

Геоінформаційні системи на автомобільному транспорті

Методичні вказівки
до виконання
лабораторних, практичних
робіт та самостійної роботи
студентів

Методичні вказівки
до виконання
лабораторних, практичних робіт та самостійної
роботи для підготовки бакалаврів
зі спеціальності 275"Транспортні технології
(за видами)" ,
спеціалізація 275.03"Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)"

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 СТВОРЕННЯ НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ.....	5
2 СТВОРЕННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ.....	15
3 ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ.....	32
4 ПОШУК НАЙБЛИЖЧОЇ ПОЖЕЖНОЇ ЧАСТИНИ.....	43
5 ОБЧИСЛЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ І СТВОРЕННЯ МАТРИЦІ «ДЖЕРЕЛО-ПРИЗНАЧЕННЯ».....	53
6 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАРШРУТУ.....	72
7 ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ, ЩО НАДІЙШЛИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОПАРКУ.....	84
8 ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПАРНИХ ЗАМОВЛЕНЬ.....	109
9 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ МАГАЗИНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМУ МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ РОЗПОДІЛУ.....	128
10 НАЛАШТУВАННЯ ПОТОЧНОГО РУХУ В НАБОРІ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ.....	144
11 ВИКОНАННЯ МЕРЕЖНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ПРО РУХ.....	161
12 ВИКОНАННЯ МЕРЕЖНОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ АТРИБУТІВ ОБМЕЖЕННЯ.....	170
13 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	180
13.1 Обчислення координат супутника в земній системі з урахуванням збурень від стиснення Землі.....	180
13.2 Визначення координат диференціальним методом GPS.....	189
СПИСОК ДЖЕРЕЛ.....	206

ВСТУП

Дорожнє господарство є однією з найважливіших галузей економіки розвинутої країни. Недарма, автомобільні дороги називаються «кровоносною системою» держави. Вони грають величезну соціально-економічну роль в житті сучасного суспільства.

У провідних країнах світу фінансування дорожнього господарства становить близько 3–4% ВВП (валового внутрішнього продукту) країни. Виняток становлять лише США і Японія, де досить розвинена дорожня мережа і високий рівень ВВП визначають витрати на дорожнє господарство в розмірі 1,1–1,5% ВВП (близько 120 і 80 млрд. дол, відповідно), що більш ніж в 10 разів перевищує цей показник для України.

При цьому в Україні в силу величезної просторової протяжності території транспортні витрати істотно більше за середньосвітові показники.

Автомобільні дороги є дуже капіталомісткими, але в той же час і дуже рентабельними спорудами. Відомо, що кожна гривня, вкладена в автомобільні дороги, в перспективі багаторазово (3–5) повертається в різних інших галузях економіки за рахунок зниження транспортних (логістичних) витрат, зниження аварійності, підвищення рухливості населення. Крім того, розвиток мережі автомобільних доріг регіону несе в собі важливий соціальний ефект у вигляді забезпеченості населення медичними, освітніми, культурно – побутовими послугами. Сьогодні наявність розвинутої мережі автомобільних доріг є важливим фактором інвестиційної привабливості регіону.

Однією з особливостей дорожнього господарства в порівнянні з іншими галузями економіки є те, що її основні споруди (автомобільні і міські дороги) є складними інженерними лінійно-протяжними спорудами з яскраво вираженою географічною природою. У зв'язку з цим основна технічна документація по автомобільним дорогам повинна представлятися графічно на картографічній основі або у вигляді умовних схем і креслень.

Все це зумовлює вид комп'ютерних технологій, що використовуються для управління автомобільними дорогами на різних етапах їх життєвого циклу. Всі етапи циклу дороги між собою пов'язані логічними і функціональними зв'язками, які можуть мати і циклічний характер.

1 СТВОРЕННЯ НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ

Щоб створити набір мережних даних у базі геоданих, необхідно використати об'єкти «Повороти» й «Вулиці» Сан-Франциско. Потрібно також включити дані історії трафіку, щоб розрахувати маршрути, які обумовлюються часом.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь яке місце. Однак зручніше витягнути їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Створення набору мережних даних

Кроки:

1. Щоб запустити ArcCatalog, виберіть **Пуск (Start)> Усі програми (All Programs)> ArcGIS> ArcCatalog 10.1**.

2. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючі такі дії:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

3. На панелі інструментів **Стандартні (Standard)** натисніть кнопку **Підключитися до папки (Connect To Folder)**

Відкриється діалогове вікно **Підключитися до папки (Connect to Folder)**.

4. Перейдіть до папки з навчальними матеріалами модуля Network Analyst.

Місце розташування за замовчуванням для навчальних матеріалів – C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

5. Натисніть OK.

Ярлик для цієї папки буде додано до **Дерево каталогу (Catalog Tree)** під заголовком **Підключення до папок (Folders Connection)**.

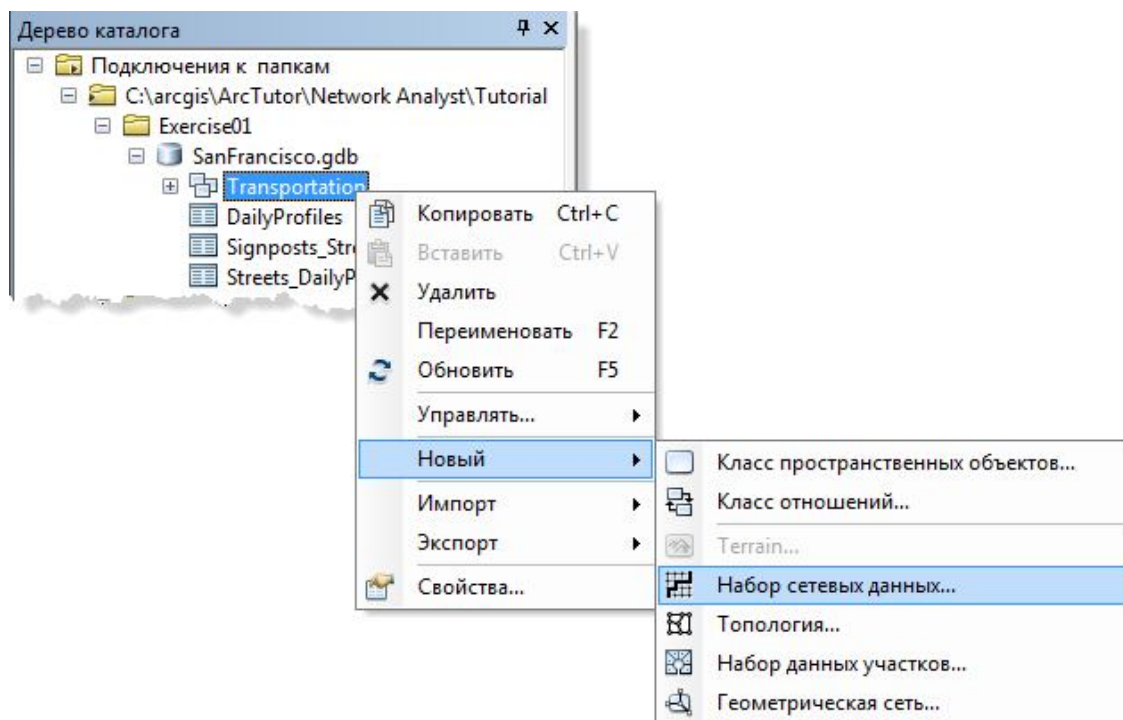


6. У дереві каталогу (Catalog Tree) розгорніть вузол ... \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial> Вправа01 (Exercise01)> SanFrancisco.gdb.

7. Клацніть на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)**.

Класи просторових об'єктів, що містяться в наборі класів об'єктів, перераховані на закладці **Зміст (Contents)** в ArcCatalog.

8. Клацніть правою кнопкою на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)** і клацніть на **Новий (New)> Набір мережних даних (Network Dataset)**.



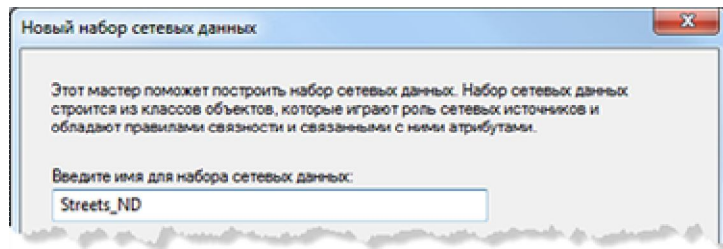
Відкривається майстер створення **Нового набору мережних даних (New Network Dataset)**.

Примітка

Для відкриття майстра створення **Нового набору мережних даних (New Network Dataset)** в базі геоданих клацніть правою кнопкою наборі класів об'єктів, який містить вихідні класи об'єктів (наприклад вулиці) і виберіть **Створити (New)> Набір мережних даних (Network Dataset)**. Для створення набору мережних даних на основі шейп-файлу клацніть правою кнопкою на самому шейп-файлі Вулиці (не на робочій області, яка містить шейп-файл) і виберіть **Новий (New)> Набір мережних даних (Network Dataset)**.

Причина відмінності полягає в тому, що мережі бази геоданих дозволяють використовувати різні джерела, які збережені в наборі класів об'єктів для створення мультимодальної мережі, водночас як набори мережних даних на базі шейп-файлу здатні до обробки єдиного вихідного класу просторових об'єктів.

9. Введіть *Streets_ND* як назву набору мережних даних.



10. Опція **Виберіть версію набору мережних даних (Choose a version for your network dataset)** має бути встановлена на останню версію.

Ця опція зручна під час розміщення набору мережних даних для доступу користувачів, що мають раніші версії системи ArcGIS. Вони зможуть відкрити набір мережних даних, створений і розташований для загального доступу, якщо буде обраний номер версії, менший або який дорівнює номеру їхньої версії ArcGIS. Недоліком такого вибору буде те, що в новий набір мережних даних неможливо буде включити функціональні можливості, що з'явилися в нових версіях ArcGIS – елементи управління для додавання цих функцій у майстрові **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)** будуть неактивні. Якщо немає необхідності розміщувати набір мережних даних для загального доступу, або якщо користувачі, які матимуть доступ до нього, мають такі само версії ArcGIS, то оптимальним буде вибір останньої версії.

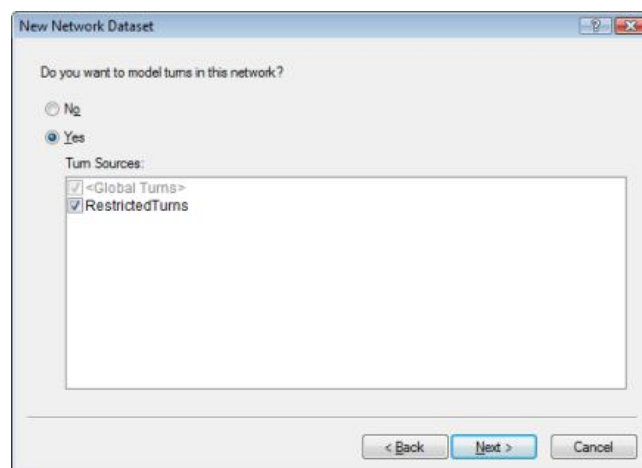
11. Клацніть на **Далі (Next)**.

12. Встановіть параметр класу об'єктів **Вулиці (Streets)**, щоб використовувати його як джерело для набору мережних даних.

13. Клацніть на **Далі (Next)**.

14. Клацніть на **Так (Yes)** для моделювання поворотів у мережі.

15. Поставте відмітку **Обмежені повороти (RestrictedTurns)** для використання цього джерела об'єктів поворотів. Опція **<Global Turns> (Глобальні повороти)** вже має бути відзначена. Вона дозволяє вам додавати штрафи за замовчуванням за повороти.



16. Клацніть на **Далі (Next)**.

17. Клацніть на **Зв'язність (Connectivity)**.

Відкриється діалогове вікно **Зв'язність (Connectivity)**. Тут ви можете встановити модель зв'язності для мережі.

Для певного класу об'єктів «Вулиці» вулиці з'єднуються один з одним у кінцевих точках.

18. Переконайтеся, що правила зв'язності **Вулиць (Streets)** встановлені на **Кінцеву точку (End Point)**.

19. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

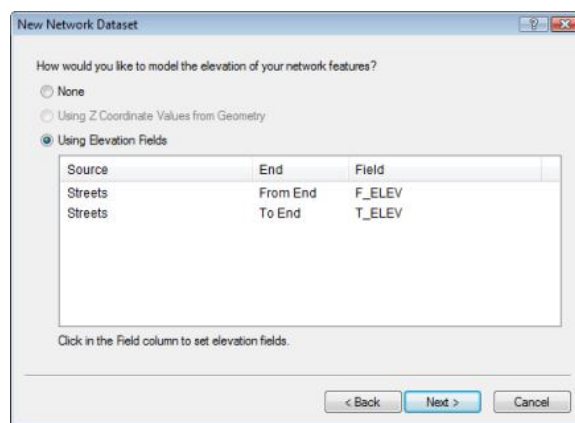
20. Клацніть на **Далі (Next)**.

21. Цей набір даних має поля висот, тому переконайтеся, що обрана опція **Використання полів висот (Using Elevation Fields)**.

Налаштування рельєфу в наборі мережних даних сприяють подальшому визначенню зв'язності мережі. Покажемо це на прикладі. Припустимо, два ребра мають кінцеві точки, що збігаються за координатами X, Y, але з різними висотами (одна кінцева точка розташована вище іншої). До того ж, припустимо, що політика зв'язності встановлена для Кінцевих точок (Endpoint). Якщо висоти точок значення не мають, то ребра мають з'єднання. З іншого боку, якщо висоти приймаються в розрахунок, то вони не будуть мати з'єднання.

Є два способи моделювання рельєфу: із застосуванням істинних значень висот геометрії або із застосуванням логічних значень висот у полях висот.

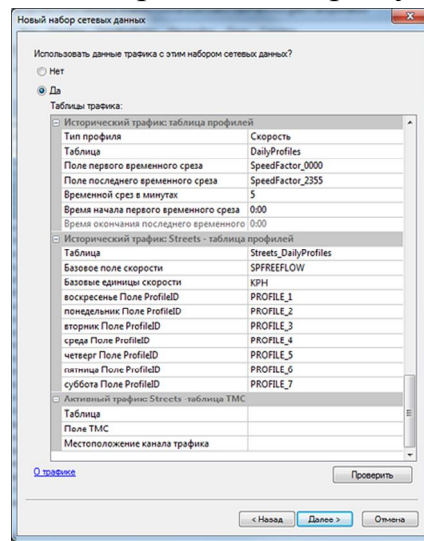
Клас об'єктів «**Вулиці**» має логічні значення висот, збережені у вигляді цілих чисел у полях **F_ELEV** і **T_ELEV**. Якщо, наприклад, дві співпадаючі кінцеві точки мають значення висоти полів 1, то ребра з'єднуються. Однак якщо одна з кінцевих точок має значення 1, а інша співпадаюча точка має значення **0 (нуль)**, ребра не зливаються. Network Analyst розпізнає назви полів у цьому наборі даних і автоматично завдає їх на карту, як показано на наступній ілюстрації (Функцію полів висот можуть виконувати тільки цілочисельні поля).



22. Клацніть на Далі (Next).

Ви можете налаштувати дані трафіку через цю сторінку майстра. Дані трафіку дозволяють знайти оптимальні маршрути з огляду час та день тижня. Наприклад, оптимальний маршрут із точки А в точку В о 8 год 30 хв в середу (в пікові години) може відрізнятись від оптимального маршруту між тими самими точками о 13 год у неділю. Навіть якщо шлях однаковий, час досягнення місця призначення може розрізнятися.

База геоданих Сан-Франциско містить дві таблиці, в яких зберігаються дані трафіку: DailyProfiles і Streets_DailyProfiles. Ці таблиці були створені у такий спосіб, щоб Network Analyst міг розпізнати значення кожної таблиці й автоматично використовувати історичні дані про вуличний рух.

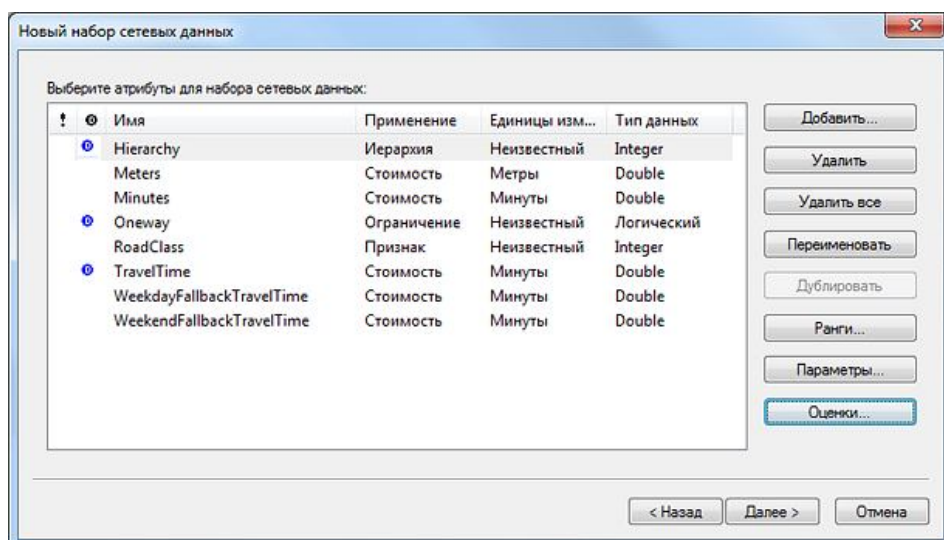


Примітка

Цей набір даних не включає інформацію, необхідну для налаштування поточних даних трафіку; однак, у вправі 10 вона є.

23. Клацніть на Далі (Next).

Відображена сторінка налаштування атрибутів мережі.



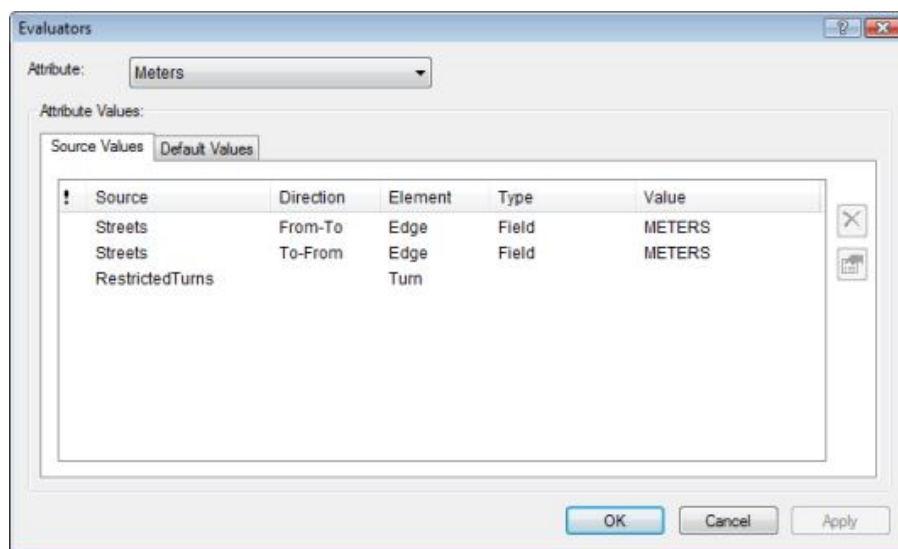
Мережні атрибути – це властивості мережі, що описують навігацію в ній. Типовими прикладами є атрибути вартості, які виконують функцію імпедансів у мережі, і атрибути обмеження, які забороняють прохід в обох напрямках або в одному напрямі (наприклад у випадку доріг з одностороннім рухом).

Програма Network Analyst аналізує вихідні класи просторових об’єктів на предмет наявності в них стандартних полів, таких як Meters (Метри), Minutes (Хвилини) (FT_Minutes і TF_Minutes залежно від напрямку) або Oneway (Одностороння дорога). Якщо такі поля будуть виявлені, будуть автоматично створені відповідні мережні атрибути, пов’язані з цими полями (результати цього процесу можна побачити, клацнувши на **Оцінки (Evaluators)**).

Network Analyst автоматично встановлює вісім атрибутів для даних Сан-Франциско: Hierarchy, Meters, Minutes, Oneway, RoadClass, TravelTime, WeekdayFallbackTravelTime і WeekendFallbackTravelTime. Він також створює блоки оцінки для цих атрибутів.

24. Клацніть на рядку **Метри (Meters)** для вибору, потім клацніть на **Оцінки (Evaluators)**, щоб вивчити, як визначені значення атрибутів мережі.

Відкриється діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)**.



У таблиці на закладці **Значення джерела (Source Values)** наводиться список вихідних класів об’єктів. Лінійні вихідні класи об’єктів, які стають елементами ребер у наборі мережних даних, перераховуються двічі: один раз для напрямку «з – в» і ще раз для напрямку «в – з» (напрями щодо оцифрованого вихідного лінійного об’єкта). Стовпець **Тип (Type)** відображає тип оцінки, використовуваної для обчислення значень атрибутів мережі. Стовпець **Значення (Value)** містить інформацію, необхідну для оцінки, щоб обчислити значення атрибутів.

25. Зі списку **Атрибут (Attribute)** виберіть окремо типи атрибутів і вивчіть типи оціночних функцій для вихідних класів об'єктів.

26. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

Далі можна додати новий атрибут для обмеження переміщення по елементах поворотів, створених із класу просторових об'єктів **Обмежені повороти (RestrictedTurns)**.

27. Клацніть на **Додати (Add)**.

Відкриється діалогове вікно **Додавання нового атрибута (Add New Attribute)**.

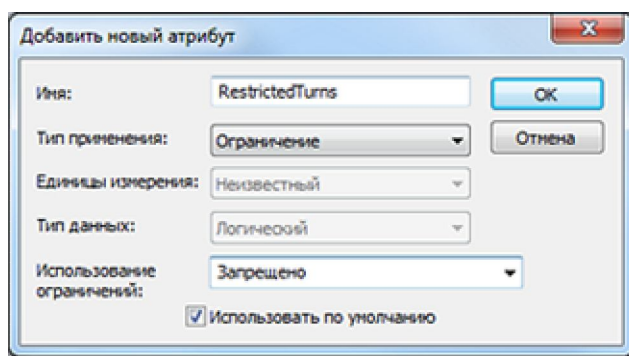
28. Введіть **Обмежені повороти (RestrictedTurns)** у полі **Назва (Name)**.

29. Для **Використовуваний тип (Usage Type)** виберіть значення **Обмеження (Restriction)**.

30. Залиште для **Використання обмеження (Restriction Usage)** значення **Заборонено (Prohibited)**.

Це налаштування забороняє перетин об'єктів поворотів під час аналізу.

Зверніть увагу на те, що повинна бути ввімкнена опція **Використовувати за умовчанням (Use by Default)**. Це обмеження використовується за замовчуванням під час створення нового шару мережного аналізу. Якщо ви бажаєте проігнорувати обмеження під час виконання аналізу, вимкніть його в налаштуваннях аналізу.



31. Натисніть **ОК**.

Новий атрибут, Обмежені повороти, доданий до списку атрибутів. Синій круг з буквою D у середині вказує, що атрибут увімкнений за умовчанням у нових аналізах.

32. Клацніть на **Оцінки (Evaluators)**, щоб призначити значення джерела для нового атрибута.

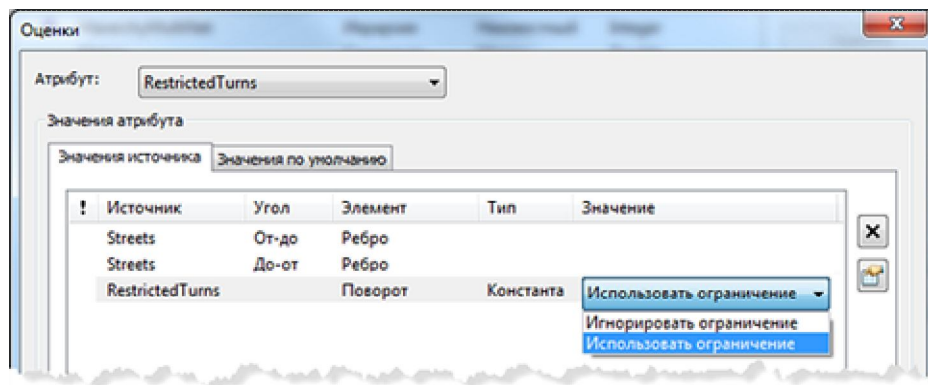
33. Щоб встановити тип оцінки для атрибуту Обмежені повороти (RestrictedTurns) на Постійний (Constant), виконайте такі кроки:

а. У списку **Атрибут (Attribute)** виберіть **Обмежені повороти (RestrictedTurns)**.

б. У рядку **Обмежені повороти (RestrictedTurns)** клацніть під стовпцем на **Тип (Type)** і виберіть **Постійно (Constant)** у спадному списку.

с. Клацніть на стовпці **Значення (Value)** і виберіть **Використовувати обмеження (Use Restriction)**.

Результат повинен виглядати так, як зображено на цьому рисунку:



Тепер за замовчуванням Network Analyst НЕ обходитиметься жоден із об'єктів у класі об'єктів RestrictedTurns. Ця методика є хорошим способом моделювання невірних або небезпечних поворотів, яких ви хотіли б уникнути. Оцінки для джерел вулиць не встановлені, тому вони залишаться прохідними у разі використання обмеження RestrictedTurns.

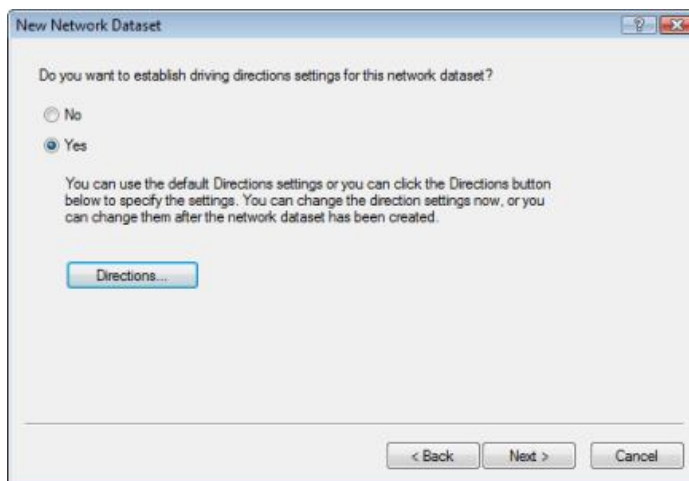
34. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

35. Натисніть правою кнопкою миші на ряд Hierarchy і виберіть **Використовувати за умовчанням (Use By Default)**.

Синій символ видалений з атрибута. Це означає, що під час створення шару аналізу з даними набором мережних даних не буде використана за замовчуванням ієрархія.

36. Клацніть на **Далі (Next)**.

Для налаштування колійного аркуша клацніть на **Так (Yes)**.



37. Клацніть на **Напрями (Directions)**.

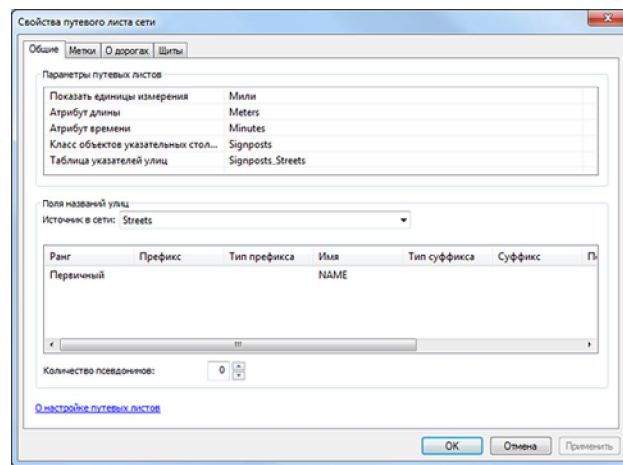
Відкриється діалогове вікно **Властивості подорожнього листа мережі (Network Direction Properties)**.

Тепер варто задати поля для складання подорожнього листа, що входить до числа результатів мережного аналізу.

38. Переконайтеся, що на закладці **Загальні (General)** поле **Назва (Name)** рядки **Первинний (Primary)** автоматично пов'язано з елементом **Назва (NAME)**.

Поле **Назва (NAME)** містить назви вулиць Сан-Франциско, необхідних для генерації напрямів руху.

Результат повинен виглядати так, як зображено на цьому рисунку:

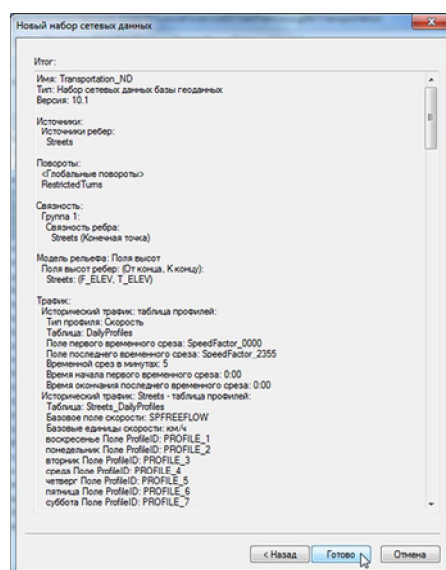


39. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

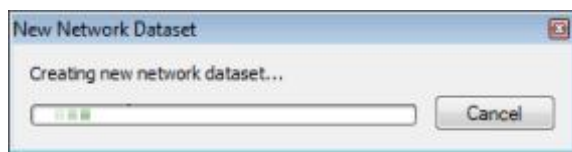
40. Натисніть **Далі (Next)**.

Для перегляду буде відображена підсумкова інформація про усі налаштування.

41. Клацніть на **Готово (Finish)**.



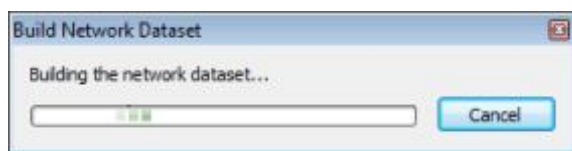
З'являється індикатор процесу, що дозволяє стежити за процесом створення набору мережних даних у модулі Network Analyst.



Після створення мережі система видасть запит на її побудову. У процесі побудови визначаються зв'язані елементи мережі й заповнюються атрибути набору мережних даних. Побудова мережі необхідна перед виконанням будь – яких операцій мережного аналізу.

42. Клацніть на **Так (Yes)**.

З'явиться індикатор процесу побудови набору мережних даних (Build Network Dataset); із закінченням процесу побудови він зникне.



Новий набір мережних даних, Streets_ND, доданий до каталогу ArcCatalog водночас з класом об'єктів системних вузлів, Streets_ND_Junctions.

43. Попередній перегляд набору мережних даних можна провести, клацнувши на назві набору, потім клацнувши на закладці **Перегляд (Preview)**.

Відобразяться ребра, а потім вуличний рух.

44. Закрийте ArcCatalog.

Тепер ви можете додати набір мережних даних в ArcMap і використовувати його для створення шарів мережного аналізу.

Питання для самоконтролю

1. Як створити новий набір мережних даних?
2. Що означає опція «Global Turns»?
3. За яких умов автоматично створені відповідні мережні атрибути?
4. Як встановити тип оцінки для атрибута Обмежені повороти (RestrictedTurns) на Постійний (Constant)?
5. Як подивитися набір мережних даних?

2 СТВОРЕННЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ

У розділі 1 показано, як потрібно створювати мережу для одиничного режиму переміщення; проте мандрівники й пасажери зазвичай використовують декілька моделей переміщення, таких як ходьба пішки, пересування на автомобілі або на поїзді. Товар також переміщається в декількох режимах транспортування – поїздом, судном, вантажним транспортом і авіаперевезенням. Необхідно створити мультимодальний набір мережних даних з декількох класів просторових об’єктів одночасно з набором класів об’єктів.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь-яке місце. Однак зручніше витягнути їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Запуск майстра створення набору мережних даних

Кроки:

1. Щоб запустити ArcCatalog, виберіть **Пуск (Start)> Всі програми (All Programs)> ArcGIS> ArcCatalog 10.1**.

2. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

а. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно Додаткові модулі (Extensions).

б. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

с. Клацніть на **Закрити (Close)**.

3. Якщо ви ще не підключені до папки майстрів Network Analyst, вам необхідно створити підключення, виконуючи такі кроки:

а. На панелі інструментів **Стандартні (Standard)** натисніть кнопку **Підключитися до папки (Connect To Folder)**

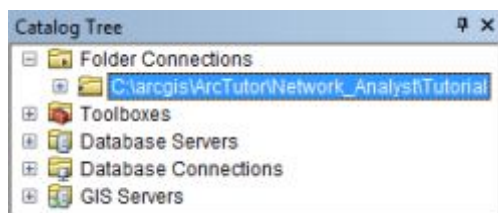
Відкриється діалогове вікно Підключитися до папки (**Connect to Folder**).

б. Перейдіть до папки з навчальними матеріалами модуля Network Analyst.

Місце розташування за замовчуванням для навчальних матеріалів – C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

с. Натисніть **ОК**.

Ярлик для цієї папки буде додано до **Дерево каталогу (Catalog Tree)** під заголовком **Підключення до папок (Folders Connection)**.

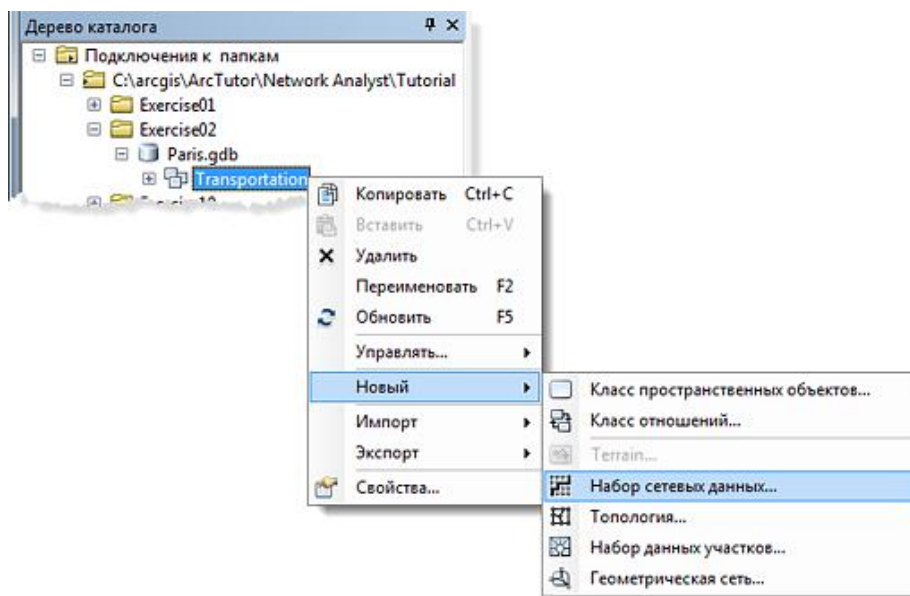


4. У **дереві каталогу (Catalog Tree)** розгорніть вузол ... \ **ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial > Вправа02 > Paris.gdb**.

5. Клацніть на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)**.

Класи просторових об'єктів, що містяться в ньому, перераховані на закладці **Зміст (Contents)** в ArcCatalog.

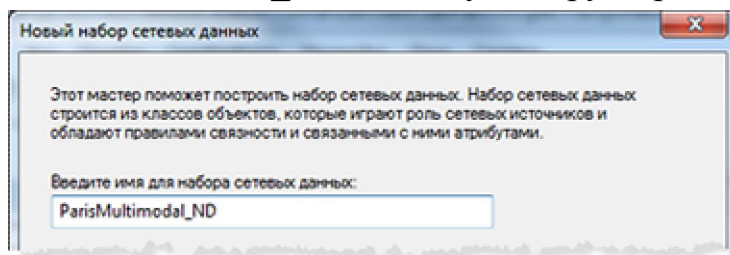
6. Клацніть правою кнопкою на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)** і клацніть на **Новий (New) > Набір мережних даних (Network Dataset)**.



Відкривається майстер створення **Нового набору мережних даних (New Network Dataset)**.

Найменування мережі і вибір вихідних класів просторових об'єктів
Кроки:

1. Введіть *ParisMultimodal_ND* як назву набору мережних даних.



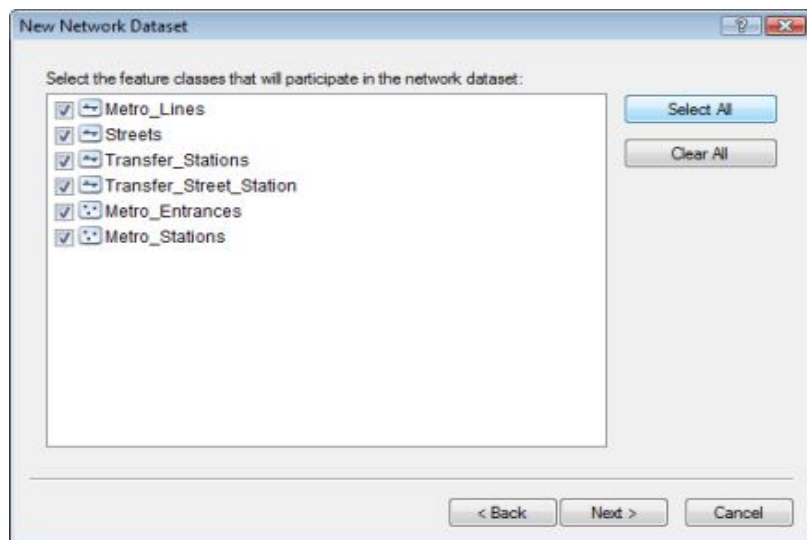
2. Опція **Виберіть версію набору мережних даних (Choose a version for your network dataset)** має бути встановлена на останню версію.

Ця опція зручна під час розміщення набору мережних даних для доступу користувачів, що мають раніші версії системи ArcGIS. Вони зможуть відкрити набір мережних даних, створений і розташований для загального доступу, якщо буде обраний номер версії, менший або рівний номеру їхньої версії ArcGIS. Недоліком такого вибору буде те, що в новий набір мережних даних неможливо буде включити функціональні можливості, що з'явилися в нових версіях ArcGIS – елементи управління для додавання цих функцій в майстрові **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)** будуть неактивні. Якщо немає необхідності розміщувати набір мережних даних для загального доступу, або якщо користувачі, які матимуть доступ до нього, мають такі само версії ArcGIS, то оптимальним буде вибір останньої версії.

3. Клацніть на **Далі (Next)**.

З'явиться сторінка майстра для вибору класів просторових об'єктів, що беруть участь у наборі мережних даних.

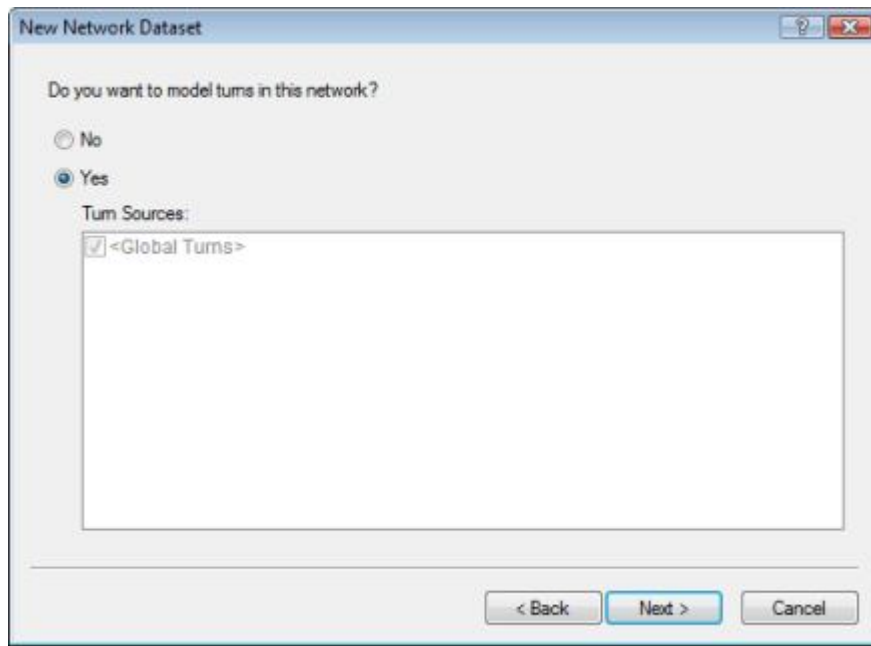
4. Клацніть на **Обрати все (Select All)** для вибору всіх класів просторових об'єктів, щоб вони виконували функцію джерел в мережі.



5. Клацніть на **Далі (Next)**.

6. Клацніть на **Так (Yes)** для моделювання поворотів у мережі.

Не зважаючи на те що, для цієї мережі не існують які-небудь класи об'єктів поворотів, вибір **Так (Yes)** дозволяє набору мережних даних підтримувати спільні повороти й дає вам можливість додавання об'єктів поворотів у будь-який момент після створення мережі.



7. Клацніть на **Далі (Next)**.

Відображена сторінка для налаштування зв'язності.

Налаштування зв'язності та правила рельєфу

Зв'язність у Додатковому модулі (ArcGIS Network Analyst) починається з визначення груп зв'язності. Усі джерела ребер визначаються щодо однієї групи зв'язності. Усі джерела з'єднань можуть визначатися щодо однієї або більше груп зв'язності. Група зв'язності може містити будь-яку кількість джерел. Підключення мережних елементів залежить від того, до якої групи зв'язності належить елемент. Наприклад, два ребра, створені з двох окремих вихідних класів об'єктів, можуть бути з'єднані, якщо належать одній групі зв'язності. Якщо ребра належать різним групам зв'язності, то ребра що будуть з'єднані, поки не об'єднуються з'єднанням, яке бере участь в обох групах зв'язності.

Необхідно створити групи зв'язності, виконуючи такі кроки.

Кроки:

1. Клацніть на **Зв'язність (Connectivity)**, щоб налаштувати модель зв'язності для мережі.

Відкриється діалогове вікно **Зв'язність (Connectivity)**.

2. Клацніть один раз стрілку вгору на **Стовпці груп (Group Columns)**, щоб збільшити число груп зв'язності до **2**.

Стовпець для другої групи зв'язності створений у таблиці **Групи зв'язності (Connectivity Groups)**.

У цій вправі група зв'язності 1 становить систему метро, а група 2 – мережу вулиць.

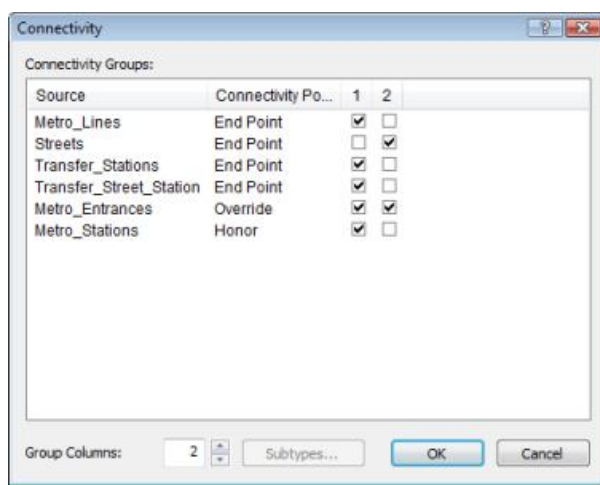
3. Клацніть на рядку **вулиці (Streets)** і поставте позначку під стовпцем, позначеним **2**, щоб перемістити джерело вулиць у групу зв'язності 2.

4. Клацніть на рядку **входи_в метро (Metro_Entrances)** і поставте позначку під стовпцем, позначеним **2**, щоб включити вихідний клас просторових об'єктів у групи 1 і 2.

Входи в метро є точками переносу між вулицями та пішохідними доріжками, які ведуть до станцій метро.

Кожен об'єкт Metro_Entrances (вхід в метро) збігається з вершиною класу об'єкта «Вулиці». Однак клас об'єктів «Вулиці» має правило зв'язності кінцевих точок. Оскільки входи в метро повинні бути пов'язані з вулицями за співпадаючими вершинам, ви маєте встановити налаштування для Metro_Entrances із можливістю заміщення за замовчуванням зв'язності кінцевих точок вулиць.

5. Змініть **Правила зв'язності (Connectivity Policy)** для рядка **входи_в метро (Metro_Entrances)** зі значення **Перевагу (Honor)** на **Заміщення (Override)**.



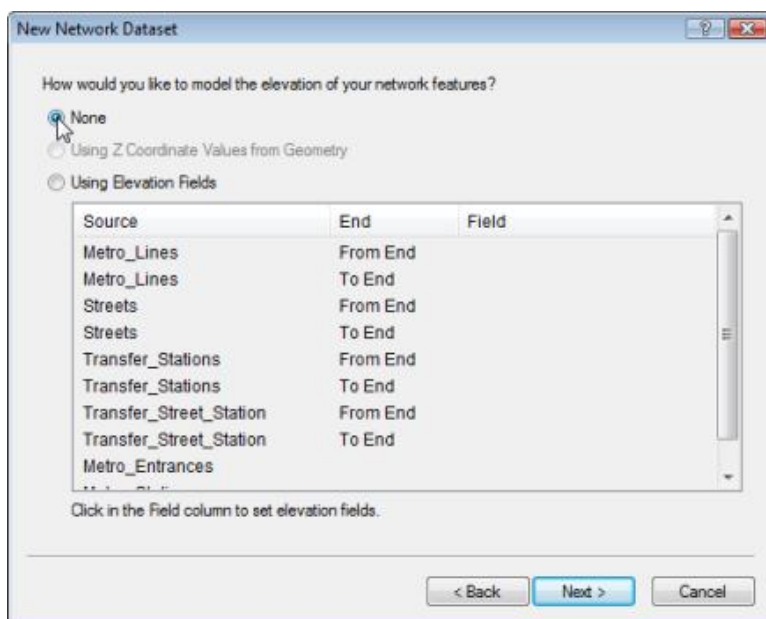
6. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

7. Клацніть на **Далі (Next)**.

Налаштування рельєфу в наборі мережних даних сприяють подальшому визначенню зв'язності мережі. Покажемо це на прикладі. Припустимо, два ребра мають кінцеві точки, що збігаються за координатами X, Y, але з різними висотами (одна кінцева точка розташована вище іншої). Крім того, припустимо, що політика зв'язності встановлена для **Кінцевих точок (Endpoint)**. Якщо висоти точок значення не мають, то ребра мають з'єднання. З іншого боку, якщо висоти приймаються в розрахунок, то вони не будуть мати з'єднання.

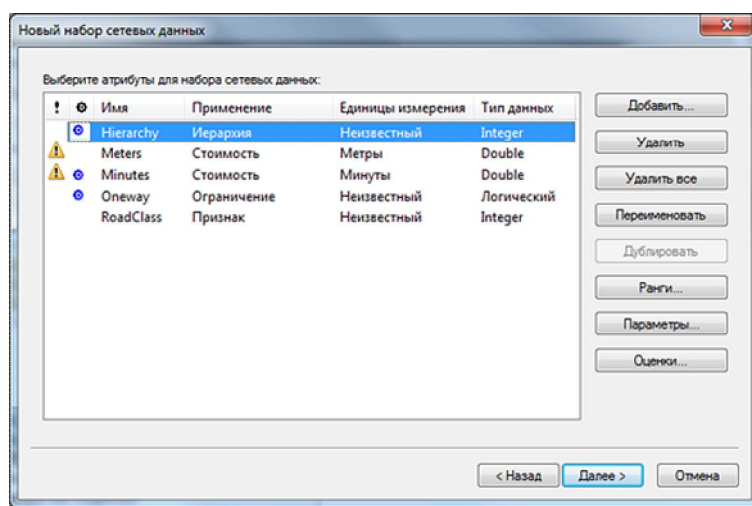
Є два способи моделювання рельєфу: із застосуванням істинних значень висот геометрії або із застосуванням логічних значень висот у полях висот.

8. Для цього набору даних немає даних рельєфу, тому клацніть на **Hi (None)**.



9. Клацніть на **Далі (Next)**.

Майстер відображає атрибути набору мережних даних.



Видалення атрибуту

Мережні атрибути – це властивості мережі, що описують навігацію в ній. Типовими прикладами є атрибути вартості, які виконують функцію імпедансів у мережі, і атрибути обмеження, які забороняють прохід в обох напрямках або в одному напрямі (наприклад у випадку доріг з одностороннім рухом).

Програма Network Analyst аналізує вихідні класи просторових об'єктів на предмет наявності в них стандартних полів, таких як Meters (Метри), Minutes (Хвилини) (FT_Minutes і TF_Minutes залежно від напрямку) або Oneway (Одностороння дорога). Якщо такі поля будуть виявлені, будуть автоматично створені відповідні мережні атрибути, пов'язані з цими полями (результати цього процесу можна побачити, клацнувши **Оцінки (Evaluators)**).

Network Analyst автоматично налаштовує п'ять атрибутів для даних про вулиці Парижа: Hierarchy, Meters, Minutes, Oneway і Road Class.

Незважаючи на те, що ви можете залишити атрибут ієрархії в мережному наборі даних, наступні кроки показують, як можна видалити мережний атрибут на прикладі атрибута Hierarchy.

Кроки:

1. Натисніть на **Hierarchy**.
2. Клацніть **Видалити (Remove)**.

Тепер у мережі залишилося чотири атрибута.

Перевірка і створення атрибутів мережі

Метою цього набору мережних даних є моделювання часу пересування пішки та на автомобілі. Це дозволить вибрати одне з двох значень за витратою часу під час виконання аналізів у мережі. Наприклад, ви можете відповісти на питання, який маршрут від точки А до точки В є найшвидшим для пішохода, що йде пішки по вулицях і пересувається на метро, або який маршрут є найшвидшим для людини, що пересувається на автомобілі. Для виконання цієї дії необхідно налаштувати атрибути для двох значень вартості часу: **PedestrianTime (час пішохода)** і **DriveTime (час водія)**.

Кроки:

Атрибут Minutes, який Network Analyst автоматично визначив у вихідних даних, представляє час поїздки на автомобілі, тому ви можете змінити його назву на зрозумілішу.

1. Виберіть рядок **хвилини (Minutes)**, клацніть на **Перейменувати (Rename)**, введіть *час пересування на автомобілі (DriveTime)* і натисніть **ENTER**.



Далі необхідно створити атрибут PedestrianTime (час пішохода).

2. Клацніть на **Додати (Add)**.

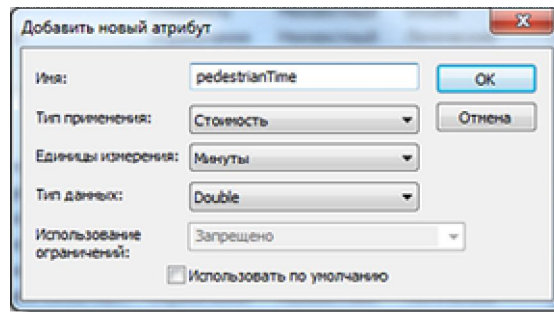
Відкриється діалогове вікно **Додавання нового атрибута (Add New Attribute)**.

3. Введіть *PedestrianTime* в текстове поле **Назва (Name)**.

4. Встановіть **Використовуваний тип (Usage Type)** для **Вартість (Cost)**.

5. Змініть **Одиниці виміру (Units)** на **Хвилини (Minutes)**.

6. Встановіть **Тип даних (Data Type)** на **Число подвійної точності (Double)**.



7. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно **Додати новий атрибут (Add New Attribute)** закриється, і після цього час пішохода (*PedestrianTime*) додається до списку атрибутів.

Три атрибути вартості – **Meters (метри)**, **DriveTime (час водія)**, і **PedestrianTime (час пішохода)** – відзначаються жовтими символами, які попереджають вас про потенційні проблеми з функціями оцінки, які визначають, як повинні обчислюватися значення атрибутів мережі.

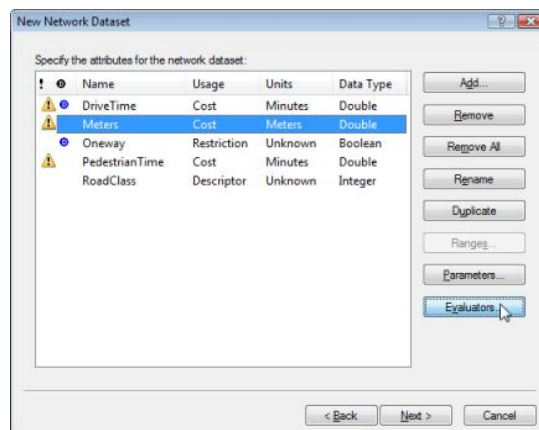
У наступних трьох розділах описано процес налаштування оцінки.

Налаштування оцінки метрів

У цьому розділі та наступних розділах ви будете налаштовувати різні оцінки. Оціночна функція **Число метрів (Meters)** обчислює вартість дистанції для ребер мережі; таким чином визначається довжина ребра.

Кроки:

1. Клацніть на **Метри (Meters)** і клацніть на **Оціночні функції (Evaluators)**.



