

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр
(освітній ступінь)

на тему «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни»

ХАІ.407.465М.24О.103.1804018 ПЗ

Виконав: студент(ка) 2 курсу групи №465м

Спеціальність 103 Науки про Землю
(код та найменування)

Освітня програма Космічний моніторинг Землі
(найменування)

Горбань М.А.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Бутенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Іващук Б.М.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____ ракетно – космічної техніки _____

Кафедра _____ геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі _____

Рівень вищої освіти _____
 магістр _____

Спеціальність _____ 103 Науки про Землю _____
(код та найменування)

Освітня програма _____ Комічний моніторинг Землі _____
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Станіслав ГОРЕЛИК**
(підпис) (ініціали та прізвище)

«23» жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ **Горбань Максим Андрійович** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема випускної роботи: Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни.

Керівник кваліфікаційної роботи _____ **Бутенко О.С., д.т.н., проф.** _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №2001-уч від «15» листопада 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи _____ 19.01.2024 _____

3. Вихідні дані до роботи

1) Супутникові знімки одного окремо взятого регіону країни _____

2) Джерела масової інформації _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)

Аналіз предметної частини. Методика визначення небезпечних маршрутів для обходу зруйнованих ділянок місцевості. Побудова картографічної моделі оптимальних шляхів обходу зруйнованих ділянок

Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу. Картографічної модель оптимальних шляхів обходу зруйнованих ділянок. Граф доріг між населеними пунктами Охтирського району. Граф безпечності та важливості головних доріг Охтирського району. Діаграма мінування України станом на 30.11.2023 р.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Бутенко О.С.	23.10.2023	11.01.2024
	Професор		

Нормоконтроль Красовська І.Г. « 16 » 01 2024 р.

7. Дата видачі завдання 23.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи
1.	Дослідження логістичної системи в Україні під час воєнного стану	23.10.23-29.10.23
2.	Аналіз доріг прикордоння	30.10.23-06.11.23
3.	Аналіз існуючих сервісів для виявлення мостів. Методи визначення картографічних моделей.	07.11.23-24.11.23
4.	Виявлення основних маршрутів та особливості даного району	25.11.23-07.12.23
5.	Розробка алгоритму Флойда – Уоршелла для даного району, з врахуванням всіх можливих чинників. Вибір коефіцієнтів для основних маршрутів	09.12.23-29.12.23
6.	Написання пояснювальної записки	03.01.24-11.01.24

Студент

Керівник дипломної
(кваліфікаційної) роботи

Максим ГОРБАНЬ
(ініціали та прізвище)

Ольга БУТЕНКО
(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної магістерської роботи містить: сторінок 63, малюнки 12, посилання на використану літературу 15.

Об'єкт дослідження: створення евакуаційних маршрутів із застосуванням географічної інформації. Логістичні процеси та їх зміни в умовах війни в окремо взятому районі прикордоння.

Предмет дослідження: досліджується, як військові конфлікти впливають на логістичні процеси, та створюється картографічна модель для візуалізації цих даних.

Мета роботи: створити та дослідити картографічну модель, яка відображає та аналізує зміни в системі логістики під час воєнних конфліктів. Робота спрямована на вивчення впливу воєнних операцій на логістичні процеси, виявлення ключових факторів та динаміки цих змін за допомогою сучасних методів картографування та аналізу геопросторових даних.

Методи дослідження: для дослідження змін в логістиці під час війни та побудови картографічної моделі були використані: літературний аналіз, аналіз документів, спостереження, аналіз даних, супутникові знімки.

У результаті роботи було проведено глибокий аналіз впливу воєнних конфліктів на логістичні процеси та ресурсне забезпечення. Застосування сучасних методів картографування та аналізу геопросторових даних дозволило створити картографічну модель, яка відображає зміни в системі логістики в умовах війни.

Ключові слова: ЛОГІСТИКА, АНТУАН АНРІ ДЖОМІНІ, ВІЙСЬКОВА ЛОГІСТИКА, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, СУПУТНИКОВА НАВІГАЦІЯ, СИСТЕМА GPS, ЗАМІНОВАНІ ТЕРИТОРІЇ, РОЗМІНУВАННЯ, ЕВАКУАЦІЯ, МАРШРУТИ, РІЧКОВІ ПЕРЕПРАВИ, СПОСОБИ ТРАНСПОРТУВАННЯ, ГУМАНІТАРНА ДОПОМОГА, УКРАЇНА.

ABSTRACT

The explanatory note to the master's thesis contains: pages 58, figures 10, references to the used literature 15.

Research object: creation of evacuation routes using geographic information. Logistical processes and their changes in the conditions of war in a separate area of the border.

The subject of the study: how military conflicts affect logistics processes is investigated, and a cartographic model is created to visualize this data.

The purpose of the work: to create and research a cartographic model that reflects and analyzes changes in the logistics system during military conflicts. The work is aimed at studying the impact of military operations on logistics processes, identifying key factors and dynamics of these changes using modern methods of mapping and analysis of geospatial data.

Research methods: to study changes in logistics during the war and build a cartographic model, the following were used: literary analysis, document analysis, observation, data analysis, satellite images.

As a result of the work, an in-depth analysis of the impact of military conflicts on logistics processes and resource provision was carried out. The use of modern methods of mapping and analysis of geospatial data made it possible to create a cartographic model that reflects changes in the logistics system in wartime conditions.

Keywords: LOGISTICS, ANTOINE HENRI JOMINI, MILITARY LOGISTICS, GEO-INFORMATION SYSTEMS, SUPPLY AND RESOURCE MAPPING, SATELLITE NAVIGATION, GPS SYSTEM, MINED TERRITORIES, DEMINING, EVACUATION, ROUTES, RIVER CROSSING , TRANSPORTATION METHODS, SECURITY THREATS, HUMANITARIAN AID, UKRAINE.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ЧАСТИНИ.....	9
1.1. Аналіз історичних прикладів змін у логістиці під час війн	9
1.2. Аналітичний огляд існуючих картографічних моделей, які можуть бути застосовані для вирішення задачі дослідження	11
1.3. Аналіз можливостей використання сучасних технологій в даній предметній області	19
1.4. Аналіз існуючих графових алгоритмів в задачах логістики [6]	22
1.5. Алгоритм Флойда - Уоршелла [7].....	24
1.6. Замінованість території України [8].....	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ОБХОДУ ЗРУЙНОВАНИХ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ	28
2.1. Формування критеріїв вибору оптимального маршруту [10].....	28
2.2. Отримання коефіцієнтів небезпеки для основних маршрутів доставки гуманітарних вантажів[11].....	29
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНИХ ШЛЯХІВ ОБХОДУ ЗРУЙНОВАНИХ ДІЛЯНОК [12].....	33
3.1. Опис середовища та побудови в ньому картографічної моделі [13]	33
3.2. Практична реалізація вибору оптимального маршруту [14]	35
3.3. Аналіз даних ДЗЗ для виявлення руйнувань[15]	45
ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50
ДОДАТОК А – Плакат за темою «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни».....	53
ДОДАТОК Б Презентація за темою темою «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни»	54

ВСТУП

У сучасному світі, що нині переживає динамічні геополітичні та конфліктні зміни, логістичні виклики у воєнних умовах вимагають глибокого розуміння та аналізу. Забезпечення безпеки, ефективності та оптимізації логістичних процесів стає особливо важливим завданням у воєнний період, де різкі зміни в інфраструктурі, транспорті та постачанні можуть визначати успіх або невдачу операцій.

У цьому контексті вирішення викликів логістики в умовах війни потребує нових та інноваційних підходів. Історія світових конфліктів свідчить про те, як швидкі та точні логістичні рішення можуть впливати на стратегічну перевагу. Наприклад, під час Другої світової війни зміни в постачальному ланцюзі дозволили союзникам виграти важливі битви, використовуючи ефективніше розподіл ресурсів.

Цей дипломний проект спрямований на розробку та впровадження картографічної моделі, яка дозволить систематизувати та аналізувати зміни у логістичних процесах у контексті військових дій. Шляхом поєднання геопросторового аналізу та логістичної експертизи, метою є визначення оптимальних стратегій управління ресурсами, постачанням гуманітарної допомоги та евакуації.

Дослідження направлене на альтернативний підхід до розв'язання проблем евакуації цивільних мешканців і постачання гуманітарної допомоги та створення практично застосовної картографічної моделі, яка може служити основою для прийняття стратегічних та тактичних рішень у реальному часі.

Т
О
М О
Ї
,
М
В
Т

методи вибору оптимального маршруту в умовах війни.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ЧАСТИНИ

1.1. Аналіз історичних прикладів змін у логістиці під час війн

Розглядаючи історичні аспекти становлення і розвитку логістики як науково-практичного напрямку, важливо зрозуміти генезис її входження у людське буття, її значення і роль у взаємовідносинах людей на військовому чи економічному базисі. Об'єктивно оцінивши науково-практичний доробок у дослідженні походження терміна «логістика», можна стверджувати, що етимологія цього поняття до кінця не з'ясована.

Значний внесок у розвиток логістики зробив теоретик та історик Антуан Анрі Джоміні (Jomini A.) (1779–1869 рр.), який служив з 1798 р. у швейцарській армії, з 1804 – у французькій, а з 1813 р. – у російській, де був відомий під іменем Генріха Веніаміновича Жоміні в чині генерала від інфантерії. Він підготував фундаментальну працю з історії революційних війн, що налічувала 15 томів. Джоміні вважав, що до сфери інтересів логістики входить широке коло питань, у тому числі планування діяльності, технічне та продовольче забезпечення дій збройних сил. Окрім того, логістика охоплювала визначення розташування військових частин, будівництво транспортних сполучень, фортифікаційні укріплення тощо.

Частково питання логістики були використані вже в армії Наполеона, однак повною мірою як науковий напрям вона окреслилася лише в середині XIX століття. Зростаючи масштаби бойових дій під час військових конфліктів, переростання локальних конфліктів у світові війни призвели до бурхливого розвитку військової логістики. Узагальнивши досвід наполеонівських війн, Антуан Анрі Джоміні визначав логістику як мистецтво тилового забезпечення армії, «...міст між економікою нації та діючою армією».

Військова кампанія Наполеона характерна веденням бойових дій на територіях, географічно віддалених від військових баз французької армії. Усім

відома картина «Перехід Суворова через Альпи», написана В. І. Суриковим у 1899 році, красномовно свідчить про труднощі сторічної давнини, з якими зіштовхувалися солдати у військових походах тих часів. Тобто дилема щодо матеріального забезпечення військ викривала дві принципові проблеми, а саме:

1. зайвий провіант та озброєння зменшували мобільність військ;
2. дефіцит провіанту та озброєння знижував боєздатність солдат.

Також історія свідчить про те, що всі воєнні конфлікти, які виникали на планеті завжди, але по своєму викликають різкі та суттєві зміни у сфері логістики. Декілька історичних прикладів підтверджують те, як стратегії та технології логістики змінювалися під впливом воєнних умов.

1. Друга світова війна (1939-1945):

Друга світова війна визначилася глобальним конфліктом, який суттєво вплинув на логістичні стратегії. Вперше широко використовувалися масштабні системи постачання та транспортування для підтримки великих армій. Змінено підходи до управління запасами, транспортним плануванням та виробничою базою.

2. Війна в Кореї (1950-1953):

Конфлікт в Кореї позначився впровадженням нових технологій в логістиці. Виникла потреба у вдосконаленні систем транспортування, а також впровадженні технік військового управління запасами для забезпечення армій в умовах високої мобільності.

3. Війна в Залізному ковчезі (1947-1991):

Холодна війна призвела до постійної готовності до військових дій, що вимагало вдосконалення логістичних систем. Розвиток транспортної інфраструктури та забезпечення високої швидкості реакції стали пріоритетом.

4. Війна в Афганістані (1979-1989):

Воєнний конфлікт у Афганістані відзначився використанням аеромобільних операцій, що вимагало нових підходів до транспортування та забезпечення військових частин в умовах гірського ландшафту.

5. Війна в Іраку (2003-2011):

Конфлікт в Іраку відзначився розширеним використанням сучасних інформаційних технологій у логістиці, включаючи системи відстеження та управління запасами, що покращило ефективність та точність.

6. Війна в Україні (з 2014):

Конфлікт в Україні визначається унікальними викликами для логістики, оскільки військові операції відбуваються на внутрішній території країни. Це призвело до розробки та впровадження нових стратегій доставки та розподілу гуманітарної допомоги, а також змін у військовому управлінні та русом військ. У цьому контексті важливо враховувати, що сучасні технології, такі як супутникова навігація, військові інформаційні системи та автоматизовані засоби управління логістикою, використовуються для забезпечення ефективності та координації в умовах невизначеності та динамічного середовища воєнного конфлікту. Цей приклад демонструє, як сучасні військові конфлікти впливають на розвиток та еволюцію логістики, зокрема, розширюючи виклики і вимоги до управління матеріальними та людськими ресурсами в умовах непередбачуваності та внутрішньої напруженості.

