

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-72-4-18>

УДК 004.7

Олександр МЕЛЬНИЧЕНКО

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0001-8565-7092>

[oleksandr.melnychenko@nolt-technologies.com](mailto:oleksandr.melnychenko@nolt-technologies.com)

## АРХІТЕКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ СУКУПНОСТІ СТРУКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ ОДНІЄЇ ПРИРОДИ В ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ

*Динамічне отримання зображення в тривимірному просторі в динамічному режимі з подальшою його обробкою в контексті розпізнавання структурних об'єктів однієї природи є актуальним завданням. Воно потребує забезпечення не тільки певної точності результату розпізнавання, але першочергово забезпечення коректного повного визначення зображення. Наприклад, потребуватиме подальшого обчислення кількості таких об'єктів.*

*В роботі проведено аналіз відомих систем для динамічного отримання зображень структурних об'єктів в тривимірному просторі, зокрема і їх складових частин та імплементованих в них методів.*

*Результатами роботи є розроблена архітектура автоматизованої системи динамічного отримання зображень структурних об'єктів в тривимірному просторі, яка є основою для створення нових засобів, що зможуть здійснювати обліт безпілотних літальних апаратів підмножин досліджуваної області простору за заданими початковими даними. Так спроектована архітектура дозволяє досягати належного рівня організації при визначенні подальших кроків функціонування підсистем та компонентів. Напрямами подальших досліджень є удосконалення реалізованих в ній методів обльоту, розпізнавання зображень та обчислення кількості об'єктів, які розпізнано.*

*Проведені експерименти підтверджують можливість практичної реалізації запропонованих архітектурних рішень.*

*Ключові слова: автоматизована система, розпізнавання образів, структурні об'єкти, безпілотні літальні апарати.*

Oleksandr MELNYCHENKO

Khmelnytskyi National University

## ARCHITECTURE OF THE AUTOMATED SYSTEM FOR RECOGNITION OF A COMPLEXITY OF STRUCTURAL OBJECTS OF THE SAME NATURE IN THREE- DIMENSIONAL SPACE

*Dynamic acquisition of an image in three-dimensional space in dynamic mode with its subsequent processing in the context of recognizing structural objects of the same nature is an urgent task. It needs to ensure not only a certain accuracy of the recognition result, but first of all to ensure the correct complete definition of the image. For example, further calculation of the number of such objects will be required.*

*The work analyzes known systems for dynamically obtaining images of structural objects in three-dimensional space, including their component parts and the methods implemented in them.*

*The results of the work are the developed architecture of the automated system for dynamic acquisition of images of structural objects in three-dimensional space, which is the basis for the creation of new means that will be able to fly UAVs over subsets of the studied area of space according to the given initial data. The architecture designed in this way allows you to achieve the appropriate level of organization when determining the next steps in the functioning of subsystems and components. The directions of further research are the improvement of the flight methods implemented in it, image recognition and calculation of the number of recognized objects.*

*The conducted experiments confirm the possibility of practical implementation of the proposed architectural solutions.*

*Keywords: automated system, pattern recognition, structural objects, unmanned aerial vehicles.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Отримання зображення в тривимірному просторі в динамічному режимі з подальшою його обробкою в контексті розпізнавання структурних об'єктів є актуальним завданням, оскільки потребує забезпечення не тільки певної точності результату розпізнавання, але першочергово забезпечення коректного повного визначення зображення. В роботах [1-5] розглянуто аспекти створення автоматизованих систем. В роботах [6, 7] розглянуто та запропоновано засоби забезпечення захисту інформації в автоматизованих системах. Аналіз відомих методів розпізнавання та пропонувані удосконалення відомих методів подано в роботах [8-15]. Тому, для розв'язування такого наукового завдання необхідним є розробка всього процесу та першочергово методів динамічного отримання зображень сукупності структурних об'єктів однієї природи в тривимірному просторі. Враховуючи обсяг поставлених завдань щодо зображень необхідним є визначення траєкторій руху залучених засобів їх збору та отримання. Автоматизація таких завдань покращить економічний ефект від її впровадження. Враховуючи потребу поєднання різних технічних засобів та реалізацію різноспрямованих методів і алгоритмів для забезпечення отримання результату, необхідно створити систему, в якій би поєдналися ці засоби, реалізовані методи та алгоритми.

