

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України «Київський Політехнічний  
Інститут ім. І. Сікорського»  
Інститут прикладного та системного аналізу  
Кафедра математичних методів системного аналізу



Дипломна робота на тему:

**Алгоритм визначення параметрів положення та  
орієнтації космічних апаратів на основі  
зображень**

Виконав студент групи КА-31  
Комісаренко В. І.  
Науковий керівник:  
д. т. н, проф. Губарєв В. Ф.

# Дипломна робота



- **Об'єкт дослідження** – алгоритми комп'ютерного зору для визначення параметрів положення та орієнтації космічних апаратів.
- **Предмет дослідження** – застосування алгоритмів комп'ютерного зору для задачі визначення параметрів положення та орієнтації НКА у процесі стикування.
- **Мета роботи** – розробити алгоритм визначення параметрів положення та орієнтації космічних апаратів на основі зображень, дослідити можливість його впровадження.

# Актуальність роботи



- Потреба у даній задачі виникає при стикуванні із космічними апаратами, що не кооперуються (НКА).
- Завдяки даному алгоритму неможливе коректне функціонування СТЗ (системи технічного зору).
- Мета стикування із НКА:
  - Сервісне обслуговування НКА;
  - Перевід НКА на іншу орбіту;
  - Збір матеріалів для подальшого використання із космічного сміття.

# Постановка задачі



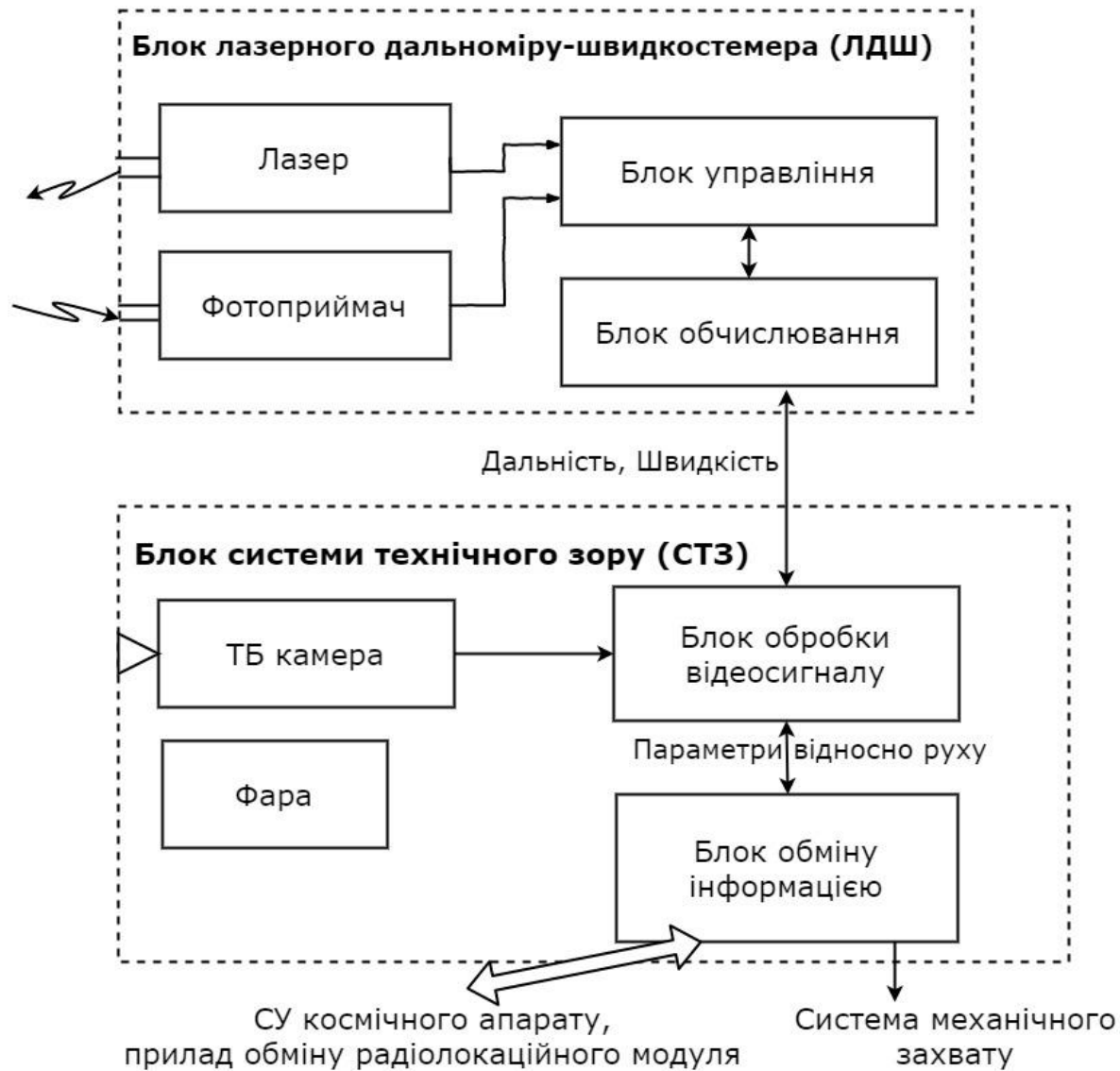
- Маючи на вході зображення-запит, необхідно визначити вектор параметрів положення та орієнтації об'єкта (космічного апарату, що знаходиться на зображенні), заданих відносно системи координат, пов'язаної із камерою.
- Маючи на вході матрицю  $A$  пікселей зображення, знайти  $p = (x, y, z, \vartheta, \psi, \gamma)^T$

