

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою  
Кафедра геодезії та картографії

**05-04-156М**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни  
**«Мережевий аналіз в ГІС»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»  
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації  
«Геоінформаційні системи» денної форми навчання

**Пошук оптимальних маршрутів та пунктів обслуговування  
на основі мережевих даних**

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості ННІАЗ  
Протокол №15 від 25.03.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Мережевий аналіз в ГІС» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації «Геоінформаційні системи» денної форми навчання. Пошук оптимальних маршрутів та пунктів обслуговування на основі мережевих даних. [ Електронне видання ] / Дмитрів О. П., Дець Т. І. – Рівне : НУВГП, 2025. – 26 с.

Укладачі: Дмитрів О. П., к.т.н., доцент кафедри геодезії та картографії, доцент; Дець Т. І., к.т.н.

Відповідальний за випуск: Янчук Р. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри геодезії та картографії.

Керівник групи забезпечення спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Янчук Р. М.

© О. П. Дмитрів, Т. І. Дець, 2025  
© НУВГП, 2025

## ЗМІСТ

1. Вступ.....	3
2. Пошук оптимального маршруту за допомогою набору мережевих даних.....	4
3. Пошук та аналіз найближчих пунктів обслуговування.....	14
4. Перелік рекомендованої літератури.....	26

## ВСТУП

В умовах сьогодення проблема розв'язання задачі пошуку оптимальних шляхів є надзвичайно актуальною, особливо враховуючи постійну зайнятість населення та бажання ефективно використовувати свій час. Для визначення найбільш оптимального маршруту враховуються довжина шляху та його економічність.

На пошук та розробку оптимального маршруту впливає багато факторів: складність транспортної мережі, дорожні трафіки, характеристики транспортних засобів, кількість обмежень, час проходження мережі і т. ін. Без використання спеціалізованих методів та програмних засобів визначення оптимального маршруту неможливо.

В даних методичних вказівках розглянуто три приклади пошуку оптимальних маршрутів із врахуванням різних вхідних умов у програмному середовищі ArcGIS (модуль Network Analyst) та викладено черговість дій виконання поставлених завдань.

З врахуванням оптимальних маршрутів у даних методичних вказівках представлено алгоритм розв'язку задачі з пошуку найближчого пункту обслуговування. Це допоможе оптимально організувати роботу таких служб з обслуговування населення, як надання екстреної медичної допомоги, з ліквідації надзвичайних ситуацій та ін.

## 1. Пошук оптимального маршруту за допомогою набору мережевих даних

*Мета роботи:* навчити студентів шукати оптимальний маршрут на основі набору мережевих даних.

*Завдання:* Знайти найкоротший та найшвидший маршрути між заданими пунктами в межах території міста з врахуванням низки проміжних зупинок.

### Порядок виконання роботи

Перед початком роботи необхідно активувати модуль Network Analyst. Для цього на панелі інструментів у розділі «Налаштування/Customize» необхідно обрати «Додаткові модулі/Extensions» і поставити відмітку у відповідному місці (рис. 1).

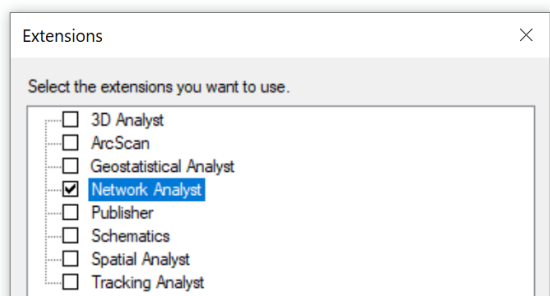


Рис. 1. Активація модуля Network Analyst

За допомогою кнопки  «Вікно Network Analyst» можна ввімкнути та вимкнути вікно модуля Network Analyst (рис. 2).

Наступним етапом є завантаження набору мережевих даних користуючись додатком ArcCatalog у додаток ArcMap, на основі якого будуть виконуватися поставлені завдання за темами представлених лабораторних робіт, а саме набір **Transportation\_ND**, створений на основі класів просторових даних бази **Paris.gdb**. Набір складається з

трьох шарів: *Transportation\_ND\_Junctions*, *Streets*, *Transportation\_ND* (рис.2).

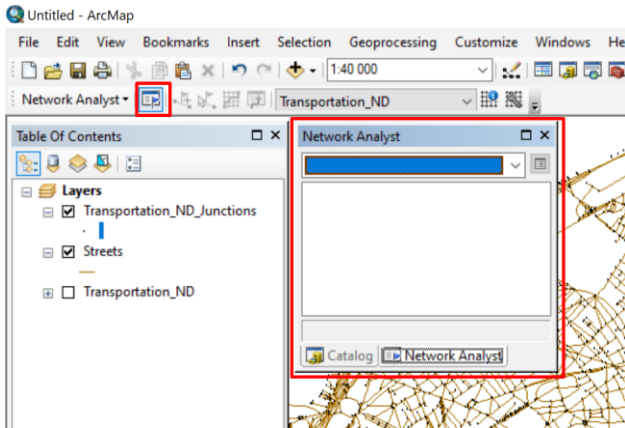


Рис. 2. Інструмент увімкнення/вимкнення вікна *Network Analyst*

Для створення шару аналізу «*Маршрут*» на панелі інструментів *Network Analyst* необхідно натиснути праву кнопку миші на пункті «*Network Analyst*» (рис. 3) та в спадаючому меню вибрати «**Новий маршрут/New Route**».

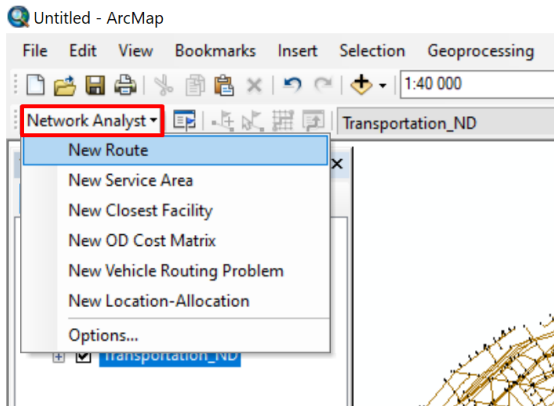


Рис. 3. Створення нового шару аналізу «*Маршрут*»

Шар мережевого аналізу «Маршрут» буде додано у вікно Network Analyst та таблицю змісту ArcMap (рис. 4).

