



Магістерська дисертація на тему «Автоматична посадка безпілотною літального апарату на основі системи технічного зору»

Виконав студент 6 курсу групи ВЛ-61М, ФАКС

Котвицький Р.С.

Науковий керівник професор, д.т.н. Збруцький О.В.

- 
- 
- ▶ **Актуальність теми.** Дослідження в напрямку системи технічного зору (СТЗ) та її інтегрування в систему керування безпілотного літального апарату (БПЛА) спрямовані на вирішення декількох найважливіших задач – стеження БПЛА за ціллю та його автоматична посадка на спеціальне підготовлене місце.
 - ▶ СТЗ в даний час є одним з головних засобів розвитку автоматичних систем керування рухом в умовах, коли обсяг апріорної інформації не достатній і для вирішення завдань керування необхідний аналіз зовнішньої обстановки в режимі реального часу.
 - ▶ **Мета** дисертаційної роботи полягає в розробці системи автоматичного керування безпілотного літального апарату за допомогою системи технічного зору для вирішення задачі його автоматичної посадки на спеціально підготовлену площадку в реальному масштабі часу з заданою точністю.



Публікації

За результатами досліджень опубліковано 7 друковані роботи, з яких 3 – статті в фахових журналах, 4 – тези доповідей на конференціях.

Метод визначення координат рухомого об'єкту з використанням системи технічного зору /Котвицький Р.С., Збруцький О.В., Сарибога Г.В. // Інформаційні системи, механіка та керування.-2017.-№16. С. 71-78

Автоматичне керування оптичною віссю камери на основі системи технічного зору з використанням методу ідентифікації об'єктів за кольором/Котвицький Р.С., Збруцький О.В., Сарибога Г.В. // Інформаційні системи, механіка та керування.-2015.-№13. С. 111-115

Назва заходу XI Международная научно-техническая конференция «Гиротехнологии, навигация, герування движением и конструирование авиационно-космической техники»; Назва доповіді - Метод визначення координат рухомого об'єкту за допомогою системи технічного зору; Автори - КОТВИЦЬКИЙ Р.С., САРИБОГА Г.В., ЗБРУЦЬКИЙ О.В.; Місце проведення - Київ, КПИ ім. Ігоря Сикорського; Дата проведення: 13.04.2017

Постановка задачі

На вхід подається зображення сцени із камери і зображення цільового плоского об'єкта (наприклад символ «Н»). Завдання - знайти цільовий об'єкт на зображенні сцени, його точні координати відносно вертикальної осі БПЛА типу квадрокоптер, і видати значення цих координат на систему керування для здійснення наведення даного БПЛА на ціль для стабілізації та посадки.

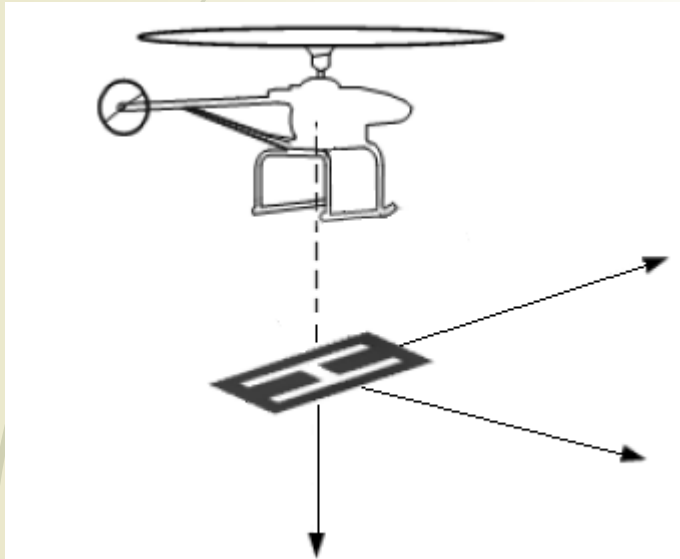


Рис. 1. Посадка БПЛА на символ "Н"