Ці історичні приклади свідчать про те, що військові конфлікти завжди викликають необхідність адаптації логістичних стратегій та технологій до нових умов, що демонструє постійний розвиток цієї галузі.

1.2. Аналітичний огляд існуючих картографічних моделей, які можуть бути застосовані для вирішення задачі дослідження

1. Геоінформаційні системи (ГІС) [1] :

Опис: ГІС є комплексом програм та технічних засобів, що дозволяють збирати, обробляти, аналізувати та візуалізувати географічну інформацію. Вони базуються на обробці просторових даних, таких як картографічні знімки, координати точок та географічні атрибути.

Застосування: ГІС може бути використано для створення тематичних карт, моделювання логістичних мереж, визначення оптимальних маршрутів, аналізу територій з високим ризиком та відображення динаміки змін у логістичних системах під час війни.

2. Картографічні моделі змін [2]:

Опис: Ці моделі розроблені для виявлення та аналізу динаміки подій та процесів у просторі з плином часу. Вони можуть використовувати різні методи аналізу змін, такі як класифікація областей, детектори об'єктів та аналіз часових рядів.

Ось деякі з цих методів:

Спостереження на Супутниках та Дронах:

Один з ключових методів - це використання супутникових та дронних знімків. Це забезпечує високу просторову роздільність та можливість отримання зображень у реальному часі. Отримані дані дозволяють вивчати та аналізувати зміни в інфраструктурі, маршрутах та інших об'єктах логістичної системи.

Аналіз Геопросторових Даних:

Використання геопросторових аналізів дозволяє виявляти та вивчати просторові зміни у логістичних мережах. Застосування геоінформаційних систем (ГІС) сприяє точному аналізу географічних патернів та змін у важливих точках логістичної інфраструктури.

Методи Візуалізації та Картографування:

Ефективне використання методів візуалізації та картографування гарантує швидке сприйняття великої кількості даних. Вони можуть включати градієнтні

карти, діаграми чи інші візуальні елементи, що передають інформацію про зміни у логістичних характеристиках.

Математичні та Статистичні методи:

Використання математичних та статистичних методів є необхідним для об'єктивного аналізу динаміки логістичних параметрів та прогнозування майбутніх тенденцій. Це забезпечує можливість створення точних прогнозів на основі наявних даних.

Інтеграція ГІС та ІТ-Технологій:

Застосування географічних інформаційних систем та інформаційно-технічних засобів спрощує обробку та аналіз геопросторових даних. Інтерактивні інструменти ГІС дозволяють зручно взаємодіяти з великими обсягами географічних даних.

Ці методи можуть бути інтегровані для створення комплексної та об'єктивної картографічної моделі змін у логістиці в умовах військового конфлікту. Використання цих методів дозволяє отримати глибоке розуміння та ефективно взаємодіяти з динамікою логістичних систем.

Прикладом таких моделей можуть бути Карти ДСНС, карти мінних полів, картографічні моделі виявлення динаміки змін, що побудовані на підставі даних космічного моніторинга Землі

Застосування: За допомогою картографічних моделей змін можна аналізувати рухи військових частин, зміни в структурі постачань, розсіювання гуманітарної допомоги та вивчати динаміку логістичних процесів.

3. Топологічні та мережеві моделі [3]:

Опис: Ці моделі вивчають структуру та зв'язки між об'єктами у просторі. Топологічні моделі використовують теорію графів, а мережеві моделі фокусуються на оптимізації транспортних мереж.

Застосування: Вони можуть використовуватися для аналізу та оптимізації логістичних мереж, визначення найкоротших маршрутів, ідентифікації критичних вузлів та покращення логістичних систем.

4. Картографія ризиків та небезпек [4] :

Опис: Ці моделі враховують ризики та загрози в конкретних географічних областях. Вони можуть використовувати дані про природні катастрофи, соціально-економічні умови та воєнний стан.

Застосування: Вони надають можливість аналізувати та прогнозувати ризики у воєнних конфліктах, ідентифікувати області з підвищеним ризиком для логістичного управління та прийняття рішень.

Кожна з цих моделей допомагає зрозуміти та вивчати зміни у логістиці в умовах війни, розширюючи аналітичні можливості та покращуючи стратегічне управління.

У контексті військового конфлікту картографія інфраструктури виявляється необхідною для ефективного логістичного планування та забезпечення стратегічної дії. Ця техніка дозволяє ідентифікувати та аналізувати об'єкти інфраструктури, які можуть використовуватися для постачань та руху. Створення графічних карт, що відображають порти, залізниці та інші транспортні магістралі, надає змогу легко орієнтуватися у наявних ресурсах для оптимізації логістичного ланцюга. Визначення цих об'єктів допомагає стратегам при плануванні важливих точок для постачань та евакуації.

Аналіз транспортних мереж, включаючи залізниці та дороги, здійснюється через графічне відображення на карті. Це сприяє визначенню стратегічних маршрутів для постачань та розташуванню військ.

Використання геоінформаційних систем дозволяє проводити аналіз рухомості та пропускнуої здатності доріг, що є важливим для оцінки ефективності транспортної інфраструктури та визначення можливостей для оптимізації логістичних потоків. Також, картографія інфраструктури включає в себе визначення об'єктів, які можуть стати потенційними мішенями для ворожих сил. Це важливо для адаптації стратегій логістичного планування та захисту інфраструктури в умовах можливого ворожого впливу.

Графічне відображення інфраструктури в географічному контексті дозволяє врахувати терен та природні перешкоди, що можуть впливати на логістичні маршрути. Окрім того, картографія інфраструктури включає в себе ідентифікацію резервних маршрутів та альтернативних шляхів руху для вирішення непередбачених обставин чи атак ворога.

Застосування цієї техніки сприяє успішному плануванню руху військ, організації постачань та ефективному використанню ресурсів в умовах військових дій. Картографія інфраструктури стає важливим інструментом для забезпечення стратегічної переваги та успішної реалізації логістичних завдань.

У військовому конфлікті картографія постачань та ресурсів є інструментом для забезпечення ефективного розподілу та управління ресурсами в умовах обмежених можливостей та загроз від зовнішніх факторів. Ця техніка дозволяє визначати та візуалізувати потоки матеріальних ресурсів та забезпечення, щоб оптимізувати постачання та підтримувати стратегічне планування.

Створення карт, які відображають мережу постачань, допомагає встановити ланцюги постачань та ідентифікувати ключові вузли, через які проходять ресурси. Це дозволяє забезпечити ефективне планування маршрутів та стратегій постачань.

Графічне відображення розміщення ресурсів на карті дозволяє визначити їх географічну доступність та забезпечити оптимальний розподіл з урахуванням стратегічних потреб.

Також, техніки картографії постачань та ресурсів дозволяють аналізувати мережі для ефективного розподілу ресурсів в разі змін у стратегії або обставинах воєнного конфлікту. Використання теплових карт та графіків може слугувати для візуалізації інтенсивності постачань, зон зосередження ресурсів та можливих точок недостатку, що полегшує управління та планування. Аналіз рухомості та обсягу постачань може допомогти в розробці стратегій для уникнення переповнень або заторів, забезпечуючи ефективніше використання існуючих логістичних ресурсів. Картографія постачань та ресурсів є необхідним елементом

військового планування та логістики, сприяючи оптимізації руху та використання ресурсів у військовому середовищі. Ці техніки дозволяють оперативно реагувати на зміни в умовах воєнного конфлікту та підтримувати управління ресурсами в ефективному та стратегічному плані.

Картографія підтримки відповідальності в контексті військового конфлікту є важливим інструментом для визначення, візуалізації та управління відповідальністю в різних аспектах. Ця техніка дозволяє забезпечити ефективну координацію військових сил, а також моніторити та аналізувати виконання завдань.

Створення карт, які відображають зони відповідальності для різних військових підрозділів, допомагає чітко визначити їхні завдання та області відповідальності на терені. Це сприяє уникненню конфліктів та забезпечує оптимальну координацію дій.

Геоінформаційні системи можуть використовуватися для створення інтерактивних карт, на яких можна відзначити точки контролю, стратегічні об'єкти та інші ключові елементи відповідальності. Аналіз картографії підтримки відповідальності може включати в себе моніторинг руху та виконання завдань в реальному часі. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни в ситуації та вживати заходів для вирішення проблем. Також, графічне відображення областей відповідальності дозволяє планувати та координувати спільні операції з іншими військовими чи союзницькими силами.

Географічне відображення відповідальності допомагає не лише управляти власними ресурсами та військами, але й встановлювати взаємодію з іншими військовими одиницями та коаліційними партнерами. Картографія підтримки відповідальності є невід'ємною частиною стратегічного управління в умовах військового конфлікту, допомагаючи встановлювати, слідкувати та аналізувати відповідальність на різних рівнях командування.

У військовому конфлікті, картографія екстрених ситуацій стає важливим інструментом для ефективного аналізу, планування та реагування на різні види

надзвичайних подій. Ця техніка надає можливість ясно визначити та графічно відобразити області ризику, сприяти координації дій рятувальних служб та військових в умовах кризових ситуацій. Аналіз картографії екстрених ситуацій передбачає моніторинг руху та ефективного виконання завдань, дозволяючи оперативно реагувати на зміни в ситуації та вживати необхідних заходів.

Графічне відображення інфраструктури та об'єктів, які можуть використовуватися для надання допомоги та евакуації, допомагає у плануванні та забезпеченні безпеки населення в умовах надзвичайних обставин. Картографія екстрених ситуацій служить не тільки для управління ризиками, але й для ефективного вирішення непередбачених ситуацій та організації допомоги у військовому середовищі.

Картографія аналізу та взаємодії даних стає інструментом для обробки, аналізу та використання різноманітних даних з метою прийняття обґрунтованих рішень. Ця техніка допомагає виявляти зв'язки між різними наборами інформації та підтримує прийняття стратегічних рішень в умовах військових дій. Створення карт, які відображають різні шари даних, дозволяє візуалізувати велику кількість інформації одночасно, що сприяє зрозумінню складних сценаріїв та трендів.

Графічне відображення просторової інформації допомагає знаходити залежності між різними об'єктами, територіями чи подіями, що є важливим для аналізу ситуації та планування операцій. Використання геоінформаційних систем дозволяє інтегрувати різноманітні дані, такі як географічні, кліматичні, демографічні та інші, щоб отримати повнішу картину обстановки.

Картографія аналізу та взаємодії даних також включає створення тематичних карт, які можуть відображати різні параметри, такі як розташування військ, інфраструктурні об'єкти, зони ризику та інше, для зручного аналізу. Застосування цієї техніки у військовому контексті дозволяє вдосконалювати розвідувальні та стратегічні процеси, роблячи аналітичну роботу більш зрозумілою та доступною для командування та прийняття рішень.

У воєнному контексті картографія потоків та переправ виявляється необхідним інструментом для стратегічного планування та координації руху військ через різні водні перешкоди та територіальні обмеження. Ця методика допомагає забезпечити оптимальні маршрути та ефективні переходи, а також аналізувати фізичні та топографічні аспекти для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

Створення карт, які графічно відображають глибину водойми, розташування інфраструктурних об'єктів та точок переправи, дозволяє планувати ефективні рухи військових підрозділів через річки та інші перешкоди. Використання картографії для визначення оптимальних місць для переправи, а також виділення зон потенційного ризику, сприяє обмірковуванню та уникненню можливих конфліктів під час руху.

Графічне відображення топографічних особливостей та терену допомагає у визначенні впливу фізичних факторів на переходи через водні перешкоди та оцінці їхнього впливу на операції.

Картографія потоків та переправ є важливим елементом стратегічного військового планування, сприяючи ясному розумінню обставин та оптимальному організаційному плану для руху військ у водойми та інші перешкоди.

Застосування цих картографічних технік у вивченні змін у логістиці в умовах війни дозволяє створювати комплексні та інформативні моделі, необхідні для прийняття обґрунтованих стратегічних рішень.

1.3. Аналіз можливостей використання сучасних технологій в даній предметній області

Сучасні технології супутникової навігації, такі як система GPS (Global Positioning System), Galileo і китайська Beidou, та інші, грають визначальну роль у військових операціях, забезпечуючи точне визначення місцезнаходження та навігацію в різних сценаріях використання. Дослідження в області супутникової навігації, зокрема системи GPS, підтверджують її високий рівень точності, який може сягати кількох метрів. Департамент оборони США вказує на можливість досягнення точності в межах 5-10 метрів у стандартних умовах та навіть менше у спеціальних умовах.