Класи мережевого аналізу: *Зупинки/Stops*, *Маршрути/Routes*, *Бар'єри/Barriers* (Point/точкові, Line/лінійні, Polygon/полігональні) – пусті.

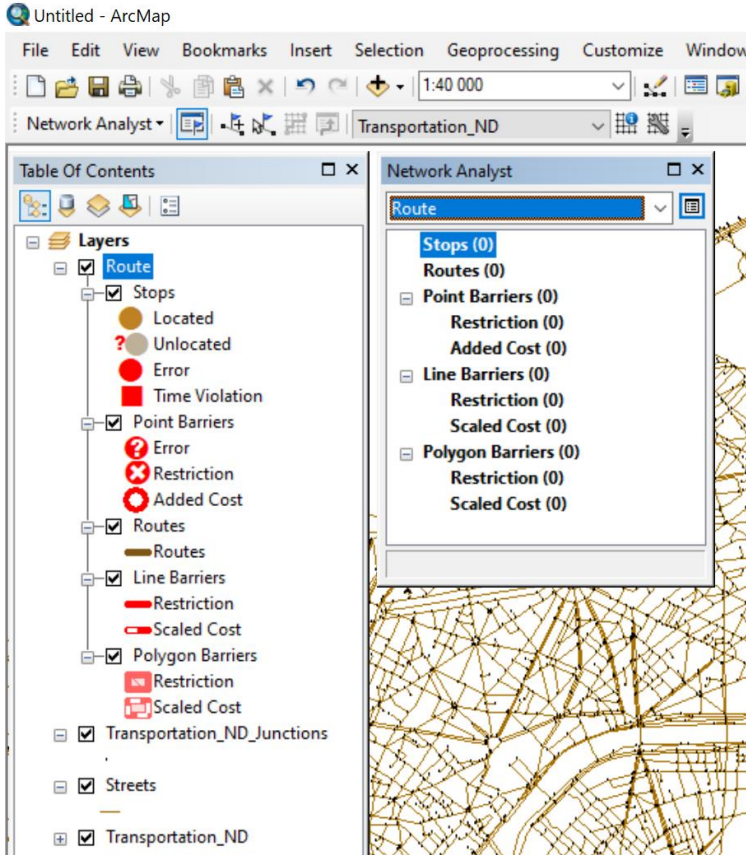


Рис. 4. Вигляд вікна Network Analyst та таблиці змісту ArcMap при розв'язку задачі «Маршрут»

Наступним етапом є додавання зупинок маршруту на карті.

У вікні Network Analyst необхідно обрати пункт «Зупинки/Stops» і за допомогою інструмента «Створення мережевого розташування», що знаходиться на панелі інструментів Network Analyst шляхом натискання лівої кнопки миші, створити декілька об'єктів на карті. Ці об'єкти будуть зупинками, через які буде прокладено маршрут. Вони автоматично додаються в активний клас мережевого аналізу, у даному випадку було створено три зупинки (рис. 5).

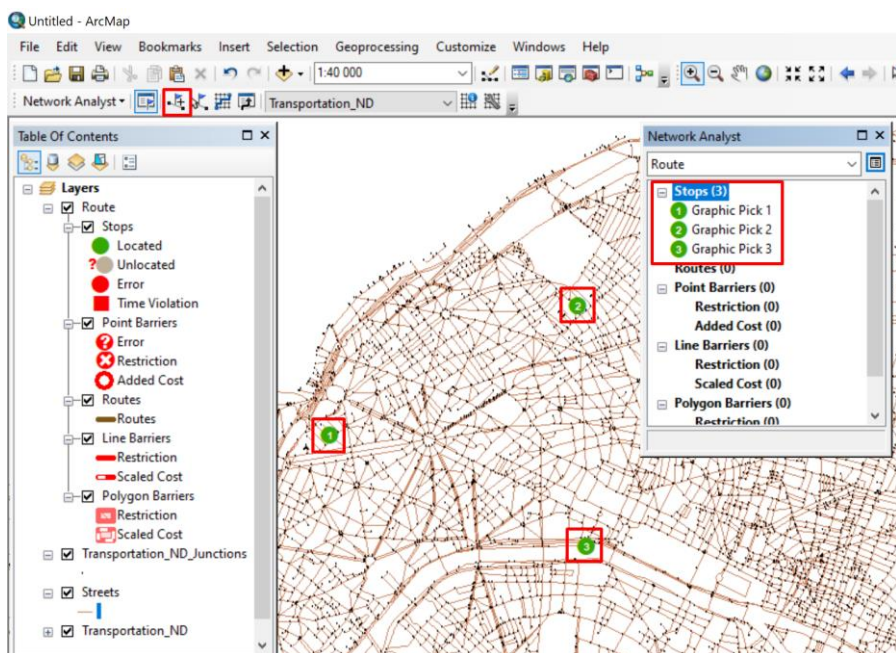




Рис. 5. Додавання об'єктів мережевого аналізу


Перша точка розглядається як початок, а остання – як пункт призначення. Послідовність зупинок може бути змінена шляхом вибірки певної зупинки лівою кнопкою миші у вікні Network Analyst та перенесенням її в іншу позицію списку (вище чи нижче). Зупинка залишається вибраною доти, доки не буде додана або вибрана інша зупинка, або поки не відмінено (знято) вибірку.

Якщо зупинка знаходиться далі ніж на 5 км від найближчого сегменту вулиці, то вона помічається –  і така зупинка не буде братися до уваги під час аналізу.

Щоб перемістити зупинку, слід на панелі інструментів Network Analyst обрати інструмент . «**Вибір/Пересування об'єкту мережевого розташування**», помітити необхідну зупинку в вікні Network Analyst, натиснути на ній на карті та перемістити у нове місце.

Для подальшого виконання завдання необхідно налаштувати параметри для пошуку оптимального маршруту.

У налаштуваннях необхідно вказати, що маршрут буде вираховуватися на основі часу переміщення (хвилини) та потрібно дотримуватися обмежень одностороннього руху.

Для встановлення параметрів аналізу необхідно натиснути на кнопку  «**Властивості маршруту /Route Properties**» у вікні Network Analyst (рис. 6).

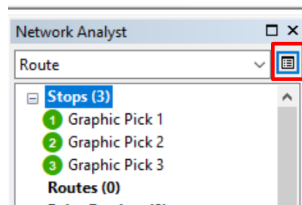


Рис. 6. Перехід до налаштування параметрів аналізу

Відкриється діалогове вікно, де слід перейти на закладку «**Налаштування аналізу/Analysis Settings**» (рис. 7).