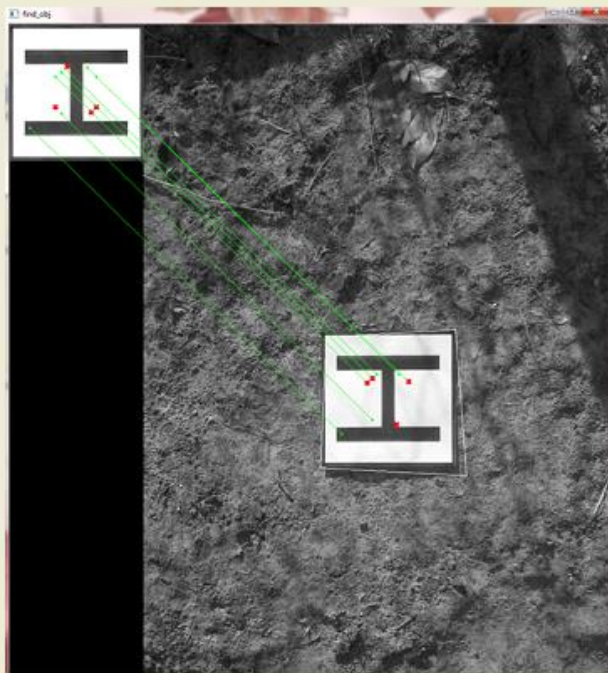
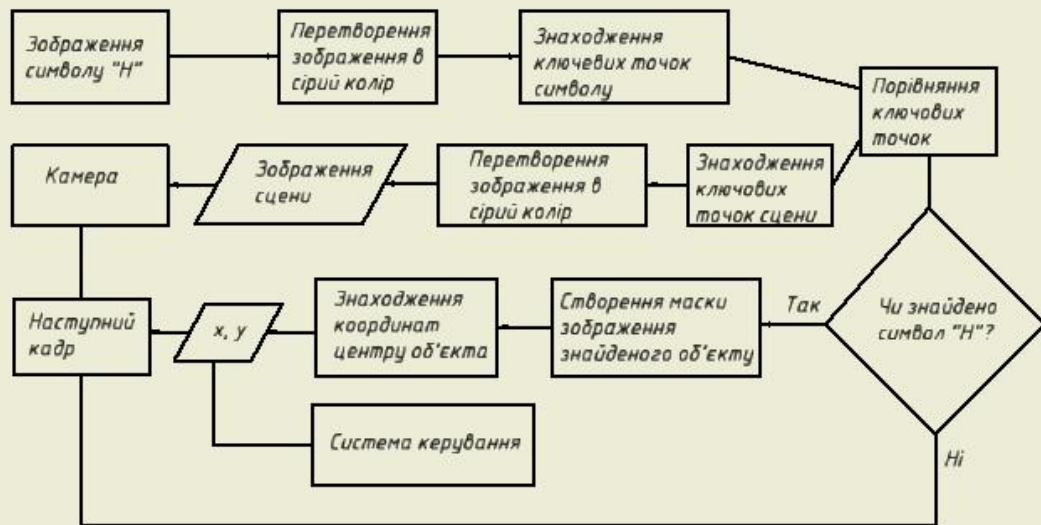
Огляд літератури

Аналіз існуючих інерційних навігаційних систем (ІНС) показує, що застосування подібних систем має ряд обмежень для забезпечення необхідної точності визначення місцеположення при відсутності сигналу GPS. У цьому випадку актуальним і ефективним може бути застосування системи технічного зору (СТЗ) для підвищення точності ІНС безпілотного літального апарату (БПЛА).

За результатами дослідження маємо наступні нерозв'язані задачі по даній темі:

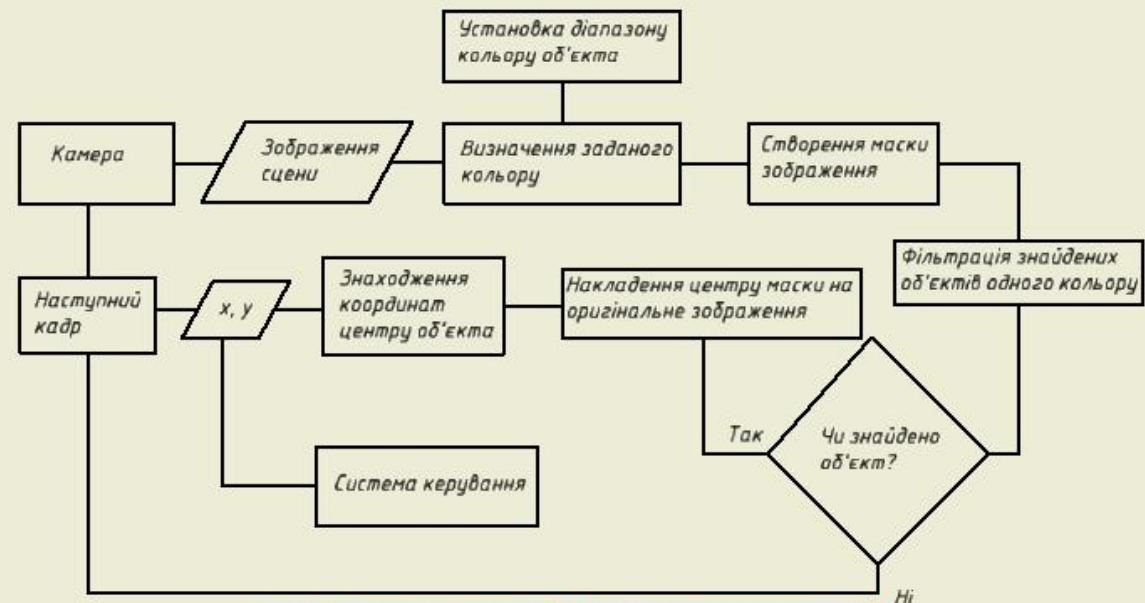
- ▶ оптимізація зображення місцевості, оскільки на СТЗ дуже суттєво впливає зміна стану навколишнього середовища;
- ▶ використання одного методу ідентифікації цілі є не завжди надійним, тому краще комбінувати різні методи, особливо різні за їх природою розпізнавання;
- ▶ невирішена задача посадки БПЛА на малій висоті на основі СТЗ без використання інерційних датчиків/висотомірів;
- ▶ підбір відповідного алгоритму ідентифікації цілі та самої цілі (її параметри та особливості), виходячи з поставлених задач, оскільки вони не є універсальні для кожного БПЛА та характеристик місцевості.

