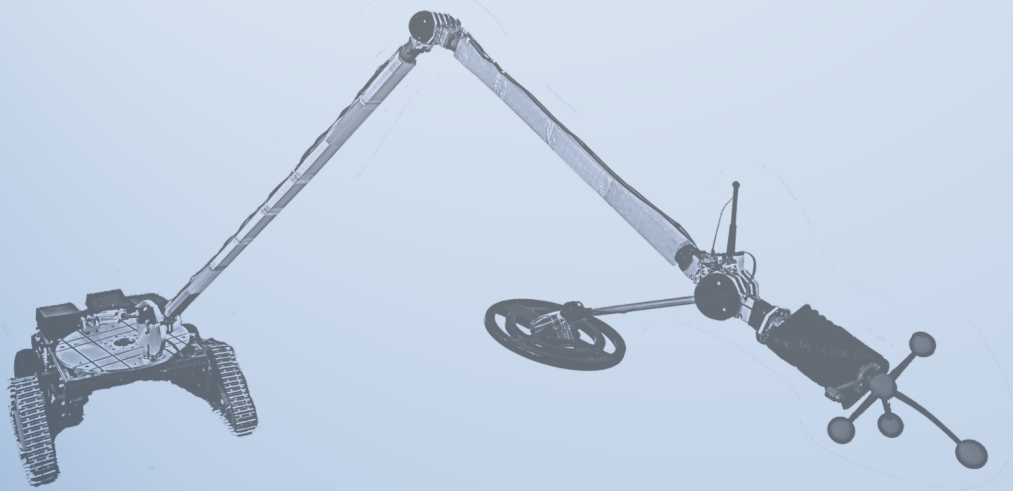




НАДЛЕГКИЙ МОДУЛЬНИЙ МАНІПУЛЯТОР РОБОТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ



Проект презентує
Василь Струтинський

Ідея проєкту

Наземне дообстеження важкодоступних ділянок можливого місцезнаходження небезпечних об'єктів, зокрема мін та боєприпасів, із використанням спеціальних маніпуляторів із віддаленою зоною обслуговування

Застосування модульного підходу до проєктування і виготовлення маніпуляторів з високою придатністю до розширення функціональних можливостей шляхом реконфігурації конструкції і застосування спеціальних технологій обстеження місцевості

Технології обстеження із цифровізацією аналогових інформаційних функцій вимірюваних системами маніпулятора та спеціальними алгоритмами пошуку та ідентифікації небезпечних об'єктів



Опис проблеми або можливості

Споживацький сегмент

- Маніпулятор може бути встановлений на шасі роботизованого комплексу і застосований для дообстеження місцевості та є особливо затребуваним на територіях із значними перешкодами для обстеження (рельєф, рослинність, забрудненість)
- Для потенційних споживачів актуальною є можливість розширення функціональних можливостей робототехнічних комплексів шляхом встановлення на діючій роботизованій платформі швидкозмінного маніпулятора модульної конструкції, що дозволяє збільшити робочу зону обслуговування для пошуку та ідентифікації небезпечних об'єктів

Опис проблеми або можливості

Переваги рішення

- збільшений робочий простір маніпулятора роботизованого комплексу
- розширені можливості автоматизованої ідентифікації об'єктів
- низька собівартість модернізації
- висока енергоефективність та продуктивність

Варіанти реалізації

- модернізація існуючих роботизованих комплексів
- створення роботизованих комплексів із віддаленою зоною обслуговування

Опис проблеми або можливості

Поточна ситуація

- Технологія є результатом багатолітнього досвіду роботи команди проекту по розробці наземних роботизованих комплексів
- Отримано ряд патентів України на ключові технології, що лежать в основі надлегких маніпуляторів
- Розроблено демонстраційний зразок маніпулятора з віддаленою зоною обслуговування з шпренгельною конструкцією важелів і механічними трансмісіями на базі мінітросових систем
- Лабораторне дослідження демонстраційного зразка виявило ряд можливостей покращення експлуатаційних властивостей маніпуляторів із віддаленою зоною обслуговування на етапах виготовлення, модернізації, реконфігурації та обслуговування
- Наступним кроком є створення демонстраційного зразка надлегкого маніпулятора модульної конструкції, що дозволить перейти до пошуку попередніх замовлень на модернізацію роботизованих комплексів

Рішення та бізнес - модель

- Продаж ліцензії на виготовлення та продаж маніпулятора
- Технічний супровід
- Технологія обстеження із цифровізацією аналогових інформаційних функцій, виміряних системами маніпулятора та спеціальними алгоритмами пошуку та ідентифікації небезпечних об'єктів

Запропоноване рішення забезпечує:

- робота на місцевості із значними перешкодами для обстеження (рельєф, рослинність, забрудненість);
- розширення можливостей обстеження місцевості за допомогою оптичних, акустичних, тактильних та інших фізичних методів сканування місцевості;
- покращення умов ідентифікації небезпечних об'єктів на місцевості за рахунок підвищення їх доступності до обстеження (очищення, видалення сторонніх предметів)

Конкуренти

Основними конкурентами маніпулятора є традиційні конструкції маніпуляторів роботизованих комплексів, що мають менший робочий простір та обмежені можливості обстеження важкодоступних місць