У налаштуваннях шару аналізу *Маршрут* необхідно вказати, що:

- *Імпеданс/Impedance* визначено як **Час руху в хвилинах/Minutes**;
- *Розвороти у з'єднаннях/ U-Turns at Junctions* – **Дозволено/ Allowed**;
- *Тип вихідної геометрії/Output Shape Type* – як **Істинна форма/True Shape**;



- слід ігнорувати некоректно задані місця розташування – **Ignore Invalid Locations**;
  - у розділі *Обмеження* відмітити **Oneway**;
  - у розділі *Шляховий лист/Directions*: параметр *Одиниці вимірювання/Distance Units* вказати значення **Meters**; відмітити опцію *Використовувати атрибут часу/Use Time Attribute*; Атрибут часу – **Час руху в хвилинах/Minutes**.
- Натиснути «Ок».

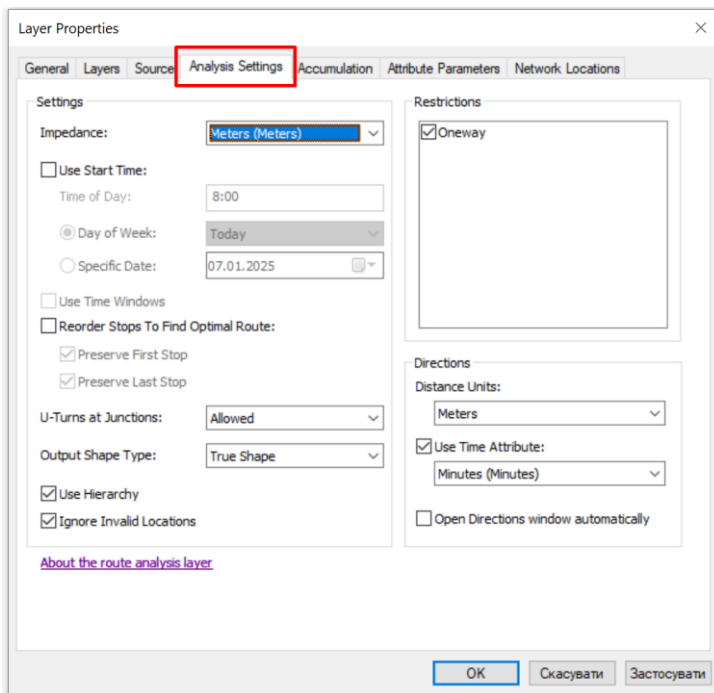



Рис. 7. Налаштування параметрів аналізу


Діалогове вікно «Налаштування аналізу» повинно мати вигляд, як на рис. 7, проте деякі властивості можуть бути іншими, наприклад, імпеданс.

Обчислення найкращого маршруту відбувається натисканням на панелі інструментів Network Analyst кнопки  «Розрахунок/Solve».

Об'єкт мережевого аналізу *Маршрут* з'явиться у вікні карти та Network Analyst під класом *Маршрути/Routes (1)* (рис. 8).



Рис. 8. Результат пошуку оптимального маршруту

На панелі інструментів Network Analyst необхідно натиснути кнопку  «Шляховий лист (або Вікно напрямків)». Відкриється діалогове вікно «Напрямки/Directions (Route)». При натисканні на посилання із назвою «Карта/Map» на крайньому правому стовпці вікна відобразиться карта-врізка частини маршруту (рис. 9).

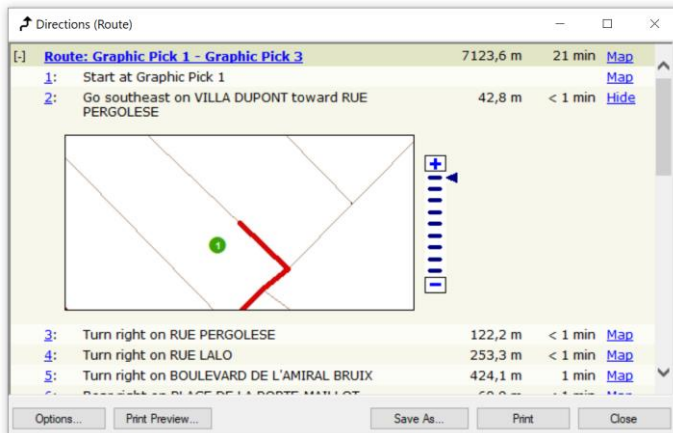


Рис. 9. Діалогове вікно напрямків маршруту

Якщо на побудованому маршруті сталася деяка подія (наприклад, автомобільна аварія), то внести зміни до нього і знайти новий, можна шляхом додавання бар'єру на цей маршрут. Для цього в меню *Вікна/Windows* натиснути на «*Збільшувач/Magnifier*» (рис. 10). Перемістити відкрите вікно збільшувача на ту частину маршруту, куди потрібно додати бар'єр.

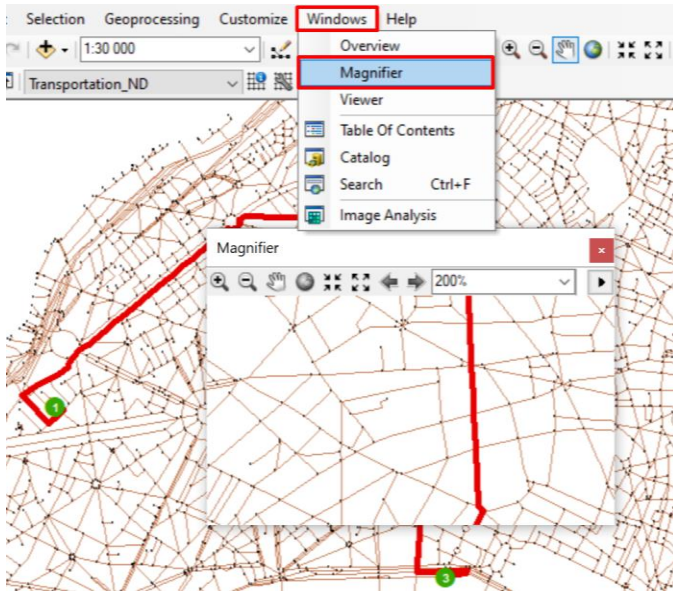


Рис.10. Діалогове вікно Збільшувача

У вікні Network Analyst необхідно зробити активним клас «*Точкові бар'єри /Point Barriers*». За допомогою інструмента «*Створення мережевого розташування*», що знаходиться на панелі інструментів Network, шляхом натискання лівої кнопки миші, необхідно вказати місцерозташування бар'єра на карті (рис. 11).

