

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Бондаренко Уляна Анатоліївна

УДК 004.4

**СИСТЕМА ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МОБІЛЬНИХ ДРОНІВ
В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Напрямок підготовки 6.050101 – «Комп'ютерні науки»

ДР.ПЗ-401.10790503

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітньої кваліфікації

«Бакалавр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2019

Дипломна робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем

Науковий керівник: д.т.н., професор, професор кафедри інтелектуальних інформаційних систем, зав. кафедри інтелектуальних інформаційних систем Кондратенко Юрій Пантелійович.

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри комп'ютерної інженерії, в.о. декана факультету комп'ютерних наук Бойко Анжела Петрівна.

Захист відбудеться «22» червня 2019 р. о 9³⁰ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З дипломною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений «20» червня 2019 р.

Секретар
екзаменаційної комісії,
ст.викл.



С.В.Дворецька

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом все більш популярними стають мобільні дрони. Це не дивно, адже вони стали доступними для масового використання зовсім нещодавно. І хоча сучасні дрони дуже різняться за характеристиками та можливостями використання, а відповідно й вартістю, тепер вони настільки доступні звичайному користувачеві, що все більше людей купують їх аби доторкнутися до нових технологій.

Незважаючи на такий бум, використання мобільних дронів в якості універсального інструменту для різних галузей ще далеко до масового, а відповідно й програмне забезпечення, яке було б націлено на специфіку саме їх використання, мінімізацію впливу їх недоліків на якість використання, ще не було створено. Хоча технології й зробили значний крок уперед, батареї що влаштовуються у дрони, аби забезпечити їх швидкість та маневреність, зазвичай малої ємності. Особливо важливим питання швидкості та маневреності є для дронів які призначені або використовуються для транспортування. Пов'язано це з тим, що більш місткі батареї значно відрізняються габаритами та вагою, а також є значно дорожчими. А збільшення ваги самого дрона призведе до зменшення швидкості пересування та зменшення вантажопід'ємності, або ж вимагатиме модернізації рушійних елементів дрона, шляхом заміни їх на більш потужні аналоги, що в свою призведе до ще більшої вартості дронів. Проте збільшення потужності рушійних елементів дрона може призвести до ситуації коли ємності збільшеної батареї вже не буде вистачати й виникне необхідність пошуку нового балансу між характеристиками дрону. Така ситуація вимагає від виробників компромісного рішення при виборі комплектуючих. Найчастіше за такий компроміс і обирають зменшення ємності батареї. Внаслідок такого компромісного рішення зменшується час активної роботи дрона, а підзарядка будь-якої батареї займає досить довгий

проміжок часу, що, при використанні дронів для постійних переміщень та транспортувань, гостро ставить питання оптимізації їх енергоефективності.

Метою дипломної роботи є розробка системи для оптимізації енергоефективності мобільних дронів, що використовуються для транспортувань. Іншими словами необхідно створити систему підтримки прийняття рішень, що зможе працювати в умовах невизначеності. Система повинна буде, спираючись на вже існуючі дані про перелік місць завантаження та місці доставки, енергозатрати, що відповідають кожному побудованому між ними шляху, можливе відхилення енергозатрат на подолання кожного шляху в залежності від зовнішніх умов.

Для досягнення вказаної мети необхідно обов'язково виконати наступні кроки:

- проаналізувати причини низької енергоефективності дронів та визначити можливі способи мінімізації їх впливу;
- проаналізувати особливості роботи дронів;
- проаналізувати існуючі аналоги;
- визначити основні функції програмного застосунку;
- обрати методи для вирішення поставленої задачі;
- спроектувати структуру програмного застосунку;
- програмно реалізувати додаток, який дозволить оптимізувати енергоефективність дронів в умовах невизначеності.

При цьому визначені деякі вимоги, які повинна задовольняти розроблена система. Тож система повинна:

- бути швидкою;
- бути точною у своїх розрахунках;
- використовувати методи та алгоритми, що підходять для прийняття рішень в умовах невизначеності;
- вирішувати задачу оптимізації енергоефективності;
- бути відмінною від вже існуючи рішень.

Також для системи, що була розроблена, було визначено деякі особливі умови, на яких ґрунтувалася її розробка та яких необхідно дотримуватися для забезпечення працездатності готового продукту. До них входить наступне:

а) енергозатрати на кожен шлях прораховані та записані заздалегідь, а також вказано можливе відхилення затраченої енергії від середнього статистичного;

б) обрано такі методи, які можуть використовуватися для прийняття рішень в умовах невизначеності;

в) прийняття рішення ґрунтується на поточній позиції та можливих варіантах руху дрона з відповідними енергозатратами.