Військове використання супутникової навігації розповсюджене в різних сферах [5]. Визначення координат об'єктів, навігація бойових частин та відстеження руху військової техніки стали звичайною практикою. Висока точність дозволяє ефективно керувати та контролювати військові ресурси у реальному часі. Супутникова навігація знаходить застосування в екстремальних умовах, включаючи зони з обмеженим доступом та природні катастрофи. Вона виявляється дієвою під час воєнних конфліктів та інших кризових ситуацій, забезпечуючи стабільну та надійну навігацію.

У гуманітарних місіях супутникова навігація використовується для точного визначення місцезнаходження та координування допомоги. Це важливо у ситуаціях, де точність локалізації визначає ефективність гуманітарної реакції на кризу. Узагальнюючи, супутникова навігація в сучасних військових умовах виконує ключову роль, забезпечуючи не лише точність та надійність, але і високий рівень функціональності та ефективності в різних умовах застосування.

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН) займають визначальне місце в технологічних інноваціях, особливо в контексті військового управління та логістики. Дослідження та впровадження алгоритмів машинного навчання сприяє точному прогнозуванню подій та стратегій на основі аналізу об'ємних

даних. Це стає особливо важливим в армійському контексті, де вчасне та точне прийняття рішень має визначальне значення.

Автоматизація виробничих процесів у військовому виробництві здійснюється завдяки використанню штучного інтелекту. Рутинні завдання, пов'язані зі збором та обробкою даних, можуть бути успішно делеговані алгоритмам, звільняючи фахівців від тягара рутинної роботи. Аналіз загроз та ризиків у військових операціях набуває нового рівня завдяки машинному навчанню. Алгоритми можуть оцінювати великі обсяги даних, враховуючи багатофакторні умови, і робити прогнози щодо розвитку ситуацій на полі бою.

Розпізнавання об'єктів та зображень стає важливим елементом військової технології. Алгоритми машинного навчання дозволяють ефективно розпізнавати ворожі об'єкти або ідентифікувати важливі елементи на військовому театрі операцій. Штучний інтелект і машинне навчання також використовуються для створення самоорганізованих систем, які можуть адаптуватися до змінних умов на місцях. Це полегшує військове управління та робить його більш гнучким та відповідальним на зміни в ситуації. У великому контексті військових операцій Штучний інтелект та машинне навчання відкривають нові перспективи для оптимізації стратегій та підвищення ефективності військового управління через їхню точність та адаптивність.

Дрони, або безпілотні літальні апарати (БЛА), відкривають нові перспективи у військовому та цивільному використанні. Їхнє впровадження виявляє глибокий вплив на різні аспекти, включаючи розвідку, логістику, безпеку та гуманітарну допомогу. У військовому контексті дрони забезпечують інтелектуальні завдання та розвідку, дозволяючи проводити спостереження в реальному часі та збирати інформацію без ризику для військових. Вони також використовуються для моніторингу, контролю та безпеки, сприяючи вчасному реагуванню на події.

В сфері логістики дрони виконують важливі завдання транспортування ресурсів та забезпечення логістичної підтримки на важкодоступних територіях.

Вони стають неоціненим ресурсом у військових операціях та екстремальних ситуаціях. Бойове використання дронів включає бойовий моніторинг та нанесення ударів, забезпечуючи зменшення ризику для особового складу та підвищення точності виконання завдань. Також дрони використовуються у гуманітарних місіях для розподілу допомоги та надання допомоги в зонах катастроф.

Дрони відзначаються і як засіб захисту важливих об'єктів та інфраструктури, надаючи невидимий захист та вчасне реагування на потенційні загрози. Висновуючи, дрони та безпілотні літальні апарати стають невід'ємною частиною сучасного військового та цивільного середовища, надаючи інноваційні рішення для різних областей застосування.

Аналітика даних в сучасному військовому контексті відіграє ключову роль, дозволяючи здійснювати обробку та аналіз великих обсягів інформації, яка надходить з різних джерел, включаючи супутникові дані. Використання методів штучного інтелекту, машинного навчання та алгоритмів аналітики даних не лише спрощує обробку цих даних, але й надає важливі стратегічні висновки.

Одним з ключових елементів є обробка інформації, яка надходить від супутників. Супутникова навігація надає можливість визначення точного місцезнаходження об'єктів та руху в реальному часі. Це важливо для стратегічного планування, так як забезпечує точні дані про розташування власних та ворожих сил. Штучний інтелект і машинне навчання дозволяють аналізувати дані та здійснювати прогнози на основі минулих та поточних знань. Це допомагає у виявленні можливих загроз та антиципації надходження подій, що є важливим у військових стратегічних рішеннях.

Окрім цього, аналітика даних сприяє прийняттю обґрунтованих стратегічних рішень. Здатність аналізувати та інтерпретувати дані забезпечує ефективне управління в реальному часі. Вона відіграє важливу роль у плануванні та виконанні військових операцій, де точність та оперативність визначення та використання інформації є ключовими елементами успіху.

1.4. Аналіз існуючих графових алгоритмів в задачах логістики

[6]Графові алгоритми грають важливу роль в оптимізації та управлінні логістичними системами. Їх використання дозволяє знаходити оптимальні маршрути, визначати критичні вузли мережі та ефективно розподіляти ресурси. Нижче представлено аналіз деяких ключових графових алгоритмів в контексті логістики:

1. Алгоритм Дейкстри:

Опис: Цей алгоритм визначає найкоротший шлях між двома вузлами у напіввагому графі.

Застосування: В логістиці може використовуватися для визначення найбільш ефективних транспортних маршрутів.

2. Алгоритм Флойда-Уоршелла:

Опис: Алгоритм для знаходження найкоротших шляхів між всіма парами вузлів у вагованому графі.

Застосування: В логістиці може бути використаний для аналізу всіх можливих маршрутів між різними точками та вибору оптимальних.

3. Алгоритм Мінімального Остовного Дерева:

Опис: Визначає мінімальний підграф, який з'єднує всі вузли без циклів та має мінімальну вагу.

Застосування: В логістиці може допомагати в оптимізації розташування об'єктів та маршрутизації транспорту.

4. Алгоритм Максимального Потіку та Мінімального Перерізу:

Опис: Визначає максимальний потік у мережі та мінімальний переріз, який блокує цей потік.

Застосування: В логістиці може використовуватися для оптимізації розподілу ресурсів та потоків в системі.

5. Алгоритм А:

Опис: Графовий алгоритм для пошуку шляху, який використовує евристику для прискорення пошуку.

Застосування: В логістиці може допомагати в пошуку оптимальних маршрутів з врахуванням різних факторів, таких як трафік або вартість.

Графові алгоритми є потужним інструментарієм для оптимізації та управління логістичними системами. Вони дозволяють вирішувати різноманітні задачі, такі як планування маршрутів, управління ресурсами та аналіз транспортних мереж, що є ключовими в умовах війни та нестабільності.

1.5. Алгоритм Флойда - Уоршелла [7]

1. Опис:

Алгоритм Флойда-Уоршелла є алгоритмом для знаходження найкоротших шляхів між всіма парами вузлів у напіввагому або вагованому графі. Цей алгоритм гарантує знаходження оптимального розв'язку навіть у випадку наявності вагованих ребер та вузлів.

2. Кроки алгоритму:

Ініціалізація: Створюється матриця відстаней, в якій елемент (i, j) містить вагу ребра між вершинами i та j або нескінченність, якщо ребро відсутнє.

Оновлення: Для кожної трійки вершин (i, j, k) алгоритм перевіряє, чи коротший шлях існує через вершину k , і якщо так, то оновлює відстань між вершинами i та j .

3. Формула оновлення відстаней:

$d[i][j] = \min(d[i][j], d[i][k] + d[k][j])$, де $d[i][j]$ - відстань між вершинами i та j , $d[i][k]$ - відстань між вершинами i та k , $d[k][j]$ - відстань між вершинами k та j .

4. Переваги:

Гарантує знаходження найкоротших шляхів для всіх пар вершин.

Дозволяє врахування вагованих графів, що робить його універсальним для різних логістичних сценаріїв.

5. Застосування в логістиці:

Алгоритм Флойда-Уоршелла може бути використаний для визначення оптимальних транспортних маршрутів між різними локаціями, де вага ребер відповідає відстані або витратам.

Дозволяє аналізувати та оптимізувати транспортні мережі та розподіл ресурсів.

6. Складність алгоритму:

Часова складність алгоритму Флойда-Уоршелла - $O(V^3)$, де V - кількість вершин у графі. При цьому він є алгоритмом з кубічною складністю та може бути менш ефективним для великих графів.

7. Загальний висновок:

Алгоритм Флойда-Уоршелла є потужним інструментом для вирішення задач логістики, де необхідно визначити оптимальні шляхи між всіма парами локацій. Його гнучкість та універсальність роблять його важливим інструментом для логістичного планування та управління, саме тому цей алгоритм став основним в моїй дипломній роботі.

1.6. Замінування території України. Мапа замінованості територій взята з відкритих джерел

[8]Внаслідок бойових дій наразі Україна є найбільш замінованою країною у світі. Вибухонебезпечні предмети забруднили територію країни розміром приблизно з Флориду чи Уругвай. На розмінування знадобляться десятки років та мільярди доларів. Про це повідомляє The Washington Post.

За півтора року повномасштабної війни територія України забруднена наземними мінами, бомбами, що не розірвалися, а також артилерійськими снарядами тощо. Експерти вважають, що зусилля з усунення небезпек та оцінювання повного масштабу проблем триватимуть до тих пір, поки не закінчиться війна.

"Сама кількість боєприпасів в Україні є просто безпрецедентною за останні 30 років. Нічого подібного немає", - каже Грег Кроутер, директор програм Mines Advisory Group, британської благодійної організації, яка займається розмінуванням і розмінуванням боєприпасів.

Звіт GLOBSEC аналітичного центру зі Словаччини свідчить, щоб близько 30% України вимагатимуть тривалих, дорогих і небезпечних операцій з очищення. Хоча бойові дії, що тривають, унеможливають точні дослідження. Ти часом масштаби та концентрація боєприпасів роблять Україну найбільш замінованою країною навіть на фоні тих держав, де також є сильні замінування. Приміром, як Афганістан і Сирія.

WR пише, що міни - не єдиний вид вибухівки, який становить загрозу. Міномети, бомби, артилерійські снаряди, касетні боєприпаси та інші також становлять небезпеку, якщо вони не вибухають під час атаки.

"Росія інтенсивно замінувала свої лінії фронту в очікуванні контрнаступу України. Вона широко використовувала заборонені протипіхотні міни. Маленькі, смертоносні протипіхотні міни, що спрацьовують від ваги людського тіла, не можуть відрізнити мирних жителів від комбатантів", - пише видання.

Вибухівка вже завдала значних жертв. Від початку повномасштабного вторгнення Росії 24 лютого 2022-го до липня 2023-го Організація Об'єднаних Націй зафіксувала 298 загиблих серед цивільного населення від вибухонебезпечних предметів, 22 з них – діти. Крім того, 632 цивільних осіб зазнали поранень.

Розслідування Human Rights Watch показали, що російські війська застосували щонайменше 13 типів протипіхотних мін, а також міни-пастки, які активуються жертвою. Протитанкові міни, для підриву яких зазвичай потрібна величезна вага, не заборонені на міжнародному рівні, хоча будь-який вибуховий пристрій, який може ненавмисно підірвати цивільна особа, може вважатися протипіхотною міною, згідно з Договором про заборону мін 1997 року, учасником якого є Україна, але не Росія чи Сполучені Штати.

"Сильно замінована оборона Росії, створена протягом місяців безвиході вздовж лінії фронту, уповільнює український контрнаступ, який почався минулого місяця, завдаючи шкоди поставленим із Заходу бойовим танкам і бойовим машинам піхоти. Хоча спеціалізовані машини для розмінування використовуються, міни на передовій настільки сконцентровані, що саперами змушені були розчищати шляхи вручну", - пише WP.

Гуманітарні операції з розчищення тривають повільно. Крім того, цей процес не з дешевих. Замінована територія України настільки велика, що, за оцінками деяких експертів, приблизно 500 групам розмінування, які зараз працюють, потрібно буде 757 років на повне розмінування. За оцінками GLOBSEC, один сапер може очистити 9 квадратних метрів на день, залежно від рельєфу місцевості та концентрації вибухівки.

За оцінками Світового банку, розмінування України, яке коштує від двох до восьми доларів за квадратний метр, коштуватиме 37,4 мільярда доларів протягом наступних десяти років. До слова, згідно зі звітом Державного департаменту за 2023 рік, Сполучені Штати виділили понад 95 мільйонів доларів на розмінування України.

Нагадаємо, у МАГАТЕ заявили, що Запорізька АЕС замінована за периметром та всередині. Однак мінування ставка-охолоджувача станції там не підтвердили. В організації кажуть, що ситуація з ядерною безпекою та захищеністю на ЗАЕС надзвичайно крихка.