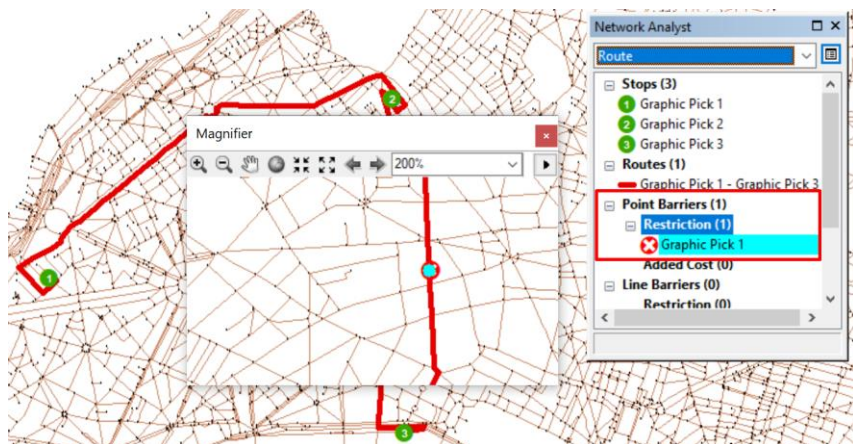



Рис. 11. Додавання бар'єру на маршрут

Розрахунок нового маршруту відбувається за допомогою інструменту  «Розрахунок /Solve» на панелі інструментів Network Analyst. Альтернативний маршрут розраховано для обходу бар'єру та представлено на рис. 12.

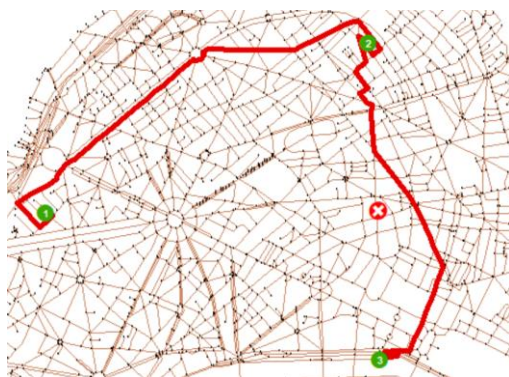


Рис. 12. Новий розрахований маршрут

Закрити вікно Збільшувача.

Якщо необхідно зберегти даний шар аналізу, тоді у вікні Network Analyst (рис. 13) необхідно натиснути праву кнопку миші на

«Маршрути/Routes (1)» та вибрати команду з контекстного меню «Експорт даних/Export Data».

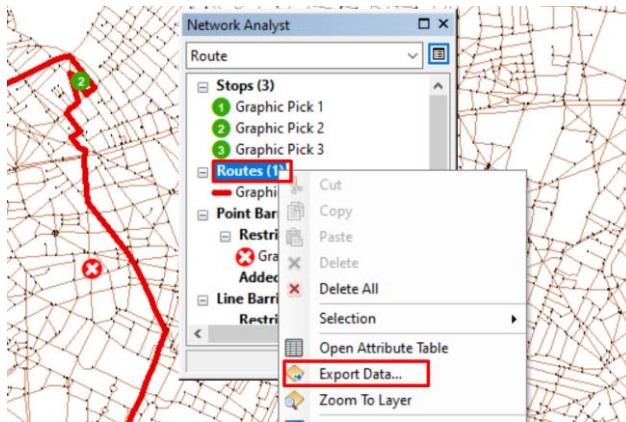


Рис. 13. Збереження шару аналізу «Маршрут»

У діалоговому вікні, що з'явиться, в текстовому полі «Вихідний клас об'єктів/Output feature class» вказати шлях та місце для збереження результатів.

Натиснути «Ок».


## 2. Пошук та аналіз найближчих пунктів обслуговування

*Мета роботи:* навчити студентів виконати пошук та аналіз найближчого пункту обслуговування.

*Завдання:* знайти чотири пожежні частини, які можуть найшвидше надати допомогу за вказаною адресою у разі виникнення там пожежі. Необхідно також створити маршрути і напрямки руху, яких повинні дотримуватися пожежники.

### Порядок виконання роботи

Перед початком роботи необхідно активувати модуль Network Analyst. Для цього на панелі інструментів у розділі «*Налаштування/Customize*» необхідно обрати «*Додаткові модулі/Extensions*» і поставити відмітку у відповідному місці (рис. 1, попереднє завдання).

За допомогою кнопки  «*Вікно Network Analyst*» можна ввімкнути та вимкнути вікно модуля Network Analyst (рис. 2, попереднє завдання).

Наступним етапом є завантаження набору мережевих даних за допомогою додатку ArcCatalog в додаток ArcMap, на основі якого будуть виконуватися поставлені завдання, а саме набору **Streets\_ND**. Він створений на основі класів просторових даних у наборі **Transportation** бази *SanFrancisco.gdb*. Набір складається з наступних шарів: *Streets\_ND\_Junctions*, *RestrictedTurns*, *Streets\_ND\_Signposts*, *Streets*, *Streets\_ND* (рис.14). Також необхідно додати пункти обслуговування із шару точкових просторових об'єктів «*FireStations*», які представляють пожежні частини. Дану інформацію завантажуюмо з тієї ж бази даних з набору **Analysis** (рис. 14).