Відкриється діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)**. У ньому можна переглядати або редагувати тип оцінки та його значення для кожного джерела в мережі. Можна бачити, що джерела з'єднань і поворотів завжди мають одну пов'язану оцінну функцію, але джерела ребер мають дві: по одній на кожен напрям руху (напрями «від-до» і «до-від»).

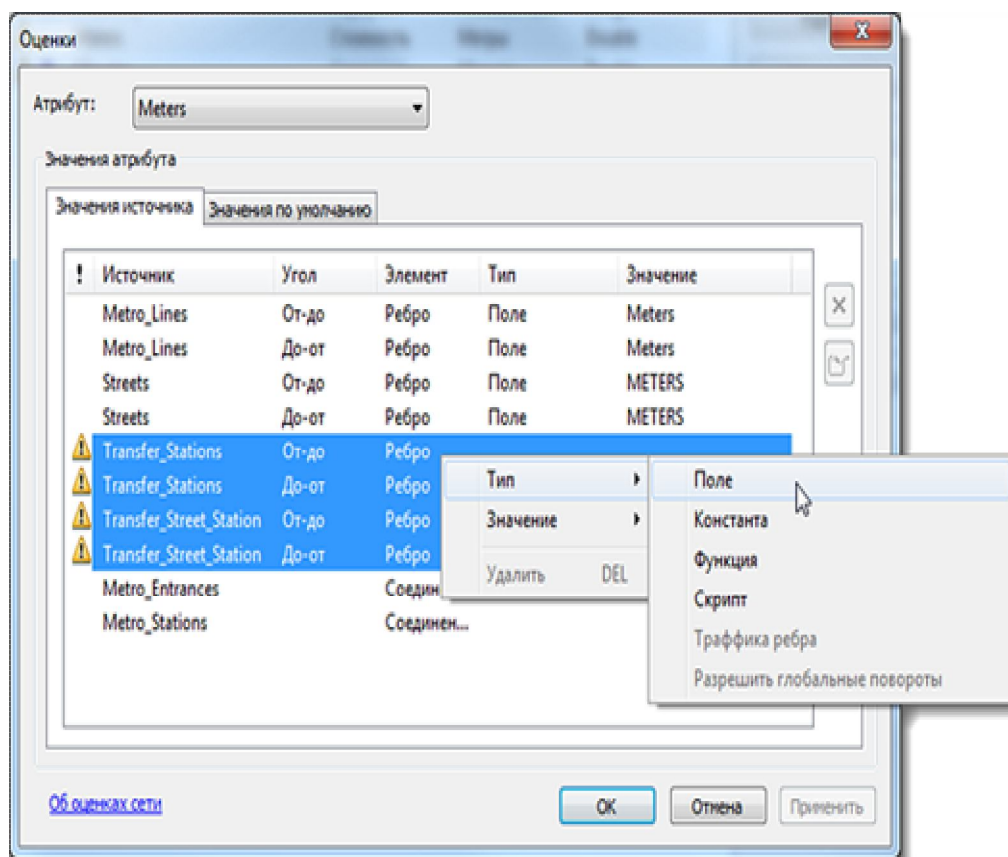
Network Analyst обстежує всі вихідні класи об'єктів і намагається автоматично призначити блоки оцінки атрибуту Meters. У випадку, коли він виявляє, що об'єкти Metro_Lines (лінії метро) і Streets (вулиці) мали поле з назвою Meters (метри), він налаштовує оцінки, приймаючи значення з їхнього поля. Ті самі значення довжини призначаються напрямками «від-до» і «до-від» джерелами ребер.

Network Analyst не вдалося знайти поля відстаней у джерелах Transfer_Stations і Transfer_Street_Station. Тому з'являється застережливий символ для індикації потенційної проблеми.

2. Утримуючи клавішу SHIFT, клацніть на рядку Transfer_Stations От – до (From – To) і потім клацніть на терміні **Transfer_Street_Station До – від (To – From)**.

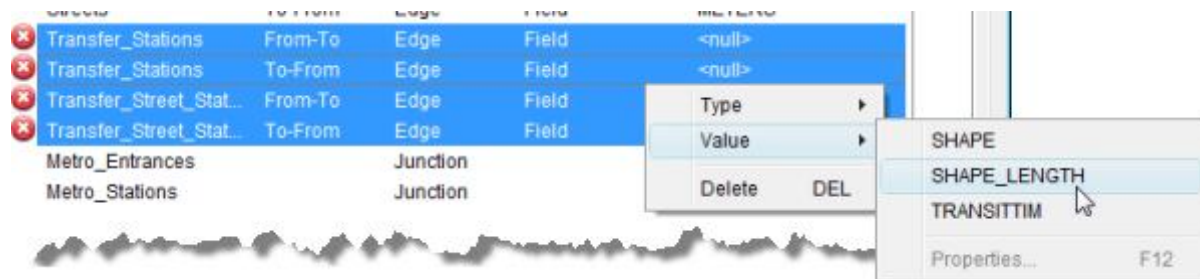
Будуть обрані чотири рядки з попереджувачими символами.

3. Клацніть правою кнопкою на будь-якому з обраних рядків і на поле **Тип (Type)**.



Попереджувальні символи змінюються на червоні символи помилок, які вказують на неповне привласнення значень оцінками полів.

4. Не знімаючи вибір із чотирьох рядків, клацніть правою кнопкою на одному з них і клацніть на **Значення (Value)> SHAPE_LENGTH**.



Це присвоює значення з поля SHAPE LENGTH в обраних вихідних класах просторових об'єктів для атрибуту Метри (Meters) для їхніх пов'язаних елементів ребер мережі.

5. Натисніть кнопку **Застосувати (Apply)**.

Атрибут мережі Meters налаштований для отримання значення довжини. Для елементів мережі, створених із джерел Metro_Lines, Streets, Transfer_Stations і Transfer_Street_Station, значення атрибутів беруться відповідно до їхніх полів Meters, METERS, Shape_Length і SHAPE_LENGTH.

Налаштування оцінної функції DriveTime (пересування на автомобілі) і Oneway (односторонній рух).

Так як автомобілі переміщаються тільки по вулицях, оцінки для різних джерел повинні бути налаштовані відповідно.

Кроки:

1. У списку **Атрибут (Attribute)** виберіть **DriveTime**.

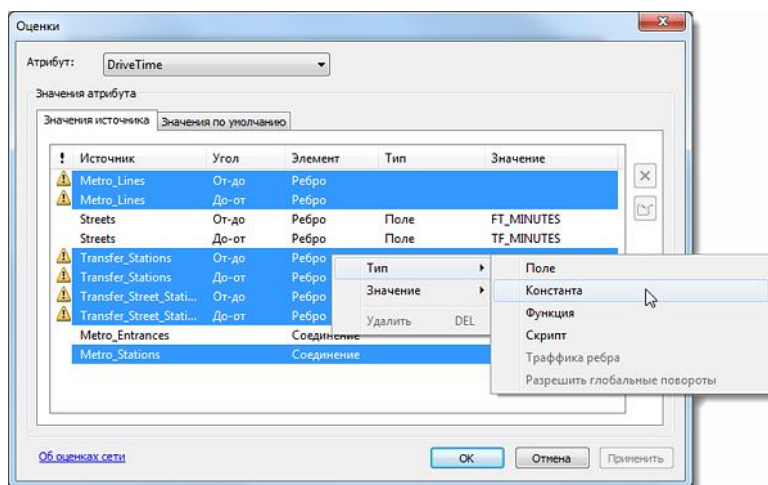
Значення DriveTime для джерела Вулиці були автоматично встановлені Network Analyst. Однак, інші джерела ребер позначені попереджувальними символами, оскільки їхні значення не були встановлені. Ці джерела необхідно відзначити як обмежені. Крім того, станції метро повинні бути обмежені так, щоб в їхній області було попереджено розміщення нових об'єктів мережного аналізу.

2. Переконайтеся, що обрано всі рядки з попереджувальними символами (Metro_Lines, Transfer_Stations і Transfer_Street_Station).

Якщо вони не обрані, виберіть їх, клацнувши мишею на одному з рядків, і, утримуючи одночасно клавішу CTRL, клацанням миші виберіть інші рядки.

3. Утримуйте клавішу CTRL і клацніть на Metro_Stations, щоб вибрати цей рядок.

4. Клацніть правою кнопкою на будь-якому з обраних рядків і клацніть на константі **Тип (Type)**>.



Ті самі рядки залишаються вибраними, а їхній тип оцінки змінюється на **Константу (Constant)**.

5. Повторно клацніть правою кнопкою на один з обраних рядків, але цього разу клацніть на **Значення (Value)**> **Властивості (Properties)**.

З'явиться вікно введення **Значення константи (Constant Value)**.

6. Введіть – 1 і клацніть на ENTER.



Значення для всіх обраних рядків змінюються на – 1. Network Analyst вважає всі елементи зі значенням вартості – 1 як обмежені. Кожного разу, коли атрибут DriveTime використовується як імпеданс у мережних аналізах, ці джерела не прохідні.

!	Source	Direction	Element	Type	Value
	Metro_Lines	From-To	Edge	Constant	-1
	Metro_Lines	To-From	Edge	Constant	-1
	Streets	From-To	Edge	Field	FT_MINUTES
	Streets	To-From	Edge	Field	TF_MINUTES
	Transfer_Stations	From-To	Edge	Constant	-1
	Transfer_Stations	To-From	Edge	Constant	-1
	Transfer_Street_Stat...	From-To	Edge	Constant	-1
	Transfer_Street_Stat...	To-From	Edge	Constant	-1
	Metro_Entrances		Junction		
	Metro_Stations		Junction		-1

7. Натисніть кнопку **Застосувати (Apply)**.

Атрибут Oneway слабо пов'язаний з атрибутом DriveTime, бо той моделює обмеження одностороннього руху, яких зобов'язані дотримуватися водії. Пізніше, у процесі проведення аналізу з використанням DriveTime як вартість, ви повинні включити обмеження Oneway, щоб у такий спосіб під час формування маршрутів бралися до уваги вулиці з одностороннім рухом. З іншого боку, під час моделювання руху пішохода ви не маєте використовувати обмеження Oneway, оскільки пішоходи можуть ходити в будь-якому напрямі.

8. Зі списку **Атрибут (Attribute)** вгорі діалогового вікна **Оцінки (Evaluators)** виберіть **Одностороннє (Oneway)**.

Рамка **Значення атрибутів (Attribute Values)** відображає оцінки для атрибуту мережі Oneway, який автоматично присвоїв значення для джерела Streets.

Для джерел, пов'язаних із системою метро, не повинні встановлюватися обмеження щодо одnobічного руху.

9. Клацніть на одному з рядків списку **Вулиці (Streets)** і клацніть на кнопці **Властивості оцінки (Evaluator Properties)** .

Ви можете бачити вираз, використаний для визначення, чи є вулиця односторонньою.

10. Клацніть на **Відміна (Cancel)** для повернення в діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)**.

Налаштування оцінки PedestrianTime (часу пішохода)

Мережний атрибут PedestrianTime вказує час у мережі, який пішохід затрачає в дорозі. На цьому етапі необхідно призначити відповідний час пересування для пішохода, який може їхати на метро або йти по вулицях.

Кроки:

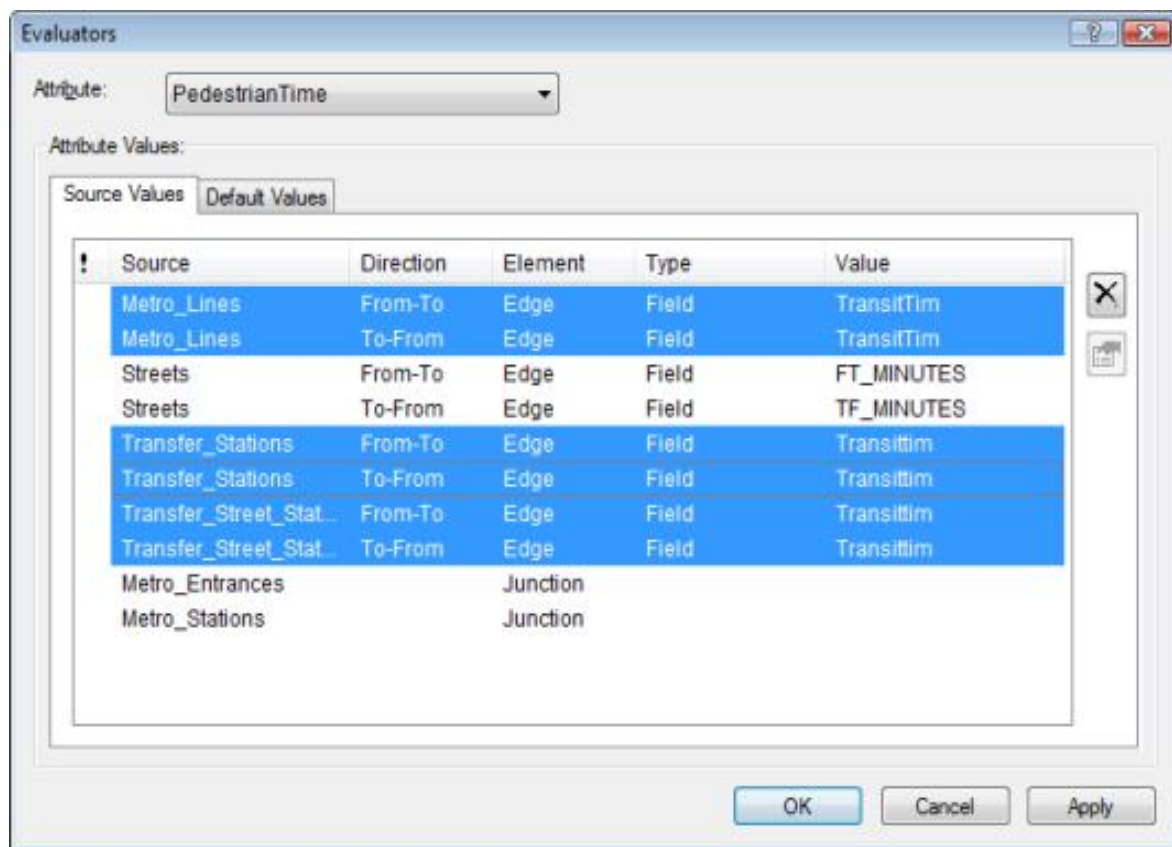
1. Зі списку **Атрибут (Attribute)** вгорі діалогового вікна **Оцінки (Evaluators)** виберіть **PedestrianTime**.

Для наступних джерел повинні бути обрані рядки: Metro_Lines, Transfer_Stations і Transfer_Street_Station.

2. Клацніть правою кнопкою на одному з вибраних рядків і на поле **Тип (Type)**>.

3. Повторно клацніть правою кнопкою на одному з вибраних рядків, але цього разу клацніть на **Значення (Value)**> **TRANSITTIM**.

Поля TRANSITTIM містять значення витрат часу пішохода для використання транспортної системи. Для вулиць також необхідні значення часу пішохода, але їхнє обчислення проводиться окремо.



4. Клацніть на рядку **Streets** **От – до (From – To)** для її вибору. Утримуйте клавішу CTRL і клацніть на рядку **Streets** **До – від (To – From)** для вибору обох рядків.

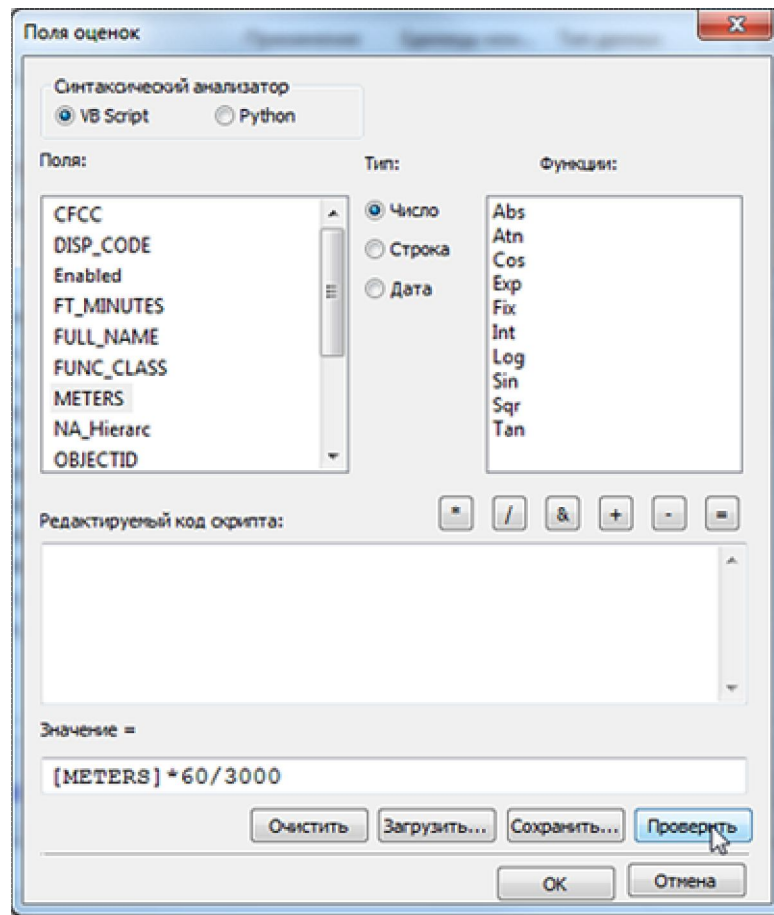
5. Клацніть правою кнопкою на одному з вибраних рядків і клацніть на **Значення (Value)>> Властивості (Properties)**.

Відкриється діалогове вікно **Оцінки полів (Field Evaluators)**.

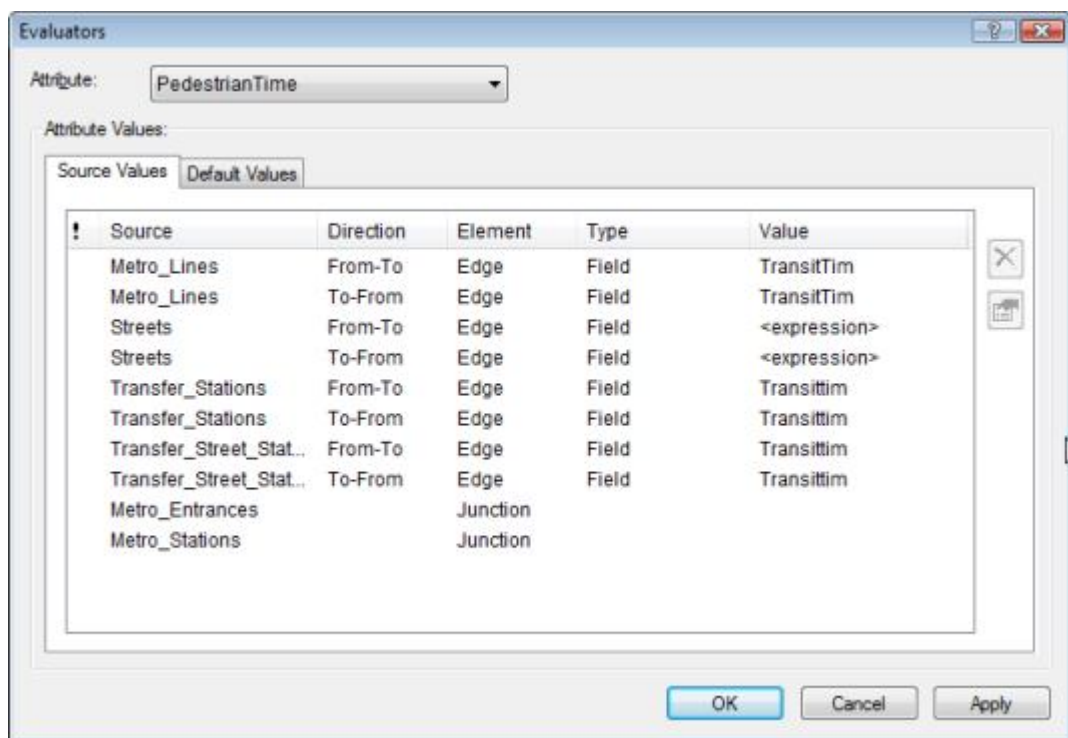
Для джерела Streets значення PedestrianTime є часом пересування пішки. Припустимо, швидкість пересування пішохода становить 3 км/год, час шляху у хвилинах буде $[Meters] \cdot 60/3000$, де $[Meters]$ є атрибутом, що містить довжину ребра в метрах.

6. Двічі клацніть на поле **METERS**, щоб перемістити його в текстове поле **Значення (Value)** =, і введіть вираження у вигляді $[METERS] \cdot 60/3000$ у діалоговому вікні **Оцінки полів (Field Evaluators)**, як показано нижче.

7. Клацніть на кнопці **Перевірити (Verify)**, щоб переконатися, що вираз є правильним, і виправте його у разі потреби.



8. Клацніть на **ОК** для повернення в діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)**.



9. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

10. Клацніть на **Далі (Next)**.

Налаштування напрямків

Після обчислення маршрутів у вашому наборі мережних даних існує можливість створення напрямку руху для супроводу результатів. Набір мережних даних повинен мати принаймні одне джерело ребер із текстовим атрибутом (для інформації про назву вулиці) і атрибутом відстані для визначення того, як далеко потрібно наступний маневр.

Кроки:

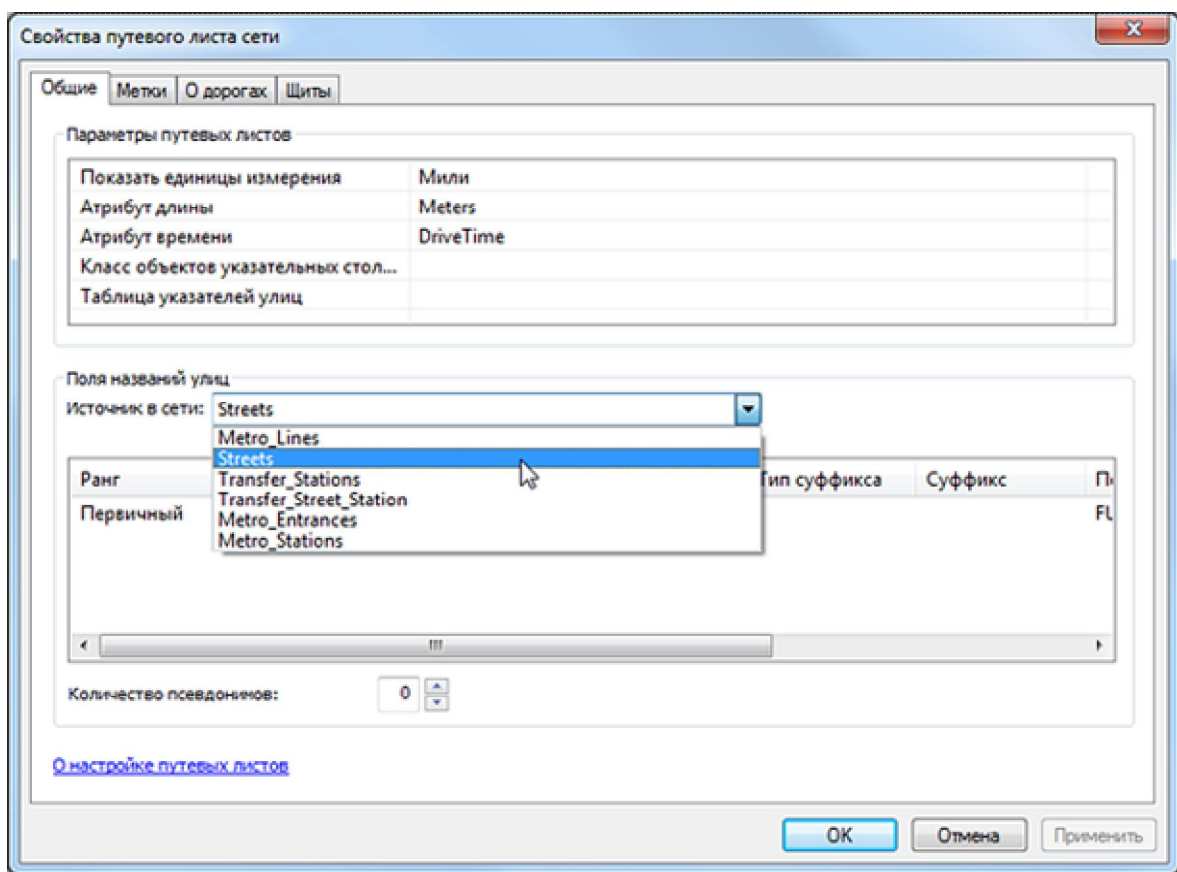
1. Для налаштування колійного аркуша клацніть на **Так (Yes)**.

2. Клацніть на **Напрями (Directions)**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості подорожнього листа мережі (Network Direction Properties)**.

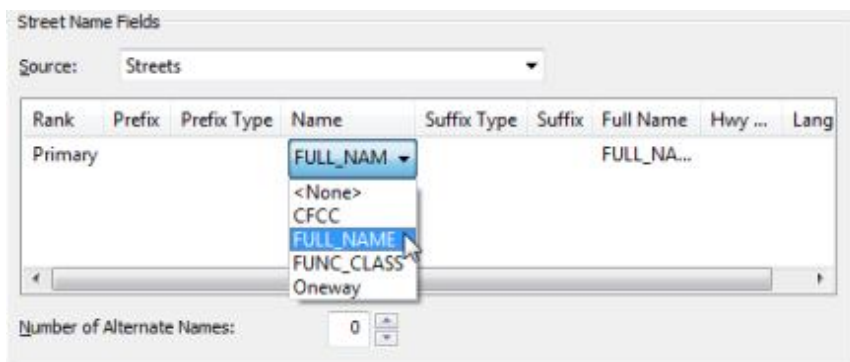
Тепер варто задати поля для складання подорожнього листа, що входить до числа результатів мережного аналізу.

3. На закладці **Загальні (General)** у списку **Джерело (Source)** виберіть **Streets**.



4. Зі списку **Поля назв вулиць (Street Name Fields)** клацніть на **Первинний (Primary)** для вибору.

5. Клацніть на стовпці **Назва (Name)** і виберіть **FULL NAME**.



6. Клацніть на **ОК** для повернення в майстер **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**.

7. Натисніть **Далі (Next)**.

Буде відображена для перегляду підсумкова інформація про усі налаштування.

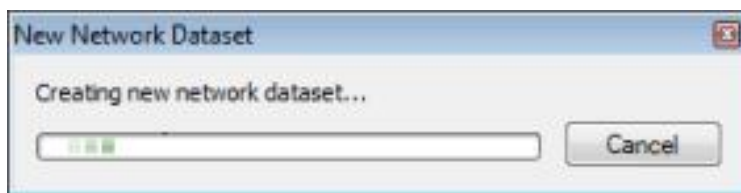
Створення і побудова набору мережних даних

Після встановлення бажаних значень для функціонування набору мережних даних вам необхідно створити й побудувати набір. Процес створення швидкий і зазвичай створює контейнер для логічної мережі.

Кроки:

1. Клацніть на **Готово (Finish)**.

З'явиться індикатор процесу, що дозволяє стежити за процесом створення набору мережних даних у модулі Network Analyst.



Після створення мережі система видасть запит на її побудову. У процесі побудови визначаються зв'язані елементи мережі й заповнюються атрибути набору мережних даних. Побудова мережі необхідна перед виконанням будь – яких операцій мережного аналізу.

2. Клацніть на **Так (Yes)**.

З'явиться індикатор процесу побудови набору мережних даних (Build Network Dataset); із закінченням процесу побудови він зникне.



Новий набір мережних даних, Paris Multimodal ND, доданий до каталогу ArcCatalog одночасно з класом просторових об'єктів системних вузлів ParisMultimodal_ND_Junctions.

3. Попередній перегляд набору мережних даних можна провести, клацнувши на назві набору, потім клацнувши на закладці **Перегляд (Preview)**.

4. Закрийте ArcCatalog.

Питання для самоконтролю

1. Як налаштувати модель зв'язності для мережі?
2. Назвіть два способи моделювання рельєфу?
3. Що таке мережні атрибути?
4. Змініть швидкість пересування пішохода з 3 км/год на 4 км/год.
5. Змініть значення константи з « - 1 » на « - 2 ».

3 ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НАБОРУ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ

У цьому розділі з'ясовано, як знайти найшвидший маршрут для відвідування декількох зупинок у зумовленому порядку.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь – яке місце. Однак зручніше витягнути їх у папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 03.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.

2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.

3. У діалоговому вікні **ArcMap – Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.

З'явиться діалогове вікно Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document).

4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.

5. Двічі клацніть на файлі **Exercise03.mxd**.

Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі дії:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**. Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**. Якщо панель інструментів Network Analyst ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

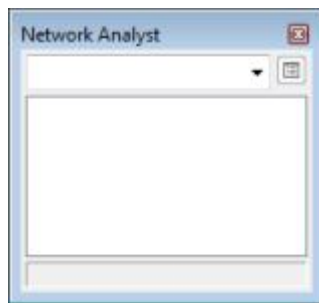
Панель інструментів **Network Analyst** буде додана до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)** .

Відкриється прикріплене вікно **Network Analyst**.

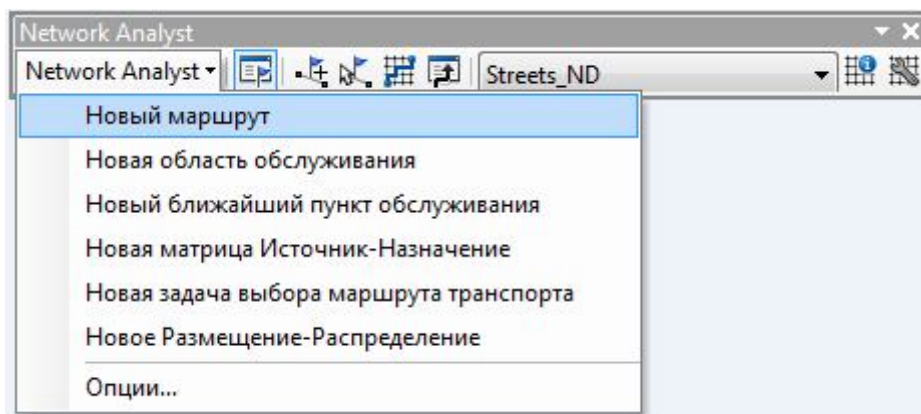


Вікно **Network Analyst** можна закріплювати й відкріплювати.

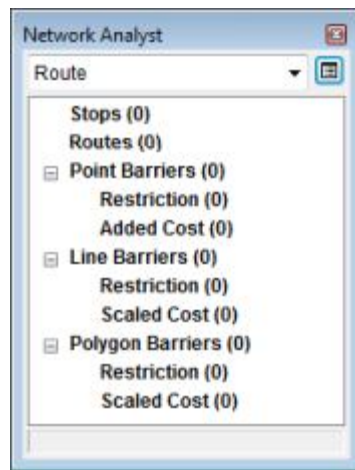
Створення шару аналізу маршруту

Кроки:

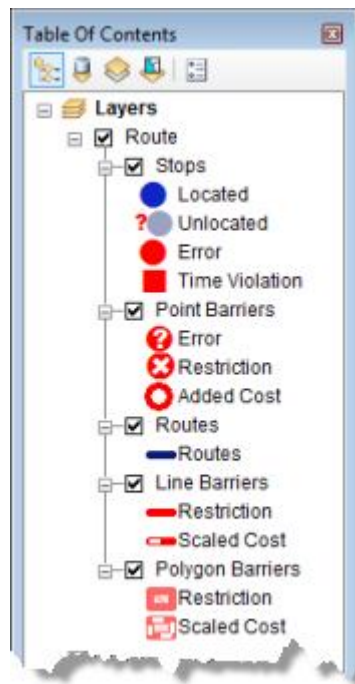
1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Новий маршрут (New Route)**.



Шар аналізу маршруту буде додано до вікна **Network Analyst**.
Класи мережного аналізу: Зупинки (Stops), Маршрути (Routes), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.



Додавання зупинки

Далі необхідно додати необхідні зупинки маршруту.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть на **Зупинки (0) (Stops (0))**.

Вибір зупинки означає, що вона знаходиться в активному класі мережного аналізу.

2. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на мапі **Інструмент створення мережного розташування (Create Network Location Tool)**.

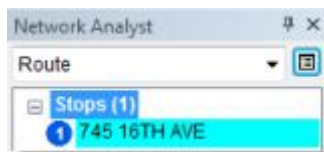
За допомогою натискання на мапі **Інструмент створення мережного розташування (Create Network Location Tool)** ви можете додати об'єкти мережного аналізу в активний клас мережного аналізу.

3. Клацніть на будь-якому місці вуличної мережі, щоб визначити нове розташування зупинки.



Network Analyst розраховує найближче мережне розташування і позначає зупинку за допомогою символу Розміщено (Located). Зупинка залишається обраною, поки не буде розміщена інша зупинка чи ви не скасуєте вибір.

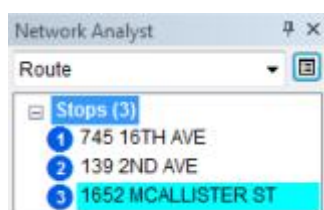
Розташована зупинка також відображає номер 1. Усі зупинки позначені унікальними числами, що становлять порядок, в якому зупинки розташовані за маршрутом. Також зверніть увагу, що в списку класу **Зупинки (Stops)** у вікні **Network Analyst** зараз вказана одна зупинка.



Додайте ще дві зупинки в будь-якому місці на вулицях або поруч із ними.



Новим зупинкам присвоюються номери 2 і 3. Перша зупинка розглядається як точка початку, а остання – як точка призначення.



Послідовність зупинок може бути змінена клацанням зупинки на вікно **Network Analyst** і перенесенням її в іншу позицію списку.

Якщо зупинка не розміщена в мережі, вона буде відображена з символом «не вирівняно» (однак, використовуючи налаштування за замовчуванням, ви маєте розмістити зупинку більш ніж на 5 кілометрів від найближчою сегмента вулиці для того, щоб вона не вважалася розміщеною).



Не Розміщену зупинку можна перемістити ближче до мережі та зробити її розміщеною. Якщо розташована в мережі зупинка знаходиться на невірній позиції, можна перемістити її на правильну позицію.

5. Щоб перемістити зупинку, виконайте такі кроки:

a. Клацніть на **Вибір / переміщення інструменту мережного положення (Select / Move Network Locations Tool)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

b. Клацніть на зупинці для її вибору.

c. Клацніть повторно на зупинці й перетягніть її в нове місце.

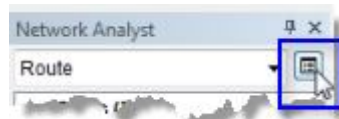


Установка параметрів для аналізу

Далі ви маєте вказати, що маршрут обчислюватиметься на основі часу пересування (хвилини), що розвороти можуть виконуватися де завгодно і що необхідно дотримуватися односторонні обмежень й обмежень повороту.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. Переконайтеся, що **Імпеданс (Impedance)** визначений як **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

Цей набір мережних даних має історію трафіку, пов'язану з атрибутом часу шляху у хвилинах (TravelTime (Minutes)). Якщо буде введено початковий час (для цього виберіть **Використовувати час початку (Use Start Time)** і заповніть три поля під ним), Network Analyst проведе пошук оптимального за часом маршруту з огляду на заданий час доби і швидкості руху з історії трафіку. В іншому випадку програма проведе пошук оптимального за часом маршруту на основі функції довжин вулиць і обмежень швидкості.

4. Поставте відмітку **Використовувати час початку (Use Start Time)**, введіть певний час і дату чи день тижня, виноючи такі кроки:

а. Як **Time of Day (Час доби)** введіть час, коли потрібно покинути першу зупинку.

б. Виберіть або **День тижня (Day of Week)**, або **Точна дата (Specific Date)**.

Під час вибору **День тижня (Day of Week)** вкажіть будь – який день між понеділком і неділею; додатково можна вибрати **Сьогодні (Today)** для використання поточних налаштувань системи.

Під час вибору **Точна дата (Specific Date)** введіть дату в текстовому полі або в списку, що розкривається, відкрийте календар і виберіть необхідну дату.

5. Залиште невибрану опцію **Використовувати тимчасові вікна (Use Time Windows)**.

Для зупинок можуть бути вказані тимчасові вікна, в цьому разі Network Analyst проводитиме пошук маршруту з огляду на діапазони часу, в які варто відвідати певні зупинки.

6. Не вибирайте **Змінити порядок зупинок для пошуку оптимального маршруту (Reorder stops to find optimal route)**.

Якщо не відзначати цю властивість, Network Analyst зробить розрахунок найкращого маршруту з заданою послідовністю зупинок. Ця задача відома як задача комівояжера. Якщо опція була обрана, програма проведе пошук найкращого маршруту і найкращої послідовності, в якій будуть відвідуватися зупинки.

7. Виберіть **Дозволити (Allowed)** із спадаючого списку **Розвороти у з'єднаннях (U – Turns at Junctions)**.

8. Натисніть стрілку спадаючого списку **Тип вихідний геометрії (Output Shape Type)** і виберіть пункт **Справжня форма з вимірами (True Shape with Measures)**.

9. Переконайтеся, що встановлені позначки **Використовувати ієрархію (Use Hierarchy)** й **Ігнорувати некоректні місця розташування (Ignore Invalid Locations)**.

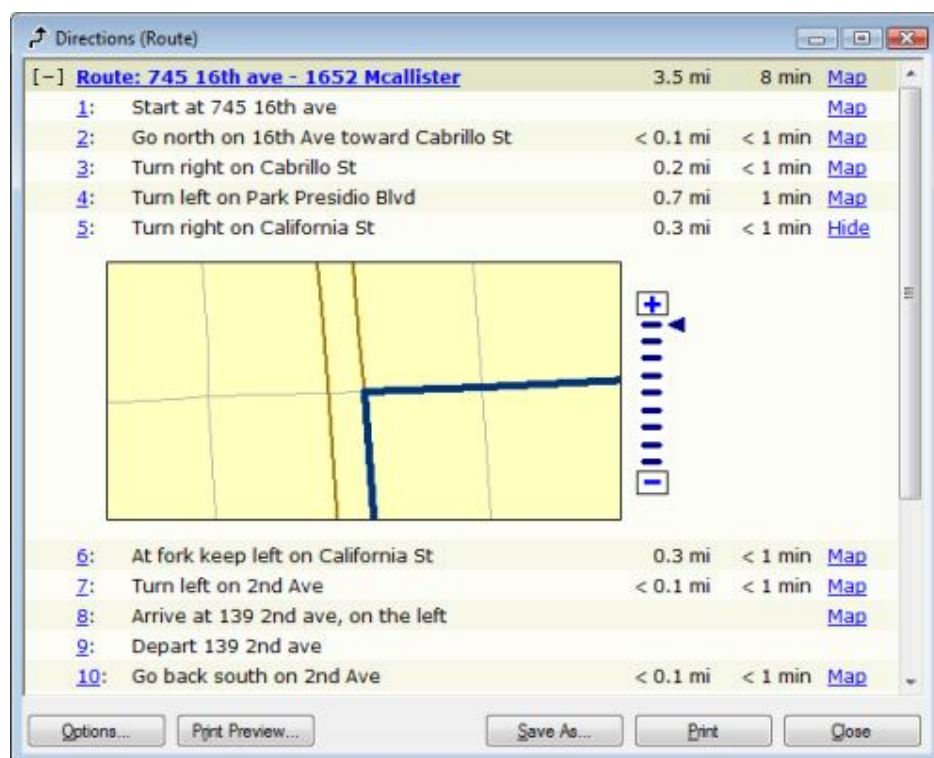
Якщо з'явиться попередження, зупинка може бути розташована на обмеженому ребрі. Спробуйте перемістити одну або більше зупинок за допомогою **Інструмента вибору/переміщення мережного положення (Select/Move Network Locations Tool)** , розташованого на панелі інструментів **Network Analyst**.

2. Клацніть на кнопці **Вікно напрямів (Directions Window)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Напрями (Directions)**.

3. На крайньому правому стовпці діалогового вікна **Напрями (Directions)** клацніть на одному з посилань із назвою **Карта (Map)**.

Відображена карта – візка маневру.



Клацніть на **Закрити (Close)**.

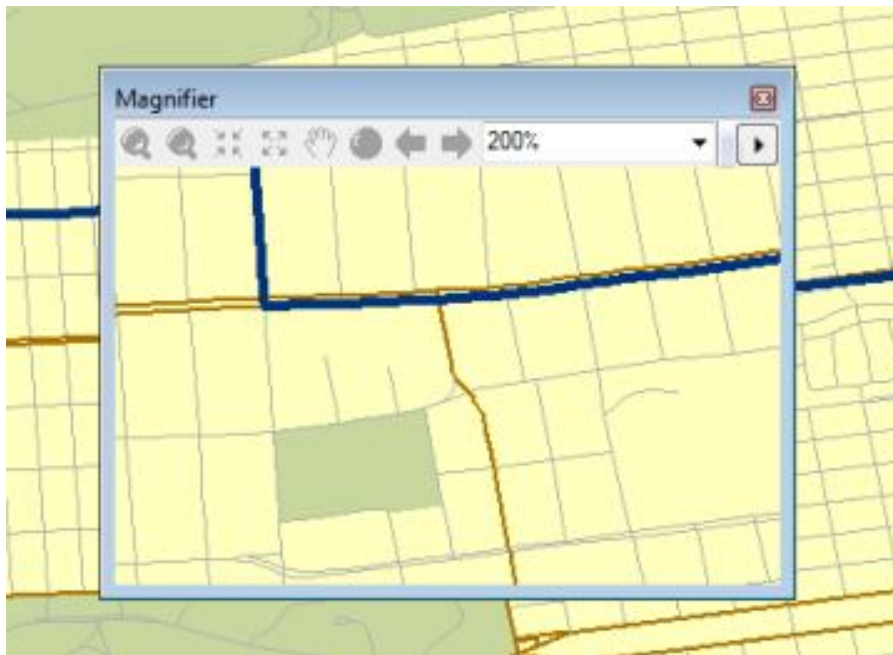
Додавання бар'єру

Щоб представити перешкоду і знайти запасний маршрут до місця призначення необхідно, додати бар'єр на маршруті.

Кроки:

1. Клацніть на **Вікна (Windows)> Збільшувач (Magnifier)**. Відкриється вікно **Збільшувач (Magnifier)**.

2. Клацніть на заголовку вікна **Збільшувач (Magnifier)** і перемістіть його для розташування над маршрутом.



3. У вікні **Network Analyst** в області **Точкові бар'єри (0) (Point Barriers (0))** клацніть на **Обмеження (0) (Restriction (0))**.

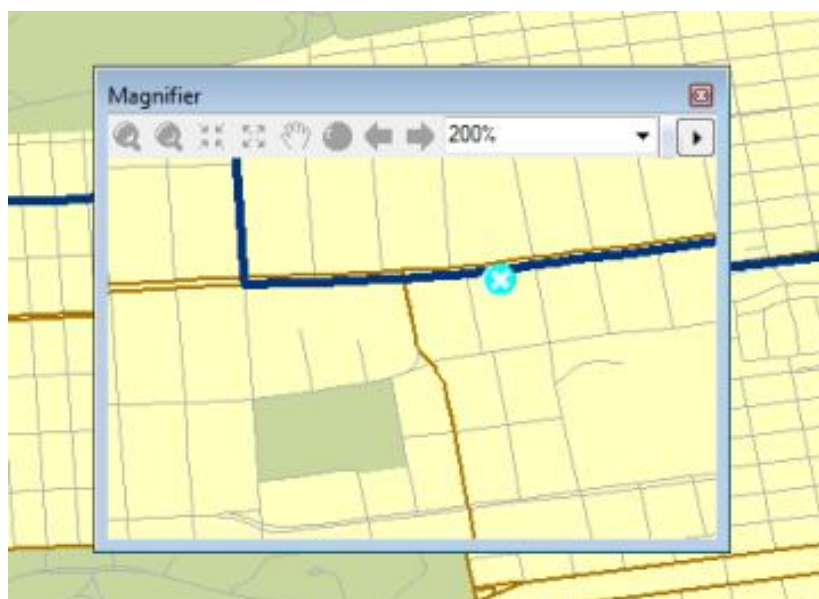
4. Клацніть на інструменті **Створення мережного положення (Create Network Location)** на панелі інструментів Network Analyst.

5. У вікні **Збільшувач (Magnifier)** клацніть на будь-якому місці маршруту для розташування одного або декількох бар'єрів.



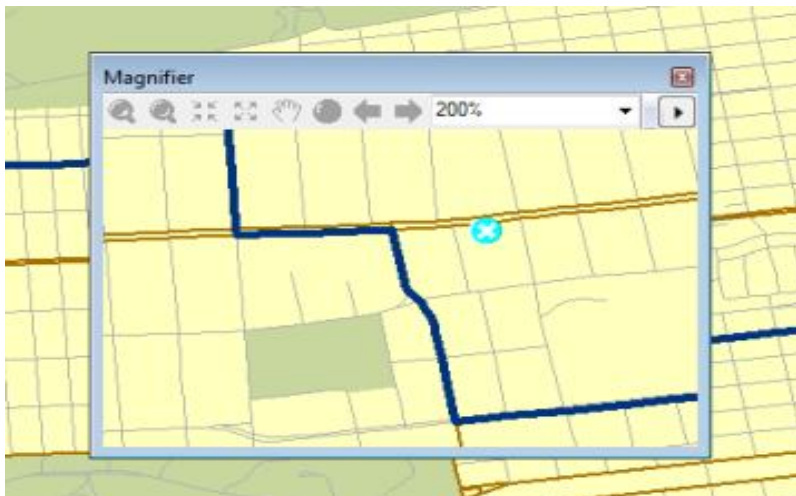
Підказка

Щоб бачити, де буде розміщений бар'єр, клацніть і утримуйте 1, перш ніж клацнути на мапі Інструментом створення мережного становища.



6. Клацніть на кнопці Розрахунок (Solve)  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Новий альтернативний маршрут розрахований для обходу бар'єру.



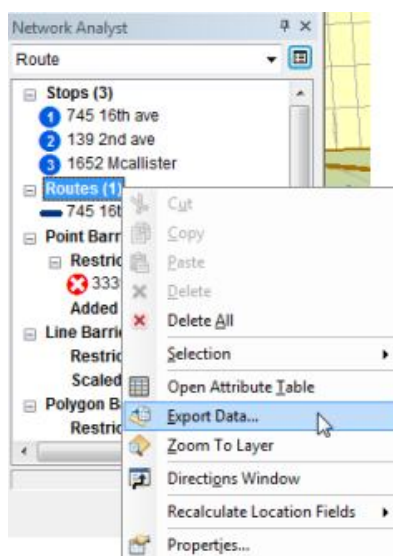
7. Закрийте вікно **Збільшувач (Magnifier)**.

Збереження маршруту

Шар аналізу маршруту зараз збережений у пам'яті, і якщо ви вийдете з ArcMap без збереження, аналіз буде загублений. Однак якщо ви збережете документ карти, шар аналізу збережеться водночас із ним. Ви також можете експортувати дані. Одним зі способів є експорт шару мережного аналізу в LYR – файл. Властивості аналізу та об'єкти зберігаються в LYR – файлі. Іншим способом є збереження підшарів аналізу як класів об'єктів із використанням команди **Експорт даних (Export Data)**. На наступному етапі показано, як експортувати підшари маршрутів у клас просторових об'єктів.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на **Маршрути (Routes (1))** і виберіть команду **Експорт даних (Export Data)**.



Відкриється діалогове вікно **Експорт даних (Export Data)**.

2. У текстовому полі **Вихідний клас об'єктів (Output feature class)** введіть або вкажіть місце для збереження результатів, таке як C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ SanFrancisco.gdb \ Exercise3_Route.

3. Натисніть **ОК**. Об'єкт маршруту буде збережений у зазначеній робочій області.

4. Клацніть на **Ні (No)**, щоб додати експортовані дані на карту як шару.

5. Якщо ви не бажаєте продовжувати роботу з іншими вправами, закрийте додаток ArcMap. Натисніть **Ні (No)**, щоб не зберігати зміни.

6. Якщо ви бажаєте продовжити роботу з іншими вправами, виконайте такі дії:

a. Клацніть на **Файл (File) > Новий (New)**. Відкриється діалогове вікно **Новий документ (New Document)**.

b. Натисніть **ОК**.

c. Клацніть на **Ні (No)** у відповідь на запит про збереження змін.

Питання для самоконтролю

1. Як додати об'єкти мережного аналізу в активний клас мережного аналізу?

2. Створіть новий оптимальний маршрут.

3. Додайте бар'єр до нового маршруту

4. Як перемістити зупинку, яка не розташована на мережі?

5. Яка функція обчислює маршрут?

4 ПОШУК НАЙБЛИЖЧОЇ ПОЖЕЖНОЇ ЧАСТИНИ

Щоб найшвидше надати допомогу за вказаною адресою у разі виникнення пожежі потрібно знайти чотири пожежні частини. Необхідно також створити маршрути та напрям руху, яких повинні дотримуватися пожежники.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь-яке місце. Однак зручніше витягнути їх у папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 03.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.

2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.

3. У діалоговому вікні **ArcMap – Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.

З'явиться діалогове вікно Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document).

4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.

5. Двічі клацніть на файлі **Exercise03.mxd**.

Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**. Відкриється діалогове вікно Додаткові модулі (Extensions).

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**. Якщо панель інструментів Network Analyst ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

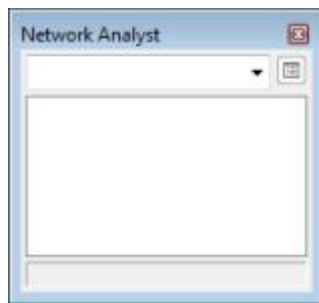
Панель інструментів **Network Analyst** буде додана до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**

Відкриється прикріплене вікно **Network Analyst**.

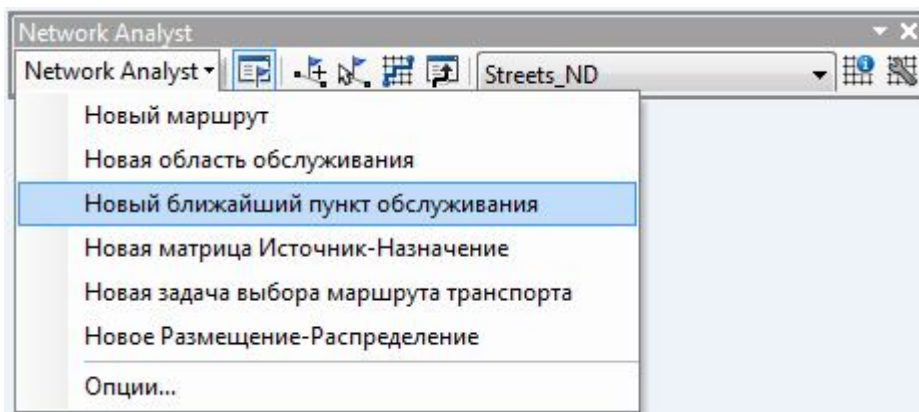


Вікно **Network Analyst** можна закріплювати і відкріплювати.

Створення шару найближчого пункту обслуговування

Кроки:

1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Новий найближчий пункт обслуговування (New Closest Facility)**.

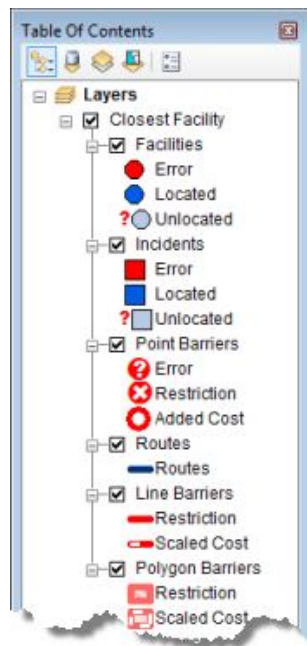


У вікно **Network Analyst** доданий шар аналізу найближчого пункту обслуговування. Класи мережного аналізу: Пункти обслуговування (Facilities),

Події (Incidents), Маршрути (Routes), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.

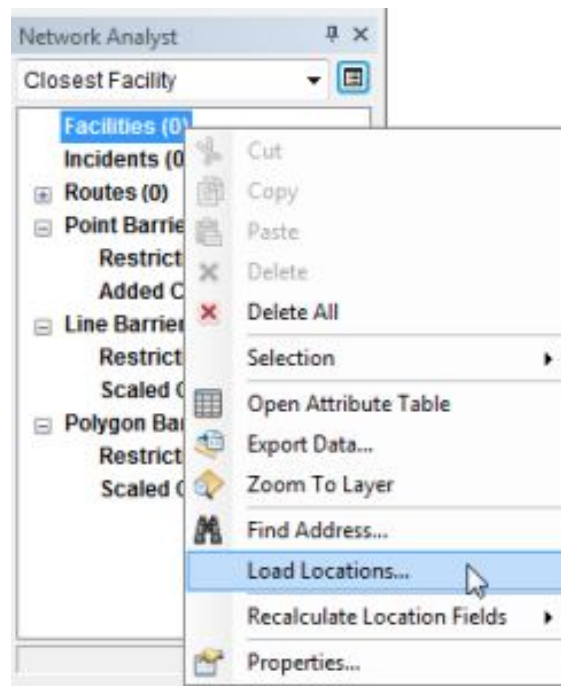


Додавання пунктів обслуговування

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

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Об'єкти (Facilities) (0)** і клацніть на **Завантажити розташування (Load Locations)**.



