

**Гайша О.О., доцент кафедри інженерних технологій, к.т.н., доц.
Кардаш А.В., студент кафедри інженерних технологій
Міжнародний класичний університет імені Пилипа Орлика**

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ НАЗЕМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У КОМПЛЕКСІ З БЕЗПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ

На сьогоднішній день у світі активно розвивається галузь безпілотних автомобілів або більш загальним чином – безпілотних наземних транспортних засобів (БНТЗ) [1]. Переважна більшість новин, які з'являються у громадській площині, пов'язана із успіхами саме легкових БНТЗ, що призначені для руху по дорогам загального призначення. У великій мірі це пов'язано із агресивними маркетинговими кампаніями підприємств, які розробляють безпілотні автомобілі, однак незалежно від причини, такий стан речей задає тренди у галузі дослідження та розробки нових БНТЗ.

Слід сказати, що переважна більшість наукових публікацій по тематиці безпілотних автомобілів присвячена саме аналізу їхніх особливостей (зокрема, систем автоматичного керування рухом, як описано у [2]), пов'язаних із необхідністю використання стандартних дорожніх знаків та розмітки. Взагалі усі принципи роботи таких автомобілів засновані на тому, що їх експлуатація ведеться в умовах середовища, повноцінно оснащеного сучасними засобами безпеки та організації дорожнього руху. Однак, на території, де ведуться активні військові дії, забезпечити такі умови часто не уявляється можливим (при тому, що потреба у використанні автомобілів, в тому числі і безпілотних, в цьому випадку є дуже гострою). Дійсно, під час вибухів та дії інших уражуючих факторів можуть виходити з ладу не тільки дорожні знаки, а й елементи розмітки, а також і дорожнє полотно. На дорогах (зокрема, на узбіччі) утворюються скупчення небезпечних предметів, а іноді і цілі завали, що роблять дорогу непроїзною. Усі ці складнощі виставляють новий рівень вимог до програмного забезпечення систем управління БНТЗ (у порівнянні з традиційними умовами використання), а також спричинюють необхідність пошуку нових каналів отримання інформації про дорожні обставини навколо рухомого транспортного засобу (адже, як зазначено вище, звичайні засоби на зразок дорожніх знаків можуть бути недоступними).

Одним із перспективних варіантів розширення набору інформації про оперативні обставини навколо БНТЗ, може бути його спряження та робота у парі з безпілотним літальним апаратом (БЛА). Очевидно, БЛА має значно більші можливості по огляду місцевості і формуванню картини дорожніх обставин наперед (у порівнянні з використанням виключно камер самого БНТЗ). Користь від використання спряженого БЛА може досягатися і у стандартних умовах експлуатації безпілотних автомобілів. Наприклад, при русі по шосе з обмеженою видимістю (як при наявності сліпих поворотів), автомобілі спеціальних служб, як швидка допомога чи поліція, можуть отримувати картинку ділянки дороги за поворотом від БЛА, який слідує тим же маршрутом із невеликим випередженням. В результаті цього виконання всієї місії може бути пришвидшено у значній мірі, причому при умові збереження високої безпеки всього процесу руху.

При використанні спряженого БЛА в умовах активних військових дій, він може допомагати комп'ютеру БНТЗ прокладати гарантований оптимальний маршрут руху на значно більшій відстані (аніж без використання такого БЛА). Це досягається шляхом надання при формуванні маршруту повної картини дорожніх обставин від тієї точки, де знаходиться БНТЗ, до границь видимості БЛА. В будь-якому разі, камера БЛА є суттєвою підтримкою і важливим каналом отримання додаткової інформації про дорожні обставини для системи управління БНТЗ. Слід відмітити, що у військових умовах можливості по використанню спряженої пари наземного та літаючого безпілотних апаратів можуть бути значно ширшими, тому розглянемо їх докладніше.