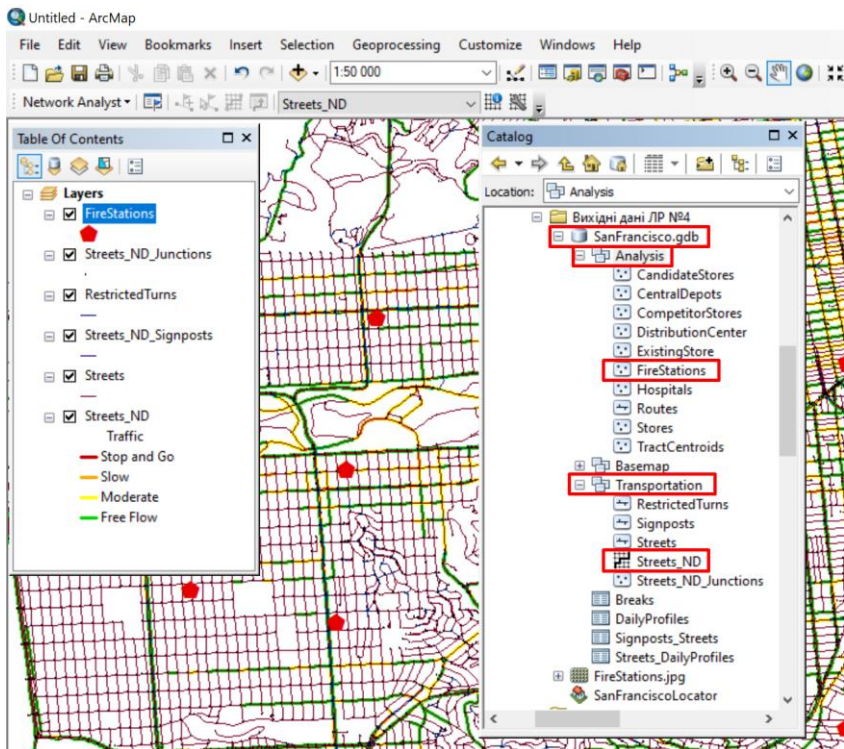


Рис. 14. Завантаження вхідної інформації в ArcMap

Для створення шару аналізу «*Маршрут*» на панелі інструментів Network Analyst необхідно натиснути праву кнопку миші на пункті «*Network Analyst*» (рис. 15) та в спадаючому меню вибрати «**Новий найближчий пункт обслуговування /New Closest Facility**».

Шар мережевого аналізу «Новий найближчий пункт обслуговування» буде додано у вікно Network Analyst та таблицю змісту ArcMap (рис. 16).

Класи мережевого аналізу у вікні Network Analyst: *Пункти обслуговування /Facilities*, *Події /Incidents*, *Маршрути /Routes*, *Бар'єри /Barriers* – порожні.

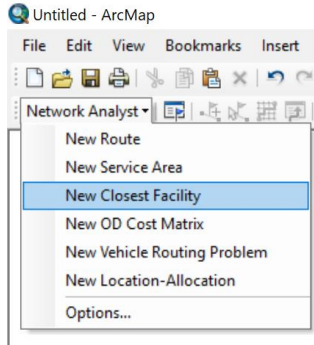


Рис. 15. Створення нового шару аналізу «Новий найближчий пункт обслуговування»

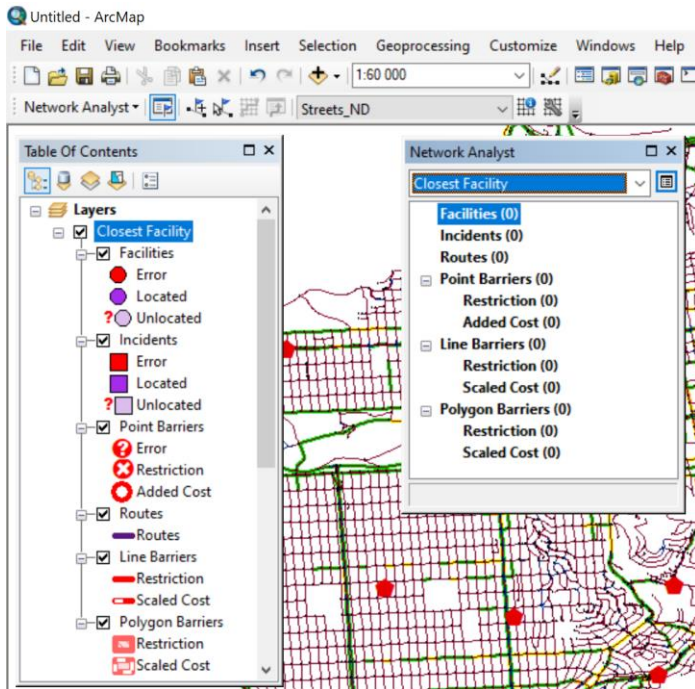


Рис. 16. Вигляд шару аналізу «Найближчий пункт обслуговування» у вікні Network Analyst та у таблиці змісту ArcMap



Далі необхідно завантажити пункти обслуговування із шару точкових просторових об'єктів, які представляють пожежні частини.

У вікні Network Analyst натиснути правою кнопкою миші на «Об'єкти /Facilities (0)» та обрати «Завантажити розташування /Load Locations». Відкриється відповідне діалогове вікно. В списку «Завантажити з/Load From» вибрати «Пожежні частини /FireStations» (рис. 17).

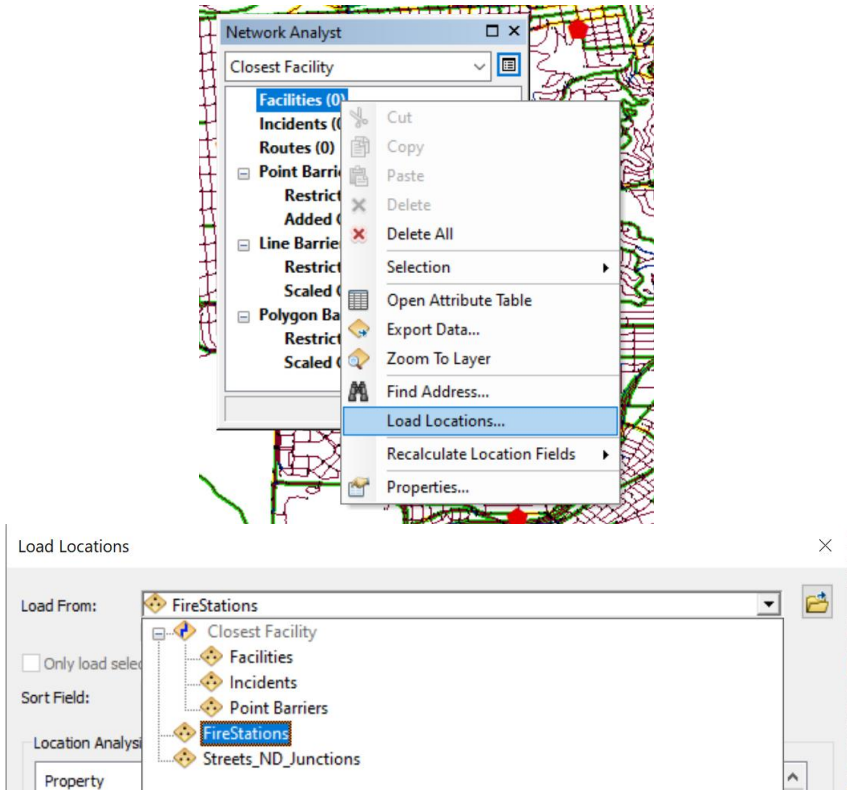


Рис. 17. Завантаження пунктів обслуговування

Сорок три пожежні частини буде відображено на карті, як пункти обслуговування, і приведено в списку вікна Network Analyst (рис. 18).