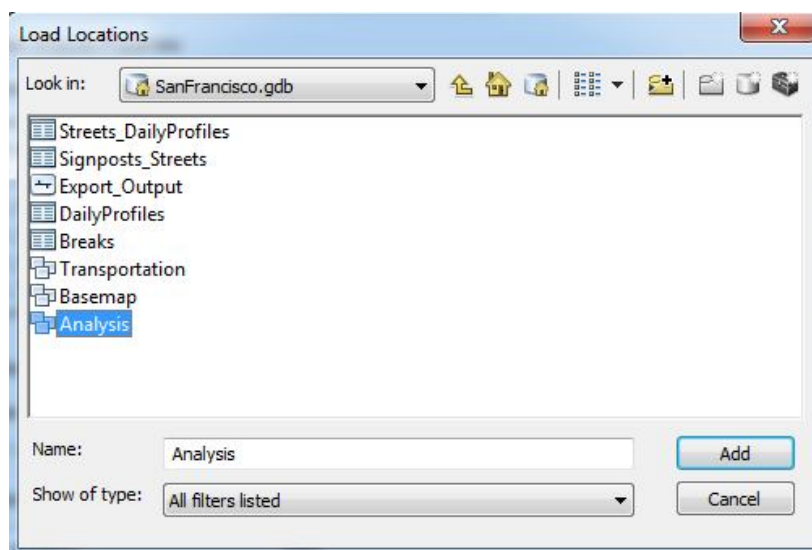
Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Виберіть **Пожежні частини (FireStations)** у списку **Завантажити з (Load From)**, виконуючи такі дії:

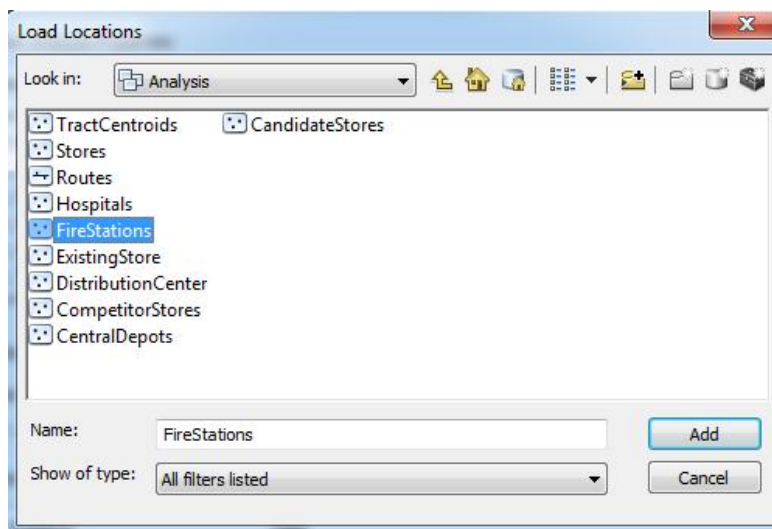
а. Клацніть на **Browse for Features or Table to Load**.  Відкриється діалогове вікно (Load Locations).

б. Клацніть на **Go To Default Geodatabase**. 

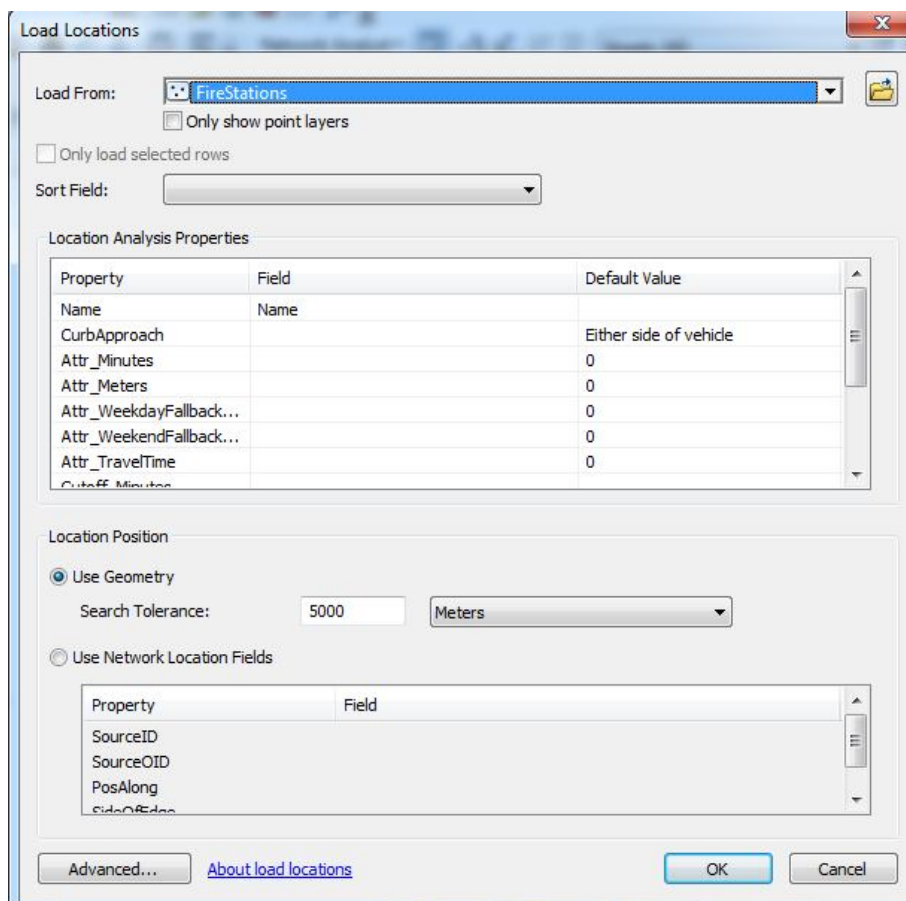
с. Двічі клацніть (**Analysis**).



d. Двічі клацніть на **FireStations**.



3. Натисніть **OK** у Діалоговому вікні (Load Locations).



Сорок три пожежні частини будуть відображені на карті як пункти обслуговування та наведені в списку у вікні **Network Analyst**.



Підказка

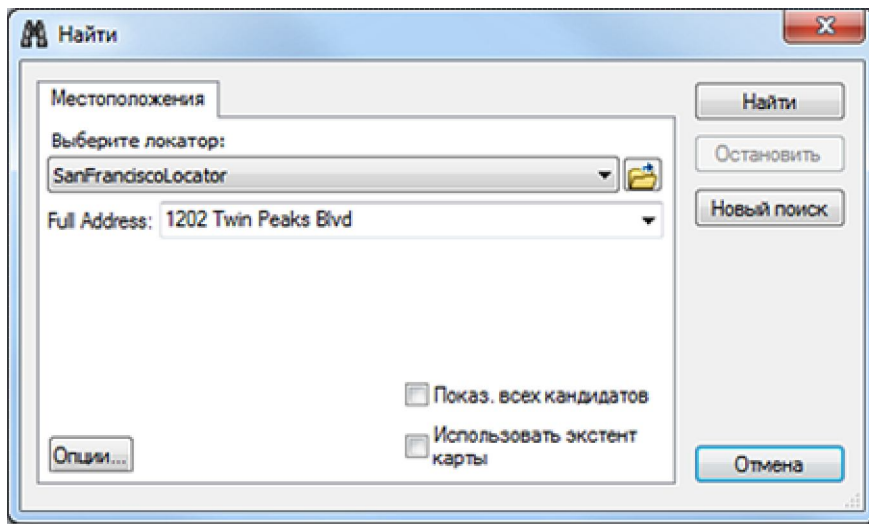
Перемістіть шари об'єктів з таблиці вмісту та відпустіть їх на класі мережного аналізу, такому як **Пункти обслуговування (Facilities)**, що дасть можливість швидше відкрити діалогове вікно **Завантажити місце розташування (Load Locations)**.

Додавання інциденту

Інцидент потрібно додавати шляхом геокодування адреси, отриманого з екстреного виклику.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою на **Інциденти (Incidents) (0)** і виберіть команду **Знайти адресу (Find Address)**.
Відкриється діалогове вікно **Знайти (Find)**.
2. Переконайтеся, що вибрано **SanFranciscoLocator** у списку **Вибір локатора (Choose a locator)**.
3. У текстовому вікні **Вулиця або перетин (Street or Intersection)** введіть *1202 Twin Peaks Blvd*.

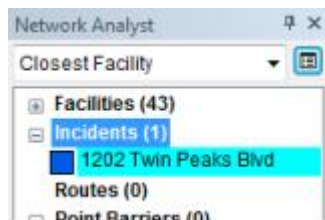


4. Клацніть на **Знайти**.

Одне місце розташування знайдено за цією адресою і вказано в списку у вигляді рядка в таблиці внизу діалогового вікна **Знайти (Find)**.

5. Клацніть правою кнопкою миші на цьому рядку та виберіть команду **Додати як об'єкт мережного аналізу (Add as Network Analysis Object)**.

Зазначена адреса буде додана як інцидент, який можна буде побачити на відображенні карти й у вікні **Network Analyst**.



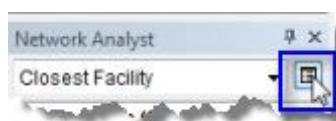
6. Закрийте діалогове вікно **Знайти**.

Установка параметрів для аналізу

Далі потрібно задати параметри для аналізу найближчого пункту обслуговування.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. Переконайтеся, що **Імпеданс (Impedance)** визначений як **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

4. Не ставте позначку **Використовувати час (Use Time)**.

Параметр **Використовувати час (Use Time)** дозволяє вказувати час початку і закінчення аналізу. Під час використання вартісного атрибуту з інформацією про дорожній рух, настройку часу дня і дати можна знайти найближчі пункти обслуговування, задавши динамічний час пересування, який змінюється залежно від трафіку. Проте в цьому аналізі ви не будете використовувати час.

5. Введіть 3 у текстове поле **Граничне значення за замовчуванням (Default Cutoff Value)**.

ArcGIS проводитиме пошук пожежних частин, розташованих у трьох хвилинах їзди до пожежі на бульварі Твін Пікс (Twin Peaks Boulevard). Будь-які частини, розташовані за межами цього проміжку часу, ігноруються.

6. Задайте в поле **Шукані об'єкти (Facilities to Find)** число 4.

ArcGIS проводитиме пошук максимум чотирьох пожежних частин, розташованих поруч із місцем пожежі. Однак трихвилинне обмеження все ще застосовується; тому, якщо тільки три пожежні частини перебуватимуть у 3 хвилинах їзди, то четверта пожежна частина не буде знайдена.

7. Виберіть **Пункт обслуговування до інциденту (Facility to Incident)** для направлення **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).

8. Виберіть **Дозволити (Allowed)** із спадаючого списку **Розвороти у з'єднаннях (U – Turns at Junctions)**.

9. Натисніть стрілку спадаючого списку **Тип вихідний геометрії (Output Shape Type)** і виберіть пункт **Справжня форма з вимірами (True Shape with Measures)**.

10. Зніміть позначку **Використовувати ієрархію (Use Hierarchy)**.

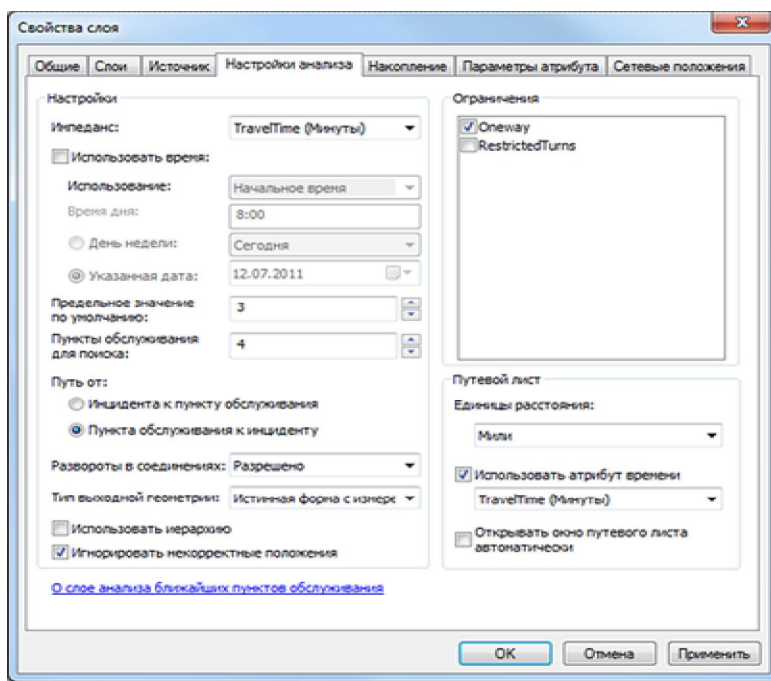
11. Відзначте **Ігнорувати некоректні положення (Ignore Invalid Locations)**.

12. У рамці **Обмеження (Restrictions)** зніміть позначку **Обмежені повороти (Restricted Turns)**.

Пожежні машини мають право не дотримуватися правил дорожнього руху в разі екстреного виїзду.

13. Переконайтеся, що в рамці **Подорожній лист (Directions)** параметр **Одиниці відстані (Distance Units)** має значення **Мілі (Miles)**, вибрано пункт **Використовувати атрибут часу (Use Time Attribute)**, а атрибут часу має значення **Час шляху у хвиликах (TravelTime (Minutes))**.

Закладка **Налаштування аналізу (Analysis Settings)** має мати вигляд такої діаграми:



14. Натисніть **OK**.

Ідентифікація найближчого пункту обслуговування

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Маршрути з'являються на карті й у вікні **ArcGIS Network Analyst** під класом **Маршрути (Routes)**.

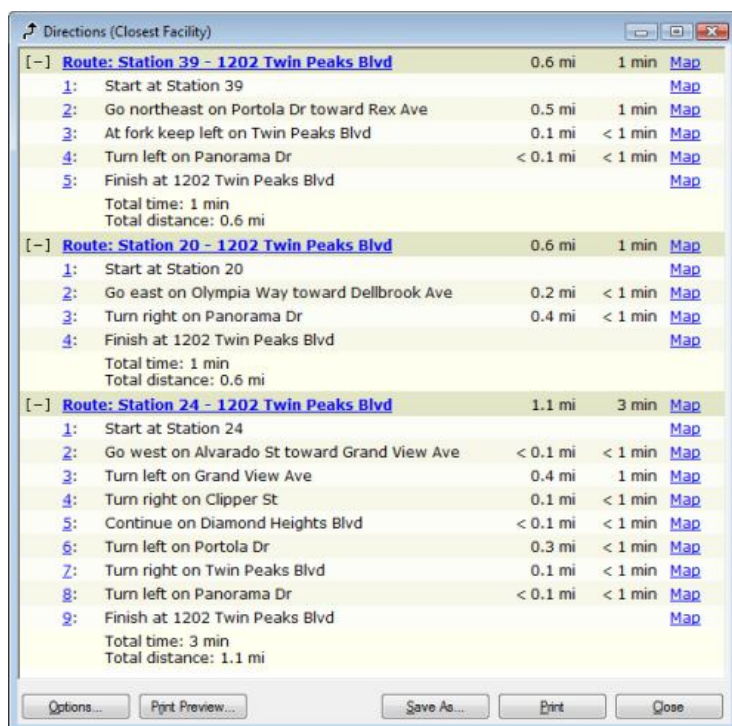


Зверніть увагу, що ви налаштували аналіз, щоб знайти чотири пункти обслуговування в межах трихвилинного граничного значення; проте тільки три пункти обслуговування знаходяться в межах цього значення.

2. Клацніть на кнопці **Вікно напрямів (Directions Window)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Напрями (Directions)**.

Напрямки руху від кожної пожежної частини наводяться в списку у вікні.



3. Якщо ви не бажаєте продовжувати роботу з іншими вправами, закрийте додаток ArcMap. Натисніть **Ні (No)**, щоб не зберігати зміни.

4. Якщо ви бажаєте продовжити роботу з іншими вправами, виконайте такі дії.

a. Клацніть на **Файл (File) > Новий (New)**.

Відкриється діалогове вікно **Новий документ (New Document)**.

b. Натисніть **ОК**.

c. Клацніть на **Ні (No)** у відповідь на запит про збереження змін.

Питання для самоконтролю

1. За допомогою якої функції можна швидко знайти адресу?
2. Змініть адресу інциденту.
3. Знайдіть усі пожежні частини, які знаходяться в 5 хвилинах їзди від інциденту.
4. Встановіть 5 пожежних частин, які знаходяться поруч з місцем пожежі.
5. Змініть умовне позначення пожежних станцій.

5 ОБЧИСЛЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ОБСЛУГОВУВАННЯ І СТВОРЕННЯ МАТРИЦІ «ДЖЕРЕЛО-ПРИЗНАЧЕННЯ»

Щоб створити серію полігонів, що представляють відстань, яку може бути досягнуто з пункту обслуговування протягом певного часу, необхідно обчислити три-, п'яти- і десятихвилинні зони обслуговування для шести товарних складів у Парижі. Ці полігони відомі як полігони області обслуговування.

Також потрібно визначити, скільки є магазинів у кожній із цих областей обслуговування. Необхідно визначити склад, розташування якого має бути змінено для кращого обслуговування магазину. Додатково потрібно створити матрицю Джерело-Призначення для доставлення товарів зі складу в усі магазини в межах 10 хвилин у дорозі. Така матриця використовується як введення для логістики, постачання та аналізів маршрутів.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь-яке місце. Однак зручніше витягнути їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 05.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap – Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.
4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.
Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.
5. Двічі клацніть на файлі **Exercise05.mxd**.
Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

а. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

б. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

с. Клацніть **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів **Network Analyst** досі не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

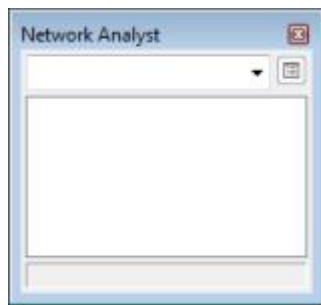
Панель інструментів **Network Analyst** буде додана до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** досі не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**.

Відкриється прикріплене вікно Network Analyst.



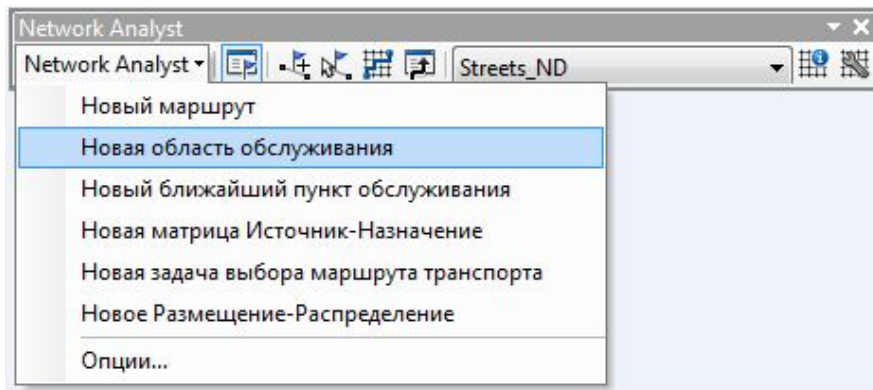
Вікно **Network Analyst** можна закріплювати й відкріплювати.

Створення шару аналізу області обслуговування

Кроки:

1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network**

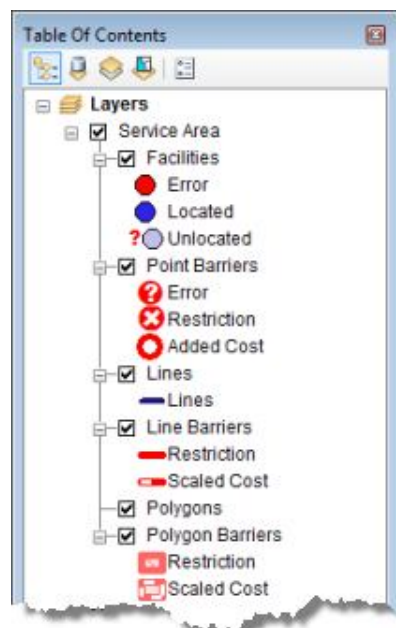
Analyst і клацніть на **Нова область обслуговування (New Service Area)**.



Шар аналізу області обслуговування буде додано до вікна **Network Analyst**. Класи мережного аналізу: Пункти обслуговування (Facilities), Полігони (Polygons), Лінії (Lines), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.



Додавання пунктів обслуговування

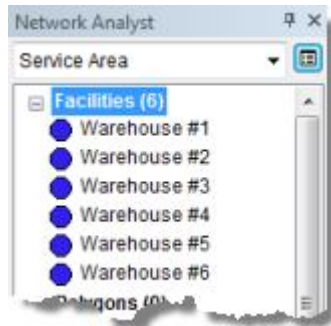
Далі необхідно додати товарні склади як пункти обслуговування, для яких будуть згенеровані полігони області обслуговування.

Кроки:

1. Натисніть **Ctrl** під час перенесення шару об'єктів **Склади (Warehouses)** з вікна **Таблиця вмісту (Table of Contents)** і відпустіть його над класом **Пункти обслуговування (Facilities)** у вікні **Network Analyst**.

Шість складів будуть завантажені як пункти обслуговування та з'являться на карті.

2. У вікні **Network Analyst** натисніть на знак плюс (+) поряд із **Пункти обслуговування (6) (Facilities (6))**, щоб побачити список пунктів обслуговування.

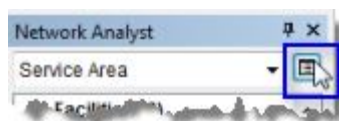


Установка параметрів для аналізу

На наступному етапі необхідно визначити, що область обслуговування буде обчислюватися з огляду на час пересування (використовуючи хвилини). Буде вироблено обчислення трьох полігонів області обслуговування для кожного пункту обслуговування: один для 3 хвилин, один для 5 хвилин і останній для 10 хвилин. Потрібно вказати, що напрямок пересування відбуватиметься від пункту обслуговування, а не до нього, що розвороти припустимі й що необхідно дотримуватись обмежень по вулицях з одностороннім рухом.

Кроки:

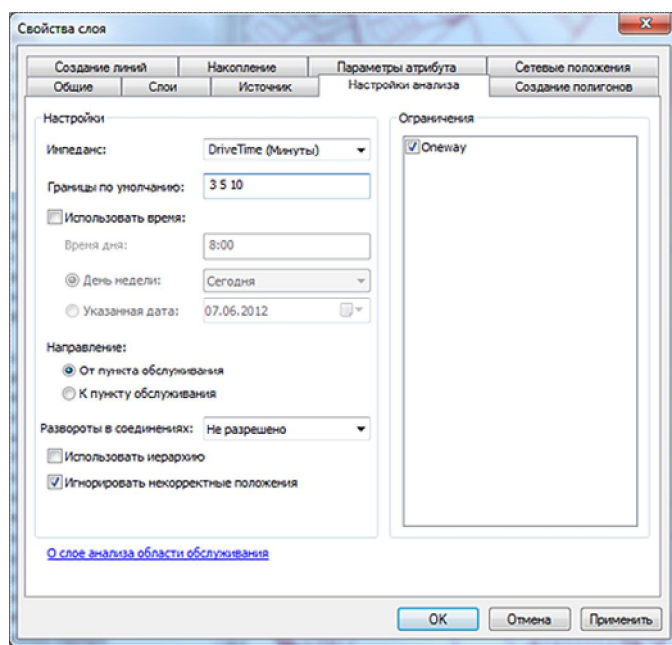
1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на закладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.
3. Переконайтеся, що **Імпеданс (Impedance)** заданий як **DriveTime** (у хвилинах).
4. Введіть 5 березня 10 на текстовому вікні **Граничні значення за замовчуванням (Default Breaks)**.
5. У розділі **Напрямок (Direction)** клацніть на **Від пункту обслуговування (Away From Facility)**.
6. Виберіть **Не дозволяється (Not Allowed)** зі списку, **U – образні розвороти на розв'язках (U – Turns at Junctions)**.
7. Залиште позначку **Ігнорувати некоректні місця розташування (Ignore Invalid Locations)**.
8. Відзначте **Односторонній рух (Oneway)** в меню **Обмеження (Restrictions)**.

Закладка **Налаштування аналізу (Analysis Settings)** має виглядати у такий спосіб:



9. Перейдіть на закладку **Створення полігонів (Polygon Generator)**.
10. Переконайтеся, що вибрано пункт **Створення полігонів (Generate Polygons)**.
11. Для установки **Тип полігону (Polygon Type)** клацніть на **Генералізований (Generalized)**.
Деталізовані полігони точніші, але для їхнього генерування потрібно більше часу.
12. Зніміть відмітку з опції **Скоротити полігон (Trim Polygon)**.
Цей процес постобробки обрізає зовнішні межі полігону для видалення викидів, до того ж потрібен додатковий час.

13. Клацніть на **Перекриття (Overlapping)** для переходу до вікна **Параметри для декількох пунктів обслуговування (Multiple Facilities Options)**.

Це створює окремі полігони для кожного пункту обслуговування. Полігон одного пункту обслуговування може бути перекритий полігоном іншого, найближчого пункту обслуговування.

14. Клацніть на **Кільця (Rings)** для типу **Накладення (Overlap)**.

Це виключає області з меншими граничними значеннями з полігонів з великими кордонами.

15. Клацніть на **Застосувати (Apply)**, щоб зберегти настройки.

16. Перейдіть на закладку **Створення ліній (Line Generation)**.

17. Не ставте позначку **Створити лінії (Generate Lines)**.

Не зважаючи на те, що ви не будете генерувати лінії від ребер, які перетинаються в цій вправі, ви можете це зробити, застосовуючи цю опцію.

Це можна застосовувати щодо вихідних ліній, полігонів або тих і інших.

18. Натисніть ОК.

Процес для обчислення області обслуговування

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

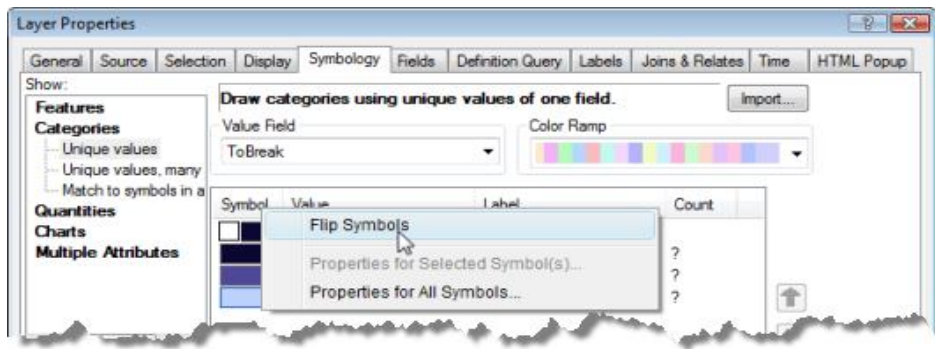
Полігони області обслуговування з'являться на карті й у вікні Network Analyst.

Полігони прозорі, що дозволяє побачити розташовані під ними вулиці. Однак замість установки кольору переходу кордонів від темного до світлого світла у разі збільшення відстані, потрібно змінити налаштування на перехід від світлого до темного.

2. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Полігони (Polygons)** і виберіть **Властивості (Properties)**.

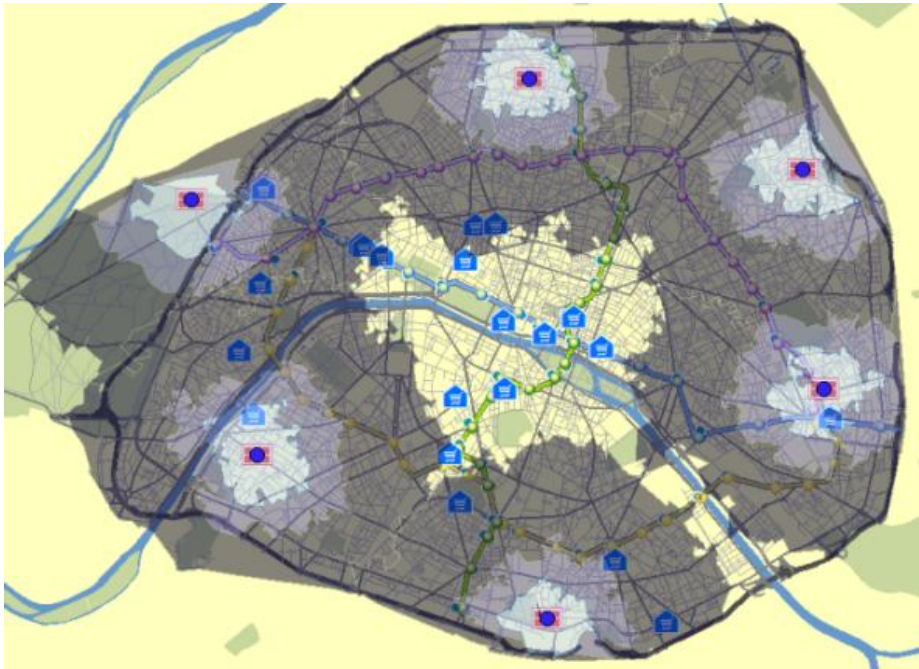
3. Виберіть закладку **Символи (Symbology)**.

4. Клацніть Назва поля **Символ (Symbol)** і виберіть **Звернути символи (Flip Symbols)** (необхідно переконатися, що натиснуто на **Символ (Symbol)** лівою, а не правою кнопкою миші, інакше не можна буде побачити контекстного меню).



5. Натисніть **ОК**.

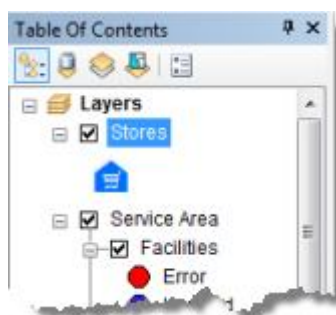
Зовнішня і внутрішня області обслуговування поділяються квітами перемикача, роблячи чіткіший вигляд, які області виходять за межі десятихвилинного значення.



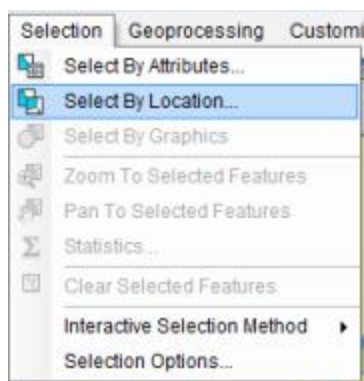
Ідентифікація магазинів, що знаходяться за межами областей обслуговування

Кроки:

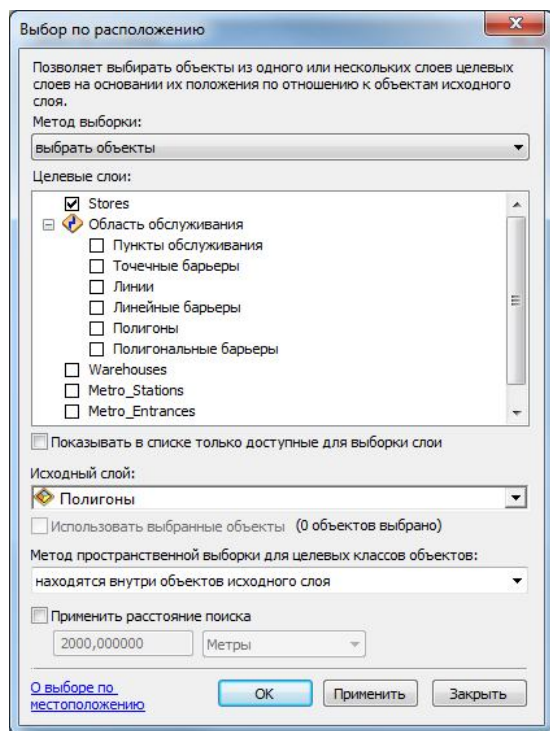
1. У вікні **Зміст (Table Of Contents)** кладніть і перемістіть **Магазини (Stores)** у верхню частину списку **Шари (Layers)**, щоб поліпшити видимість.



2. Клацніть на **Вибірка (Select)> Вибрати за розташуванням (Select By Location)**.



3. Створіть запит для створення вибірки в діалоговому вікні **Вибір за розташуванням (Select By Location)** для вибору об'єктів із магазинів, які знаходяться всередині полігонів, як показано нижче.



4. Натисніть **ОК**.

Вибираються магазини, які знаходяться в межах полігонів, проте вам потрібно вибрати магазини, які знаходяться поза полігонів області обслуговування.

5. У вікні **Зміст (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою на **Магазини (Stores)** і клацніть на **Вибірка (Selection)> Переключитися вибірку (Switch Selection)**.

Вибірка тепер відображає розподіл магазинів, які не були розташовані в якому-небудь із полігонів області обслуговування. Використовуйте цю вибірку

для визначення, в яку область ви перенесете товарний склад. Найкращі області розташовуються в центрі карти.



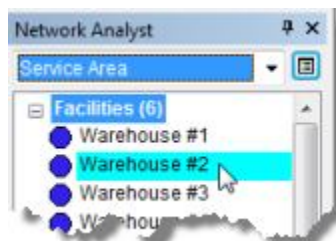
6. На панелі інструментів **Інструменти (Tools)** клацніть на кнопці **Очистити вибрані об'єкти (Clear Selected Features)**.

Переміщення найменш доступного товарного складу

Подивіться на полігони області обслуговування товарного складу № 2. У межах трьох-, п'яти- або десятихвилинної доступності областей обслуговування навколо товарного складу № 2 немає магазинів; отже, ви повинні перемістити цей склад для кращого обслуговування магазинів.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** виберіть **Товарний склад № 2 (Warehouse# 2)** під **Пункти обслуговування (Facilities)** (6).



2. Клацніть на інструменті **Вибір / переміщення мережного положення (Select / Move Network Location)** на панелі інструментів Network Analyst.

3. Перемістіть товарний склад № 2 у центр карти, як показано нижче.



Розпочніть процес для обчислення області обслуговування

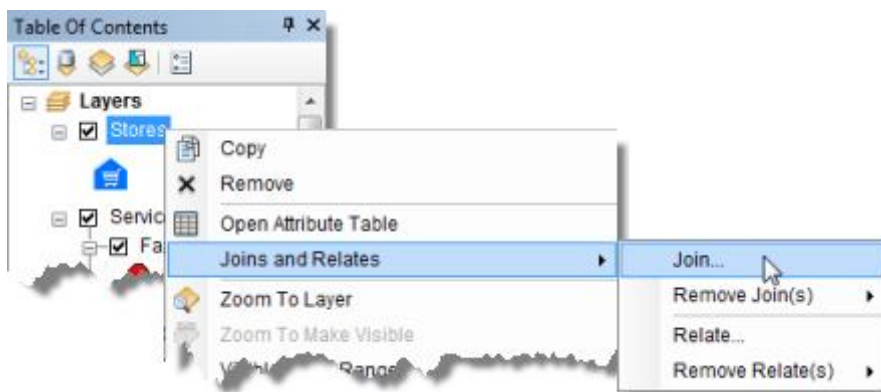
Крок:

Клацніть на кнопці Розрахунок (Solve)  на панелі інструментів **Network Analyst**. Полігони області обслуговування з'являться на карті й у вікні **Network Analyst**.

Ідентифікація полігону області обслуговування, у якій знаходяться усі магазини

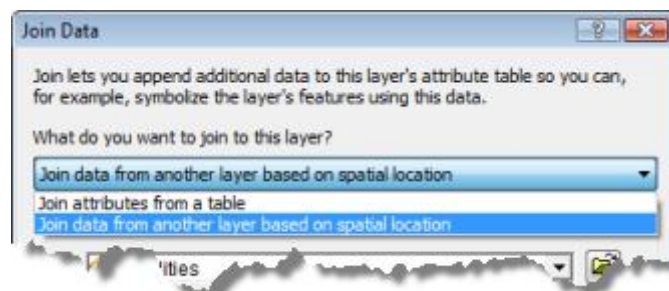
Кроки:

1. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою на **Магазини (Stores)** і клацніть на **З'єднання і Зв'язок (Joins and Relates) > З'єднання (Join)**.

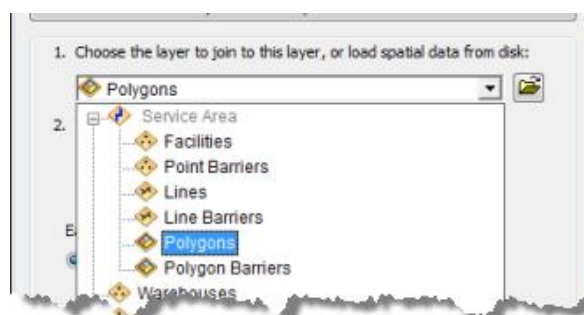


Відкриється діалогове вікно **З'єднання даних (Join Data)**.

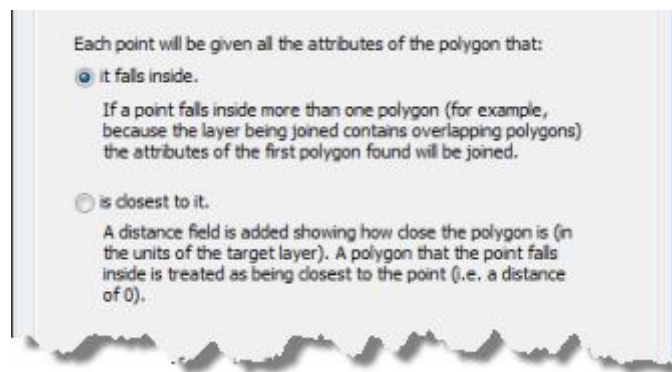
2. Виберіть **Дані з іншого шару на підставі просторів положення (Join data from another layer based on spatial location)**.



3. Виберіть **Полігони (Polygons)** як шар для з'єднання з цим шаром.

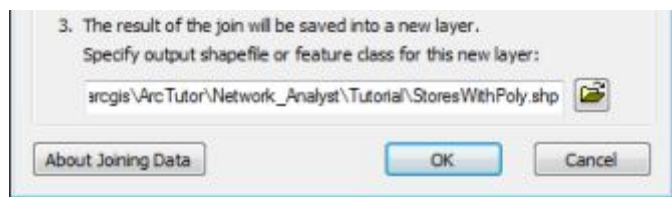


4. Клацніть на кнопці, усередину якої вона потрапила.



У такий спосіб додаються атрибути полігону до всіх точок, які потрапляють всередину полігону.

5. Вкажіть розташування вихідного шейп-файлу або класу просторових об'єктів для збереження результатів з'єднання і назвіть їх **StoresWithPoly**.



6. Натисніть **ОК**.

ArcGIS виконує з'єднання і додає новий шар до документа карти.

7. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою на новому шарі об'єктів **StoresWithPoly** та оберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.

Кожен рядок у таблиці містить назву магазину та полігону, до якого він входить. Ви можете використовувати цю таблицю, щоб генерувати інші корисні категорії, як число магазинів у межах від 0 до 3-х хвилин доступності області обслуговування.

8. Закрийте таблицю атрибутів.

Додатково ви можете експортувати пункти обслуговування (зокрема переміщені вами) у вигляді класів просторових об'єктів.

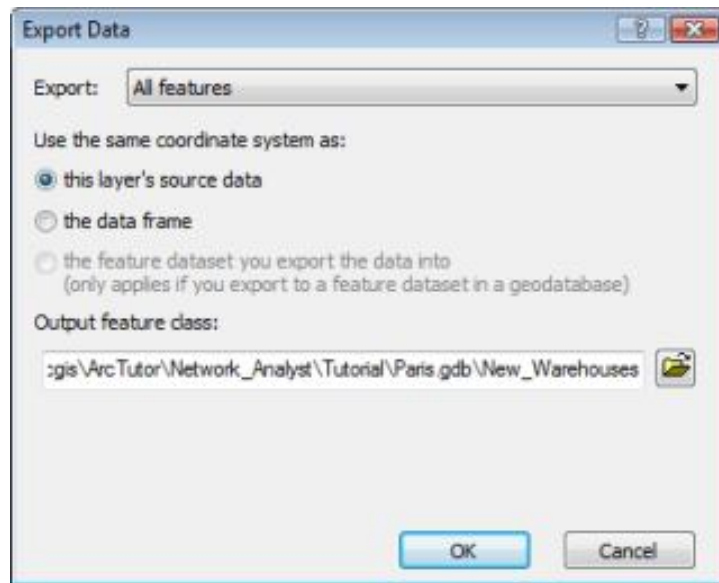
9. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші по **Об'єкти (Facilities) (6)** і виберіть команду **Експорт даних (Export Data)**.

Відкриється діалогове вікно **Експорт даних (Export Data)**.

10. Зі списку **Експорт (Export)** виберіть **Усі об'єкти (All features)**.

11. Виберіть вихідну розташування і тип (шейп-файл або клас просторових об'єктів).

Ви можете вибрати для збереження класу просторових об'єктів базу геоданих Парижа: C: \ arcgis \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Paris.gdb \ New_Warehouses (Нові товарні склади).



12. Натисніть **ОК**.

З'явиться повідомлення з питанням, чи бажаєте ви додати експортовані дані на карту.

13. Клацніть на **Ні (No)**.

Для решти частини цієї вправи не потрібні дані.

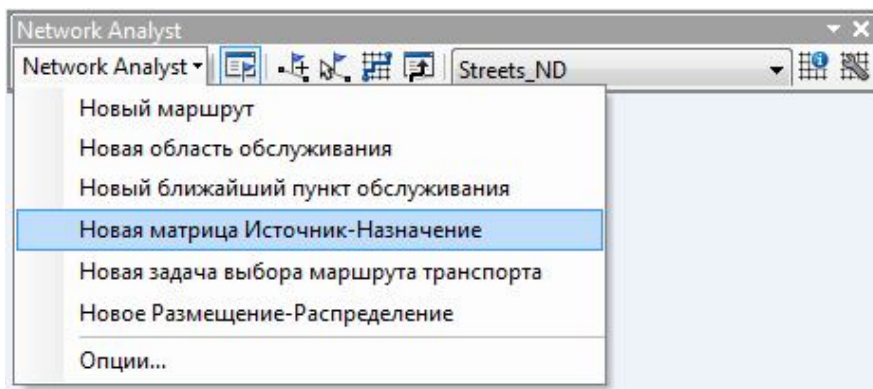
Створення шару аналізу матриці Джерело-Призначення

Додатково необхідно створити матрицю Джерело-Призначення для доставлення товарів із нового товарного складу в усі магазини. Результати цієї матриці можуть використовуватися для ідентифікації магазинів, які обслуговуватимуться кожним товарним складом, розташованим у десятихвилинній доступності за часом пересування. Крім того, ви можете знайти повний час пересування від кожного товарного складу до його магазину.

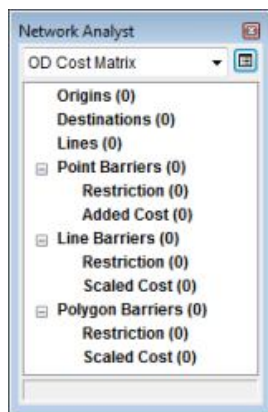
Кроки:

1. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** зніміть позначку шару аналізу Область **обслуговування (Service Area)** і шару об'єкта **StoresWithPoly**, щоб поліпшити читаність карти.

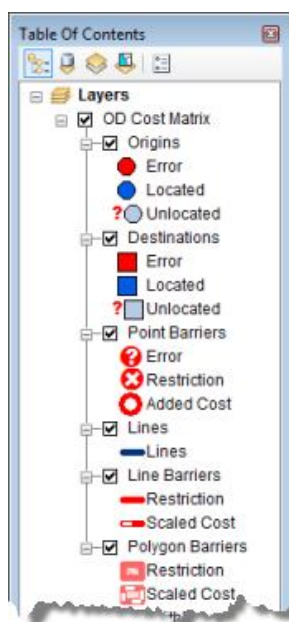
2. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Нова матриця Джерело-Призначення (New OD Cost Matrix)**.



Шар аналізу матриця Джерело-Призначення доданий до вікна **Network Analyst**. Класи мережного аналізу: Вихідні точки (Origins), Кінцеві точки (Destinations), Лінії (Lines), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також у вікно **Таблиця змісту (Table Of Contents)** доданий новий шар аналізу.



Додавання джерел (Adding origins)

Як джерела можна використовувати пункти обслуговування з області обслуговування (в попередніх розділах). Якщо ви не завершили розділи в областях обслуговування, замість них використовуйте шар просторових об'єктів.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на **Джерела (Origins (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

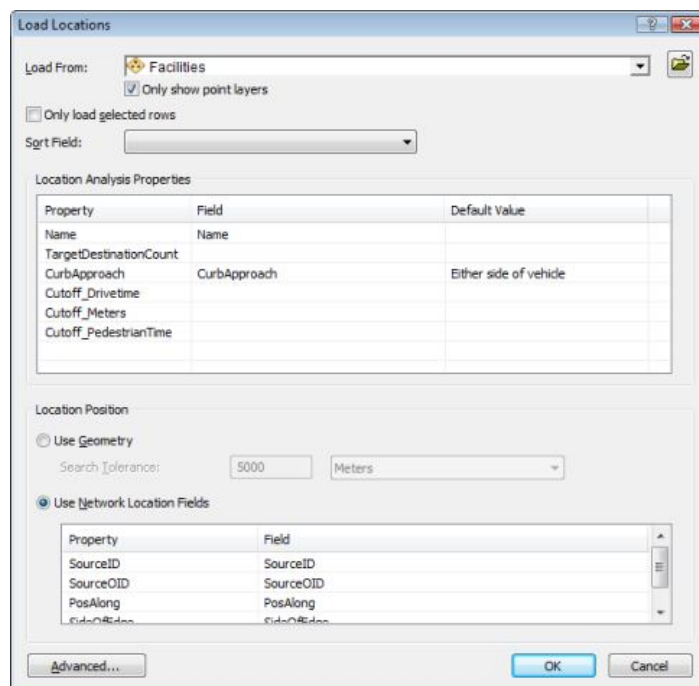
Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Клацніть на **Області обслуговування / Пункти обслуговування (ServiceArea / Facilities)** у списку, **Завантажити з (Load From)** (якщо ви не завершили попередній розділ в області обслуговування, замість нього виберіть **Товарні склади (Warehouses)**).

3. Зніміть відмітку з **Завантажити тільки вибрані рядки (Only load selected rows)**.

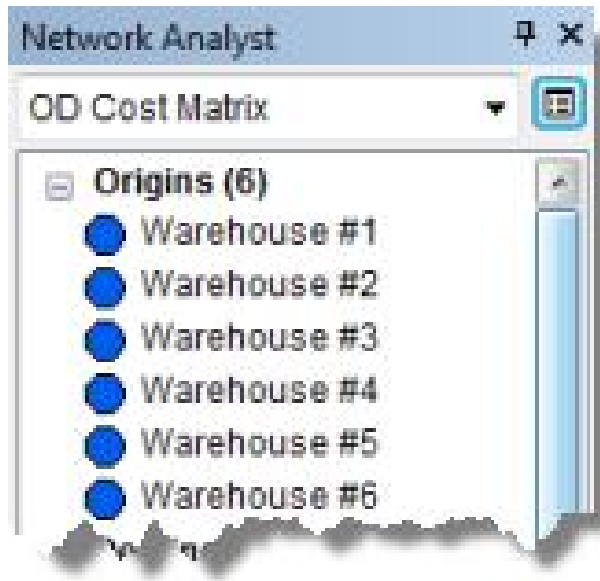
4. У розділі **Позиція положення (Location Position)** клацніть на **Використовувати поля мережних місцезнаходжень (Use Network Location fields)** (якщо ви завантажуєте товарні склади, клацніть на **Використовувати геометрію (Use Geometry)**).

Використання полів мережного розташування дозволяє ArcGIS застосовувати вже розташовану позицію області обслуговування для визначення їх знову як джерела. Цей спосіб дозволяє знову знайти місце розташування набагато швидше, ніж використання просторового пошуку.



5. Натисніть **OK**.

Шість нових об'єктів відображені у вікні **Network Analyst** у розділі **Джерела (Origins)**.

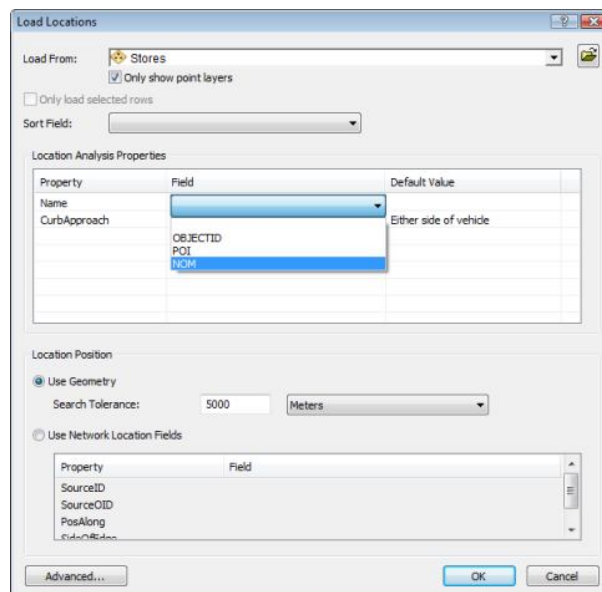


Додавання призначень

Кроки:

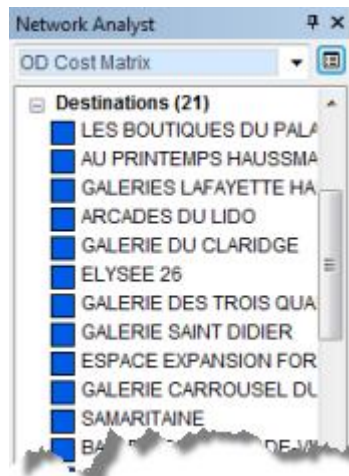
1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Призначення (Destinations (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.
2. Виберіть **Магазини (Stores)** у списку, **Завантажити з (Load From)**.
3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** для імені властивості виберіть **NOM** у списку **Поле (Field)**.

Поки французька назва поля **NOM** не буде налаштована у файлі **NASolverConfiguration.xml**, **ArcGIS** не зможе автоматично зіставити назву поля з картою.



4. Натисніть **OK**.

Вікно **Network Analyst** зараз містить у списку 21 призначення.



Ці значення також відображаються на карті.



Установка параметрів для аналізу

На наступному етапі необхідно визначити, що матриця Джерело-Призначення буде обчислюватися з огляду на час пересування. Потрібно встановити значення скорочення за замовчуванням на 10 хвилин і задати налаштування таким чином, щоб усі місця призначення знаходилися в межах обмеженої зони. Додатково необхідно вказати, що розвороти допускаються скрізь, а тип вихідний геометрії має бути прямолінійним. Оскільки виконання маршруту проводиться на дорогах, варто зважати на обмеження по односторонньому руху. Усі некоректні місця розташування (місце розташування не знайдено) ігноруються.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



2. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.
3. Переконайтеся, що в списку, який розкривається **Імпеданс (Impedance)** задано значення **DriveTime (у хвилинах)**.
4. Не ставте позначку **Використовувати час початку (Use Start Time)**.
5. Введіть 10 у текстове поле **Граничне значення за замовчуванням (Default Cutoff Value)**.

У такий спосіб будуть створені напрями Джерело-Призначення від кожного товарного складу до всіх магазинах, які знаходяться в межах 10 хвилин шляху. Як одиниці вимірювання використовуються хвилини, оскільки атрибут імпедансу заданий у хвилинах.

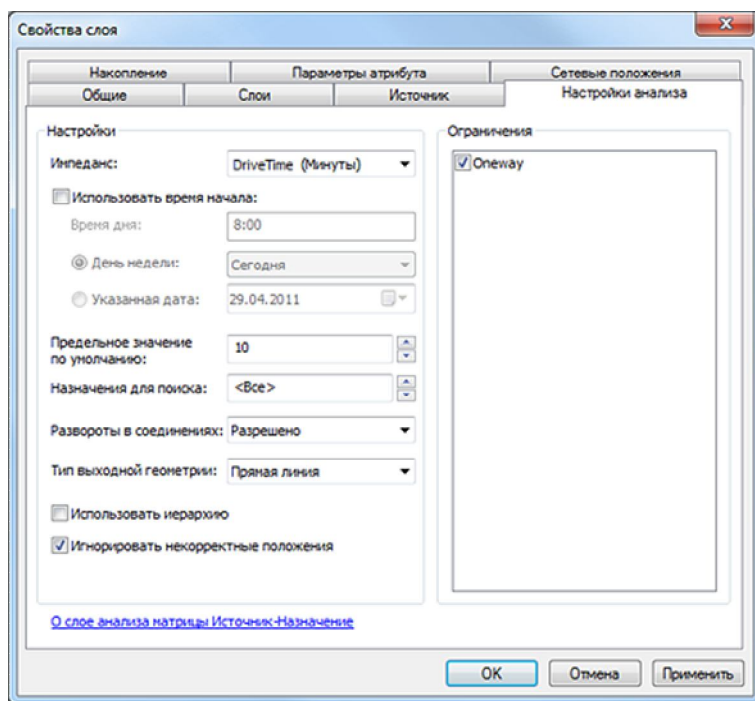
6. Переконайтеся, що властивості **Призначення для пошуку (Destinations To Find)** задано значення **<Усе> (<All>)**.