Практичне значення отриманих результатів. Підвищена енергоефективність дасть можливість, використовуючи дрони, мати більше виконаної ними роботи, наприклад, доставлених замовлень, за одне зарядження батареї. Адже приймаючи найбільш енергоефективне рішення розподілу замовлень між місцями їх доставки, тобто якому дрону та звідки краще вирушити до необхідного місця доставки, можна значно заощадити енергію, а відповідно й час на підзарядку дронів, адже потреба в ній виникатиме значно рідше відносно кількості виконаної дроном роботи. Тобто ця система допоможе підвищити ефективність використання дронів, залишаючи незмінною їх кількість та час зарядження.

Враховуючи що на даний момент популярність дронів безупинно росте і все більше людей замислюється як саме можна застосувати дронів у сфері їх діяльності, створення такої системи значно збільшить ефективність роботи багатьох сфер найближчого майбутнього, до яких вже чи от-от, як інструмент виконання роботи, будуть долучені мобільні дрони.

Важливо зазначити що розроблена система є лише прототипом для демонстрації працездатності та можливостей створених алгоритмів. Модернізувавши її та пристосувавши до конкретних сфер діяльності, можна отримати досконалу систему енергоефективного керування дронами в

режимі реального часу з можливістю контролю реального заряду батареї кожного дрона та його місцеположення, для більш точного керування, яка буде корисна як для державних служб так і для комерційних підприємств різного масштабу.

Структура дипломної роботи. Пояснювальна записка до дипломної роботи складається із вступу, 5 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок, 19 рисунків, 5 таблиць та 36 посилання на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано загальну характеристику досліджуваної теми, обґрунтовано актуальність дипломної роботи, сформульовано мету, завдання розробки, визначено основні етапи роботи над дипломним проектом.

У першому розділі визначено та дається тлумачення поняттям, які є основоположними для розглянутої теми, аби при розробці системи уникнути неоднозначності поставлених до системи вимог; розглянуто основні особливості використання мобільних дронів, задачі системи, що розроблюється для роботи з ними; проведено аналіз вже існуючих систем, що націлені на оптимізацію ефективності роботи та мінімізацію витрат при перевезеннях та доставках, побудову оптимального маршруту; визначено чи підходять існуючі рішення для вирішення поставленого завдання та проаналізовано можливість їх модернізації для покращення результатів роботи; сформульовано постановку задачі, що ґрунтується на розглянутих у розділі питаннях, та, аби полегшити пошук методів її вирішення, зведено до одного з вже відомих типів задач, а саме до транспортної задачі.

У другому розділі виконано більш детальний аналіз поставленої задачі з точки зору її математичного вирішення, вивчено сутність транспортної задачі та розглянуто основні математичні методи її вирішення; розглянуто такі важливі поняття для вирішення транспортної задачі, як: стохастичне програмування, матриця рішень, оцінювальна функція; проаналізовано деякі

критерії прийняття рішень та умови їх використання; зроблено висновки щодо того які з розглянутих методів використати для вирішення поставленої задачі та приведено аргументи щодо причин прийняття кожного рішення.

Було розглянуто транспортну задачу в загальному вигляді, до якої зведено поставлену, і постановка якої звучить так: припустимо, що на пунктах виробництва A_1, A_2, \dots, A_m виробляється деякий однаковий продукт, а його обсяг виробництва в пункті A_i дорівнює a_i одиниць, де $i = \overline{1, m}$. Зроблений у пунктах виробництва продукт повинен бути доставлений до пунктів споживання B_1, B_2, \dots, B_n , причому обсяг споживання в пункті B_j дорівнює b_j одиниць, де $j = \overline{1, n}$. Вважається, що транспортування готової продукції можливе з будь-якого пункту виробництва в будь-який пункт споживання і транспортні витрати, що витрачаються на перевезення одиниці продукту з пункту A_i в пункт B_j , дорівнюють c_{ij} грошовим одиницям. Задача полягає в створенні такого плану перевезень, при якому загальні транспортні витрати були б найменшими.