Алгоритм ідентифікації об'єкта за особливими точками

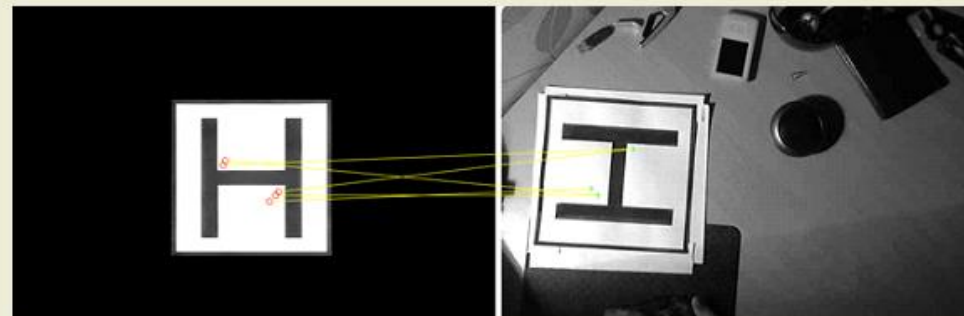


Розпізнавання об'єкту за особливими точками (Python)

Алгоритм ідентифікації об'єкта за кольором

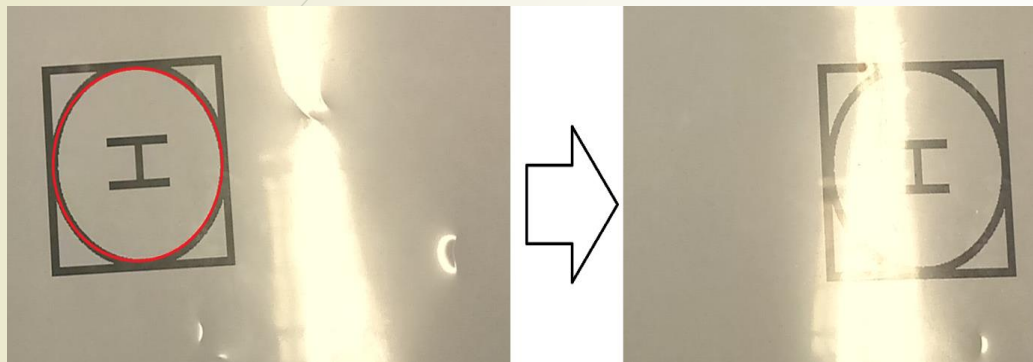


Розпізнавання об'єкту за помаранчевим кольором: а) оригінал б) маска

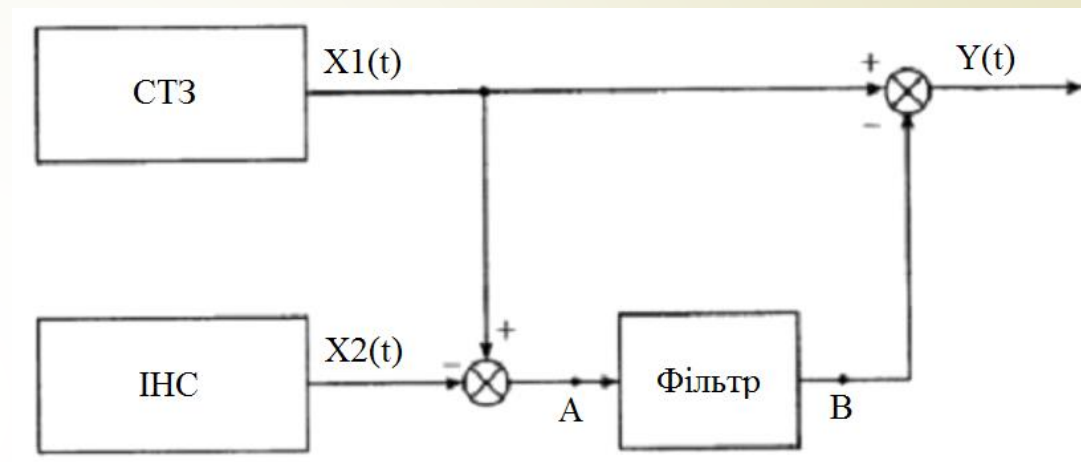


Розпізнавання об'єкту за особливими точками (Средовище MatLAB)