7. Виберіть **Дозволити (Allowed)** зі спадаючого списку **Розвороти у з'єднаннях (U – Turns at Junctions)**.

8. Переконайтеся, що в розділі **Тип форми на виході (Output ShapeType)** встановлено значення **Пряма лінія (Straight Line)**.

9. Переконайтеся, що відзначений параметр **Ігнорувати некоректні місцезнаходження (Ignore Invalid Locations)**.

10. Відзначте **Односторонній рух (Oneway)** в меню **Обмеження (Restrictions)**.



11. Натисніть **ОК**.

Налаштування параметрів збережені.

Запуск процесу створення матриці Джерело-Призначення

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Лінії Джерело-Призначення будуть відображатися на карті. У цьому прикладі 24 лінії. Це число залежатиме від того, куди ви перемістили товарний склад № 2.

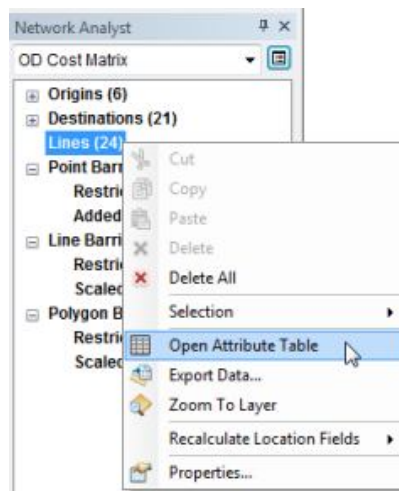
2. Якщо шар області обслуговування не відображений, включите відображення шару матриці Джерело-Призначення у верхній частині області обслуговування товарних складів.

Виділення магазинів для товарних складів

З огляду на матрицю Джерело-Призначення тепер можна визначити магазини, які обслуговуватимуться кожним товарним складом.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою на **Лінії (Lines)** (24) і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.



Відкривається таблиця Лінії (Lines).

Таблиця Лінії (Lines) є матрицею Джерело-Призначення від кожного товарного складу до всіх магазинів у межах 10 хвилин шляху. Стовпець OriginID (ідентифікатор джерела) містить ідентифікатори товарних складів. Стовпець DestinationID (ідентифікатор призначення) містить ідентифікатори магазинів. DestinationRank (ранг призначення) – це ранг, присвоєний кожному призначенню, яке обслуговується магазином, зважаючи на загальний час шляху. Наприклад, у таблиці нижче зазначено, що для товарного складу № 1 ідентифікатор призначення 2 (DestinationID 2) має ранг 1, а ідентифікатор призначення 3 має ранг 2. Це пов'язано з тим, що шлях від товарного

складу № 1 до DestinationID 2 займає менше часу (даний випадок може відрізнятися цьому разі, оскільки результати аналізу залежать від вихідного класу просторових об'єктів джерел і призначень).

ObjectID	Shape	Name	OriginID	DestinationID	DestinationRank	Total_Drivetime
1	Polyline	Warehouse #1 - AU PRINTEMPS HAUSSMANN	1	2	1	8.502172
2	Polyline	Warehouse #1 - GALERIES LAFAYETTE HAUSSMANN	1	3	2	8.816077
3	Polyline	Warehouse #2 - SAMARITANE	2	11	1	2.335165
4	Polyline	Warehouse #2 - ESPACE EXPANSION FORUM DES HALLES	2	9	2	2.67174
5	Polyline	Warehouse #2 - BAZAR DE L'HOTEL-DE-VILLE	2	12	3	3.568851
6	Polyline	Warehouse #2 - GALERIE CARROUSEL DU LOUVRE	2	10	4	4.466903
7	Polyline	Warehouse #2 - LE MARCHE SAINT GERMAIN	2	14	5	7.042571
8	Polyline	Warehouse #2 - GALERIE DES TROIS QUARTERS	2	7	6	7.441952
9	Polyline	Warehouse #2 - GALERIES LAFAYETTE HAUSSMANN	2	3	7	8.504664
10	Polyline	Warehouse #2 - LE BON MARCHE	2	15	8	8.627457
11	Polyline	Warehouse #2 - AU PRINTEMPS HAUSSMANN	2	2	9	9.274025
12	Polyline	Warehouse #2 - MAINE-MONTPARNASSE	2	18	10	9.974127
13	Polyline	Warehouse #3 - PRINTEMPS NATION	3	16	1	4.442080
14	Polyline	Warehouse #4 - ITALIE 2	4	20	1	5.628731
15	Polyline	Warehouse #4 - CENTRE COMMERCIAL MASSENA 13	4	21	2	6.305414
16	Polyline	Warehouse #4 - GAITE	4	19	3	8.578204
17	Polyline	Warehouse #5 - S.C.I. BEAUGRENELLE	5	17	1	2.428296
18	Polyline	Warehouse #5 - GALERIE COMMERCIALE PASSY PLAZA	5	13	2	7.048086
19	Polyline	Warehouse #6 - LES BOUTIQUES DU PALAIS DES CONGRES	6	1	1	3.968477
20	Polyline	Warehouse #6 - GALERIE SAINT DIDIER	6	8	2	6.098853
21	Polyline	Warehouse #6 - ARCADES DU LIDO	6	4	3	8.649859
22	Polyline	Warehouse #6 - GALERIE DU CLARIDGE	6	5	4	8.780694
23	Polyline	Warehouse #6 - GALERIE COMMERCIALE PASSY PLAZA	6	13	5	8.857523
24	Polyline	Warehouse #6 - ELYSEE 26	6	6	6	9.773601

Матриця Джерело-Призначення відображає магазини, які обслуговуються кожним товарним складом, водночас із загальним часом шляхи для кожного маршруту. Деякі магазини знаходяться в 10-хвилинній зоні доступності від більш ніж одного складу і можуть обслуговуватися будь-яким із них. Матриця Джерело-Призначення може також використовуватися як введення в моделях маршрутизації логістики, які використовують матриці місця призначення джерела для виділення товарів й послуг.

2. Якщо ви не бажаєте продовжувати роботу з іншими вправами, закрийте додаток ArcMap. Натисніть **Hi (No)**, щоб не зберігати зміни.

3. Якщо ви хочете продовжити роботу з іншими вправами, виконайте такі дії:

a. **Файл (File) > Новий (New)**. Відкриється діалогове вікно Новий документ (New Document).

b. Натисніть **ОК**.

c. Клацніть на **Hi (No)** у відповідь на запит про збереження змін.

Питання для самоконтролю

1. Змініть параметр «Default Break» на 4; 6; 11.
2. Змініть кольори полігонів.
3. Знайдіть усі магазини, які знаходяться в межах 15 хвилин від складу.
4. Перемістіть 4 склад у довільне місце.
5. Змініть умовне позначення складів і магазинів.

6 СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ МАРШРУТУ

У цьому розділі описано процес створення моделі для знаходження найкоротшого маршруту, що з'єднує 21 магазин у Парижі.

Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягти в будь-яке місце. Однак зручніше витягти їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise06.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap — Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.
4. Перейдіть до папки **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial**.
Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.
5. Двічі клацніть на файлі Exercise06.mxd. Документ карти відкриється в ArcMap.
6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:
 - а. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**. Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.
 - б. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.
 - с. Клацніть на **Закрити (Close)**.Якщо панель інструментів **Network Analyst** ще не відображається, необхідно її додати.
7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

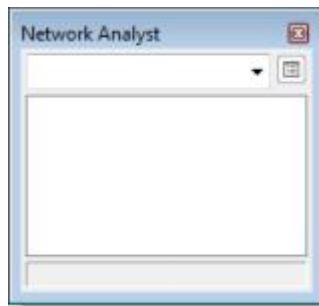
Панель інструментів **Network Analyst** буде додана в ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**

Відкриється прикріплюється вікно Network Analyst.



Вікно Network Analyst можна закріплювати і відкріплювати.

Створення моделі

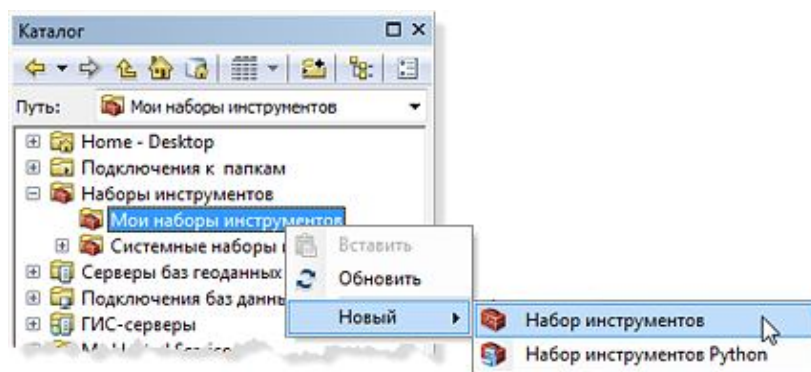
Кроки:

1. Клацніть на кнопці Вікно Каталогу (Catalog window) на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**.

Відкриється вікно **Каталог (Catalog)**.

У вікні **Каталог (Catalog)** розгорніть вузол Панелі інструментів (Toolboxes).

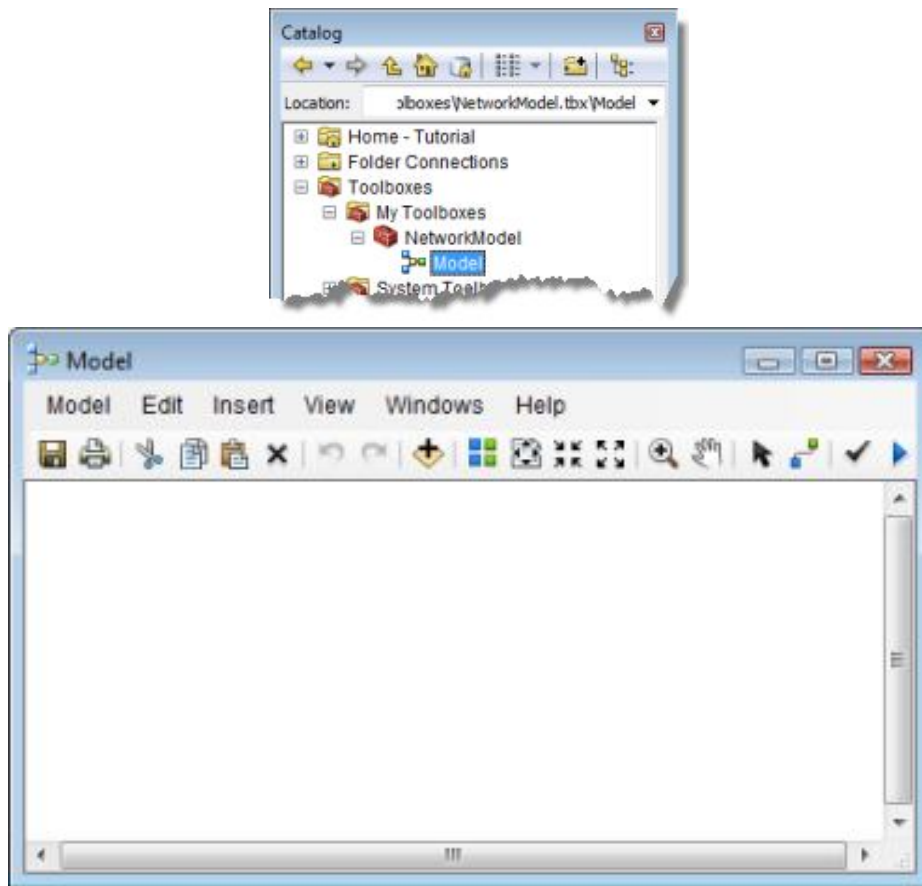
2. Клацніть правою кнопкою миші на пункті **Мої набори інструментів (My Toolboxes)** і виберіть команду **Створити (New)> Набір інструментів (Toolbox)**.



3. Введіть **Мережева Модель** і клацніть на **ENTER**, щоб задати назву доданому набору інструментів.

4. Клацніть правою кнопкою миші на наборі інструментів **Сетевая Модель (NetworkModel)** і виберіть команду **Створити (New)> Модель.**

Нова модель з'явиться у наборі інструментів і відкриє діалогове вікно **Модель (Model).**



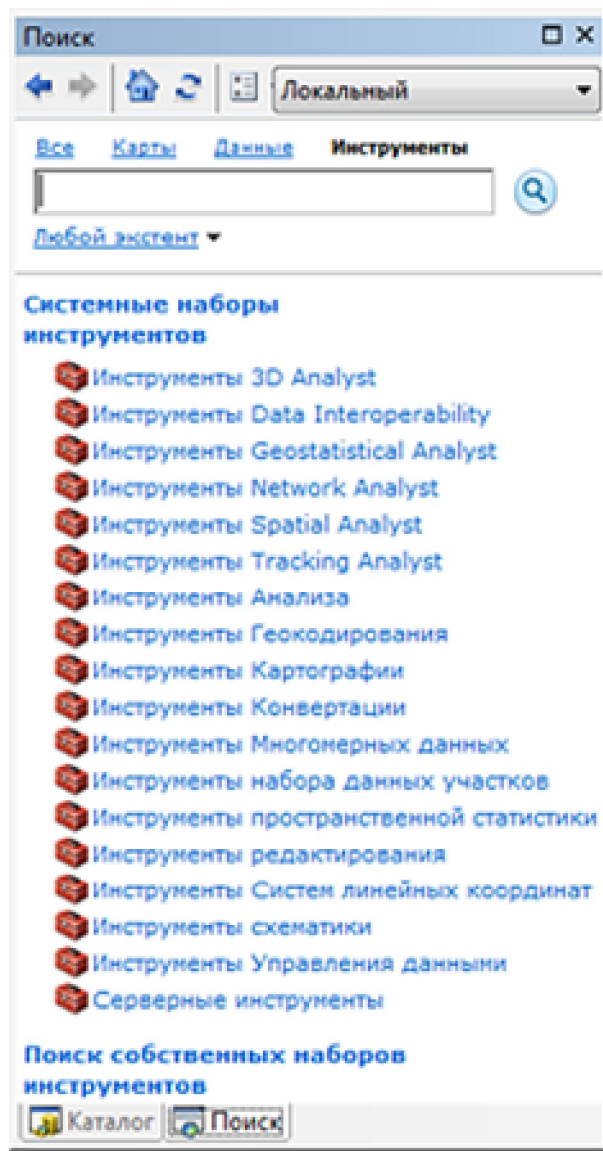
Створення шару маршруту в моделі

Далі у моделі буде створений шар маршруту. Процес використання Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst у моделі збігається з процесом використання Network Analyst в ArcMap. Спочатку потрібно створити шар маршруту й задати властивості. Далі потрібно додати мережеві розташування (зупинки), які будуть входними даними. Згодом потрібно розв'язати та відобразити результати.

Кроки:

1. У меню, клацніть на **Геообробка (Geoprocessing)> Пошук інструментів (Search For Tools).**

Відкриється прикріплене вікно **Пошук (Search)**, у якому виділена категорія **Інструменти (Tools).**



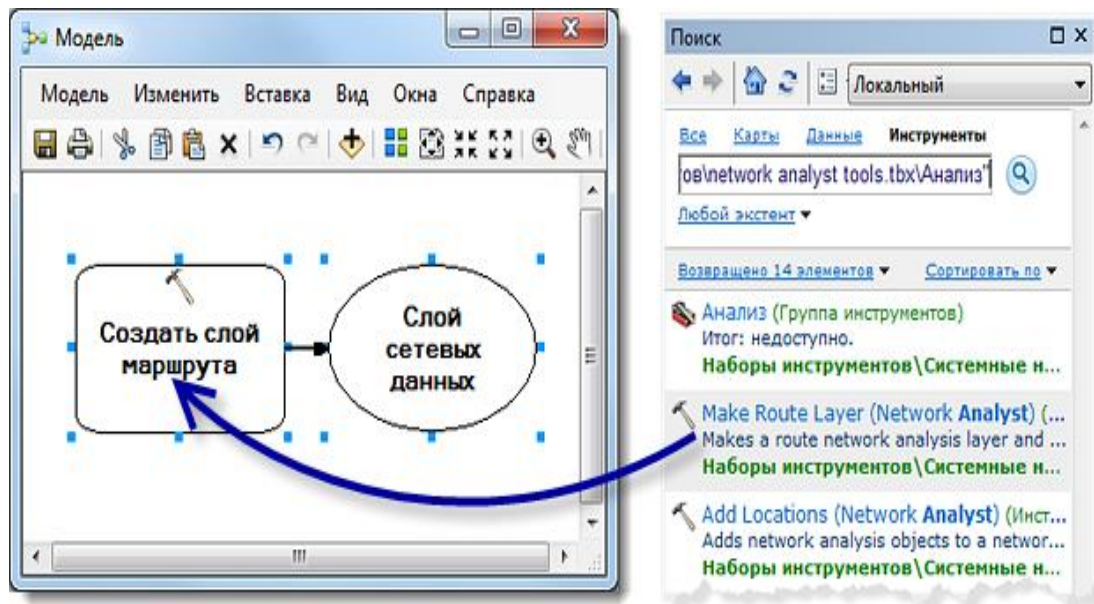
2. Клацніть Інструменти **Network Analyst (Network Analyst Tools)** зі списку наборів інструментів у вікні **Пошук (Search)**.

З'явиться список груп інструментів та інструментів, пов'язаних із додатковим модулем **Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst**.

3. Клацніть на **Аналіз (Analysis)** у розділі результатів у вікні **Пошук (Search)**.

У вікні **Пошук (Search)** відображаються тільки ті інструменти, які пов'язані з аналізом мережі.

4. Перетягніть посилання **Створити шар маршруту (Make Route Layer)** у діалогове вікно **Модель (Model)**.



5. У діалоговому вікні **Модель (Model)** двічі клацніть на команду **Створити шар маршруту (Make Route Layer)**.

Відкриється діалогове вікно **Створення шару маршруту (Make Route Layer)**, у якому можна задавати властивості.

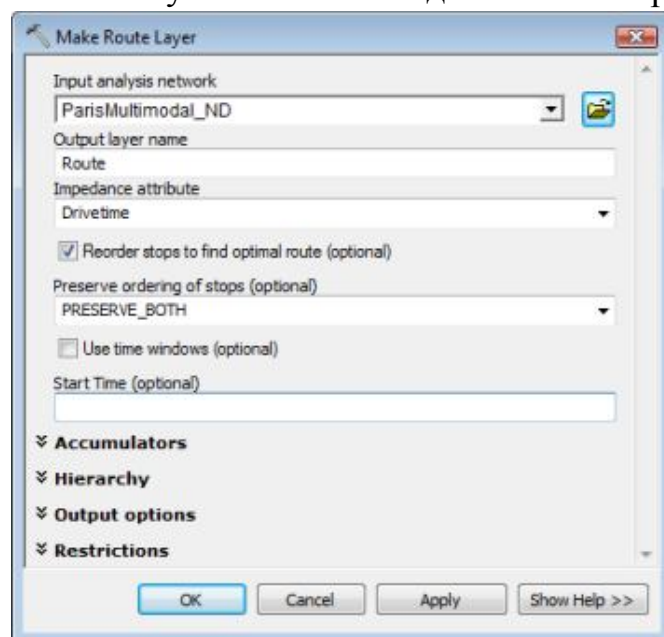
6. Зі списку **Вхідні дані мережевого аналізу (Input analysis network)** виберіть **ParisMultimodal_ND**.

7. Зі списку **Атрибут імпедансу (Impedance attribute)** клацніть на **DriveTime**.

8. Поставте відмітку **напроти Зупинити порядок зупинок для оптимізації маршруту (Reorder stops to find optimal route)**.

9. Зі списку **Зберегти порядок зупинок (Preserve ordering of stops)** клацніть на **PRESERVE_BOTH**.

Діалогове вікно засобу повинно виглядати як на зображенні нижче.



10. Натисніть **ОК**.

Шар аналізу вхідних даних додавання в модель. **Засіб Створення шару маршруту (Make Route Layer)** набуває жовтого кольору, а результат – зеленого.

11. Клацніть на кнопці **Повний вигляд (Full View)** Заповнити вид (**Full View**).

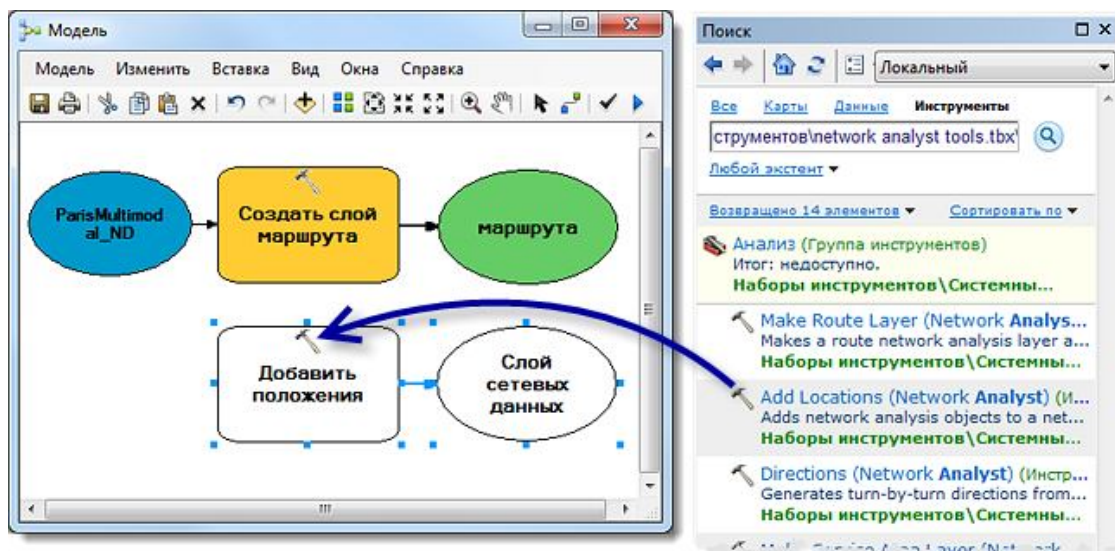
Буде відображена уся модель.

Додавання зупинок у шар маршруту

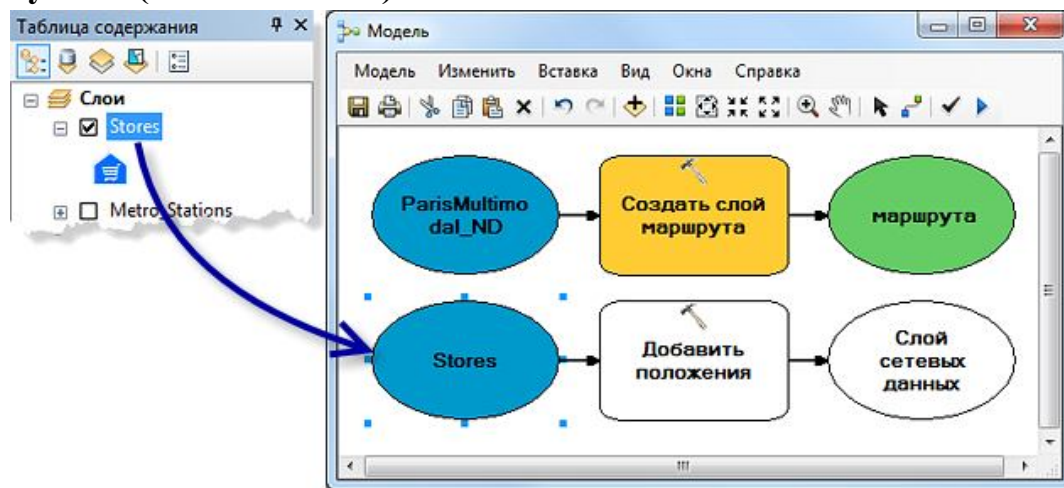
Далі як зупинки будуть додані магазини за допомогою засобу **Додавання розташувань (Add Locations)**.

Кроки:

1. Перетягніть засіб **Додавання розташувань (Add Locations)** з вікна **Пошук (Search)** в діалогове вікно **Модель (Model)**.

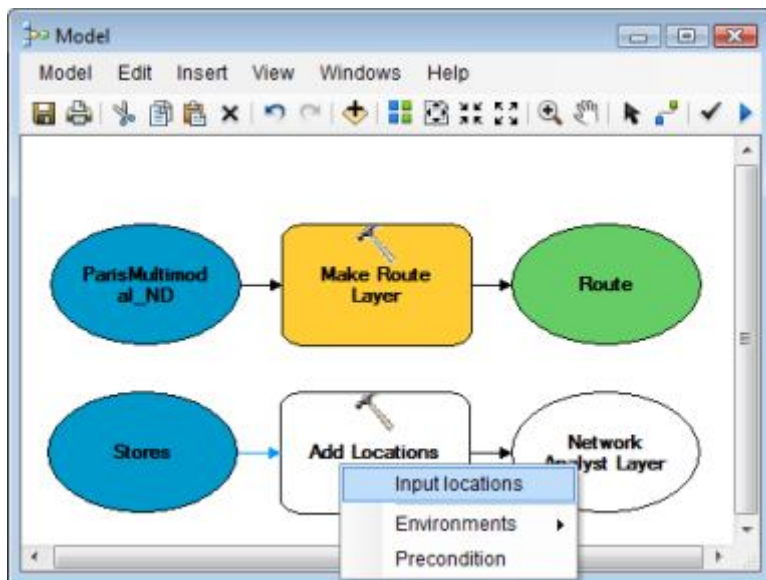


2. Виберіть функціональний шар **Магазини (Stores)** у вікні **Вміст (Table Of Contents)** і перетягніть його в модель зліва від засобу **Додавання розташувань (Add Locations)**.

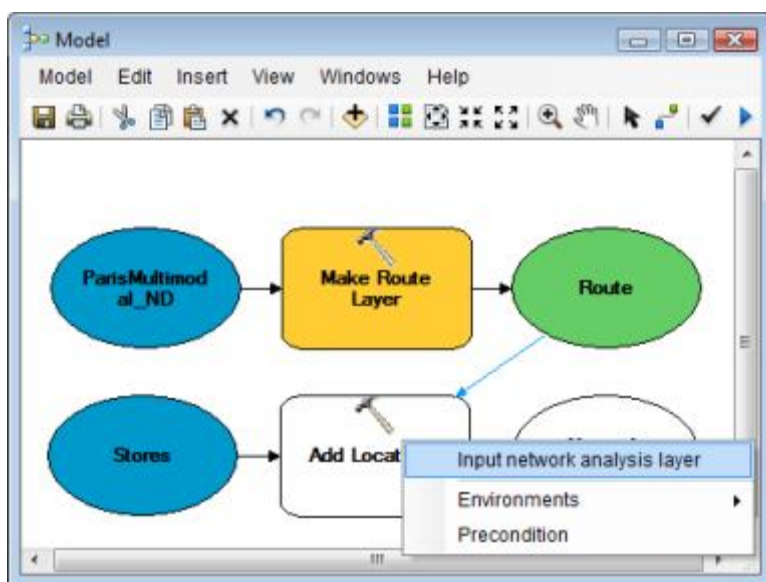


3. У діалоговому вікні **Модель (Model)** виберіть засіб **Підключення (Connect)** **Додати підключення (Add Connection)**.

4. Клацніть на **Магазини (Stores)** і клацніть на **Додавання розташувань (Add Locations)** для підключення до них. Клацніть на **Вхідні розташування (Input locations)** в контекстному меню.

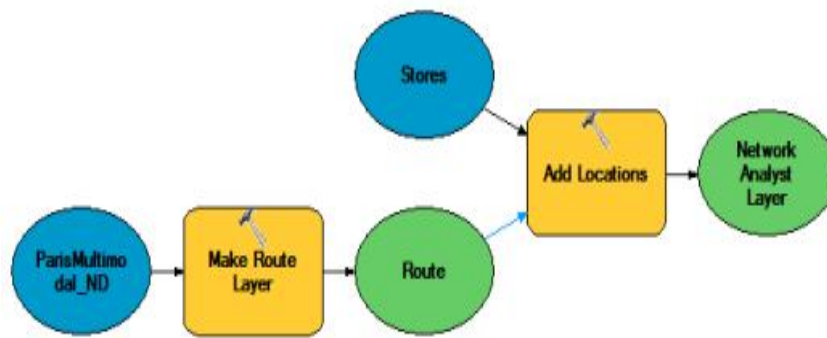


5. Використовуючи інструмент **Підключення (Connect)**, підключіть **Маршрут (Route)** до інструмента **Додавання розташувань (Add Locations)**. Клацніть на **Шар аналізу вхідної мережі (Input network analysis layer)** в контекстному меню.



6. Натисніть кнопку **Автокомпоновка (Auto Layout)**. Модель організована в логічному порядку.

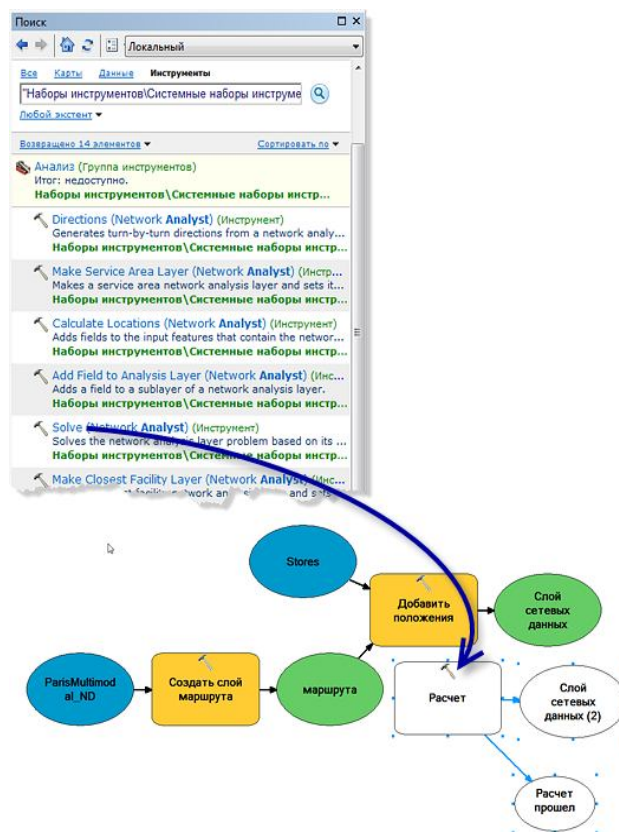
7. Клацніть на кнопці **Повний вигляд (Full View)**.



Додавання інструменту Розрахунок (Solve)

Кроки:

1. Перетягніть інструмент **Розрахунок (Solve)** з вікна **Пошук (Search)** в діалогове вікно **Модель (Model)**.



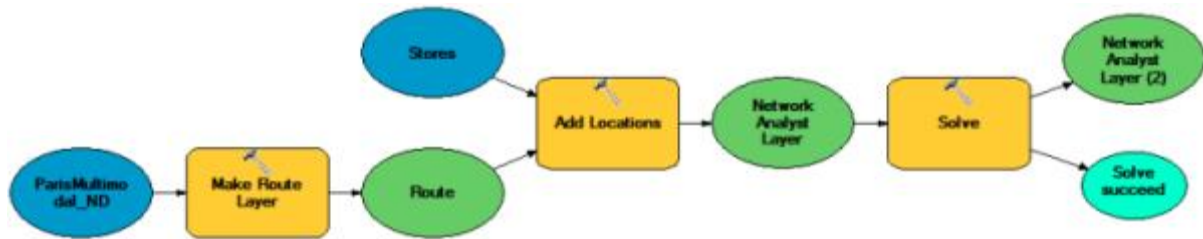
2. Використовуючи інструмент **Підключення (Connect)**, підключіть

вихідний шар **Шар Network Analyst** до інструмента **Розрахунок (Solve)**. Клацніть **Шар аналізу вхідної мережі (Input network analysis layer)** в контекстному меню.

Інструмент **Розрахунок (Solve)** набуває жовтого кольору, вихідний шар – зеленого, а **Рішення виконано успішно (Solve succeeded)** – блакитного кольору.

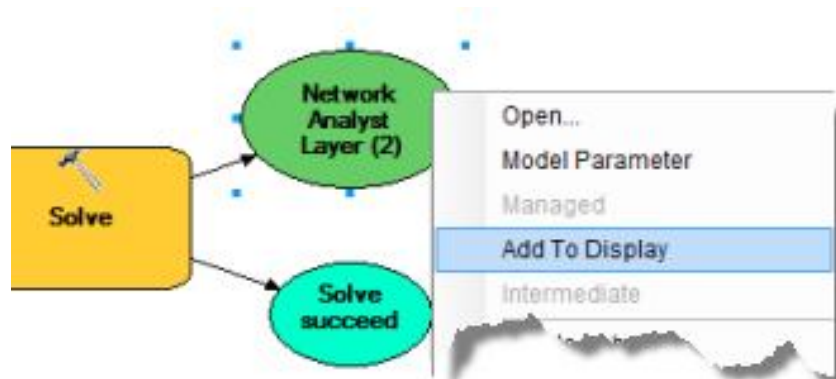
3. Натисніть кнопку **Автокомпоновка (Auto Layout)** .

4. Клацніть на кнопці **Повний вигляд (Full View)** .



5. Натисніть на інструмент **Вибрати (Select)** .

6. Клацніть правою кнопкою миші на вихідному шарі інструмента **Розрахунок (Solve)**, який має напис **Шар ArcGIS Network Analyst (2)**, і виберіть команду **Додати до відображення (Add To Display)**.



Це змусить модель додати остаточний результат до відображенню карти під час запуску з діалогового вікна **Модель (Model)**.

Увага

Додати до відображення (Add To Display) не додасть результат на карту під час запуску інструмента з набору інструментів. Якщо ви хочете додати результат на карту натисніть правою кнопкою миші на результаті (**Шар Network Analyst (2)**) і виберіть **Параметр моделі (Model Parameter)**.

Запуск моделі для пошуку найбільш оптимального маршруту

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Зберегти (Save)**, , щоб зберегти модель.

2. Натисніть кнопку **Запустити (Run)** .

З'явиться вікно стану, що відображає аналіз маршруту ArcGIS.

3. Після завершення закрийте вікно стану і діалогове вікно **Модель (Model)**, щоб вивчити результати.

З'явиться підказка, що повідомляє про необхідність зберегти модель.

4. Клацніть на **Так (Yes)**.

Новий шар маршруту доданий у вікно **Вміст (Table Of Contents)**. У вікні **Network Analyst** відображаються всі зупинки й результуючий маршрут. Карта відображає завантажені зупинки й результуючий маршрут.



Налаштування моделі для збереження результатів на диск

Кроки:

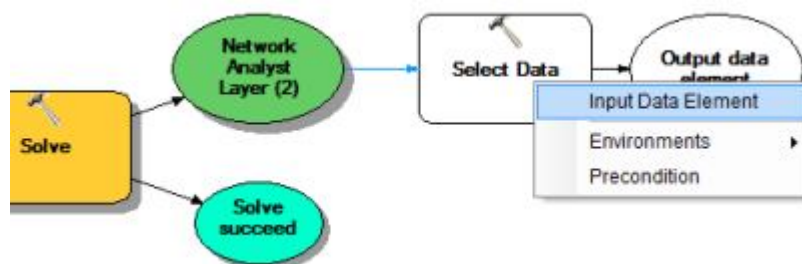
1. У вікні **Каталог (Catalog)** розгорніть набір інструментів **NetworkModel**, клацніть правою кнопкою миші на вузлі **Модель (Model)** і виберіть команду **Змінити (Edit)**.

Для отримання доступу до функціонального класу визначення найкоротшого маршруту, потрібно спочатку скопіювати характеристики з пам'яті на диск.

2. Введіть команду **Вибрати дані** в текстове поле вікна **Пошук (Search)** і клацніть на клавіші **ENTER**.

3. Перетягніть інструмент **Вибір даних (Select Data)** з результатів пошуку у вікно **Модель (Model)**.

4. Використовуючи інструмент **Підключення (Connect)**, підключіть результуючий вихідний шар до інструменту **Вибір даних (Select Data)**. Клацніть на **Елемент вхідних даних (Input Data Element)** в контекстному меню.



5. У вікні **Модель (Model)** двічі клацніть на кнопці **Вибір даних (Select Data)**.

Відкриється діалогове вікно **Вибір даних (Select Data)**.

6. Виберіть **Маршрути (Routes)** у списку, **Дочірній елемент даних (Child Data Element)**.

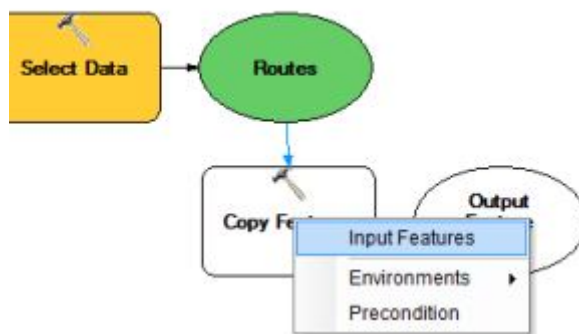
7. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно закриється.

8. Введіть команду **Копіювати характеристики (Copy Features)** в текстове поле вікна **Пошук (Search)** і клацніть на клавіші **ENTER**.

9. Перетягніть інструмент **Копіювання характеристик (Copy Features)** із результатів пошуку в діалогове вікно **Модель (Model)**.

10. Використовуючи інструмент **Підключення (Connect)**, підключіть результуючий вихідний шар до інструменту **Копіювання характеристик (Copy Features)**. Клацніть на **Вхідні характеристики (Input Features)** в контекстному меню.



11. У діалоговому вікні **Модель (Model)** двічі клацніть на команді **Копіювати характеристики (Copy Features)**.

Відкриється діалогове вікно **Копіювання характеристик (Copy Features)**.

12. Введіть вихідну розташування для збереження маршруту як класу характеристик або шейп-файлу.

Наприклад можна ввести таке розташування: **C: \ arcgis \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Paris.gdb \ path**.

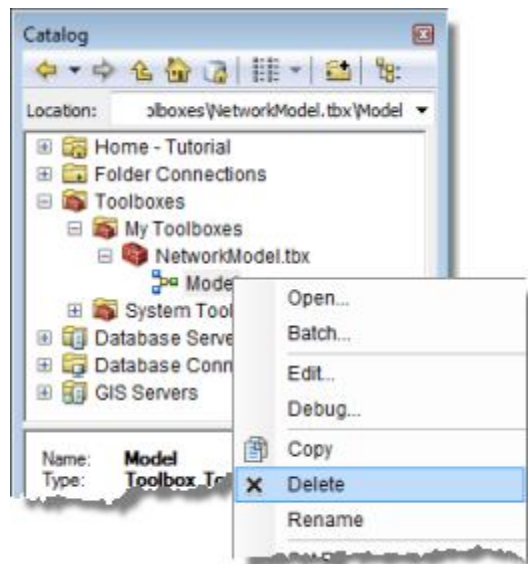
13. Натисніть **ОК**.

Тепер під час запуску моделі буде знайдений найоптимальніший маршрут і обраний підшар маршруту, який буде експортований у клас характеристик. Модель можна запустити, клацнувши на кнопку **Запустити (Run)**.

Видалення моделі

Кроки:

1. У вікні **Каталог (Catalog)** перейдіть до набору інструментів **NetworkModel**, клацніть правою кнопкою миші на вузлі **Модель (Model)** і виберіть команду **Видалити (Delete)**.



З'являється підказка, що повідомляє про необхідність підтвердити видалення.

Якщо модель запускалася, то також потрібно перейти в папку, яка була вказана для збереження вихідних даних інструменту «Копіювання характеристик», і видалити створений клас характеристик.

2. Клацніть на **Так (Yes)**.

3. Вийдіть із програми ArcMap і не зберігайте зміни для файлу Exercise06.mxd.

7 ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ, ЩО НАДІЙШЛИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АВТОПАРКУ

У цьому розділі буде з'ясований пошук найоптимальніших маршрутів для автопарку дистриб'юторської компанії для доставлення товарів із центру розподілу в 25 роздрібних магазинів. У кожного магазину є певні потреби в товарі, і у кожної вантажівки є обмежена місткість товару.

Головна мета – підібрати вантажівки з автопарку під певний набір магазинів і розподілити доставки таким чином, щоб знизити загальні транспортні витрати.

У цьому полягає розв'язання задачі зі знаходження транспортного маршруту (VRP). Коли послідовність доставок буде визначена, будуть створені покрокові вказівки результуючих маршрутів, які можна відправити електронним способом або роздрукувати й передати водіям, які працюють на маршрутах доставлення.



Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь – яке місце. Однак зручніше витягнути їх у папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 07.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap — Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.
З'явиться діалогове вікно **Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document)**.
4. Перейдіть до папки **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial**.
Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.
5. Двічі клацніть на файлі **Exercise07.mxd**.
Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів **Network Analyst** ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

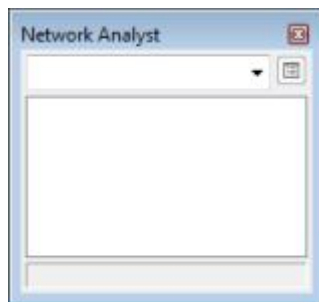
Панель інструментів **Network Analyst** буде додано до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**

Відкриється прикріплене вікно Network Analyst.

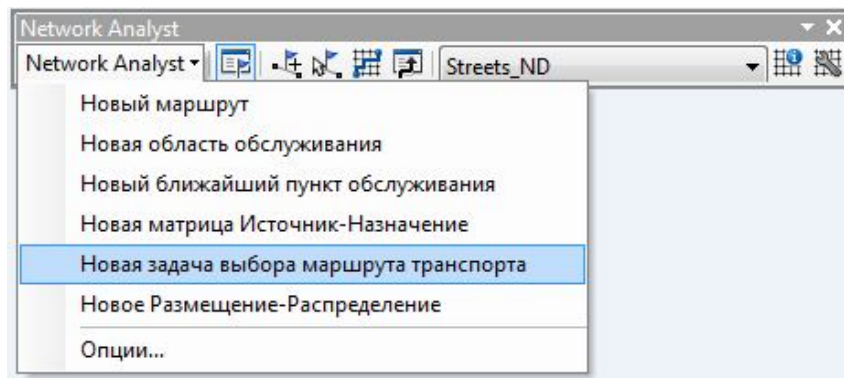


Вікно **Network Analyst** можна закріплювати і відкріплювати.

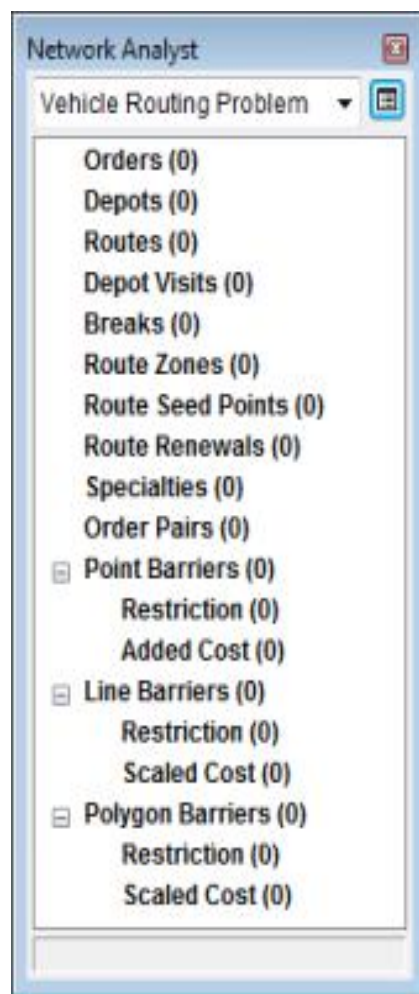
Створення шару аналізу для вибору маршруту транспорту

Кроки:

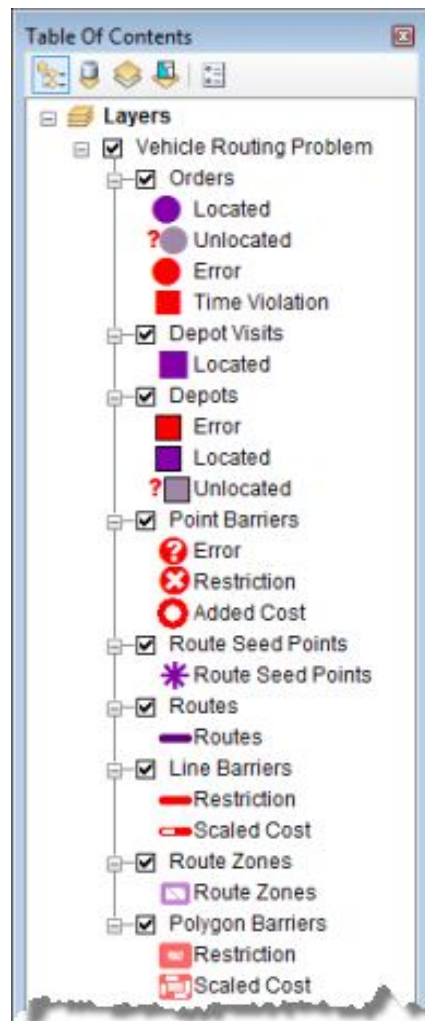
1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Нова задача вибору маршруту транспорту (New Vehicle Routing Problem)**.



Шар аналізу задачі вибору маршруту транспорту доданий у вікно **Network Analyst**. Класи мережного аналізу: Виклики (Orders), Гаражі (Depots), Маршрути (Routes), Повернення в гараж (Depot Visits), Межі (Breaks), Зони маршрутів (Route Zones), Вихідні точки маршрутів (Route Seed Points), Оновлення маршрутів (Route Renewals), Спеціальні вимоги (Specialties), Пари замовлень (Order Pairs), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.



Додавання замовлень

Розташування роздрібних магазинів будуть додані до класу аналізу мережі замовлень (Orders). Замовлення можна подати як заявки, які необхідно виконати, оскільки кожен магазин замовляє певну кількість товару з центру розподілу. Елементи класу «Замовлення» (Orders) зрештою будуть зупинками на транспортному маршруті.

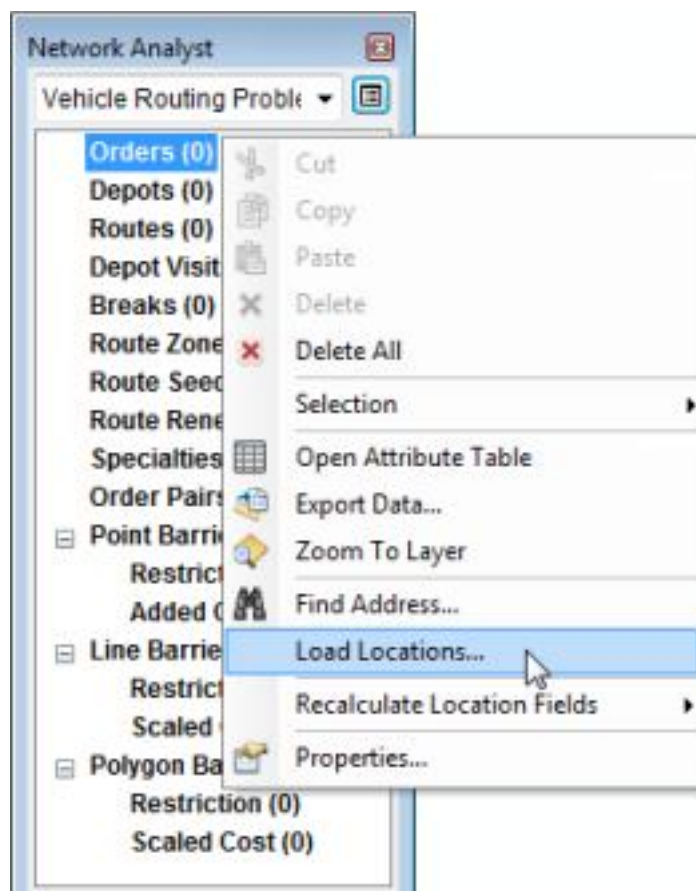
Розташування магазинів вже додані як шар характеристик «Магазини» (Stores) до документу карти. Атрибути шару «Магазини» (Stores) містять відомості про загальну вагу товару (у фунтах), який потрібен кожному магазину, часу, коли має бути виконано доставлення і часу розвантаження (у хвилинах) в кожному магазині. Час розвантаження – це час, необхідний для розвантаження товару.

OBJECTID	SHAPE	NAME	Demand	ServiceTime	TimeStart1	TimeEnd1
1	Point	Store_1	1706	25	9:00:00 AM	5:00:00 PM
2	Point	Store_2	1533	23	9:00:00 AM	5:00:00 PM
3	Point	Store_3	1580	24	9:00:00 AM	5:00:00 PM
4	Point	Store_4	1289	20	9:00:00 AM	5:00:00 PM
5	Point	Store_5	1302	21	9:00:00 AM	5:00:00 PM
6	Point	Store_6	1775	26	9:00:00 AM	5:00:00 PM
7	Point	Store_7	1014	17	9:00:00 AM	5:00:00 PM
8	Point	Store_8	1761	26	9:00:00 AM	5:00:00 PM
9	Point	Store_9	1815	27	9:00:00 AM	5:00:00 PM

Ці точкові характеристики магазинів будуть додані до шару аналізу, як замовлення.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Замовлення (Orders (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.



Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

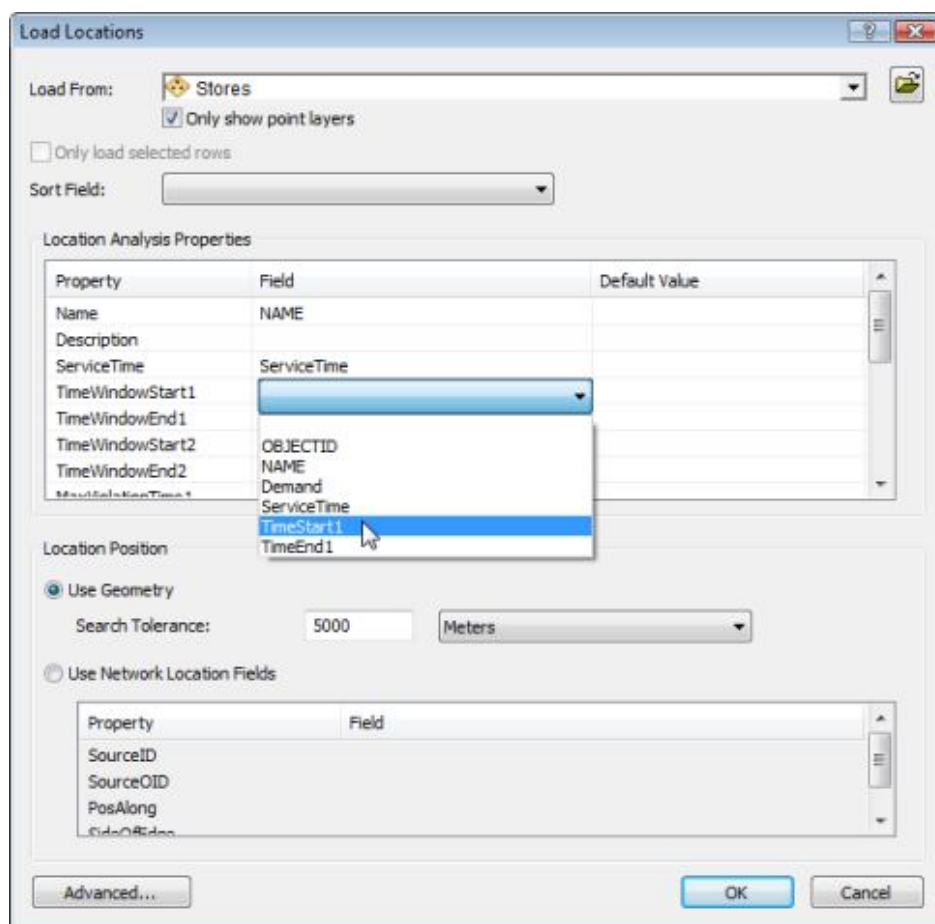
2. Виберіть **Магазини (Stores)** у списку, **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

Секція **Властивості аналізу місцезнаходжень (Location Analysis Properties)** діалогового вікна **Завантаження розташувань (Load locations)** дозволяє вам вказувати, які атрибути класу об'єктів Магазини містять значення, які будуть використані Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst під час розв'язання задачі вибору маршруту транспорту.

