

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФІЛЬТРІВ GH ТА КАЛМАНА ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ РІЗНИХ МОДЕЛЯХ ШУМУ

Виконавець: **Новоспаський А.С.**

Керівник: доцент, доктор фіз.-мат. наук **Ігнатенко О.П.**

Мета і задачі дипломного проєкту

Мета:

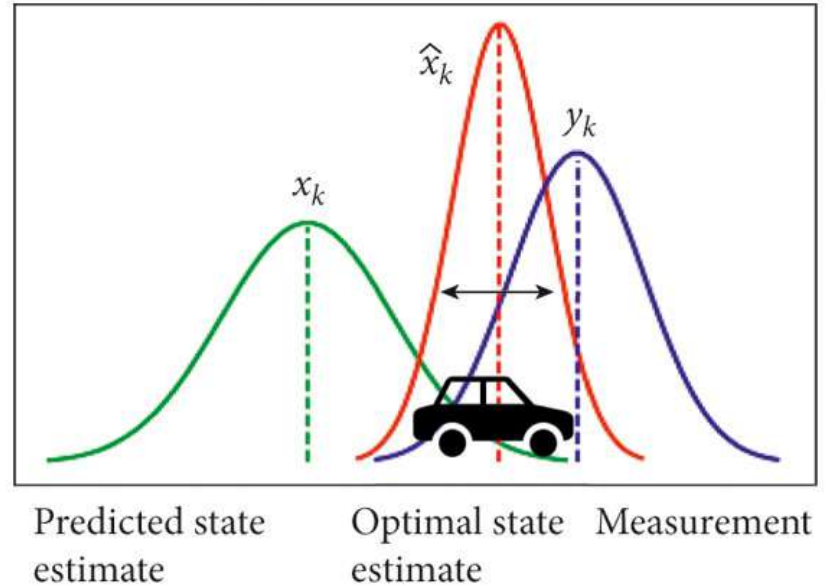
- Проведення порівняльного аналізу ефективності фільтра GH та різних моделей фільтра Калмана

Завдання:

1. Провести аналіз теоретичних основ фільтрів GH та Калмана
2. Розробити методику генерації синтетичних даних для дослідження
3. Реалізувати алгоритми фільтра GH та фільтрів Калмана для задачі відстеження рухомих агентів
4. Провести експериментальне дослідження ефективності зазначених фільтрів

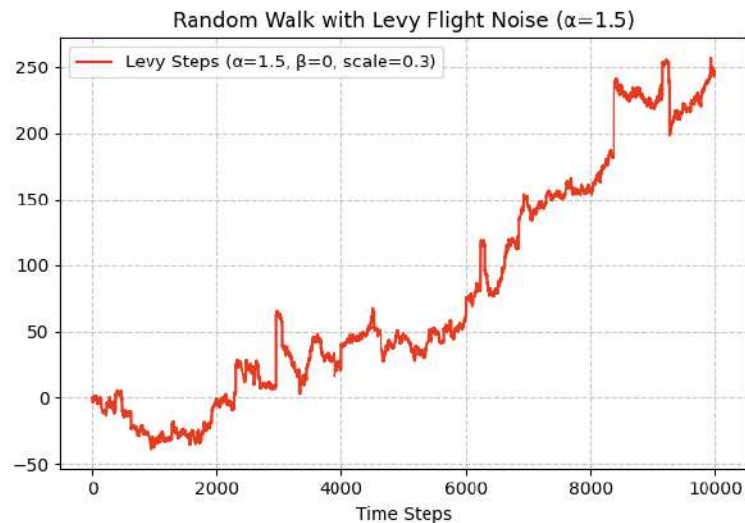
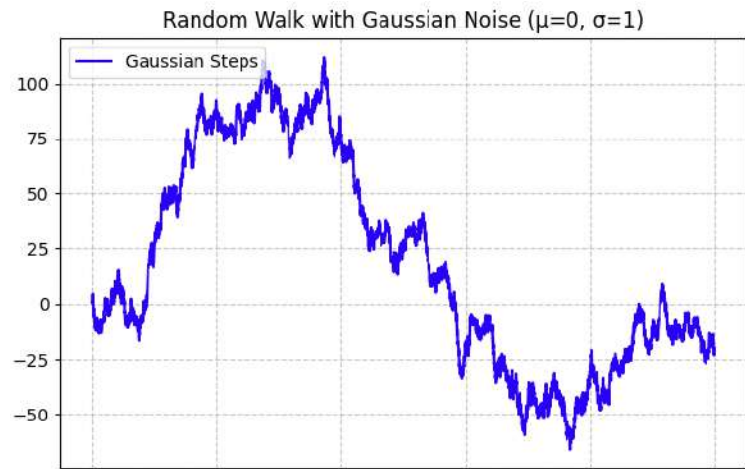
Базовий алгоритм роботи фільтрації

