

УДК 629.3.072-519(043.2)

БЕЗПІЛОТНІ НАЗЕМНІ ТРАНСПОРТНІ АПАРАТИ: СЕНСОРНІ СИСТЕМИ, РОЗВИТОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Юлія Слободян

Олена Горіна, к.п.н, доцент

**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
м. Львів, Україна**

У даній роботі проведено аналіз сучасного стану та векторів розвитку безпілотних наземних транспортних апаратів. Визначено роль сенсорних систем як ключового компонента забезпечення автономності. Розглянуто технології лідарного сканування, комп'ютерного зору та радарних систем у контексті їх інтеграції для навігації у складних умовах. Згідно з термінологією, окреслено класифікацію роботизованих систем. Висвітлено перспективи впровадження штучного інтелекту для створення автономних тактичних одиниць та їх значення для цивільного й оборонного секторів.

Ключові слова: безпілотні наземні транспортні апарати (БНТА), сенсорні системи, лідар, мікроелектромеханічні системи, ультразвук, інфрачервоні сенсори, глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС), радіоелектронна боротьба (РЕБ), інерціальний вимірвальний модуль (ІВМ).

UNMANNED GROUND VEHICLES: SENSOR SYSTEMS, DEVELOPMENT AND PROSPECTS

Yulia Slobodyan

Olena Horina, PhD., Associate Professor

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

The paper provides an analysis of the current state and development vectors of unmanned ground vehicles (UGVs). The role of sensor systems as a key component for ensuring autonomy is identified. Technologies such as LiDAR scanning, computer vision, and radar systems are examined in the context of their integration for navigation in complex environments. According to the standard terminology, the classification of robotic systems is outlined. The prospects for implementing artificial intelligence to create autonomous tactical units and their significance for both civilian and defense sectors are highlighted.

Keywords: Unmanned Ground Vehicles (UGV) unmanned ground vehicles, sensor systems, lidar, Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS), ultrasonic sensors, infrared sensors, Global Navigation Satellite System (GNSS), Electronic Warfare (EW), Real Time Kinematic (RTK), Inertial Measurement Unit (IMU).

Безпілотні наземні транспортні апарати (БНТА) є ключовим елементом автоматизації у цивільній та військовій сферах, зокрема в логістиці, сільському господарстві та виконанні завдань у небезпечних зонах. Стрімкий розвиток робототехніки вивів ці апарати на рівень

стратегічно важливих технологій, оскільки, на відміну від авіаційних аналогів, наземні дрони змушені функціонувати в умовах критично високої щільності перешкод, що вимагає досконалих систем сприйняття та прийняття рішень. Актуальність їх впровадження непинно зростає, про що свідчить активне використання в сучасних конфліктах для евакуації поранених, перевезення вантажів та зниження ризиків для людського життя. Здатність цих систем автономно орієнтуватися у просторі та взаємодіяти зі складним динамічним середовищем досягається завдяки використанню різноманітних сенсорів, що базуються на принципі «сенсорної конвергенції» (sensor fusion). Кожен тип сенсора перетворює певні фізичні явища на інформацію, необхідну для навігації та прийняття рішень.

Основна частина технічного забезпечення БНТА розкриває фізичні принципи функціонування ключових систем: лідари використовують лазерне випромінювання та вимірюють часові затримки відбиття сигналу, що еволюціонує від громіздких механічних до твердотільних MEMS-систем для забезпечення високоточного 3D-картографування [3]. Комп'ютерний зір на базі стереокамер та нейронних мереж дозволяє ідентифікувати об'єкти та прогнозувати їхню поведінку, а ультразвукові сенсори базуються на поширенні хвиль та резонансі п'єзоелементів, пропонуючи надійне виявлення перешкод на малій відстані, з перспективою мініатюризації та покращення алгоритмів обробки сигналів для підвищення точності. ІЧ-сенсори працюють через поглинання та випромінювання інфрачервоного спектра, що дозволяє здійснювати нічне бачення та термальний аналіз, розвиваючись у напрямку високочутливих мікроболометрів, критичних для військових застосувань [1].

Сучасний етап характеризується переходом до систем з високим рівнем інтелектуальної автономії, де фундаментальні алгоритми навігації та кінематики, описані в базових дослідженнях [4], дозволяють апаратам самостійно прокладати маршрути в умовах відсутності сигналу GNSS. Системи GPS/GNSS використовують фізику радіосигналів для розрахунку місцезнаходження, але їхня точність залежить від атмосферних впливів та можливості втрати сигналу в умовах щільної забудови чи РЕБ, що стимулює розвиток систем RTK. Нарешті, ІМУ (акселерометри, гіроскопи) покладаються на принципи інерції та ефект Коріоліса в мікромеханічних системах, прагнучи мінімізувати дрейф показань та забезпечити надійну одометрію.

Майбутнє БНТА визначається ефективністю сенсорної фузії – інтеграції даних за допомогою алгоритмів штучного інтелекту, що дозволяє створювати автономні тактичні одиниці. Аналіз оборонних ініціатив [2] вказує на те, що перспектива полягає у створенні «роїв» роботів. В Україні цей напрямок демонструє стрімку еволюцію: від логістичних візків до ударних комплексів, що стають частиною сучасної війни. Постійне вдосконалення фізичних основ, мініатюризація та зниження вартості

компонентів відкриває шлях до масового виробництва та повсюдного впровадження БНТА в різних галузях.

Список літератури

1. Гайша О. О., Кардаш А. В. Аналіз особливостей використання безпілотних наземних транспортних засобів у комплексі з безпілотним літальним апаратом. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали XVII Міжнар. наук.-практ. конф. (Житомир, 21–23 жовт. 2022 р.). Житомир : Житомирська політехніка, 2022. С. 43-44.
2. Harnisch J. The Future of Unmanned Ground Vehicles in Defense and Security. Janes Defence Industry. 2022. Pp. 3-4.
3. Kolobrodov V., Kuznetsov M., Nalbandova V., Sokol B., Imiev A. Features of using thermal imagers on unmanned aerial vehicles. Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making. 2019. Vol. 58(2). Pp. 9-15.
4. Siegwart R., Nourbakhsh I. R., Scaramuzza D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 2nd ed. Cambridge : MIT Press, 2011. 472 p.

References

1. Haisha O. O., Kardash A. V. Analiz osoblyvostei vykorystannia bezpilotnykh nazemnykh transportnykh zasobiv u kompleksi z bezpilotnym litalnym aparatom [Analysis of the features of using unmanned ground vehicles in combination with an unmanned aerial vehicle]. Modern technologies and perspectives of automobile transport development : materials of the XVII International Scientific and Practical Conference (Zhytomyr, October 21–23, 2022). Zhytomyr : Zhytomyrska Politekhnikha, 2022. Pp. 43–44. [In Ukrainian].
2. Harnisch J. The Future of Unmanned Ground Vehicles in Defense and Security. Janes Defence Industry. 2022. Pp. 3-4.
3. Kolobrodov V., Kuznetsov M., Nalbandova V., Sokol B., Imiev A. Features of using thermal imagers on unmanned aerial vehicles. Bulletin of Kviv

Секція 6 Section 6

СОЦІАЛЬНІ, ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ГУМАНІТАРНІ ЗАСАДИ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

УДК 159.944.4:614.8-057.36

ПСИХОЛОГІЧНА СТІЙКІСТЬ ЯК КОМПОНЕНТ БЕЗПЕКИ