3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**, а властивість **Час розвантаження (ServiceTime)** – полю **ServiceTime**.

Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst намагається автоматично зв'язати властивості аналізу місця розташування для нового шару завдання вибору маршруту транспорту, ґрунтуючись на конфігураційному файлі (розташованому в настановній папці ArcGIS в [...] \ NetworkAnalyst \ NetworkConfiguration \ NASolverConfiguration.xml).

4. Задайте значення **Поля (Field)** властивості **TimeWindowStart1** для властивості **TimeStart1**.



5. Задайте значення **Поля (Field)** властивості **TimeWindowEnd1** для ознаки **TimeEnd1**.

6. Задайте значення **Поля (Field)** властивості **DeliveryQuantities** для ознаки **Demand**.

7. Введіть значення 0 на закладці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для ознаки **MaxViolationTime1**.

Якщо задати нульове значення цієї властивості, це буде означати, що час доставлення порушувати не можна.

Load Locations

Load From: **Stores** ☒ Only show point layers ☐ Only load selected rows

Sort Field:

Location Analysis Properties

Property	Field	Default Value
Name	NAME	
Description		
ServiceTime	ServiceTime	
TimeWindowStart1	TimeStart1	
TimeWindowEnd1	TimeEnd1	
TimeWindowStart2		
TimeWindowEnd2		
MaxViolationTime1		0
MaxViolationTime2		
DeliveryQuantities	Demand	
PickupQuantities		
Revenue		
SpecialtyNames		
AssignmentRule		Override
RouteName		
Sequence		
CurbApproach		Either side of vehicle

Location Position

☒ Use Geometry
Search Tolerance: **5000** **Meters**

☐ Use Network Location Fields

Property	Field
SourceID	
SourceOID	
PosAlong	
SideOfRoad	

Advanced... **OK** **Cancel**

8. Натисніть **ОК**.

25 магазинів перераховані у вікні **Network Analyst** на закладці **Замовлення (Orders)** як замовлення на карті.

Додавання складів

Товари доставляють з одного центру розподілу, місце розташування якого показано на шарі просторових об'єктів DistributionCenter в ArcMap. Центр розподілу працює з 8 до 17 години. Ця точкова характеристика повинна бути додано до класу аналізу мережі «Склади» (Depots).

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Склади (Depots (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

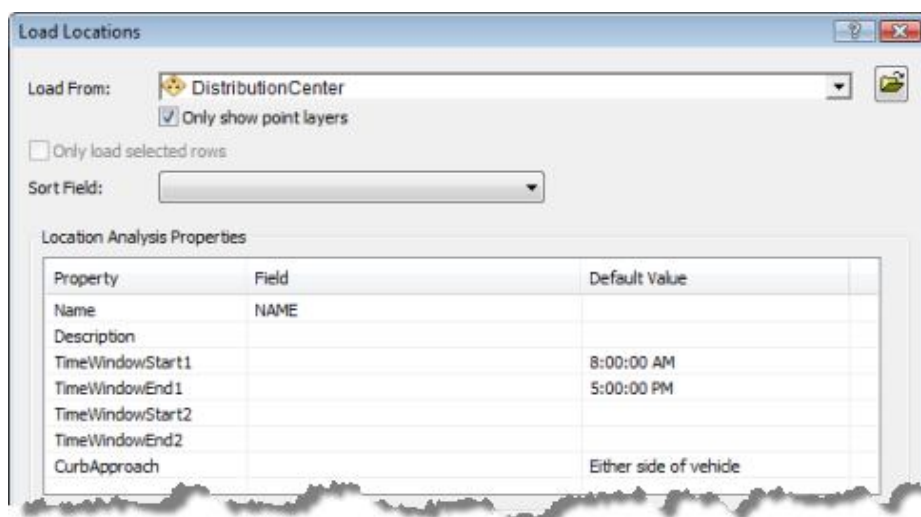
Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Виберіть **Центр розподілу (DistributionCenter)** зі списку, **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**.

4. Введіть значення 8 AM у полі **Значення за замовчуванням (Default Value)** для властивості **TimeWindowStart1**.

5. Введіть значення 5 PM у полі **Значення за замовчуванням (Default Value)** для властивості **TimeWindowEnd1**.



6. Натисніть **ОК**.

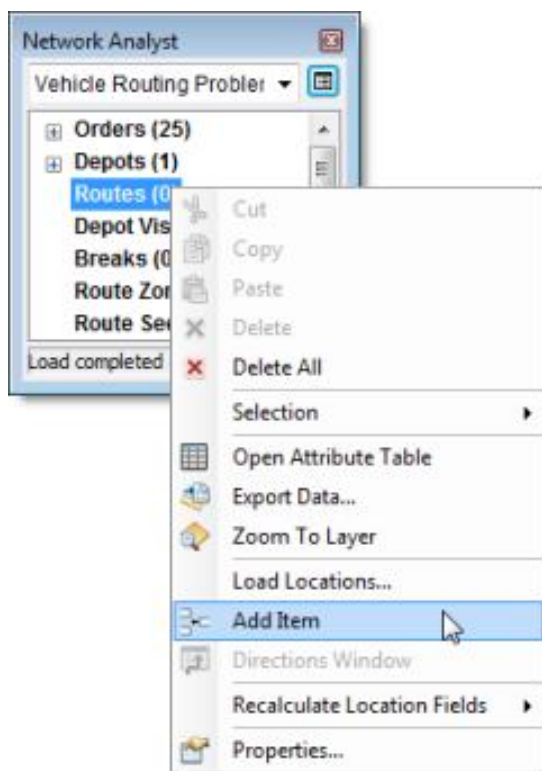
Один центр розподілу вказано у вікні **Network Analyst** на закладці **Склади (Depots)** і відображений як склад на карті.

Додавання маршрутів

У центрі розподілу є три вантажівки, кожна з яких може перевозити не більше 15 тис. фунтів товару. Потрібно додати три маршрути (один для кожної вантажівки) і задати властивості для маршрутів з огляду на інструкції центру розподілу.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Маршрути (Routes (0))** і виберіть команду **Додати елемент (Add Item)**.



Новий маршрут **Елемент 1 (Item 1)** додається на закладці класу **Маршрути (Routes)** у вікні **Network Analyst**, після чого відкриється вікно **Властивості (Properties)** для маршруту.

2. У вікні **Властивості (Properties)** задайте атрибути для маршруту, як показано в таблиці нижче. У стовпці опису наводяться пояснення по кожному значенню. Не змінюйте в таблиці значення атрибутів за замовчуванням.

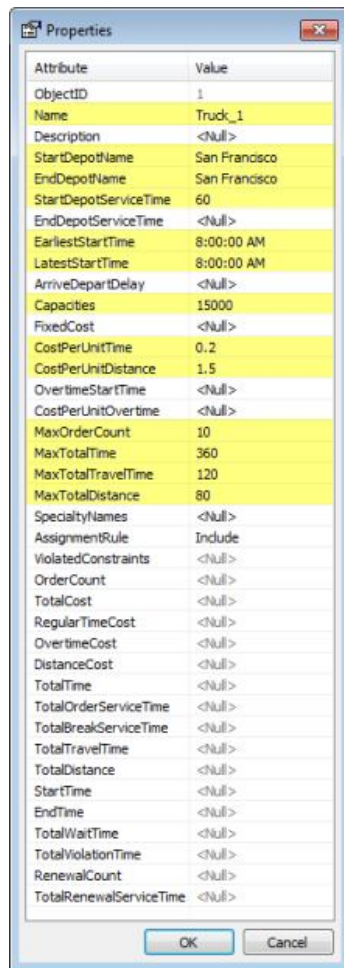
Підказка

Використовуйте такі поєднання клавіш для зміни значень у вікні **Властивості (Properties)**:

- Клацніть на клавішу TAB або F2, щоб змінити вбрання властивість..
- Клацніть на клавішу TAB ще раз, щоб зберегти зміни і перейти до зміни наступного властивості.
- Клацніть на клавіші SHIFT + TAB, щоб зберегти зміни і перейти до попереднього властивості.

Таблиця 7.1 – Атрибути

Назва	Значення	Опис
Назва (Name)	Truck_1	Назва транспортного засобу
StartDepotName	Сан-Франциско	Вантажівка починає рух по маршруту від центра розподілу
EndDepotName	Сан-Франциско	Вантажівка повертається в центр розподілу в кінці маршруту
StartDepotServiceTime	60	Час (у даному випадку у хвиликах), необхідне для повного завантаження вантажівки товаром
EarliestStartTime	8 AM	Вантажівка може почати доставку, як тільки центр розподілу відкриється о 8 год.
LatestStartTime	8 AM	Вантажівка повинна починати роботу якомога раніше
Місткість	15000	Вантажівка може перевозити не більше 15 тис. фунтів товарів
CostPerUnitTime	0,20	Водій вантажівки отримує 12 доларів на годину, тобто його заробітна плата становить 12 доларів/60 хв. = 0,20 центів за хв.
CostPerUnitDistance	1,5	Середня вартість у доларах на милю з урахуванням витрати палива, амортизації вантажівки і обслуговування
MaxOrderCount	10	Максимальне число магазинів, які можуть бути обслуговані вантажівкою.
MaxTotalTime	360	Через обмеження робочого дня водії не можуть працювати довше 6 год. (360 хв.)
MaxTotalTravelTime	120	Щоб не порушувати обмежень робочого дня і обслуговувати достатню кількість магазинів, зважаючи на час розвантаження біля кожного магазину, вантажівка повинна витрачати не більше 2 год. (120 хв.) на рух по вулицях
MaxTotalDistance	80	Щоб збалансувати щоденні витрати на паливо та обслуговування для всього автопарку, кожна вантажівка повинна проїжджати не більше 80 миль маршруту



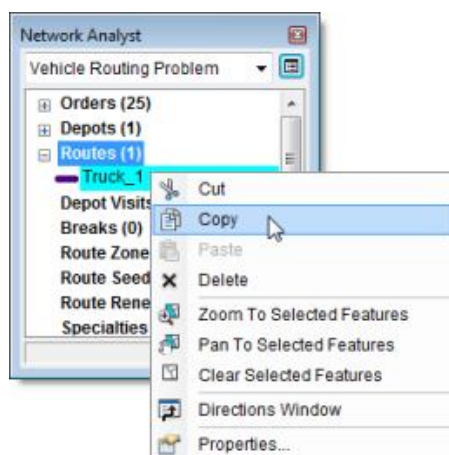
3. Натисніть **OK**.

Новий маршрут **Truck_1** додається до класу маршрутів у вікні **Network Analyst**.

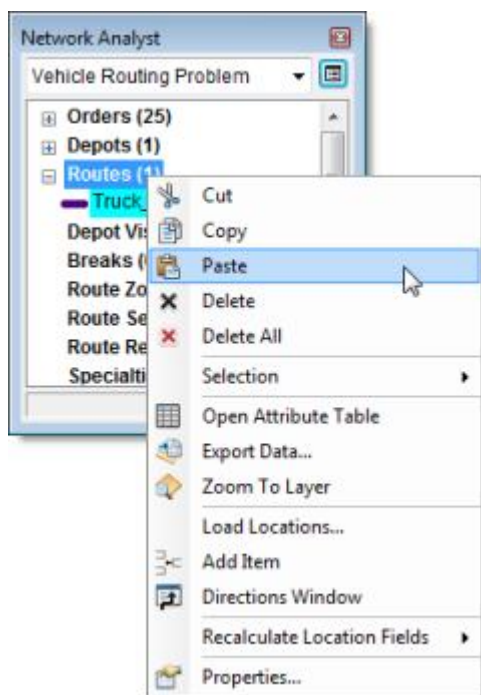
Оскільки три вантажівки в центрі розподілу не відрізняються одна від одної, можна зробити дві копії першої вантажівки та перейменувати їх.

4. Клацніть правою кнопкою миші на об'єкті маршруту **Truck_1** у вікні

Network Analyst і виберіть команду **Копіювати (Copy)**.

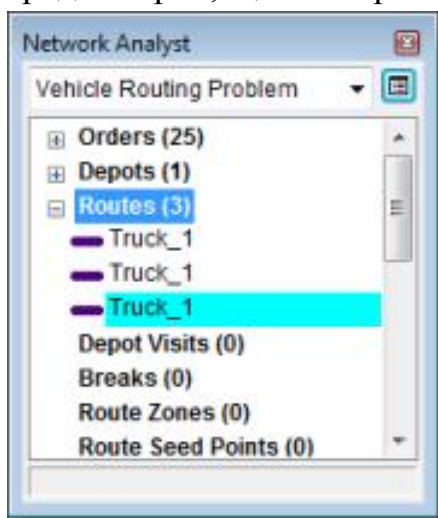


5. Клацніть правою кнопкою миші на класі **Маршрут (Route 1)** у вікні **Network Analyst** і виберіть команду **Вставити (Paste)**.



Клас **Маршрути (Routes)** містить два ідентичні об'єкти маршруту.

6. Повторіть попередній крок, щоб створити третій об'єкт маршруту.



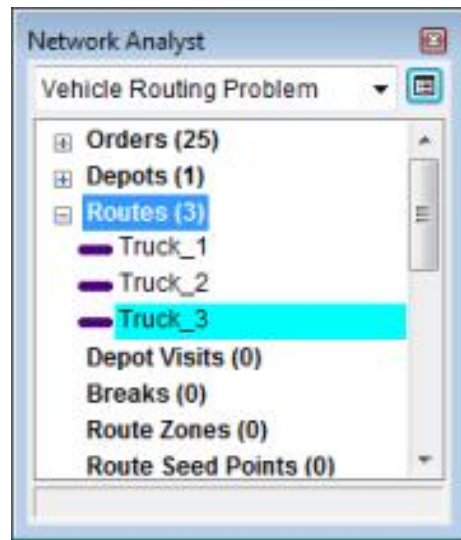
7. Двічі клацніть на другому об'єкті **Truck 1** зі списку. Відкриється вікно Властивості (Properties).

8. Клацніть на властивості **Назва (Name)** і введіть Truck_2.

9. Двічі клацніть на клавішу **ENTER**.

Маршрут отримає унікальну назву, і вікно закриється.

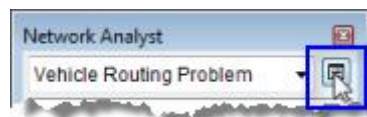
10. Використовуйте ту ж процедуру для зміни назви останнього маршруту на Truck_3.



Завдання властивостей для аналізу задачі знаходження транспортного маршруту

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



2. Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

3. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

Переконайтеся, що в списку, який розкривається **Атрибут часу (Time Attribute)** вибрано значення **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

Інструмент вирішення завдання VRP використовує цей атрибут для розрахунку витрат між замовленнями і складом на підставі часових показників.

4. Зі списку **Атрибут відстані (Distance Attribute)** виберіть **Метри (Meters)**.

Цей атрибут використовується для обчислення відстаней між замовленнями і складом для цілей обмеження і створення маршрутів, але мета інструмента розв'язання завдання VRP полягає в мінімізації витрат з огляду на часові показники.

5. Задайте властивості **Дата за замовчуванням (Default Date)** значення **День тижня (Day of Week)**. Виберіть **понеділок (Monday)** у списку **День тижня (Day of Week)**.

6. Переконайтеся, що властивості **Лічильник місткості (Capacity Count)** задано значення 1.

Це значення вказує на те, що доставляються товари вимірюються тільки за одним показником. У даному випадку цей показник – вага (у фунтах). Якби місткість була вказана за допомогою двох показників, наприклад, ваги й об’єму, то лічильник місткості мав би мати значення 2.

7. Переконайтеся, що значенню **Хвилини (Minutes)** задано властивості **Одиниці часу (Time Field Units)**.

Ця властивість вказує на те, що всі атрибути на основі часу, такі як **ServiceTime** і **MaxViolationTime1** для класу **Замовлення (Orders)** і **MaxTotalTime**, **MaxTotalTravelTime** і **CostPerUnitTime** для класу **Маршрут (Route)**, задаються у хвилинах.

8. Переконайтеся, що властивості **Одиниці виміру відстані (Distance Field Units)** задано значення **Милі (Miles)**.

Ця властивість вказує на те, що всі атрибути на основі відстані, такі як **MaxTotalDistance** and **CostPerUnitDistance** для класу **Маршрути (Routes)**, задаються в милях.

9. Оскільки ці вантажівки не можуть робити **U – образні розвороти**, задайте властивості **U – образні розвороти на розв’язках (U – Turns at Junctions)** значення **Не дозволяється (Not Allowed)**.

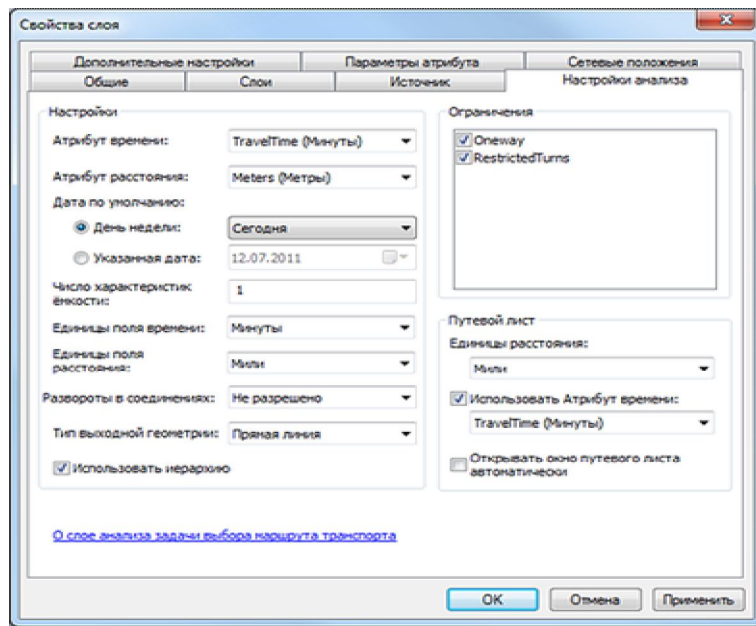
10. Виберіть **Пряма лінія (Straight Line)** у списку, **Вихідний тип форми (Output Shape Type)**.

Можна вибрати значення **Справжня форма із заходами (True Shape with Measures)** або **Справжня форма (True Shape)**, у разі потреби, щоб маршрути проходили по вулицях. Зверніть увагу, що цей параметр впливає тільки на відображення маршрутів, а не результатів, визначених інструментом розв’язання завдання VRP.

11. Переконайтеся, що відзначений параметр **Використовувати ієрархію (Use Hierarchy)**.

12. Переконайтеся, що в розділі **Обмеження (Restrictions)** відзначені обмеження **RestrictedTurns** і **Oneway**.

13. Залиште параметри в наборі фреймів **Напрями (Directions)** без змін.



14. Натисніть **ОК**

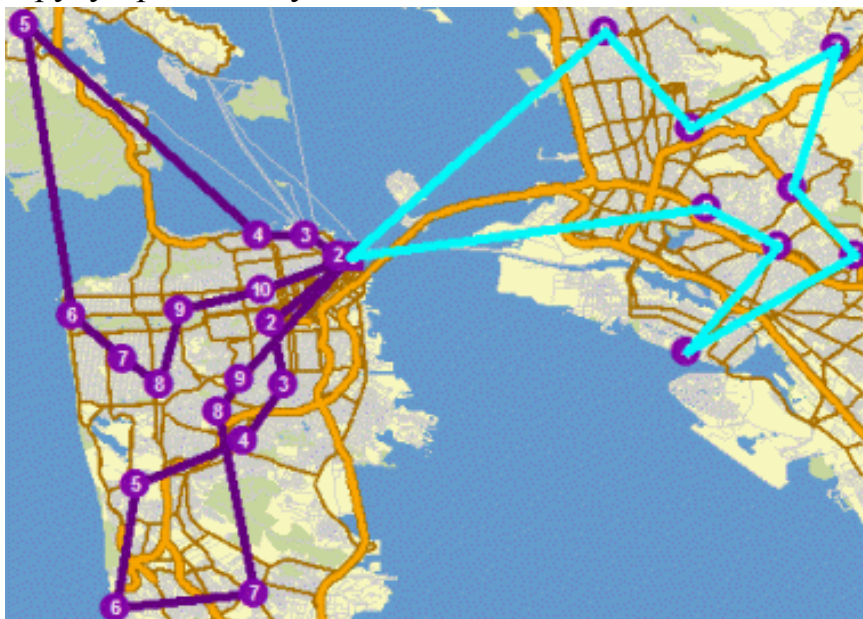
Процес визначення найоптимальнішого маршруту і послідовності замовлень

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Інструмент розв'язання завдання VRP обчислить три маршрути, необхідні для обслуговування замовлень, і намалює лінії, що з'єднують замовлення. Кожен маршрут починається і закінчується в центрі розподілу й обслуговує набір замовлень на відповідному маршруті.

Під час отримання повідомлень про помилки переконайтеся, що атрибут **Місткість (Capacities)** для маршрутів має значення 15000, а не 15,000, і що кожному маршруту присвоєна унікальна назва.



Визначення покрокових напрямків для маршрутів

Кроки:

1. Клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Маршрути (Routes (3))** у вікні **Network Analyst** і виберіть команду **Вибір (Selection)> Очистити вибрані характеристики (Clear Selected Features)**.

2. Клацніть на кнопці **Вікно напрямків (Directions Window)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Напрями (Directions)**.

3. У цьому разі можна експортувати шар задачі знаходження транспортного маршруту як файл шару (<назва файлу> .lyr), натиснувши правою кнопкою миші на кнопці **Задача знаходження транспортного маршруту (Vehicle Routing Problem)** у вікні **Вміст (Table Of Contents)** і вибравши команду **Зберегти як файл шару (Save As Layer File)**. Ця команда збереже аналіз на диск, після чого його можна буде додати в інший документ карти й використовувати пізніше.

4. Якщо необхідно продовжити роботу і перейти в інші розділи цієї вправи, закрийте вікно **Напрями (Directions)**. В іншому випадку – вийдіть з програми ArcMap і не зберігайте зміни для файлу Exercise 07.mxd.

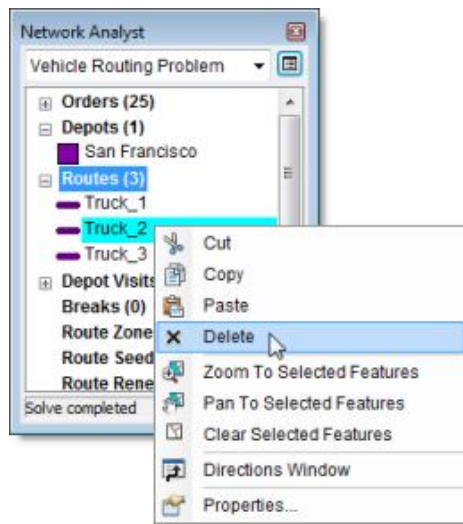
Внесення зміни в існуюче рішення для виконання іншого сценарію

Розв'язання задачі знаходження транспортного маршруту, отримана раніше, знадобилося компанії. Але через це кілька тижнів водій маршруту **Truck_2** вийшов у відпустку. Тепер дистриб'юторська компанія має обслуговувати ту ж саму кількість магазинів за допомогою тільки двох вантажівок. Щоб врахувати додаткове навантаження, компанія вирішила платити двом іншим водіям понаднормові та надати їм одну оплачувану перерву протягом дня. Дистриб'юторська компанія також придбала два додаткових центри розподілу. Ці центри можуть бути використані вантажівками для поповнення завантаження і продовження маршруту доставлення замість повернення в головний центр розподілу для чергового завантаження. Необхідно змінити рішення, отримане на попередньому кроці, і врахувати ці зміни.

Видалення існуючого маршруту з рішення

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на об'єкті **Truck_2** у класі **Маршрути (Routes)** і виберіть команду **Видалити (Delete)**.



Додавання завантажень на маршруті

Два додаткових центри розподілу, придбаних компанією, знаходяться на вул. Браш-Стріт, 800, і Олд-Каунті-Роуд, 100. Їх можна використовувати для поповнення завантаження вантажівок. Вантажівки можуть поповнити завантаження, заїхавши в ці центри розподілу, і тим самим заощадити час, не повертаючись на вихідний склад. Нові центри розподілу потрібно додати в клас аналізу мережі Склади (Depots), вказавши ГеоКод їхньої адреси. Маршрути, на яких можна поповнювати завантаження в додатковому центрі розподілу, і час завантаження в них зазначені у класі аналізу мережі Поповнення завантаження на маршруті (Route Renewal).

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Склади (Depots (1))** і виберіть команду **Знайти адресу (Find Address)**.

Відкриється діалогове вікно **Знайти (Find)**.

2. Виберіть **SanFranciscoLocator** зі списку **Вибір локатора (Choose a locator)**.

3. У текстовому полі **Повна адреса (Full Address)** введіть 800 Brush St.

4. Клацніть на **Знайти (Find)**.

Локатор адреси SanFranciscoLocator, який вже був доданий у файл Exercise07.mxd, знайде адресу і покаже результат внизу діалогового вікна **Знайти (Find)**.

5. Клацніть правою кнопкою миші на діалоговому вікні **Знайти (Find)** і виберіть команду **Додати як об'єкт аналізу мережі (Add as Network Analysis Object)**.

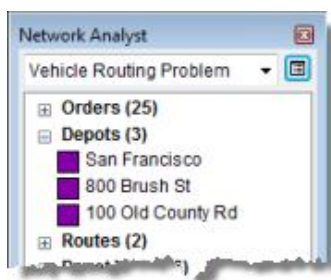
Нова адреса буде додана як склад до вікна Network Analyst і відображення карти.

6. У текстовому полі **Повна адреса (Full Address)** діалогового вікна **Пошук (Find)** введіть 100 Old County Rd.

7. Клацніть на **Знайти (Find)**.

8. Клацніть правою кнопкою миші на новому результаті внизу діалогового вікна **Знайти (Find)** і виберіть команду **Додати як об'єкт аналізу мережі (Add as Network Analysis Object)**.

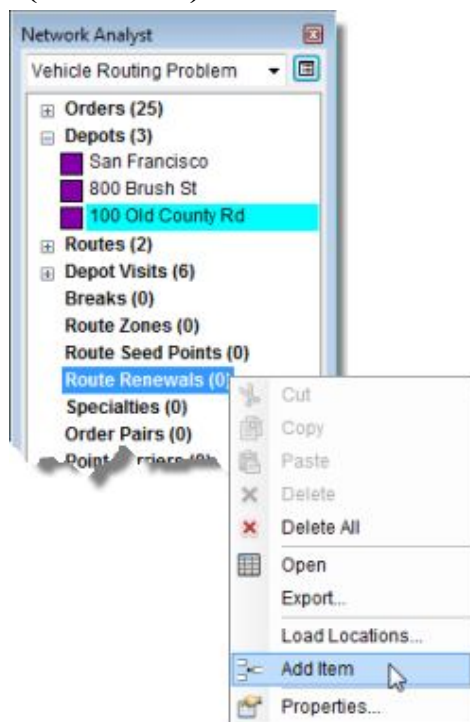
Третій склад буде додано до клас аналізу мережі Склади (Depots).



9. Закрийте діалогове вікно **Знайти**.

Оскільки обидві вантажівки можуть оновлювати завантаження за адресою Браш-Стріт, 800, і Олд-Каунті-Роуд, 100, необхідно прив'язати кожен вантажівку до двох місць поповнення завантаження. Програма для розв'язання завдання вибору маршруту транспорту обчислить найкраще місце розташування поповнення для вантажних автомобілів, а також те, коли саме вони мають поповнити свій запас товарів.

10. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Поповнення завантаження на маршруті (Route Renewals (0))** і виберіть команду **Додати елемент (Add Item)**.

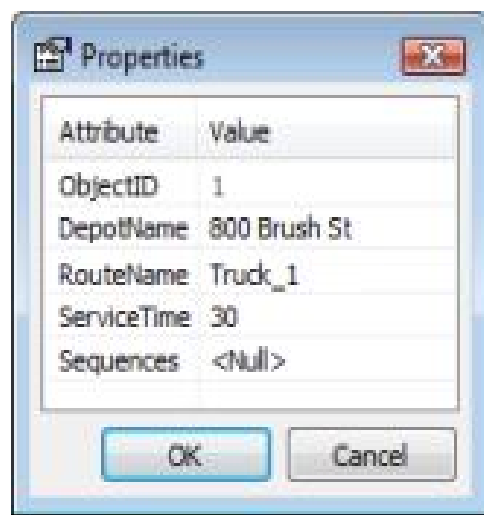


Новий об'єкт поповнення завантаження на маршруті Item1 буде додано до закладки класу Поповнення завантаження на маршруті (oute Renewals) у вікні **Network Analyst**, після чого відкриється вікно **Властивості (Properties)** для елемента **Item1**.

11. У вікні **Властивості (Properties)** задайте атрибути для поповнення завантаження на маршруті, як показано у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Атрибути

Attribute-Атрибут	Значення	Опис
DepotName	Браш-Стрит 800	Вантажівка може використовувати цей склад для поповнення завантаження.
RouteName	Truck_1	Назва транспортного засобу.
ServiceTime	30	Час у хвилинах, необхідний для завантаження вантажівки товаром.

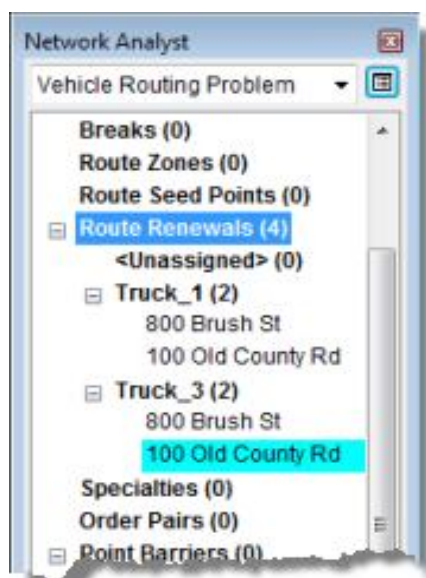


12. Натисніть **OK**.

Новий об'єкт поповнення завантаження на маршруті **800 Brush St** з'явиться всередині елемента **Truck_1** у вікні **Network Analyst**.

13. Виконайте останні три кроки, щоб додати ще три об'єкти поповнення завантаження на маршруті так, щоб кожна вантажівка (Truck_1 і Truck_3) могла поповнюватися на обох додаткових складах (Браш-Стріт 800 і Олд-Каунті-Роуд 100).

У вікні **Network Analyst** має бути по два об'єкти поповнення завантаження на маршруті всередині елементів **Truck_1** і **Truck_3**.



Зміна маршруту для включення понаднормового часу

Щоб врахувати надурочний час, компанія збирається видалити обмеження максимального часу, максимального часу в дорозі й максимальної відстані для маршрутів. Оскільки водії повинні працювати довше звичайного, їм будуть сплачені понаднормові у розмірі 18 доларів на годину за 6 год. роботи. На цьому кроці ці зміни будуть внесені в маршрути.

Кроки:

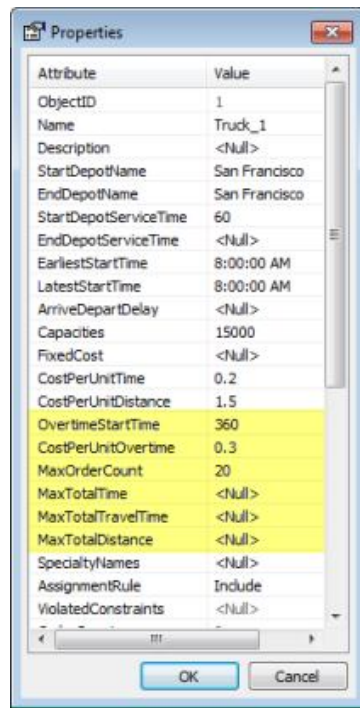
1. У вікні **Network Analyst** на закладці класу аналізу мережі **Маршрути (Routes)** двічі клацніть на об'єкті **Truck_1**.

Відкриється вікно Властивості (Properties).

2. Внесіть зміни в атрибути Truck_1 так, щоб вони збігалися зі значеннями в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 – Атрибути

Attribute-Атрибут	Значення	Опис
OvertimeStartTime	360	Водій отримує понаднормові, якщо він працює ще 6 год.(360 хв.)
CostPerUnitOvertime	0.3	Водій отримує 18 доларів на годину за понаднормову роботу. Заробітна плата в хвилину становить 18 доларів/60 хв. = 0,30 центів за хвилину
MaxOrderCount	20	Оскільки водій отримує понаднормові, він повинен об'їхати більше магазинів
MaxTotalTime	<null>	Загальний час робочої зміни водія не має обмежень
MaxTotalTravelTime	<null>	Час у дорозі по вулицях не має обмежень
MaxTotalDistance	<null>	Загальна відстань, пройдену вантажівкою, не має обмежень



3. Натисніть **ОК**.

4. Повторіть останні три кроки для об'єкта **Truck 3**.

Додавання перерв

Оскільки водії повинні працювати довше, їм буде потрібна півгодинна перерва під час робочої зміни. На цьому кроці потрібно вказати перерви для кожного маршруту.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Перерви (Breaks (0))** і виберіть команду **Додати елемент (Add Item)**.

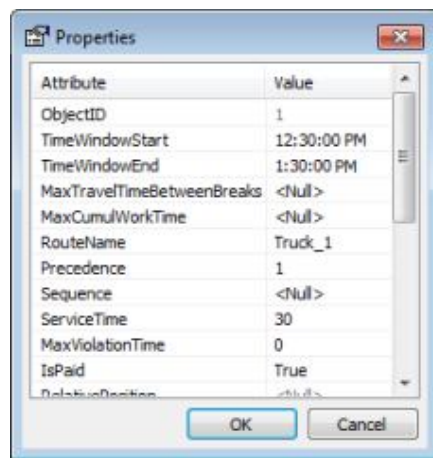
Відкриється вікно **Властивості (Properties)**.

2. Вкажіть значення атрибутів для нового перерви, як зображено на таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Атрибути

AttributeАтрибут	Значення	Опис
1	2	3
TimeWindowStart	12:30 PM	Перерва має початися десь після 12 год. 30 хв.
TimeWindowEnd	1:30 PM	Перерва має початися десь до 13 год 30 хв.
RouteName	Truck_1	Назва маршруту, для якого застосуємо цю перерву

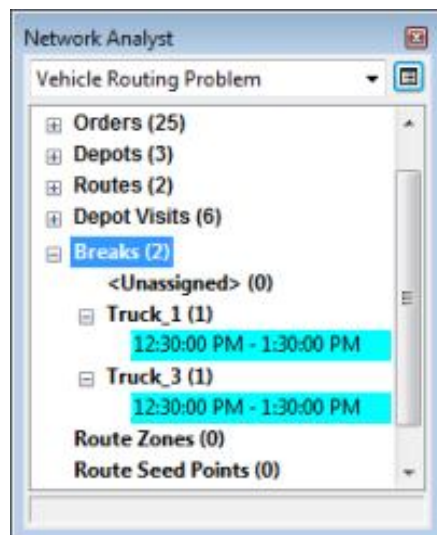
1	2	3
ServiceTime	30	Тривалість перерви у хвиликах.
MaxViolationTime	0	Перерва має початися між 12 год. 30 хв. і 13 год. 30хв. Нульове значення означає, що перерва не може початися після 13:30. (тобто час перерви фіксований)
IsPaid	Істина (True)	Це оплачувана перерва, тому витрати включаються в загальну вартість маршруту



3. Натисніть **OK**.

4. Повторіть останні три кроки, вказавши значення **Truck_3** для властивості RouteName.

Тепер у вікні **Network Analyst** є два об'єкти, перераховані на закладці класу **Перерви (Breaks)**: Truck_1 і Truck_3.

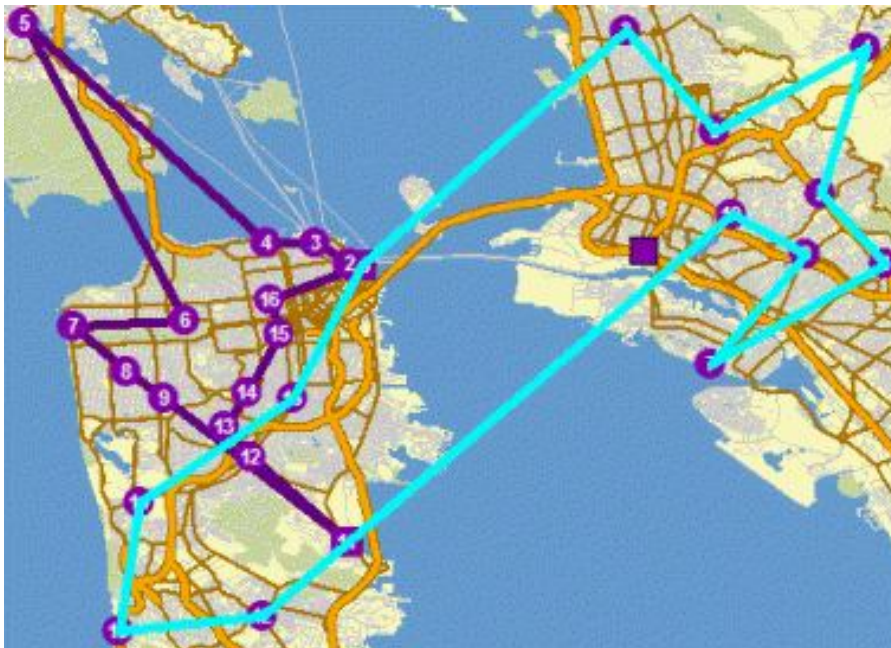


Обчислення рішення

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Інструмент розв'язання завдання VRP обчислить два маршрути, які можуть бути використані для обслуговування замовлень, і намалює прямі лінії, що з'єднують замовлення. Кожен маршрут починається і закінчується в центрі розподілу, обслуговує певний набір замовлень на своєму шляху, заїжджає в один центр поповнення завантаження, продовжує обслуговувати замовлення що залишилися і нарешті, повертається до центру розподілу.



Це рішення відповідає обмеженням, вказаним дистриб'юторською компанією. Однак, після видачі подорожнього листа двом водіям, компанія виявила, що водій вантажного автомобіля Truck_1 краще їздити в Сан-Франциско, а водій вантажного автомобіля Truck_3 – у Східному районі Затоки. Компанія хотіла б знайти нове рішення, у якому маршрути б обслуговували замовлення відповідно до переваг водіїв. У наступних кроках будуть додані вихідні точки маршрутів, які будуть зважати на побажання водіїв.

Додавання вихідних точок маршруту

На цьому кроці будуть додані вихідні точки маршруту для Truck_1 і Truck_3 шляхом зазначення географічних кодів адрес. Зверніть увагу, що вихідні точки маршрутів також можуть бути імпортовані з існуючого класу просторових об'єктів або створені інтерактивно за допомогою інструмента **Створення мережевого розташування (Create Network Location)** .

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Вихідні точки маршруту (Route Seed Points (0))** і виберіть команду **Знайти адресу (Find Address)**.

Відкриється діалогове вікно **Знайти (Find)**.

2. У текстовому полі **Повна адреса (Full Address)** введіть 3000 Vicente Ave.

3. Клацніть на **Знайти (Find)**.

Локатор SanFranciscoLocator знайде адресу і покаже результат внизу діалогового вікна.

4. Клацніть правою кнопкою миші на результаті й виберіть команду **Додати як об'єкт аналізу мережі (Add as Network Analysis Object)**.

Розташування адреси буде додано як вихідна точка маршруту. Воно буде відображено у вікні **Network Analyst** і на карті.

5. Закрийте діалогове вікно Знайти.

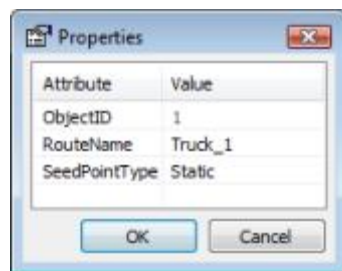
6. У вікні **Network Analyst** двічі натисніть на нову головну точку маршруту, **3000 Vicente Ave**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості (Properties)**.

7. Вкажіть значення атрибутів для вихідної точки маршруту відповідно до таблиці 7.5.

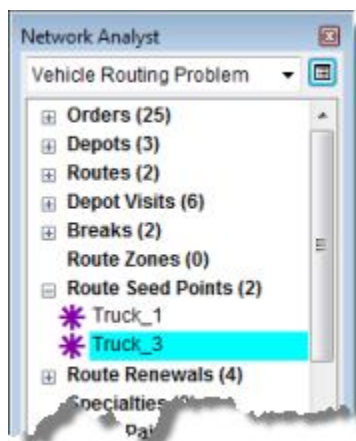
Таблиця 7.5 – Атрибути

Attribute-Атрибут	Значення	Опис
RouteName	Truck_1	Назва маршруту, для якого застосовується вихідна точка
SeedPointType	Статична	Унаслідок цієї дії замовлення поруч з вказаною вихідною точкою, швидше за все, будуть призначені маршрутом Truck_1



8. Повторіть кроки 1–5 цієї секції для додавання головної точки маршруту, що знаходиться за адресою 2500 McGee Ave.

9. Повторіть кроки 6–7, щоб змінити атрибут **Назва маршруту (RouteName)** другий вихідної точки на Truck_3.



Обчисліть рішення

Кроки:

1. Клацніть на кнопку **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Інструмент розв'язання завдання VRP обчислить два маршрути, які можуть бути використані для обслуговування замовлень, і намалює прямі лінії, що з'єднують замовлення. Маршрут для Truck_1 передбачає замовлення тільки в Сан-Франциско, а маршрут для Truck_3 проходить через усі магазини в Східному районі Затоки, а також через декілька в інших частинах міста.

2. Вийдіть з ArcMap без збереження змін.

Питання для самоконтролю

1. Змініть значення «Default Value» для властивості «MaxViolationTime1» на 2.

2. Змініть значення «TimeWindowStart1» і «TimeWindowEnd1» на 9 AM і 6 PM відповідно.

3. Змініть поповнення завантаження на маршруті на Truck_2.

4. Змініть перерву на обід.

8 ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПАРНИХ ЗАМОВЛЕНЬ

У цьому розділі подано процес пошуку найоптимальніших маршрутів для автопарку, щоб перевозити людей, в яких є другого доступу до транспорту, з дому в лікарні для проходження лікування. Для цього потрібно розв'язати задачу знаходження транспортного маршруту (VRP) з урахуванням парних замовлень, яка пов'язує два послідовних замовлення (зупинки) так, що транспорт буде підбирати людей і доставляти їх у потрібну лікарню. Також необхідно дотримуватися додаткових вимог за допомогою Другої характеристики шару аналізу завдання VRP. Наприклад, варто ввести максимальне час у дорозі для парних замовлень так, щоб люди не проводили занадто багато часу в дорозі. Потрібно використати тимчасові обмеження, оскільки люди не повинні спізнюватися в лікарню. Деяким людям потрібні крісла – коляски, тому їм необхідно буде відправити транспорт зі спеціальними підйомниками для крісел-колясок. Після визначення маршрутів варто створити Покрокові вказівки результуючих маршрутів, які можна відправити електронним способом або роздрукувати й передати водіям.

Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь-яке місце. Однак витягнувши їх у папку C: \ ArcGIS \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 08.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск > Усі програми > ArcGIS > ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap – Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps) > Знайти ... (Browse for more)**.
З'явиться діалогове вікно **Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document)**.
4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.

5. Двічі клацніть на файлі **Exercise08.mxd**.

Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів **Network Analyst** ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

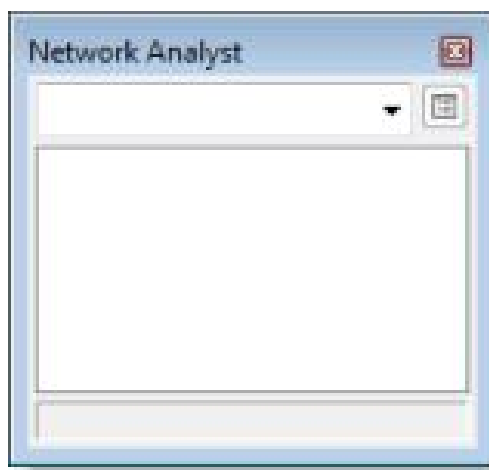
Панель інструментів **Network Analyst** буде додана до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**.

Відкриється прикріплене вікно **Network Analyst**.

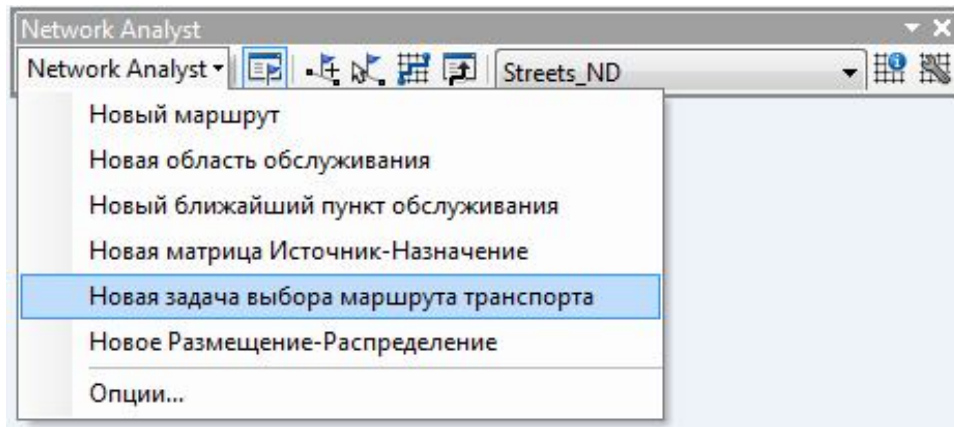


Вікно **Network Analyst** можна закріплювати і відкріплювати.

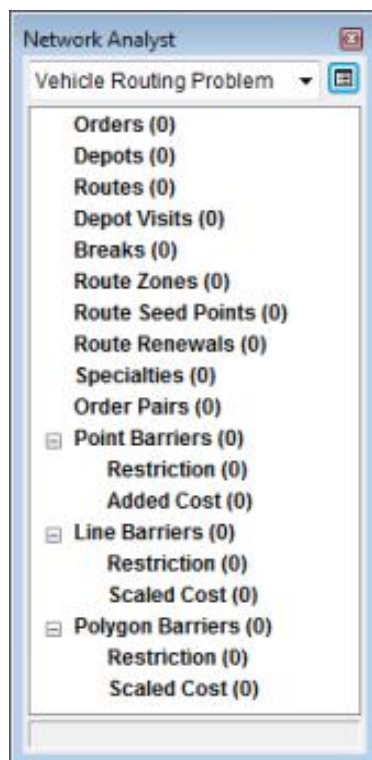
Створення шару аналізу для вибору маршруту транспорту

Кроки:

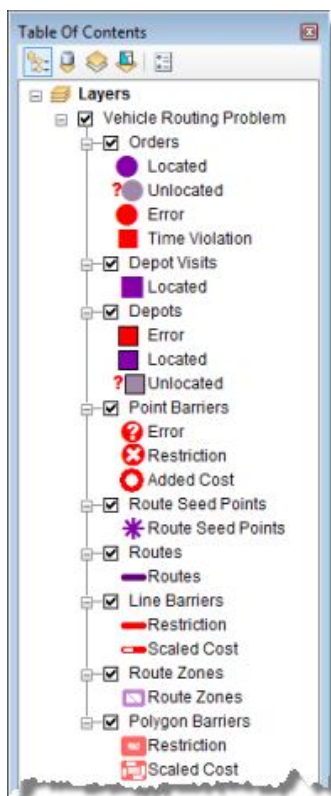
1. Клацніть на пункті Network Analyst на панелі інструментів Network Analyst і клацніть на Нова задача вибору маршруту транспорту (New Vehicle Routing Problem).



Шар аналізу задачі вибору маршруту транспорту доданий до вікна **Network Analyst**. Класи мережного аналізу: Виклики (Orders), Гаражі (Depots), Маршрути (Routes), Повернення в гараж (Depot Visits), Межі (Breaks), Зони маршрутів (Route Zones), Вихідні точки маршрутів (Route Seed Points), Оновлення маршрутів (Route Renewals), Спеціальні вимоги (Specialties), Пари замовлень (Order Pairs), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.

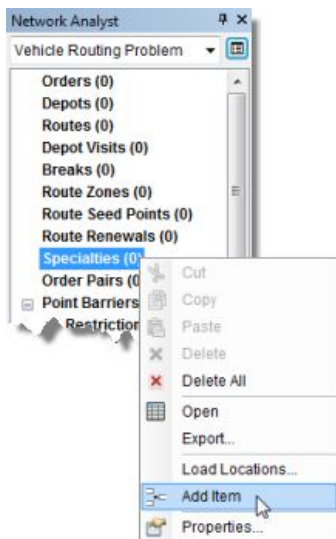


Додавання спеціальних умов

Логістична компанія має три машини. Одна з машин, що працюють у центрі, обладнана для навантаження крісел-колясок. Потрібно додати Інвалідне крісло як спеціальну вимогу так, щоб замовлення, які потребують у цій вимозі, були призначені маршрутом із ліфтом для інвалідних крісел.

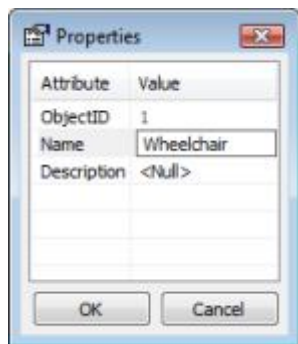
Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Спеціальні умови (Specialites (0))** і виберіть команду **Додати елемент (Add Item)**.



Нова спеціальна умова Item1 з'явиться на закладці класу **Спеціальні умови (Specialties)** у вікні **Network Analyst**. Відкриється вікно **Властивості (Properties)** для нової спеціальної умови.

2. У вікні **Властивості (Properties)** введіть Крісло-коляска (Wheelchair) як значення властивості **Назва (Name)**.



3. Натисніть OK.

Додавання замовлень

Відкрийте електронну таблицю з даними підручника. Таблиця містить відомості про кожного пацієнта, зокрема імена й домашні адреси, назву та адресу лікарні, в яку вони повинні бути доставлені, час, коли пацієнта потрібно підібрати тощо. У таблиці 8.1 наводиться опис полів електронної таблиці.

Таблиця 8.1 – Опис полів

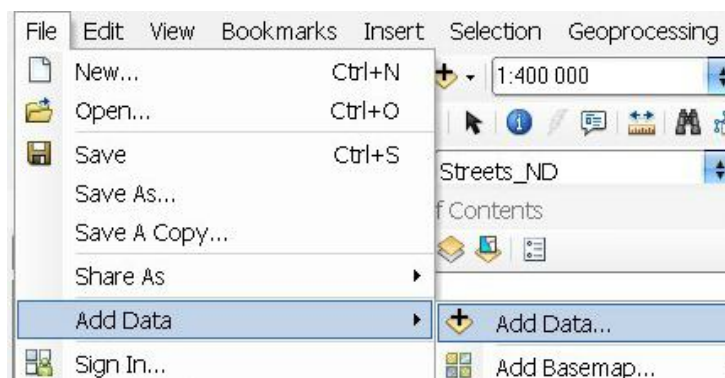
Attribute – Атрибут	Опис
OrderName1	Ім'я пацієнта, якого потрібно перевезти
PatientAddress	Адреса, за якою потрібно забрати пацієнта
OrderName2	Унікальна назва адреси призначення
HospitalAddress	Адреса, за якою потрібно доставити пацієнта
PickFrom	Найперший час, коли пацієнта можна забрати за адресою Patient Address
PickTo	Найпізніший час, коли пацієнта можна забрати за адресою Patient Address
TotalPassengers	Загальне число пасажирів, яких потрібно забрати
MaxTransitTime	Максимальний час, який пацієнт може провести в машині
SpecialtyNames	Вказує особливі потреби пасажирів, наприклад – крісло-коляску

У цьому разі пасажирів й лікарні пов'язані, оскільки кожен пацієнт повинен потрапити в певну лікарню. Цю ситуацію можна моделювати за допомогою парних замовлень, завантаживши обох пацієнтів та адреси лікарень у класи аналізу мережі Замовлення (Orders) і зв'язавши їх із новими об'єктами парних замовлень.

Далі адресам пацієнтів і лікарням буде присвоєно ГеоКод, і результуючі місця розташування будуть завантажені як замовлення.

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Файл (File)> Додати деталі (Add Data)>**



Відкривається діалогове вікно **Add Data**

2. У списку **Шукати в (Look in)** виберіть **Home – Network Analyst/Tutorial**.

3. Двічі клацніть на **OrderPairs.xls**.

4. Двічі клацніть на елементі **Patients \$**.

Електронна таблиця **Пацієнти (Patients)** буде додана в список і відображена у вікні **Table of Contents**.

5. Клацніть на кнопці **Файл (File)> Додати деталі (Add Data)> Геокодування (Geocoding)> Присвоїти ГеоКод адресою (Geocode Addresses)**.

Відкриється діалогове вікно.

Клацніть на **SanFranciscoLocator** та натисніть **OK**.