# Основні припущення

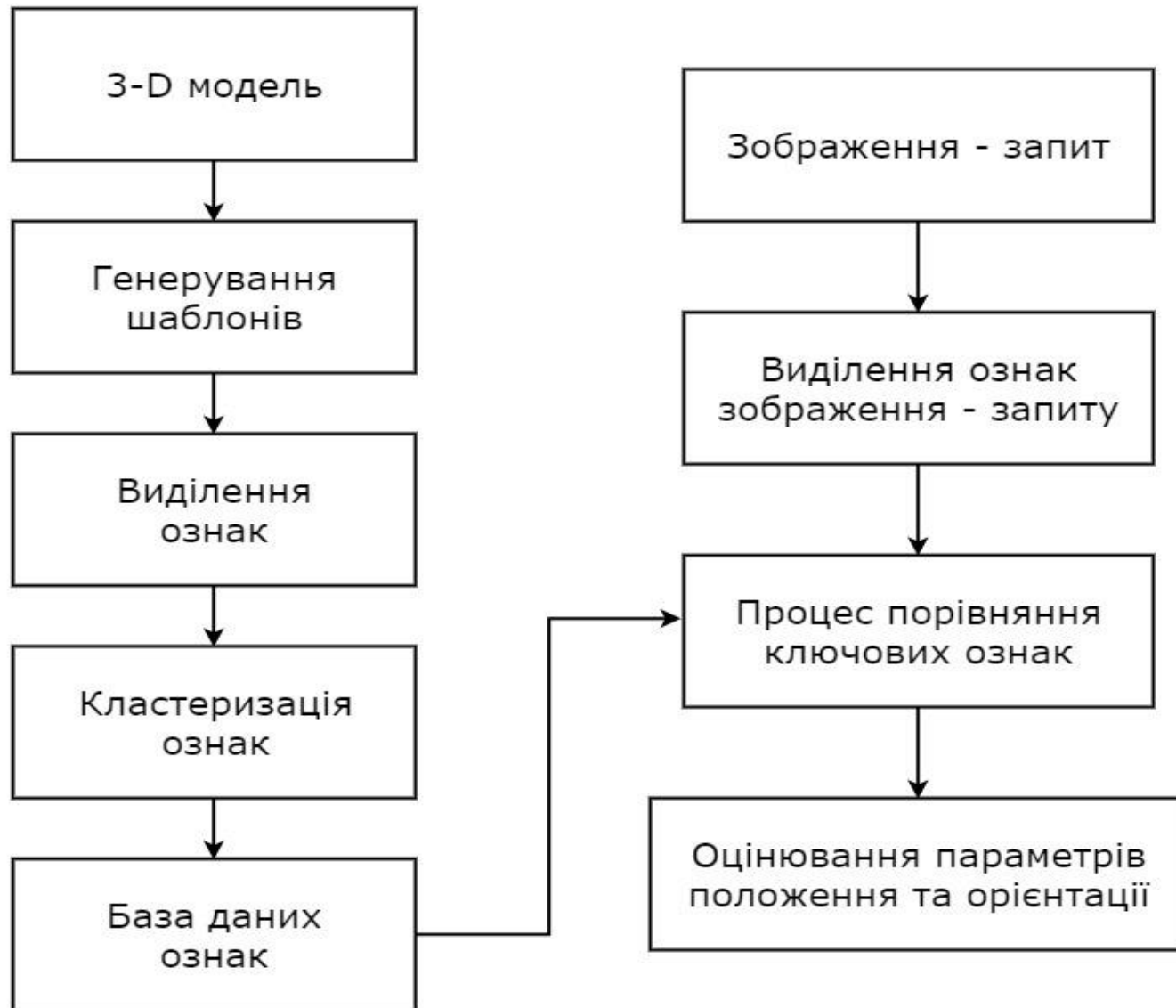


- Відома 3-D модель космічного апарату як обов'язкова складова його технічної документації.
- Відоме розташування джерел освітлення (Сонце, Місяць, Земля), Сонце не входить у кадр.
- Параметри положення та орієнтації об'єкта на зображенні лежить у завчасно визначених інтервалах.
- Об'єкт або одна із основних його складових знаходиться у кадрі і займає від 12 до 50% зображення.