Оскільки, така система буде розподіленою в просторі, бо збір інформації про об'єкти та центр прийняття рішень можуть бути суттєво віддалені, а також враховуючи, що така система може керуватись не фаховим спеціалістом, а звичайним користувачем, то бажано, щоб вона була автоматизована в частині виконання основного завдання. Тому, перспективним напрямом для розв'язання такого наукового завдання є розробка методів та засобів, які ґрунтуються на автоматизованій системі, в якій здійснюватиметься керування одним або декількома БПЛА, що здійснюватимуть отримання зображень об'єктів, враховуючи один об'єкт одноразово.

Таким чином, розробка архітектури автоматизованої системи, в якій відбуватиметься керування одним або декількома БПЛА, що здійснюватимуть отримання зображень об'єктів, враховуючи один об'єкт одноразово, є актуальною науковою задачею.

### Архітектура автоматизованої системи динамічного отримання зображень структурних об'єктів в тривимірному просторі

Поставлені завдання щодо отримання зображень структурних об'єктів в тривимірному просторі, враховуючи плановано використовувані засоби, потребують розробки системи, яка б поєднала різні за функційним призначенням засоби. Специфіка завдань потребуватиме використання та керування засобами, які будуть територіально-розподіленими. Підтримка комунікації здійснюватиметься із залученням відповідних інформаційно-комунікаційних засобів. Також, важливим елементом, який потрібно розробити в системі, є забезпечення керування всіма компонентами через здійснення автоматизації. Така потреба зумовлена орієнтацією на використання системи побутовими користувачами. В результаті проєктована система повинна максимально автоматизувати роботу. Для проєктування системи попередньо визначимо, також, об'єкти на які вона буде спрямована. Першочергово такими об'єктами є об'ємні області в досліджуваній частині тривимірного простору, де будуть отримуватись зображення. Задамо усю область досліджуваного простору, в якому будуть отримуватись структурні об'єкти однієї природи, координатами його початкової точки та трьома векторами, що відображатимуть сторони паралелепіпеда. Досліджувану область простору позначимо і формалізовано задамо так:

$$V = \langle P(x_1, x_2, x_3), V_1(v_{1,1}, v_{1,2}, v_{1,3}), V_2(v_{2,1}, v_{2,2}, v_{2,3}), V_3(v_{3,1}, v_{3,2}, v_{3,3}) \rangle, \quad (1)$$

де  $P(x_1, x_2, x_3)$  – початкова точка досліджуваної ділянки простору з координатами  $(x_1, x_2, x_3)$ ;  $V_i(v_{i,1}, v_{i,2}, v_{i,3})$  -  $i$  – вектор в просторі;  $i = 1, 2, 3$ .

Таким чином, вектор задаватиме в проєктованій системі область досліджуваного простору і визначимо його так:

$$v = (x_1, x_2, x_3, v_{1,1}, v_{1,2}, v_{1,3}, v_{2,1}, v_{2,2}, v_{2,3}, v_{3,1}, v_{3,2}, v_{3,3}). \quad (2)$$

Оскільки, крім загальної області, на яку будуть спрямовані засоби отримання зображень, є підобласті, в яких будуть зосереджені підмножини структурних об'єктів безпосередньо, то такі підобласті теж визначатимуться наборами координат, які будуть в межах загальної області. Визначення початкових координат та координат векторів підобластей задаватимемо лінійною матрицею векторів, яку можна задати, також, прямокутною матрицею. Поділ області необхідний, бо підмножини структурних об'єктів не матимуть перетинів і, тому, їх можна досліджувати окремо кожен. Крім того, це надає змогу масштабувати результати роботи. А, також, в кожній підмножині структурних об'єктів є їх близькість та позиціонування. Таким чином, задамо лінійною матрицею векторів підмножини структурних об'єктів в розглядуваній області простору так:

$$M_v = (v_1, v_2, \dots, v_{N_v}), \quad (3)$$

де  $M_v$  - лінійна матриця векторів підмножини структурних об'єктів;  $v_i$  – вектор  $i$ -підмножини структурних об'єктів;  $i = 1, 2, \dots, N_v$ ;  $N_v$  – кількість підмножин в розглядуваній області простору.