6. Відкриється вікно **Геокодування адрес: SanFranciscoLocator**.

а. Задайте властивості **Вулиця або перетин (Street or Intersection)** значення (**PatientAddress**)

Geocode Addresses: SanFranciscoLocator

Address table:
Patients\$

Address Input Fields

☐ Single Field ☒ Multiple Fields

Street or Intersection: PatientAddress

City or Placename: <None>

State: <None>

ZIP Code: <None>

Output

☒ Create static snapshot of table inside new feature class
☐ Create dynamic feature class related to table

Output shapefile or feature class:
C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\Network A

Config Keyword: DEFAULTS

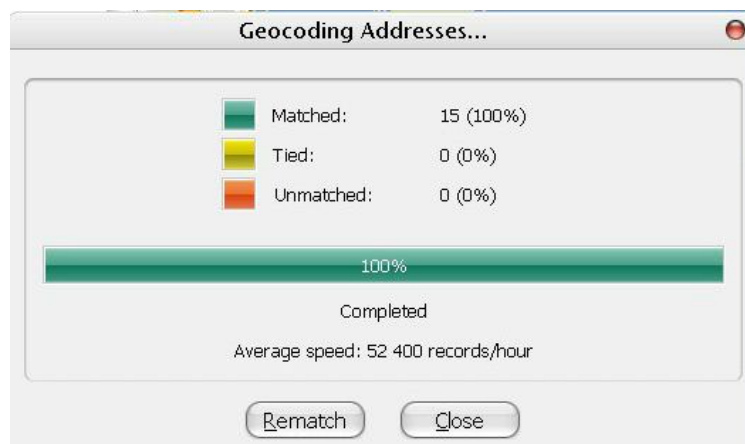
Advanced Geometry Options...

Geocoding Options...

[About geocoding a table of addresses](#) OK Cancel

Натисніть **OK**.

b. Далі з'явиться вікно **Geocoding Addresses**.



Натисніть **Rematch**.

З'явиться вікно **Interactive Rematch – Geocoding_Result_** , яке потрібно закрити (**Close**).

7. Знову повторіть крок 5 через крок 6 задайте властивості **Вулиця або перетин (Street or Intersection)** значення **Адрес лікарні (HospitalAddress)**.

Geocode Addresses: SanFranciscoLocator

Address table:
Patients\$

Address Input Fields

☐ Single Field ☒ Multiple Fields

Street or Intersection: HospitalAddress

City or Placename: <None>

State: <None>

ZIP Code: <None>

Output

☒ Create static snapshot of table inside new feature class
☐ Create dynamic feature class related to table

Output shapefile or feature class:
C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\Network A

Config Keyword: DEFAULTS

Advanced Geometry Options...

Geocoding Options...

[About geocoding a table of addresses](#) OK Cancel

8. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Замовлення (Orders (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

Відкриється діалогове вікно Завантаження розташувань (Load Locations).

9. **Завантажити з (Load from)** виберіть зі списку **Geocoding Result: Geocoding_Result_**.

10. Налаштуйте властивості, перераховані в розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** так, щоб вони відповідали значенням полів шару Результати геокодування: пацієнти (Geocoding Results: Patients) відповідно до цих кроків (наступне зображення містить внесення зміни):

а. Зіставте властивість **Назва (Name)** із полем **OrderName1**.

b. Зіставте властивість **Опис (Description)** із полем **Адреса пацієнта (PatientAddress)**.

c. Зіставте властивість **TimeWindowStart1** із полем **PickFrom field**.

d. Зіставте властивість **TimeWindowEnd1** із полем **PickTo field**.

e. Зіставте властивість **PickupQuantities** із полем **TotalPassengers**.

f. Переконайтеся, що властивість **SpecialtyNames** автоматично відповідає полю **SpecialtyNames**.

11. Введіть значення 2 на закладці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для властивості **ServiceTime**.

Усі завантажені адреси пацієнтів мають значення 2 для властивості **ServiceTime**, яке означає час (у хвилинах) посадки в машину для кожного пасажера.

Введіть значення 0 на закладці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для властивості **MaxViolationTime1**.

Встановивши для всіх властивостей **MaxViolationTime1** значення 0, інструмент вирішення завдання VRP шукатиме тільки маршрути для замовлень у зазначений час.

Property	Field	Default Value
Name	OrderName1	
Description	PatientAddress	
ServiceTime		2
TimeWindowStart1	PickFrom	
TimeWindowEnd1	PickTo	
TimeWindowStart2		
TimeWindowEnd2		
MaxViolationTime1		0
MaxViolationTime2		
DeliveryQuantities		
PickupQuantities	TotalPassengers	
Revenue		
SpecialtyNames	SpecialtyNames	
AssignmentRule		Override
RouteName		
Sequence		
CurbApproach		Either side of vehicle

Location Position

☒ Use Geometry

Search Tolerance: 5000 Meters

☐ Use Network Location Fields

Property	Field
SourceID	
SourceOID	
PosAlong	
SideOfRoad	

Advanced... OK Cancel

12. Натисніть **OK**.

Завантажено 15 замовлень. Замовлення подано на карті й у вікні **Network Analyst**.

Дані лікарні призначення також буду завантажені як замовлення.

13. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Замовлення (Orders (15))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

14. **Завантажити з (Load from)** виберіть у списку **Geocoding Result:Geocoding_ Result_1** і виконайте такі кроки:

a. Зіставте властивість **Назва (Name)** із полем **OrderName2**.

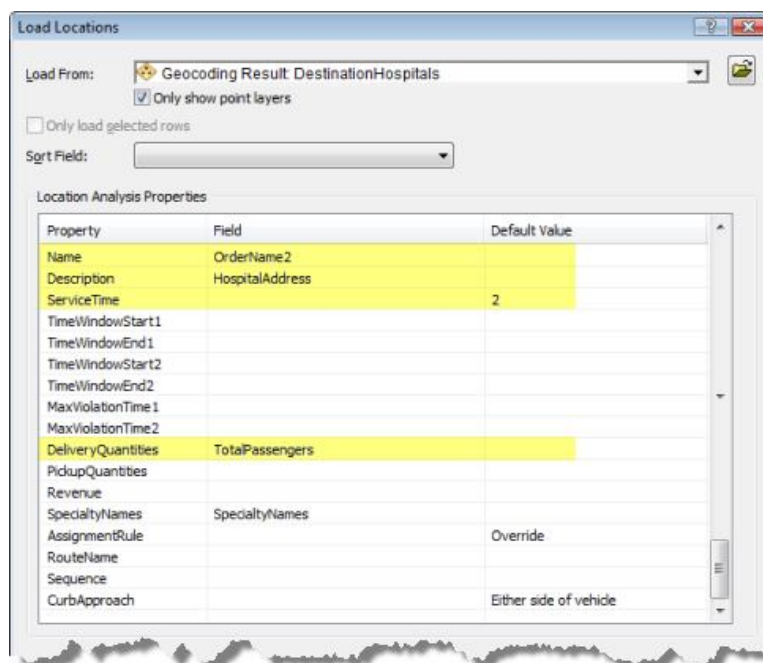
Зверніть увагу, що значення для атрибута Назва (Name) повинно бути унікальним у класі аналізу мережі Замовлення (Orders). У цьому разі є декілька пацієнтів, яким потрібно відвідати ту саму лікарню. Якби адреси лікарень використовувалися для виведення значення атрибута Назва (Name) для Замовлень (Orders), інструмент – вирішувач VRP повернув би повідомлення про помилку через повторювані значення назв.

b. Зіставте властивість **Опис (Description)** із полем **Адреса лікарні (HospitalAddress)**.

c. Зіставте властивість **DeliveryQuantities** із полем **TotalPassengers..**

d. Переконайтеся, що властивість **SpecialtyNames** автоматично відповідає полю **SpecialtyNames**.

15. Введіть значення 2 на закладці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для властивості **ServiceTime**.



16. Натисніть **ОК**.

30 замовлень перераховані у вікні **Network Analyst** на закладці класу аналізу мережі **Замовлення (Orders)** і відображені як замовлення на мапі шару завдання зі знаходження транспортного маршруту.

Додавання парних замовлень

Пасажирів потрібно доставляти в певну лікарню. Додаючи об'єкти до класу аналізу мережі **Парні замовлення (Order Pairs)**, можна вказати, в яку лікарню потрібно відвезти пацієнтів і максимальний час, який пацієнти можуть провести в машині протягом поїздки в один бік.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Парні замовлення (Orders (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Клацніть на кнопці **Огляд (Browse)**  зі списку, що розкривається **Завантажити з (Load From)**.

3. У списку **Шукати в (Look in)** виберіть **Головна – підручник (Home – Tutorial)**.

Таблиця, яку ви додасте, зберігається у файлі Excel, який входить до складу демонстраційних даних **Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst**.

4. Двічі клацніть на файлі **OrderPairs.xls**.

5. Двічі клацніть на елементі **Patients \$**.

Електронна таблиця **Пацієнти (Patients)** з'явиться у списку. **Завантажити з (Load From)** у діалоговому вікні **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

6. Налаштуйте властивості, перераховані в розділі **Властивості аналізу**

розташувань (Location Analysis Properties) так, щоб вони відповідали значенням із таблиці **Patients \$** відповідно до цих кроків:

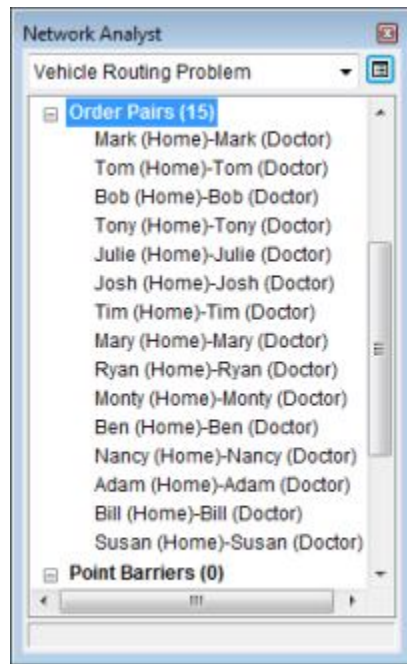
a. Зіставте властивість **FirstOrderName** із полем **OrderName1**.

b. Зіставте властивість **SecondOrderName** із полем **OrderName2**.

c. Переконайтеся, що властивість **MaxTransitTime** автоматично відповідає полю **MaxTransitTime**.

7. Натисніть **ОК**.

15 парних замовлень будуть перераховані у вікні **Network Analyst** під закладкою класу аналізу мережі **Парні замовлення (Order Pairs)**.



Додавання складів

Логістична компанія використовує машини з трьох розташувань, зазначених на шарі просторових **об'єктів CentralDepots** в ArcMap. Ці точкові характеристики потрібно додати до класу аналізу мережі Склади (Depots).

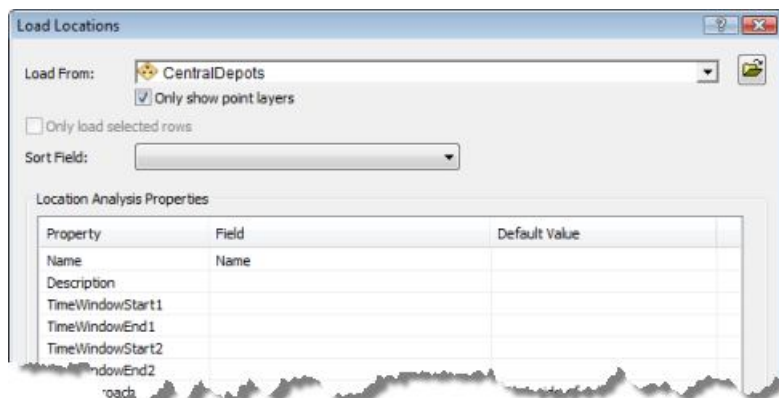
Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Склади (Depots (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Виберіть **Центральні склади (CentralDepots)** зі списку, **Завантажити з (Load From)**.

3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **Name**.



4. Натисніть **ОК**.

3 склади перераховані у вікні Network Analyst на закладці класу аналізу мережі Склади (Depots) і відображені як замовлення на мапі шару завдання зі знаходження транспортного маршруту.

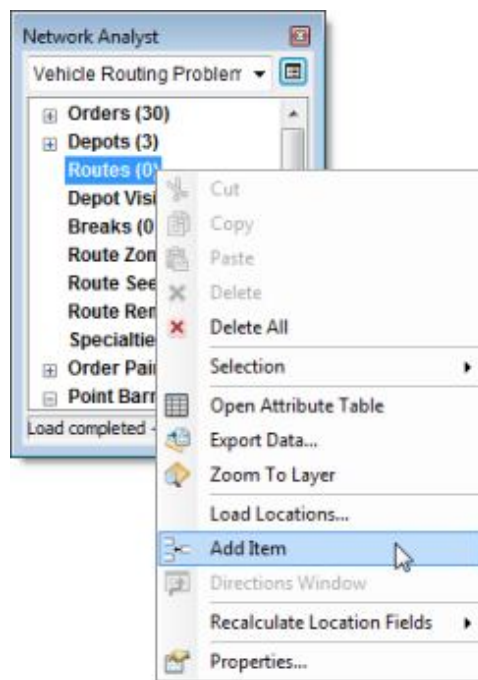
Додавання маршрутів

Логістична компанія має три машини, кожна з яких може перевозити не більше шести пасажирів. Машини виїжджають з автобази та повертаються на неї після виконання маршруту. Одна з машин, що працюють у центрі, обладнана для навантаження крісел-колясок.

Потрібно додати три маршрути (по одному для кожної машини) і вказати, що машина, яка їздить по місту, була обладнана для навантаження крісел-колясок.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Маршрути (Routes (0))** і виберіть команду **Додати елемент (Add Item)**.

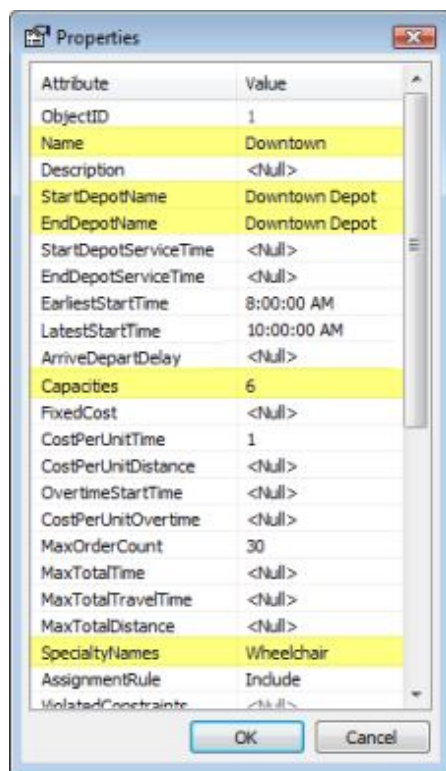


Новий маршрут **Item1** додається на закладці класу аналізу мережі Маршрути (Routes), після чого відкривається вікно **Властивості (Properties)**.

2. У вікні **Властивості (Properties)** задайте атрибути для маршруту, які подано в таблиці 8.2, не змінюючи значення атрибутів, задані за замовчуванням. У стовпці опису наводяться пояснення кожного значення.

Таблиця 8.2 – Опис атрибутів

Attribute – Атрибут	Значення	Опис
Назва (Name)	Центр міста	Назва маршруту
StartDepotName	Автобаза в центрі міста	Машина виїжджає з автобази в центрі міста
EndDepotName	Автобаза в центрі міста	Машина повертається на автобазу в центрі міста після виконання маршруту
Місткість	6	Машина може вмістити не більше шести пасажирів одночасно
SpecialtyNames	Крісло-коляска (Wheelchair) (поставте відмітку Крісло-коляска (Wheelchair) для спеціальної умови)	Машина обладнана для навантаження крісел-колясок



3. Натисніть **OK**.

Новий маршрут **Центр міста (Downtown)** зазначений у вікні **Network Analyst**.

4. Повторіть кроки 1–3, щоб додати два інших маршрути для машин, які працюють у районі Північної бухти і Східної бухти. Використовуйте таблиці 8.3 та 8.4 для цих нових маршрутів замість властивостей, перерахованих на кроці 2.

Таблиця 8.3 – Опис атрибутів

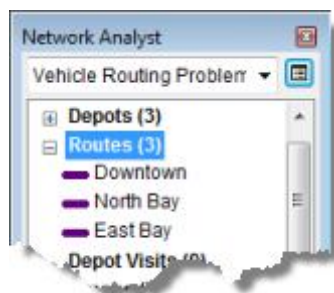
Attribute – Атрибут	Значення
Назва (Name)	Північна бухта (North Bay)
StartDepotName	Автобаза Північної бухти (North Bay)
EndDepotName	Автобаза Північної бухти (North Bay)
Місткість	6

Таблиця 8.4 – Опис атрибутів

Attribute – Атрибут	Значення
Назва (Name)	Східна бухта (East Bay)
StartDepotName	Автобаза Східної бухти (East Bay Depot)
EndDepotName	Автобаза Східної бухти (East Bay Depot)
Місткість	6

Зверніть увагу, що ці машини обладнані для навантаження крісел-колясок.

У вікні **Network Analyst** показано три об'єкти маршрутів, які перераховані в класі аналізу мережі **Маршрути (Routes)**.



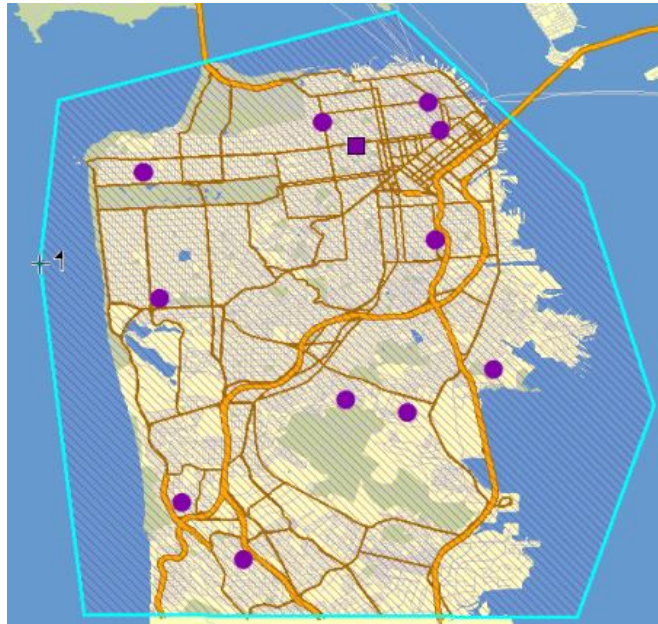
Додавання зон маршруту

Компанія використовує три машини, які мають ліцензії на обслуговування замовлень тільки в певній зоні. Потрібно додати зони маршрутів і зв'язати з машинами або маршрутами.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** виберіть елемент **Зони маршрутів (Route Zones (0))**.
2. Клацніть на інструменті **Створення мереживого положення (Create Network Location)** на панелі інструментів **Network Analyst**.
3. На карті намалюйте багатокутник, який у загальних рисах охоплює центр міста, як показано нижче.

Клацніть один раз, щоб додати вершину; клацніть двічі, щоб завершити створення багатокутника.



Нова зона маршруту **Зображення (Graphic Pack 1)** буде додана до класу зон маршруту у вікні **Network Analyst**.

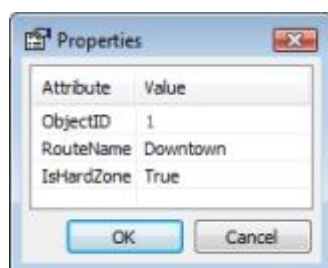
4. У вікні **Network Analyst** двічі клацніть на об'єкті нової зони маршруту **Зображення (Graphic Pick 1)**.

Відкриється вікно Властивості (Properties) для зони маршруту.

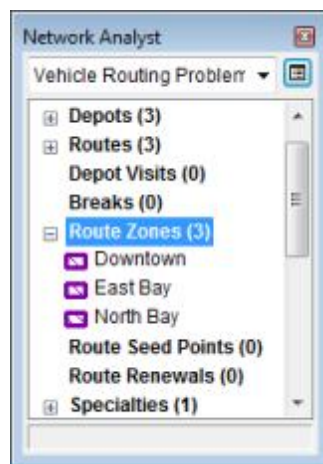
5. Задайте властивості зони маршруту відповідно до в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Опис атрибутів

Attribute – Атрибут	Значення	Опис
RouteName	Центр міста	Назва маршруту, з яким пов'язана ця зона маршруту
IsHardZone	Істина (True)	Машина не може обслуговувати замовлення, які не входять у зону маршруту. Якщо ця властивість має значення True, то машина буде отримувати тільки ті замовлення, які стосуються зони маршруту



6. Повторіть кроки 1–6, щоб додати дві інші зони маршруту: одну для району Північної бухти та другу для району Східної бухти.
На карті й у вікні **Network Analyst** має бути три об'єкти зони маршруту.

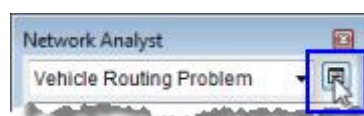


Установка властивостей для аналізу

Далі потрібно задати властивості для аналізу задачі зі знаходження транспортного маршруту.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. Переконайтеся, що в списку, що розкривається **Атрибут часу (Time Attribute)** вибрано значення **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

Інструмент вирішення завдання VRP використовує цей атрибут для розрахування витрат між замовленнями і автобазами на основі часу.

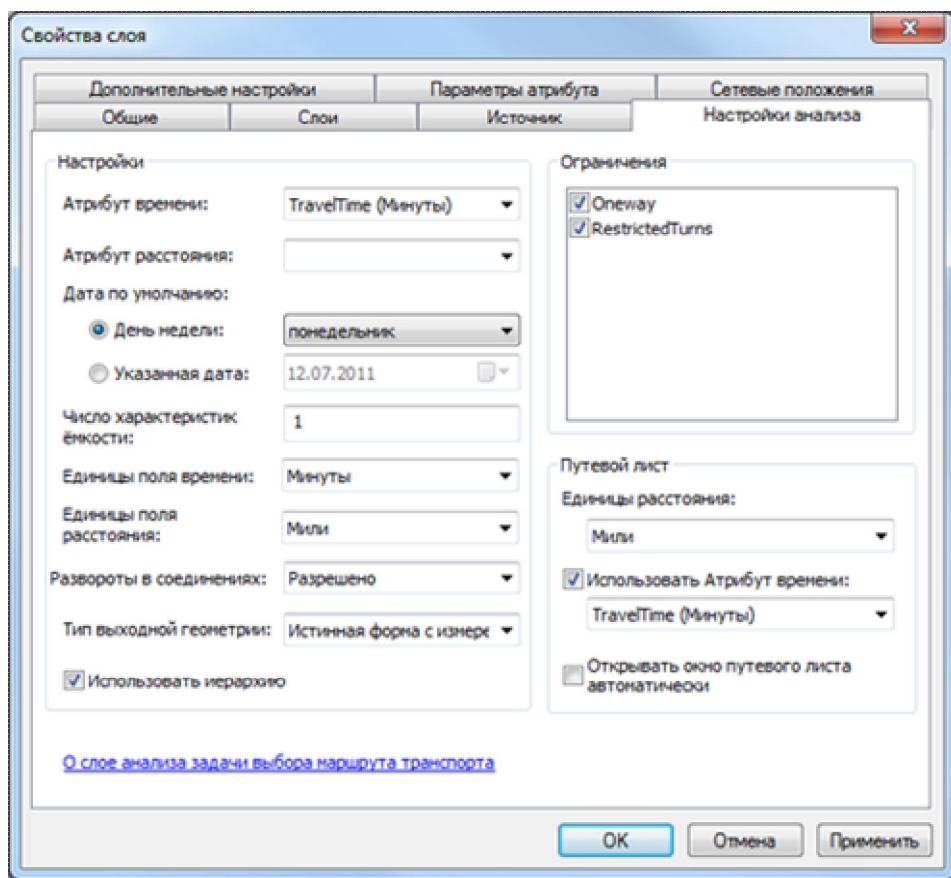
4. Переконайтеся, що в списку, що розкривається **Атрибут відстані (Distance Attribute)** нічого не вибрано.

Оскільки параметри витрат на основі відстані, такі як CostPerUnitDistance або MaxTotalDistance, не використовуються, атрибут відстані не потрібен.

5. Задайте властивості **Дата за замовчуванням (Default Date)** значення **День тижня (Day of Week)**. У списку **День тижня (Day of Week)** виберіть **понеділок (Monday)**.

6. Оскільки місткість машини вимірюється тільки кількістю пасажирів, переконайтеся, що властивість **Лічильник місткості (Capacity Count)** має значення 1.

Якби місткість вимірювалася числом пасажирів і максимальним числом крісел-колясок, лічильник місткості мав би значення 2.



7. Залиште значення за замовчуванням для інших властивостей.

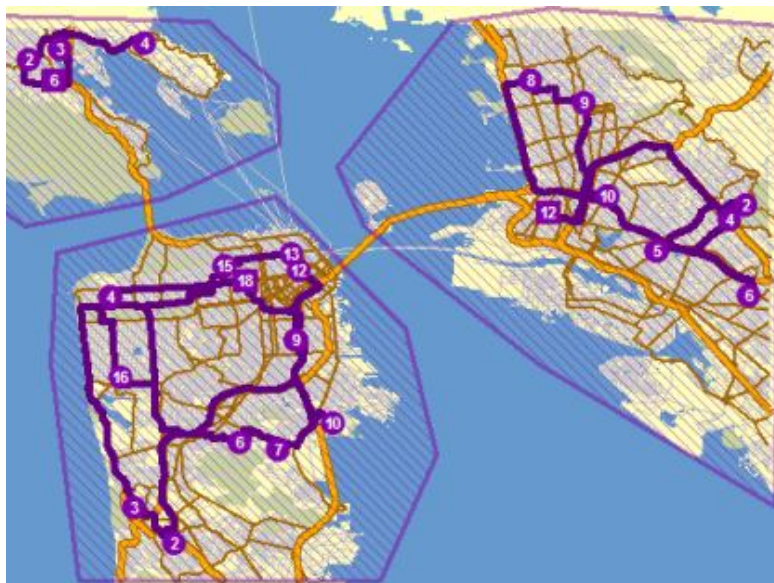
8. Натисніть **ОК**.

Процес для знаходження рішення

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Інструмент розв'язання завдання VRP обчислить маршрути для кожної машини. Кожен маршрут починається на автобазі, підбирає одну або дві людини, якщо час, який вони можуть провести в машині, менше значення властивості MaxTransitTime, зазначеного в парному замовленні, відвозить їх у потрібну лікарню, продовжує підбирати й відвозити інших людей і врешті повертається на автобазу. Маршрути обслуговують тільки замовлення в заданих зонах маршрутів.



Визначення покрокових напрямків для маршрутів

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Вікно напрямків (Directions Window)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно Напрями (Directions).

2. У разі потреби також експортувати задачу зі знаходження транспортного маршруту як файлу шару (<Назва файлу> .lyr) на диск, щоб його можна було завантажити в інший документ карти.

3. Вийдіть з ArcMap без збереження змін.

Питання для самоконтролю

1. Змініть «Default Value» для властивості «ServiceTime» на 3.
2. Змініть значення для властивості MaxViolationTime1 на 1.
3. Змініть назви маршрутів.
4. Змініть кольори маршрутів.
5. Змініть значення «Day of Week» на вівторок.

9 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ МАГАЗИНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕХАНІЗМУ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ-РОЗПОДІЛУ

Необхідно знайти належне розташування роздрібних магазинів, щоб забезпечити максимальну прибутковість торговельної мережі. Головною метою є розташувати магазин поблизу центрів розміщення населення і у такий спосіб забезпечити попит на товар. На підставі такого підходу лежить припущення, що люди роблять покупки в найближчих магазинах охочіше, ніж в далеких. Потрібно виконати аналіз місця розташування-розподілу, використовуючи три різних типи завдання: максимізація відвідуваності, збільшення частки ринку і збільшення цільового ринку. Різниця між цими типами завдання стане зрозумілою після опрацювання справи.

Підготовка відображення

Кроки:

1. Якщо файл Exercise 09.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.

2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS>**

ArcMap 10.1.

3. У діалоговому вікні ArcMap – **Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.

4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.

Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.

5. Двічі клацніть на файлі **Exercise09.mxd**.

Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів **Network Analyst** ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

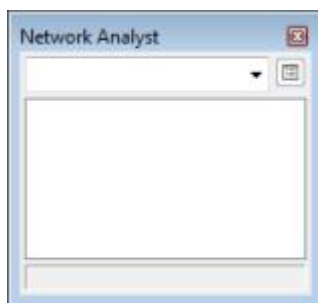
Панель інструментів **Network Analyst** буде додано до ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)**.

Відкриється прикріплене вікно **Network Analyst**.

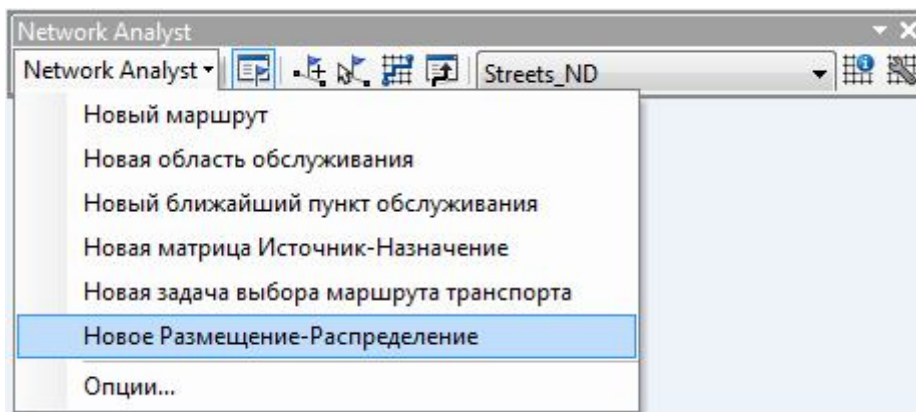


Вікно **Network Analyst** можна закріплювати й відкріплювати.

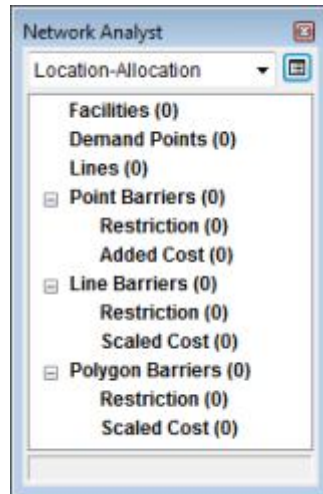
Створення шару аналізу місця розташування

Кроки:

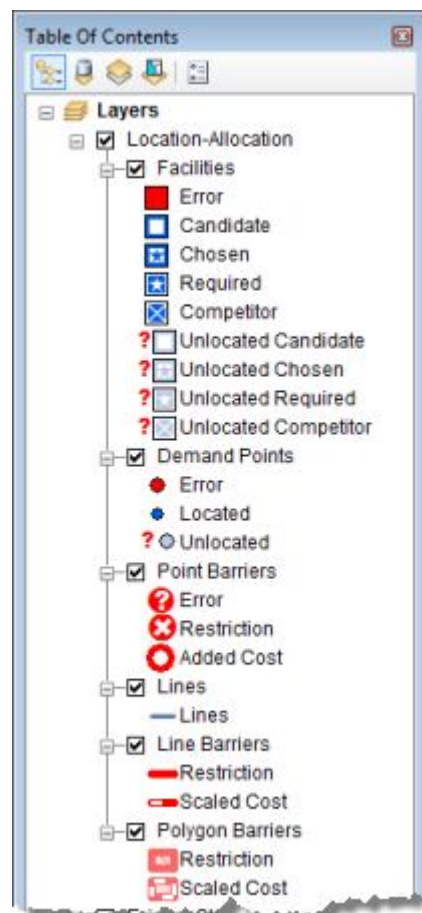
Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Нове місце розташування-розподіл (New Location – Allocation)**.



Шар аналізу місця розташування-розподілу доданий у вікно **Network Analyst**. Класи мереживого аналізу: Пункти обслуговування (Facilities), Точки попиту (Demand Points), Лінії (Lines), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.



Також до вікна **Таблиця змісту (Table Of Contents)** додано новий шар аналізу.



Додавання потенційних об'єктів

Вам пропонується додати потенційні розташування роздрібних магазинів до класу аналізу мережі Об'єкти (Facilities). Є потенційні місця, де можна відкрити магазин. Рішення в процесі розміщення-розподілу передбачає підбір цих магазинів.

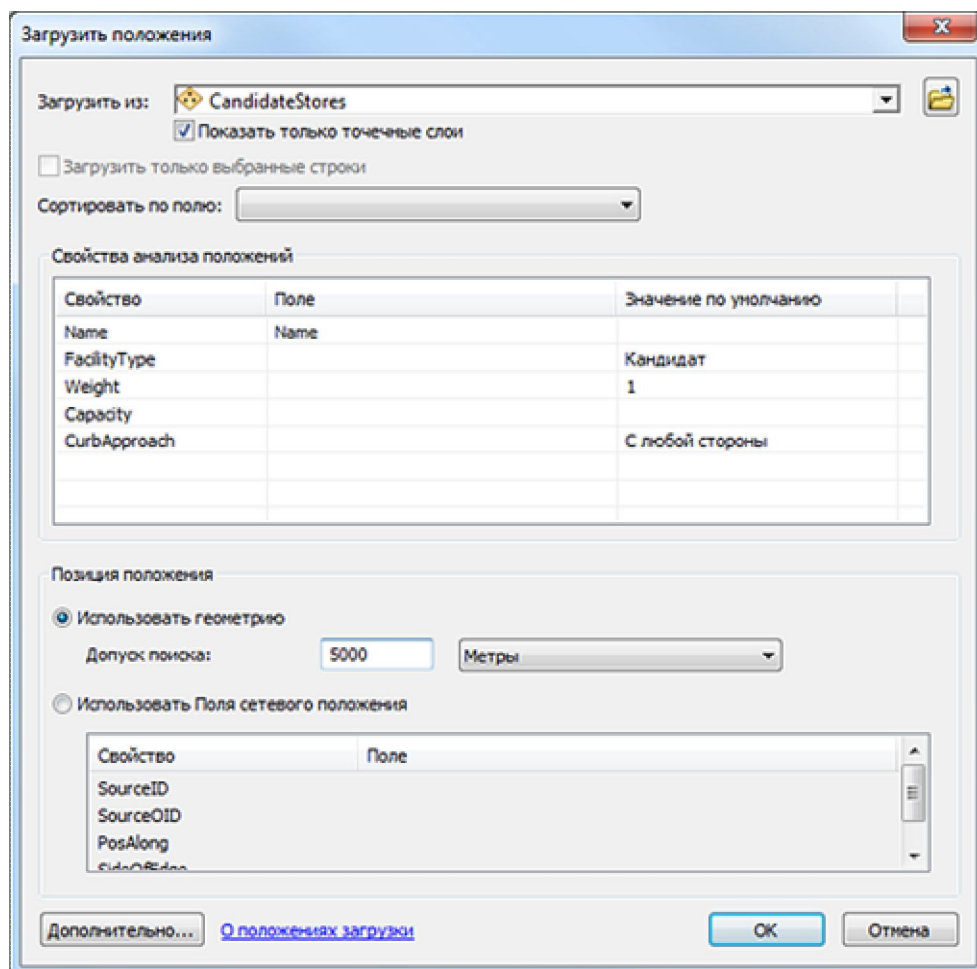
Розташування потенційних магазинів вже додані як шари Потенційні магазини (CandidateStores) до документа карти. Імена магазинів містяться в таблиці атрибутів шару. Ви завантажуєте точкові об'єкти з Потенційних магазинів у клас об'єктів шару розміщення-розподілу.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці Об'єкти (Facilities) (0) і виберіть команду Завантажити розташування (Load Locations).

Відкриється діалогове вікно Завантаження розташувань (Load Locations).

2. Виберіть **Потенційні магазини** (CandidateStores) зі списку Завантажити з (Load From).



Секція **Властивості аналізу місця розташування (Location Analysis Properties)** діалогового вікна **Завантажити місця розташування (Load locations)** дозволяє вам вказувати, які атрибути класу об'єктів Потенційні Магазини містять значення, які будуть використані Network Analyst під час вирішення задачі розміщення-розподілу.

3. У розділі **Властивості аналізу місця розташування (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**.

Network Analyst намагається автоматично зв'язати властивості аналізу місця розташування для нового шару задачі розміщення-розподілу, ґрунтуючись на конфігураційному файлі (зазвичай розташованому в настановній папці ArcGIS в: \ Program Files \ ArcGIS \ Desktop10.1 \ NetworkAnalyst \ NetworkConfigurations \ NASolverConfiguration.xml).

4. Натисніть **ОК**.

У клас аналізу мережі **Об'єкти (Facilities)** завантажено шістнадцять потенційних магазинів. Нові об'єкти перераховані у вікні **Network Analyst** і відображені на карті.



Додавання точок попиту

Магазини повинні бути розташовані якомога зручніше для населення. Точковий шар центроїдів груп суміжних кварталів перепису вже додано до ArcMap. Далі потрібно завантажити ці центроїди в клас аналізу мережі Точок попиту (Demand points).

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Точки попиту (Demand Points (0))** і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.
2. Виберіть **Центроїди групи суміжних кварталів (TractCentroids)** зі списку **Завантажити з (Load From)**.
3. У розділі **Властивості аналізу місця розташування (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**.
4. Клацніть на стовпці **Поле (Field)** для властивості **Вага (Weight)** і виберіть **POP2000**.

Кожна точка попиту оцінюється за населеності відповідно до перепису 2000 р.

Натисніть **ОК**.

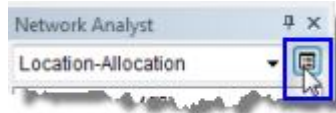
У клас Точки попиту (Demand Points) завантажуються 208 центроїдів груп суміжних кварталів перепису. Нові точки попиту перераховані у вікні **Network Analyst** і відображені на цій карті:



Установка властивостей аналізу місця розташування-розподілу

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. Переконайтеся, що **Імпеданс (Impedance)** визначений як **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

4. Не відзначаєте **Використовувати час початку (Use Start Time)**.

Якщо вам потрібно розрахувати місце розташування – розподіл з огляду на рух транспорту в певні години та дні тижня, вкажіть тут час початку.

5. У розділі **Рух від (Travel From)** вкажіть **Від точки попиту до об'єкта (Demand to Facility)**.

Опція за замовчуванням, Від об'єкта до точки попиту (Facility to Demand), добре підходить для класичних завдань на мінімізацію імпедансу й максимізацію покриття. Однак у задачах на збільшення відвідуваності, збільшення частки ринку і збільшення цільового ринку попит зазвичай переміщується до об'єктів, так що вибір Від точки попиту до об'єкта (Demand to Facility) часто буває вдалим для цих випадків.

6. Виберіть **Дозволити (Allowed)** зі спадаючого списку **Розвороти у з'єднаннях (U – Turns at Junctions)**.

7. У розділі **Тип форми на виході (Output Shape Type)** встановіть **Пряма лінія (Straight Line)**. Незважаючи на те, що вихідні дані відображаються у вигляді прямих ліній, вартість переміщення раніше вимірюється по мережі.

8. Переконайтеся, що встановлені позначки **Використовувати ієрархію (Use Hierarchy)** й **Ігнорувати некоректні місця розташування (Ignore Invalid Locations)**.

9. Переконайтеся, що в розділі **Обмеження (Restrictions)** відзначені обмеження **Restricted Turns** і **Oneway**.

Закладка **Налаштування аналізу (Analysis Settings)** повинна мати вигляд такої діаграми:

10. Виберіть вкладку **Додаткові настройки (Advanced Settings)**.

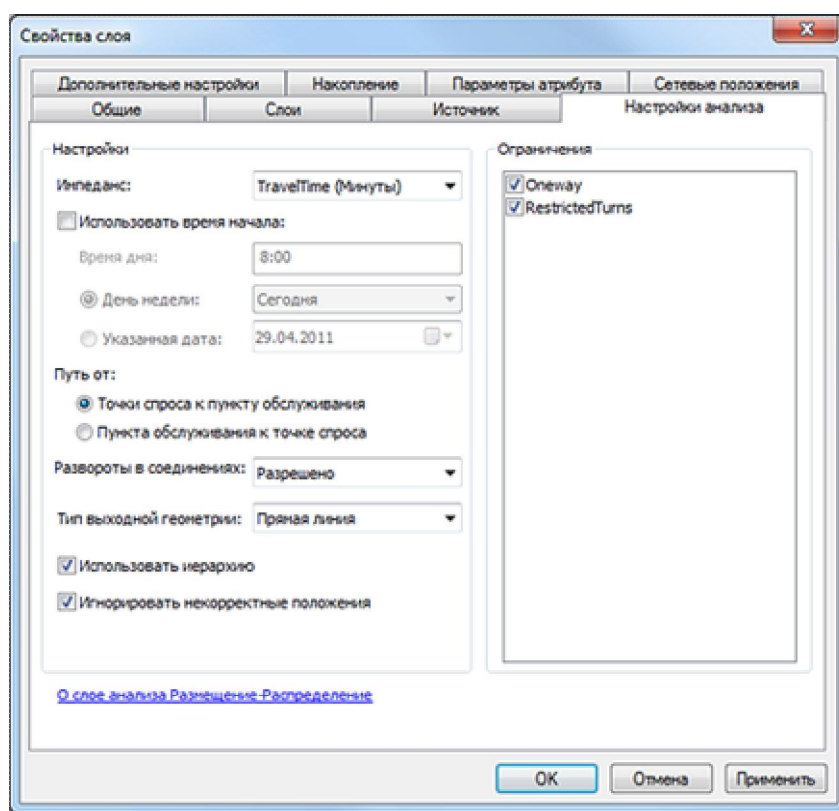
11. Клацніть на розкритому списку **Тип задачі (Problem Type)** і виберіть елемент **Забезпечення максимальної відвідуваності (Maximize Attendance)**.

Ці типи завдань часто використовуються як приклад. Забезпечення максимальної відвідуваності – це хороший тип завдання на розташування роздрібних магазинів, оскільки передбачається, що всі магазини однаково привабливі, а люди охочіше купують товари в найближчих магазинах.

12. Поставте в вікні **Вибрати об'єктів (Facilities To Choose)** число 3.

ArcGIS обере 3 об'єкти з 16, які найкраще обслуговують 208 точок попиту.

13. Поставте в вікні **Граничне значення імпедансу (Impedance Cutoff)** число 5.



Ця настройка означає, що люди не бажають добиратися до магазину довше п'яти хвилин. Одиниця виміру для цього значення визначається одиницею виміру атрибуту імпедансу. Оскільки Час у дорозі (TravelTime) вимірюється у хвилинах, це значення також дасться у хвилинах.

14. Переконайтеся, що **Перетворення імпедансу (Impedance Transformation)** задано як **Лінійне (Linear)**. ArcGIS використовуватиме лінійну залежність під час розрахування ймовірності відвідування певного магазину. Отже за умов граничного значення імпедансу п'ять хвилин і лінійного перетворення імпедансу, ймовірність відвідування магазину з

кожною хвилиною падає на 1/5, або 20 %, тобто магазин, розташований в 1 хвилині від точки попиту, має ймовірність відвідування 80 %, на відміну від магазину, розташованого на 4 хвилини далі, для якого ймовірність становить тільки 20 %.

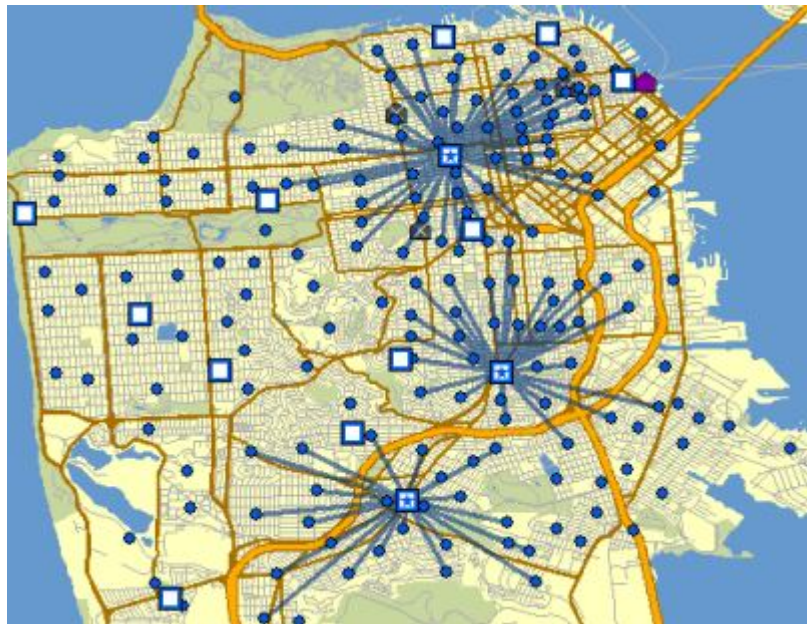
15. Натисніть **ОК**.

Процес знаходження найкращого розташування магазинів

Кроки:

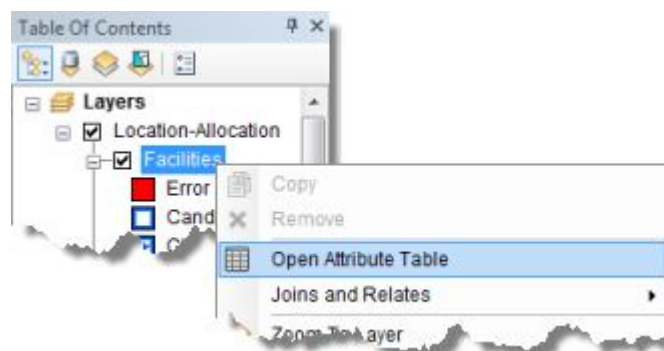
1. Клацніть на кнопці Розрахунок (Solve)  Рішення на панелі інструментів **Network Analyst**.

Із завершенням процесу на карті з'являться лінії, що зв'язують вибрані магазини з точками попиту. Лінії також відображаються в Класі ліній (Lines class) у вікні **Network Analyst**.



Тепер ви можете ознайомитися з результатами докладніше.

2. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Об'єкти (Facilities)** і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.



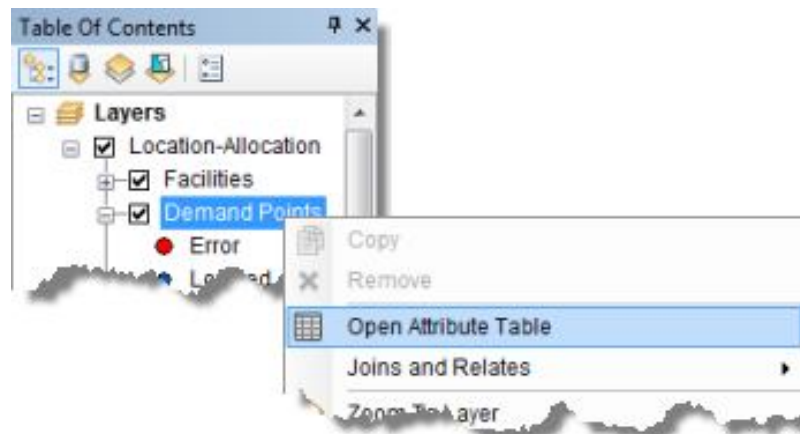
Перевірте атрибути в таблиці об'єктів. У двох об'єктів як значення в поле Тип об'єкта (FacilityType) встановлено Обраний (Chosen) замість установки за замовчуванням Кандидат (Candidate).

У стовпці Кількість попиту (DemandCount) перераховуються точки попиту, присвоєні кожному з обраних об'єктів. Потрібно не забувати, що з 208 точок попиту тільки 113 були розподілені по вибраних об'єктах, оскільки інші перебували від них більш ніж у п'яти хвилинах шляху.

У стовпці Вага попиту (DemandWeight) вказується, який попит припадає на кожен об'єкт. У цьому випадку значення вказує число осіб, які, швидше за все, будуть купувати товари в цьому магазині.

3. Закрийте таблицю **Об'єкти (Facilities)**.

4. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Точки попиту (Demand Points)** і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.



Перевірте атрибути в таблиці точок попиту. Якщо точка попиту розташована далі, ніж у п'яти хвилинах шляху від об'єкта, в стовпці Ідентифікатор об'єкта (Facility ID) стоїть значення <Нуль> (Null), ненульове значення в цьому стовпці становить ідентифікатор обраного об'єкта, до якого віднесена точка попиту.

У стовпці Вага (Weight) наводиться число жителів, завантажене з класу просторових об'єктів Адміністративний район (census tract). У стовпці Питома вага (AllocatedWeight) вказується попит, який припадає на певну точку обслуговування. Вага, розподілена на певну точку обслуговування, вираховується з оглядом на лінійне зниження попиту з видаленням і граничне значення імпедансу п'ять хвилин, яке ви встановили в діалоговому вікні Властивості шару (Layer Properties).

5. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Лінії (Lines)** і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.

У таблиці дається по одному запису на кожну точку попиту, приписану певному об'єкту. Тут також представлений імпеданс найкоротшого шляху між двома об'єктами та вага, що доводиться на кожен об'єкт.

6. Закрийте таблицю атрибутів.

Додавання необхідного об'єкта

У попередній частині цього розділу ви визначали, де розташувати три нові магазини. У цій частині подано сценарій розширення магазину методом розміщення-розподілу, коли один магазин вже є, а потрібно якомога найкраще розташувати ще два.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Об'єкти (Facilities)** (16) і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.

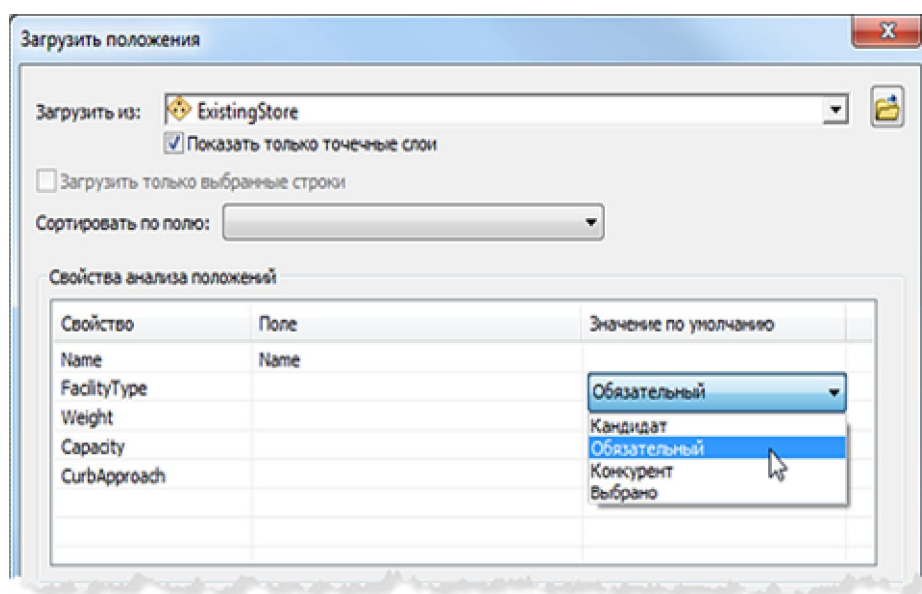
Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Виберіть **Існуючий магазин (ExistingStore)** зі списку **Завантажити з (Load From)**.

3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**.

4. У стовпці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для **Типу об'єкта (Facility Type)** замініть **Потенційний** на **Обов'язковий**.

Тоді після завантаження магазину як об'єкт він матиме статус **Обов'язковий (Required)**. **Обов'язкові об'єкти** є невід'ємною частиною рішення.



5. Натисніть **ОК**.

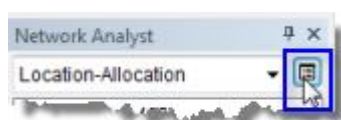
Установка властивостей аналізу

(забезпечення максимальної відвідуваності з обов'язковим об'єктом)

Для розв'язання цього завдання використовуйте ті самі властивості, що і в попередній.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Переконайтеся, що встановлено тип завдання **Забезпечення максимальної відвідуваності (Maximize Attendance)**, число шуканих об'єктів одно 3, граничне значення імпедансу 5, а перетворення імпедансу встановлено як **Лінійне (Linear)**.

3. Натисніть **ОК**.

Процес знаходження оптимального розташування магазинів
(забезпечення максимальної відвідуваності з обов'язковим об'єктом)

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Із завершенням процесу вибрані магазини будуть з'єднані з точками попиту за допомогою ліній. Потрібно не забувати, що вихідне рішення змінилося, існуючий магазин (ExistingStore) тепер є частиною рішення. Два інших обраних об'єкти розташовуються тепер в інших місцях.

