційного аналізу та традиційних підходів до вимірювань. Виявлено, що запропонований спосіб дає змогу отримувати результати доволі високої точності з підвищенням рівня автоматизації робіт і полегшення процесу складання балансу території. Такий підхід дає можливість вимірювати довжини досліджуваних елементів за допомогою засобів ГІС із мінімізацією трудомістких польових робіт і підвищенням їхньої точності у порівнянні з індикацією параметрів за безкоштовними матеріалами дистанційного зондування Землі. Він може бути використаний для парковпорядкування, інвентаризації зелених насаджень, розроблення проєктів благоустрою, озеленення та реконструкцій, а також для наукових досліджень.

Ключові слова: вимірювання довжини елементів озеленення, безпілотний літальний апарат, ортофотоплан, ГІС.

**Вступ.** Зважаючи на важливу роль зелених насаджень у формуванні безпечного та комфортного життєвого простору людини, в них мають регулярно проводитися заходи захисту, бережливої експлуатації, відтворення та примноження. Для вирішення цього питання важливого значення набуває наявність достовірної та актуальної інформації про стан об'єктів благоустрою. Водночас різні дослідники (Danilin et al. 2005, Slobodyanyk 2014) відзначають неспроможність традиційних методів збору та аналізу інформації забезпечити виконання цієї вимоги повною мірою. Виявлено (Rossinina et al. 2006), що процес переходу суб'єктів господарювання на нові технології оброблення, збереження та передавання інформації про стан об'єктів ведення господарства з використанням комп'ютерів мало торкнувся зеленого будівництва.

Підвищення ефективності методів отримання інформації щодо стану об'єктів благоустрою є неможливим без залучення новітніх технологій (Buksha et al. 2008, Markham 2016). Для сфер, які у своїй діяльності використовують картографічні матеріали, супутникові знімки, тривимірні моделі території та інші просторові дані, важливими стають технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), матеріали яких інтерпретують у геоінформаційних системах (ГІС). Не є винятком і сфера садово-паркового господарства, для якої потрібне оперування різними шарами картографічної інформації, робота з цифровими моделями місцевості, визначення та візуалізація розташування рослинності, дорожньо-стежкової мережі, використання параметрів дерев і чагарників, будівель, споруд і малих архітектурних форм (МАФ), а також опрацювання іншої просторової інформації. Як свідчать висновки окремих науковців (Trubina et al. 2014), геоінформаційне картування найкраще відповідає завданням обліку зелених насаджень та об'єктів благоустрою, оскільки дає змогу інтегрувати просторову інформацію щодо особливостей розташування зелених насаджень у базу даних, яка містить якісні та кількісні показники структури та стану насаджень. Водночас такий підхід створює умови для врахування всіх об'єктів озеленення завдяки можливостям підключення цифрової картографічної основи в поєднанні із семантичною (атрибутивною) інформацією.

Залучення космічної зйомки для картографування місцевості постійно змінює й удосконалює її парадигму та, як наслідок, набуває популярності у багатьох сферах, зокрема менеджменті та інвентаризації зелених насаджень, містобудуванні та ландшафтній екології

(Qi Chen 2007). Поява нових методів збирання геоданих (супутникові знімки надвисокої роздільної здатності, повітряне лазерне сканування, гіперспектральні зйомки та ін.), за переконанням дослідників (Rylskiy 2018), зумовлює доцільність проведення нових досліджень стосовно вивчення можливостей змін та вдосконалення інформаційного забезпечення зеленого будівництва з використанням матеріалів ДЗЗ.

Відповідно до рекомендацій різних науковців (Wood et al. 1999, Lefsky et al. 2002, Danilin et al. 2005, Mura et al. 2015, Rylskiy 2018), для дослідження об'єктів благоустрою, зокрема для виявлення детальних місць розташування їхніх окремих елементів, текстурного дешифрування, побудови детальних карт і тривимірних моделей ландшафтів найкраще використовувати матеріали ДЗЗ надвисокої роздільної здатності. Останнім часом чимало авторів (Berteška & Ruzgienė 2013, Bidolakh & Kuziovych 2016, Greenwood et al. 2019, Hernandez et al. 2016, Khokthong et al. 2019, Krause et al. 2019) звертають увагу також на доцільність використання матеріалів зйомки з безпілотних літальних апаратів (БПЛА) як альтернативи знімків із високою та надвисокою роздільною здатністю, зважаючи на їхню дешевизну, можливість управління часом проведення зйомки, деталізацією та іншими параметрами.

