

12. Didur, V.V., Didur, V.A., Chebanov, A.B. & Aseev, A.A. (2018). *Optimizatsiya parametriv vologoteplovoyi obrobki m'yatki pri vidilenni oliyi iz nasinnya ritsini [Optimization of the parameters of water heat treatment of the mark when separating oil from castor seeds]*. Scientific bulletin TDATU [in Ukrainian].

**Volodimir Didur**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

*Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine*

**Andrii Chebanov**, PhD tech. sci., **Volodimir Didur**, Prof., DSc., **Olga Nazarova**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksiy Vereshaga**, engineer

*Tavria State Agrotechnological University, Melitopol, Ukraine*

### **Optimization of Design and Technological Parameters of Auger Press for Squeezing of a Castor Seed Brain (on the Example of One Coil of a Screw Shaft)**

The quality and quantity of finished products when castor is processed depends largely on the technology adopted. In the castor processing technology, an important role is given to the operation of squeezing oil by pressing the cereal. Structural and technological parameters that affect the amount of oil obtained after pressing are the free volume between the pressing coils of the auger press, the temperature in the space of the zeros, the size of the gap between the zeros of the press plates.

The purpose of the article is to increase the efficiency of the process of squeezing oil from castor seeds by optimizing the design and technological parameters of the screw press.

In order to optimize the design and technological parameters of the auger press, it is advisable to consider experimental studies of the pressing of the castor bean seed on each individual press of a screw shaft. For the purpose of such studies, the expanded channel method was used. The maximum amount of oil is ensured at the optimum structural and technological parameters of the expanded channel, the finding of which requires the use of the method of mathematical planning of the experiment.

As an example, the design, subsequent conduct and processing of the experiment was carried out for one pressing coil of a screw shaft. On the example of this pressing coil, further studies will be made for other coils of auger presses.

The main criterion for optimization is the relative mass of oil. Optimal parameters of pressing of the castor seed brain for the third coil of the screw shaft were determined: compression ratio  $\alpha=2.09$ ; gap in the nail bars  $\delta=1,22\text{mm}$ ; the temperature of the brain inside the channel  $t=104^\circ\text{C}$ .

**castor seeds, kernel, pressing, auger shaft, expanded channel, extruder, relative mass of oil**

*Одержано (Received) 19.11.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 28.11.2019*

*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019*

**УДК 629.7.07**

**DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2\(33\).43-49](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.2(33).43-49)**

**В.Ю.Єрмаков**, асп., **О.В. Ізвалов**, канд. техн. наук

*Льотна академія Національного авіаційного університету, м.Кропивницький, Україна*

*e-mail: vladik.yermakov@gmail.com, e-mail: izvalov.klanau@gmail.com*

## **Аналіз сучасних досліджень безпілотних літальних апаратів**

В статті проаналізовані дослідження безпілотних літальних апаратів за останні 10 років. Дослідження згруповані за напрямками, що відображено діаграмою Ейлера. Для кожного напрямку надано декілька прикладів у вигляді стислого змісту наукових праць докторів філософії з різних країн.

**безпілотні літальні апарати, сфери використання, безпека БПЛА, дрони, аналіз досліджень**

**В.Ю. Єрмаков**, асп., **А.В. Извалов**, канд. техн. наук

*Летная академия Национального авиационного университета, г.Кропивницкий, Украина*

**Анализ современных исследований беспилотных летательных аппаратов**

© В.Ю.Єрмаков, О.В. Извалов, 2019

В статті проаналізовані дослідження безпілотних летальних апаратів за останні 10 років. Дослідження сгруповані по напрямках, що зображено діаграмою Ейлера. Для кожного напрямку надано декілька прикладів у вигляді стислої змісту наукових праць докторів філософії з різних країн.

**безпілотні летальні апарати, сфери використання, безпека БПЛА, дрони, аналіз досліджень**

**Постановка проблеми.** Стрімкий технологічний розвиток впродовж десятиріччя 2009-2019 років призвів до значного прогресу у галузі безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Залучення БПЛА дозволяє вирішувати широке коло задач ефективніше, швидше та більш безпечно у порівнянні з використанням інших засобів та методів. На протязі останніх років у найбільш технологічно розвинутих країнах світу все частіше використовуються дрони у сільському господарстві, доставці вантажів, розвідці, картографуванні, технічному обслуговуванні, діагностиці інших видах діяльності. Одночасно з'являються нові сфери застосування БПЛА та пов'язані з ними дослідження.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Постає необхідність у аналізі та систематизації поточних досліджень у галузі БПЛА. При підготовці даної публікації було проведено аналіз 22 дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії (PhD) з різних країн світу за останні 10 років.

