

*П.О. Приставка, д.т.н., В.І. Сорокопуд
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Методологія проведення експериментів інформаційної технології навігації за оптичним каналом

При створенні різноманітних інформаційних технологій що працюють в режимі реального часу та на реальних зразках важливим питанням є проведення випробувань та аналіз результатів. Дана стаття описує методологію проведення випробувань інформаційної технології навігації за оптичним каналом, а також аналіз випробувань.

Для перевірки якості інформаційної технології навігації за оптичним каналом [1] необхідно побудувати методологію проведення випробувань та проаналізувати їх результати.

Для визначення якості роботи інформаційної технології навігації за оптичним каналом необхідно додатково провести детальне визначення координат об'єктів та положення ЛА. Дані роботи будуть відбуватися на основі методологій, описаних в матеріалах [2] та [3].

Додатково, на прототип, було встановлене апаратне забезпечення для більш точного визначення координат ЛА. Це потрібно для порівняння результатів навігації за оптичним каналом та реальними показниками. Апаратне забезпечення для отримання еталонних координат складається з навігаційних приймачів, навігаційних антен персональних комп'ютерів, перетворювачів напруги, з'єднувальних кабелів та джерел живлення.

Для визначення еталонних координат використовується програмне забезпечення виробництва фірми Novatel (Канада) Waypoint GrafNav/GrafNet.

Як видно з графіків, кількість вимірів з похибкою визначення координат, що не перевищує 1 дм, при визначенні координат всіх об'єктів і ключових точок, сягає більше 100. Це дозволяє вважати представлені в таблиці 1, значення координат еталонними.

Таблиця 1.

Еталонні значення координат об'єктів і ключових точок

Назва точки	Широта (град.)	Довгота (град.)	Висота відносно WGS-84 (м.)
Start 1	50.4356255	30.4240415	198.166
Finish 1 1	50.4356124	30.4240471	198.198
Finish 1 2	50.4356196	30.4240298	198.195
Start 2	50.4351976	30.4240399	198.188
Finish 2 1	50.4353072	30.4239987	198.235
Object 1	50.4355296	30.4240434	198.189
Object 2	50.4354252	30.4240258	198.250
Object 3	50.4353232	30.4238742	198.309

Взаємне розташування даних точок показано на рисунку 1., де а - на Google Earth; б – відносно точки Start_1.

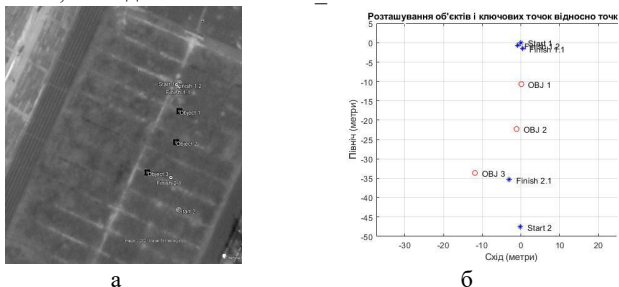


Рис. 1. Взаємне розташування об'єктів і ключових точок

Далі буде описано проведені експерименти по роботі інформаційної технології навігації за оптичним каналом на борту ЛА.

Для проведення експерименту був обраний «ОБ'ЄКТ №1», який представляє собою білий квадрат з дерев'яним об'єктом по центру. Також був обраний «ОБ'ЄКТ №2», який представляє собою жовтий об'єкт та «ОБ'ЄКТ №3», який представляє собою об'єкт чорного кольору.

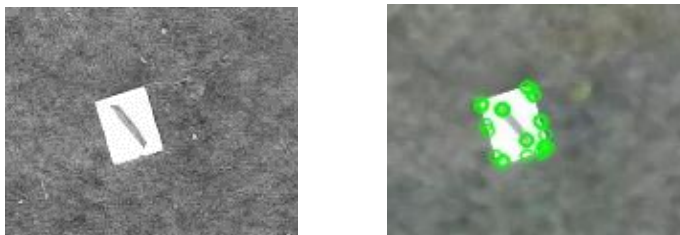


Рис. 2. «ОБ'ЄКТ №1» фото (ліворуч) та особливі точки (праворуч)



Рис. 3. Зображення «ОБ'ЄКТ №2»

Також, вхідними параметрами являються координати старту та координати об'єктів, для навігації в просторі. Ці показники представлені в таблиці 2.