Описуючи перспективи використання вищезгаданих технологій для процесу впорядкування зелених насаджень, неможливо оминати увагою й недоліки цього підходу. Як свідчать дослідження (Mullayarova 2018), система інвентаризації міських насаджень із використанням інтерпретації матеріалів ДЗЗ в ГІС має певні труднощі реалізації в умовах загущених біогруп і насаджень лісових типів, а тому найкраще підходить для лінійних і рідколісних площинних зелених насаджень, у яких перекриття крон є мінімальними. До цих труднощів слід додати витрати на придбання геоінформаційної системи, апаратної частини комплексу та серверів для зберігання інформації. До того ж слід пам'ятати, що вартість підготовки спеціалістів з ГІС часто наближається до ціни самого програмного продукту, яка інколи може вимірюватися тисячами умовних одиниць. Відповідно до цього, згідно з висновками науковців (Debelaya & Morozova 2018), доволі потужний потенціал комплексного поєднання методів ГІС із матеріалами ДЗЗ для управління міськими об'єктами зеленого господарства й досі залишається нереалізованим унаслідок відсутності кваліфікованих спеціалістів, фінансового забезпечення, а також актуальних даних про стан об'єктів благоустрою.

Мета дослідження – виявлення можливостей визначення горизонтальних параметрів елементів благоустрою за матеріалами БПЛА.

**Матеріали й методи.** Об'єктом дослідження обрано спосіб визначення лінійних розмірів елементів благоустрою за матеріалами БПЛА-зйомки. Предметом дослідження стали можливості вдосконалення процесу вимірювання горизонтальних параметрів об'єктів благоустрою для потреб парковпорядкування шляхом використання сучасних методів.

Дослідження проводили на базі паркових ландшафтів центральної частини міста Бережани в Тернопільській області шляхом знімання території досліджень із безпілотного літального апарата (БПЛА) DJI Phantom 4, експорту отриманої інформації, її трансформації та створення ортофотоплану. Опрацювання отриманої картографічної основи, яка прив'язана до відповідної системи координат, у середовищі ГІС дає змогу виконувати лінійні вимірювання об'єктів із одночасною реєстрацією їхнього місця розташування в системі координат.

Для отримання матеріалів БПЛА-аерофотозйомки території об'єкта благоустрою проводять калібрування компаса БПЛА. Після отримання чіткого супутникового сигналу в системах GPS/ГЛОНАСС проводять знімання цієї території з квадрокоптера. При цьому виконують аерофотозйомку за попередньо спланованим маршрутом. Після цього серію аерофотознімків експортують на комп'ютер для здійснення їхнього поєднання та ортотрансформації з метою створення ортофотоплану.

Для можливості зіставлення якісних характеристик різної картографічної основи порівнювали створений ортофотоплан в середовищі ГІС Quantum GIS 3 з фрагментом прив'язаного в цій же системі координат космічного знімка із супутника Pleiades-1A від Французького Національного центру космічних досліджень (CNES), отриманого на правах вільного використання з платформи Google Earth (рис. 1).



**Рис. 1 – Порівняння матеріалів ДЗЗ для території центральної частини м. Бережани (Тернопільська обл.): а – супутниковий знімок; б – БПЛА-ортофотоплан із позначеними місцями проведення вимірів**

Для перевірки можливості отримання інформації про лінійні розміри об'єктів за цими картографічними матеріалами проведено натурні виміри за допомогою мірної рулетки для елементів, які можливо відстежити за обома знімками: розміри доріжок, МАФ, квітників і газонів. Після цього визначали ті самі розміри засобами ГІС за матеріалами ДЗЗ з наступним зіставленням із даними натурних вимірювань. Такий підхід передбачалося використати для одержання інформації про розміри елементів благоустрою, обчислення балансу території, впорядкування території та зелених насаджень, а також виконання інших завдань.