Інтерактивна мапа дозволяє впевнитися у безпечності доріг, якими пересуваються українці.

На цій мапі відображуються місця, на яких вже виявлені або ймовірно знаходяться вибухонебезпечні предмети, та ступінь загрози від них згідно з наявною у ДСНС інформацією (похибка локалізації становить до 30 м).

Рятувальники закликали користуватися нею під час планування маршрутів у районах, де велися бойові дії.



Рисунок 1 Діаграма мінування України станом на 30.11.2023 рік [9]

Сумська область залишається найбільш замінованою з деокупованих територій України. Повністю замінованою та небезпечною є 20-кілометрова смуга вздовж держкордону. Загалом Сумська область має понад 500 км кордону з ворогом.

Про це повідомив міністр внутрішніх справ Денис Монастирський у прямому ефірі спільного інформаційного марафону UAразом на українських телеканалах. "Сумщина найбільше з деокупованих територій залишається замінованою – понад 47% її території було заміновано. Зараз це острівці, які ще залишаються небезпечними, є велика лісиста місцевість, куди не можна заходити. І також 20-кілометрова відстань від державного кордону повністю залишається замінованою", – розповів голова МВС.

Отже, з усього вищеописаного зрозуміло, що вибухонебезпечні предмети це глобальна проблема для життя та здоров'я цивільного населення. Ця небезпека забирає сотні кілометрів територій де жили, працювали та навчалися люди та діти. Тому, Українська Асоціація Гуманітарного Розмінування працює на те, щоб розмінувати такі території та повертати їх придатність для спокійного життя.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ОБХОДУ ЗРУЙНОВАНИХ ДІЛЯНОК МІСЦЕВОСТІ

2.1. Формування критеріїв вибору оптимального маршруту

[10]У військових конфліктах вибір логістичного маршруту є стратегічно важливою задачею, оскільки від його оптимальності та безпеки залежить ефективність постачання військових частин, пересування важливих ресурсів та загальна успішність операцій. Для формування критеріїв вибору враховуються наступні аспекти:

Безпека маршруту:

Забезпечення безпеки включає ретельний аналіз потенційних загроз та розробку стратегій захисту від них. Враховуються такі аспекти, як географічні особливості маршруту, ризики від ворожих атак, існуючі зони конфлікту.

Швидкість та маневреність:

Оцінюється здатність маршруту оперативно реагувати на зміни ситуації, включаючи ворожі атаки або перешкоди. Маневреність маршруту може бути критичною для уникнення небезпек та забезпечення швидкої реакції.

Мінімізація візуальної видимості:

Враховує розробку та впровадження технологій для зменшення візуального виявлення маршрутних об'єктів. Це може включати камуфляж, використання природних перешкод та технічні рішення для зниження виявлення.

Адаптивність до умов:

Розглядається здатність маршруту адаптуватися до різних умов, таких як перепади висот, погодні умови або наявність руйнівної інфраструктури. Адаптивність грає важливу роль в забезпеченні надійності маршруту.

Можливість евакуації:

Розробляються стратегії та плани евакуації в разі загрози безпеці. Швидкість та ефективність процесу евакуації визначаються в контексті конкретних умов та ворожих загроз.

Ресурсозбереження:

Мета мінімізація витрат ресурсів, таких як паливо та людські ресурси, без зниження ефективності маршруту. Розробляються стратегії енергоефективності та економії ресурсів.

Забезпечення логістичної підтримки:

Оцінюється наявність та ефективність логістичної інфраструктури для обслуговування маршруту. Постачання ресурсів та можливість швидкого відновлення функціональності - ключові компоненти.

Враховуючи ці критерії, можна створити логістичні маршрути, які оптимально поєднують безпеку, ефективність та ресурсозбереження в умовах військового конфлікту.

Всі ці критерії дуже важливі, але перш за все потрібно зважати в якому або про який район йде річ і відштовхуючись від особливостей данної області підбирати критерії, які матимуть більший вплив.

2.2. Отримання коефіцієнтів небезпеки для основних маршрутів доставки гуманітарних вантажів

[11]Логістика гуманітарних вантажів у воєнний час вимагає комплексного планування та оцінки ризиків. Одним із ключових завдань є отримання коефіцієнтів небезпеки для основних маршрутів доставки, які враховують різні фактори, включаючи ворожі дії, природні катастрофи та інші ризики.

1. Фактори небезпеки:

Визначення різних факторів, що можуть впливати на безпеку маршрутів, включаючи ворожі атаки, транспортні аварії та природні катастрофи.

2. Класифікація небезпек:

Проведення докладного аналізу та класифікації різних видів небезпек для визначення їхньої вагомості та впливу.

3. Оцінка ймовірності подій:

Визначення ймовірності виникнення різних подій, таких як атаки ворога, блокування доріг тощо.

4. Оцінка впливу подій:

Визначення можливого впливу кожної події на логістичний процес, зокрема на доставку гуманітарних вантажів.

5. Вагомість кожного фактора:

Встановлення вагомості кожного фактора, використовуючи експертні оцінки або статистичні дані.

6. Розрахунок коефіцієнтів небезпеки:

Використання отриманих даних для розрахунку коефіцієнтів небезпеки для кожного маршруту, враховуючи ймовірність та вагомість кожного фактора.

7. Визначення стратегій реагування:

Розробка стратегій реагування на різні сценарії, включаючи заходи безпеки та евакуаційні плани.

8. Моніторинг та оновлення:

Встановлення системи моніторингу для постійного відстеження змін у факторах небезпеки та оновлення коефіцієнтів відповідно до змін у ситуації.

Цей підхід дозволяє створити об'єктивні критерії для вибору найбезпечніших маршрутів доставки гуманітарних вантажів у воєнних умовах, забезпечуючи ефективність та безпеку логістичних операцій.

За допомогою алгоритму Флойда – Уоршелла, я хотів би продемонструвати граф безпечності основних маршрутів одного окремо взятого району прикордоння України.

Вибір коефіцієнтів для основних маршрутів

Виділити головні дороги і розставити їх від 1 до 10, де значення приближене до 10 найбільш важливий маршрут і по такому ж принципу розставити коефіцієнти безпеки для цих самих маршрутів від 0 до 1, де 1 - безпечний, 0 - дуже небезпечний.

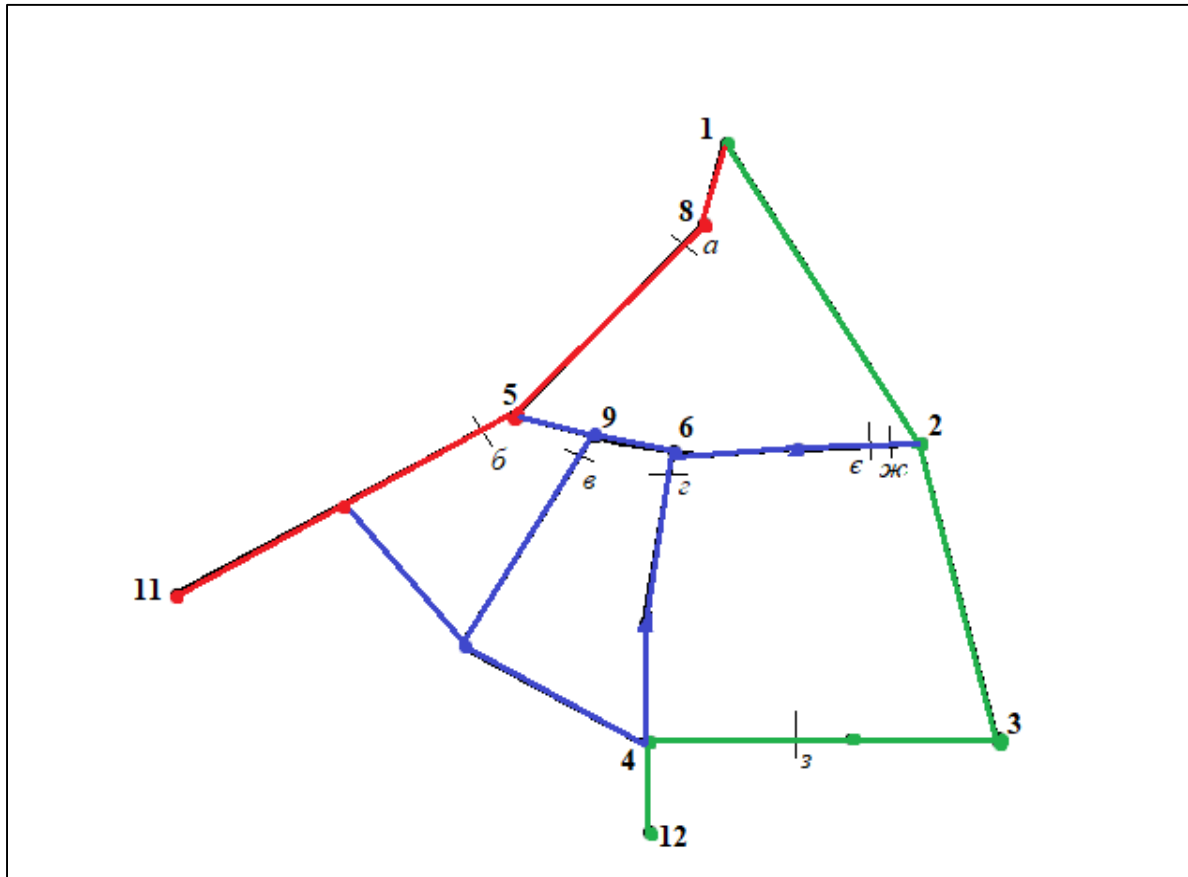


Рисунок 2 Граф безпеки та важливості головних доріг Охтирського району

Зелена - дуже важлива і досить безпечна.

Синя - менш важлива і не така безпечна.

Червона - дорога може мати як високу значущість так і низьку, але має високий рівень небезпеки по пересуванню на ній тож може використовуватися в крайньому випадку.

1) Де маршрут 1 - 2 - 3 матиме найбільшу значущість, оскільки на всій протяжності в 46,5 км не має жодного мосту, дорога має гарне асфальтне покриття і майже напряду віддаляється від кордону. Тож якщо підсумувати всі

ці фактори можна виставити такі коефіцієнти, значимість – 9, безпечність – 0,7.

2) Маршрут 1 - 11 має велике значення оскільки веде до обласного центру міста Суми, тож коефіцієнт значимості можна виставити 6, але оскільки дорога прилягає дуже близько до кордону і має на відрізку 1 - 11 (51 км) два мости то коефіцієнт безпечності матиме 0,2.

Примітка, маршрут 1 - 11 не може зараз використовуватися населеними пунктами №1 і №8, оскільки міст в районі населеного пункту №8 (с. Ямне) в ніч з 12.01.2024 на 13.01.2024 було знищено.

3) Маршрут 5 - 2 має досить велике значення оскільки проходить через велику кількість населених пунктів, має протяжність всього 29 км і веде в сторону дороги 1 - 3, тож коефіцієнт значимості можна поставити 6, коефіцієнт безпечності можна поставити 0,6, оскільки дорога веде від населених пунктів №5 і №9, що знаходяться дуже близько до кордону, також цей маршрут перетинає два мости (є, ж), але вони знаходяться далеко від кордону в районі населеного пункту №2.

4) Маршрут 4 -3 об'єднує між собою два найбільших міста даного району, знаходиться достатньо далеко від кордону, має нове дорожнє покриття, тож коефіцієнт значимості можна поставити 8, на весь відрізок протяжністю 21 км знаходиться лише один міст, але він як і сама дорога знаходиться досить далеко від кордону тож коефіцієнт безпечності можна поставити 0,9.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА КАРТОГРАФІЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМАЛЬНИХ ШЛЯХІВ ОБХОДУ ЗРУЙНОВАНИХ ДІЛЯНОК [12]

3.1. Опис середовища та побудови в ньому картографічної моделі

[13]Обране програмне забезпечення для побудови картографічної моделі змін у логістиці в умовах війни, Google Earth, виправдовується кількома ключовими перевагами, які впливають на ефективність та компроміс між зручністю використання та можливостями аналізу геопросторових даних.

Переваги Google Earth:

1) Глобальний Охоплення: Google Earth надає можливість працювати з геопросторовими даними на глобальному рівні. Це особливо важливо для аналізу логістичних змін, охоплюючи великі території в умовах військових дій.

2) Супутникові Знімки: використання супутникових знімків високої якості дозволяє виявляти зміни в інфраструктурі, місцях розташування військових об'єктів та руху техніки, що є критичним у військових умовах.

3) 3D-Моделювання: Google Earth дозволяє створювати тривимірні моделі ландшафту, об'єктів та територій, що полегшує аналіз та візуалізацію змін.