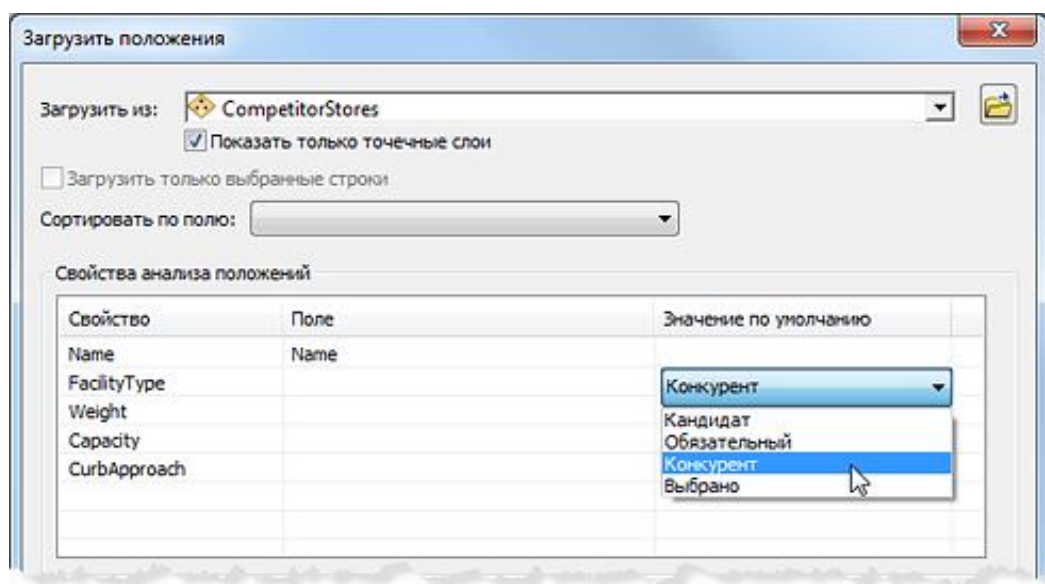


Додавання конкуруючих об'єктів

Механізм розрахування розміщення-розподіл дозволяє розташувати нові магазини, щоб збільшити частку ринку з огляду на появу конкурентів. Частка ринку вираховується з використанням моделі Хаффа, або моделі гравітації. Модель Хаффа припускає, що ймовірність відвідування магазинів точками попиту залежить від деяких властивостей магазинів, а також від відстані до магазину.

Кроки:

1. У вікні **Network Analyst** клацніть правою кнопкою миші на кнопці **Об'єкти (Facilities)** (17) і виберіть команду **Завантажити розташування (Load Locations)**.
2. Виберіть **Конкуруючі магазини (CandidateStores)** у списку, **Завантажити з (Load From)**.
3. У розділі **Властивості аналізу розташувань (Location Analysis Properties)** переконайтеся, що властивість **Назва (Name)** автоматично відповідає полю **NAME**.
4. У стовпці **Значення за замовчуванням (Default Value)** для **Типу об'єкта (Facility Type)** замініть **Потенційний** на **Обов'язковий**.



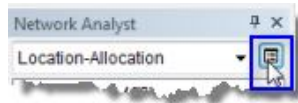
5. Натисніть **ОК**.

Установка властивостей аналізу (забезпечення максимальної частки ринку)

Необхідно змінити властивості шару аналізу розміщення – розподілу так, щоб вони підходили для вирішення завдання типу **Забезпечення максимальної частки ринку**.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



- Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.
2. Виберіть вкладку **Додаткові настройки (Advanced Settings)**.
 3. Клацніть на розкривному списку **Тип задачі (Problem Type)** і виберіть елемент **Забезпечити максимальну частку ринку (Maximize Market Share)**.

4. Клацніть на розкривному списку **Трансформація імпедансу (Impedance Transformation)** і виберіть елемент **Ступінь (Power)**.

ArcGIS буде використовувати ступеневу залежність у процесі знаходження ймовірності відвідування певного магазину. Потрібно не забувати, що **Параметр Імпеданс (Impedance Parameter)** можна редагувати.

5. Змініть значення **Параметра імпедансу (Impedance Parameter)** на 2.

Параметр імпедансу 2 за умов ступеневої трансформації імпедансу означає, що ймовірність відвідування магазину зменшується пропорційно квадрату відстані між точкою попиту і розташування об'єкта. Зазвичай точне значення параметра імпедансу вираховується за допомогою інших інструментів аналізу, таких як ArcGIS Business Analyst.

6. Натисніть **ОК**.

Процес знаходження найкращого розташування магазинів (забезпечення максимальної частки ринку)

Кроки:

1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Опції (Options)**.

Відкриється діалогове вікно **Опції ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Options)**.

2. Клацніть на закладку **Загальні (General)**.
3. Клацніть на **Всі повідомлення (All Messages)**.

Під час вибору **Всі повідомлення (All Messages)** в задачі забезпечення максимальної частки ринку отримана частка ринку відобразиться в діалоговому вікні після завершення процесу рішення.

4. Натисніть **ОК**.

5. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Після завершення процесу рішення в спеціальному повідомленні буде вказано ваша частка ринку.

6. Закрийте повідомлення.

Точки попиту з'єднані на карті лініями з вибраними магазинами та конкурентами. Потрібно не забувати, що обрані магазини були змінені, щоб забезпечити максимальний попит у присутності трьох конкурентів.

Серед ліній більше накладень, ніж у попередньому рішенні, оскільки кожна точка попиту в задачі на забезпечення максимальної частки ринку може взаємодіяти з усіма об'єктами в зоні імпедансу.

7. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Об'єкти (Facilities)** і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.

У трьох об'єктів у розділі Тип об'єкта (FacilityType) встановлено значення Конкурент (Competitor), у одного – Обов'язковий (Required) і у двох-Обраний (Chosen), тобто той, який механізм розрахунку вважає найкраще відкрити.

У стовпці Кількість попиту (DemandCount) перераховуються точки попиту, присвоєні кожному з об'єктів. Варто не забувати, що деякі точки попиту не враховуються, оскільки вони знаходяться поза п'ятихвилинної зони імпедансу.

У стовпці Вага попиту (DemandWeight) дається сума попиту для кожного з обраних об'єктів. Вага, присвоєна вашим магазинам, порівнянно з вагою конкурентів дозволяє виокремити частку ринку, видану із завершенням процесу рішення.

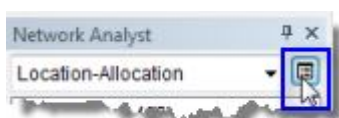
8. Закрийте таблицю атрибутів.

Збільшення цільової частки ринку

В останньому розділі сумарна частка ринку для трьох обраних магазинів становить 33,79 %. Припустимо, однак, що ви хочете досягти частки ринку в 70 %. Для цього необхідно знати мінімальну кількість магазинів, яка буде потрібна для цього, і місця їхнього переважного розміщення. Тип завдання Збільшення цільової частки ринку допоможе вам знайти відповідь на це питання.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Виберіть вкладку **Додаткові настройки (Advanced Settings)**.

3. Клацніть на розкривному списку **Тип задачі (Problem Type)** і виберіть елемент **Цільова частка ринку (Target Market Share)**.

4. Не забувайте, що якщо змінити тип завдання на **Збільшення цільової частки ринку, властивість Цільова частка ринку (Target Market Share) (%)** стане доступним для редагування.

Змініть властивість **Цільова частка ринку (%)** на 70.

5. Натисніть **ОК**.

Процес знаходження найкращого розташування магазинів (збільшення цільової частки ринку)

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Після завершення процесу рішення в спеціальному повідомленні буде вказано ваша цільова частка ринку та кількість магазинів, необхідна для її досягнення. Цільова частка ринку становить більше 70 %, оскільки у разі відкриття меншого числа магазинів цільова частка ринку становила б менш необхідних 70 %.

2. Закрийте повідомлення.

Об'єкти рішення знову з'єднані на карті з точками попиту за допомогою ліній.

3. У **Таблиці змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на підшарі **Об'єкти (Facilities)** і виберіть **Відкрити таблицю атрибутів (Open Attribute Table)**.

Крім трьох конкуруючих магазинів і одного обов'язкового магазину, тепер є дев'ять магазинів із Типом об'єкта (FacilityType) **Обраний (Chosen)**. Це означає, що для досягнення цільової частки ринку 70 % потрібно дев'ять додаткових магазинів.

4. Вийдіть з ArcMap. Натисніть **Ні (No)**, щоб не зберігати зміни.

Питання для самоконтролю

1. Змініть значення «Facilities To Choose» на 5.

2. Змініть значення «Impedance Cutoff» на 7.

3. Додайте ще один об'єкт на карту.

4. Додайте конкуруючий об'єкт..

5. Змініть параметр «Impedance Parameter» на 3.

10 НАЛАШТУВАННЯ ПОТОЧНОГО РУХУ У НАБОРІ МЕРЕЖНИХ ДАНИХ

У цьому розділі показано, як потрібно створювати набір мережних даних у базі геоданих з використанням об'єктів «Повороти», «Вулиці» і «Дорожні знаки» міста Сан-Дієго. Цей набір також міститиме дані історії трафіку (збереженої інформації про дорожній рух), а також поточного трафіку (дорожнього руху на поточний момент часу), що дозволить переглядати швидкості руху в різний час дня і проводити тимчасово – залежний аналіз мережних проблем.

Для виконання цього та для отримання повнофункціонального набору мережних даних, обробних поточних даних про дорожній рух, необхідно мати підписку на отримання даних про дорожній рух. Потім провайдер даних надасть вам ім'я користувача та пароль для доступу до каналу передачі даних. Необхідно ввести облікові дані в інструмент геообработки Оновити дані трафіку для отримання даних і конвертувати їх у формат, який може використовуватись у Network Analyst. Network Analyst на сьогодні підтримує трьох постачальників даних: Inrix, NAVTEQ і TomTom.

На останніх етапах цієї справи ви дізнаєтесь, як візуалізувати дані про дорожній рух в ArcMap. У наступному розділі показано, як проводити мережний аналіз на основі динамічних швидкостей дорожнього руху.

Створення папки для зберігання файлів поточного трафіку (DTF)

Набори мережних даних, обробних поточних даних про дорожній рух, використовують постійно передається від провайдера потік даних для визначення поточної швидкості дорожнього руху. Пізніше в цій справі ви скористаєтесь інструментом геообработки для створення файлів поточного трафіку з даних, що передаються по каналу трафіку, які називаються файлами формату динамічного руху (DTF). Однак зараз вам необхідно створити порожню папку для зберігання цих файлів, щоб вказати її під час створення набору мережних даних.

Кроки:

1. Відкрийте вікно Провідник.
2. Створіть папку TrafficFiles у місці розташування, до якого у вас є доступ на запис. Наприклад, ви можете створити папку в C: \ Data, так щоб повний шлях мав вигляд C: \ Data \ TrafficFiles.

Потім варто створити набір мережних даних і задати в ньому папку TrafficFiles, щоб він міг отримувати свіжу інформацію про дорожній рух. Незважаючи на те, що ця папка зараз порожня, ви запускатимете інструмент

геообработки через рівні проміжки часу для отримання найсвіжіших файлів DTF.

Створення набору мережних даних

Кроки:

1. Щоб запустити ArcCatalog, виберіть **Пуск (Start)> Усі програми (All Programs)> ArcGIS> ArcCatalog 10.1**.

2. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst.

a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно **Додаткові модулі (Extensions)**.

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

3. На панелі інструментів **Стандартні (Standard)** натисніть кнопку **Підключитися до папки (Connect To Folder)**.

Відкриється діалогове вікно **Підключитися до папки (Connect to Folder)**.

4. Перейдіть до папки з навчальними матеріалами модуля Network Analyst.

Місце розташування за замовчуванням для навчальних матеріалів – C:\ArcGIS\ArcTutor\ArcGIS Network Analyst\Tutorial.

5. Натисніть **ОК**.

Ярлик для цієї папки буде додано до Дерево каталогу (Catalog Tree) під заголовком Підключення до папок (Folders Connection).



6. У дереві каталогу (Catalog Tree) розгорніть вузол ... \ **ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial> Exercise10> SanDiego.gdb**.

7. Клацніть на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)**.

Класи просторових об'єктів, що містяться в наборі класів об'єктів, перераховані на закладці **Зміст (Contents)** в ArcCatalog.

8. Клацніть правою кнопкою на наборі класів об'єктів **Транспорт (Transportation)** і клацніть на **Новий (New)> Набір мережних даних (Network Dataset)**.

Відкриється майстер створення **Нового набору мережних даних (New Network Dataset)**.

9. Введіть **SanDiego_ND** як назву набору мережних даних.

10. Клацніть на **Далі (Next)**.

11. Встановіть параметр класу об'єктів **Вулиці (Streets)**, щоб використовувати його як джерела для набору мережних даних.

12. Клацніть на **Далі (Next)**.

13. Клацніть на **Так (Yes)** для моделювання поворотів у мережі.

Включена функція **<Global Turns> (Глобальні повороти)** дозволяє додавати штрафи за замовчуванням за повороти.

14. Поставте відмітку **Обмежені повороти (RestrictedTurns)** для використання цього джерела об'єктів поворотів.

15. Клацніть на **Далі (Next)**.

Відобразиться інформація щодо налаштування зв'язності. У цьому разі ми будемо використовувати установки за замовчуванням – не змінюйте тут ніяких налаштувань.

16. Клацніть на **Далі (Next)**.

17. Цей набір даних має поля висот, тому переконайтеся, що обрана опція **Використання полів висот (Using Elevation Fields)**. Виберіть як початкові точки вулиць **F_ZLEV**, а як кінцеві – **T_ZLEV**.

18. Клацніть на **Далі (Next)**.

На цій сторінці майстра можна налаштувати дані поточного трафіку й історію трафіку. Для налаштування поточного трафіку потрібно налаштування історії трафіку.

База геоданих Сан-Дієго містить дві таблиці з історією трафіку: **Patterns (Моделі руху)** і **Streets_Patterns (Вулиці – Моделі)**.

Таблиця **Patterns** для набору мережних даних виконує функцію **Таблиці профілів (Profiles table)**. Кожен профіль описує варіацію швидкості руху по 15-хвилинним інтервалами протягом одного дня.

Таблиця **Streets_Patterns** має функції **Таблиці зв'язку вулиць і профілів (Streets – Profiles table)**. Записи в таблиці пов'язують об'єкти джерел ребер із профілями в таблиці **Patterns**. Для кожного оцифрованого напрямку вихідного об'єкта на кожен день тижня може бути вказаний окремий профіль. Зв'язавши вихідні об'єкти вулиць із профілями дорожнього руху, можна описати різні швидкості руху по вулицях на весь тиждень.

Швидкості руху в таблиці **Patterns** вказані щодо швидкості руху у вільному режимі, тому декілька вихідних об'єктів із різними швидкостями у вільному режимі можуть мати загальний профіль. Таке рішення сприяє зниженню витрат пам'яті на зберігання.

Таблиця зв'язку вулиць і ТМС (Streets – TMC table) використовується з даними поточного трафіку. Вона пов'язує вихідні об'єкти зі стандартними кодами ТМС (каналів повідомлень трафіку), які, зі свого боку, посилаються на поточні швидкості руху, збережені у файлах DTF. Файли DTF розроблені спеціально для читання наборами мережних даних. Інструмент Оновити дані трафіку (Update Traffic Data) створює файли DTF, встановивши підімкнення до каналу провайдера, що передає дані дорожнього руху, пізніше зчитавши ці дані і перетворивши їх у формат динамічного трафіку. Потрібно запустити цей інструмент пізніше, щоб зберегти вихідні файли в папці TrafficFiles.

Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst розпізнає схему цих таблиць і автоматично налаштовує розділи історії трафіку на цій сторінці майстра. Він також налаштовує таблицю для розділу поточного дорожнього руху, але не параметр Місце розташування каналу поточного трафіку.

19. У розділі **Поточний трафік: таблиця зв'язку вулиць і ТМС** переконайтеся, що в полі **Таблиця** вказано **Streets_TMC**, а в **Поле ТМС** – **ТМС**.

20. Клацніть на **Місце розташування каналу трафіку (Traffic Feed Location)**, щоб задати цю властивість.

З правого боку з'явиться кнопка з трьома крапками.

21. Натисніть на кнопку з трьома крапками.

Відкриється діалогове вікно **Місце розташування каналу поточного трафіку (Live Traffic Feed Location)**. Це дозволяє вам задати одну з трьох опцій: цієї миті канал трафіку не використовується (Немає), у папці будуть міститися файли DTF (**Папка**) або дані про трафік в набір мережних даних буде поставляти сервіс геообработки.

22. Клацніть на **Папка**, потім клацніть кнопку **Огляд** .

Відкриється діалогове вікно **Папка місця розташування каналу поточного трафіку**.

23. Знайдіть і клацніть на папці TrafficFiles, яку ви створили в перших двох кроках цієї вправи, наприклад, C: \ Data \ TrafficFiles. (Пам'ятаєте, щоб ви повинні використовувати шляхи згідно з універсальною угодою про іменування, або UNC, щоб задати цю папку. Це зручно, якщо ви плануєте надати спільний доступ по локальній мережі до декількох наборів мережних даних).

24. Натисніть **ОК**.

Ви знову побачите вікно **Місце розташування каналу поточного трафіку**, в якому відображається папка TrafficFiles.

Під час першого завантаження даних трафіку, в папку TrafficFiles додається папка v1. Її необхідно додати до зазначеного шляху.

25. Клацніть в кінці шляху до папки в полі на **Папка** і введіть \v1.

Повний шлях має виглядати так: C: \ Data \ TrafficFiles \ v1.

26. Натисніть **ОК**.

Папка TrafficFiles з'явиться в полі **Місце розташування каналу трафіку** майстра **Новий набір мережних даних**.

27. Клацніть на **Далі (Next)**.

На екрані з'явиться сторінка з переліком усіх поточних мережних атрибутів.

Майстер створить декілька атрибутів вартості з деяких наданих даних. Атрибути Minutes (Хвилини) і Meters (Метри) будуть створені автоматично з атрибутів з тими самими назвами у вихідних об'єктів. Атрибут TravelTime (Час у дорозі) буде створений на підставі інформації, яка була введена на сторінці трафіку в майстрові **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)**. Атрибути WeekdayFallbackTravelTime (Резервний час у дорозі в робочі дні) і WeekendFallbackTravelTime (Резервний час у дорозі у вихідні дні) будуть створені для використання з атрибутом TravelTime. Кожен із цих мережних атрибутів має аналізатори для оцінки атрибутивних значень. На наступних етапах буде розглянуто метод оцінки трафіку ребер для атрибуту TravelTime.

28. Виберіть клацанням атрибут **TravelTime** і клацніть на **Оцінки (Evaluators)**.

Відкриється діалогове вікно Оцінки (Evaluators).

29. Клацніть на закладці **Значення джерела (Source Values)**.

30. Утримуючи клавішу CTRL, виберіть клацанням миші два рядки, що починаються зі слова **Streets**.

31. Клацніть правою кнопкою на одному з обраних рядків і виберіть **Значення (Value) > Властивості (Properties)**.

Відкриється діалогове вікно **Методи оцінки трафіку ребер (Edge Traffic Evaluators)**.

Зверніть увагу, що в списку наведено порядок оцінки. Оскільки ви налаштували поточний трафік, аналізатор буде передусім намагатися витягнути вартості шляху з даних поточного трафіку за допомогою відповідних файлів DTF із папки TrafficFiles. Оскільки папка зараз порожня, аналізатор буде використовуватиме історичні дані. Також, якщо для певної вулиці або певного моменту часу недоступний поточний трафік, набір мережних даних використовуватиме найбільш слушні дані – історичні. Якщо дані історії трафіку також недоступні, вартості шляху будуть отримані з атрибутів вартості, зазначених в атрибуті **Weekdays** або **Weekends**, залежно від запитуваного дня тижня.

Однак, у випадку з нашим набором даних, аналізатори обох атрибутів **WeekdayFallbackTravelTime** і **WeekendFallbackTravelTime** витягують свої значення з атрибуту вартості **Minutes**, що означає, що ці резервні атрибути в реальності не діляться на робочі дні та вихідні дні. Щоб явно показати рівність цих значень, потрібно провести налаштування атрибутів **Weekdays** і **Weekends** для читання безпосередньо з **Minutes**, потім видалимо атрибути **WeekdayFallbackTravelTime** і **WeekendFallbackTravelTime** з набору мережних даних.

32. Зі спадаючого списку **Дні тижня (Weekdays)** виберіть **Хвилини (Minutes)**.

33. Зі спадаючого списку **Вихідні (Weekends)** виберіть **Хвилини (Minutes)**.

34. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно **Методи оцінки трафіку ребер (Edge Traffic Evaluators)** закриється.

35. Виберіть **WeekdayFallbackTravelTime** зі спадаючого списку **Атрибути** й вивчіть властивості на закладці **Значення джерела**.

Повторіть те саме для **WeekendFallbackTravelTime**.

Зверніть увагу, що обидва набори аналізаторів для джерела **Streets** виробляють читання з того самого поля **Minutes**. Саме тому ми видаляємо ці два мережні атрибути й використовуємо замість них для оцінки трафіку ребер мережний атрибут **Minutes**.

36. Закрийте діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)** кнопкою **ОК**.

37. У майстрі **Новий набір мережних даних (New Network Dataset)** клацніть на атрибуті **WeekdayFallbackTravelTime** і натисніть **Видалити (Remove)**.

38. Клацніть на атрибуті **WeekendFallbackTravelTime** і натисніть **Видалити (Remove)**.

Атрибут часового поясу

Модуль **Network Analyst** використовує атрибут часового поясу для правильної конвертації значень дати й часу поточного трафіку в значення місцевого часового поясу. У цьому завданні атрибут часового поясу вже був створений автоматично – це відбувається за дотриманням таких умов:

- база геоданих, в якій ви створюєте набір мережних даних, містить таблицю часових поясів, яка становить просту таблицю з текстовим полем **MSTimeZone**;

- у класі об'єктів джерел ребер мається цілочисельне поле **TimeZoneID**, або в таблиці часових поясів присутній рівно один запис.

Модуль Network Analyst автоматично створює поля оцінок, якщо помічає в класі джерел ребер поле TimeZoneID, оскільки це поле повинно містити цілочисельні значення, що зв'язують об'єкти джерел ребер з ідентифікаторами ObjectID часових поясів, перерахованих у таблиці часових поясів.

Якщо Network Analyst не бачить поля TimeZoneID, але бачить, що в таблиці часових поясів є тільки один запис, то створюється аналізатор за замовчуванням, який вказує на цей запис часового поясу. Це корисно, якщо вся досліджувана область є частиною одного часового поясу.

Набір мережних даних по Сан – Дієго повністю знаходиться в одному часовому поясі. На цьому етапі ми перевіримо, як програмний модуль Network Analyst налаштував мережевий атрибут часового поясу для цього набору даних.

Кроки:

1. Клацніть правою кнопкою на атрибуті **TimeZoneID** і виберіть пункт контекстного меню **Пов'язана таблиця часових поясів (Related Time Zone Table)**.

Відкриється ще одне контекстне меню, в якому відзначений пункт **TimeZones**. TimeZones – це назва таблиці з текстовим полем MSTimeZone. Network Analyst розпізнав це поле і внаслідок цього автоматично пов'язав мережний атрибут часового поясу з цією таблицею.

2. Закрийте обидва контекстних меню, натиснувши двічі клавішу ESC.

3. Відзначте **TimeZoneID** і клацніть на **Оцінки (Evaluators)**.

Відкриється діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)**. На закладці **Значення джерела (Source Values)** не задано жодних оцінок, оскільки клас об'єктів Streets не містить поля TimeZoneID.

4. Клацніть на закладці **Значення за замовчуванням (Default Values)**.

Кожен тип вихідних об'єктів наведено в окремому рядку списку. Рядок Ребро (Edge) вказує, що всім ребрам присвоєна постійна оцінка 1, що збігається зі значенням Object ID єдиною запису в таблиці TimeZones. Значення поля MSTimeZone для цього запису – Тихоокеанський час, отже, аналізатор вважає, що всі ребра в наборі мережних даних стосуються тихоокеанського часового поясу.

5. Закрийте діалогове вікно **Оцінки (Evaluators)** кнопкою **Відміна (Cancel)**.

Побудова набору мережних даних

Кроки:

1. Клацніть на **Далі (Next)**.

2. Для налаштування колійного аркуша клацніть на **Так (Yes)**.

3. Натисніть на **Далі (Next)**.

Буде відображена для перегляду підсумкова інформація про усі налаштування.

4. Клацніть на **Готово (Finish)**.

З'явиться індикатор процесу, що дозволяє стежити за процесом створення набору мережних даних у модулі Network Analyst.

Після створення мережі система видасть запит на її побудову. У процесі побудови визначаються зв'язані елементи мережі й заповнюються атрибути набору мережних даних. Побудова мережі необхідна перед виконанням будь-яких операцій мережного аналізу.

5. Клацніть на **Так (Yes)**.

З'явиться індикатор процесу побудови набору мережних даних (Build Network Dataset); із закінченням процесу побудови він зникне.

До бази геоданих SanDiego додається новий набір мережних даних, SanDiego_ND. Також додається клас об'єктів системних з'єднань SanDiego_ND_Junctions.

Канал активного трафіку

Ви тільки що створили та побудували набір мережних даних. Тепер ви можете зібрати механізм автоматичного завантаження поточних даних про рух у папку TrafficFiles. Набір мережних даних, який ви створили, налаштований на отримання даних про поточну швидкість пересування з папки TrafficFiles. У наступних підрозділах ви скористаетесь моделлю геообработки, яка створює файли DTF у папці TrafficFiles, створите скрипт Python для запуску моделі, потім створите задачу Планувальника Windows для запуску скрипта через задані інтервали часу. Це дозволить забезпечити доступність найновіших даних про поточний трафік для набору мережних даних.

Обліковий запис постачальника даних

Для завантаження даних від провайдера необхідні ім'я користувача та пароль для доступу до каналу передачі даних. Для виконання цієї вправи та отримання повнофункціонального набору мережних даних необхідно зв'язатися з одним із підтримуваних постачальників даних та налаштувати обліковий запис. На сьогодні Network Analyst підтримує трьох постачальників даних: Inrix, NAVTEQ і TomTom.

Не всі провайдери мають однакове покриття, у багатьох областях дані про трафік відсутні повністю. Під час вибору провайдера для набору мережних даних, переконайтеся, що у нього є дані для досліджуваної області. Усі три провайдери, підтримувані інструментом геообработки Оновити дані трафіку, постачають дані по Сан-Дієго, тому ви можете вибрати будь-якого з них.

Підказка

Щоб дізнатися, якими провайдерами підтримуються які регіони, а також про сумісність інструмента геообробки Оновити дані трафіку, відкрийте діалогове вікно інструменту Оновити дані трафіку і вводите різні значення параметра **Провайдер**, потім переглядайте список регіонів параметра **Регіони**.

Провайдери та регіони, доступні для інструменту Оновити дані трафіку, можуть змінюватися залежно від версій ArcGIS і пакетів оновлень до них. Отже, важливо використовувати останню версію програми і, якщо є, останню версію пакета оновлень для правильної роботи та підтримки найбільшого числа регіонів.

Інструмент – модель

Припустимо, ви отримали необхідні облікові дані для доступу до каналу трафіку, наступний крок – відкрити інструмент – модель геообробки, який запускає Оновити дані трафіку, і ввести таку інформацію:

- ім'я постачальника даних;
- ім'я користувача та пароль;
- регіон провайдера, що містить дані про трафік по Сан-Дієго.

Докладніше

Запускати інструмент Оновити дані трафіку в моделі не потрібно; замість цього ви можете змінити скрипт Python, описаний у наступному розділі, щоб безпосередньо запустити інструмент Оновити дані трафіку. Однак необхідно ввести в скрипт ім'я користувача та пароль. Під час використання моделі та інструмента Оновити дані трафіку для введення цієї інформації, ім'я користувача та пароль будуть зашифровані.

Налаштування задач у Планувальнику завдань Windows

Цей пункт повинен виконуватися у реальному житті.

У цій практичній роботі цим кроком можна знехтувати.

Далі варто перейти до наступного пункту.

Кроки:

1. У дереві Каталогу розгорніть вузол ... \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial > Exercise10 > TrafficTools.tbx.
 2. Клацніть правою кнопкою миші на інструменті геообробки **Завантажити дані про дорожній рух** та виберіть **Редагувати**. Інструмент **Завантажити дані про дорожній рух** відкриється в ModelBuilder.
 3. Двічі клацніть на **Оновити дані трафіку**.
- З'явиться діалогове вікно інструмента **Оновити дані трафіку**.

4. Клацніть на кнопці Показати довідку, щоб побачити відомості про параметри на бічній панелі.

5. Заповніть діалогове вікно інструмента. Використовуйте кроки, зазначені нижче, і довідку на бічній панелі.

a. У полі **Провайдер** виберіть провайдера, у якого ви оформили підписку.

b. У полі **Ім'я користувача** введіть ім'я, налаштоване у провайдера.

c. У полі **Пароль** введіть пароль, налаштований у провайдера.

d. У полі **Регіони** виберіть регіон, до якого належить Сан-Дієго, Каліфорнія.

e. У полі **Вихідна папка даних трафіку** введіть шлях до папки TrafficFiles, яку ви створили в першій частині цієї вправи. Це папка C: \ Data \ TrafficFiles.

f. У полі **Передбачуваний інтервал оновлення в хвилинах** вкажіть період часу, через який буде завантажуватися новий файл трафіку.

Інакше кажучи, як часто ви бажаєте отримувати оновлену інформацію про швидкість? Зазвичай використовуються інтервали в 5, 10 або 15 хвилин. Варто переконатися, що заданий інтервал не менше ніж інтервал оновлення даних у провайдера; інакше ви отримуватимете ті самі дані декілька разів.

Підказка

Запам'ятайте значення Передбачуваний інтервал оновлення в хвилинах; воно буде в нагоді під час створення завдання в Планувальнику завдань Windows.

g. У полі **Максимальний вік файлу у хвилинах** вкажіть період часу, через який файли трафіку будуть автоматично видалятися. За замовчуванням використовується значення 12:00 (720 хвилин).

Вам можуть знадобитися записи стосовно швидкостей в заданий час. Ви можете зберігати файли так довго, як необхідно, однак вони займають дисковий простір, обсяг якого постійно зростає, особливо швидко для великих регіонів.

h. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно інструмента закривається, а модель оновлюється. Вхідні дані, інструмент і вихідний параметр тепер мають кольорову заливку.

Клацніть на кнопці , **Зберегти (Save)** і закрийте вікно ModelBuilder **Завантажити дані про дорожній рух**.

Скрипт Python

У цій частині розділу ви виконаєте скрипт Python, який спричиняє модель геообробки, налаштовану в попередньому розділі. Скрипт називається DownloadTraffic.py.

Запуск скрипта Python або моделі геообработки призводить до однакового результату: запускається інструмент Оновити дані трафіку й файли DTF створюються в папці TrafficFiles. Скрипт Python необхідний тому, що в наступній частині цієї вправи ви використовуватимете Планувальник завдань Windows для завантаження даних трафіку через певні проміжки часу. Планувальник завдань Windows не може безпосередньо виконувати моделі геообработки, оскільки інструменти – моделі необхідно запускати в середовищі ArcGIS Desktop; однак Планувальник завдань може виконувати файли .py (Python), оскільки вони можуть працювати безпосередньо в ОС.

Необхідно запускати скрипт з командного рядка, щоб отримати повідомлення про всі помилки.

Кроки:

1. Натисніть **Пуск > Усі програми > Стандартні > Командний рядок**.
2. Виконайте дії, що подані нижче, щоб відкрити папку, яка містить файл DownloadTraffic.py, у вікні **Командного рядка**. За замовчуванням шлях до файлу виглядає так **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Exercise10**.



Підказка:

Якщо ви не використовуєте Windows XP, то можете пропустити наступні Кроки й перейти до цієї папки за допомогою Провідника Windows, потім, утримуючи SHIFT, клацніть на папці правою кнопкою миші й виберіть Відкрити вікно команд.

- a. Введіть букву диска, на якому розташований DownloadTraffic.py, двокрапку, потім натисніть ENTER.

Наприклад, якщо файл знаходиться на диску C, введіть C :

- b. Введіть cd, пропуск, потім шлях до папки, де знаходиться файл DownloadTraffic.py, і натисніть ENTER.

Приклад: cd C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Exercise10.

3. Виконайте скрипт, ввівши ім'я файлу DownloadTraffic.py і натиснувши ENTER.



Примітка

Якщо замість виконання скрипта відкриється інтерпретатор Python, необхідно вказати шлях до файлу python.exe, потім, через пропуск, ім'я

скрипта. Якщо Python встановлений у теку C: \ Python27 \ ArcGIS10.1, введіть C: \ Python27 \ ArcGIS10.1 \ python.exe DownloadTraffic.py. Цей формат дозволяє спочатку вибрати програму для запуску файлу, потім задати ім'я файлу.

Задача Планувальника завдань Windows

Тепер ви налаштуєте задачу в Планувальнику завдань Windows для запуску скрипта Python і завантаження найсвіжіших даних про трафік кожні п'ять хвилин.

Кроки:

1. Відкрийте Планувальник завдань Windows, клацнувши на **Пуск**, ввівши Планувальник завдань у поле пошуку Windows і натиснувши ENTER.
2. Клацніть на **Бібліотека планувальника завдань**.
3. На панелі **Дії** клацніть на **Створити просту задачу**.
Відкриється **Майстер створення простої задачі**.
4. Введіть ім'я та, додатково, опис завдання, наприклад, «DownloadTraffic» у полі імені й «Завантаження даних трафіку з регулярними інтервалами для підтримки набору мережних даних ArcGIS» у поле опису.
5. Клацніть на **Далі (Next)**.
Відкриється сторінка **Тригер завдання**.
6. У розділі **Коли запускати завдання?** Клацніть на **Одноразово**.
Незважаючи на те,що нам потрібно запускати задачу кожні п'ять хвилин, цієї опції тут немає. Вибравши Одноразово, ви зможете пізніше змінити властивості завдання так, щоб завдання виконувалося кожні декілька хвилин, а не по днях тижня.
7. Клацніть на **Далі (Next)**.
Відкриється сторінка **Один раз**.
8. Введіть дату і час початку завантаження даних про трафік. У більшості випадків можна використовувати поточний час.
9. Клацніть на **Далі (Next)**.
Відкриється сторінка **Дія**.
10. У розділі **Виберіть дію для завдання**, клацніть на **Запустити програму**.
11. Клацніть на **Далі (Next)**.
Відкриється сторінка **Запуск програми**.
12. Клацніть на **Огляд поряд із полем Програма або сценарій** і виберіть виконуваний файл інтерпретатора Python (python.exe). Цей самий файл

ви використовували раніше, коли запускали скрипт за допомогою командного рядка, зазвичай він знаходиться в папці C: \ Python27 \ ArcGIS10.1 \ python.exe.

13. У полі **Додати аргументи** введіть повний шлях до папки з файлом DownloadTraffic.py і візьміть його у лапки (").

Приклад: «C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Exercise10 \ DownloadTraffic.py»

14. Клацніть на **Далі (Next)**.

Відкриється сторінка **Зведення**.

15. Клацніть на **Відкрити вікно «Властивості»** після натискання кнопки **Готово**.

16. Клацніть на **Готово (Finish)**.

Відкриється вікно з властивостями завдання.

17. Клацніть на закладці **Тригери**.

18. Клацніть на тригері **Один раз** і виберіть **Редагувати**.

Відкриється діалогове вікно **Зміна тригера**.

19. У розділі **Додаткові параметри** клацніть на **Повторювати задачу кожні**, потім виберіть у спадаючому списку те саме значення, яке ви задали в інструменті – моделі DownloadTrafficData для параметра **Передбачуваний інтервал оновлення в хвилинах**. Зазвичай використовуються значення 5 хвилин, рідше – 10 або 15 хвилин.

20. Виберіть **Нескінченно** в полі **протягом** : Додатково виберіть інше значення тривалості, щоб зупинити завдання через вказаний проміжок часу.

21. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно **Зміна тригера** закриється.

22. Параметри, які ви налаштували, працюють у більшості випадків, однак варто вивчити інші властивості в цьому діалоговому вікні й переконатися, що вони не завадять програмі працювати. Наприклад, якщо ви працюєте на ноутбучі, який не вмикнений в електричну мережу, потрібно клацнути на закладці **Умови** й відключити параметр **Запускати тільки при живленні від електромережі**.

23. Натисніть **ОК**.

Діалогове вікно властивостей завдання буде закрито.

24. Щоб переконатися, що канал трафіку налаштований правильно, зачекайте деякий час (декілька інтервалів), потім перевірте, чи з'явилися в папці, заданої параметром **Вихідна папка даних трафіку** інструмента DownloadTrafficData, нові файли трафіку. Якщо ви використовували запропоноване раніше розташування, ви знайдете файли трафіку з розширенням .dtf у папці C: \ Data \ TrafficFiles \ v1.

25. Закрийте **Планувальник завдань**.

Під час роботи скрипту DownloadTraffic відкривається вікно чорного кольору і залишається відкритим весь час його роботи. Коли скрипт завершиться, нові файли трафіку будуть створені в заданій вихідній папці даних про трафік. Файли трафіку будуть знаходитися в цій папці весь час, поки скрипт не визначить, що час їхнього зберігання перевищує значення, задане параметром Максимальний вік файлу у хвиликах інструмента Оновити дані трафіку. Якщо вік файлу перевищує заданий, він буде вилучений.

Відключення і повторне включення завдання Download Traffic у Планувальнику завдань

Ви можете скасувати запуск завдання і скрипту на той час, коли ви не працюєте над вправою. Кроки в цьому розділі наведені для довідки, їх не варто виконувати, якщо ви збираєтеся продовжити цю вправу або вправу з розділу 12.

Кроки:

1. Відкрийте Планувальник завдань Windows, клацнувши на **Пуск**, ввівши Планувальник завдань у поле пошуку Windows і натиснувши ENTER.

2. Клацніть на **Бібліотека планувальника завдань**.

Знайдіть DownloadTraffic у списку завдань. Клацніть її правою кнопкою миші й виберіть Відключити.

Коли ви знову почнете працювати з набором мережних даних, які отримують дані про трафік, ви можете включити завдання, щоб знову отримувати дані. Щоб знову включити завдання, клацніть його правою кнопкою і виберіть **Увімкнути**.

Після створення та побудови набору мережних даних, ви налаштували модель геообработки для завантаження даних про поточний трафік та приховали ім'я користувача та пароль. Ви запустили модель через скрипт Python, щоб переконатися, що вона може працювати безпосередньо в ОС і, отже, через Планувальник завдань Windows. Нарешті, ви створили завдання в Планувальнику завдань для періодичного запуску скрипта. Унаслідок ви отримали джерело даних про поточний трафіку (файли DTF), до якого може звертатися набір мережних даних.

Візуалізація дорожнього руху (трафіку)

Тепер набір даних щодо Сан-Дієго готовий для відображення даних про поточний трафіку на карті.

Кроки:

1. Натисніть кнопку ArcMap Запуск 

2. Якщо відкриється діалогове вікно **ArcMap Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, натисніть **Відміна (Cancel)**.

3. Клацніть на кнопці **Додати дані (Add Data)** 

4. Перейдіть до набору мережних даних SanDiego_ND, який був створений і побудований на попередньому етапі.

5. Виберіть клацанням набір даних SanDiego_ND та клацніть на **Додати (Add)**.

Відкриється діалогове вікно Додавання мережного шару (Adding Network Layer).

6. Додайте тільки сам набір мережних даних, клацнувши Ні (No).

Шар набору мережних даних буде додано до таблиці змісту та до карт. На карті відобразяться поточні швидкості шляху. Зеленим кольором позначено рух у вільному режимі. Жовтим, помаранчевим і червоним кольорами позначаються всі нижчі швидкості руху за відношенням до швидкості руху по певній вулиці у вільному режимі. Через те, що трафік відображається певним кольором щодо швидкості у вільному режимі, а не залежно від абсолютних швидкостей, виникає така ситуація: вулиці в житлових кварталах із поточною швидкістю 40 км/год (що дорівнює швидкості такими вулицями у вільному режимі) відображаються зеленою лінією, тоді як автострада з поточною швидкістю 40 км/год відобразиться червоним кольором, через те, що швидкість по ній у вільному режимі набагато вища – близько 100 км/ч.

За замовчуванням ArcMap відображає стан на дорогах на поточну дату і час. Для ребер із поточним трафіком, це означає, що видні стани на дорогах, актуальні на сьогодні. Ребра з даними з історії трафіку, а не з поточними даними, відображають стани на дорогах, характерні для певного часу доби й певного дня тижня, (якщо в місті Сан-Дієго пізній вечір або ранній ранок, усі дороги на мапі можуть мати зелений колір).

Докладніше

Модуль Network Analyst припускає, що в операційній системі коректно встановлені налаштування часу та часового поясу. Якщо часовий пояс операційної системи не збігається з часовим поясом набору мережних даних – що буде в цьому розі означати, що ви не перебуваєте в тихоокеанському часовому поясі (UTC – 8) – буде проведена необхідна конвертація часового поясу. Мережний атрибут TimeZoneID дозволяє здійснювати безшовну конвертацію. Отже, ви побачите актуальний стан на дорогах у місті Сан-Дієго або в будь-який іншій частині світу, на яку є набір мережних даних.

Ви можете відфільтрувати дані з історії трафіку, щоб бачити тільки ті ребра, які пов'язані з поточним трафіком, змінивши для цього властивості шару у такий спосіб:

7. Клацніть правою кнопкою миші на шарі **SanDiego_ND** у таблиці змісту і виберіть **Властивості (Properties)**.

8. Виберіть закладку **Символи (Symbology)**.

9. Поставте відмітку **Показувати тільки поточний трафік (Show live traffic only)** і натисніть кнопку **ОК**.

Трафік, що відображається на основі історії, буде прибраний з карти, на ній залишаться тільки ребра з поточним трафіком.

10. Повторіть попередні дії, щоб знову бачити як поточний трафік, так і історію трафіку.

Можна відобразити швидкості руху на іншу дату і час, для цього застосуйте бігунок часу, як зазначено нижче.

11. На панелі інструментів **Інструменти (Tools)** натисніть кнопку **Бігунок часу (Time Slider)**. 

Відкриється діалогове вікно **Бігунок часу (Time Slider)**.

12. Бігунок повинен бути активований. Підведіть курсор до кнопки **Вмик. / Вмик. час на карті**  і клацніть на ній, якщо відображається **Вмикнути час на карті**.

13. Клацніть на бігунок часу і перетягніть його на потрібний вам час і дату; або ви можете ввести цю інформацію в текстове поле бігунка часу і натиснути ENTER.

Якщо потрібний час і дата знаходяться поза поточного тимчасового екстента, необхідно змінити тимчасовий екстент, виконуючи такі кроки:

a. Натисніть **Параметри (Options)**.  у вікні **Повзунок часу (Time Slider)**.

b. Перейдіть на закладку **Тимчасової екстент (Time Extent)**.

c. У спадаючому списку **Обмежити повний тимчасової екстент до (Restrict full time extent to)** виберіть **<Не визначено> (<Undefined>)**.

d. Змініть значення **Початкового часу (Start time)** або **Кінцевого часу (End time)** так, щоб потрібний час і дата знаходилися в межах цих кордонів.

e. Натисніть **ОК**.

f. Пересуньте бігунок часу на потрібний час і дату.

Характер руху зазвичай змінюється зі зміною місцевого часу. Якщо дані трафіку належать до часового поясу, відмінному від часу операційної системи, варто налаштувати для бігунка часу прив'язку часового поясу, щодо видимої області карти. Отже, під час пересування бігунка часу вам не потрібно буде кожен раз конвертувати час в розумі.

Зміна налаштувань часового поясу для бігунка часу проводиться у такий спосіб:

a. Натисніть **Параметри (Options)**.  у вікні **Повзунок часу (Time Slider)**.

b. Клацніть на закладці **Відображення часу (Time Display)**.

c. Виберіть часовий пояс переглядаємої території зі спадаючого списку **Часовий пояс (Time zone)**.

d. Клацніть на **Застосовувати перехід на літній час (Adjust for daylight saving changes)**, якщо на певній території відбувається перехід на літній час.

e. Натисніть **ОК**.

Тепер, коли ви побачили поточний стан дорожнього руху на карті, ви можете виконати аналіз мережі з його урахуванням; наприклад, ви можете визначити найшвидкісний маршрут до станції техобслуговування в певний час. Як це зробити, описано у розділі 11.

Питання для самоконтролю

1. Що таке файли динамічного руху?
2. Що зв'язує Таблиця вулиць і TMC (Streets – TMC table)?
3. На якій основі створено трибут TravelTime?
4. Як дізнатися, якими провайдерами підтримуються які регіони?
5. В якому випадку буде проведена необхідна конвертація часового поясу?

11 ВИКОНАННЯ МЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ПРО РУХ

Використовуючи дані дорожнього руху (трафіку), можна зробити розрахунок будь-якого шару мережного аналізу. У цьому розділі подано аналіз області обслуговування для різного часу дня. Для цього потрібно використовувати збережені в історії дані про рух і додатково дані про поточний рух. Полігони області обслуговування змінюються залежно від інтенсивності вуличного руху.

Для виконання частини цього розділу, в якій визначається зона обслуговування з урахуванням даних про дорожній рух, необхідний набір мережних даних по Сан-Дієго, налаштований на отримання даних про дорожній рух. Варто користуватися розділом 10, де наводяться інструкції зі створення набору мережних даних із даними про поточний дорожній рух.

Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь-яке місце. Однак зручніше витягнути їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Додавання елементів управління Network Analyst в ArcMap

Кроки:

1. Якщо файл Exercise11.mxd відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск > Усі програми > ArcGIS > ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap - Початок роботи (ArcMap - Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps) > Знайти ... (Browse for more)**.
З'явиться діалогове вікно **Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document)**.
4. Перейдіть до папки C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial.
Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.
5. Двічі клацніть на файлі **Exercise11.mxd**.
Документ карти відкриється в ArcMap.

6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Налаштування(Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.

Відкриється діалогове вікно Додаткові модулі (Extensions).

b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.

c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів Network Analyst ще не відображається, необхідно її додати.

7. Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> **Network Analyst**.

Панель інструментів **Network Analyst** буде додана в ArcMap.



Якщо вікно Network Analyst ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)** Вікно Network Analyst.

Налаштування шару області обслуговування о 9 годині ранку

Кроки:

1. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** відзначте **Область обслуговування (Service Area)**.

Буде відображений заздалегідь створений шар аналізу області обслуговування. Він створений спеціально для вас, тому вам не доведеться налаштовувати умовні позначення нового шару аналізу.

2. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties).

3. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

4. Переконайтеся, що **Імпеданс (Impedance)** заданий як **Час у дорозі у хвилинах (TravelTime (Minutes))**.

Вартісний атрибут Час у дорозі (TravelTime) використовує аналізатори руху ребра, засновані на поточних і збережених в історії даних про рух. Вибір цього вартісного атрибута із зазначенням часу дня і дня тижня (дати) дозволяє виконати мережевий аналіз на основі руху транспорту.

5. Введіть число 10 у текстовому вікні **Граничні значення за замовчуванням (Default Breaks)**.

6. Поставте відмітку **Використовувати час (Use Time)**.

7. Введіть 9 ранку в текстовому вікні **Час дня (Time of Day)**.

8. У спадаючому списку **День тижня (Day of Week)** виберіть **Понеділок (Monday)**.

9. У розділі **Напрямок (Direction)** виберіть **Від пункту обслуговування (Away From Facility)**.

Час і день, зазначені у властивості **Використовувати час (Use Time)**, можуть позначати або початковий момент руху від пункту обслуговування, або час прибуття в пункт обслуговування. У цьому прикладі час і день позначають початковий момент, оскільки вибрано **Від пункту обслуговування (Away From Facility)**. Якщо вибрати замість цього **До пункту обслуговування (Towards Facility)**, це значення буде вказувати час прибуття на пункт обслуговування.

10. Виберіть **Не дозволяється (Not Allowed)** у списку, **U – образні розвороти на розв'язках (U – Turns at Junctions)**.

11. Зніміть позначку **Використовувати ієрархію (Use Hierarchy)**.

12. Залиште вмикненим **Ігнорувати некоректні місцеположення (Ignore Invalid Locations)**.

13. Натисніть **ОК**.

Обчислення шару області обслуговування 9 годині ранку

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

З'являється вікно **Повідомлень Network Analyst (Network Analyst Messages)**, в якому йдеться, що у деяких обмеженнях параметр Використання обмеження (Restriction Usage) встановлений на Уникати (Avoid), тому вони розглядаються як такі, що забороняють обмеження. Механізм розрахування області обслуговування не надає переваги й не уникає ребер залежно від обмежень; він просто розглядає всі обмеження з параметром **Уникати як забороняють** і ігнорує обмеження переваги. Якщо ви не хочете, щоб це попередження з'являлося і надалі, зніміть позначки з усіх обмежень уникнення або переваги на закладці **Параметри атрибута (Attribute Parameters)** у

діалоговому вікні **Властивості шару (Layer Properties)** або позначте **Не показувати це повідомлення надалі** внизу діалогового вікна **Повідомлень Network Analyst (Network Analyst Messages)**.

3. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Повідомлення Network Analyst (Network Analyst Messages) закриються.

Полігони області обслуговування з'являться на карті й у вікні **Network Analyst**. Якщо вони не з'являються, натисніть на кнопку **Оновити (Refresh)**  на горизонтальній смужці прокрутки карти.

Під час створення цієї області обслуговування використовувалися дані, збережені в історії.

Налаштування шару області обслуговування о 10 годині вечора

Тепер вам пропонується налаштувати і розрахувати шар області обслуговування на основі дорожнього руху о 10 годині вечора в понеділок.

Кроки:

1. Перейменуйте шар області обслуговування в **Область обслуговування 9 ранку (Service Area 9 AM)**, виконуючи такі кроки:

a. Клацніть на **Область обслуговування (Service Area)** у вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)**.

b. Натисніть F2.

c. Введіть **Область обслуговування 9 ранку (Service Area 9 AM)** і натисніть **ВВЕДЕННЯ (ENTER)**.

2. Створіть копію шару області обслуговування і перейменуйте її в **Область обслуговування 10 вечора (Service Area 10 PM)**.

a. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на **Область обслуговування 9 ранку (Service Area 9 AM)** і виберіть **Копіювати (Copy)**.

b. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на **Шари (Layers)** і виберіть **Вставити шари (Paste Layer (s))**.

c. Натисніть F2.

d. Введіть **Область обслуговування 10 вечора (Service Area 10 PM)** і натисніть **ВВЕДЕННЯ (ENTER)**.

3. З випадаючого списку у вікні **Network Analyst** виберіть **Область обслуговування 10 вечора (Service Area 10 PM)**.

4. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

5. Перейдіть на закладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

6. Введіть 10 вечора в текстовому вікні **Час дня (Time of Day)**.

7. Натисніть **ОК**.

Обчислення шару області обслуговування о 10 годині вечора

Кроки:

1. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Може відкритися вікно **Повідомлень Network Analyst (Network Analyst Messages)**, якщо не була встановлена відмітка **Більше не показувати цей діалог (Do not show this dialog again)**. Якщо воно з'явилося, натисніть **Закрити (Close)**.

Оновлений полігон області обслуговування з'явиться на карті й у вікні **Network Analyst**. Якщо він не з'являється, натисніть кнопку **Оновити (Refresh)** на горизонтальній смужці прокручування карти.

Порівняння областей обслуговування 9:00 ранку і 10:00 вечора

Незважаючи на те, що колірні схеми для обох шарів однакові, налаштування прозорості виділяють розходження в областях обслуговування. Зауважте, що область обслуговування для 10 години вечора покриває більшу територію, ніж відповідна область для 9 години ранку, коли рух на дорогах повільніше. Очевидно, що час дня і дата можуть бути важливими факторами для результатів аналізу. Можливо, вам захочеться розібратися в тому, як змінюється область обслуговування об'єкта протягом обраного проміжку часу. Для цього проведіть декілька розрахунків того самого аналізу з різними початковими часами.

Іноді буває особливо важливо виконати аналіз з урахуванням поточного стану на дорогах. Наприклад, якщо об'єктами аналізу області обслуговування є патрулюють поліцейські автомашини, ви, можливо, захочете дізнатися, в які області вони будуть добиратися більше 10 хвилин (враховуючи поточний стан на дорогах), для того щоб ефективніше перерозподілити машини.

Налаштування аналізу для розрахунків з використанням поточного руху (додатково)

Під час розрахування аналізу на основі мережного атрибуту, що містить дані про дорожній рух, програма **Network Analyst** передусім запрошує ребра мережі на наявність даних про поточну вартість руху. Якщо дані поточного трафіку недоступні, вона звертається до історії трафіку. В останню чергу, якщо

й історія трафіку недоступна, Network Analyst витягує дані про вартість зі статичних атрибутів вартості, які можуть бути зазначені для робочих днів і для вихідних днів. Цей процес відбувається за принципом «ребро – к – ребро», тому вихідні дані генеруються на підставі найточніших із доступних джерел даних.