При здійсненні деталізації значень векторів матрицю координат векторів підмножини структурних об'єктів в розглядуваній області простору задамо так:

$$M_{k_v} = \begin{bmatrix} v_{1,x_1} & \dots & v_{N_v,x_1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{1,v_{3,3}} & \dots & v_{N_v,v_{3,3}} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де  $v_{1,x_1} - v_{1,v_{3,3}}$  – 12 координат першого вектора  $v_1$  згідно формули (2.2), аналогічно для решти  $N_v-1$  векторів.

Набір координат з формули (4) поступатиме на вхід проєктованої системи.

Проектована система буде розподіленою, оскільки потребуватиме збору інформації в певній області простору. На рис.1 зображено архітектуру автоматизованої системи, в якій відбуватиметься керування одним або декількома БПЛА, що здійснюватимуть отримання зображень об'єктів.

Структурні компоненти автоматизованої системи можуть перебувати у різних станах. На основі матриць станів, що відображають стани компонентів автоматизованої системи, розроблено підсистему для активного моніторингу системних подій та узгодженої взаємодії компонентів системи при прийнятті нею рішень. Такий підхід дає можливість оператору системи втручатися у корегування поведінки окремих компонентів. Автоматизована система повинна мати наступні функційні можливості:

- 1) формування групи БПЛА;
- 2) утворювати тривимірний програмний простір та встановлювати дозволені та заборонені сегменти;
- 3) встановлювати та корегувати початкові точки обльоту;
- 4) розпочинати обліт в робочому середовищі області досліджуваного простору V;
- 5) управління вихідними даними від групи БПЛА;
- 6) змінювати стани групи та окремого БПЛА ;