**Постановка завдання.** Метою цього аналізу є виявлення найбільш актуальних напрямів досліджень та найгостріших питань. Виявилось, що можна виділити п'ять основних напрямів: нові сфери застосування БПЛА, правові аспекти оперування БПЛА, навігація БПЛА, технічне оснащення БПЛА та безпека руху БПЛА. Розподілення певних досліджень до напрямів добре демонструє діаграма Ейлера (рис. 1).

**Виклад основного матеріалу.** На діаграмі зображені кола, кожне коло відповідає до певного напрямку наукових праць. Цифрами зображено кількість досліджень які відносяться до цих напрямів, на перетині кіл – кількість досліджень які мають відношення відразу до декількох напрямів. В такому вигляді помітно, що значна кількість досліджень відносяться відразу до декількох напрямів.

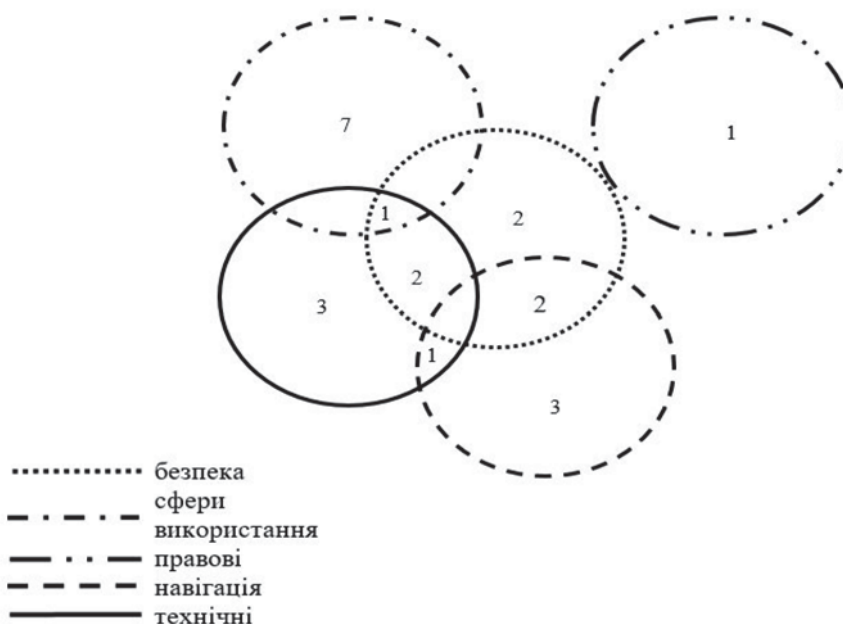


Рисунок 1 – сучасні напрямки дослідження БПЛА та кількості проаналізованих дисертацій  
 Джерело: розроблено автором

### *Нові сфери використання БПЛА*

Розберемо кожен напрям більш детально, починаючи з найбільшого по кількості досліджень напряму, нових сфер використання БПЛА. Цей напрям є найбільшим за кількістю досліджень, оскільки сфери застосування дронів постійно розширюються. Дрони можуть використовуватися для спостереження як за певними ділянками ґрунту так і за збитками спричиненими стихійними лихами, виконувати доставку, сканувати та аналізувати. Все це полегшує повсякденне життя людини та підвищує безпеку при виконанні певних задач.

Серед проаналізованих досліджень даної групи одним із найцікавіших є дослідження Nazim Shakhatreh під назвою “Wireless Coverage Using Unmanned Aerial Vehicles” [1]. Автор пропонує вирішення проблем які виникають під час використання БПЛА для забезпечення бездротового покриття, під час надзвичайних ситуацій. Тоді кожен безпілотник служить в якості антенної бездротової базової станції. Але БПЛА мають потребу періодично повертатися до зарядної станції для підзарядки через обмежену ємність батареї. На основі аналізу проблеми мінімізації кількості БПЛА необхідних для безперервного охоплення даної географічної області, враховуючи потребу до підзарядки та розбиття графіку покриття на цикли, розроблено ефективний алгоритм вирішення проблеми. Також в другій та третій частині дослідження запропоновано використовувати БПЛА для бездротового покриття в приміщенні. Представлено два способи розміщення БПЛА, з одного боку будівлі та з двох сторін. Використовуючи теорію пакування кола, визначається розташування безпілотників таким чином, що сумарна площа покриття є максимальною.

