

## ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ

## МОДЕЛЬ МОБІЛЬНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ VANET

Кваліфікаційна робота  
Другий (магістерський) рівень

**Автор:**

Крят Д.С.  
студ. гр. КСМм-20-1

**Керівник:**

Токарев В.В.  
доц. каф. ЕОМ

2021

## МЕТА І ЗАДАЧІ РОБОТИ

2

**МЕТОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ** є дослідження методів вибору оптимального маршруту для збору даних у мобільній сенсорній мережі для Vanet за допомогою БПЛА.

### **ЗАВДАННЯ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ МЕТИ:**

- ❖ провести аналіз варіантів взаємодії БПЛА з вузлами наземної сенсорної мережі;
- ❖ провести аналіз методів пошуку оптимального маршруту руху БПЛА.

## АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Автомобільні цільові мережі VANET забезпечують взаємодію між транспортними засобами та стаціонарною інфраструктурою, але існує проблема при їх використанні – це розриви між вузлами.

Одним з варіантів вирішення даної проблеми є можливість використання БПЛА загального користування, які можуть вбудовуватися в інфраструктуру мережі VANET і забезпечувати підтримку роботи всіх необхідних служб, організовуючи стійкий зв'язок між вузлами мережі. Тому тема кваліфікаційної роботи є затребуваною і актуальною.

## МОДЕЛЬ МЕРЕЖІ VANET З ВИКОРИСТАННЯМ БПЛА



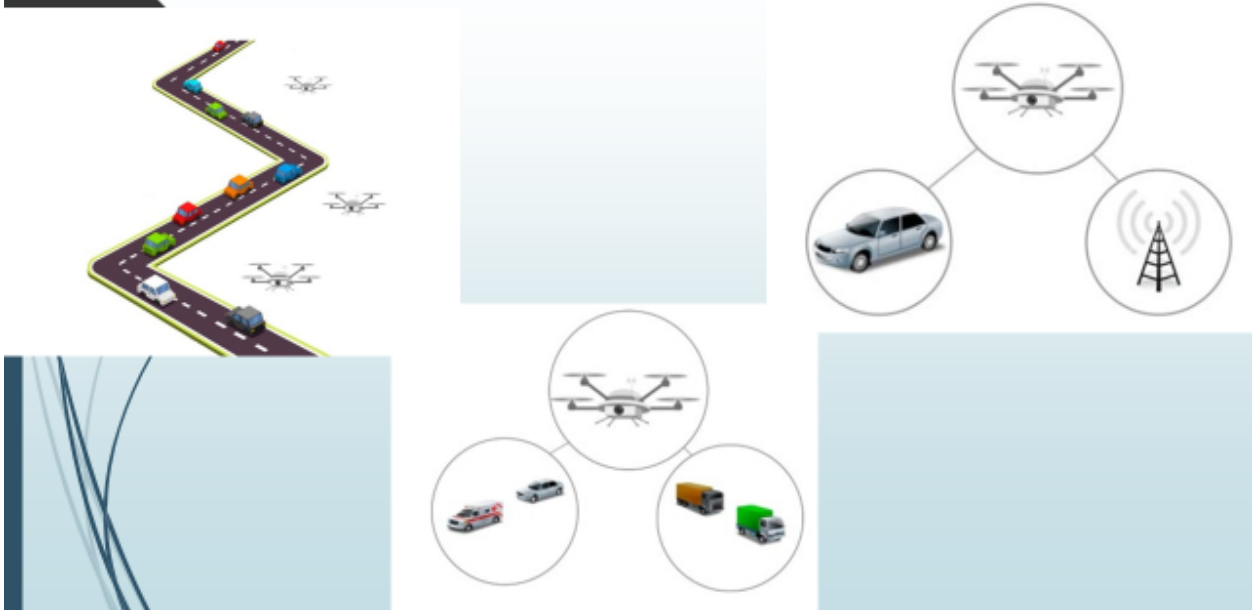
### Використання БПЛА в мережі VANET:

- можливість раннього попередження про можливі перешкоди та аварії;
- вузол організації руху на перехресті;
- пошук і спостереження за транспортними засобами;
- моніторинг і аналіз дорожнього руху;
- тимчасовий головний вузол мережі VANET.