Завданням дослідження обрано розроблення підходу до вимірювання горизонтальних параметрів об'єктів садово-паркового господарства, перевірку його точності та ефективності шляхом порівняння з традиційними методами отримання такої інформації. Для реалізації цього завдання нами запропоновано використання аерофотозйомки території з безпілотного літального апарату з подальшим визначенням розмірів елементів благоустрою за опрацьованим у середовищі ГІС ортофотопланом території.

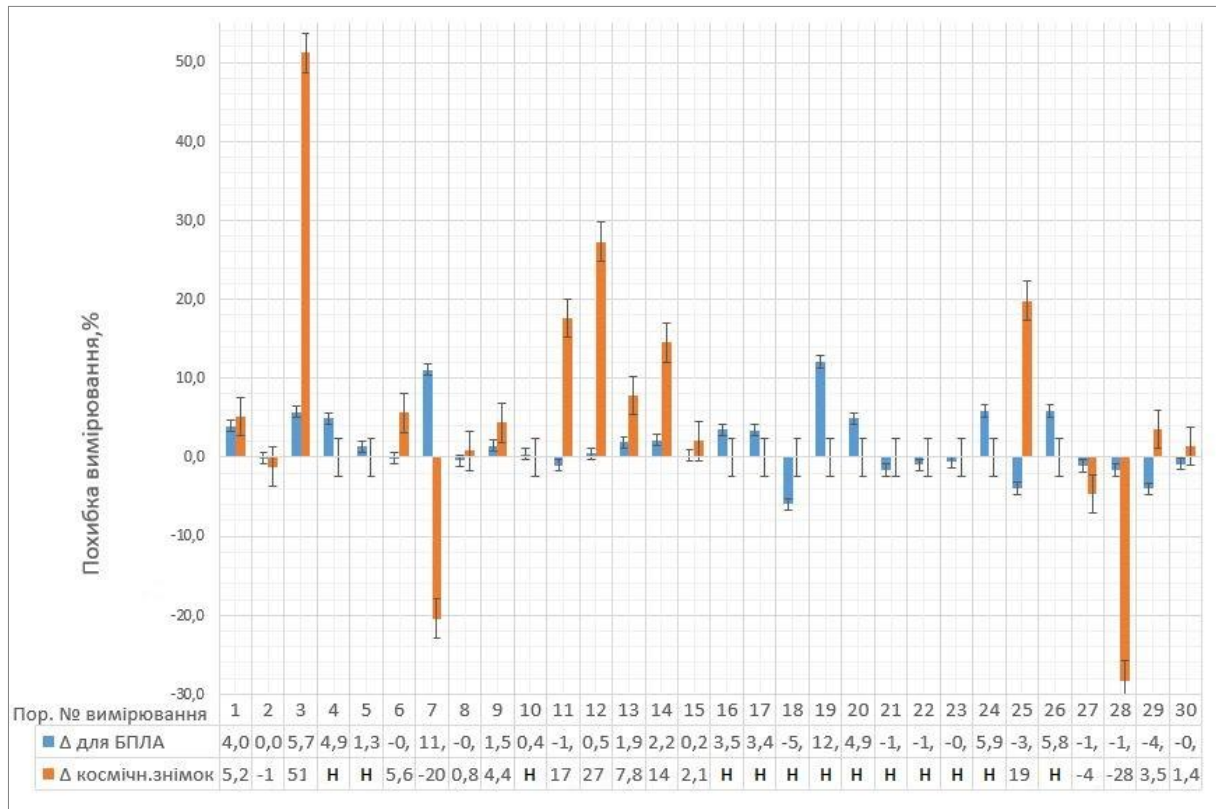
**Результати й обговорення.** У процесі дешифрування матеріалів ДЗЗ виявлено кращу деталізацію відображення дорожньо-стежкової мережі, контурів будівель, місць розташування дерев та МАФ за ортофотопланом, порівнюючи з безкоштовним космічним знімком. Під час виконання вимірювань засобами ГІС відзначено також кращу інформативність матеріалів БПЛА-зйомки та простіший процес визначення меж елементів за ним. Аналіз отриманої інформації (табл. 1) свідчить про вищу точність результатів за матеріалами зйомки з БПЛА проти безкоштовних космічних знімків, які доступні для використання з платформи Google Earth. Так, виміри за ортофотопланом характеризуються середньою випадковою помилкою вимірювань  $\delta = 0,14$  м за середньоквадратичного відхилення  $S = 6,36$  та коефіцієнта варіації  $C_v = 1,198$  із розкидом значень відхилень від результатів натурних вимірювань у межах від  $-5,9$  до  $+12,1$  % (рис. 2). Водночас найбільші похибки виникали для дрібних елементів місцевості з розмірами до 3 м, що може бути наслідком впливу тіней об'єктів і помилками, викликаними точністю самого ортофотоплану, роздільна здатність якого становила 4,5 см.