# ОПТИЧНИЙ МОДУЛЬ



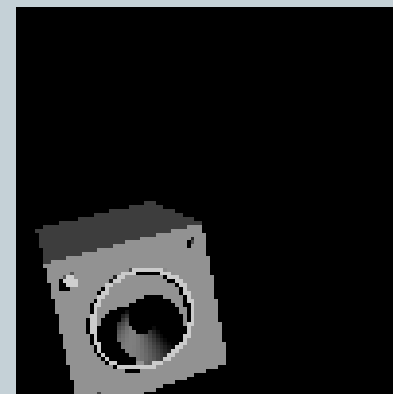
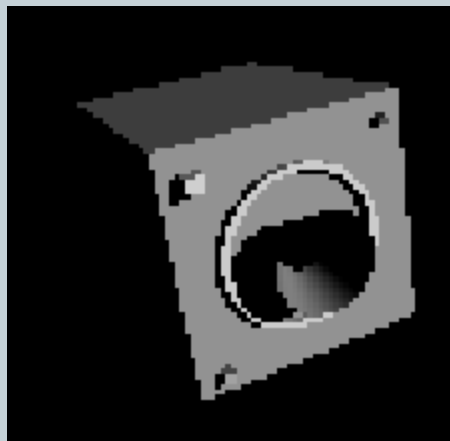
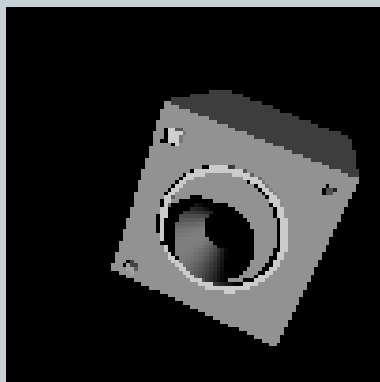
# Схема розв'язання



# Досліджувана вибірка



- 15625 тренувальних зображень
- 156250 тестових зображень
- Від -2 до 2м із кроком 1м по x, y
- Від 12 до 8 м із кроком 1м по z
- Від -20 до 20 градусів кожні 10 для трьох кутів