## МЕРЕЖА VANET ЯК СИСТЕМА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ



## ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ



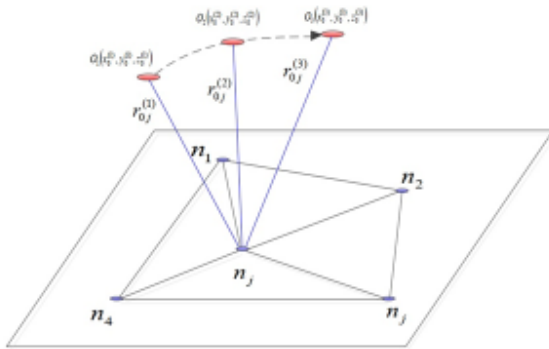


## ВЗАЄМОДІЯ БПЛА І НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА ЛСМ ПРИ НЕВІДОМІЙ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

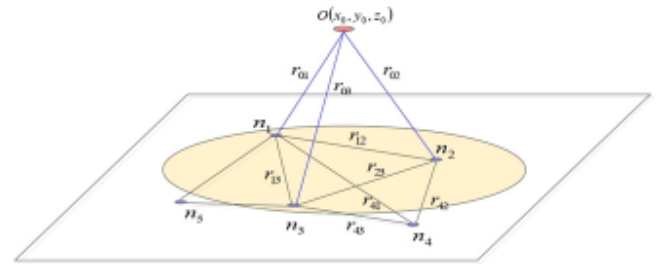
9

При русі БПЛА над територією, що обслуговується БСМ, можливі варіанти:

Один вузол БСМ в зоні дії БПЛА



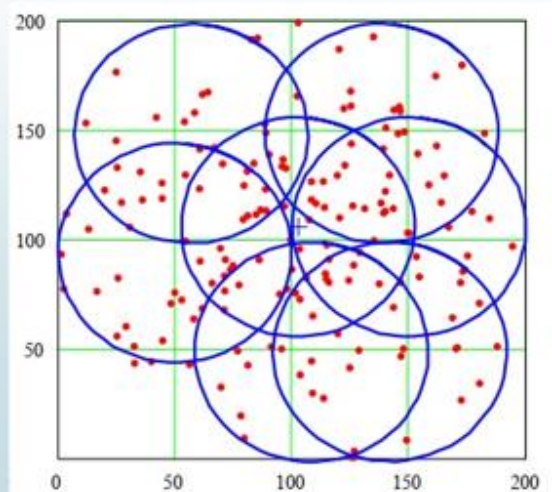
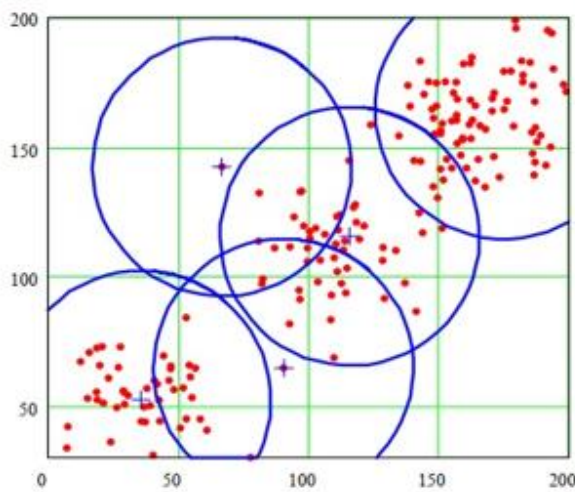
Кілька вузлів БСМ в зоні дії БПЛА



## ВЗАЄМОДІЯ БПЛА І НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА ЛСМ ПРИ ВІДОМІЙ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