В дослідженні під назвою “UAV-based urban structural damage assessment using object-based image analysis and semantic reasoning” [2] йде мова про використання БПЛА для зйомки та оцінки структурного збитку після стихійного лиха. Дрони можуть виявляти повністю пошкоджені конструкції за допомогою індикатора лиха. Ця стаття присвячена оцінці збитку на основі мульти-перспективних, накладених зображень з дуже високою роздільною здатністю, отриманих за допомогою безпілотних літальних апаратів. Тривимірна оцінка (3-D point-cloud) всієї будівлі поєднується з детальним аналізом зображень (OBIA - Object-based Image Analysis) фасадів та криш. Це дослідження спрямоване не на автоматичну оцінку збитку, а на створення методології, яка підтримує часто багатозначну класифікацію проміжних рівнів шкоди з метою отримання комплексних оцінок збитку для кожної будівлі. Дрон ідентифікує повністю пошкоджені структури в тривимірному просторі, (3-D point-cloud) а для всіх інших випадків надає індикатори ушкодження на основі OBIA, які будуть використовуватися аналітиками пошкодження в якості допоміжної інформації.

В Норвегії актуальним є дослідження щодо використання БПЛА для моніторингу та оцінки морських ресурсів “Unmanned aerial vehicles for marine mammal surveys in arctic and sub-arctic regions”[3]. Зміни в кліматі й вплив людини на навколишнє середовище чинить вплив на морське середовище, тому виникає необхідність вести моніторинг та оцінку морських ресурсів. Дослідження, що проводяться в рамках цієї докторської програми описують три компоненти, які включають три етапи оцінки корисності систем БПЛА для досліджень морських ссавців в арктичних і субарктичних регіонах. Представлена робота підкреслює складність програм моніторингу та показує, наскільки технічний прогрес цінний не тільки для вчених-екологів, а й для керівників галузі і регулюючих органів.

### *Правові аспекти оперування БПЛА*

Дослідження в правовому напрямку допомагає створювати та регулювати закони щодо використання БПЛА. Marcin Moj у своєму дослідженні “The legal status of civil

unmanned aircraft and limitations associated with the performance of flights by civil unmanned aircraft”[4] дає відповідь на питання: як і чому правові норми обмежують доступ БЛА до повітряного простору, як вони повинні виглядати, які питання повинні визначати правові рішення, що складають правила експлуатації безпілотних об'єктів. У дослідженні коротко представлена історія розвитку безпілотної авіації та широкий спектр застосування безпілотних об'єктів, а також приклади їх використання, переваги та недоліки використання БПЛА. У законодавчих рішеннях у секторі безпілотних літальних апаратів найчастіше описується лише режим роботи БЛА у візуальній лінії зору оператора, проте в дослідженні представлені більш прогресивні методи проведення польотів, які в майбутньому також повинні бути враховані в роботі законодавства. Структура повітряного простору зумовлює його складність, що наочно можна бачити на прикладі зон обмеження польотів цивільних літаків. Ці обмеження зазвичай стосуються також цивільних БПЛА. У роботі були описані зони, які викликають найбільші обмеження для польотів БПЛА.

#### *Навігація БПЛА*

Метою навігаційних досліджень є вдосконалення повітряного руху дронів, формування польоту та управління дронами під час цього польоту. Дослідження в цій категорії спрямовані на запобігання зіткнень, формування коаліції безпілотників в вільному польоті, створення “дорожніх карт” та алгоритмів, проектування та аналіз польотів, використання різноманітних візуальних маркерів та шаблонів.