**Результати вимірювань лінійних параметрів елементів благоустрою за даними ДЗЗ  
 для об'єкта дослідження**

№ з/п	Об'єкт	Ортофотоплан		Космічний знімок		Натурні виміри, м	Примітка
		Розмір, м	Відхилення, %	Розмір, м	Відхилення, %		
1	Квітник 1 ширина	2,72	4,0	2,75	5,2	2,615	
2	Квітник 1 довжина	10,80	0,0	10,67	-1,2	10,800	
3	Лава 1 довжина	1,78	5,7	2,54	51,2	1,680	с/і*
4	Смітник 1 діаметр	0,43	4,9	н/п*	–	0,410	
5	Доріжка 1 ширина	1,44	1,3	н/п	–	1,420	
6	Квітник 2 довжина	6,05	-0,1	6,39	5,6	6,050	
7	Квітник 2 ширина	2,72	11,1	1,95	-20,4	2,450	с/і
8	Доріжка 2 ширина	12,35	-0,4	12,5	0,8	12,400	
9	Доріжка 3 ширина	2,08	1,5	2,14	4,4	2,050	
10	Газон 1 розмір	6,16	0,4	н/п	–	6,138	
11	МАФ 1 ширина	2,87	-1,0	3,41	17,6	2,900	с/і
12	МАФ 1 довжина	4,02	0,5	5,09	27,3	4,000	с/і
13	МАФ 2 ширина	5,35	1,9	5,66	7,8	5,250	с/і
14	Доріжка 4 ширина	2,25	2,2	2,52	14,5	2,200	
15	Дорога 1 ширина	13,58	0,2	13,83	2,1	13,550	
16	Доріжка 5 ширина	1,49	3,5	н/п	–	1,435	
17	МАФ 3 ширина	2,27	3,4	н/п	–	2,195	
18	МАФ 3 довжина	2,49	-5,9	н/п	–	2,647	
19	Лава 2 довжина	1,68	12,1	н/п	–	1,500	
20	Смітник 2 діаметр	0,43	4,9	н/п	–	0,410	
21	Мощення 1 розмір	6,76	-1,6	н/п	–	6,870	
22	МАФ 4 ширина	1,34	-1,0	н/п	–	1,350	
23	Лава 3 довжина	1,67	-0,6	н/п	–	1,680	
24	МАФ 5 ширина	1,99	5,9	н/п	–	1,875	
25	Дорога 2 ширина	9,13	-3,9	11,38	19,8	9,500	с/і
26	Клумба розмір	1,27	5,8	н/п	–	1,200	
27	Газон 2 довжина	9,79	-1,1	9,44	-4,6	9,900	с/і
28	Газон 2 ширина	2,99	-1,6	2,18	-28,3	3,040	с/і
29	Газон 3 довжина	8,73	-4,0	9,42	3,5	9,100	с/і
30	Газон 4 довжина	32,76	-0,9	33,52	1,4	33,050	

\* н/п – не піддаються вимірюванню; с/і – складнощі ідентифікації.