Для успішного просування на ринку планується:

- створення демонстраційного зразка маніпулятора,
- виконання випробувань у польових умовах,
- проведення рекламної кампанії по висвітленню переваг обладнання та його сильних сторін

Фінансові показники

Фінансові показники

- Очікувана ринкова вартість модернізації роботизовного комплексу – 25% від вартості нового обладнання
- Собівартість модернізації – 15% від вартості нового обладнання

Потреба в інвестиціях

- Створення демонстраційного зразка маніпулятора із віддаленою зоною обслуговування - від \$10.000
- Створення діючого виробництва по модернізації роботизованих комплексів – від \$100.000

Поточна ситуація

Модулі важелів

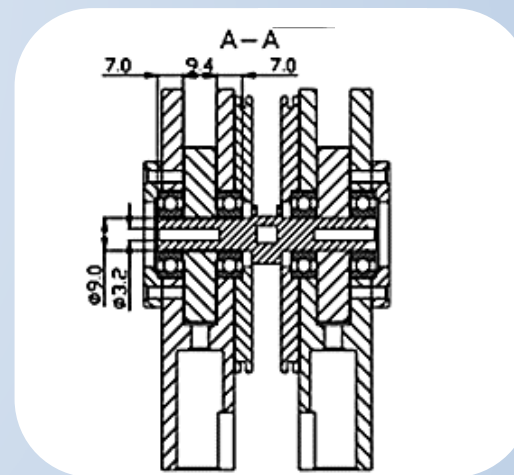
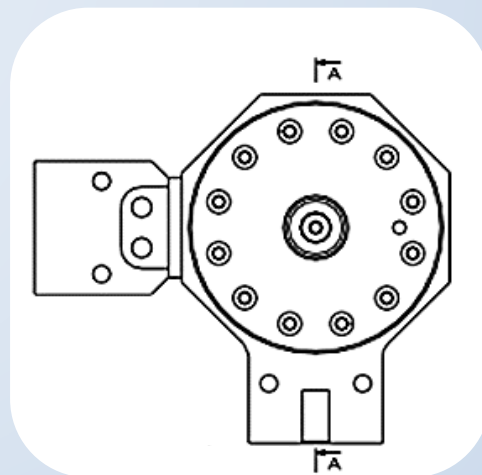
Шпрингельна та сотова
конструкції



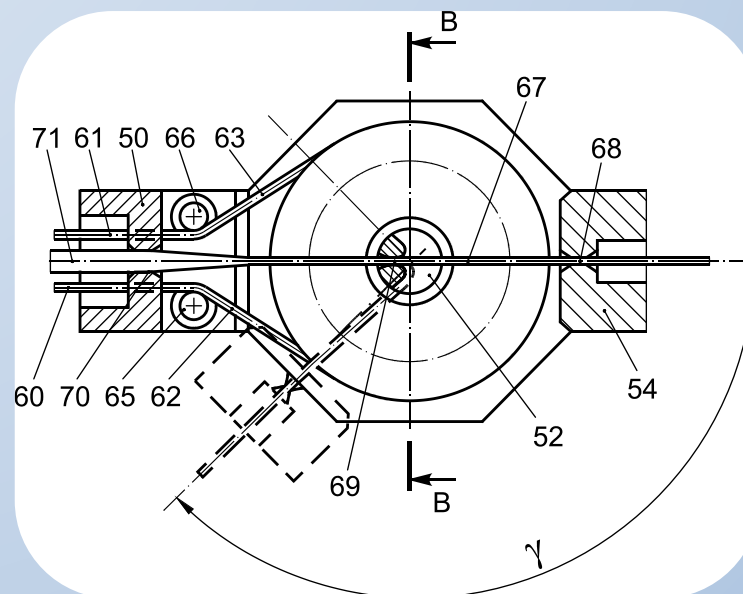
Розроблено та протестовано вузли прототипу