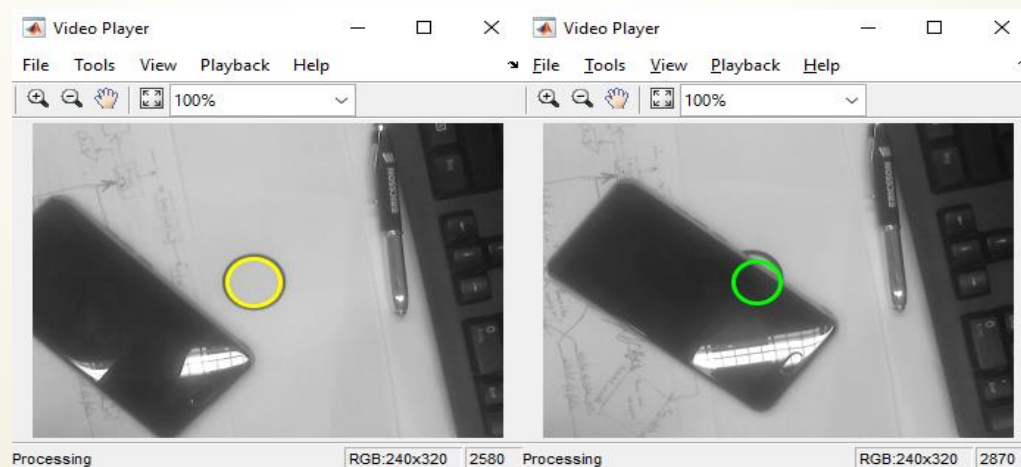
Фільтр Калмана в задачі ідентифікації орієнтира