4) Легкість Використання: інтуїтивний і простий у використанні інтерфейс Google Earth робить його доступним для великої аудиторії, включаючи тих, хто не є експертом у геоінформаційних технологіях.

5) Інтерактивність: можливість створювати інтерактивні карти з додатковими шарами даних дає змогу легко модифікувати та аналізувати різні аспекти логістики.

Обране програмне забезпечення Google Earth виявляється оптимальним інструментом для побудови картографічної моделі змін у логістиці в умовах війни. Його глобальний охоплення, можливості супутникових знімків, тривимірне моделювання, легкість використання та інтерактивність роблять його

ефективним інструментом для аналізу та візуалізації даних у військових умовах.

Кроки побудови картографічної моделі:

1) Визначення мети:

Обрання конкретної мети, такої як вдосконалення ефективності логістики, оптимізація маршрутів чи відстеження руху транспортних засобів.

2) Збір даних:

Збір та аналіз необхідних даних, включаючи інформацію про маршрути, транспортні засоби, склади та інші логістичні параметри.

3) Форматування даних:

Перетворення та форматування даних у відповідні формати, такі як KML, для їхньої подальшої інтеграції з Google Earth.

4) Вибір програмного забезпечення:

Вибір інструментів та програмного забезпечення для створення та редагування картографічних даних, зокрема Google Earth.

5) Створення шарів:

Використання можливостей Google Earth для створення різних шарів, які відображають різні аспекти логістики, такі як маршрути, точки доставки тощо.

6) Інтеграція даних:

Інтеграція зібраних даних в створені шари для забезпечення коректного відображення логістичної інформації на мапі.

7) Аналіз та візуалізація:

Використання можливостей Google Earth для аналізу та візуалізації змін в логістиці, включаючи додавання маркерів, ліній та інших елементів для поліпшення розуміння даних.

8) Кінцевий результат:

Маємо чітку картографічну модель вибраного нами району з всіма потрібними нам об'єктами інфраструктури.

Отже результатом процесу побудови картографічної моделі змін логістики

в програмному забезпеченні Google Earth є потужний інструмент для вдосконалення логістичних процесів. За допомогою цієї моделі можна ефективно відстежувати, оптимізувати та визначати шляхи удосконалення логістики, що призводить до підвищення ефективності та економії ресурсів.

3.2. Практична реалізація вибору оптимального маршруту [14]

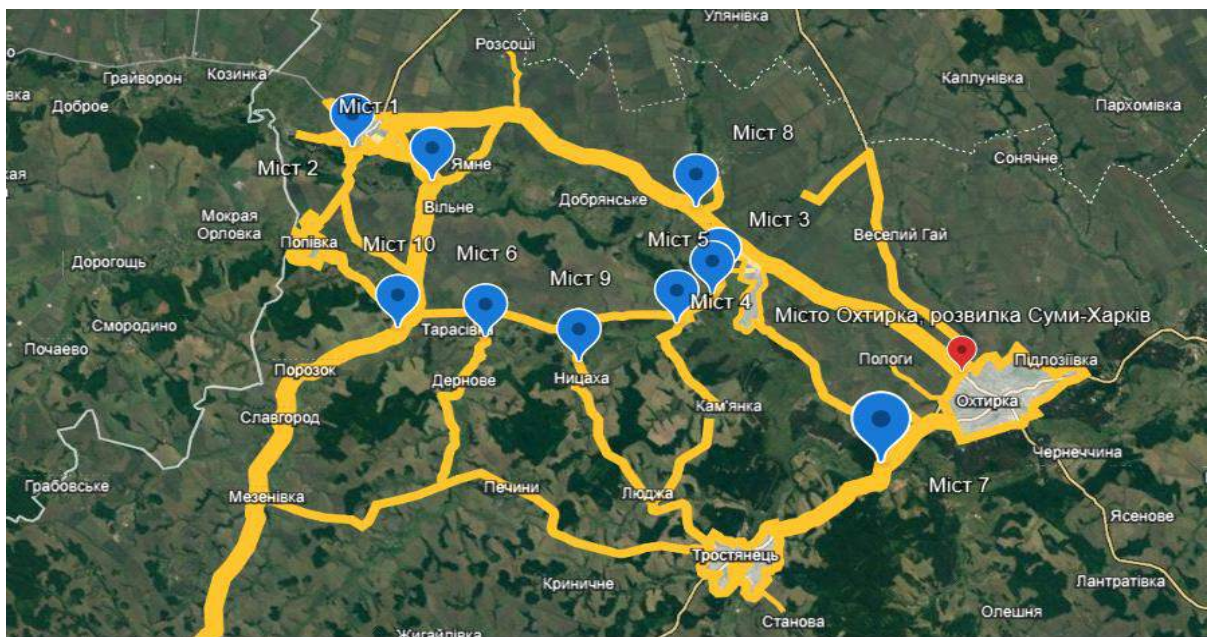


Рисунок 3 Мапа доріг, мостів і населених пунктів Охтирського району

[14] Дивлячись на розташування населених пунктів Охтирського району можна виділити три основних маршрути виїзду.

1. Маршрут В.Писарівка-Краснопілля-Суми.
2. Маршрут В.Писарівка-Кириківка-Охтирка-Котельва.
3. Маршрут В.Писарівка-Тростянець-Лебедин.

Розглянемо кожний з можливих шляхів виїзду:

1) Маршрут В.Писарівка-Краснопілля-Суми

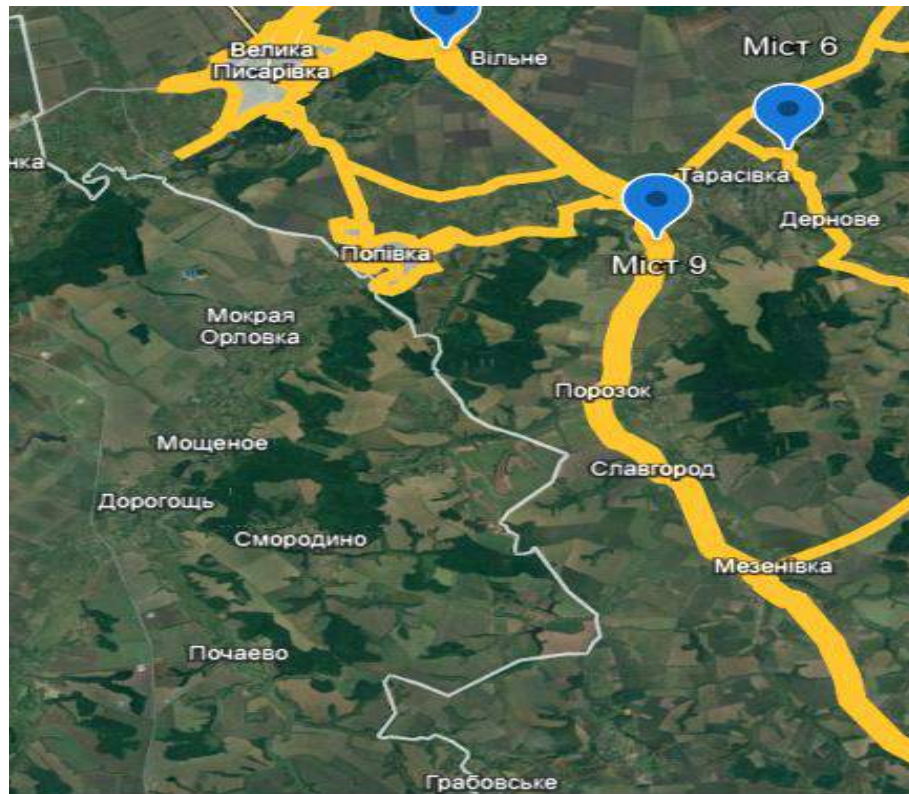


Рисунок 4 Маршрут В.Писарівка-Краснопілля-Суми

Цей маршрут може здаватися непоганим, одна з основних доріг в сторону обласного центру м. Суми, охоплює достатньо багато населених пунктів прикордоння, та перекривається лише одним мостом №9, якщо прямувати через с. Попівка, а якщо через с. Вільне то двома мостами №1, №9. Протяжність цієї дороги теж не велека, В. Писарівка-Краснопілля $\approx 51,0$ км, а В. Писарівка-Краснопілля-Суми $\approx 90,0$ км, що по витратам на час на звичайному легковому автомобілі 1 год 30хв і 2 год 15хв відповідно. Відстань та інтервали часу невеликі, що дозволяє оперативно при потребі покинути небезпечний район прикордоння. В цього маршруту є декілька мінусів, перший це те, що велека частина цієї дороги прилягає дуже близько до кордону і в випадку повторного наближення ворожих сил до території України, цей маршрут, який знаходиться на надгірку буде чудово прострілюватися, що не може бути безпечним для всього, що буде рухатися по

цьому маршруту.

2) Маршрут В.Писарівка-Кириківка-Охтирка.

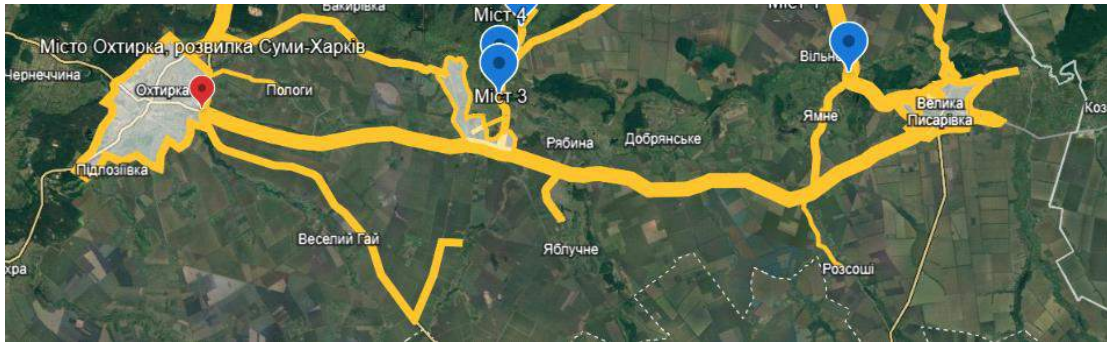


Рисунок 5 Маршрут В.Писарівка-Кириківка-Охтирка

Цей маршрут є основним і найбільш популярним для багатьох населених пунктів, оскільки він веде до районного центру міста Охтирка, також на своєму в'їзді місто має стратегічну розвилку, яка з півночі веде на м. Суми, південний-схід виходе на м.Харків, а захід на м.Полтаву. Від крайнього до кордону населеного пункту, яким є В. Писарівка, до м. Охтирка $\approx 45,5$ км, якщо долати цей маршрут на легковому автомобілі, то це займе приблизно 1 год з урахуванням можливого ушкодження дорожнього покриття. Дорога В. Писарівка-Охтирка має чудове місцезнаходження та протяжність до багатьох населених пунктів, проходить майже перпендикулярно до кордону і, що дуже важливо не має на своєму шляху мостів, також направлена в глибину країни, що лише підвищує її значущість. При всіх перевагах цієї дороги в неї також є і мінуси, такі як її значущість і стратегічний вплив.

3) Маршрут В.Писарівка-Тростянець.

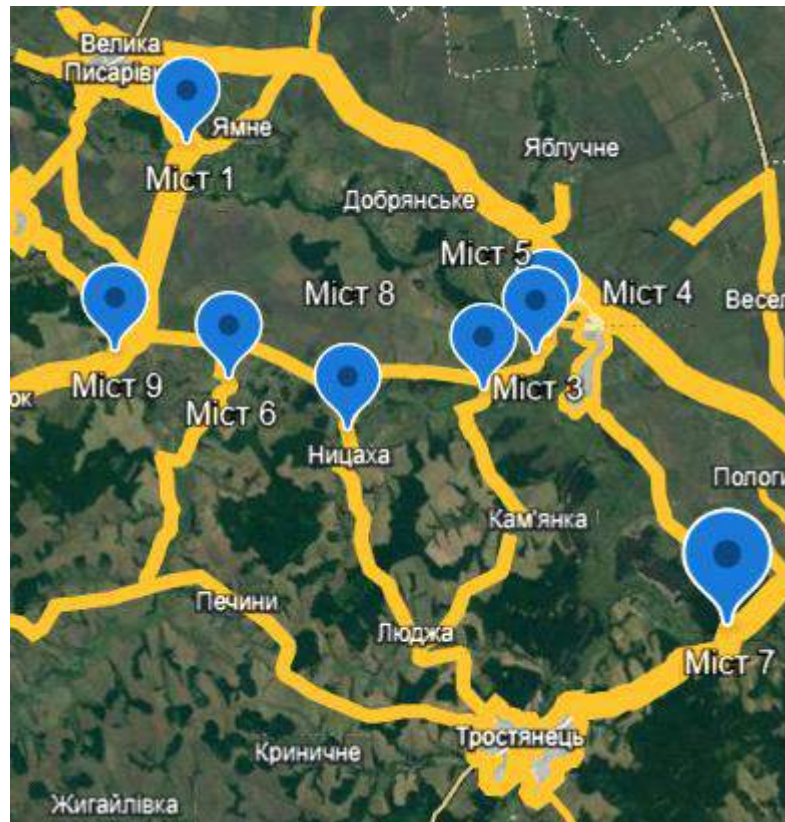


Рисунок 6 Маршрут В.Писарівка-Тростянець

Цей маршрут має в собі декілька варіантів побудови і кожен з них може бути використаний при умові того, що на момент евакуації мости №1, №6, №8 та №3 не втратять свою пропускну здатність в разі підриву :

1) Маршрут В.Писарівка-Ямне-міст №1-Тарасівка-міст №6-Тростянець.