Чудовим прикладом є дослідження Joel George Manathara під назвою “Collision avoidance and coalition formation of multiple unmanned aerial vehicles in high density traffic environments”[5]. В цьому дослідженні автор розглядає проблему уникнення зіткнень між БПЛА з високою щільністю трафіку. Алгоритми для обробки конфліктів були розроблені із використання принципів попередження зіткнень при керуванні ракетами та верифіковані шляхом комп'ютерного моделювання. За допомогою реалістичних моделей БПЛА було показано що алгоритми розроблені в цій роботі мають хороші показники уникнення зіткнень у середовищах з високою щільністю трафіка. Також в дослідженні розглянуто проблему формування коаліції між кількома БПЛА для місій розшуку та переслідування, було розроблено двоступеневий алгоритм поліноміального часу, який дає субоптимальне але обчислювально ефективно та просте вирішення проблеми формування коаліції.

А в роботі “Vision-based automatic landing of a rotary UAV”[6] описується підхід до управління невеликою мультироторною безпілотною антеною системою (БАС) при посадці на рухому платформу. Схема посадки заснована на розташуванні візуальних маркерів на платформі посадки та її розпізнаванні дроном. Після того, як бортова камера виявляє шаблон об'єкта, внутрішній алгоритм управління відправляє візуальні серво-команди для вирівнювання мультиротора з цілями. Цей метод менш складний в обчислювальному відношенні, оскільки він використовує виявлення об'єктів на основі кольору та може бути застосований до геометричного шаблону замість залучення алгоритмів відстеження об'єкта. Наступна його перевага, полягає у відсутності потреби обчислювати відстань до об'єктів. Метод при своїй безперервній роботі враховує зміну координат БПЛА і коливання платформи, що необхідно для посадки в реальному часі на рухому ціль, таку як корабель. Диспетчер дискретних подій, що працює паралельно з внутрішнім контролером, призначений для автоматичної посадки многороторного БПЛА на рухому ціль. Нарешті, цей метод був апробований в серії експериментів в реальному часі з посадкою квадрокоптера в приміщеннях і на відкритому повітрі як на статичних, так і на рухомих платформах. Розроблена система-прототип продемонструвала можливість посадки в межах 25 см від бажаної точки приземлення.

### *Технічне оснащення БПЛА*

Технічні дослідження пов'язані зі змінами в конструкції та програмному забезпеченні як для певних типів безпілотників так і для окремих моделей. В таких дослідження міститься детальний аналіз конструкції дронів або окремих їх частин, з метою вдосконалення дронів для безпечного та найбільш простого їх використання. В проаналізованих дослідження зустрічалися, наприклад, зміни в конструкції крила, використання більш відповідного програмного забезпечення та модифікації елементів живлення.

Проектування малого безпілотника використовуючи сонячну батарею розглянуто в дисертації Christopher J. Hartney під назвою “Design of a small solar-powered unmanned aerial vehicle” [7]. Метою дисертації є проектування безпілотника, який має розмах крил не більше 7 м, масу не більше 10 кг, є здатним переносити вантаж до 2,27 кг, та має загальну тривалість польоту не менше 24 годин. В ході дослідження було виконане порівняльне вивчення та аналіз схожих за типом безпілотників. Оскільки безпілотник буде призначений для певних місій, а саме вивчення лісових пожеж в Каліфорнії, він повинен мати необхідне обладнання включаючи систему глобального позиціонування (GPS) та камери. Поштовхом до використання сонячної батареї є вимога екологічності. Враховуючи поточне прагнення до більш екологічного середовища, використання невеликих дронів на сонячних батареях є актуальним питанням, яке заслуговує уваги.

У дослідженні “Synthesis and Validation of Flight Control for UAV” [8] детально розглядається проблема надійності дронів ще під час моделювання та випробувань, оскільки попит на надійні і недорогі системи БПЛА зростає. Це особливо актуально для невеликих міні-БПЛА, де більшість систем, як і раніше, використовуються в якості прототипів через недостатню надійність. Удосконалення моделювання, випробувань і управління польотом для невеликих безпілотних літальних апаратів підвищило б їх надійність під час автономного польоту. Дана дисертація критикує механічне перенесення традиційного підходу до моделювання, випробування та впровадження з пілотованих літаків до БПЛА. Доводиться, що такий підхід вимагає великих витрат часу і ресурсів. Натомість, розробляється інтегрована структура з систематичними процедурами для синтезу і контролю роботи БПЛА. Це допоможе в сертифікації системи БПЛА і забезпечує швидкий цикл розробки від моделювання до реальних випробувань та впровадження. Ефективність цього підходу демонструється застосуванням розробленої основи для невеликої системи БПЛА, яка була розроблена в Університеті Міннесоти.