Втрата орієнтира

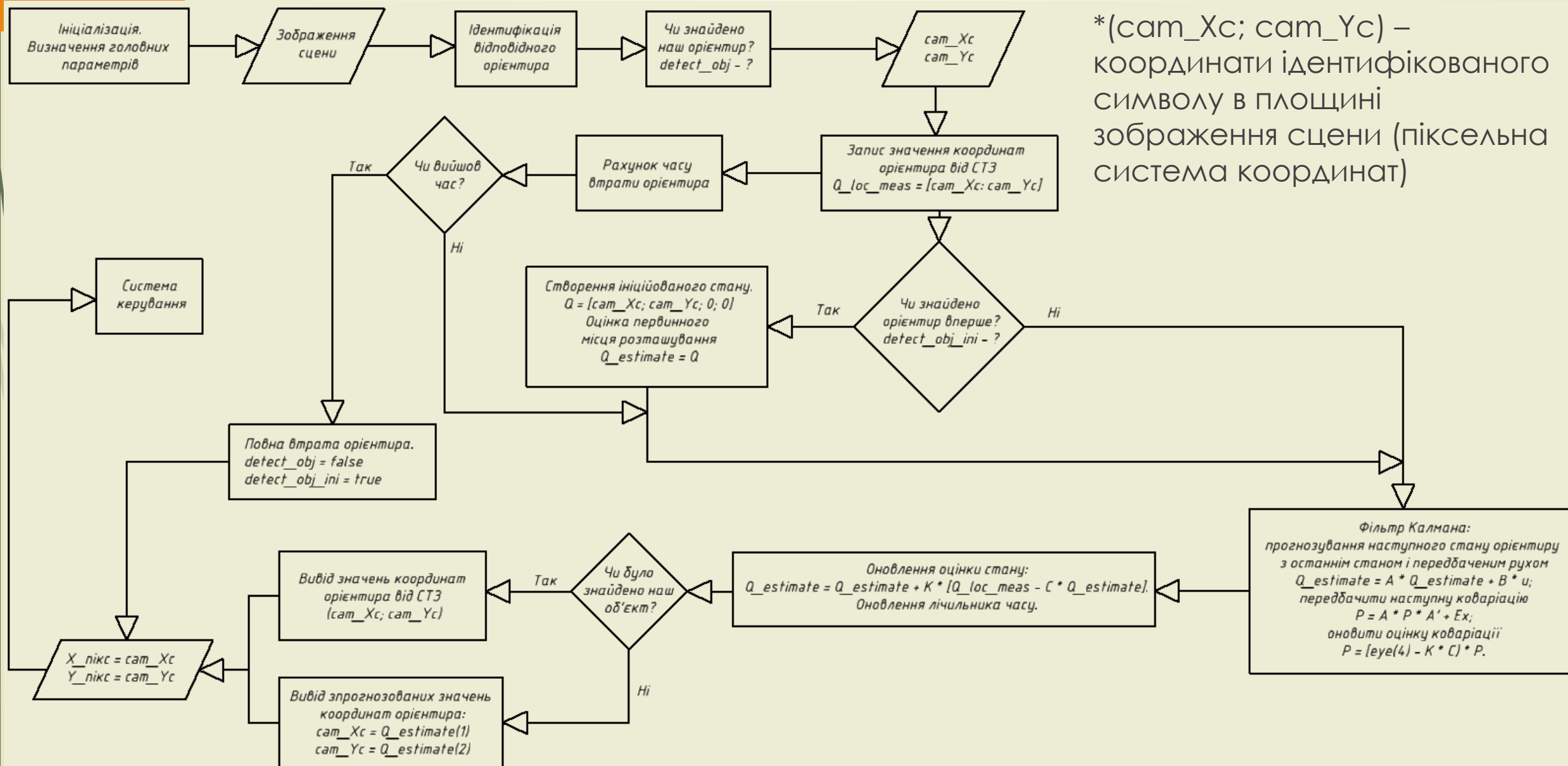


Структурна схема роботи фільтру Калмана



Результат роботи фільтру Калмана в СТЗ

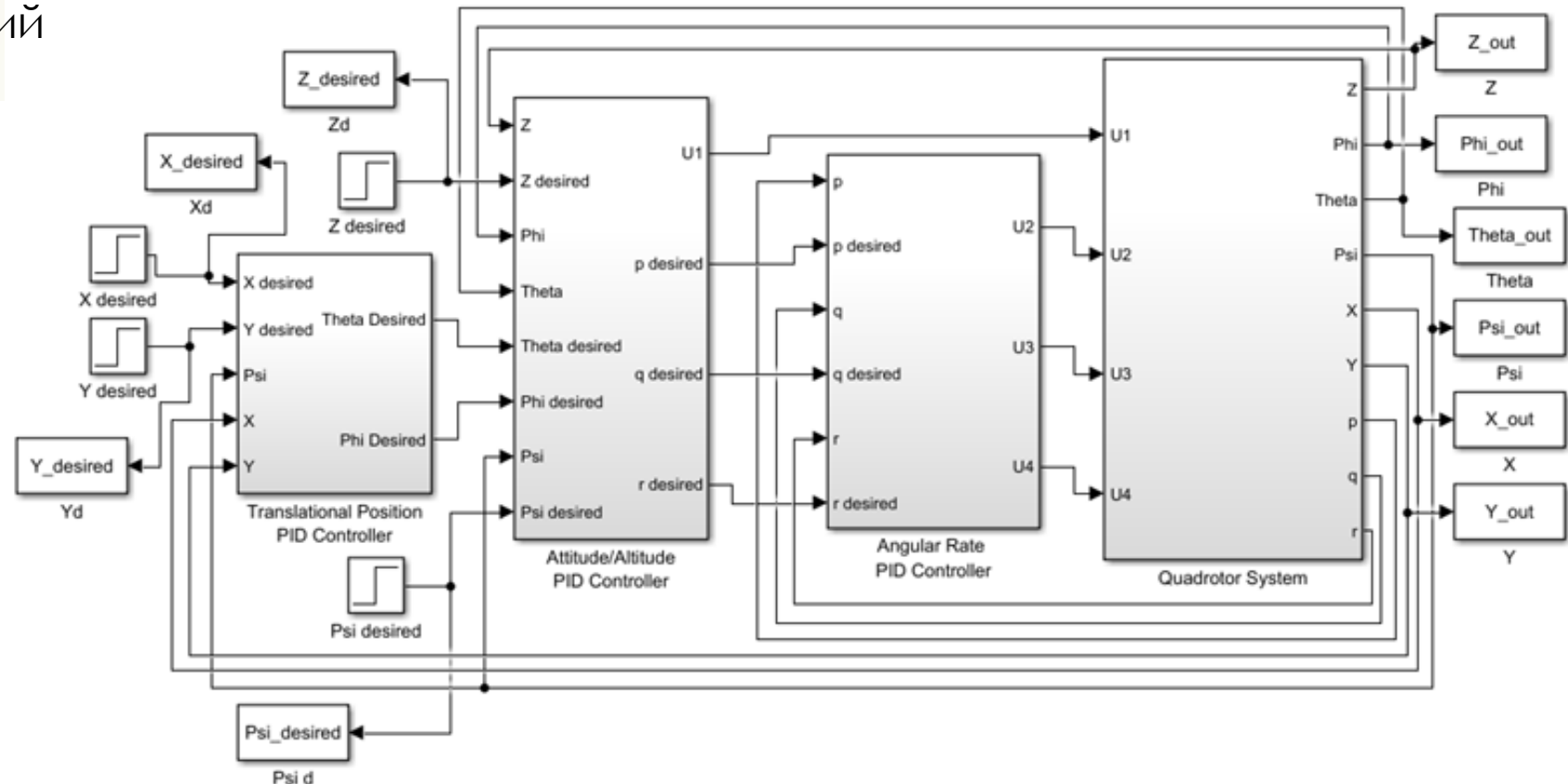
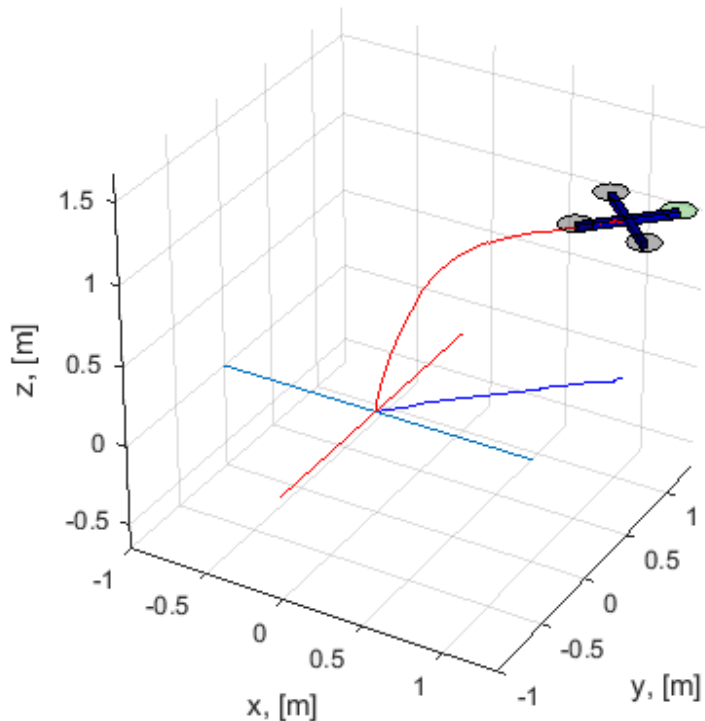
Алгоритм роботи ф. Калмана в СТЗ