Рис. 4. «ОБ'ЄКТ №3» фото (ліворуч) та особливі точки (праворуч)

Таблиця 2

Вхідні координати

Назва точки	Широта (град.)	Довгота (град.)	Висота відносно WGS-84 (м.)
СТАРТ	50.4356255	30.4240415	198.166
ОБ'ЄКТ №1	50.4355296	30.4240434	198.189
ОБ'ЄКТ №3	50.4354252	30.4240258	198.250

Результатом експерименту (рис. 5) є політ, що складається із двох частин – запланована частина (виділена чорним) та частина польоту, згенерована після знаходження об'єкту навігації (виділена білим), точка знаходження об'єкту навігації зображена у вигляді білого кругу.

Після знаходження ОБ'ЄКТУ №1 та ОБ'ЄКТУ №3 відбувається обрахунок вектору для руху в точку старту та генеруються приблизні координати точки старту. Під час даного експерименту було згенеровано наступні координати – (50.4356406, 30.4240563) та побудований маршрут для навігації на початкову точку.

На рисунку 8 представлено зображення точки старту (цифра 1) та визначеної автоматично точки посадки (цифра 2).

Координати точки старту та посадки представленні в таблиці 3, а також там можна побачити дистанцію між реальної точкою старту та точкою посадки, яка складає 1.3 метри, відносна похибка визначення координат дорівнює 9%, що враховуючи зовнішні чинники є доволі хорошим результатом.

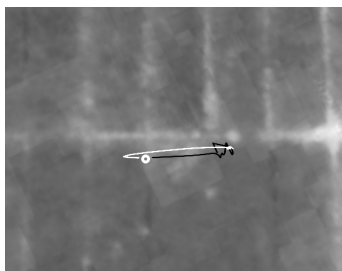


Рис. 5. Траєкторія польоту ЛА під час Експерименту № 4

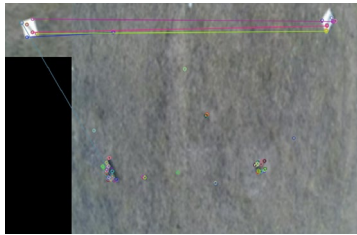


Рис.6. Демонстрація моменту знаходження ОБ'ЄКТУ № 1 в польоті під час Експерименту №3

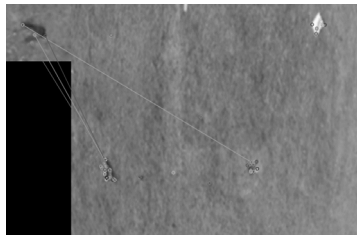


Рис. 7. Демонстрація моменту знаходження ОБ'ЄКТУ № 3 в польоті під час Експерименту №3



Рис. 8. Зображення координат старту та координат посадки

Таблиця 3

Результуючі координати

Назва точки	Широта (град.)	Довгота (град.)	Висота відносно WGS-84 (м.)
СТАРТ	50.4356255	30.4240415	198.166
ПОСАДКА	50.4345406	30.4239563	185.761
Дистанція між точками			1.3 м.

Висновки

В результаті проведення експериментів було визначено, що розроблена система може справитись з рядом поставлених задач. Також було перевірено поведінку системи в нештатних ситуаціях.

Відносно технології навігації за оптичним каналом, а саме процедури визначення маршруту до точки старту, на основі візуальної навігації, отримане відхилення склало, приблизно, 1-1.5 метра, а відносна похибка визначення менше 10%. Такі результати можна вважати допустимими, адже основна задача - це розробка інформаційної технології, що дозволить, на основі оптичної інформації, почати рух в точку старту для виходу з зони подавлення управління або GPS сигналів.

На погрішність в результатах можуть впливати зовнішні чинники, а саме:

- похибка GPS антени при малій кількості супутників;
- похибка GPS антени за рахунок поганого обладнання;
- зсув ЛА за рахунок вітру;

Список літератури

1. Pylyp Prystavka; Vladyslav Sorokopud. Information Technology of Realtime Optical Navigation based on Photorealistic Orthophoto Plan. IEEE International Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments Proceedings (APUAVD). – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9615409>
2. О. Kutsenko, S. Ilnytska, V. Konin. Investigation of the residual tropospheric error influence on the coordinate determination accuracy in a satellite landing system. Aviation 22, No. 4, 156 (Dec. 2018). DOI: 10.3846/aviation.2018.7082.
3. Kondratiuk V., Konin V., Kutsenko O., Ilnytska S. Testing Static and Kinematic Modes of Precise Point Positioning Service in Ukraine. Radioelectronics and Communications Systems, 2019, 62(10). – С. 530–540.