Цей варіант може бути використаний, але для цього важливо щоб всі два мости через, які проходитеме евакуація або розвіз гуманітарної допомоги були функціональні, тим більше відстань від початкової точки до кінцевої становить \approx 54 км, цю відстань ґрунтовою дорогою легковий автомобіль здолає приблизно за 2 год., що набагато повільніше ніж маршрут через Катаньське-Кириківка-Охтирка.

2) Маршрут В.Писарівка-Ямне-міст №1-Солдацьке-міст №8-Ницаха-Люджа-Тростянець.

Такий варіан теж може бути втілений в життя, але при тих самих умовах, що й в пункті 1), тим більше, що відстань і тип дороги однаковий.

Отже оцінивши ситуацію по цим двом можливим напрямках виїзду, можна сказати, що маршрути 1) і 2) будуть актуальними лише при умові збереження річкових переправ і навіть при повному збереженні мостів, населеним пунктам, які знаходяться вище ріки Ворскла (вище синьої лінії рис. 7) потрібно орієнтуватися на дорогу В.Писарівка-Охтирка.



Рисунок 7 р. Ворскла представлена синьою лінією

Селам і містам, які знаходяться нижче річки (нижче синьої лінії рис. 7), єдиним вірним рішенням буде виїзд в м. Тростянець для подальшого переміщення в м. Охтирка через міст №7 (≈ 14.7 км) і потім слідувати в сторону м. Котельва, полтавської обл., якщо ж на той час міст №7 не буде функціонувати то

з м. Тростянець потрібно буде вирушати в м. Лебедин, що не є гарним варіантом оскільки догора там не має асфальтованого покриття і її протяжність становить ≈ 42 км.

Алгоритм Флойда - Уоршелла

Алгоритм Флойда - Уоршелла знаходить найкоротші шляхи між всіма вершинами зваженого орієнтованого графа.

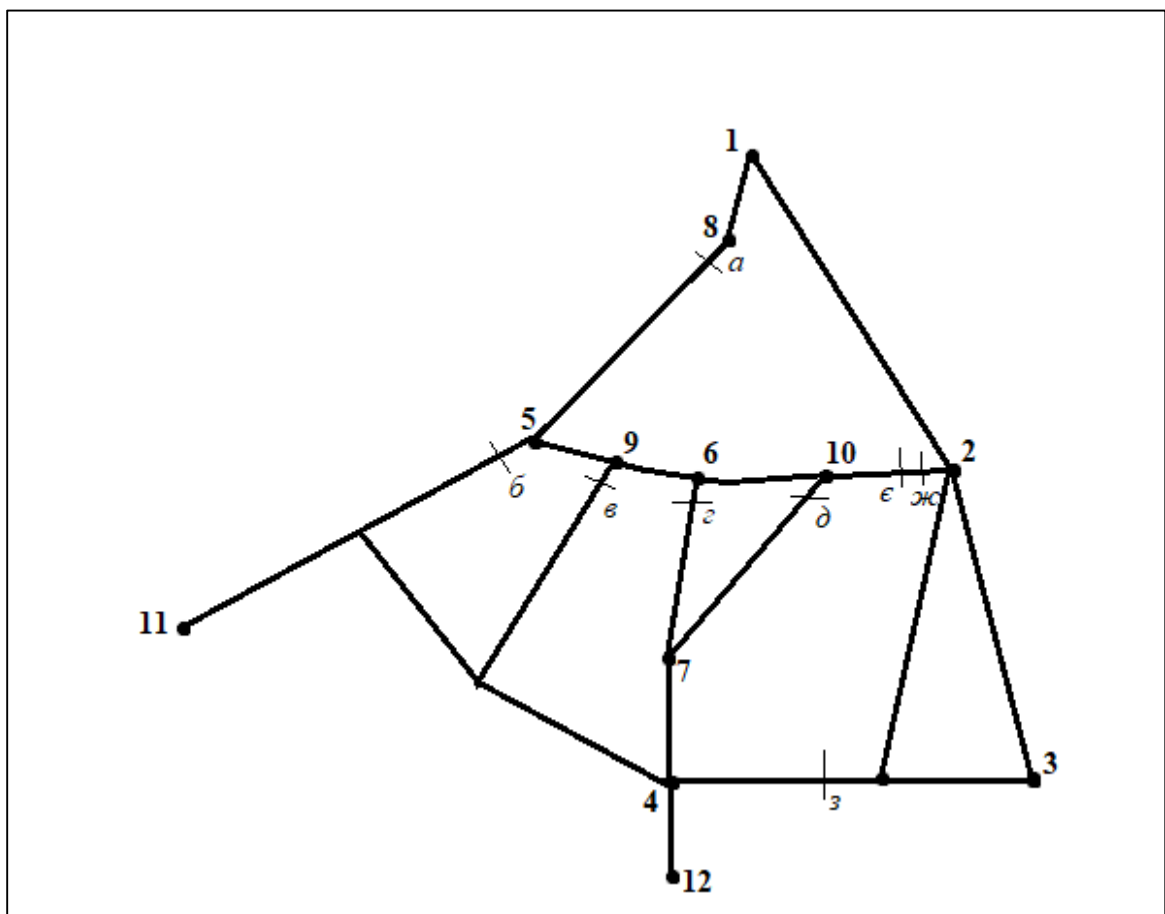


Рисунок 8 Граф доріг між населеними пунктами Охтирського району

1. В основі графа лежить карта Охтирського району де точки 1 - 12 відповідають основним населеним пунктам. Де точка 1 це населений пункт Велика Писарівка, 2 с. Кириківка, 3 районний центр м. Охтирка, 4 м. Тростянець, 5 с. Пожня, 6 с. Ницаха, 7 с. Люджа, 8 с. Ямне, 9 с. Тарасівка, 10 с. Катанське, 11 м. Краснопілля, 12 м. Лебедин. Місця перпендикулярного перетину між точками представляють собою мости. Оскільки основна і найбільш безпечна точка евакуації, а також маршрути постачання гуманітарних вантажів проходять через точку №3 будемо орієнтуватися на неї.

2. Наразі позначимо відстані між точками :

1 - 11 \approx 51 км;	9 - 6 \approx 13,6 км;
1 - 5 \approx 18 км;	5 - 10 \approx 19,5 км;
1 - 8 \approx 9,4 км;	6 - 10 \approx 11,5 км;
1 - 3 \approx 46,5 км;	10 - 2 \approx 12,7 км;
1 - 2 \approx 31,5 км;	10 - 7 \approx 17,4 км;
4 - 3 \approx 21 км;	6 - 7 \approx 11,1 км;
5 - 2 \approx 29 км;	6 - 4 \approx 20 км;
5 - 8 \approx 14,2 км;	7 - 4 \approx 10,2 км;
5 - 11 \approx 33 км;	10 - 4 \approx 27,6 км;
5 - 9 \approx 5,2 км;	

3. Маршрути з вразливими місцями

1) 1 - 11 (с. В. Писарівка - м. Краснопілля) \approx 51 км, на цьому маршруті знаходиться два мости, майже 30 км цього маршруту знаходиться від кордону на відстані 3 - 3,5 км, що робить цю дорогу дуже небезпечною для проїзду.

2) 5 - 2 (с. Пожня - с. Кириківка) \approx 29 км, на цьому маршруті знаходиться два мости, ближче до с. Кириківка, дорога проходить через велику кількість населених пунктів, що в свою чергу робить її дуже важливою для логістики цієї місцевості.

3) 1 - 3 (с. В. Писарівка - м. Охтирка) \approx 46,5 км, ця дорога представляє основну магістраль, яка зв'язує прикордонні населені пункти з районним центром м. Охтирка і проходить через точку №2 (с. Кириківка) в якому знаходиться дуже важлива залізнична розв'язка.

4) 4 - 3 (м. Тростянець - м. Охтирка) \approx 21 км, дорога, яка об'єднує між

собою два найбільш великих міста даного району, має надзвичайно велике значення в логістиці даного району, між даними точками №4 і №3 знаходиться дуже важливий міст (з) с. Климентово, який доречі 27 лютого 2022 року був підірваний Збройними силами України, після звільнення міста Тростянець, яке відбулося 26 березня 2022 року, міст почали відбудовувати і 20 травня 2022 року транзит по новому мосту відновився.

5) Примітка по маршрутам.

Наразі маршрут 1 - 11 не може повноцінно використовуватися оскільки в населеному пункті №8 (Ямне) в ніч з 12.01.2024 на 13.01.2024 російська армія завдала чотири ракетних удари з ЗРК С - 300 чим пошкодили логістичну інфраструктуру, а саме міст (а) і дорогу 1 - 8 - 5 - 11, тож тепер для ряду населених пунктів потрібно визначити альтернативні маршрути виїзду до головної точки евакуації, точки №3.

4. Основні маршрути

1) Тепер для населених пунктів №8, №1 не залишається інших варіантів, як слідувати за маршрутом 8 - 1 - 2 - 3.

2) Для населених пунктів №5, №9, №6 і №10 маршрут повинен проводитися в такій послідовності :

№5 - №9 - №6 - №10 - №2 - №3;

Хоч на шляху такого маршруту є два мости (є, ж), дорожнє покриття і віддаленість направлення маршруту від кордону грає на користь саме цього варіанту.

8) Населені пункти №7 і №4 мають лише одне коротке направлення маршруту до №3, виглядає наступним образом:

№7 - №4 - №3, через цей маршрут є міст (з)



Рисунок 9 Зруйнований міст (з) Климентово [15]



Рисунок 10 Міст (з) Климентово було – стало [15]

5. Альтернативні маршрути

1) Для звичайного маршруту №5 - №9 - №6 - №2 - №3.

В випадку знищення мостів (є, ж) в районі населеного пункту №2, маршрут буде виглядати так :

№5 - №9 - №6 - №7 - №4 - №3, (через міст г, з).

№10 - №7 - №4 - №3, (через міст д, з)

Якщо буде пошкоджено будь - який з мостів окрім (г), якщо ж пошкоджень зазнає міст (г), то альтернативні маршрути можуть виглядати так :

№5 - №9 - №4 - №3, через мости (в, з).

№6 - №10 - №7 - №4 - №3, через мости (д, з).

Якщо зазнають пошкоджень всі мости окрім (б) маршрути виглядатимуть так :

№10 - №6 - №9 - №5 - №11, (через міст б).

№7 - №4 - №11.

З пункту №11 маршрут буде прямувати в бік обласного центру міста Суми.

Якщо міст (з) перестане функціонувати, маршрути виглядатимуть так :

№4 - №7 - №10 - №2 - №3, (через мости д, є, ж).

№5 - №9 - №6 - №10 - №2 - №3, (через мости є, ж).

Якщо мости (є, ж, з) перестане функціонувати, маршрути виглядатимуть так :

№5 - №9 - №6 - №7 - №4 - №12, через міст (г).

№10 - №7 - №4 - №12, через міст (д).

З №12 (м. Лебедин) потрібно буде прослідувати в місто Лубни, цей маршрут рекомендується мною через те, що він веде в глиб країни тим самим віддаляючись від кордону, що в свою сергу збільшує рівень безпеки.

3.3. Аналіз даних ДЗЗ для виявлення руйнувань

[16]В сучасних умовах конфліктів та природних катастроф важливо використовувати технології ДЗЗ для ефективного виявлення та аналізу руйнувань. Даний аналіз дозволяє оперативно реагувати на негативні події та вживати заходів для відновлення інфраструктури.

1. Визначення Об'єкта Дослідження:

Основною метою є вивчення об'єктів руйнувань, таких як будівлі, дороги,

мости, або інші об'єкти інфраструктури, які можуть бути пошкоджені у результаті конфліктів чи природних катастроф.

2. Обробка та Аналіз Даних ДЗЗ:

Використання супутникових знімків для визначення зон руйнувань. Алгоритми обробки дозволяють виявити зміни у структурі та вигляді об'єктів.