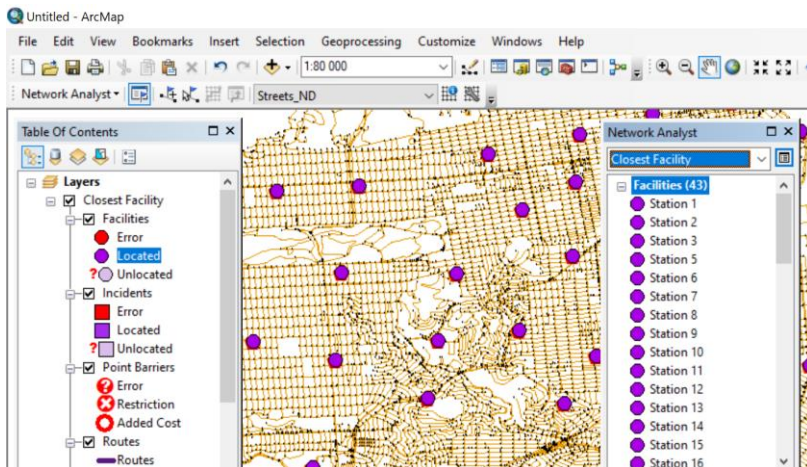


Рис. 18. Відображення пунктів обслуговування на карті та у вікні Network Analyst (фрагмент)

Наступним кроком є додавання інциденту шляхом геокодування адреси отриманої з екстреного виклику.

У вікні Network Analyst необхідно натиснути правою кнопкою миші на пункті «Інциденти /Incidents (0)» і вибрати команду «Знайти адресу /Find Address» (рис. 19).

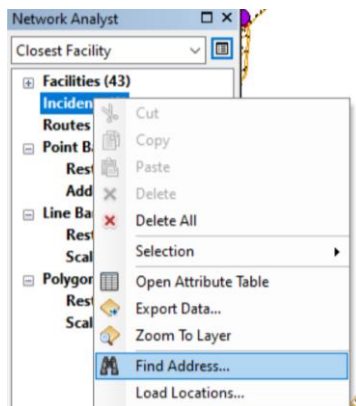


Рис. 19. Інструмент пошуку об'єкта на карті за його адресою

Відкриється діалогове вікно «*Знайти /Find*» (рис. 20). Переконайтеся, що вибрано локатор адрес «*SanFranciscoLocator*» у списку «*Вибір локатора /Choose a locator*». В іншому випадку вкажіть його місце розташування. Він знаходиться у папці, де знаходиться і сама база даних SanFrancisco.gdb. У текстовому вікні «*Повна адреса/Full address*» необхідно ввести адресу інциденту (виникнення пожежі): *1202 Twin Peaks Blvd*.

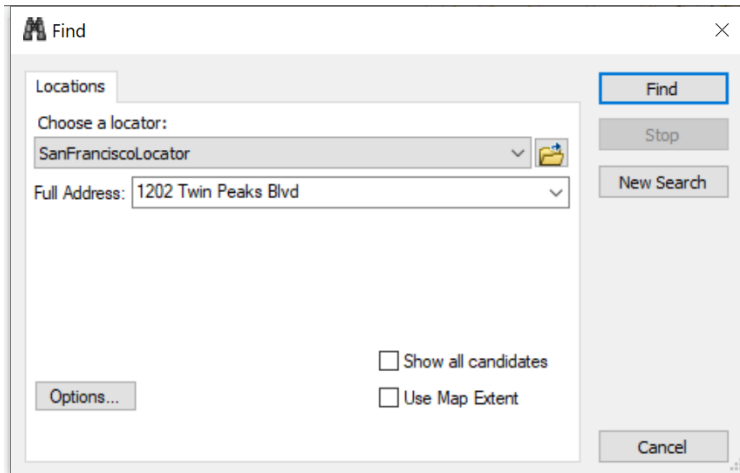


Рис. 20. Діалогове вікно завантаження адреси інциденту

Натиснути «**Знайти**».

Місце розташування буде знайдено з даною адресою і вказано в списку у вигляді рядка у нижній частині таблиці діалогового вікна «*Знайти /Find*». Далі необхідно натиснути правою кнопкою миші на цьому рядку і вибрати команду «*Додати як об'єкт мережевого аналізу /Add as Network Location*» (рис. 21). Вказану адресу буде використано для знаходження місцерозташування інциденту, який буде відображений на карті та у вікні Network Analyst (рис. 22).

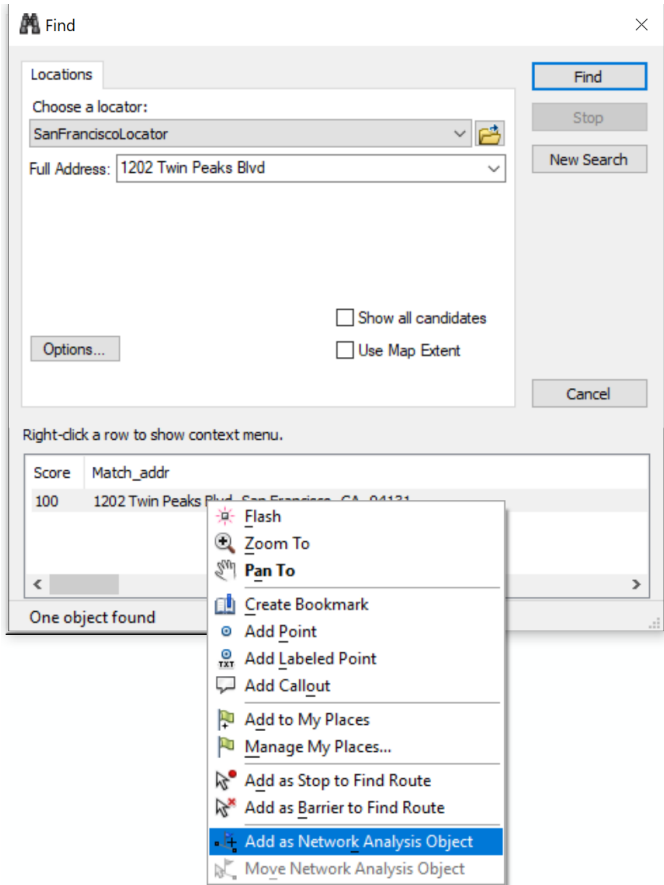


Рис. 21. Діалогове вікно завантаження адреси інциденту  
Закрити діалогове вікно «Знайти».