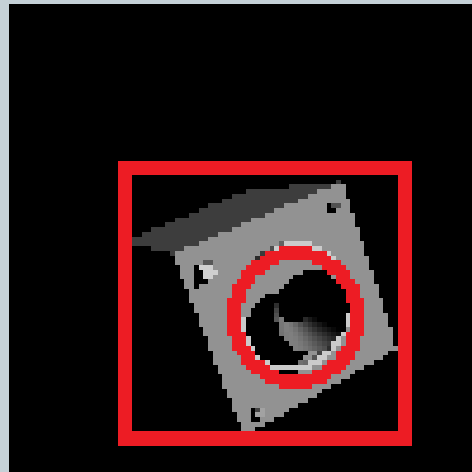




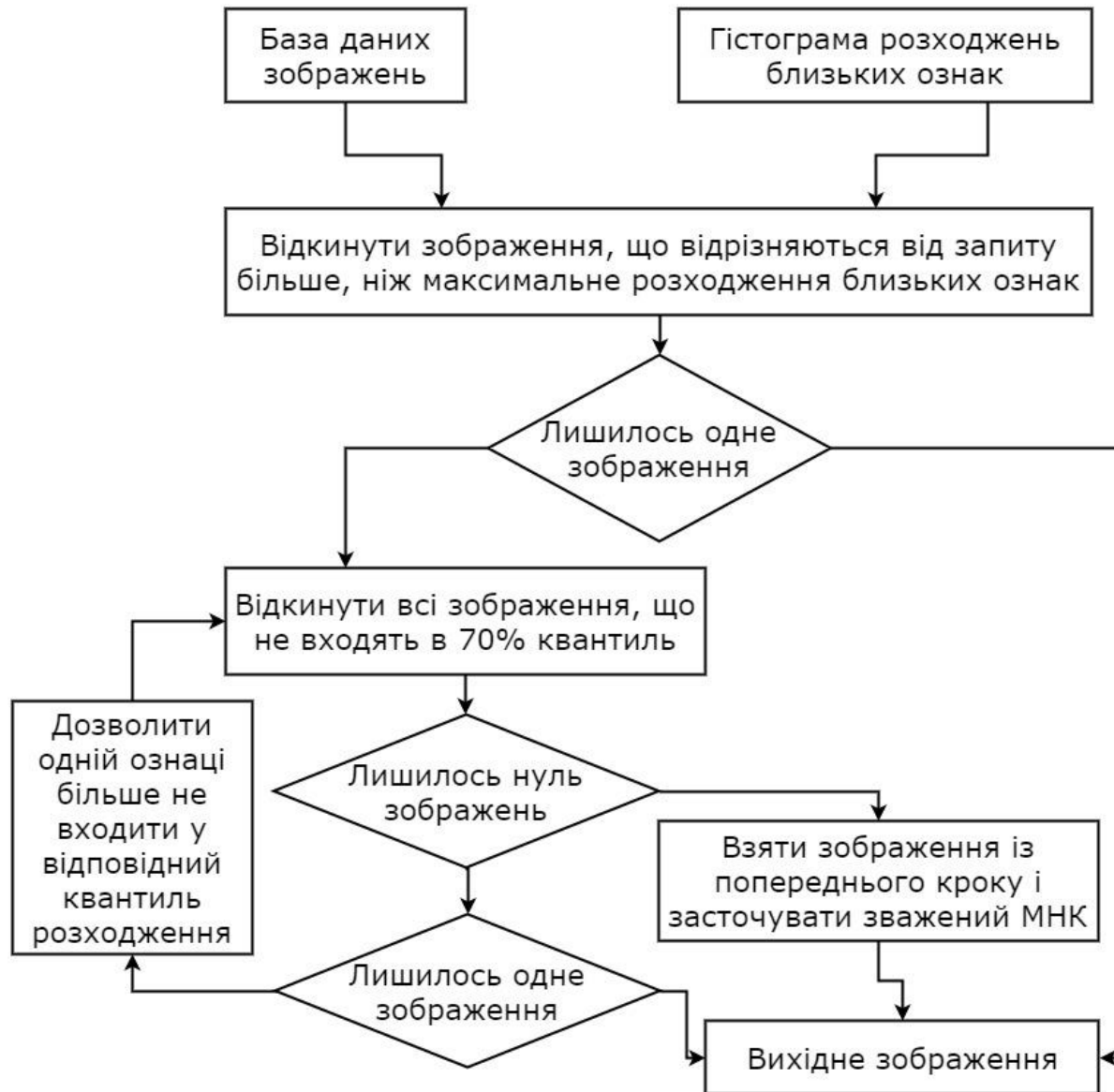
# Опис ознак



- Координати лівої верхньої та правої нижньої вершини описаного прямокутника.
- Вибіркове середнє та вибіркова дисперсія пікселів певного рівня яскравості та кожної чверті зображення.
- Координати центру та радіус круга на передній грані.