Система керування квадрокоптера

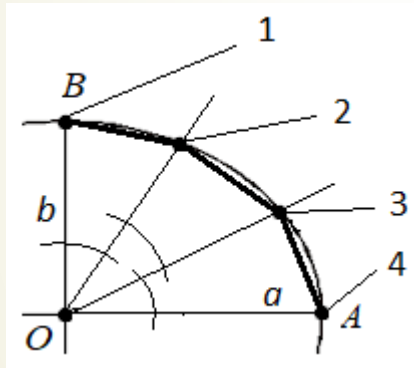
- Для тестування алгоритмів СТЗ та здатність здійснити посадку на основі СТЗ було проведено полунатурне моделювання в середовищі Matlab розробленої системи керування квадрокоптера на базі рівнянь Пуассона.

Реакція системи на одиничний вхід по трьом осям

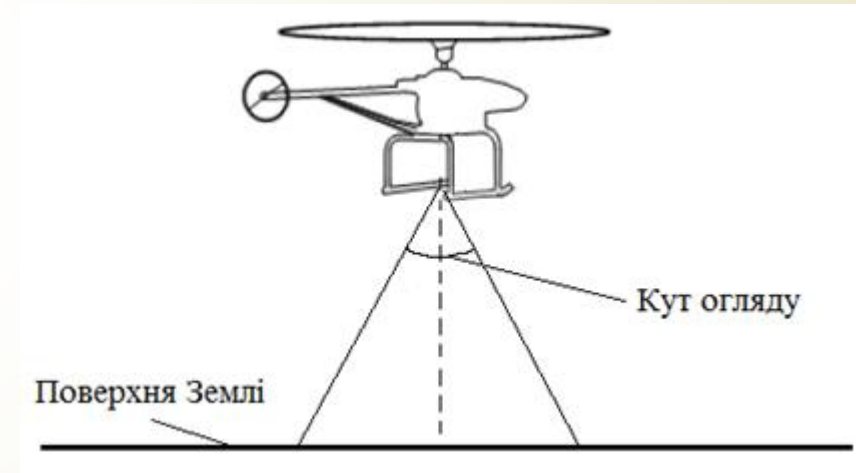


Траєкторія посадки квадрокоптера

- Форма траєкторії – еліпс.
- Дискретизація траєкторії за наступними значеннями: $\varphi = \frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{3}; \frac{\pi}{6}; 0$. В результаті отримуємо 4 точки траєкторії:

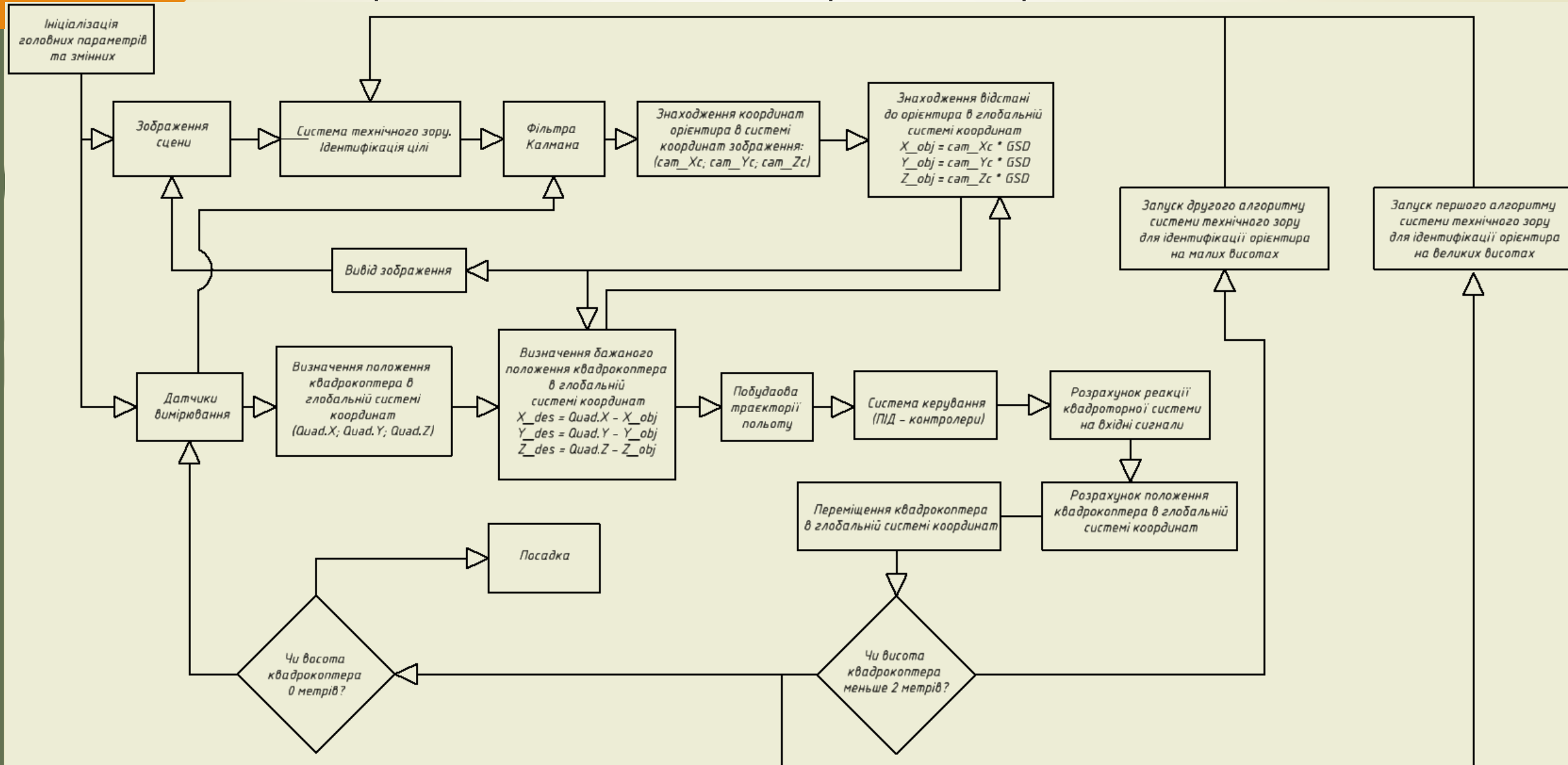


Траєкторія шляху по еліпсу



Кут огляду оптичного датчика

Алгоритм посадки квадрокоптера на основі СТЗ



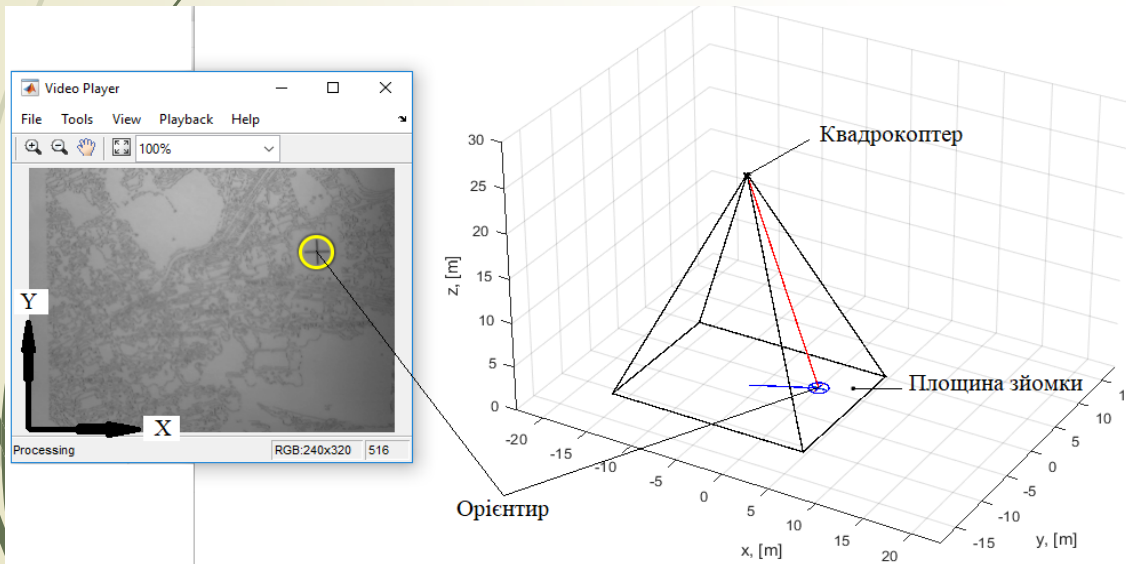
Результат роботи комплексної системи

- $\frac{H}{GSD} = \frac{F \times B}{b}$, [піксель]
- $H = GSD * B * K$, [м]
- $GSD = \frac{R}{R_{\text{пикс}}}$, [м/піксель]
- $H = \frac{R}{R_{\text{пикс}}} * B * K$, [м]

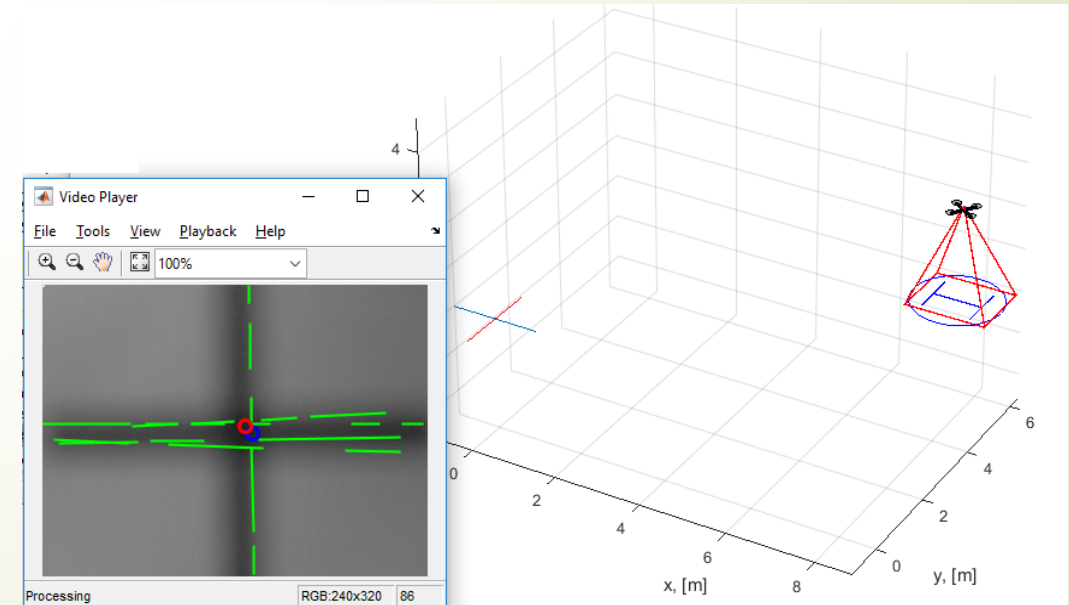
де H – висота, F – фокусна відстань камери, B – розмір кадру в пікселях для меншої сторони, b – розмір матриці камери.