Модулі маніпуляторів

Шарнірні вузли



Тросові приводи
повороту важелів
та трансмісії



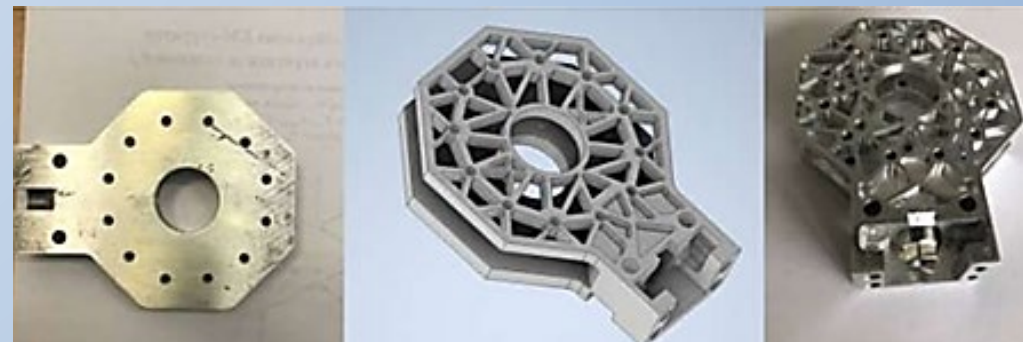
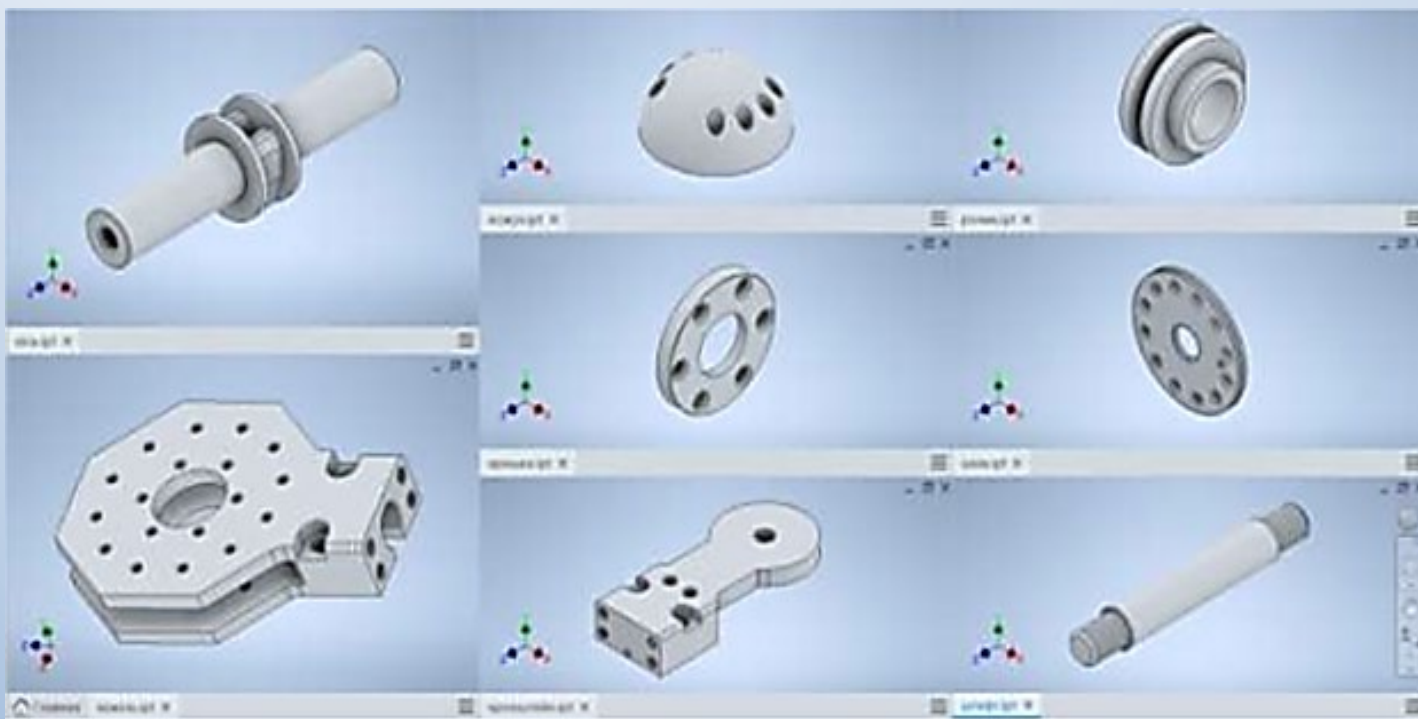
Поточна ситуація