У процесі аналізу вимірювань за супутниковим знімком зазначено такі статистичні показники для цього процесу:  $\delta = 0,63$  м за середньоквадратичного відхилення  $S = 7,74$  та коефіцієнта варіації  $C_v = 0,972$  із розкидом значень відхилень від результатів натурних вимірювань у межах від -28,3 до +51,2 %. До того ж для 13 елементів (43,3 % вимірів) неможливо було здійснити вимірювання за даними матеріалами через погану їхню видимість, а для 9 вимірів (30,0 %) виникли проблеми з ідентифікацією меж елементів за космічним знімком, що також знизило точність вимірювань.



**Рис. 2 – Відхилення результатів вимірювань за матеріалами ДЗЗ**  
 (Н – елементи, для яких не можливо було здійснити виміри)

Наведені характеристики свідчать про вищу ефективність використання ортофотоплану за матеріалами БПЛА-зйомки, як порівняти з безкоштовними супутниковими знімками, для визначення лінійних розмірів за ними. Причиною цього є вища просторова роздільна здатність і краща якість деталізації першого підходу.

Розглядаючи це питання, також неможливо оминати увагою вплив орографічних факторів на точність визначення лінійних параметрів елементів благоустрою. Загальновідомо, що на картографічних матеріалах відображаються не дійсні довжини ліній, а їхні проекції на горизонтальну площину. У геодезичних вимірюваннях ухили ліній до 3 градусів не беруть до уваги, зважаючи на їхній незначний вплив на результати. За більших кутів нахилу території для відкладання довжин ліній на карти й плани визначають величину горизонтального прокладання, яка є добутком дійсної довжини лінії та косинуса кута її нахилу. Виходячи з цього, також рекомендуємо користуватися цим принципом під час зворотного процесу отримання довжин ліній за картографічними матеріалами. Тобто виміряні за матеріалами ДЗЗ горизонтальні прокладання об’єктів для ліній із нахилом більше ніж 3 градуси переводити в довжини з урахуванням їхнього нахилу за формулою (1):

$$S = L * \cos \alpha^{-1}, \tag{1}$$

де S – горизонтальне прокладання;  
 L – дійсна довжина лінії;  
 α – кут нахилу лінії.

За наявності цифрової моделі рельєфу (ЦМР) або тривимірного макету території геоінформаційні системи здатні в автоматичному режимі вираховувати дійсні довжини ліній, що значно спрощує обмірні роботи за матеріалами ДЗЗ та підвищує їхню точність.

Проведені дослідження дають підстави рекомендувати для потреб дослідження зелених насаджень та інших елементів благоустрою об’єктів зеленого господарства матеріали ДЗЗ

високої просторової роздільної здатності. Для таких цілей можна використовувати супутникові знімки зі значенням цього параметра не більше ніж 10 см на піксель. Проте, зважаючи на їхню високу вартість станом на сьогодні, пропонуємо використовувати для таких цілей результати БПЛА-зйомки у вигляді ортофотоплану території. Для підвищення точності результатів рекомендовано виконувати БПЛА-зйомку в час найменшої довжини тіней та за висоти знімання не більше ніж 100 м (за більшої висоти знімання погіршується просторова роздільна здатність). Оброблення результатів рекомендуємо проводити засобами ГІС на основі ЦМР або тривимірною макету території.

За результатами проведених досліджень отримано патент на корисну модель «Спосіб дистанційного моніторингу об'єктів садово-паркового господарства» (Бідолах et al. 2020).

**Висновки.** Використання сучасних методів досліджень у садово-парковому господарстві дає змогу не тільки істотно підвищити точність отриманої інформації, але й забезпечити її оперативність, автоматизацію та універсальність, що є важливою умовою сталого розвитку урболандшафтів. У контексті дослідження можливостей використання методів ДЗЗ для удосконалення процесу впорядкування об'єктів благоустрою нами підтверджено доцільність залучення переваг БПЛА-зйомки як аналога матеріалів супутникової зйомки з високою роздільною здатністю для вимірювання горизонтальних параметрів елементів благоустрою. Результати досліджень свідчать про вищу ефективність використання ортофотоплану за матеріалами БПЛА-зйомки проти безоплатних супутникових знімків для визначення лінійних розмірів за ними. Для спрощення інтерпретації матеріалів ДЗЗ рекомендовано використовувати геоінформаційні системи, які дають змогу проводити виміри безпосередньо за геокодованим у системі координат ортофотопланом. Загалом такий підхід може бути використаний для потреб парковпорядкування, обчислення балансу території, впорядкування території та зелених насаджень, а також для проведення інших наукових досліджень.