### *Безпека руху БПЛА*

Тема безпеки в тому чи іншому вигляді зустрічається у більшій частині проаналізованих досліджень. Саме тому цей напрям є найважливішим серед усіх. Хоча більшість досліджень лише певною частиною відносяться до напрямку безпеки, виділяється дослідження автора Nils Rodday під назвою “Exploring security vulnerabilities of Unmanned Aerial Vehicles” [9] У цьому дослідженні автор дослідив рівень безпеки, що застосовується до каналів зв'язку професійного БПЛА. Крім того, безпілотники досліджувалися на виявлення вразливості в системі безпеки, виконувалася атака “Man-in-the-Middle” і вводилися команди керування для взаємодії з безпілотниками. Також були запропоновані відповідні заходи для покращення поточного рівня безпеки. Результати дослідження підвищують обізнаність серед широкої громадськості, що використовують БПЛА, серед наукового співтовариства, показуючи необхідність подальшого дослідження в цій сфері, та серед виробників, показуючи важливість впровадження більш високого рівня безпеки в своїх пристроях.



**Висновки.** Великий попит на безпілотники спричиняє бажання та необхідність їх вивчення та створення наукових праць в різноманітних галузях. Найбільш популярними на сьогодні є праці які стосуються нових сфер використання дронів, оскільки у даному напрямку має місце широкий спектр для досліджень та втілення нових ідей. Проте інші напрями не перестають бути актуальними. Навігаційні та технічні наукові дослідження мають вагомий внесок в технологічний розвиток сучасних безпілотників. Правові дослідження допомагають правильно розуміти та використовувати закони щодо використання безпілотників. Дослідження щодо безпеки використання тісно пов'язані з іншими дослідженнями, оскільки безпека має дотримуватися в кожній сфері.

## Список літератури

1. Hazim Shakhathreh. *Wireless Coverage Using Unmanned Aerial Vehicles*. 2017. URL: <https://ece.njit.edu/sites/ece/files/2017%205%2017%20Shakhathreh.pdf> (дата звернення:14.11.2019 )
2. J. Fernandez Galarreta, N. Kerle, M. Gerke. *UAV-based urban structural damage assessment using object-based image analysis and semantic reasoning*. 2015. Нідерланди. URL: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/1087/2015/nhess-15-1087-2015.pdf> (дата звернення: 10.11.2019 )
3. Ana Sofia Aniceto. *Unmanned aerial vehicles for marine mammal surveys in arctic and sub-arctic regions*. 2015. Норвегія. URL: <http://www.arcex.no/phd-thesis-unmanned-aerial-vehicles-for-marine-mammal-surveys-in-arctic-and-sub-arctic-regions/> (дата звернення: 29.10.2019 )
4. Marcin Moj. *The legal status of civil unmanned aircraft and limitations associated with the performance of flights by civil unmanned aircraft*. Польща. URL: <https://depotuw.ceon.pl/bitstream/handle/item/2084/Streszczenie%20i%20s%C5%82owa%20kluczowe%20ANG.pdf?sequence=3> (дата звернення: 05.11.2019 )
5. Joel George Manathara. *Collision avoidance and coalition formation of multiple unmanned aerial vehicles in high density traffic environments*. 2011. Індія. URL: <https://jgmanathara.files.wordpress.com/2013/02/joelphdthesis.pdf> (дата звернення:04.11.2019 )
6. Iryna Borshchova. *Vision-based automatic landing of a rotary UAV*. 2017. Канада. URL: <https://research.library.mun.ca/12868/1/thesis.pdf> (дата звернення:12.11.2019 )
7. Christopher J. Hartney. *Design of a small solar-powered unmanned aerial vehicle*. 2011. URL: <http://www.sjsu.edu/people/nikos.mourtos/docs/Hartney.Su11.pdf> (дата звернення:02.11.2019 )
8. Yew Chai Paw. *Synthesis and Validation of Flight Control for UAV*. 2009. URL: [https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/58727/Paw\\_umn\\_0130E\\_10834.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/58727/Paw_umn_0130E_10834.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата звернення:02.11.2019 )
2. Nils Rodday. *Exploring security vulnerabilities of Unmanned Aerial Vehicles*. 2015. Нідерланди. URL: <https://www.jbisa.nl/download/?id=17706129> (дата звернення:09.11.2019 )