Особливості конструкції шарніра

Розроблено та протестовано вузли прототипу

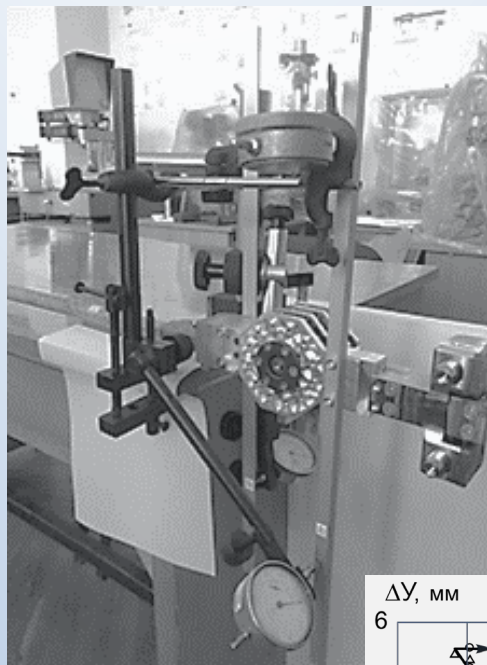
Деталі шарнірних вузлів

Мінімізація маси деталей шарнірів

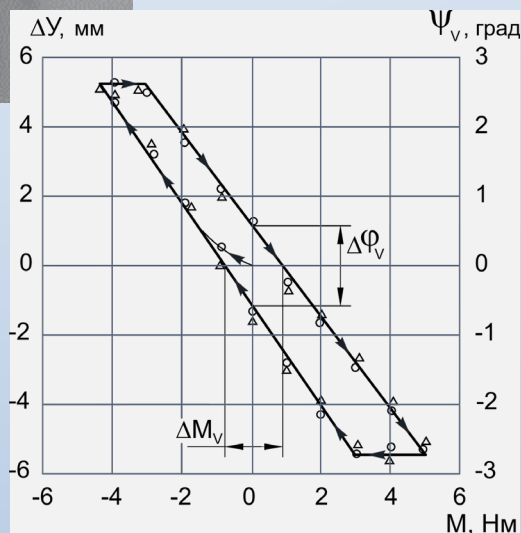


Поточна ситуація

Вдосконалення шарніра



Випробування шарніра

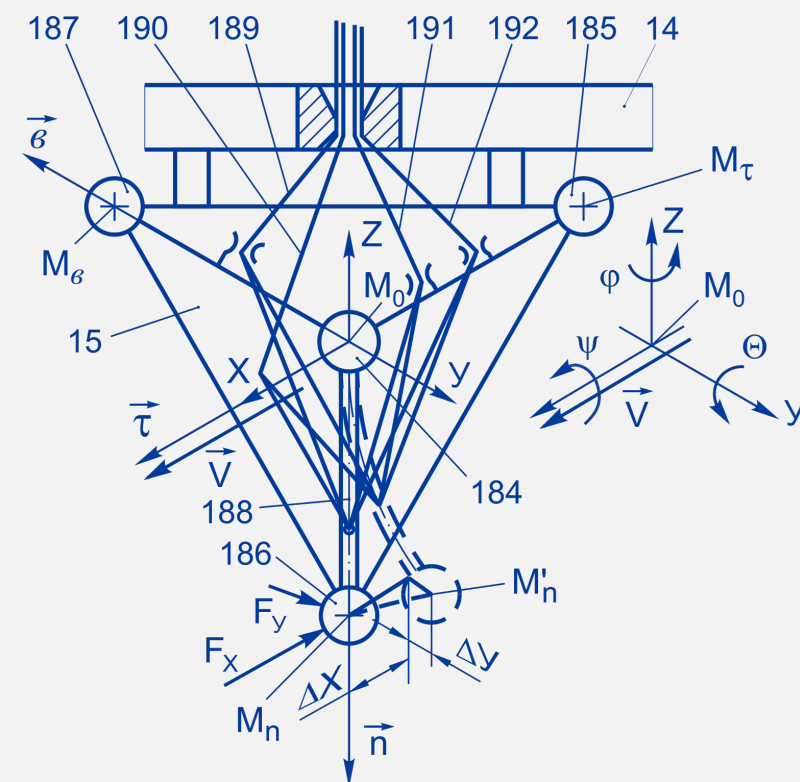


Вдосконалена
конструкція
шарніра

Над чим зараз йде робота



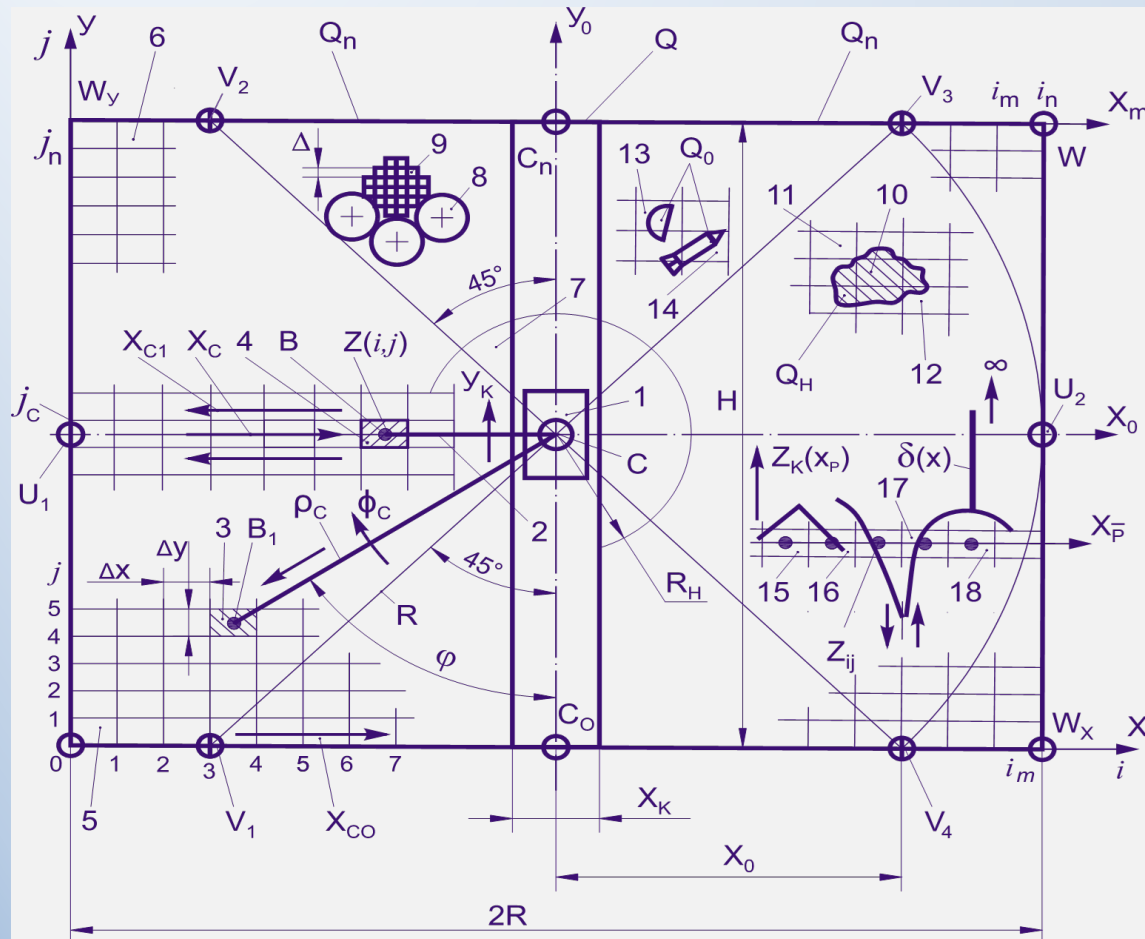
З'єднання шарнірів
з важелями



Поточна ситуація

Над чим зараз йде робота

Методологія визначення інформаційних функцій пошуку небезпечних об'єктів



Цифровізація аналогових інформаційних функцій вимірюваних системами маніпулятора