3. Визначення Руйнувань:

Ідентифікація площ руйнувань, визначення їх розмір та ступінь пошкодження об'єктів. Це може включати класифікацію за типом руйнувань (наприклад, часткові чи повні зруйнування).

4. Часовий Аналіз:

Спостереження за змінами у часі для виявлення динаміки руйнувань. Це дозволяє визначити тенденції та швидкість відновлення.

5. Комплексний Аналіз з іншими Джерелами Інформації:

Інтеграція результатів ДЗЗ з іншими джерелами даних, такими як географічні інформаційні системи (ГІС), для отримання повнішого зображення руйнувань та їх впливу на навколишнє середовище.

6. Висвітлення Результатів:

Підготовка картографічних зображень, діаграм та звітів, що ілюструють розподіл та характер руйнувань. Це може служити базою для прийняття рішень щодо відновлення та відновлення об'єктів.

7. Прогнозування Можливих Руйнувань:

Використання отриманих даних для розробки моделей прогнозування руйнувань та їх можливого розповсюдження в разі подальших подій.

1) Об'єкт дослідження :



Рисунок 11 Зруйнований міст (з) Климентово

- 2) Використовується знімок з БПЛА.
- 3) Повністю зруйнований.
- 4) Таким чином маршрути через міст (з) став не можливий, отже залишилися такі альтернативні маршрути №4 - №12, через міст (д), №4 - №7 - №10 - №2 - №3, (через мости д, є, ж), судячи з графу №12

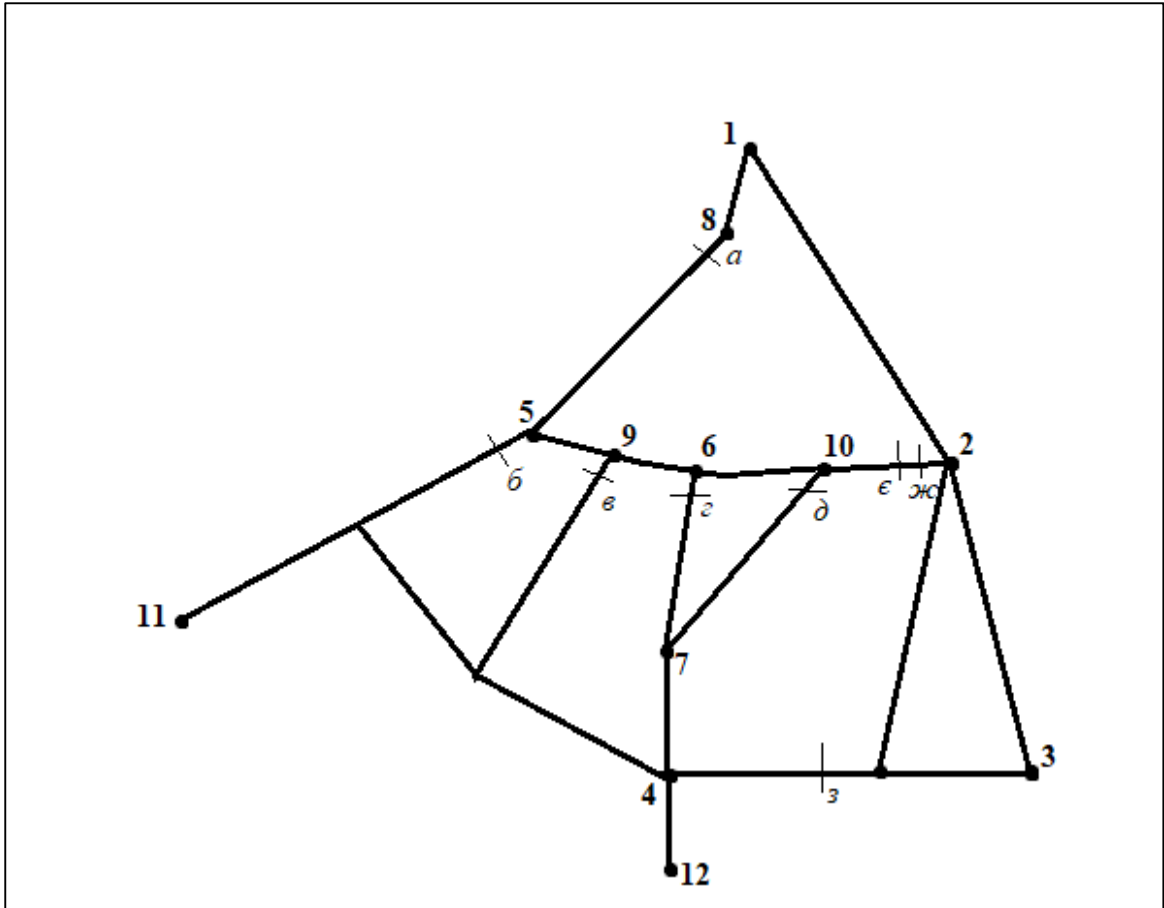


Рисунок 12 Граф доріг між населеними пунктами Охтирського району

ВИСНОВКИ

У ході вивчення та реалізації дипломної роботи на тему "Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни" було проведено глибокий аналіз впливу воєнних конфліктів на логістичні процеси та ресурсне забезпечення. Застосування сучасних методів картографування та аналізу геопросторових даних дозволило створити картографічну модель, яка відображає зміни в системі логістики в умовах війни.

Отримані результати роботи свідчать про значний внесок у розуміння динаміки логістичних процесів під час воєнних дій. Картографічна модель стала ефективним інструментом для візуалізації та аналізу просторових змін у русі військ, постачанні ресурсів та інших аспектах логістики на різних етапах конфлікту.

В ході дослідження були виявлені ключові фактори, які впливають на ефективність логістичних процесів під час воєнних операцій. Зокрема, зміни в інфраструктурі, рух військ, блокади та інші фактори відображаються на карті, надаючи можливість стратегічного планування та оптимізації ресурсного забезпечення.

Отримані результати можуть бути корисні для військового управління, прийняття важливих стратегічних рішень та оптимізації логістичних систем у ситуаціях воєнного конфлікту. Картографічна модель стала ефективним інструментом для аналізу та візуалізації логістичних викликів, що виникають в умовах війни.

У цілому, дипломна робота відкрила нові горизонти для розуміння та вирішення проблем, пов'язаних із змінами логістики під час воєнних конфліктів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Боханов І. І. Використання ГІС у військовій справі / І. І, Боханов // Наочні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід. – 2010. – № 6. – С. 197 – 208.
2. Національна бібліотека України [Електронний ресурс] <http://dspace.nbuu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/188010/08-Ozarko> 22.10.23.
3. Топологічні моделі [Електронний ресурс] Режим доступу : http://ni.biz.ua/4/4_7/4_70901_topologicheskie-modeli.html 22.10.23.
4. Картографія. Автор Путренко В. В. [Електронний ресурс] http://irbis-nbuu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/vgtk_2010_5_7.pdf. 22.10.23
5. Глобальні навігаційні системи у військовій сфері [Електронний ресурс] https://defence-ua.com/army_and_war/globalni_navigatsijni_sistemi_rol_v_suchasnih_vijskovih_konfliktah-2538.html. 22.10.23
6. Графові алгоритми [Електронний ресурс] https://crust.ust.edu.ua/bitstream/123456789/13001/1/Lysenko_dyp_2020.pdf. 22.10.23
7. Алгоритм Флойда – Уоршелла [Електронний ресурс] бібліотека Херсонського Державного Університету http://ekhsuir.kspu.edu/bitstream/handle/123456789/16493/Pylypenko_fcfnm_2022.pdf?sequence=1. 23.10.23
8. Замінування території України [Електронний ресурс] https://lb.ua/society/2023/09/11/574173_vidkrita_mapa_zaminovanih.html. 23.10.23
9. Карта розмінувань : діагностика загрози [Електронний ресурс] https://lb.ua/society/2023/09/11/574173_vidkrita_mapa_zaminovanih.html <https://free-wayua.com/korusna-informacija/karta-zaminovanykh-terytoriy-ukrayiny/>. 23.10.23

10. Діаграма густоти мінування [Електронний ресурс]
<https://freewayua.com/korusna-informacija/karta-zaminovanykh-terytoriy-ukrayiny/>.
23.10.23
11. Критерії вибору оптимального маршруту [Електронний ресурс]
http://www.ni.biz.ua/7/7_18/7_184954_vibor-marshruta.html. 23.10.23
12. Картографічне моделювання навчальний посібник [Електронний ресурс]
<https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/>. 23.12.23
13. Програмне забезпечення [Електронний ресурс]
https://bankchart.com.ua/finansoviy_gid/groshi_rodini/statti/znayomtesya_google_earth_putivnik_dlya_pochatkivtsiv. 25.10.23
14. Робота з картами [Електронний ресурс]
<https://hackyourmom.com/kibervijna/zbir-informacziyi-pro-suprotyvnyka/geoint-akademiya/roboata-iz-kartamy-dekilka-korysnyh-resursiv/>. 25.10.23
15. ЗМІ [Електронний ресурс] <https://suspilne.media/269128-na-misci-zrujnovanogo-mostu-u-klimentovomu-na-sumsini-oblastovuut-timcasovu-perepravu/>.
25.10.23
16. Бібліотека XAI
<https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/330>. 25.10.23

ДОДАТОК А – Плакат за темою «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни»

Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни

Навчальний заклад: Національний університет «Львівська політехніка»

Навчальний курс: «Логістика в умовах війни»

Мета роботи:

Створити картографічну модель зміни логістики в умовах війни, використовуючи дані з картографічних джерел та аналізуючи вплив війни на логістичні процеси та структуру мережі.

Об'єкт дослідження:

Об'єктом дослідження є дані з картографічних джерел та аналіз впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі.

Предмет дослідження:

Дослідження впливу війни на логістичні процеси та структуру картографічної моделі зміни логістики в умовах війни.

Метод дослідження:

Для дослідження були використані дані з картографічних джерел та аналіз впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі.

Співвідношення:

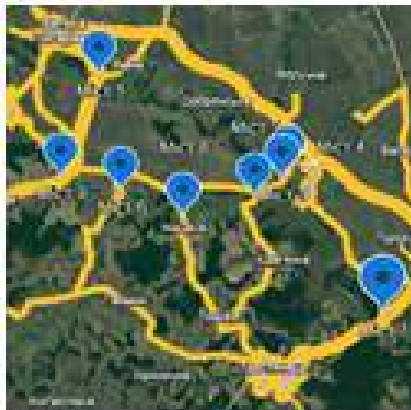


Рис. 1. Фотографія території району з картографічними джерелами та аналізом логістики.

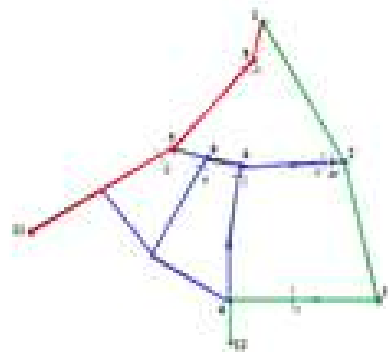


Рис. 2. Графічне зображення мережі логістики в умовах війни.

Висновок:

У ході виконання та реалізації завдання роботи на тему «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни» було проведено детальний аналіз логістичних процесів та структури мережі. Застосування сучасних методів картографування та аналізу даних дозволило створити картографічну модель зміни логістики в умовах війни. Створення картографічної моделі зміни логістики в умовах війни є важливим етапом у розумінні впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі. Картографічна модель зміни логістики в умовах війни дозволяє аналізувати вплив війни на логістичні процеси та структуру мережі. Для цього дослідження були використані дані з картографічних джерел та аналіз впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі. Створення картографічної моделі зміни логістики в умовах війни є важливим етапом у розумінні впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі. Для цього дослідження були використані дані з картографічних джерел та аналіз впливу війни на логістичні процеси та структуру мережі.

ДОДАТОК Б Презентація за темою «Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни»

Національний аерокосмічний університет "ХАІ" імені М.С. Жуковського
"Харківський Авіаційний Інститут"
Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі
кваліфікаційна робота магістр
за спеціальністю 103 "Науки про Землю"
освітня програма "Космічний моніторинг Землі"

"Побудова картографічної моделі
зміни логістики в умовах війни"

Підготував : Горбань М.А.
 Студент 2 курсу групи № 465-м
 Керівник : д.т.н., проф.
 проф. каф. 407 Бутенко О.С.

Актуальність

- оперативна доставка гуманітарних вантажів та інші може бути тільки з урахуванням змін стану доріг, мостів та інші
- зміна стану руйнувань має значний вплив на безпеку та ефективність будівельних проєктів.
- розуміння цих змін і вибір оптимального маршруту дозволить забезпечити безпеку та економію ресурсів та доставку гуманітарної допомоги в реальних умовах при наявності руйнувань.