10

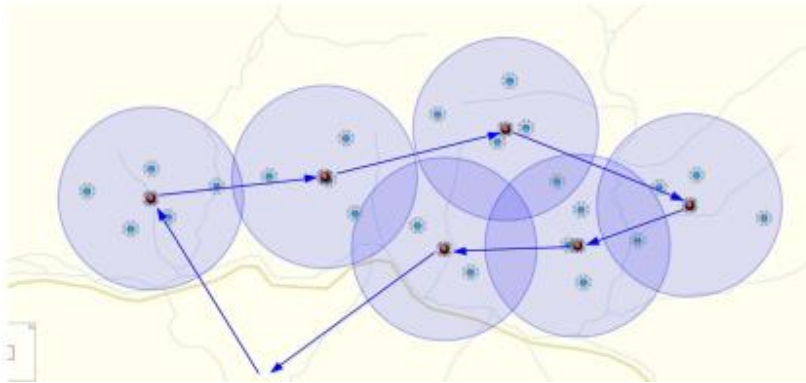
Різний характер розміщення вузлів на території обслуговування



## ВЗАЄМОДІЯ БПЛА І НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА ЛСМ ПРИ ВІДОМІЙ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

11

Приклад траєкторії руху БПЛА при відомій топології мережі



Алгоритм FOREL вирішує завдання кластеризації, при вирішенні якого мінімізується сумарна квадратична відстань елементів кластерів (вузлів БСС) від центрів мас цих кластерів. Мінімізуюча функція може бути записана як:

$$M = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

## ВЗАЄМОДІЯ БПЛА І НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА ЛСМ ПРИ ВІДОМІЙ ТОПОЛОГІЇ МЕРЕЖІ

12

Алгоритм кластеризації FOREL включає в себе наступні основні кроки:

- Крок № 1.** Задаються межі області, координати об'єктів (точок) і максимальний розмір кластера ( $R$ ), номер кластера.
- Крок № 2.** Вибирається випадкова точка в заданій області. Цю точку на початковому етапі приймаємо за центр мас кластера.
- Крок № 3.** Всі об'єкти, що знаходяться на відстані не більше  $R$ , приписуються до даного кластеру.
- Крок № 4.** Для отриманого кластера обчислюється центр мас. Якщо обчислені координати центру мас збігаються з точкою, то вважаємо, що кластер визначено, всі приписані даному кластеру точки позначаються номером кластера і виключаються з подальшого розгляду. Перехід до к. 5 (пошук наступного кластера). Якщо обчислені координати центру мас не збігаються з точкою, то процес пошуку триває. Перехід до к. 3.
- Крок № 5.** Перевіряємо, чи залишилися об'єкти, не віднесені ні до одного кластеру. Якщо немає, то всі кластери визначені, завершення пошуку (до к. 6). Якщо об'єкти залишилися, то перехід до к. 2 (пошук чергового кластера).
- Крок № 6.** Виводимо дані про приналежність об'єктів до кластерів, центри мас отриманих кластерів. Кінець пошуку.

## ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ РУХУ БПЛА

13

При пошуку оптимального маршруту руху БПЛА вирішується математична задача комівояжера. У класичній задачі комівояжера розглядається  $n$  міст і матриця попарних відстаней між ними. Потрібно знайти такий порядок відвідування міст, щоб сумарна пройдена відстань була мінімальною, кожне місто відвідували рівно один раз і комівояжер повернувся в те місто, з якого почав свій маршрут. Іншими словами, у зваженому повному графі потрібно знайти Гамільтонів цикл мінімальної ваги. Для можливості застосування математичного апарату для вирішення поставленої проблеми, її має бути подано у вигляді математичної моделі. Проблему комівояжера можна представити у вигляді моделі на графі, тобто використовуючи вершини і ребра між ними.

## ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА

14

Метод повного перебору або інша назва - грубої сили.

Метод гілок і меж.

Метод випадкового перебору.

Метод генетичних алгоритмів.

Алгоритм штрафування вершин.

Метод найближчого міста.

Жадібні алгоритми.

Метод найдешевшого включення.

Метод найближчого сусіда.