$$F = b \times K$$

K – оптичне збільшення об'єктива камери.

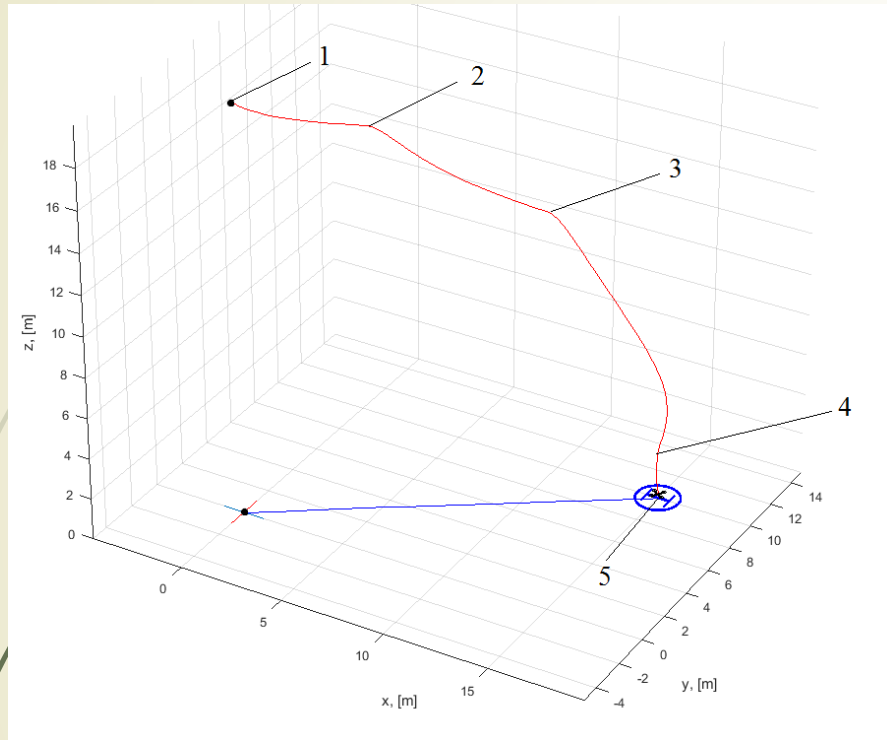


Політ на великих висотах



Політ на малих висотах

Симуляція посадки квадрокоптера



- 1 – початкові координати БПЛА;
2,3 – точки шляху траєкторії посадки;
4 – точка шляху траєкторії, в якій висота БПЛА відносно орієнтира досягла помітки в 2 метра;
5 – кінцева посадка БПЛА.

Хід симуляції:

- Стабілізація БПЛА з початковими координатами (0;0;20м).
- Пошук орієнтиру оптичним датчиком.
- Розпізнавання орієнтиру та визначення його координат.
- Побудова траєкторії до орієнтиру.
- Стабілізація БПЛА на висоті 2 м.
- Виконання алгоритму «target in target».
- Автоматична посадка БПЛА на орієнтир.

Симуляція проходить в режимі реального масштабу часу (червона лінія – політ по 3 осям; синя – проекція червоної лінії на площину XY – горизонт).

ВИСНОВКИ

- ▶ В магістерській дисертації було розроблено систему автоматичного керування безпілотного літального апарату за допомогою системи технічного зору для вирішення задачі його автоматичної посадки на спеціально підготовлену площадку в реальному масштабі часу з заданою точністю.
- ▶ Розроблено новий авто масштабований алгоритм розпізнавання орієнтира «target in target» для вирішення задачі посадки БПЛА на малих висотах; працездатність даного алгоритму підтверджено симуляцією засобами Matlab.
- ▶ За результатами проведеної симуляції розроблений алгоритм здійснює посадку БПЛА з похибкою в планарних координатах не більше 5см. На такий показник впливає не досліджені поки що похибки інерціально вимірювальних модулів ІНС.
- ▶ Вдосконалено метод комплексування алгоритмів ідентифікації орієнтира , які мають різні принципи роботи.
- ▶ Розвинено метод використання нових фільтрів з максимальним видаленням шумів для оптимізації зображення місцевості з використанням фільтру Калмана.