Тобто формально постановка задачі зводиться до наступного. Нехай x_{ij} – кількість продукту, що перевозиться з пункту A_i в пункт B_j . Необхідно визначити сукупність з mn величин x_{ij} , які відповідають умовам:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad (1.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad (1.2)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad (1.3)$$

і для яких лінійна форма

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1.4)$$

набуває найменшого значення.

Обмеження пов'язані з тим, що обсяг продукції, вивезеної з кожного пункту виробництва, повністю дорівнює обсягу виробленої в цьому пункті продукції, а обсяг завезеної в пункт споживання продукції дорівнює його потребі. За цих обмежень умовою для розв'язності транспортної задачі є виконання балансу:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (1.5)$$

Якщо сума запасів дорівнює сумі потреб, то транспортна задача називається закритою. Якщо рівність не дотримується, то задача називається відкритою. Для вирішення транспортної задачі необхідно, щоб вона була приведена до закритого виду.

Якщо цю рівність не дотримано, необхідно ввести фіктивного постачальника або фіктивного споживача на якого бракує або надлишковий обсяг товару, якому потрібно приписати нульову ціну доставки. Такий обсяг буде відповідати недопоставку або, навпаки, надлишку товару на складі.

Обрано методи, які найкраще підходять для вирішення поставленої задачі. До них увійшли наступні методи:

Для отримання початкового можливого рішення обираємо метод північно-західного кута, так як він є універсальним для транспортних задач будь-якого формату та найшвидшим для програмного виконання. Після чого необхідно обрати метод для визначення можливості покращення оптимальності рішення. Для цього будемо використовувати ss-метод, так як при роботі з нечітким числом трикутної форми він значно зручніший, за метод потенціалів. Тобто все буде розраховуватись як і для звичайного числа, але за правилами додавання та віднімання нечітких чисел трикутної форми. Таким числом A називається трійка дійсних чисел ($a \leq b \leq c$), через які його функція належності $\mu_A(x)$ визначається таким чином:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{якщо } x \in [a, b]; \\ \frac{x-c}{b-c}, & \text{якщо } x \in [b, c]; \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (1.6)$$

Число b трійки $\langle a, b, c \rangle$ називається модою нечіткого числа трикутної форми, а числа a та c характеризують ступінь розмитості. Таке число допоможе відобразити, що існує найбільш вірогідна кількість енергії, що витратиться при подоланні шляху, за яке відповідатиме число b , та менш вірогідні варіанти затрат.

Для пошуку найкращого рішення необхідно обрати один з критеріїв прийняття рішення в умовах невизначеності. Враховуючи всі особливості даної системи, найбільш підходящим для вирішення поставленої задачі підходить мінімаксний критерій. Відповідно до цього критерію, як оптимальна обирається стратегія, яка гарантує вигреш не менший, ніж "нижня ціна гри з природою":

$$Z_{MM} = \max_i e_{ir}, \quad (1.7)$$

$$e_{ir} = \min_j e_{ij}. \quad (1.8)$$

Правило вибору рішення відповідно до даного критерію можна інтерпретувати в такий спосіб: матриця рішень $\|E_{ij}\|$, де $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, n}$, доповнюється ще одним стовпцем з найменших результатів кожного рядка. Вибрати слід той ВР E_{i_0} , в рядку якого найбільше значення e_{ij} цього стовпця. Обране таким чином рішення повністю виключає ризик. Це означає, що приймаючи це рішення людина, що приймає рішення, не може зіткнутися з гіршим результатом, ніж той, на який він орієнтується. Це властивість змушує вважати даний критерій одним з фундаментальним.

У загальному вигляді алгоритм реалізації вибору за мінімаксним критерієм можна записати таким чином:

$$E_0 = \{E_{i0} | E_{i0} \in E \wedge e_{i0} = \max_i \min_j e_{ij}\}. \quad (1.9)$$

Застосування цього критерію може бути виправдано, якщо ситуація, в якій приймається рішення, характеризується наступними обставинами:

- про ймовірність появи стану F_{ij} , де $j = \overline{1, n}$, нічого не відомо;
- з появою стану необхідно рахуватися;
- рішення реалізується лише один раз;
- не допускається ніякого ризику, тобто при будь-якому рішенні результат не може бути гіршим за Z_{MM} .

У третьому розділі детально розглянуто застосунок, створений відповідно до поставленої мети; дано пояснення та продемонстровано скріншоти кожного кроку роботи зі створеною системою; описано основні можливості системи, її вимоги до наданої на обробку інформації, основні обмеження; продемонстровано працездатність застосунку та результати його використання на прикладі тестових даних, підібраних близько до реальних.