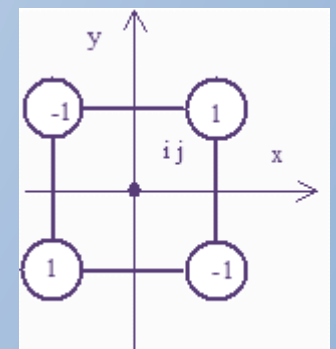
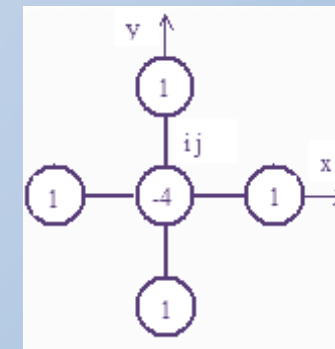
Визначення матриць цифрових значень інформаційних функцій

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix}$$

Застосування кінцевих різниць

$$z_{ij} = f(x_{i+1}, y_j) + f(x_i, y_{j+1}) + f(x_{i-1}, y_j) + f(x_i, y_{j-1}) - 4f(x_i, y_j) \cong \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2}$$

Трафарети формування цифрових моделей з використанням кінцевих різниць

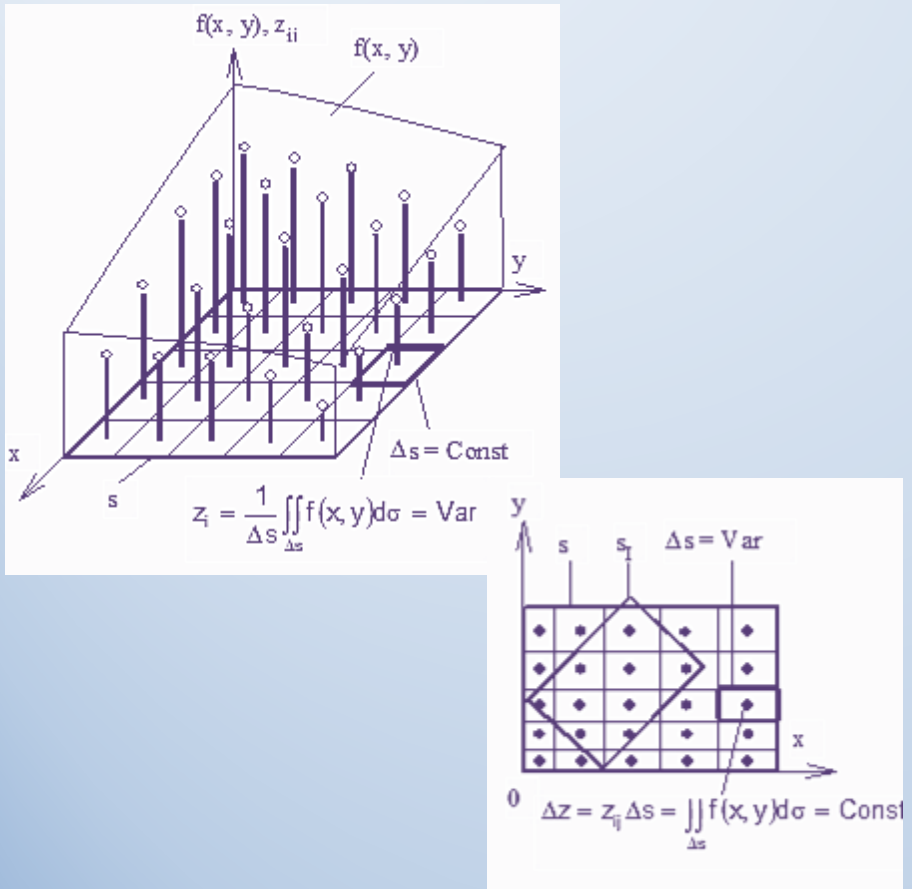


Знаходження інформаційних функцій пошуку небезпечних об'єктів на ділянці місцевості шляхом сканування