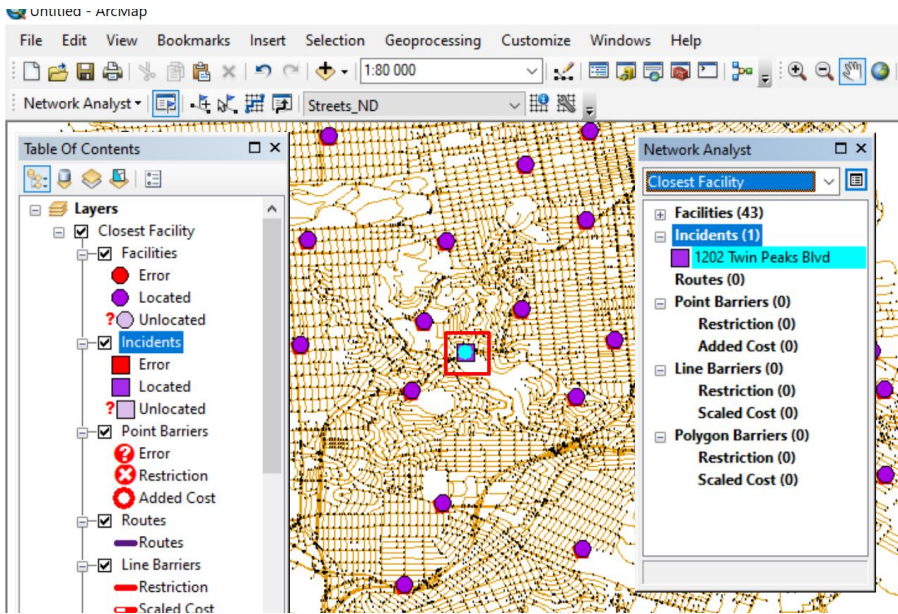


Рис. 22. Відображення інциденту на карті та у вікні Network Analyst

Для встановлення параметрів аналізу необхідно натиснути лівою кнопкою миші на кнопку «Властивості найближчого пункту обслуговування /Closest Facility Properties» у вікні Network Analyst (рис. 23).

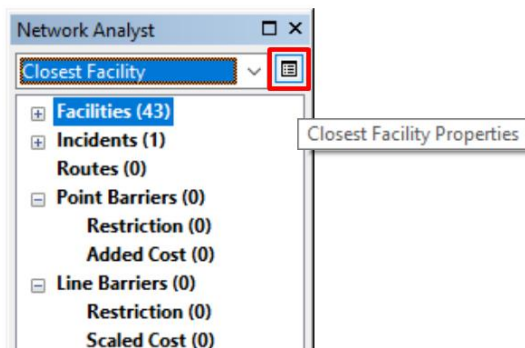


Рис. 23. Перехід до налаштування параметрів аналізу

Відкриється діалогове вікно, у якому слід перейти на закладку «**Налаштування аналізу/Analysis Settings**» (рис. 24).

У налаштуваннях шару аналізу «Найближчий пункт обслуговування» необхідно:

- *Імпеданс/Impedance* вказати як **Час руху в хвилинах/Minutes**;

- у текстове поле «*Граничне значення за замовчуванням /Default Cutoff Value*» ввести **число 3**: ArcGIS буде проводити пошук пожежних частин, розташованих в трьох хвилинах їзди до пожежі на бульварі Твін Пікс (Twin Peaks Boulevard). Частини, розташовані за межами цього проміжку часу, ігноруються;

- задати в полі «*Шукані об'єкти /Facilities to Find*» **число 4**: ArcGIS буде проводити пошук максимум чотирьох пожежних частин, розташованих поруч із місцем пожежі. Однак трихвилинне обмеження все ще застосовується; тому, якщо тільки три пожежних частини будуть перебувати в трьох хвилинах їзди, то четверта пожежна частина знайдена не буде;

- вибрати **Пункт обслуговування до інциденту /Facility to Incident** для напрямку *Слідувати від /Travel From*: результати пошуку залежать від розташування пожежних частин, завантажених у вигляді пунктів обслуговування. Це імітує пересування пожежних машин від розташування пожежних частин до місця пожежі (інциденту);

- *Развороту у з'єднаннях/ U-Turns at Junctions* – **Дозволено/ Allowed**;

- *Тип вихідної геометрії/Output Shape Type* – як **Істинна форма/True Shape**;

- зняти позначку *Використовувати ієрархію/Use Hierarchy*;

- відмітити *Ігнорувати некоректно задані місця розташування /Ignore Invalid Locations*;

- в рамці **Обмеження** відмінити *Oneway* (пожежні машини мають право не дотримуватися правил дорожнього руху в разі екстреного виїзду);

- у розділі *Шляховий лист/Directions*: параметр *Одиниці вимірювання/Distance Units* вказати значення **Meters**; відмітити опцію *Використовувати атрибут часу/Use Time Attribute*; Атрибут часу – **Час руху в хвилинах/Minutes**.

Натиснути «**Ок**».

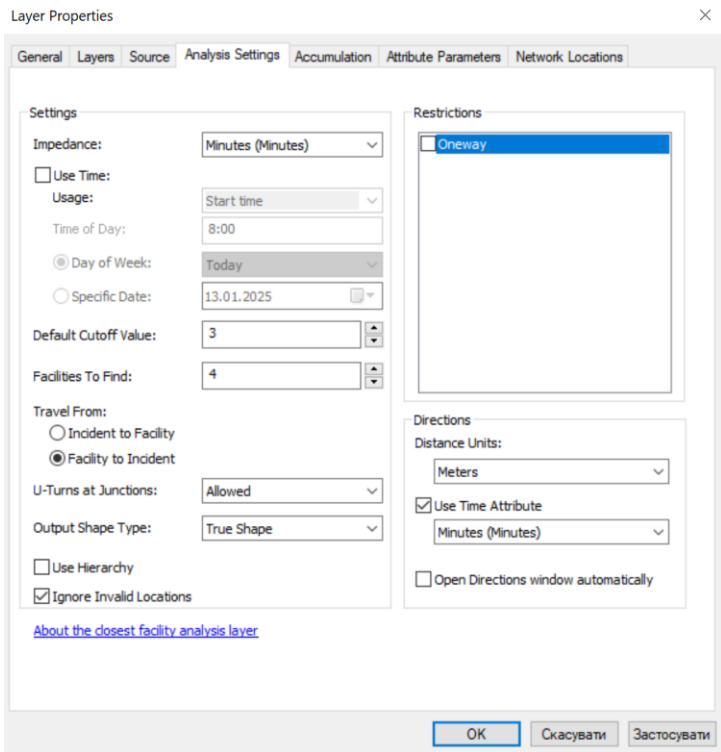



Рис. 24. Налаштування параметрів аналізу

Визначення найближчих пунктів обслуговування відбувається натисканням на панелі інструментів Network Analyst кнопки  «Розрахунок/Solve».