1. Спрогнозувати стан системи у моменті часу
2. Отримати вимірювання у цей момент
3. Фінальна оцінка фільтра знаходиться поміж прогнозом та вимірюванням



Похибки вимірювань

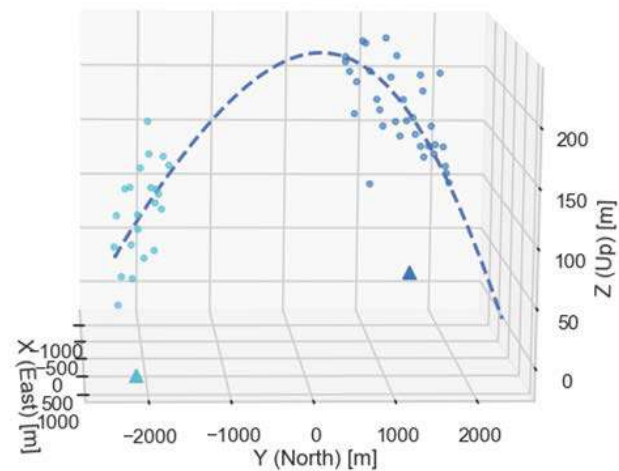
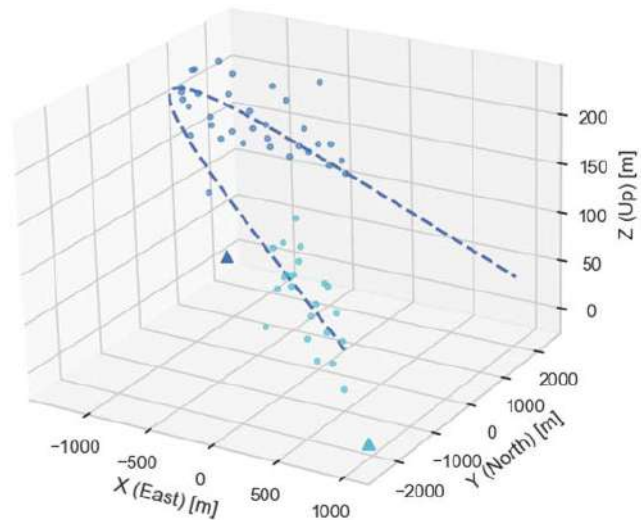
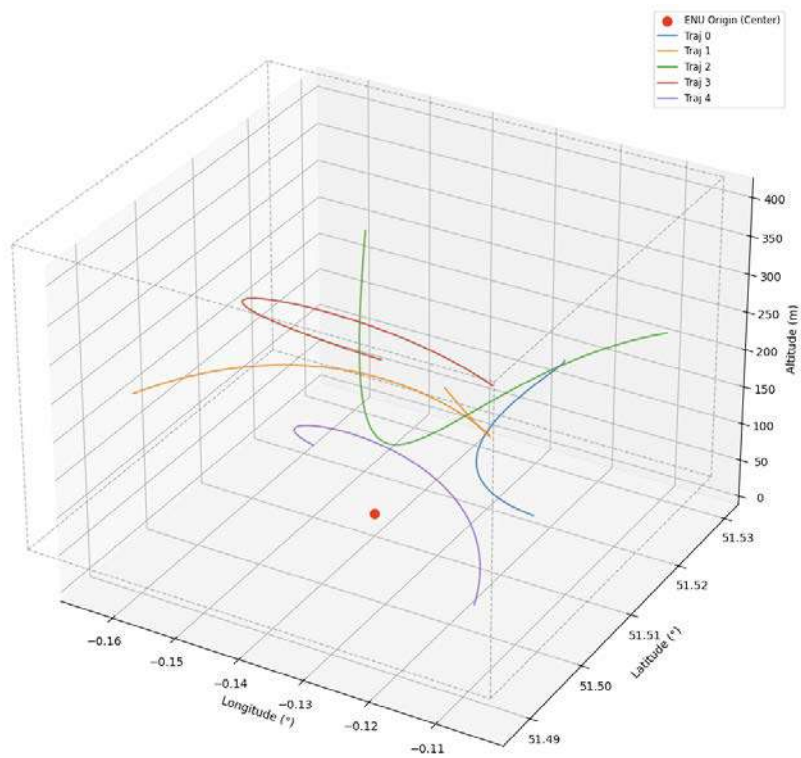
1. Гаусівський шум
(нормальний розподіл)
2. Шум Леві (на основі польоту Леві)