Поточна ситуація

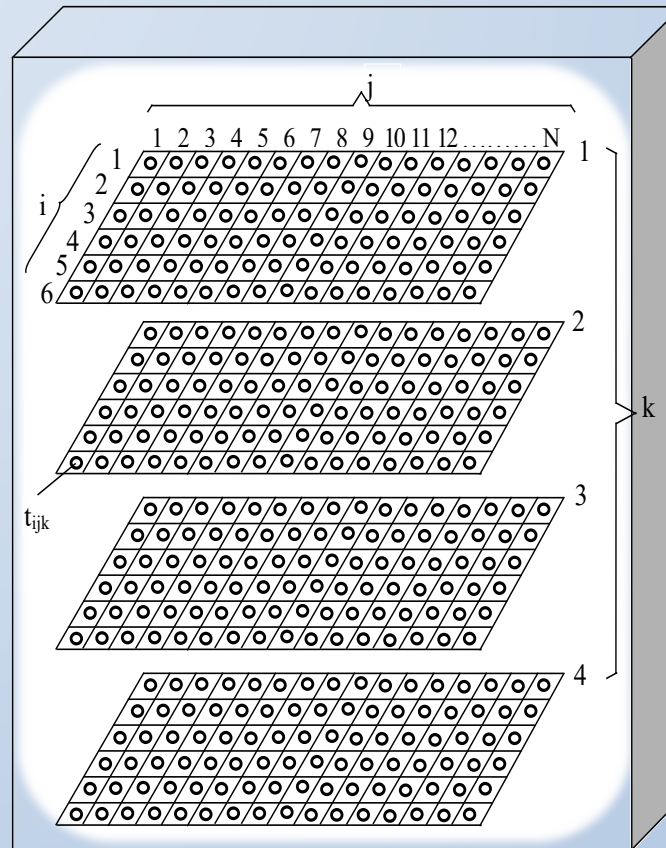
Методологія визначення інформаційних функцій пошуку небезпечних об'єктів

Формування матриці
із інформаційної функції
по значеннях подвійного інтегралу

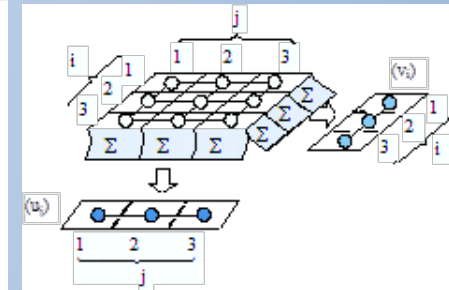
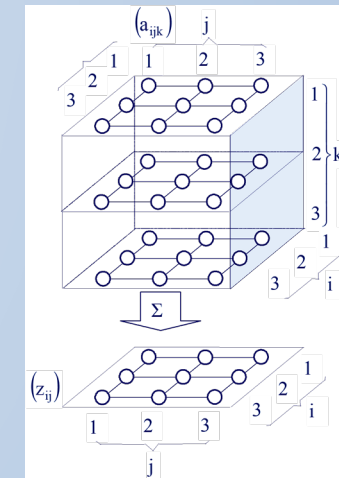


Застосування просторових матриць

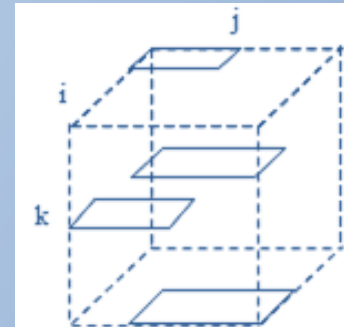
Об'єднання матриць цифрових значень
окремих інформаційних функцій
в просторову матрицю



Згортка просторових матриць
по одному індексу



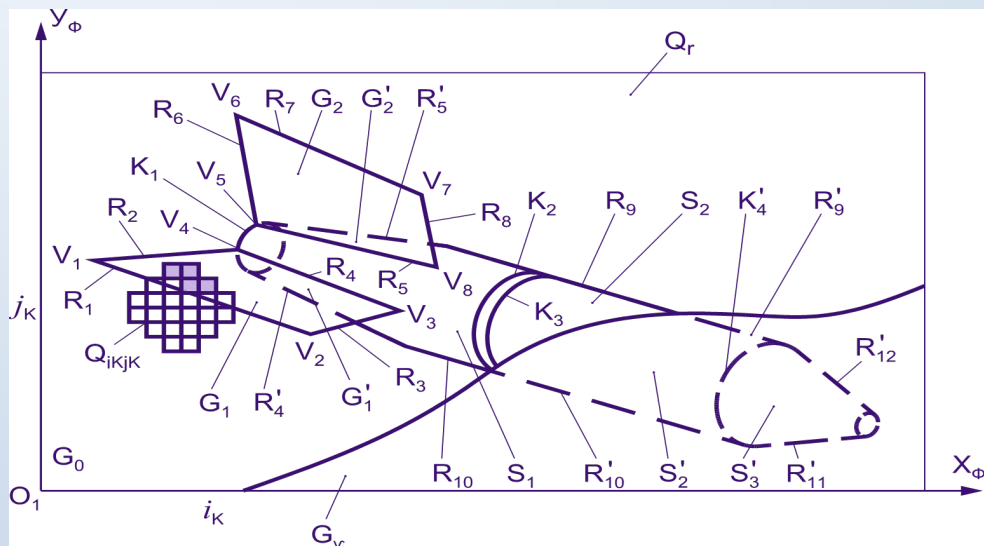
Згортка просторових матриць
по фрагментам