## References

1. Hazim Shakhathreh (2017). *Wireless Coverage Using Unmanned Aerial Vehicles*. Retrieved from: <https://ece.njit.edu/sites/ece/files/2017%205%2017%20Shakhathreh.pdf> [in English].
2. J. Fernandez Galarreta, N. Kerle, M. Gerke (2015). *UAV-based urban structural damage assessment using object-based image analysis and semantic reasoning*. Netherlands. Retrieved from: <https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/15/1087/2015/nhess-15-1087-2015.pdf> [in English].
3. Ana Sofia Aniceto (2015). *Unmanned aerial vehicles for marine mammal surveys in arctic and sub-arctic regions*. Norway. Retrieved from: <http://www.arcex.no/phd-thesis-unmanned-aerial-vehicles-for-marine-mammal-surveys-in-arctic-and-sub-arctic-regions/> [in English].
4. Marcin Moj. *The legal status of civil unmanned aircraft and limitations associated with the performance of flights by civil unmanned aircraft*. Poland. Retrieved from: <https://depotuw.ceon.pl/bitstream/handle/item/2084/Streszczenie%20i%20s%C5%82owa%20kluczowe%20ANG.pdf?sequence=3> [in English].
5. Joel George Manathara (2011). *Collision avoidance and coalition formation of multiple unmanned aerial vehicles in high density traffic environments*. India. Retrieved from: <https://jgmanathara.files.wordpress.com/2013/02/joelphdthesis.pdf> [in English].
6. Iryna Borshchova (2017). *Vision-based automatic landing of a rotary UAV*. Canada. Retrieved from: <https://research.library.mun.ca/12868/1/thesis.pdf> [in English].

7. Christopher, J. Hartney (2011). *Design of a small solar-powered unmanned aerial vehicle*. Retrieved from: <http://www.sjsu.edu/people/nikos.mourtos/docs/Hartney.Su11.pdf> [in English].
3. Yew Chai Paw (2009). *Synthesis and Validation of Flight Control for UAV* . Retrieved from: [https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/58727/Paw\\_umn\\_0130E\\_10834.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://conservancy.umn.edu/bitstream/handle/11299/58727/Paw_umn_0130E_10834.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [in English].
9. Nils, Rodday (2015). *Exploring security vulnerabilities of Unmanned Aerial Vehicles*. Netherlands. Retrieved from: <https://www.jbisa.nl/download/?id=17706129> [in English].

**Vladyslav Yermakov**, postgraduate, **Oleksii Izvalov**, PhD tech. sci.  
*Flight Academy of National Aviation University, Kropyvnytskyiy, Ukraine*

#### **Analysis of Modern UAV Research**

In the all the spheres, unmanned aerial vehicles (drones) have become much more accessible over the past years and have received a lot of scientific interest. There is a great number of scientific publications and it is necessary to organize them and give a general description for each area, that was highlighted in progress of analysis.

This paper considers several scientific studies, which were divided in five groups by research direction. Each direction has its own aim and is intended to solve certain problems. The current paper highlights several studies as examples for each group. Each group is briefly characterized and examples of the studies reviewed. The following groups should be highlighted: Innovations in the area of use; Navigation of drones; Engineering of drones; Legislative aspects; and Safety. Innovations in the area of use is the largest direction by the number of studies, as the scope of drones is very wide and increasing every year. Drones can be used to monitor, deliver, scan and analyze. Legislative research helps create and regulate UAV laws. The purpose of navigation research is to improve the air traffic of drones, the formation of flight and the management of drones during this flight. Studies in this category are aimed at collision avoidance, forming a coalition of drones in free flight, creating "road maps" and algorithms. Technical studies are related to changes in design and software for several types of drones and individual models. Studies about Safety are common in all previous areas. Safety is an essential group for the use, improvement and development of drones.

The huge demand for drones causes the raise in the scientific interest to them and constantly grows new research examples in a wide variety of fields. Analyzing existing research gives the reader a better understanding of usage of drones and current scientific frontier. It helps to understand where more research needs to be done, what are the most relevant industries for drones in the modern world.

**drones, unmanned aerial vehicle, area of use, drones safety, research analysis**

*Одержано (Received) 19.11.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 28.11.2019*

*Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019*