Метод імітації відналу

Таким чином, в рамках даної роботи проводиться дослідження та порівняльний аналіз трьох наближених методів рішення задачі комівояжера для пошуку найкоротшого шляху по точках:

- метод штрафування вершин штрафами постійної величини;
- метод штрафування вершин штрафами випадкової величини;
- метод найближчого сусіда.

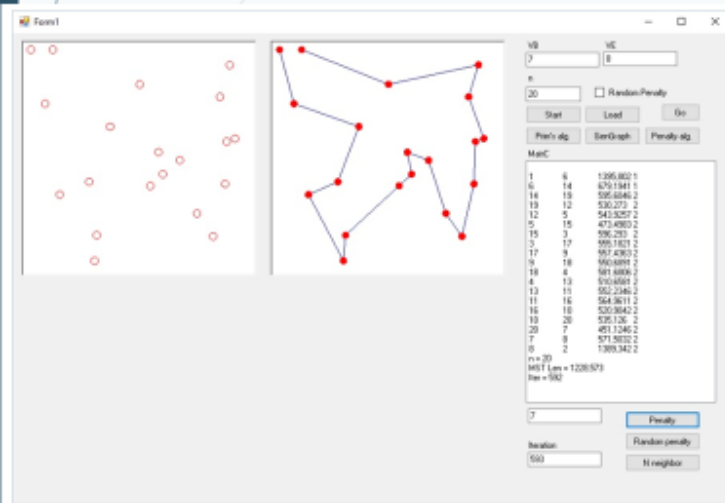
Перераховані вище методи були обрані зважаючи на простоту їх реалізації, високий ступінь збіжності і близькість одержуваного шляху до оптимального.

## ПРОВЕДЕННЯ ТЕСТУВАННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ

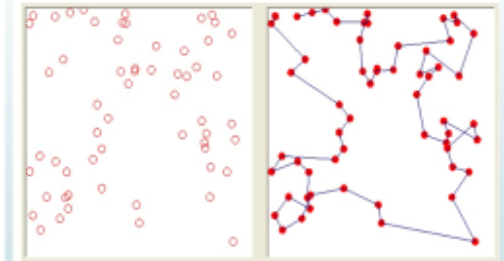
15

Як засіб для тестування розглянутих методів вибору найкоротшої траєкторії руху була використана програма, написана на мовою C # за допомогою середовища розробки Visual Studio.

Інтерфейс програми тестування



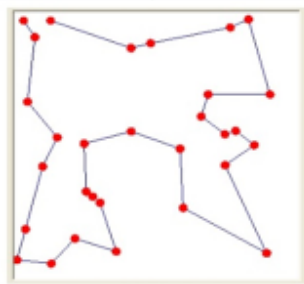
Приклад знайденого Гамільтонового ланцюга в графі з 60 вершин



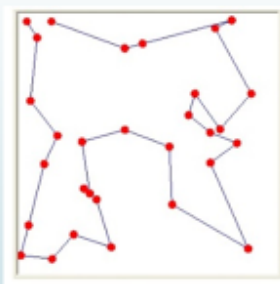
## ПРОВЕДЕННЯ ТЕСТУВАННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ

16

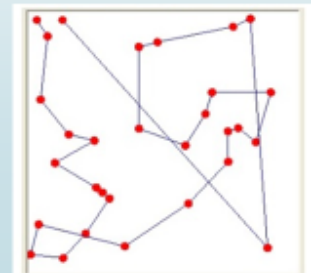
Приклади результатів пошуку найкоротшого шляху БПЛА методом «Постійні штрафи»,  $L = 1508.1$



Приклади результатів пошуку найкоротшого шляху БПЛА методом «Випадкові штрафи»,  $L = 1575.9$