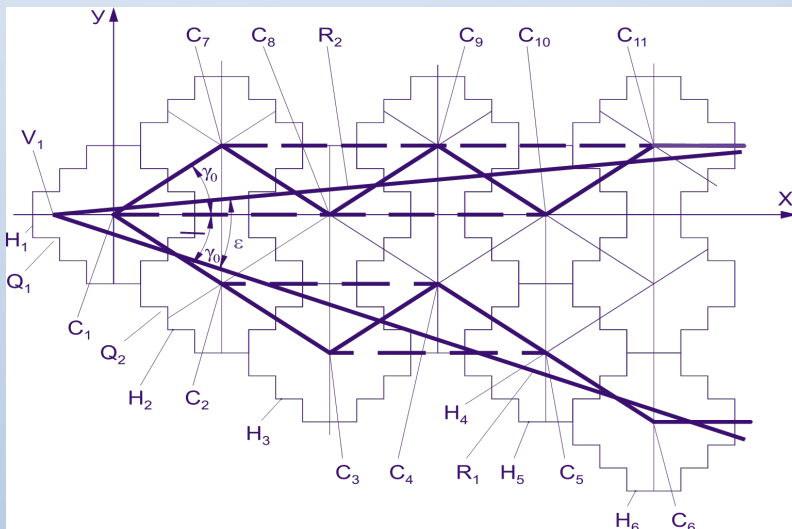
Поточна ситуація

Алгоритми пошуку та ідентифікації небезпечних об'єктів

Фрагмент плоскої проекції сцени із небезпечним об'єктом



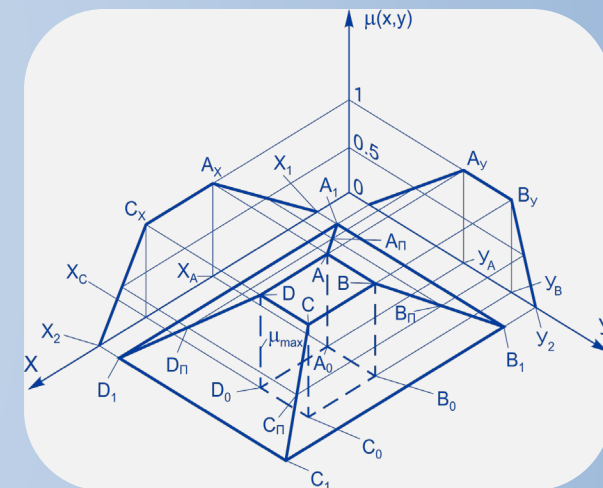
Машинне подання ребер контура



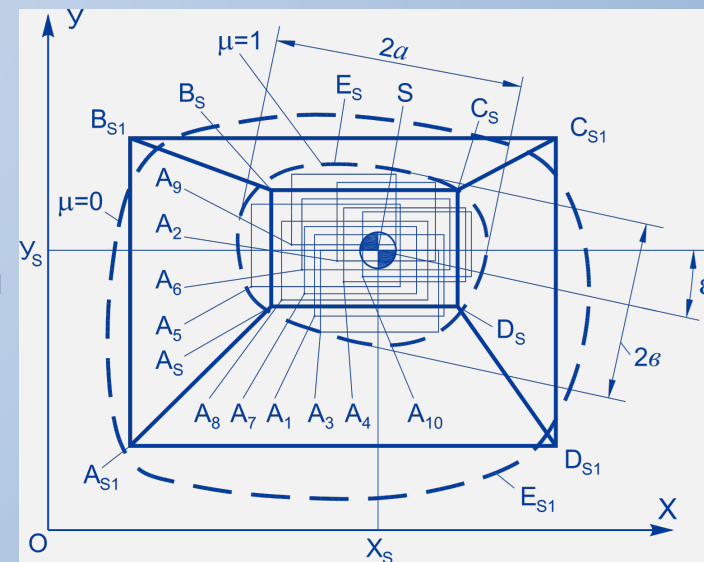
Над чим зараз йде робота

Застосування нечітких (розмитих, fuzzy) множин для пошуку мін

характеристична функція приналежності знаходження небезпечного об'єкту на місцевості

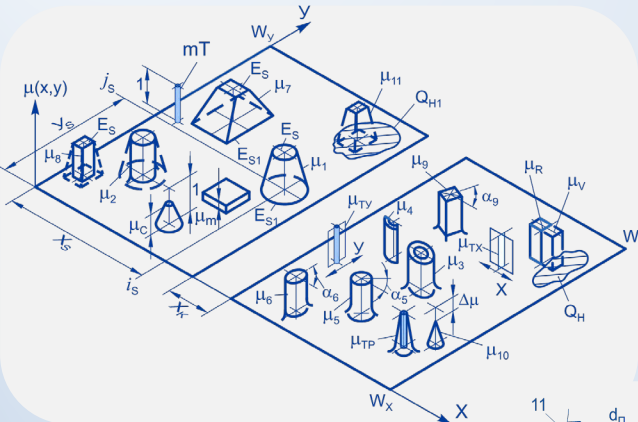


знаходження результуючої функції приналежності об'єднанням нечітких множин відповідних набору використаних інформаційних функцій