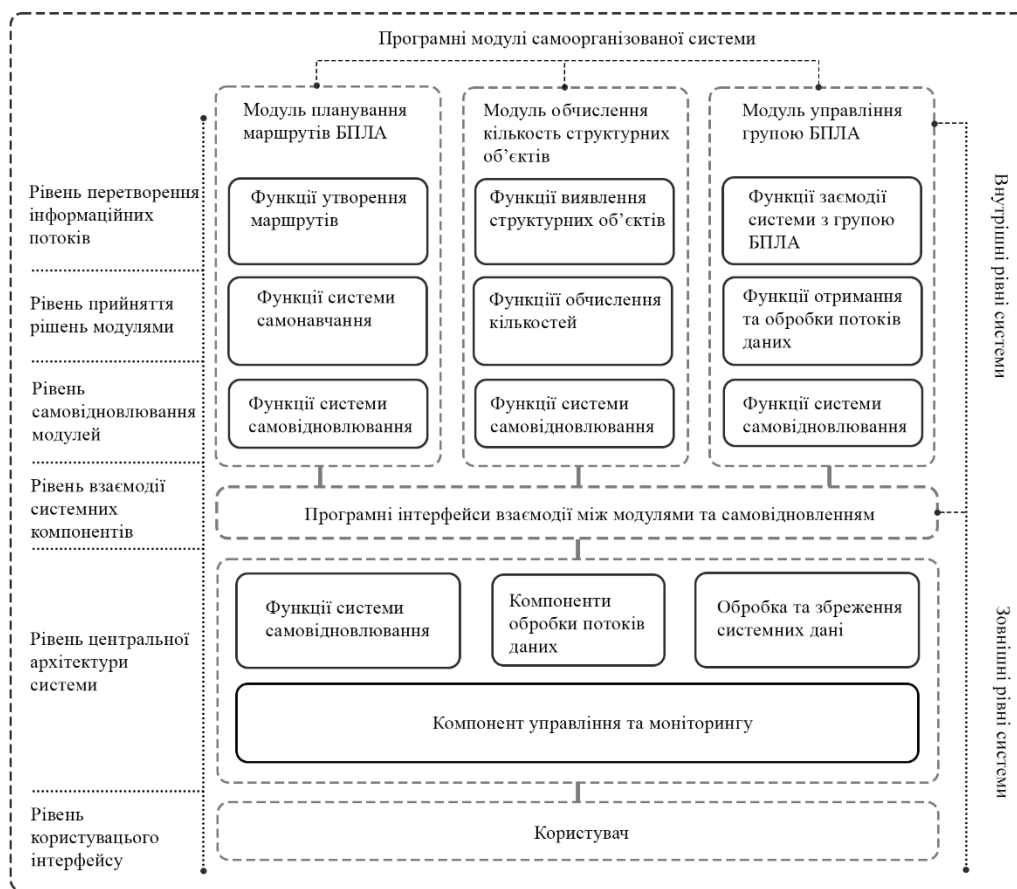


Рис. 1. Архітектура автоматизованої системи

Для активації роботи автоматизованої системи, яка передбачатиме за вказівкою оператора початок роботи та обмін інформацією між програмними модулями, необхідно сформувати групу БПЛА, яка буде здійснювати обліт у робочих сегментах. Виділяється унікація певних особливостей та характеристик БПЛА, а саме: 1) унікальний ідентифікатор; 2) ширина обхвату камери; 3) місткість акумулятора; 4) час перебування у польоті. Наявність цих унікальних характеристик дає змогу провести реєстрацію пристроїв у системі. З урахуванням вище відмічених унікальних особливостей кожного БПЛА для формування групи оцінюються параметри польоту, які є однаковими, або наближені один до одного. Розташування БПЛА у групі під час виконання польоту залежить від ширини охоплення камери БПЛА. Чим більша ширина охоплення камери, тим нижчу позицію займає БПЛА. Будь-які новостворені групи БПЛА у системі мають фіксовану кількість пристроїв, які оператор може реєструвати. Розглядатимемо для поставленого завдання групу з не більше 4 БПЛА. Беручи до уваги таку характеристику, як місткість акумулятора, група формується з наближених технічних значень кожного БПЛА. Протягом експлуатаційного часу БПЛА

можуть мати різного роду механічні пошкодження, тому беручи до уваги справність пристроїв група може бути сформована тільки з робочими пристроями.

Рівень управління в автоматизованій системі виділяє процес утворення координатного простору в робочому середовищі, наприклад фруктовому саду, та виділення дозволених і заборонених зон для польоту БПЛА. Підсистему управління польотними даними інтегруємо у автоматизовану систему на основу технології DJI GS PRO. Результатом застосування технології DJI GS PRO є набір вихідних даних поданих у вигляді тривимірних GPS координат. Основна централізована підсистема залучає ці дані, як вхідні параметри підсистеми для перетворення координат у матриці станів. Всі ці особливості дали змогу явно отримувати потрібні для планування маршрутів в автоматизованій системі дані, для формування автоматичних маршрутів для різної кількості місій з обльоту робочого середовища.

Наступним етапом в управлінні групою БПЛА є процедура утворення програмної місії обльоту робочих зон згідно лінійної матриці векторів підмножини структурних об'єктів (формула (3)). Для прикладу, це можуть бути ряди фруктових дерев. Для розгляду основних кроків управління місіями в автоматизованій системі вважатимемо, що група БПЛА не виконувала жодного польоту, а інсталяція всіх потрібних модулів та взаємодій усіх компонентів завершилась успішно. Тоді, подальші процеси виконання, які протікатимуть в ході обльоту робочого середовища та функціонування системи, подамо такими кроками:

Крок 1. Вибір та підключення групи БПЛА у місію.