Генерація даних

1. Генерація випадкових кривих Безьє
2. Запуск фізичної симуляції польоту квадрокоптера
3. Симуляція радарних вимірювань
4. Накладання шуму

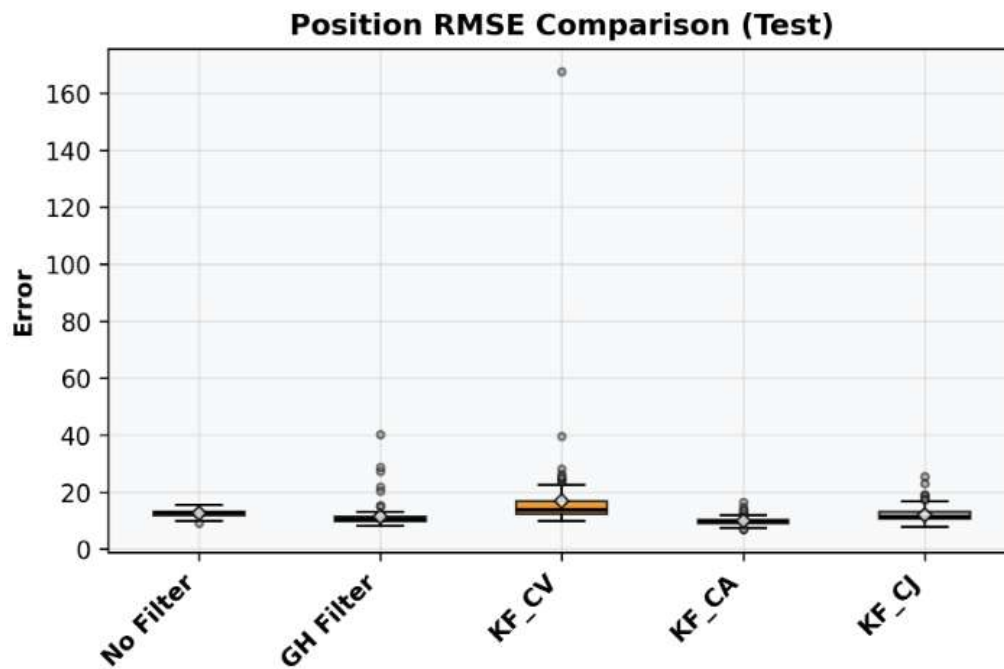
Генерація даних



Результати: шум Гаусса

Метрика	Вибірка даних	Без фільтра	GH	KF_CV	KF_CA	KF_CJ
Position RMSE	Train	12.567	11.552	15.087	9.695	12.293
Position RMSE	Test	12.512	11.437	16.929	9.885	12.052
Position MAE	Train	10.007	8.584	11.787	7.672	9.658
Position MAE	Test	9.93	8.42	12.099	7.867	9.465
Velocity RMSE	Train	24.013	8.395	451.977	8.83	13.116
Velocity RMSE	Test	24.042	8.259	433.265	8.748	12.775
Velocity MAE	Train	22.125	5.412	317.751	6.35	8.727
Velocity MAE	Test	22.327	5.23	300.787	6.348	8.473

Результати: шум Гаусса



Результати: шум Гаусса

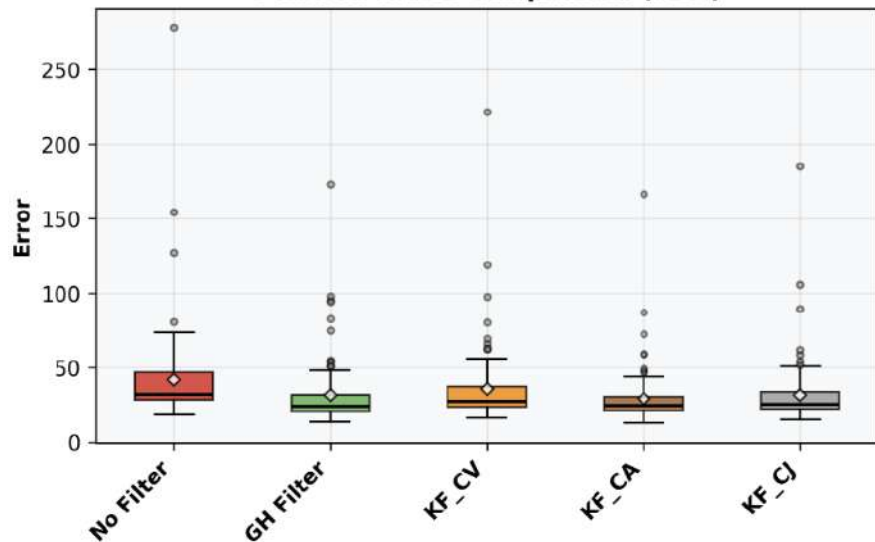
- Фільтр KF_CA є найкращим для оцінки положення об'єкта
- Фільтр GN є найкращим для оцінки швидкості
- Всі фільтри (окрім KF_CV) показали добру узагальнюючу здатність
- Модель руху з постійною швидкістю (KF_CV) виявилася непридатною для досліджуваних типів траєкторій та умов