Поточна ситуація

Ідентифікація небезпечних об'єктів

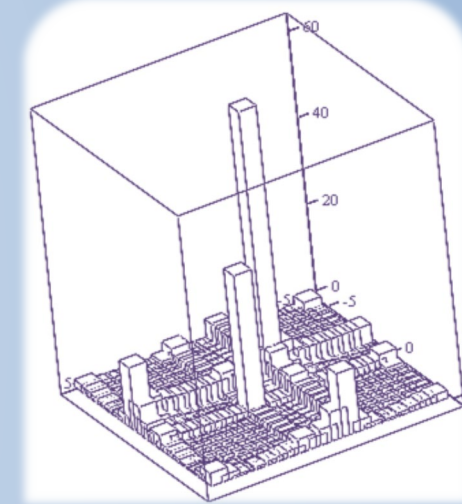
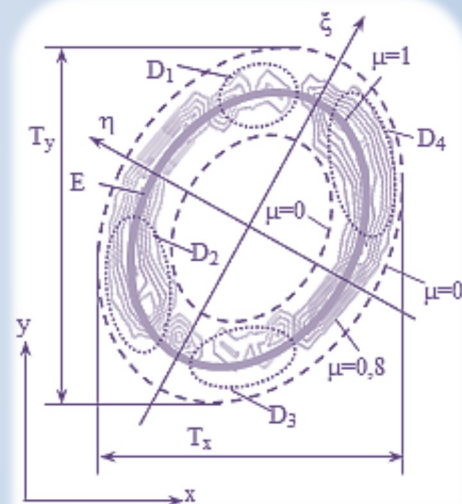


Зображення
характеристичних функцій
наявності небезпечних об'єктів
на плоскій проекції сцени

Характерні
нерівності поверхні
та вірогідні
місця розташування
небезпечних об'єктів
на плоскій проекції сцени



Над чим зараз йде робота



Двовірна характеристична функція приналежності

у вигляді ряду

в комплексній формі

$$\mu(x, y) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} C_{k,m} e^{j(k\omega_x x + m\omega_y y)}$$

$$j = \sqrt{-1}$$

$$\omega_x = 2\pi / T_x$$

$$\omega_y = 2\pi / T_y$$

- базові значення частот

$$C_{k,m} = \frac{1}{T_x T_y} \int_0^{T_x} \int_0^{T_y} \mu(x, y) \cdot e^{-j(k\omega_x x + m\omega_y y)} dx dy$$

- комплексні коефіцієнти двовимірного ряду Фур'є, пов'язані із значенням характеристичної функції

уточнена

$$\mu_f(x, y) = \text{Re} \left[C_{8,7} \cdot e^{j(8\omega_x x + 7\omega_y y)} + C_{11,9} \cdot e^{j(11\omega_x x + 9\omega_y y)} \right]$$

Гіперспектральний аналіз дає можливість суттєво спростити математичну модель опису двовимірної характеристичної функції приналежності, що визначає поточні значення інформаційної функції

Поточна ситуація

Стан захисту інтелектуальної власності

- ✓ Крокуючий пристрій мобільного робота: пат. 120668 Україна : B62D 57/032 / В.Б. Струтинський; О.Я. Юрчишин; Н.Б. Бондаренко; Ю.Р. Келавець. – № а201806920; заявл. 20.06.2018; опубл. 10.01.2020, Бюл. № 1/2020. - 6 с. Власник – КПІ ім. Ігоря Сікорського
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1401008/>
- ✓ Мобільний робототехнічний комплекс з дистанційним керуванням: пат. 127035 Україна : B25J 5/00, B25J 9/00, B25J 5/02 (2006.01), B25J 9/06 (2006.01), B25J 19/00, B25J 19/04 (2006.01) / В.Б. Струтинський; А.М. Гуржій; С.Ю. Вакуленко; В.В. Новак. - № а201908587; заявл. 18.07.2019; опубл. 22.03.2023, Бюл. № 12/2023. Власник – КПІ ім. Ігоря Сікорського
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1727728/>
- ✓ Система просторового динамічного навантаження рухомого об'єкта: пат. на корисну модель 159635 Україна : F16M11/00 / В.Б. Струтинський; О.Я. Юрчишин; Ю.Й. Бесарабець; О.А. Плівак; В.С. Павлун. – № u202405760; заявл. 05.12.2024; опубл. 18.06.2025. Власник – КПІ ім. Ігоря Сікорського
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1861786/>

Команда проєкту

- Данильчеко Юрій – керівник проєкту
- Струтинський Василь – науково-дослідні роботи
- Саленко Олександр – дослідно-конструкторські та технологічні роботи,
- Плівак Олександр – дослідно-конструкторські роботи,
розробка конструкторської документації
- Майданюк Сергій – дослідно-конструкторські роботи,
розробка конструкторської документації