Маршрути з'являться на карті та у вікні ArcGIS Network Analyst під класом «Маршрути/Routes» (рис. 25).

Зверніть увагу, що було знайдено лише три пункти обслуговування в межах 3-хвилинного граничного значення.

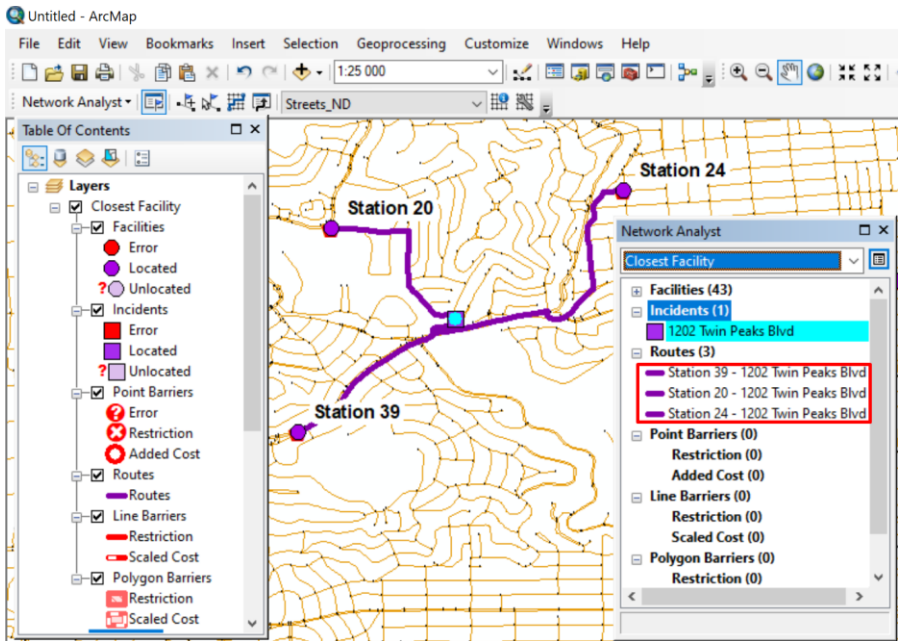



Рис. 25. Результат розрахунку найближчого пункту обслуговування

Для формування дорожнього листа на панелі інструментів Network Analyst необхідно натиснути кнопку  «Шляховий лист (або Вікно напрямків)». Відкриється діалогове вікно «Напрямки/Directions (Closest Facility)». Інформація про напрямки руху від кожної пожежної частини до іциденту знаходиться у даному вікні (рис. 26).

Задачу розрахунку найближчого пункту обслуговування можна ускладнити, додавши ще один інцидент або бар'єр на маршрут.

Якщо необхідно зберегти даний шар аналізу, тоді в вікні Network Analyst необхідно натиснути праву кнопку миші на «Маршрути/Routes (3)» та вибрати команду з контекстного меню «Експорт даних/Export Data» (рис.13, попереднє завдання). У діалоговому вікні, що виникне, в текстовому полі «Вихідний клас об'єктів/Output feature class» вказати шлях та місце для збереження результатів.

Натиснути «Ок».



Directions (Closest Facility) - □ ×

<b>[-] Route: Station 39 - 1202 Twin Peaks Blvd</b>	1005,3 m	1 min	<a href="#">Map</a>
1: Start at Station 39			<a href="#">Map</a>
2: Go northeast on Portola Dr toward Rex Ave	805,1 m	1 min	<a href="#">Map</a>
3: Turn left on Twin Peaks Blvd	200,2 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
4: Finish at 1202 Twin Peaks Blvd			<a href="#">Map</a>
Total time: 1 min Total distance: 1005,3 m			
<b>[-] Route: Station 20 - 1202 Twin Peaks Blvd</b>	993,9 m	1 min	<a href="#">Map</a>
1: Start at Station 20			<a href="#">Map</a>
2: Go east on Olympia Way toward Dellbrook Ave	348,3 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
3: Turn right on Panorama Dr	632,9 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
4: Turn right on Twin Peaks Blvd	12,8 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
5: Finish at 1202 Twin Peaks Blvd			<a href="#">Map</a>
Total time: 1 min Total distance: 993,9 m			
<b>[-] Route: Station 24 - 1202 Twin Peaks Blvd</b>	1680,1 m	3 min	<a href="#">Map</a>
1: Start at Station 24			<a href="#">Map</a>
2: Go west on Alvarado St toward Grand View Ave	90,9 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
3: Turn left on Grand View Ave	584,1 m	1 min	<a href="#">Map</a>
4: Turn right on Clipper St	210,5 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
5: Continue on Diamond Heights Blvd	109,8 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
6: Turn left on Portola Dr	536,2 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
7: Turn right on Twin Peaks Blvd	148,5 m	< 1 min	<a href="#">Map</a>
8: Finish at 1202 Twin Peaks Blvd			<a href="#">Map</a>
Total time: 3 min Total distance: 1680,1 m			

Options... Print Preview... Save As... Print Close

Рис. 26. Діалогове вікно Напрями /Directions

## Перелік рекомендованої літератури

1. Світличний О. О. Основи геоінформатики : навч. посібн. Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. 293 с.
2. Петренко О. Я. Створення та аналіз мережевих даних засобами ArcGIS : навч. посібн. Київ : ПДО, 2018. 96 с.
4. Що таке додатковий модуль ArcGIS Network Analyst?: веб-сайт. URL:  
<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/network-analyst/what-is-network-analyst-.htm>
5. Посібник користувача з додаткового модуля ArcGIS Network Analyst: веб-сайт. URL:  
<https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/extensions/network-analyst/about-the-network-analyst-tutorial-exercises.htm>