#### **ПОСИЛАННЯ – REFERENCES**

- Berteška, T. and Ruzgienė, B. 2013. Photogrammetric mapping based on UAV imagery. *Geodesy and Cartography*, 39(4): 158–163. <https://doi.org/10.3846/20296991.2013.859781>
- Bidolakh, D. I., Leshchenko, O. Yu., Kolesnichenko, O. V. 2020. Patent 141617 UA, u201907878. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. (in Ukrainian).
- Bidolakh, D. I. and Kuziiovych, V. S. 2016. Remote research of horticulture objects with the using of drones. *Scientific Journal “Ukrainian Journal of Forestry and wood Science”*, 255: 201–209. (in Ukrainian).
- Buksha, I. F., Buksha, M. I., Kuziiovych, V. S. 2008. Application of advanced measuring and computer technologies in landscape gardening. *Scientific Bulletin of UNFU*, 18.7: 46–53 (in Ukrainian).
- Danilin, I. M., Medvedev, E. M., Abe, N. I., Khudak, A. T., Sankt-Onge, B. 2005. High technologies of the XXI age for aerospace monitoring and forest taxation. *Forest taxation and forest inventory [Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo]*. 1 (34): 28–38 (in Russian)
- Debelaya, I. D. and Morozova, G. U. 2018. Development of GIS structure on example of specially protected natural territory of local value “Dynamo park” in Khabarovsk. *International Research Journal*, 3 (69): 75–80 (in Russian). <https://doi.org/10.23670/IRJ.2018.69.003>
- Greenwood, W. W., Lynch, J. P., Zekkos, D. 2019. Applications of UAVs in civil infrastructure. *Journal of Infrastructure Systems*, 25(2): 04019002. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000464)
- Hernandez, J. G., Gonzalez-Ferreiro, E., Sarmiento, A., Silva, J., Nunes, A., Correia, A. C., Fontes, L., Tomé, M., Diaz-Varela, R. 2016. Using high resolution UAV imagery to estimate tree variables in *Pinus pinea* plantation in Portugal. *Forest Systems*, 25(2): 09. <https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08895>
- Khokthong, W., Zemp, D. C., Irawan, B., Sundawati, L., Kreft, H., Hölscher, D. 2019. Drone-Based assessment of canopy cover for analyzing tree mortality in an oil palm agroforest. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00012>
- Krause, S., Sanders, T. G. M., Mund, J.-P., Greve, K. (2019). UAV-Based Photogrammetric Tree Height Measurement for Intensive Forest Monitoring. *Remote Sensing*, 11(7): 758 p. <https://doi.org/10.3390/rs11070758>
- Lefsky, M. A., Cohen, W. B., Harding, D. J., Parker, G. G., Acker, S. A., Gower, S. T. 2002. Lidar remote sensing of above-ground biomass in three biomes. *Global Ecology and Biogeography*, 11(5): 393–399. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2002.00303.x>

Markham, D. 2016. This startup will use drones to map forests and plant trees at 1/10th of the usual cost. [Electronic resource]. Treehugger. Available from: <http://54.84.108.13/clean-technology/startup-using-drones-plant-trees-110th-usual-cost.html> (last accessed date 20.05.2020).

Mullayarova, P. I. 2018. On the modernization of the existing methodology for inventory of green spaces, taking into account modern achievements of aerospace research and GIS technologies. Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT), 23(1): 132–141 (in Russian)

Mura, M., McRoberts, R. E., Chirici, G., Marchetti, M. 2015. Estimating and mapping forest structural diversity using airborne laser scanning data. Remote Sensing of Environment, 170(1): 133–142. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.09.016>

Qi Chen. 2007. Airborne LIDAR data processing and information extraction. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 73(2): 109–112.