Так, БЛА може забезпечувати БНТЗ актуальною і повною інформацією про місцевість. Високий кут огляду дозволяє повітряним апаратам бачити ділянки, приховані від наземного транспортного засобу через рельєф чи перешкоди, такі як будівлі, дерева або пагорби. Розвідувальні дрони можуть передавати дані про розташування ворога або виявляти міни, щоб наземний дрон міг безпечно рухатися певним маршрутом.

БЛА також може виконувати функцію ретранслятора або маяка для забезпечення сталого зв'язку між наземним дроном та оператором, особливо в умовах складного рельєфу або міської забудови, де можуть блокуватися радіосигнали. У разі потреби повітряний дрон може допомагати з навігацією наземному дронові, передаючи точні дані GPS або інші навігаційні мітки. Це може бути корисно, якщо доступ наземного апарату до супутникових сигналів утруднений чи відсутній.

Що стосується забезпечення безпеки, повітряний дрон може виступати в ролі охоронного супроводу, патрулюючи територію навколо наземного дрона і попереджаючи про наближення загроз, таких як ворожі війська або небезпечні об'єкти. Також він може допомагати у виявленні та нейтралізації загроз, таких як міни або ворожі дрони, використовуючи засоби спостереження та виявлення, такі як камери, тепловізори чи радари.

У випадку бойових дій БЛА може надавати безпосередню вогневу підтримку наземному транспортному засобу. Наприклад, якщо БНТЗ виявляє загрозу або знаходиться під вогнем, повітряний дрон може атакувати супротивника, забезпечуючи захист або придушуючи ворожий вогонь. Повітряні ударні дрони також можуть використовуватися для розчищення шляхів переміщення БНТЗ, знищуючи перешкоди або ворожі сили, що блокують його рух.

Також БЛА може забезпечувати логістичну підтримку, доставляючи ресурси та матеріали для БНТЗ. Це особливо важливо для далеких місій, де наземний дрон може відчувати нестачу палива, енергії чи боєприпасів. Повітряний дрон може доставляти батареї, запчастини чи зброю. У пошуково-рятувальних операціях повітряні дрони можуть передавати наземним дронам інструменти або медикаменти для допомоги в евакуації постраждалих.

У деяких сценаріях повітряний дрон може керувати діями наземного дрона, віддаючи команди або коригуючи маршрут у режимі реального часу. Це може бути особливо корисним у повністю автономних місіях, коли оператори не мають прямого доступу ані для управління БНТЗ, ані БЛА. Повітряний дрон також може аналізувати дані з датчиків наземного дрона та використовувати штучний інтелект для координації спільних дій, спрямованих на досягнення спільної мети.

Очевидно, описувана схема взаємодії безпілотних апаратів несе цілий ряд технологічних викликів, серед яких можна назвати: складність організації їхньої координації (надійний зв'язок та синхронізація даних між дронами), стійкість до перешкод (використання захищених каналів зв'язку та альтернативних способів передачі даних, зокрема, ретрансляторів), висока автономність системи (необхідне широке впровадження штучного інтелекту), тощо.

Як висновок, можна сказати, що взаємодія повітряних та наземних безпілотних апаратів відкриває нові можливості для координованих операцій, особливо у військових та гуманітарних місіях. БЛА можуть ефективно підтримувати наземні системи, забезпечуючи розвідку, логістику та захист. Розвиток цієї технології дозволяє суттєво підвищити ефективність виконання складних завдань в умовах бою чи надзвичайних ситуацій.

Література

1. Parekh, D.; Poddar, N.; Rajpurkar, A.; Chahal, M.; Kumar, N.; Joshi, G.P.; Cho, W. A Review on Autonomous Vehicles: Progress, Methods and Challenges. *Electronics* 2022, *11*, 2162. <https://doi.org/10.3390/electronics11142162>
2. Qin, Lina & Yang, Aihua & Li, Junxiang & Li, Yanlin & Feng, Yu & Liu, Liu.. Review and Outlook of Decision-Making Methods in Unmanned Ground Vehicles. *ICUS* 2022, 2931-2941. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9492-9_287