1.1. Зареєстровані та налаштовані пристрої у системі, встановлюються на початкові точки польоту у робочому середовищі. Виконання цього кроку відбувається на етапах початку роботи. Оператор забезпечує безпосередньо перевірку на механічні пошкодження та можливості працювати з мережею. Якщо результати перевірки визначаються, як позитивні, в цьому випадку оператор створює групу БПЛА.

1.2. Перевіряється налаштування камери та якість відеоряду.

1.3. Визначається стан та якість мережі. Особлива увага приділяється можливості перепідключення до мережі усіх пристроїв, у разі втрати зв'язку.

1.4. Під час перевірки та з огляду на позитивні результати, що отримані на вище описаних кроках 1.1-1.3, оператор отримує можливість створити програмну місію для обльоту робочого середовища.

Крок 2. Управління місією обльоту групи БПЛА. Автоматизована система забезпечує управління у двох режимах: 1) початковий; 2) автоматичний.

2.1. У початковому режимі оператор розробляє маршрут обльоту робочого середовища власноруч. Головна мета такого підходу - це встановити початкові точки роботи для всієї групи БПЛА. Отримані результати аналізуються та корегуються для отримання найбільш точних даних, які надалі будуть використані, як вхідні дані для автоматичного режиму. Всі стани у початковому режимі програмних модулів є детермінованими, тобто такими, значення яких задаються при їх початковій ініціалізації. Для отримання цілком прогнозованого результату, оператор має змогу вносити початкові дані про кількість структурних об'єктів в підмножинах, наприклад плодів на деревах, у робочому середовищі для подальшого аналізу.

2.2. Прийняття рішення про подальшу роботу всієї системи в цілому згідно даних початкового кроку виконується в автоматичному режимі завдяки системі самонавчання. Автоматизована система вилучає змогу вносити корегування станів управлінських підсистем. Переходи системи з одного стану в інший здійснюється шляхом подій, на які реагує система у результаті роботи групи БПЛА. На цьому кроці оператор має можливість відстежувати усі дії групи завдяки системі моніторингу. Водночас для запуску автоматичного режиму управління групою БПЛА обов'язковим є використання даних хоча б одного завершеного повного маршруту.

Крок 3. Завершення місії групи БПЛА. Враховуючи те, що робоче середовище є важким для виконання робочих цілей БПЛА, завершити місію оператор має можливість в будь-який момент часу. Автоматизована система може бути переведена в стан завершення, ще на етапі виконання своєї роботи. Це дає змогу відправити групу БПЛА на початкову, або кінцеву точку з визначеним розрахунком найкоротшої дистанції, щоб уникнути механічних пошкоджень, які можуть бути отримані за негативного впливу погодних умов. У випадку виходу з ладу хоча б одного пристрою із групи, або втрати зв'язку із мережею чи системою в цілому, якщо підсистема самовідновлення надсилає у систему сигнал про "критичний" стан системи, місія фіксується, як завершена і програмні модулі отримують свої належні стани, щоб надалі проводити належний аналіз подій. При умові втрати зв'язку всієї групи, або хоча б одного БПЛА у групі, в програмний модуль моніторингу оператору надаються координати тривимірного простору робочого середовища з номером вектора підмножини, наприклад номер фруктових рядів та місце, коли пристрій був виявлений востаннє. Забезпечення такими відомостями про його географічне становище дає оператору можливість легко знайти пристрій у робочому середовищі та провести належний огляд. Події перебування частини програмних модулів управління та системи планування маршрутів в одних і тих же станах протягом тривалого часу дає підставу на те, що сталась критична помилка у функціонуванні системи в цілому, в результаті чого місія буде завершуватись автоматично та переводити групу БПЛА до початкової, або кінцевої точки відповідно. Належне функціонування автоматизованої системи та всіх її підсистем і належні

погодні умови в робочому середовищу дають змогу отримати “позитивне” завершення програмної місії групи БПЛА.