# Критерій вибору зображення

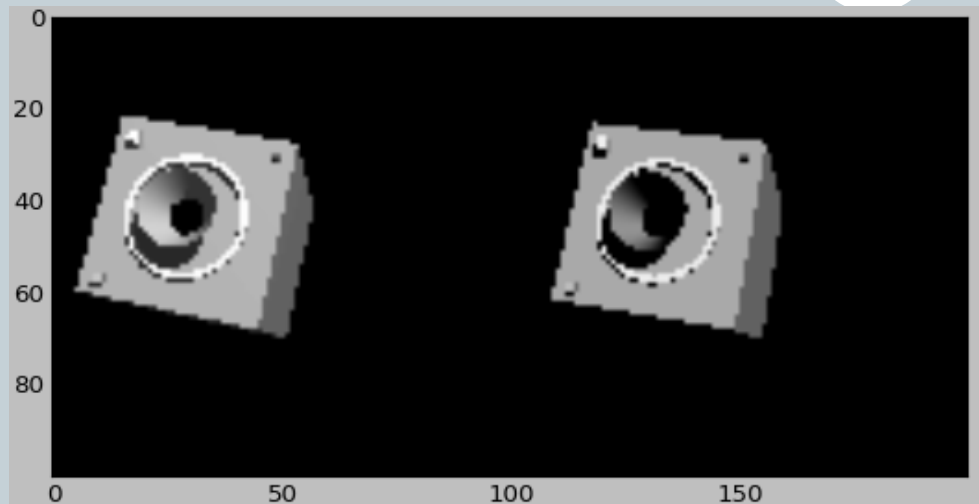


# Програмне забезпечення

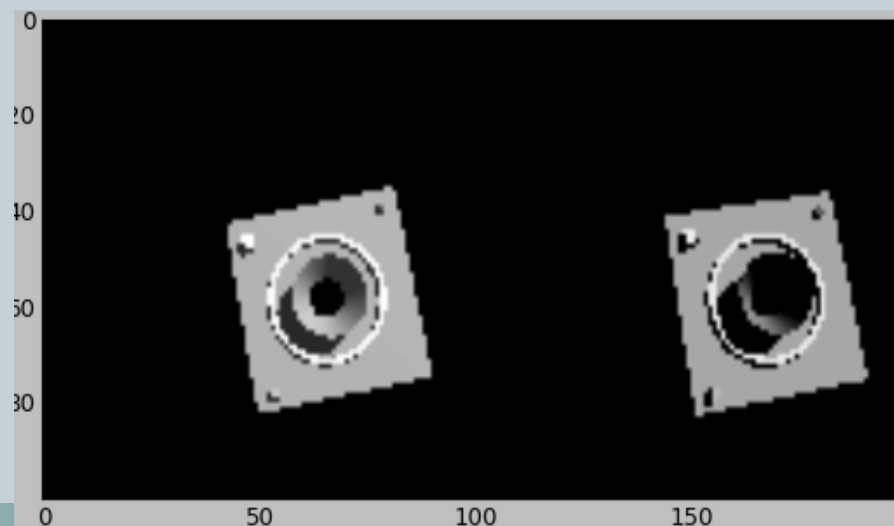


- Python 2.7.
- Бібліотеки:
  - numpy,
  - cv2,
  - sklearn,
  - skimage,
  - pandas,
  - matplotlib.

# Результати роботи програми



Sample length: 100  
Accuracy x parameter: 0.95  
Accuracy y parameter: 0.96  
Accuracy z parameter: 0.89  
Accuracy phi parameter: 0.54  
Accuracy psi parameter: 0.66  
Accuracy teta parameter: 0.52  
Average TIME: 3.42833999872



# Публікації результатів роботи



- **Стаття:** Губарев В.Ф. и др. Использование систем технического зрения для определения параметров относительного движения космических аппаратов/Боюн В.П., Мельничук С.В., Сальников Н.Н., Симаков В.А., Комисаренко В.И., Годунок Л.А., Деркач С.В., Добровольский В.Ю., Матвиенко С.А.//Проблемы управления и информатики, 2016, № 6, С.103-119.
- **Тези:** Губарєв В.Ф., Комісаренко В.І. Визначення параметрів взаємного положення і орієнтації космічних апаратів на основі аналізу зображень за допомогою інформаційних ознак, Матеріали міжнародної конференції SAIT Київ, 2017.

# Подальші шляхи розвитку



- Розробити стенд для наочної демонстрації роботи алгоритму.
- Планується, що стенд включатиме: відеокамеру, комп'ютер для запуску алгоритму, роздруковану на 3-D принтері модель космічного апарату, прикріплену таким чином, щоб була можливість здійснювати обертання із сталою кутовою швидкістю.

# Висновки



- У роботі були виконані усі поставлені завдання:
  - проведено огляд існуючих підходів;
  - детально описані основні припущення постановки задачі;
  - наведений алгоритм розв'язання, який охоплює всі етапи задачі, від генерації штучних зображень до їх порівняння за ознаками;
  - проведено комп'ютерне моделювання алгоритму, із його тестуванням та аналізом результатів.

**Дякую за увагу !**