У четвертому розділі обґрунтовано необхідність аналізу існуючих, розробки та важливості дотримання необхідних умов для безпеки та здоров'я програміста; розглянуто впливи на здоров'я та ефективність роботи небезпечних факторів, які можуть виникнути на робочому місці програміста; розраховано освітленість робочого приміщення та необхідної кількості штучного освітлення, та обрано необхідне для його забезпечення обладнання; розглянуто допустимі значення кожного з небезпечних чинників; визначено необхідний режим праці та ергономіку робочого місця.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконання поставлених задач та проведеної роботи сформульовані такі висновки:

- здійснено визначення та аналіз особливостей використання мобільних дронів для транспортування;

- розглянуто основоположні поняття для постановки задачі;
- проведено пошук та аналіз існуючих аналогів;
- сформульовано постановку задачі та, задля полегшення пошуку математичних методів вирішення, зведено сформульовану задачу до вже відомої, а саме транспортної задачі;
 - обрано нечітке число трикутної форми в якості способу врахування впливу умов невизначеності;
 - визначено та проаналізовано методи, що можуть використовуватися при розв'язанні поставленої задачі;
 - обрано методи, які було б найбільш доцільно та ефективно використати для вирішення поставленої задачі;
 - створено систему підтримки прийняття рішень, яка відповідає поставленій меті, та продемонстровано її роботу;
 - розглянуто шкідливі фактори та необхідні умови праці, визначені нормативними документами;
 - виконано розрахунок кількості необхідного штучного освітлення для робочого приміщення.

АНОТАЦІЯ

Бондаренко Уляна Анатоліївна. Система оптимізації енергоефективності мобільних дронів в умовах невизначеності. – На правах рукопису.

Дипломна робота на здобуття освітньої кваліфікації «Бакалавр комп'ютерних наук». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2019.

Дипломна робота присвячена важливій актуальній меті, яка полягає у створенні системи для оптимізації енергоефективності мобільних дронів в умовах невизначеності та пошуку математичних методів для вирішення поставленої задачі. Додано матеріали з реалізацією основних функцій. Представлено свій погляд на подальший розвиток розробленої системи та її можливу модернізацію.

Пояснювальна записка до дипломної роботи складається із вступу, 4 розділи, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 70 сторінок, 19 рисунків, 5 таблиць, 1 додаток та 36 посилань на літературні джерела. Спеціальна частина з техніки безпеки та цивільної оборони складає 11 сторінок.

Ключові слова: оптимізація енергоефективності, дрони, прийняття рішень в умовах невизначеності, транспортна задача, критерії прийняття рішень, нечітке трикутне число.

ABSTRACT

U. A. Bondarenko. Energy efficiency optimization system for mobile drones in conditions of uncertainty. - On the rights of the manuscript.

Diploma work on obtaining an educational qualification "Bachelor of Computer Science". - Black Sea National University named after Petro Mohyla, Nikolaev, 2019.

The thesis is devoted to the important actual goal, which is to create an energy efficiency optimization system for mobile drones in conditions of uncertainty and to find mathematical methods for solving a given problem. The urgency of this work is determined by the possibility of its implementation in the enterprise, such as that which can increase the efficiency of the drones, while reducing the amount of energy expended, with the constant number of drones and the time of their charging. The main features of the use of mobile drones for transportation and the related, related requirements to the work of the system are considered. It is determined that this problem is reduced to the ordinary transport problem complicated by the conditions of uncertainty. The influence of the conditions of uncertainty on the result was made by using fuzzy numbers of a triangular form as a symbol of energy consumption. Possible solutions of the problem by mathematical methods are analyzed and the most expedient ones are selected. A system that meets the purpose and uses, selected in the process of working on the project, methods for finding optimal solutions and minimizing costs are developed. The work of the system is demonstrated on the data of the near-real data, which proves the efficiency of the system created. Materials are added with the implementation of the main functions of the system. The view of further development of the developed system and its possible modernization is presented.

Explanatory note to the thesis consists of the introduction, 4 chapters, conclusions, annexes. The total volume of work is 70 pages, 19 figures, 5 tables,

1 application and 36 references to literary sources. The special part of safety and civil defense is 11 pages.

Key words: energy efficiency optimization, drones, decision making under uncertainty, transportation problem, decision making methods, triangular fuzzy number.