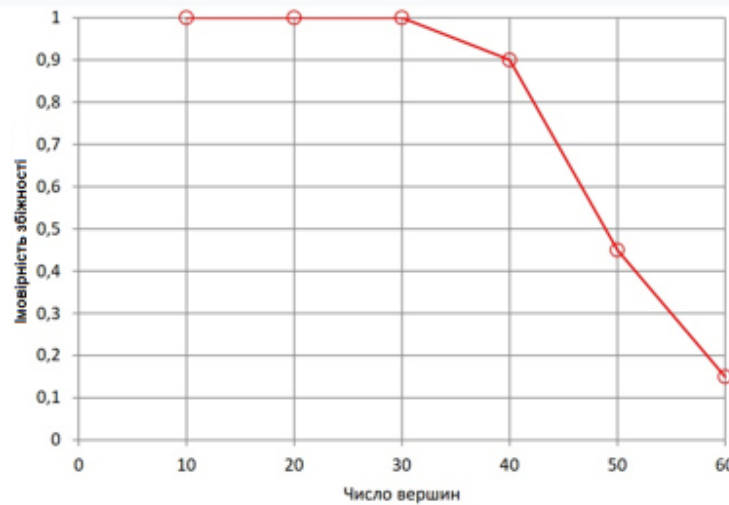
Приклади результатів пошуку найкоротшого шляху БПЛА методом «Найближчий сусід»,  $L = 1955.5$



## ПРОВЕДЕННЯ ТЕСТУВАННЯ ОБРАНИХ МЕТОДІВ

17

Залежність ймовірності збіжності для методу «Постійних штрафів» від числа вершин графа



## АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

18

www.konferenciaonline.org.ua

Міжнародна наукова  
інтернет-конференція

Інформаційне суцільство  
технологічні, економічні  
та технічні аспекти становлення

(випуск 62)

ISSN 2522-932X

12 жовтня 2021 р.

Тернопіль  
2021

Крам І.С., магістр, кафедра електронних обчислювальних машин,  
Львівський національний університет радіоелектроніки, м. Львів

### МОДЕЛЬ МОБІЛЬНОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ VANET

Літакові сенсорні мережі FUSN (Flying Ubiquitous Sensor Network) є одним з класів бездротових або аеростанційних сенсорних мереж WSN / USN. Технологія даних мереж заснована на самоорганізаційному об'єднанні безлічі різних датчиків з низьким енергоспоживанням в мережу і їх розподілом в важкодоступних місцях. Передача даних здійснюється за допомогою протоколів ZigBee, Bluetooth, 6LoWPAN. Зародження сенсорних мереж почалося в другій половині XX століття, а саме – в 1990 році, коли американське оборонне агентство DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) почало дослідження за програмою «Розподілені сенсорні мережі DSN (Distributed Sensor Networks)». Основне завдання даної програми полягало в перевірки можливості застосування нового підходу для машинної кламоді, введеного вперше в ARPANET (попередник Інтернету). Дослідникам DARPA було необхідно створити мережу з автономно-розподілених датчиків, які повинні були бути незалежними, працювати автономно і обмінюватися даними

35

незалежно один від одного. Такі вимоги до цих сір застосовуються для розробки сучасних сенсорних мереж. У той час апаратна база була слабкою і недосконалою для реалізації сенсорних мереж, тому учасники програми DSN повинні були не тільки визначити концепцію сенсорних мереж і самих сенсорів, а й здійснити безпосередню саму технічну розробку. Серед найважливіших областей досліджень, на думку розробників DSN, були виклики: обробка сигналів, розподілені обчислення і передача інформації по бездротових каналах зв'язу. Ad-Hoc-мережі також почали активно впроваджуватися в усі сфери суцільства і розвивалися на кілька видів рис.1:

- мобільні шлюзові мережі MANET (Mobile Ad-Hoc Network);
- автомобільні шлюзові мережі VANET;
- літакові шлюзові мережі FANET.

## ВИСНОВКИ

19

**ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ** були досліджені методи вибору оптимального маршруту для збору даних у мобільній сенсорній мережі для Vanet за допомогою БПЛА.

**В МАГІСТЕРСЬКІЙ КВАЛІФІКАЦІЙНІЙ РОБОТІ ВИРШЕНІ ТАКІ ЗАДАЧІ:**

- ❖ проведено аналіз варіантів взаємодії БПЛА з вузлами наземної сенсорної мережі;
- ❖ проведено аналіз методів пошуку оптимального маршруту руху БПЛА.