Rossinina, A. A., Nicheporchuk, V. V., Shevelev, S. L., Artemiev, O. S. 2006. Cartographic study of the dynamics of green spaces of an industrial metropolis. International Research Journal, 3 (69): 75–80 (in Russian).

Rylskiy, I. A. 2018. Approaches to the determination of taxation indicators of forests using aerospace images and LIDAR data. InterKarto. InterGis, 24(2): 216–240. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-2-24-216-240> (in Russian).

Slobodyanyk, M. P. 2014. Vykorystannia metodiv dzz ta GIS-tekhnologii dlia monitorynhu lisovykh resursiv [The using of remote sensing methods and GIS technology for monitoring of forest resources]. Visnyk geodezii ta kartohrafii [Newsletter of geodesy and cartography], 1: 27–31 (in Ukrainian).

Trubina, L. K., Mullayarova, P. I., Baranova, E. I. Nikolaeva, O. N. 2014. Some approaches to geoinformation mapping of green spaces. Interexpo Geo-Siberia, 2: 68–73 (in Russian).

Wood, J., Wm, D., Oderwald, R., & Wynne, R. 1999. Tree inventories and GIS in urban forestry. [Electronic resource]. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Project report. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/237369026\\_Tree\\_Inventories\\_and\\_GIS\\_in\\_Urban\\_Forestry](https://www.researchgate.net/publication/237369026_Tree_Inventories_and_GIS_in_Urban_Forestry) (last accessed date 20.05.2020).

Bidolakh D. I.

#### DETERMINATION OF THE HORIZONTAL PARAMETERS OF LANDSCAPING ELEMENTS BY MEANS OF THE UAV-SURVEY MATERIALS

*Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine “Berezhany Agrotechnical Institute”*

The possibility of using the results of the survey of landscaping objects done by the Phantom 4 UAV DJI in determining linear horizontal parameters has been explored. It was established that this approach allows improving the quality, accuracy and speed of determining the length of the landscaping elements according to the actual cartographic data processed in the GIS-environment. The proposed method was tested in the park landscapes of Berezhany in Ternopil Region by comparing the results obtained by this approach and by the traditional measurement method. It was found that the proposed method with improved automatic process produces high accuracy results as well as it simplifies drawing the balance of a territory. This approach allows us to determine linear horizontal parameters of landscaping elements using software with the minimization of labor-intensive field work and improves the accuracy of the results compared to free remote sensing materials. It can be used in park management, settlement gardening, in inventory of the greenery, when developing landscaping projects, and for other studies.

Key words: greenery elements length measurement, unmanned aerial vehicle, orthophotoplane, GIS.

Бидолах Д. И.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА ПО МАТЕРИАЛАМ СЪЕМКИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

*ВП НУБиП України «Бережанський агротехнічний інститут»*

Исследована возможность использования результатов съемки территории объектов благоустройства с беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 4 для определения их линейных горизонтальных параметров. Установлено, что такой подход позволяет повышать качество, точность и скорость измерения элементов благоустройства по актуальным картографическим материалам, которые обрабатываются в среде ГИС. Апробация предложенного способа реализована на базе территории сквера в центральной части города Бережаны Тернопольской области путем сравнения результатов геоинформационного анализа и традиционных подходов к измерениям. Определено, что предложенный способ позволяет получать результаты достаточно высокой точности с повышением уровня автоматизации работ и облегчением процесса составления баланса территории. Такой подход позволяет измерять длины исследуемых элементов с помощью средств ГИС с минимизацией трудоемких полевых работ и повышением их точности по сравнению с индикацией параметров по материалам бесплатных ДЗЗ. Он может быть использован для паркоустройства, инвентаризации зеленых насаждений, в процессе разработки проектов благоустройства, озеленения и реконструкции, а также других научных исследований.

Ключевые слова: измерение длины элементов озеленения, беспилотный летательный аппарат, ортофотоплан, ГИС.

E-mail: [dimbid@ukr.net](mailto:dimbid@ukr.net)

Одержано редколлегією: 26.05.2020