

Ця програма реалізує алгоритм Дейкстри для знаходження найкоротшого шляху від однієї вершини до всіх інших вершин. Програма виводить список T, де кожен елемент T[i] містить відстань від стартової вершини до i-ї вершини в графі.

[0, 3, 1, 3, 8, 5]

Process finished with exit code 0

Рисунок 5– результат роботи програми

Можемо зробити висновок, що програма працює коректно, адже дані таблиці на рисунку №3, які виділені зеленим кольором та дані роботи програми збігаються.

Ця програма може бути корисною для багатьох застосувань, наприклад, для побудови маршруту у GPS-навігації, для планування маршрутів логістичних компаній, для оптимізації маршруту руху роботів на виробництві та багатьох інших задач, де важливо знайти найкоротший шлях між двома точками в графі.

Список літературних джерел

1. Cormen, T.H., Leiserson, C. E., Rivest, R.L., & Stein, C.(2009). *Intoduction to algoritms*. MIT press.
2. Nagendra, C.P., & Kumar, K. M. (2016). *A study on shortest path algoritms in graph theory*. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(3), 110-118.
3. Adorf, C.S. (2014). *Dijkstra's shortest path algorithm*. In C.S. Adorf & J.R. Wilson (Eds.), *Encyclopedia of Operations Research and Management Science* (3rd ed., pp. 410-413). Wiley.

УДК 629.737.5:519.87

*Діброва І. С., студент I курсу спеціальності
122 «Комп'ютерні науки»*

*Комаров В.Ф., к.т.н., завідувач навчально-
практичної лабораторії інтелектуальних
систем і мереж*

ПРОГРАМУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ДРОНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця

У сучасному світі застосування дронів зростає з кожним днем. Використання дронів є актуальним у різних галузях, включаючи логістику, агрокультуру, моніторинг навколишнього середовища та безпеку. Програмування та налаштування дронів з використанням математичних

алгоритмів можуть допомогти забезпечити безпеку та ефективність їхньої роботи [1].

Однією з головних задач при програмуванні дронів є розробка алгоритмів для автоматичного керування. Для цього можна використовувати математичні моделі, що описують поведінку дрона, та алгоритми керування на основі різних методів оптимізації та зворотного зв'язку.

Математичні моделі, що описують поведінку дрона, базуються на фізичних законах, таких як закони Ньютона, які описують рух об'єктів в просторі. Не менш важливими є його пропорція в просторі та опір повітря. Одним з ключових аспектів моделювання дрона є знаходження точного розв'язку еквівалентних рівнянь, що описують його рух в повітрі [2].

Одним з найпоширеніших математичних алгоритмів є PID-регулятор. Він дозволяє контролювати рух дрона в трьох основних напрямках (вперед-назад, ліворуч-праворуч та вгору-вниз) шляхом розрахунку керуючих сигналів, які надходять на мотори дрона. PID-регулятор базується на вимірювання поточного стану системи та порівнянні його з бажаним станом. У цьому методі використовуються три ключові сигнали: P (пропорційний), I (інтегральний) та D (диференціальний), щоб забезпечити точну регуляцію параметрів руху дрона [3].

Математично, PID-регулятор можна записати таким чином:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Де $u(t)$ -керуючий сигнал на часі (t) , змінні $K(p)$, $K(i)$, $K(d)$ -коефіцієнти пропорційності, інтегральної та диференціальної складових відповідно. $E(t)$ -різниця між бажаним та поточним станом системи.

Для регулювання висоти дрона можна використовувати наступний PID-регулятор:

$$error(t) = setpoint - height(t)$$

$$integral(t) = integral(t-1) + error(t)\Delta t$$

$$derivative(t) = \frac{error(t) - error(t-1)}{\Delta t}$$

$$output(t) = K_p error(t) + K_i integral(t) + K_d derivative(t)$$

Після того, як були побудовані математичні моделі та розроблені алгоритми для дрона, необхідно їх втілити у програмне забезпечення для дрона. На першому етапі програмування дрона слід подумати про управління дроном. Бібліотека `tello_binom` є реалізацією програмного інтерфейсу (API) для керування дронами DJI Tello на мові Python. Вона була розроблена спеціально для Tello, тому містить усі необхідні функції для пілотування дрона. Також бібліотека містить детальну документацію та є зручною у використанні.