Зруйнований міст Климентове-Тростянець



Рис. 1 - Зруйнований міст (с) Климентове



Рис. 2 - Довоєнний міст (с) Климентове

Предмет дослідження

- **Об'єкт дослідження**

Об'єктом дослідження у дипломній роботі є аналіз логістичних процесів та їх зміни в умовах війни

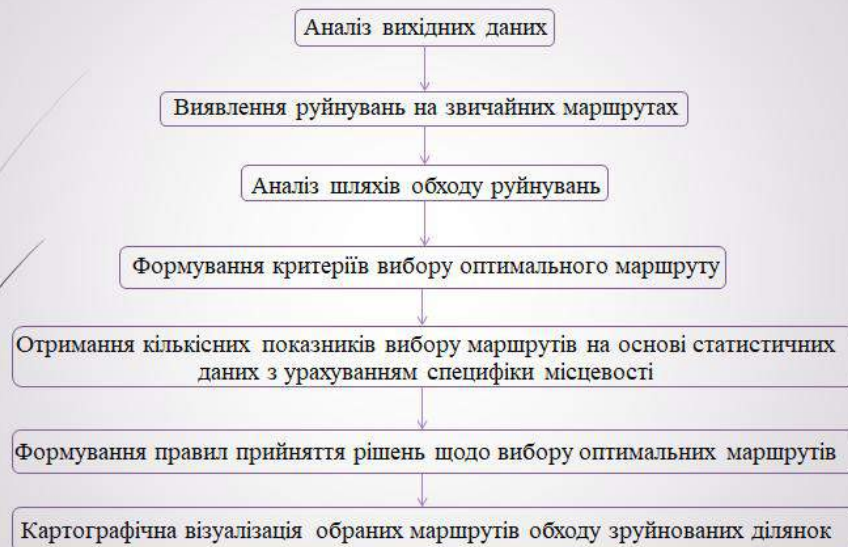
- **Мета дослідження** - підвищення ефективності доставки гуманітарної допомоги в умовах війни при наявності руйнувань основних маршрутів

Предмет досліджень - методи вибору оптимального маршруту в умовах війни



Рис. 3 - Процес прокладення понтонної переправи

Структурна схема роботи



Аналіз методів дослідження

Для дослідження змін у логістиці під час війни та побудови картографічної моделі існує багато методів, ось деякі з них, які використовувалися графові (Флойда-Уоршелла, Дейкстри, Беллмана – Форда, Джонсона), методи ГІС-аналіза, методи картографії для аналізу документів про руйнування по звичайним маршрутам, аналізу стану доріг та врахування особливостей місцевості, аналізу даних космічного моніторингу, статистичних даних, даних з відкритих джерел інформації.

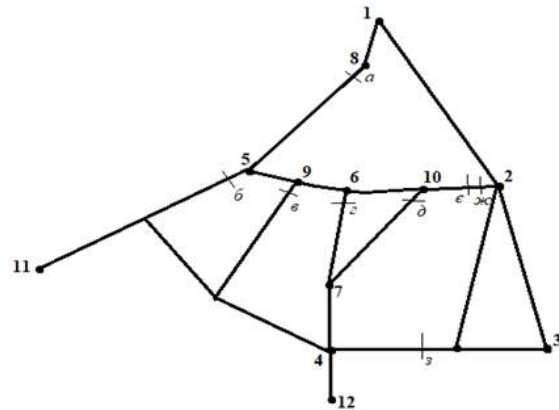


Рис. 4 – Граф доріг між основними населеними пунктами охтирського району
Точки 1 – 12 основні населені пункти (1 – В. Писарівка, 2 – Кириківка, 3 – Охтирка, 4 – Тростянець, 5 – Пожня, 6 – Нищаха, 7 – Люджа, 8 – Ямне, 9 – Тарасівка, 10 – Катанське, 11 – Краснопілля, 12 – Лебедин.

Лінії (а – з) мости між населеними пунктами

Граф основних доріг для побудови альтернативних маршрутів

Для вибору альтернативних маршрутів мною також було проведено дослідження безпеки на цих дорогах, висновки:

- 1) Маршрут позначений **червоним** дуже небезпечний (1 – 8 – 5 – 11) – не рекомендований.
- 2) Маршрути позначені **синім** майже повністю безпечні (5 – 9 – 6 – 2 – 3 і т.д.) – основні дороги майже завжди рекомендуються.
- 3) Маршрути позначені **зеленим** повністю безпечні (1 – 2 – 3, 4 – 3) – головні дороги, завжди рекомендуються до використання.

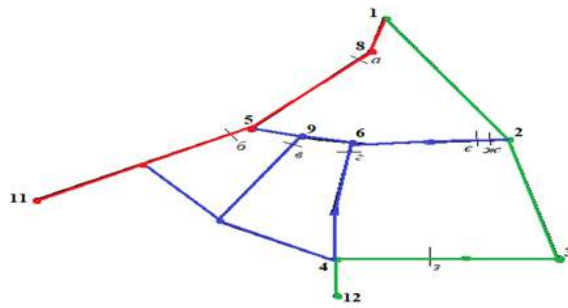


Рис. 5 Граф безпеки та значущості основних доріг охтирського району
Точки відповідають населеним пунктам, 1 – В. Писарівка, 2 – Кириківка, 3 – Охтирка, 4 – Тростянець, 5 – Пожня, 6 – Нищаха, 8 – Ямне, 9 – Тарасівка, 11 – Краснопілля, 12 – Лебедин, лінії (а, б, в, г, е, ж, з) мости між населеними пунктами

Вхідні дані

Дані знімки взяті з супутника Landsat-8

Landsat-8 – американський супутник дистанційного зондування Землі, отримує зображення у видимому діапазоні хвиль, у ближньому ІЧ та у далекому ІЧ, з роздільною здатністю знімків від 15 до 100 метрів на точку. Проводиться зйомка суші та полярних регіонів. За добу знімається близько 400 сцен (у попереднього Landsat-7 було лише 250 сцен на день). Сенсори OLI та TIRS мають більш високе відношення сигнал-шум (SNR) і дозволяють знімати до 12 біт на точку.

Параметри продукції Landsat-8

Рівень обробки: 1T (корекція рельєфу)

Формат зображень: GeoTIFF

Розмір пікселя:

15 метрів / 30 метрів / 100 метрів (панхроматичний/мультиспектральний/далекий ІЧ-канал, відповідно)

Проекція: UTM, також полярна стереографічна для Антарктиди

Система координат: WGS 84

Точність позионування:

OLI: KBO 12 метрів (90%)

TIRS: KBO 41 метр (90%)



Рис. 6 Супутниковий знімок з Landsat-8 за 02.01.2024 р.

Аналіз руйнувань

• Населені пункти з руйнуваннями

Аналіз показав, що деякі населені пункти мають значні руйнування внаслідок воєнного конфлікту. Ці населені пункти потребують особливої уваги та реконструкції для забезпечення безпеки та життєздатності мешканців.

• Мости та інженерні споруди

У ході аналізу було виявлено, що деякі мости та інженерні споруди постраждали внаслідок руйнувань. Це може створювати перешкоди для транспортного сполучення та потребує відновлення або заміни цих споруд.

• Критерії вибору оптимального маршруту

Для вибору оптимального маршруту були визначені певні критерії, представлені на слайді 12. Ці критерії включають безпеку, доступність, ефективність та вартість. При виборі маршруту необхідно враховувати ці критерії, щоб забезпечити оптимальний шлях для переміщення людей та вантажів.



Рис. 7 Міст (з) Климентово



Рис. 8 Зруйнований міст (з) Климентово



Рис. 9 Відновлений міст (з) Климентово

Критерії для вибору альтернативного маршруту

Вибір альтернативного маршруту у логістиці є важливим завданням, оскільки від нього залежить ефективність та економічність транспортних операцій. Основні критерії для вибору альтернативного маршруту включають:

- 1) Географічні особливості : розглядайте географічні особливості маршруту, такі як рельєф, геополітичні обставини.
- 2) Безпека : цінуйте рівень безпеки маршруту, зокрема враховуючи його прохідність, стан доріг, можливість конфліктів.
- 3) Надійність : враховуйте історію надійності та стабільності альтернативного маршруту, оцінюючи ризики непередбачених обставин.
- 4) Протяжність : потрібно обирати такий альтернативний маршрут, по якому ви подолаєте відстань від точки А до точки Б через точку В за найкоротший проміжок часу.
- 5) Дорожнє покриття : навіть, якщо відстань на маршруті 1 коротша за відстань на маршруті 2, але не на багато, проте з гіршим дорожнім покриттям, потрібно буде обрати маршрут з кращим дорожнім покриттям для економії часу.

Альтернативний маршрут

13

На слайді №10 було показано зруйнований міст (з) від 25.02.22 по 30.05.22 маршрутом 4 – 3 (Тростянець – Охтирка), який ≈ 21 км

Отже основний маршрут 4 – 3 не міг використовуватися і судячи з графа рис. 7 найвигідніший альтернативний маршрут буде 4 – 6 – 2 – 3, через мости г, е, ж. Цей маршрут буде використовуватися саме тому, що дорожнє покриття на ньому не відрізняється від подібних маршрутів, але він буде найкоротшим з поміж інших: ≈ 55 км, що на 30 – 50 км коротше від інших.

По такій аналогії з використанням даного графа можна побудувати і інші альтернативні маршрути для будь – якого населеного пункту (1 – 12).

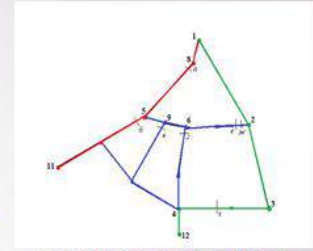


Рис. 10 Граф безпечності та значущості основних доріг охтирського району. Точки відповідають населеним пунктам: 1 – В. Писарівка, 2 – Кирівка, 3 – Охтирка, 4 – Тростянець, 5 – Пожня, 6 – Нища, 8 – Дісне, 9 – Тарасівка, 11 – Красношлях, 12 – Лебелів. Лінії (а, б, в, г, е, ж, з) мости між населеними пунктами

14

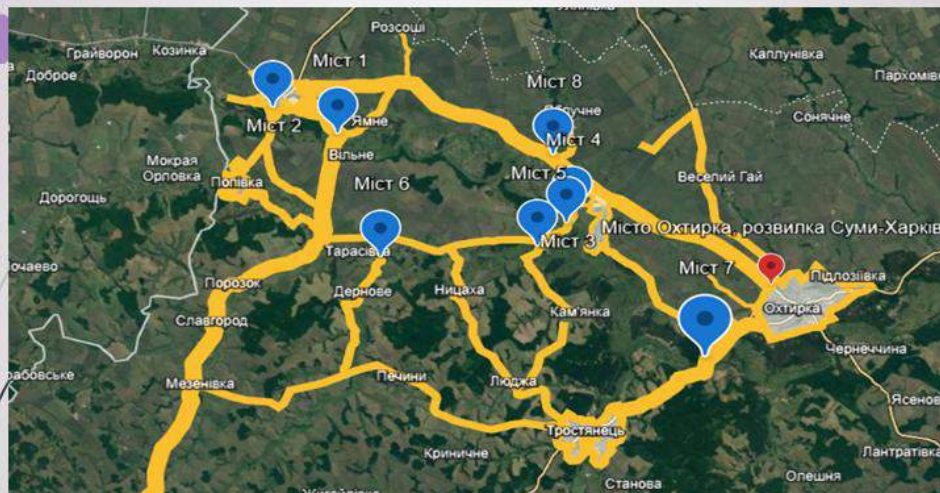


Рис. 11 Супутниковий знімок охтирського району з виділеними дорогами, мостами та населеними пунктами з супутника Landsat - 8 від 30.12.23

Висновки та результати

У ході вивчення та реалізації дипломної роботи на тему "Побудова картографічної моделі зміни логістики в умовах війни" було проведено глибокий аналіз впливу воєнних конфліктів на логістичні процеси та ресурсне забезпечення. Застосування сучасних методів картографування та аналізу геопросторових даних дозволило створити картографічну модель, яка відображає зміни в системі логістики в умовах війни. Отримані результати роботи свідчать про значущий внесок у розуміння динаміки логістичних процесів під час воєнних дій. Картографічна модель стала ефективним інструментом для візуалізації та аналізу просторових змін у евакуації і постачанні ресурсів та інших аспектах логістики на різних етапах конфлікту.

Отримані результати можуть бути корисні для військового управління, прийняття важливих стратегічних рішень та оптимізації логістичних систем у ситуаціях воєнного конфлікту. Картографічна модель стала ефективним інструментом для аналізу та візуалізації логістичних викликів, що виникають в умовах війни.