Отримання відповідей про стани та результати в процесі роботи програмної місії подається на модуль моніторингу. Аналізуючи ці дані, оператор має змогу керувати майбутніми діями та корегувати стани наступних місій для покращення значень критеріїв оцінювання роботи групи БПЛА. Обробка програмним модулем невизначеностей, пов’язаних з відсутністю належних станів різних підсистем, зумовлює формування звіту про помилки в системі. Отримані дані оператор може використовувати для корегування належних фрагментів системи та здійснювати налаштування окремих апаратних частин у робочому середовищі.

Одним із головних факторів успішності виконання програмної місії групи БПЛА є зв’язок із мережею. Для побудови системи, яка в режимі реального часу робить обчислення кількості структурних об’єктів, наприклад плодів на деревах, важливо отримувати інформацію про стан мережі та мати можливість виконувати управління приладами, які встановлені в робочому середовищі наприклад в фруктовому саду. Програмний модуль моніторингу здійснює контроль стану мережі та повідомляє про всі критичні стани зв’язку з групою та кожним пристроєм окремо.

Оскільки, після інсталяції система працює у “початковому” режимі, вхідними даними для аналізу та порівняння цільової роботи БПЛА є обчислена кількість структурних об’єктів в заданих підмножинах досліджуваної області простору, наприклад кількість плодів на окремих деревах в одному ряду робочого середовища. Дані, які були отримані в процесі певної кількості “позитивних” завершуваних програмних місій, дають змогу проводити аналіз порівнюючи показники подібності між чинними даними отриманими в автоматичному та початковому режимах.

Результати експериментальних досліджень, які представлені на рис. 2, підтверджують можливість реалізації запропонованих рішень. В таблиці рис. 2 зображено обліт робочої зони трьома БПЛА.

	БПЛА 1		БПЛА 2		БПЛА 3	
	Lon	Lat	Lon	Lat	Lon	Lat
Початок	49°26'48.8"N	26°54'32.2"E	49°26'48.7"N	26°54'32.1"E	49°26'48.8"N	26°54'32.0"E
Зона 1	49°26'92.1"N	26°54'60.5"E	49°26'92.2"N	26°54'60.4"E	49°26'92.3"N	26°54'60.3"E
Зона 2	49°26'45.5"N	26°54'40.7"E	49°26'45.6"N	26°54'40.6"E	49°26'45.5"N	26°54'40.5"E
Зона 3	49°26'84.2"N	26°54'79.1"E	49°26'84.3"N	26°54'79.0"E	49°26'84.4"N	26°54'78.9"E
Зона 4	49°26'39.6"N	26°54'56.7"E	49°26'39.6"N	26°54'56.7"E	49°26'39.8"N	26°54'56.5"E
Кінець	49°26'79.3"N	26°54'89.8"E	49°26'79.4"N	26°54'89.7"E	49°26'79.5"N	26°54'89.6"E

Рис. 2. Координати обльоту трьох БПЛА

Таким чином, автоматизована система надає змогу організувати обліт БПЛА підмножин досліджуваної області простору за заданими початковими даними. Її архітектура дозволяє досягати належного рівня організації при визначенні подальших кроків функціонування підсистем та компонентів.

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Розроблена архітектура автоматизованої системи динамічного отримання зображень структурних об’єктів в тривимірному просторі є основою для створення нових засобів, які зможуть здійснювати обліт БПЛА підмножин досліджуваної області простору за заданими початковими даними. Вона дозволяє досягати належного рівня організації при визначенні подальших кроків функціонування підсистем та компонентів [16, 17].

Напрямами подальших досліджень є удосконалення реалізованих в ній методів обльоту, розпізнавання зображень та обчислення кількості об’єктів, які розпізнано.