Бібліотека містить набір функцій для з'єднання з дроном, керування його рухом та отримання телеметрії. Зокрема, з її допомогою можна здійснювати такі

операції, як зліт, посадка, переміщення у певному напрямку, обертання на місці, зйомка фото та відео, отримання інформації про стан дрона.

Функція Python бібліотеки tello_binom	Команда SDK 2.0	Опис
Start()	Start	Вхід в режим виконавця команд
Takeoff()	Takeoff	Автоматичний злет і стабілізація
Land()	Land	Автоматична посадка
Start/stop_video()	Start/stop_video	Ввімкнути/вимкнути відео
Stop()	Stop	Екстрена зупинка
Up/down/right/left(x)	Up/down/right/left x	Рух вгору/вниз/вправо/вліво
Forward(x)	Forward x	Рух вперед на x сантиметрів
Backward(x)	Backward x	Рух назад на x сантиметрів
Clockwise(x)	Clockwise x	Поворот на x градусів по часовій стрілці
Anticlockwise(x)	Anticlockwise x	Поворот на x градусів проти часової стрілки

Рисунок 1 – Основний перелік команд бібліотеки tello_binom

Це лише невеликий перелік команд бібліотеки за допомогою яких можна реалізувати дуже багато задач. Розглянемо програмний варіант налаштування дрона:

```

1  from tello_binom import*
2
3  start()
4  takeoff()
5  forward(50)
6  up(30)
7  land()
8

```

Рисунок 2 – Налаштування управління дроном

Тут ми підключаємося до дрона, виконуємо взліт, переміщуємо дрона вперед і піднімаємо його на висоту, а потім приземляємо його і закриваємо з'єднання.

Також можна додати декілька команд для запису відео. Виконаємо це наступним чином:

```
1 from tello_binom import*
2
3 start()
4 takeoff()
5 start_video()
6 clockwise(360)
7 forward(50)
8 up(30)
9 anticlockwise(360)
10 stop_video()
11 land()
12
```

Рисунок 3– Додавання запису відео до управління дроном

У даному коді ми використали функції для підключення до дрона, взлету, старту відеопотоку, повороту на 360 градусів за годинниковою стрілкою, переміщення вперед на 50 см, підняття на 30 см, повороту на 360 градусів проти годинникової стрілки та приземлення.

Можна зробити висновок, що програмування та налаштування дронів з використанням математичних алгоритмів є актуальною та перспективною темою. При розробці дрона використовуються математичні моделі, що описують його поведінку в повітрі. Програмування та налаштування дронів з використанням математичних алгоритмів є актуальною темою, яка має великий потенціал у різних галузях, таких як моніторинг, доставка та дослідження. Розроблення програмного інтерфейсу та використання бібліотек, таких як `tello_binom`, значно полегшують процес програмування дронів та забезпечують точність та ефективність їх руху.

Список літературних джерел

1. O. V. Artemenko, M. O. Oleksiuk, and O. I. Kravchuk, "Mathematical Modeling and Control Algorithms for Unmanned Aerial Vehicles," *Cybernetics and Systems Analysis*, vol. 56, no. 2, pp. 197-208, 2020.
2. F. Ahmed, M. J. Khan, and M. M. Rahman, "Quadcopter Control Using PID Controller," *Journal of Electrical and Electronic Engineering*, vol. 8, no. 3, pp. 67-72, 2020.
3. Kumar and N. R. Kumar, "A Review on Mathematical Modeling and Control Techniques for Quadrotor UAV," *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, vol. 90, no. 1, pp. 15-45, 2018.