Результати: шум на основі польоту Леві

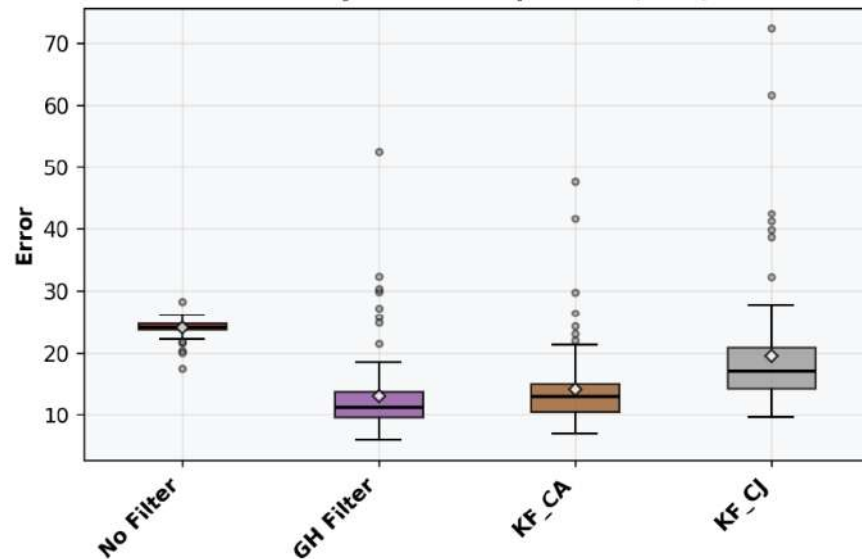
Метрика	Вибірка даних	Без фільтра	GH	KF_CV	KF_CA	KF_CJ
Position RMSE	Train	39.439	29.23	33.845	27.277	29.608
Position RMSE	Test	41.798	31.499	35.511	29.365	31.439
Position MAE	Train	20.444	17.886	20.481	18.082	19.132
Position MAE	Test	20.449	18.396	20.397	19.008	19.797
Velocity RMSE	Train	24.013	12.384	474.622	13.244	18.477
Velocity RMSE	Test	24.042	13.075	459.79	14.161	19.585
Velocity MAE	Train	22.125	7.57	334.961	8.871	12.41
Velocity MAE	Test	22.327	7.675	313.543	9.269	12.927

Результати: шум на основі польоту Леві

Position RMSE Comparison (Test)



Velocity RMSE Comparison (Test)



Результати: шум на основі польоту Леві

- Фільтр KF_CA є найкращим для мінімізації середньоквадратичної помилки положення
- Фільтр GN є найкращим для мінімізації середньої абсолютної помилки положення та для оцінки швидкості
- Наявність шуму Леві суттєво ускладнює задачу фільтрації
- Фільтри демонструють прийнятну узагальнюючу здатність

Висновки

- Здійснено порівняльний аналізу фільтра ГН та фільтрів Калмана (включаючи модель руху СJ, яка рідше розглядається в подібних дослідженнях) в умовах різних статистичних характеристик шуму, зокрема шуму Леві
- Встановлено, що вибір кінематичної моделі руху є критичним для ефективності фільтра Калмана
- Виявлено що фільтр Калмана із моделлю руху постійного прискорення оцінює положення найкраще серед розглянутих фільтрів
- Для обох типів шуму фільтр ГН забезпечив найкращу точність визначення швидкісних характеристик

Джерела

- R. R. Labbe Jr. Kalman and Bayesian Filters in Python / R. R. Labbe Jr. Self-published, 2020. URL: <https://github.com/rlabbe/Kalman-and-Bayesian-Filters-in-Python> (дата звернення: 27.05.2025).
- Eli Brookner. Tracking and Kalman Filtering Made Easy / E. Brookner. Wiley-Interscience, 1998. 522 p.
- Y. Chen, X. Xie, B. Yu, K. Lin. Multitarget Vehicle Tracking and Motion State Estimation Using a Novel Driving Environment Perception System of Intelligent Vehicles / Y. Chen та ін. Journal of Advanced Transportation. 2021. Article ID 6251399. P. 1–16. DOI: 10.1155/2021/6251399.

Дякую за увагу!