### References

1. Manzoor A., Rajput U, Phulpoto N, Abbas F, Rajput M. Self-healing in Operating Systems. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, Vol.18 No.5, May 2018, pp.92-98.
2. Hudaib, AA., Fakhouri, HN., Al Adwan, FE., & Fakhouri, SN. A Survey about Self-Healing Systems (Desktop and Web Application), Communications and Network, Vol.09 No.01, 2017, pp.71-88.
3. Wang, Z., & Wang, J. Self-healing resilient distribution systems based on sectionalization into microgrids, IEEE Transactions on Power Systems, 30(6), 2015, pp.3139-3149.
4. Duarte, DP., Guaraldo, JC., Kagan, H., Nakata, BH., Pranskevicius, PC., Suematsu, AK., & Hoshina, MS. Substation-based self-healing system with advanced features for control and monitoring of distribution systems. In Harmonics and Quality of Power (ICHQP), 2016 17th International Conference on 2016, October, IEEE, pp. 301-305.
5. Ansari, B., Simoes, MG., Soroudi, A., & Keane, A. Restoration strategy in a self-healing distribution network with DG and flexible loads. In Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 2016 IEEE 16th International Conference 2016, June, IEEE, pp. 1-5.

6. Sergii Lysenko, Kira Bobrovnikova, Roman Shchuka, Oleg Savenko. A Cyberattacks Detection Technique Based on Evolutionary Algorithms. *11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)*, 2020. Vol.1. pp. 127-132.
7. Savenko O. / Dynamic signature-based malware detection technique based on API call tracing / Savenko, O., Nicheporuk, A., Hurman, I., Lysenko, S. - CEUR-WS. – 2019. – Vol. 2393. – P.633-643, ISSN: 1613-0073.
8. Mannings R. Ubiquitous positioning. Boston: Artech House, 2008. 203 p.
9. Teunissen P. J. G., Khodabandeh A. Review and principles of PPP-RTK methods. *Journal of Geodesy*. 2014. Vol. 89, № 3. Pp. 217-240. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-014-0771-3>
10. Savchuk S., Zademleniuk A., Piskorovskyi A. Eksperymentalni doslidzhennia tochnosti vyznachennia koordynat metodom RTK z vykorystanniam GPRS INTERNET ziednannia. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva*. 2009. № 1 (17). S. 58-69.
11. Chen C. et al. Conversion control of a tilt tri-rotor unmanned aerial vehicle with modeling uncertainty. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2021. Vol. 18, №. 4. Pp. 17-29.
12. Ukwuoma C.C. et al. Recent advancements in fruit detection and classification using deep learning technique. *Mathematical Problems in Engineering*. 2022. Vol. 2022. Pp. 1-29. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/9210947>
13. Jia W., Tian Y., Luo R., Zhang Z., Lian J., Zheng Y. Detection and segmentation of overlapped fruits based on optimized mask R-CNN application in apple harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2020. Vol. 172. Pp. 105380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105380>
14. Koirala A., Walsh K.B., Wang Z., McCarthy C. Deep learning for real-time fruit detection and orchard fruit load estimation: Benchmarking of MangoYOLO. *Precision Agriculture*. 2019. Vol. 20, No. 6. Pp. 1107-1135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09642-0>
15. Kirk R., Cielniak G. Mangan M. L\*a\*b\*Fruits: A rapid and robust outdoor fruit detection system combining bio-inspired features with one-stage deep learning networks. *Sensors*. 2020. Vol. 20, No. 1. P. 275. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20010275>
16. Melnychenko O.V. Metod ta pidsystema samovidnolennia pislia krytychnykh zboiv / Zbirnyk naukovykh prats za materialamy XIV Vseukrainskoi nauково-praktychnoi konferentsii «Aktualni problemy kompiuternykh nauk APKN-2022». Khmelnytskyi. – 2022. – S. 202-204. [https://kn.khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/apkn2022\\_corppaper.pdf](https://kn.khmnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/18/apkn2022_corppaper.pdf)
17. Melnychenko O.V. Samoorhanizovana systema upravlinnia dekilkom BPLA dlia dynamichnoho otrymannia zobrazen v tryvymirnomu prostori / TEZY DOPOVIDEI: XKh yuvileina mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiia MATEMATYChNE TA PROHRAMNE ZABEZPEChENNIa INTELEKTUALNYKh SYSTEM (MPZIS-2022). 23-25 lystopada 2022 roku, Dnipro, Ukraina. – S. 139-140. <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2022/12/MPZIS-2022-1.pdf>