Оскільки набір мережних даних підтримує поточний трафік і має доступ до файлів DTF, виконання аналізу з використанням поточного трафіку зводиться до налаштування параметрів часу шару мережного аналізу відповідно до поточного часу і дати, а атрибуту імпедансу – згідно з атрибутом вартості з урахуванням трафіку. Ці властивості знаходяться у вікні **Властивості шару** на закладці **Налаштування аналізу**.

Примітка

Для виконання решти цієї вправи необхідно виконати завдання з розділу 10, де показано, як створити набір мережних даних по Сан-Дієго і налаштувати його на отримання даних про поточний трафік.

Нижче показано, як проводити розрахування шару мережного аналізу на підставі даних поточного трафіку.

Кроки:

1. Створіть копію одного з шарів області обслуговування і перейменуйте її в Поточна область обслуговування (Live Service Area), виконуючи такі дії:

a. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на **Область обслуговування 10:00 вечора (Service Area 10 AM)** і виберіть **Копіювати (Copy)**.

b. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** клацніть правою кнопкою миші на **Шари (Layers)** і виберіть **Вставити шари (Paste Layer (s))**.

c. Натисніть **F2**.

d. Введіть **Поточна область обслуговування (Live Service Area)** і натисніть **ВВЕДЕННЯ (ENTER)**.

2. У вікні **Таблиця змісту (Table Of Contents)** зніміть позначки **Область обслуговування 9:00 ранку (Service Area 9 AM)** й **Область обслуговування 10:00 вечора (Service Area 10 PM)**.

3. Шар області обслуговування був створений у наборі мережних даних, що не налаштовані на отримання даних про поточний дорожній рух. Щоб зв'язати шар області обслуговування з набором мережних даних із поточним трафіком, створеному у вправах 10, виконайте такі кроки:

a. У вікні **Таблиця змісту** клацніть правою кнопкою миші на **Поточна область обслуговування** і виберіть **Властивості**.

d. У вікні **Властивості шару** клацніть закладки **Джерело**, потім клацніть на **Установити набір мережевих даних**.

e. У вікні **Набір мережевих даних** знайдіть набір мережних даних, який ви створили у вправах 10, і двічі клацніть на ньому. Якщо ви встановили навчальні дані в папку за замовчуванням, набір мережних даних знаходиться в **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ Network Analyst \ Tutorial \ Exercise10 \ SanDiego.gdb \ Transportation \ SanDiego_ND**.

f. Натисніть на кнопку **ОК**, щоб закрити діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

g. Щоб переконатися, що поля мережевого розміщення пунктів обслуговування вказані правильно, клацніть на **Пункти обслуговування** правою кнопкою миші у вікні **Network Analyst** і виберіть **Перерахував вибрані поля > Усі**.

Цей шар області обслуговування тепер пов'язаний зі зазначеним набором мережних даних, який містить дані поточного трафіку, якщо ви завершили Вправа 10.

4. Якщо ви знаходитесь не в тихоокеанському часовому поясі США і Канади, необхідно дізнатися різницю між вашим часом і тихоокеанським. Якщо ви не знаєте різницю в часі, дотримуйтесь наведеної нижче інструкції, щоб дізнатися її.

Примітка

Майте на увазі, що вам зазвичай не доведеться визначати тимчасової зрушення, оскільки Network Analyst вибирає найкращі з доступних даних на підставі зазначених вами часу і дати. Тут ви знайдете різницю в часі, щоб переконатися, що під час аналізу використовується поточний рух.

a. Натисніть кнопку **Бігунок часу (Time Slider)** . Відкриється діалогове вікно **Бігунок часу (Time Slider)**.

b. Якщо елементи управління бігунка не доступні, натисніть кнопку **Активувати підтримку часу на карті (Enable Time On Map)** , щоб активувати їх.

c. Натисніть на кнопку **Опції (Options)**.

Відкриється діалогове вікно **Опції бігунка часу (Time Slider Options)**.

d. Клацніть на закладці **Відображення часу (Time Display)**.

e. Виберіть свій часовий пояс зі списку **Часовий пояс (Time zone)**.

f. Поставте **відмітку Застосовувати перехід на літній час (Adjust for daylight saving time)**, якщо використовується перехід на літній час.

g. Натисніть **ОК**.

h. Натисніть на кнопці **Режим реального часу (Live Mode)** , що переводить бігунок часу на поточну дату і час, в межах інтервалу кроків бігунка.

i. Зазначте дату і час в діалоговому вікні **Бігунок часу (Time Slider)**.

j. Натисніть на кнопку **Опції (Options)**.

k. У спадаючому списку **Часовий пояс виберіть (UTC – 08: 00) Pacific Time (US & Canada)** і відзначте опцію **Зрівняти для літнього часу**.

l. Натисніть **ОК**.

m. Натисніть кнопку **Режим реального часу (Live Mode)**, .

n. Ще раз зазначте дату і час в діалоговому вікні **Бігунок часу (Time Slider)**.

o. Обчисліть різницю між двома записаними значеннями.

p. Натисніть кнопку **Деактивувати підтримку часу на карті (Disable Time On Map)** і закрийте діалогове вікно **Бігунок часу (Time Slider)**.

Увага

Ви повинні розуміти, що рушій часу не має ніякого значення в тому, як вирішуються шари мережевого аналізу. Головне призначення бігунка часу в додатковому модулі Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst – вказати час і дату для візуалізації трафіку на карті.

5. З випадаючого списку у вікні **Network Analyst** виберіть **Поточна область обслуговування (Live Service Area)**.

6. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

7. Перейдіть на закладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

8. Використовуючи тихоокеанський час (США), введіть поточний час у полі **Час дня (Time of Day)**.

9. Виберіть **Сьогодні (Today)** зі списку **День тижня (Day of Week)**.

Коли ви вказуєте початковий (або кінцевий) час для шару мережного аналізу, цей час стосується до місцевого тимчасового поясу. Кожне ребро в наборі мережних даних пов'язано з часовим поясом через мережний атрибут часового поясу. Усі положення в мережі, наприклад, пункти обслуговування у процесі аналізу області обслуговування, автоматично визначають часовий пояс за відповідним мережному атрибуту ребер, на яких вони розташовані. Якщо у вас є два об'єкти в різних часових поясах, які відрізняються один від одного на 1:00, і ви вказуєте 8:00 як початковий час для аналізу, індивідуальні області обслуговування цих об'єктів перераховуються на 8:00 за місцевим часом. Це означає, що насправді ці значення початкового часу відрізняються на годину.

(Важливо не забувати, що деякі налаштування аналізу можуть не працювати у місцях розташування, що охоплюють кілька часових поясів. Ці обмеження описані в кожному розділі довідки для механізму розрахунку.

10. Натисніть **ОК**.

11. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)**  на панелі інструментів **Network Analyst**.

Оновлений полігон області обслуговування з'явиться на карті й у вікні **Network Analyst**. Результати базуються на даних поточного трафіку, що надаються через сервіс, на який ви підписані.

Ви можете аналогічним чином виконати тимчасово – залежний мережевий аналіз за допомогою будь-якого механізму розрахунку в **Network Analyst**.

Питання для самоконтролю

1. Замініть значення «Default Breaks» на 11.
2. Замініть значення «Time of Day» на 8.
3. Змініть час обслуговування на 11 вечора.
4. Наведіть приклади коли важливо виконати аналіз з урахуванням поточного стану на дорогах.
5. Замініть значення «Day of Week» на вівторок.

12 ВИКОНАННЯ МЕРЕЖЕВОГО АНАЛІЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ АТРИБУТІВ ОБМЕЖЕННЯ

У цьому розділі подано розрахунок простого маршруту за допомогою атрибутів обмеження з різними значеннями параметра Використання обмежень (Restriction Usage). Маршрут буде, якщо можна, пролягати по дорогах, виділених для руху вантажівок, і обходити (уникати) платні дороги.

Примітка

Дані для цього та інших завдань Network Analyst доступні на сайті ArcGIS.com. Після завантаження даних їх можна витягнути в будь – яке місце. Однак зручніше витягнути їх в папку C: \ arcgis \ ArcTutor, оскільки ця папка вказана у вправах як місце розташування навчальних даних за замовчуванням.

Додавання елементів управління Network Analyst до ArcMap

Кроки:

1. Якщо файл Exercise12.mxd вже відкритий в ArcMap, переходьте до кроку 6.
2. Щоб запустити ArcMap, виберіть **Пуск> Усі програми> ArcGIS> ArcMap 10.1**.
3. У діалоговому вікні **ArcMap – Початок роботи (ArcMap – Getting Started)**, клацніть на **Існуючі карти (Existing Maps)> Знайти ... (Browse for more)**.
З'явиться діалогове вікно Відкрити документ ArcMap (Open ArcMap Document).
4. Перейдіть до папки **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial**.
Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.
5. Двічі клацніть на файлі **Exercise12.mxd**.
Документ карти відкриється в ArcMap.
6. Активуйте додатковий модуль ArcGIS Network Analyst, виконуючи такі дії:
 - a. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Додаткові модулі (Extensions)**.
Відкриється діалогове вікно Додаткові модулі (Extensions).
 - b. Відзначте **ArcGIS Network Analyst**.
 - c. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Якщо панель інструментів **Network Analyst** ще не відображається, необхідно її додати.

7. Клацніть на **Налаштування (Customize)> Панелі інструментів (Toolbars)> Network Analyst**.

Панель інструментів Network Analyst буде додана в ArcMap.



Якщо вікно **Network Analyst** ще не відображається, необхідно його додати.

8. На панелі інструментів **Network Analyst** клацніть на кнопці **Вікно Network Analyst (Network Analyst window)** .

Вікно Network Analyst можна закріплювати й відкріплювати.

Перегляд параметра Використання обмежень (Restriction Usage) у властивостях набору мережних даних

На карті Exercise12 показана мережа доріг міста Сан-Дієго і його околиць. На південному сході карти відзначена фіолетовим кольором платна автострада. Дороги, виділені для проїзду вантажівок, позначаються білими ромбами уздовж білих лінійних об'єктів.

Набір мережних даних, відображений зараз на карті, має безліч атрибутів обмеження, які можуть використовуватися для прокладки маршруту відповідно з якими – небудь перевагами й вимогами. У цьому розділі подано способи налаштування атрибута обмеження та його параметри за замовчуванням – Використання обмеження (Restriction Usage).

Кроки:

1. Натисніть кнопку Каталог (Catalog)  на панелі інструментів **Стандартні (Standard)**.

Відкриється вікно Каталог (Catalog).

2. Перейдіть до папки **C: \ ArcGIS \ ArcTutor \ ArcGIS Network Analyst \ Tutorial**.

Це місце розташування за замовчуванням для установки навчальних матеріалів.

3. Двічі клацніть на **SanDiego.gdb> Транспорт (Transportation)> Streets_ND**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості набору мережних даних (Network Dataset Properties)**.

4. Клацніть на закладці **Атрибути (Attributes)**.

У списку наведені мережні атрибути, велика частина яких є атрибутами обмеження. Атрибут обмеження становить перевагу або вимогу під час прокладання маршруту; наприклад, атрибут **Уникати неасфальтована доріг (Avoid Unpaved Roads)** дозволяє уникати під час прокладання маршруту гравійних, ґрунтових та інших доріг без асфальтового покриття. **Обмеження за висотою (Height Restriction)** дозволяє прокладати маршрут в обхід усіх об'єктів із прольотами, меншими, ніж висота транспортного засобу. Якщо транспортний засіб перевозить корозійні речовини, застосування обмеження **Небезпечні речовини: заборона корозійних вантажів (HazMat: Corrosive Goods Restricted)** запобіжить перевезення таких матеріалів по тих дорогах, по яких це заборонено.

У процесі створення атрибуту обмеження до нього автоматично додається параметр із назвою Використання обмеження (Restriction Usage). На наступних кроках цей параметр буде уважно розглянуто.

5. Клацніть на **Додати (Add)**.

Відкриється діалогове вікно **Додавання нового атрибута (Add New Attribute)**.

6. Виберіть **Обмеження (Restriction)** в спадаючому списку Тип застосування (Usage Type).

Буде активовано властивість **Використання обмеження (Restriction Usage)**.

7. Клацніть на спадаючому списку **Використання обмеження (Restriction Usage)**, щоб побачити можливі варіанти.

Ця властивість задає значення за замовчуванням для параметра Використання обмеження, і, отже, створюваний атрибут обмеження матиме характеристики за замовчуванням. Це значення вказує, чи будуть розміщені елементи з певними обмеженням заборонені під час прокладання маршруту, переважні або небажані; крім того, воно показує ступінь їхньої переваги або небажаності.

Далі в цій вправі атрибут обмеження буде використовуватися для обходу платних доріг. Для обмеження **Уникати платних доріг (Avoid Toll Roads)** значення параметра Використання обмеження (Restriction Usage) за замовчуванням дорівнює **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)**. Це означає, що під час використання цього обмеження в рішенні маршрут буде прокладений, якщо можна, в обхід платних доріг. **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)** також вказує ступінь важливості – уникнення платних доріг у мереженому аналізі має середній пріоритет. Під час вибору **Уникати: низький ступінь (Avoid: Low)** обхід платних доріг буде менш важливий; а під час вибору **Уникати: високий ступінь (Avoid: High)** – важливіший, до того ж у

розрахунку буде прийнятно прокладати довші маршрути в обхід платних доріг. Під час вибору **Заборонено (Prohibited)** проїзд по платних дорогах буде повністю заборонено, і жодна частина маршруту не зможе бути прокладена по платній дорозі.

Важливо пам'ятати, що в деяких випадках метою аналізу є прокладання маршруту в обхід платних доріг, а в інших випадках проїзд по платних дорогах може бути кращий, оскільки час, витрачений на рух, цінніше, ніж гроші, сплачені за проїзд. В останньому випадку варто вибрати значення **Віддавати перевагу: низький ступінь (Prefer: Low)**, **Віддавати перевагу: середній ступінь (Prefer: Medium)** або **Віддавати перевагу: високий ступінь (Prefer: High)**. Чим вище ступінь, тим довше може стати маршрут під час розрахунку, щоб пройти по елементах із певними обмеженням.

Оскільки погляди і вимоги до маршрутів різні, в додатковому модулі Додатковий модуль ArcGIS Network Analyst до атрибутів обмеження за замовчуванням додається параметр **Використання обмеження (Restriction Usage)**. Задавши цей параметр, можна вибрати реакцію механізму розрахунку на певне обмеження перед кожним розрахунком.

8. Клацніть на **Відміна (Cancel)**.

Діалогове вікно **Додати новий атрибут (Add New Attribute)** закриється.

Значення параметра Використання обмеження (Restriction Usage), встановлене за замовчуванням, можна змінити в будь-який час. Для цього виконайте такі дії.

9. Клацніть на **Уникати платних доріг (Avoid Toll Roads)**.

10. Клацніть на **Параметри (Parameters)**

Відкриється діалогове вікно **Уникати платні дороги: параметри (Avoid Toll Roads Parameters)**. Зверніть увагу, що значення за замовчуванням – **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)**. Зміна значення за замовчуванням проводиться клацанням цього значення і вибором іншого; але зараз залиште це значення як є.

11. Клацніть на **Відміна (Cancel)**.

Діалогове вікно **Уникати платних доріг: параметри (Avoid Toll Roads Parameters)** буде закрито.

12. Клацніть на **Відміна (Cancel)**.

Діалогове вікно **Властивості набору мережних даних (Network Dataset Properties)** закриється.

Перегляд параметра Використання обмежень (Restriction Usage)

у властивостях шару мережного аналізу

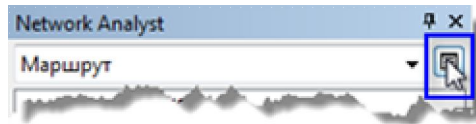
У цій частині вправи будуть коротко розглянуті місця, в яких можливий перегляд і зміна налаштувань атрибутів обмежень у шарі мережного аналізу.

Кроки:

1. Клацніть на пункті **Network Analyst** на панелі інструментів **Network Analyst** і клацніть на **Новий маршрут (New Route)**.

У документ буде додано шар аналізу маршруту, у вікнах Мережний аналіз (ArcGIS Network Analyst) і Таблиця змісту (Table Of Contents).

2. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.



Відкриється діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties).

3. Перейдіть на вкладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

На цій закладці в рамці **Обмеження (Restrictions)** перераховані всі доступні обмеження. Оскільки шар мережного аналізу був створений на тому самому наборі мережних даних, з яким ми працювали в минулій частині вправи, в списку перераховані ті самі атрибути обмеження. Зверніть увагу, що відмітка **Уникати платні дороги (Avoid Toll Roads)** знята, оскільки за умовчанням цей атрибут не використовується.

4. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

Тут перераховані всі мережні атрибути, що мають параметри. Оскільки атрибути обмеження мають за замовчуванням параметр Використання обмеження (Restriction Usage), всі вони також входять до списку.

Інші значення параметрів для поточного шару аналізу можуть бути обрані в стовпці **Значення (Value)**.

5. Клацніть на **Відміна (Cancel)**.

Діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties) закривається.

Розв'язування аналізу маршруту

У цій частині ми завантажимо в аналіз зупинки й зробимо розрахунок, використовуючи налаштування аналізу за замовчуванням.

Кроки:

1. У вікні **ArcGIS Network Analyst** клацніть правою кнопкою на **Зупинки (Stops) (0)** і виберіть команду **Завантажити положення (Load Locations)**.

Відкриється діалогове вікно **Завантаження розташувань (Load Locations)**.

2. Виберіть **Зупинки (Stops)** в спадаючому списку **Завантажити з (Load From)**.

3. Натисніть **ОК**.

Завантажено п'ять зупинок. Замовлення видно на карті й у вікні **Network Analyst**.

4. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

На карті Exercise12 показаний найкращий маршрут, прокладений по заздалегідь певній послідовності. Зверніть увагу, що третя зупинка розташовується на платній дорозі, тому маршрут проходить по платній дорозі.

Заборона платних доріг

Далі проведемо розрахунок того самого аналізу маршруту, але зазначимо, що в маршруті заборонено використовувати платні дороги.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties).

2. Перейдіть на закладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. У рамці **Обмеження (Restrictions)** відзначте **Уникати платні доріги (Avoid Toll Roads)**.

4. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

5. Знайдіть атрибут **Уникати платні доріги (Avoid Toll Roads)** і змініть значення його параметра з **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)** на **Заборонено (Prohibited)**.

6. Натисніть **ОК**.

7. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** з попередженням про те, що зупинка на платній дорозі не може бути досягнута.

У цьому нестачу повної заборони елементів мережі: маршрут не зможе досягти мережних положень на цих елементах. Як буде показано в наступній частині вправи, якщо уникнути проїзду по платних дорогах, а не забороняти його повністю, то маршрут, що проходить здебільшого в обхід елементів з обмеженнями, зможе все – таки досягти положень мережі, розташованих на цих елементах.

8. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** буде закрито.

На карті показано, що маршрут повністю обходить платну дорогу, не відвідуючи третю зупинку.

Уникнення платних доріг

Далі, проведемо розрахунок того самого аналізу маршруту, але зазначимо, що платні дороги всього лише небажані в маршруті (варто їх уникати).

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

3. Знайдіть атрибут **Уникати платних доріг (Avoid Toll Roads)** і змініть значення його параметра з **Заборонено (Prohibited)** на **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)**.

4. Натисніть **ОК**.

5. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** з попередженням про те, що на дорозі з обмеженням розташована зупинка, тому отриманий маршрут все одно пролягає по платній дорозі, навіть з умовою, що їх варто уникати.

6. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** буде закрито.

На карті показано, що маршрут обходить південну частину платної дороги, але пролягає по цій дорозі, щоб пройти через зупинку 3 і потім 4. Маршрут міг би меншою мірою проходити по платній дорозі між зупинками 3 і 4, але в алгоритмі **Network Analyst** було вирішено, що обхід буде занадто довгим для цього значення параметра Використання обмеження – **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)**.

На наступному етапі ми підвищимо ступінь небажаність платних доріг й оцінимо результати.

7. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

8. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

9. Знайдіть атрибут **Уникати платних доріг (Avoid Toll Roads)** і змініть значення його параметра на **Уникати: високий ступінь (Avoid: High)**.

10. Натисніть **ОК**.

11. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** з таким самим попередженням, як і минулого разу.

12. Клацніть на **Закрити (Close)**.

Діалогове вікно **Повідомлень ArcGIS Network Analyst (ArcGIS Network Analyst Messages)** буде закрито.

На карті видно, що маршрут заходить на платну дорогу для того, щоб пройти через зупинку 3, а після неї відразу йде з дороги.

Підказка

Для того, щоб швидко порівняти результати двох наступних операцій рішень, скористайтеся кнопкою **Скасувати (Undo)** і кнопкою **Повторити (Redo)**

У цьому розділі ви побачили, що маршрути не пролягають по дорогах із заборонними обмеженнями навіть у випадку, якщо на такій дорозі розташована зупинка маршруту. Під час вибору оминального обмеження така зупинка може бути досягнута, алгоритм **Network Analyst** намагатиметься обійти дороги з обмеженням настільки,наскільки це зазначено параметром обмеження **Уникати: низький ступінь (Avoid: Low)**, **Уникати: середній ступінь (Avoid: Medium)** або **Уникати: високий ступінь (Avoid: High)**.

Переваги доріг, виділених для руху вантажівок

У цій частині розділу ми продовжимо роботу з тим самим шаром аналізу маршруту і так само будемо уникати платні доріги, однак тепер ми шукатимемо найкращий маршрут для вантажівки, а не для легкового автомобіля. Ми використовуватимемо атрибут обмеження, вказавши, що під час прокладання маршруту переважніше дороги, виділені для руху вантажівок.

Кроки:

1. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно **Властивості шару (Layer Properties)**.

2. Перейдіть на закладку **Налаштування аналізу (Analysis Settings)**.

3. У рамці **Обмеження (Restrictions)** зніміть позначку **Прізд на автомобілі (Driving an Automobile)**.

4. Поставте відмітку **Прізд на вантажівці (Driving a Truck)**.

Цей атрибут обмеження характеризує дороги, по яких заборонено проїзд вантажівок. Значення параметра Використання обмеження (Restriction Usage) для цього атрибута за замовчуванням – Заборонено (Prohibited). Це значення не потрібно змінювати.

5. Встановіть позначку **Державні виділені маршрути для вантажівок (National STAA Preferred Route)**.

Цей атрибут обмеження характеризує дороги, які виділені для проїзду вантажівок на федеральному рівні. Так позначаються дороги, які сприятливі для руху вантажівок і задовольняють мінімальним стандартам висоти прогону й обмеження маси. Дотримуючись, наскільки це можливо, спеціально виділених доріг, водії вантажівок можуть уникнути багатьох потенційних проблем.

Дороги такого типу позначені на карті білими лініями й ромбовидними символами штрихування.

Будьте уважні, не варто плутати цей атрибут обмеження з атрибутом Державні й місцеві виділені маршрути для вантажівок (National STAA and Locally Preferred Routes). В останньому атрибуті обмеження включені також дороги, які можуть не відповідати федеральним стандартам.

6. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

7. Знайдіть атрибут **Державні виділені дороги для вантажівок (National STAA Preferred Route)**, його значення за замовчуванням – **Віддавати перевагу: середній ступінь (Prefer: Medium)**.

8. Натисніть **ОК**.

9. Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

Маршрут залишиться тим самим. Велика частина маршруту вже пролягала по дорогах, виділених для руху вантажівок на державному рівні (National STAA roads).

10. Натисніть кнопку **Властивості шару аналізу (Analysis Layer Properties)** у вікні **Network Analyst**.

Відкриється діалогове вікно Властивості шару (Layer Properties).

11. Перейдіть на закладку **Параметри атрибутів (Attribute Parameters)**.

12. Знайдіть атрибут **Державні виділені дороги для вантажівок (National STAA Preferred Route)** і змініть його значення на **Віддавати перевагу: високий ступінь (Prefer: High)**.

13. Натисніть **ОК**.

Клацніть на кнопці **Розрахунок (Solve)** на панелі інструментів **Network Analyst**.

Довжина маршруту загалом збільшилася, однак час, що витрачається на проїзд по дорогах, не призначених для вантажівок, став меншим.

У цьому розділі показано, що атрибути обмеження дозволяють моделювати переваги та вимоги до проходу по мережі. Розрахунок аналізу з використанням різних атрибутів обмеження і значень параметра Використання обмеження (Restriction Usage) може призвести до різних результатів.

У цьому розділі робота з обмеженнями для простоти показана на прикладі шару аналізу маршруту, але ті самі функціональні можливості доступні також і для інших верств мережевого аналізу.

Питання для самоконтролю

2. Що становить атрибут обмеження?
3. Які властивості має параметр «Restriction Usage»?
4. Наведіть приклади, в яких випадках проїзд по платних дорогах може бути кращий?
5. Який атрибут обмеження характеризує дороги, які виділені для проїзду вантажівок на федеральному рівні?
6. Що характеризує атрибут «Driving a Truck»?

13 ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО КОНТРОЛЮ

13.1 Обчислення координат супутника в земній системі з урахуванням збурень від стиснення землі

Постановка завдання

Якщо Землю і супутник, що обертається навколо неї, вважати матеріальними точками, то під дією сил взаємного тяжіння і за відсутності інших сил (від тяжіння небесних тіл, опору атмосфери тощо) супутник рухатиметься по необуреній орбіті. Теорія такого руху розглядається в небесній механіці як задача двох тіл. Необурений рух супутника відбувається відповідно до законів Кеплера по орбіті, у якій розміри, форма й орієнтування в просторі залишаються постійними.

Реальний рух супутника відбувається під постійним впливом на нього різних сил, з яких найбільший вплив чинить стиск Землі. Ці додаткові до сили тяжіння кульової Землі сили називають обурюючими силами, а зміни що відбуваються в орбіті – збуреннями. Застосовуваний під час вивчення обуреного руху принцип Лагранжа полягає в тому, що рух розглядають подіями по Кеплеровим орбітам з елементами що постійно змінюються. У кожен момент часу можна визначити незбурену орбіту, що збігається з моментальною обуреною орбітою. Такі орбіти називаються оскулюючими в певну епоху t .

У завданні 1 необхідно за елементами орбіти, даними на початкову епоху t_0 , знайти елементи оскулюючих орбіт на епоху t з урахуванням збурень від стиснення Землі. За ним належить розрахувати прямокутні координати x , y , z у небесній (інерціальної) системі, від яких пізніше потрібно перейти до земної системи координат.

Вихідні дані вибираються з таблиці 13.1.1 відповідно до номера варіанта.

Таблиця 13.1.1 – Елементи оскулюючих орбіт

№ вар.	Елементи орбіти на епоху t_0					
	a (км)	e	i	Ω	ω	M_0
1	2	3	4	5	6	7
1_09	11301,94+ N	0,1532172	109°37'32".0	8°17'49".7	213°33'59".0	265°40'38".0
10_19	10706,57+ N	0,1619889	77°26'06".1	13°50'00". 4	37°07'29".8	92°26'40".4
20_29	11778,50+ N	0,0786813	103°46'37".1	21°06'06". 1.0	51°37'14".9	133°10'10".0
30_39	10898,29+ N	0,0829255	68°37'53".1	22°34'29". 2	92°12'52".5	132°49'57".0
40_49	11133,45+ N	0,0974824	67°43'14".1	33°17'50". 1	123°55'41".0	216°35'19".0

Продовження таблиці 13.1.1

1	2	3	4	5	6	7
50_59	11556,68 – N	0,1188671	83°30'15".6	37°21'24". 1	202°22'34".0	171°01'46".2
60_69	11543,44 – N	0,1234717	83°40'17".9	67°08'22". 7	37°01'34".4	351°57'14".0
70_79	12503,13 – N	0,1539277	107°31'10".0	83°30'15". 6	83°30'15".6	83°30'15".6
80_89	13430,93 – N	0,1819858	121°21'35".0	104°31'12 ".4	100°09'35".1	344°55'02".0
90_99	12834,08 – N	0,1839034	86°04'17".5	170°11'03 ".0	160°26'58".8	337°15'43".0

Примітка: Номер варіанта дорівнює двом останнім цифрам номера залікової книжки, N – остання цифра номера. Елементи орбіти: a – велика піввісь, e – ексцентриситет, i – нахилення, Ω – довгота висхідного вузла, ω – аргумент перигею, M_0 – середня аномалія в епоху t_0 .

Таблиця 13.1.2 –Додаткова інформація для обчислень

№ вар.	Початкова епоха t_0		Епоха ефемерид t				
	дата d_1	час S_1	дата d_2	час UTC ₂	час S_0	x_p	y_p
1_10	1	0 ^h 34 ^m 21,031 ^s	2	12 ^h 18 ^m 05,924 ^s +N ^m	0 ^h 10 ^m 57,306 ^s	0,104"	– 0.088"
11_20	1	10 ^h 32 ^m 11,666 ^s	3	13 ^h 32 ^m 18,711 ^s +N ^m	0 ^h 14 ^m 53,859 ^s	–	0.080"
21_30	1	4 ^h 30 ^m 27,234 ^s	2	10 ^h 30 ^m 33,021 ^s +N ^m	0 ^h 18 ^m 50,409 ^s	0,202"	– 0.111"
31_40	1	21 ^h 35 ^m 16,422 ^s	3	9 ^h 08 ^m 11,900 ^s +N ^m	0 ^h 22 ^m 46,957 ^s	–	– 0.034"
41_50	1	11 ^h 39 ^m 22,316 ^s	2	14 ^h 37 ^m 35,123 ^s +N ^m	0 ^h 26 ^m 43,504 ^s	0,156"	– 0.121"
51_60	1	0 ^h 54 ^m 11,001 ^s	3	11 ^h 22 ^m 14,621 ^s +N ^m	0 ^h 30 ^m 40,051 ^s	–	– 0.088"
61_70	1	4 ^h 27 ^m 20,037 ^s	2	16 ^h 30 ^m 44,720 ^s +N ^m	0 ^h 34 ^m 36,599 ^s	0,104"	– 0.088"
71_80	1	13 ^h 04 ^m 44,221 ^s	3	14 ^h 31 ^m 00,824 ^s +N ^m	0 ^h 38 ^m 33,148 ^s	0,104"	– 0.088"
81_90	1	10 ^h 31 ^m 01,316 ^s	2	2 ^h 48 ^m 11,021 ^s +N ^m	0 ^h 42 ^m 29,699 ^s	0,104"	– 0.088"
91_100	1	7 ^h 33 ^m 08,118 ^s	3	10 ^h 52 ^m 12,903 ^s +N ^m	0 ^h 46 ^m 26,252 ^s	0,104"	– 0.088"

Значення будь-якого елемента орбіти супутника на епоху t можна подати у вигляді:

$$\mathcal{E}_j = \mathcal{E}_{0,j} + \delta \mathcal{E}_j, \quad (j = 1, 2 \dots 6), \quad (1)$$

де $\mathcal{E}_{0,j}$ – незбурений елемент в початкову епоху t_0 , а $\delta \mathcal{E}_j$ – залежна від часу сума обурень в елементі від різних факторів. У цьому завданні враховуватимуться тільки вікові гравітаційні збурення, спричинені стисненням

Землі. Збурення від інших гармонік потенціалу, тяжіння Місяця, Сонця та інших небесних тіл, а також від гальмування в атмосфері, світлового тиску тут розглядатися не будуть.

Стиснення Землі спричиняє вікові обурення в довготі Ω висхідного вузла орбіти, аргументі перигею ω і початковому значенні середньої аномалії M_0 , а також короткоперіодичні обурення у всіх елементах. Вікові збурення за одне обертання супутника можна розрахувати за формулами:

$$\delta \Omega = 540^\circ C_{20} \cos i \left(\frac{a_E}{p} \right)^2, \quad (2)$$

$$\delta \omega = -270^\circ C_{20} \left(\frac{a_E}{p} \right)^2 (1 - 5 \sin^2 i), \quad (3)$$

$$\delta M_0 = -270^\circ C_{20} \left(\frac{a_E}{p} \right)^2 \frac{3 \cos^2 i - 1}{(1 - e^2)^{1/2}}, \quad (4)$$

де a_E – велика піввісь земного еліпсоїда, C_{20} – коефіцієнт другої зональної гармоніки розкладання геопотенціала в ряд за сферичними функціями, p, e, i – незбурене значення відповідно для фокального параметра, ексцентриситету і нахилення орбіти. Фокальний параметр пов'язаний із великою піввісю й ексцентриситетом орбіти:

$$p = a(1 - e^2). \quad (5)$$

З урахуванням (1) – (4) можна скласти систему обурених елементів на епоху t :

$$\begin{aligned} a &= a_0, \\ e &= e_0, \\ i &= i_0, \\ \Omega &= \Omega_0 + d\Omega \cdot N, \\ \omega &= \omega_0 + d\omega \cdot N, \\ M_0 &= M_0^{(0)} + dM^{(0)} \cdot N, \end{aligned} \quad (6)$$

де N – число обертів, зроблених супутником від епохи t_0 до епохи t .

Числові дані для вирішення:

- велика піввісь загальземного еліпсоїда $a_E = 6378137$ м,
- коефіцієнт другої зональної гармоніки $C_{20} = 1,08263 \times 10^{-3}$,
- геоцентрична гравітаційна постійна $GM = 398600,5 \text{ км}^3 \text{с}^{-2}$.

Зауважимо, що якщо зі спостережень отримані елементи орбіти на різні епохи, то за змінами в довготі, аргументом перигею і початковим значенням середньої аномалії можна вивести швидкості зміни елементів за одне обертання, а за ним відповідно до формулами (2, 3, 4) отримати коефіцієнт C_{20} , який пов'язаний зі стисненням Землі α_E :

$$\alpha_E = -\frac{3}{2}C_{20} + \frac{\omega_E^2 a_E}{2\gamma_e}, \quad (7)$$

де ω_E – кутова швидкість обертання Землі, а γ_e – нормальна сила тяжіння на екваторі. Ідея отримання параметрів гравітаційного поля Землі по збурень в орбітах супутників лежить в основі динамічного методу космічної геодезії.

Порядок виконання роботи і приклад

Випишемо вихідні дані для свого варіанта. У таблиці 13.1.3 наведено обчислення виконані для варіанта $N = 0$.

Таблиця 13.1.3 – Вихідні дані

a (км)	e	i	Ω	ω	M_0
11301,94	0,1532172	109°37'32".0	8°17'49".7	213°33'59".0	265°40'38".0
Початкова епоха t_0		Епоха ефемерид t			
дата d_1	час S_1	дата d_2	час UTC_2	час S_0	x_p, y_p
1	0 ^h 34 ^m 21,031 ^s	2	12 ^h 18 ^m 05,924 ^s	0 ^h 10 ^m 57,306 ^s	0,104", 0.088"

1. Вирахуємо момент S_2 , на який необхідно розрахувати Ефемериду супутника, за формулою:

$$S_2 = S_0 + UTC_2(1 + \mu), \quad (8)$$

де всесвітній час UTC_2 і Грінвіцький зоряний час опівночі S_0 вибираються з таблиці 13.1.2. Коефіцієнт слугує для перетворення одиниць середнього сонячного часу в зоряне: $\mu = 0.0027379035$.

S_0	0 ^h 10 ^m 57,306 ^s
UTC_2	12 ^h 18 ^m 05,924 ^s
$UTC_2 \cdot \mu$	2 ^m 01,508 ^s
S_2	12 ^h 30 ^m 24,738 ^s

2. Розрахуємо період обертання супутника P :

$$P = 2\pi / n, \quad (9)$$

де n – середній рух:

$$n = \sqrt{GM/a^3}. \quad (10)$$

Середній рух отримаємо в розмірностях: радіан / с, °/с, °/ час, а період обертання в секундах часу, в хвилинах і частках хвилини, а також у годинах і частках години.

$$GM = 398600,5, \quad n = 5,2546023 \cdot 10^{-2} \text{ рад/с} = 3,0106654 \cdot 10^{-2} \text{ °/с} = 108,38395 \text{ °/час}.$$

$$P = 11957,489^s = 199,29148^m = 3,3215246^h = 3^h 19^m 17,489^s.$$

3. Знайдемо обурення в довготі висхідного вузла орбіти, аргументі перигею і початковому значенні середньої аномалії за одне обертання за формулами (4).

$$\begin{aligned} p &= 11036,621 \text{ км}, \quad C_{20}(a_E/p)^2 = 3,6277488 \cdot 10^{-4}, \\ \delta\Omega &= -6,5796757 \cdot 10^{-2} \text{ °/об}, \\ \delta\omega &= 0,33654868 \text{ °/об}, \quad \delta M_0 = 6,5574572 \text{ °/об}. \end{aligned}$$

4. Визначимо число обертань N , здійснених супутником від епохи $t_0 = (d_1, S_1)$ до епохи $t = (d_2, S_2)$:

$$N = \frac{(t - t_0)^h}{P^h} = \frac{24(d_2 - d_1) + S_2 - S_1}{P}. \quad (11)$$

У формулі (11) моменти за Грінвіцьким зоряним часом S_1, S_2 і період обертання P повинні бути виражені в годинах і частках години, дати d_1 и d_2 , а також момент S_1 вибираються з таблиці 13.1.2.

$24(d_2 - d_1)$	24^h		
S_2	$12^h 30^m 24,738^s$	$(t - t_0)^h$	$35,93436305$
S_1	$0^h 34^m 21,031^s$	P^h	$3,3215246$
$t - t_0$	$35^h 56^m 03,707^s$	N	$10,818635$ об.

5. Складемо систему обурених елементів за формулою (6):

$$a = a_0 = 11301,94 \text{ км}, e = e_0 = 0,1532172, i = i_0 = 109^\circ 37' 32'', 0,$$

Ω_0	$8^\circ 17' 49''.7$	ω_0	$213^\circ 33' 59''.0$	$M_0^{(0)}$	$265^\circ 40' 38''.0$
$\delta\Omega \cdot N$	$-42' 42''.6$	$\delta\omega \cdot N$	$3^\circ 38' 27''.6$	$\delta M \cdot N$	$42' 33''.9$
Ω	$7^\circ 35' 07''.1$	ω	$217^\circ 12' 26''.6$	M_0	$266^\circ 23' 11''.9$

6. Одержимо середню аномалію M на епоху t :

$$M = M_0 + n(t - t_0). \quad (12)$$

Якщо моменти S_1, S_2 виражені в годинах і частках години, то, очевидно, що різниця епох визначається як $t - t_0 = 24(d_2 - d_1) + S_2 - S_1$. Тоді середній рух потрібно використовувати з розмірністю $^\circ/\text{час}$.

Контроль обчислень M зробити за формулою (12.1):

$$M = M_0 + 360^\circ \cdot N. \quad (12.1)$$

Значення середньої аномалії привести в інтервал: $0^\circ \leq M < 360^\circ$.

M_0	$266^\circ 23' 11.9''$	M_0	$266^\circ 23' 11.9''$
$n(t - t_0)$	$3894^\circ 42' 29.6''$	$360 \cdot N$	$3894^\circ 42' 31.0''$
M	$201^\circ 05' 41.5''$	M	$201^\circ 05' 42.9''$

Для подальших обчислень взято середнє значення: $M = 201^\circ 05' 42.2''$.

6. Обчислимо ексцентричну аномалію, розв'язавши рівняння Кеплера методом наближень:

$$E = M + e \sin E, \quad (13)$$

Передбачається, що в цьому рівнянні E, M, e подано у радіанній мірі. Якщо рішення виробляється в градусній мірі, то використовується формула:

$$E = M + e \rho^\circ \sin E, \quad (13.1)$$

де $\rho^\circ = 180/\pi$ – число градусів у радіані.

У початковому наближенні приймаємо:

$$E^{(0)} = M, \quad (14)$$

у наближенні з номером i :

$$E^{(i)} = M + e\rho^o \sin E^{(i-1)}. \quad (14.1)$$

Процес продовжується доти, доки розбіжність між значеннями ексцентричної аномалії $E^{(i)}$ та $E^{(i-1)}$ не стане менше за точність обчислень $\varepsilon = 0,1''$.

Підготуємо: $e\rho^o = 8,7786989^\circ$.

M	201,09506°	201,09506°	201,09506°	201,09506°	201,09506°	201,09506°
$e\rho^o \sin E^{(i-1)}$	3,15960	2,84871	2,74864	2,76320	2,76107	2,76139
$E^{(i)}$	198,93546	198,24635	198,34642	198,33186	198,33399	198,33367

M	201,09506°	201,09506°
$e\rho^o \sin E^{(i-1)}$	2,761340	2,76135
$E^{(i)}$	198,33372	198,33371

8. Перейдемо від ексцентричної аномалії E до істинної v :

$$\tan \frac{v}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}. \quad (15)$$

Чверть для $v/2$ вибирається з оглядом на те, що $v/2 \leq 180^\circ$.

$\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$	1,1669964	$\tan$	– 7,2317582
$E/2$	99,166805	$v/2$	97,87287
$\tan E/2$	– 6,1968985	v	195,74574

9. Обчислимо значення обуреного радіус – вектора r супутника:

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v}, \quad (16)$$

з контролем (в межах не більше 10 м):

$$r = a(1 - e \cos E). \quad (16.1)$$

Отримано за формулою (16) $r = 12945,694$ км, за формулою (16.1) $r = 12945,694$ км.

10. Знайдемо обурений аргумент широти супутника:

$$u = \omega + v. \quad (17)$$

ω	$217^\circ 12' 26''.6$
v	$195^\circ 44' 44''.7$
u	$52^\circ 57' 11''.3$

11. Обчислимо координати супутника в небесній системі (НСК):

$$\mathbf{r}_{НСК} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \mathbf{R}_3(-\Omega) \mathbf{R}_1(-i) \begin{bmatrix} r \cos u \\ r \sin u \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

або

$$\mathbf{r}_{НСК} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos u \cos \Omega - \sin u \sin \Omega \cos i \\ \cos u \sin \Omega + \sin u \cos \Omega \cos i \\ \sin u \sin i \end{bmatrix}. \quad (19)$$

$$\mathbf{r} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} 0,63258240 \\ -0,18620086 \\ 0,75177712 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8189,218 \\ -2410,499 \\ 9732,276 \end{bmatrix}, \text{ контроль: } r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 12945,693.$$

12. Перетворимо координати супутника з небесної системи НСК у загальземного ОЗСК, не враховуючи у цьому на разі вплив прецесії і нутації:

$$\mathbf{r}_{ОЗСК} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \mathbf{Pol}(t) \mathbf{S}(S_2) \mathbf{r}_{НСК}. \quad (20)$$

Матриця $\mathbf{S}(S_2)$, в якій S_2 – визначений раніше і виражений у градусах момент за зоряним Гринвіцьким часом, потрібна для обліку добового обертання Землі. Вона має такий вигляд:

$$\mathbf{S}(S_2) = \begin{bmatrix} \cos S_2 & -\sin S_2 & 0 \\ \sin S_2 & \cos S_2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (21)$$

Матриця для обліку руху полюса $\mathbf{Pol}(t_2)$ в епоху t_2 має вигляд:

$$\mathbf{Pol}(t_2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -x_p \\ 0 & 1 & y_p \\ x_p & -y_p & 1 \end{bmatrix}, \quad (22)$$

з координатами полюсу x_p, y_p у радіанній мірі.

Спочатку висловимо момент S_2 у градусній мірі й координати полюса в радіанах:

$$S_2 = 12^h 30^m 24,738^s = 187,60308^\circ, \quad x_p = 0,104''/\rho = 5,04 \cdot 10^{-7}, \\ y_p = -0,088''/\rho = -4,27 \cdot 10^{-7}. \quad \text{Тут } \rho = 206265''.$$

$$\mathbf{r}_{М, \dots, ЖС} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -5,04 \cdot 10^{-7} \\ 0 & 1 & -4,27 \cdot 10^{-7} \\ 5,04 \cdot 10^{-7} & 4,27 \cdot 10^{-7} & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -0,99120844 & 0,13230966 & 0 \\ -0,13230966 & -0,99120844 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times \\ \times \begin{bmatrix} 8189,218 \\ -2410,499 \\ 9732,276 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -8436,154 \\ 1305,795 \\ 9732,276 \end{bmatrix}, \quad \text{контроль: } r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = 12945,693.$$

13. Зробіть самостійно плоске і просторове креслення орбіти супутника (за аналогією з рисунком 1 і 2) із зразковим (з точністю до чверті) відображенням елементів орбіти, отриманих в своєму варіанті контрольної роботи. На кресленнях потрібно відобразити координатні осі, точки й лінії орбіти, елементи орбіти та положення Землі.

13.2 Визначення координат дифференціальним методом gps

Супутникові навігаційні системи (СНС) в останні роки знайшли в геодезії найширше застосування. Американська СНС має дві рівноцінні назви: Navigation Satellite Providing Time and Range, скорочено NAVSTAR (навігаційне супутникове забезпечення часу і дальності), і Global Positioning System, скорочено GPS (Глобальна система позиціонування). Російська СНС називається ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система).

СНС призначені для надійного, високоточного, незалежного від часу доби, радіоперешкод, погоди й розташування на земній кулі визначення координат і часу. Принцип роботи СНС полягає в тому, що кожен супутник безперервно передає сигнали строго певного різновиду, що несуть інформацію про час і положення супутника в просторі. Спеціальний приймач цих сигналів декодує прийняту інформацію та визначає з її обробки своє становище і точний час.

Кожна з СНС складається з трьох підсистем:

- підсистеми космічних апаратів (ПКА);
- підсистеми контролю і управління (ПКУ);
- підсистеми апаратури споживачів (користувачів) системи (ПАП).

Підсистема космічних апаратів складається з сузір'я супутників і космодрому, з якого вони запускаються. Сузір'я супутників під час повного розгортання системи складається з 24 супутників. Це забезпечує безперервну присутність від 4 до 8 супутників вище 15° над горизонтом у будь-якій точці земної кулі. Супутники NAVSTAR розташовуються в 6 орбітальних площинах із нахилом 55° . Висота польоту супутників – 20000 км, період – обертання близько 12 годин. Велика висота польоту забезпечує можливість спостереження супутників із великої території і виключає важко прогнозований вплив атмосфери. На супутнику розташовуються приймально-передавачі, рубідієві або цезієві атомні годинники, керуючий процесор і різноманітне допоміжне обладнання. Ці супутники остаточно сформували систему в сучасному вигляді: 21 основний супутник, 3 допоміжних та 4 резервних. На супутниках реалізовані

режими SA-Selective Availability і AS-Anti-Spoofing (загрублення і шифрування даних) для несанкціонованих користувачів.

В ПКА ГЛОНАСС також входить сузір'я з 24 супутників, розташованих у трьох площинах, рознесених по довготі на 120° . У кожній площині знаходиться по 8 супутників. Нахил орбіти до екватора дорівнює $64,8^\circ$, період обігу $P = 11^h 15^m 44^s$.

Підсистеми контролю і управління СНС призначені для контролю роботи космічних апаратів, збору даних для визначення орбіт, закладки даних у процесори супутників, а також формування системного часу. ПКУ NAVSTAR складається з Головної станції управління (ГСУ), 5 контрольних станцій (КС), і трьох станцій засилання даних (СЗ).

Підсистема апаратури споживачів містить в собі наступні різновиди приймачів:

- навігаційні приймачі;
- навігаційно-топографічні приймачі;
- геодезичні приймачі;
- приймачі для визначення і зберігання часу.

Навігаційні приймачі найпростіші й найдешевші. Вони забезпечують визначення координат в абсолютному режимі, в реальному часі. Вони можуть бути одно- і багатоканальними, одно- і двочастотними, працюючими по NAVSTAR, або ГЛОНАСС'у, або за обома системами. Вони забезпечують даними невисокою точності, порядку 10–15 м у кращому випадку, а зазвичай 50–100 м і грубіше. Під час використання диференціального методу можлива точніша навігація, що забезпечує, наприклад, такий відповідальний процес як посадка літака.

Навігаційно-топографічні приймачі зазвичай мають точність на рівні від 10 м до 1 дм за відстанню до 50–500 км, що досягається диференціальним режимом роботи. Вони можуть бути кодовими й кодо-фазовими. Останні мають більш високу точність, але обмежені за дальністю. Постійно підвищується точність апаратури, що стирає межу між навігаційно-топографічною апаратурою і чисто геодезичною. Остання може бути фазовою кодо-корелятивною (зазвичай називається просто «фазовою» апаратурою) і фазовою безкодовою, що працює за принципом радіоінтерферометра (типу «Макрометров»). Фазові приймачі відрізняються за числом каналів, вони можуть бути одно- і двочастотними, а також працюючими по одній або двох СНС. Двочастотні фазові приймачі найповніше забезпечують все розмаїття можливостей супутникової апаратури і дають найточніші результати на відстанях до декількох тисяч кілометрів. Наявність двох частот забезпечує

точний облік впливу іоносфери. Одночастотні фазові приймачі простіші, дешеві й дають досить високу точність на відстанях до 10–15 км.

Приймачі для визначення і зберігання часу дозволяють визначати час із точністю до декількох наносекунд шляхом порівняння власної шкали часу, заснованої на роботі порівняно дешевих кварцових або рубідієвих генераторів, зі шкалою часу супутників, визначаючи тимчасову затримку за точним позиціонуванням та орбітою супутника.

Кодовий приймач вимірює тимчасову затримку τ_i^k між сигналом, прийнятим від супутника k , і таким самим сигналом, створеним у приймачу. У цьому разі відстань від приймача до супутника можна було б отримати за формулою:

$$\rho_i^k = c \cdot \tau_i^k, \quad (23)$$

де c – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі. Тоді положення спостерігача в загальземній системі координат визначалося б у вигляді вектора $\mathbf{R}_i = (X_i, Y_i, Z_i)^T$ з рішення лінійної засічки по дальностям, виміряним до трьох супутників із відомими координатами $\mathbf{r}^k = (X^k, Y^k, Z^k)^T$. Через те, що годинник супутника і приймача синхронізовані зі шкалою системного часу відповідно з помилками dt^k і dt_i , в дальностях виникають систематичні помилки:

$$b^k = c dt^k, \quad b_i = c dt_i. \quad (24)$$

Крім того, на результат вимірювань впливають додаткові фактори: іоносферні і тропосферні рефракції, багатокопійний, шуми в електронних ланцюгах приймача тощо. Унаслідок отримують псевдодальність $\tilde{\rho}_i^k$, пов'язану з геометричною дальністю ρ_i^k рівнянням:

$$\tilde{\rho}_i^k = \rho_i^k + b^k - b_i + \Delta_{trop.} + \Delta_{iono.} + \Delta_{noise}. \quad (25)$$

Джерела спотворень псевдодальності можна розділити на дві категорії, а саме: такі що моделюються і такі що не моделюються. Вплив іоносфери,

тропосфери і зрушення годин супутника враховується шляхом введення поправок. Зрушення шкали годин приймача dt_i розглядається як систематична помилка і вводиться як додатковий, що визначає параметр впливу. Решту впливу Δ_{noise} становлять випадкові помилки вимірів (шуми).

Висловимо геометричну дальність через координати супутника і пункту:

$$\rho_i^k = \sqrt{(X^k - X_i)^2 + (Y^k - Y_i)^2 + (Z^k - Z_i)^2} \quad . \quad (26)$$

Попередні координати пункту спостережень відомі у вигляді радіуса – вектора $\mathbf{R}_i^0 = (X_i^0, Y_i^0, Z_i^0)^T$. Ші координати пункту потрібно подати у такому вигляді:

$$\mathbf{R}_i = \mathbf{R}_i^0 + d\mathbf{R}_i \quad , \quad (27)$$

де $d\mathbf{R}_i = (dX_i, dY_i, dZ_i)^T$ – вектор поправок у координати пункту, можна рівняння (26) привести до лінійного вигляду:

$$\rho_i^k = -e_{X,i}^k dX_i - e_{Y,i}^k dY_i - e_{Z,i}^k dZ_i + (\rho_i^k)^0 \quad . \quad (28)$$

Коефіцієнти у разі dX_i, dY_i, dZ_i у рівнянні (28) є напрямними косинусами топоцентричних напрямків на супутник (зі зворотним знаком):

$$e_{X,i}^k = \frac{X^k - X_i^0}{(\rho_i^k)^0}, \quad e_{Y,i}^k = \frac{Y^k - Y_i^0}{(\rho_i^k)^0}, \quad e_{Z,i}^k = \frac{Z^k - Z_i^0}{(\rho_i^k)^0}, \quad (29)$$

а величина $(\rho_i^k)^0$ обчислюється через координати супутника й попередні координати пункту спостережень:

$$(\rho_i^k)^0 = \sqrt{(X^k - X_i^0)^2 + (Y^k - Y_i^0)^2 + (Z^k - Z_i^0)^2} \quad . \quad (30)$$

Рівняння поправок для псевдодальності отримаємо після підстановки формули (28) у рівняння (25):

$$-e_{X,i}^k dX_i - e_{Y,i}^k dY_i - e_{Z,i}^k dZ_i + b_i + l_\rho = v_\rho, \quad i=1, \quad k \geq 4, \quad (31)$$

де вільний член рівняння становить різницю вимірної і виправленої поправками псевдодальності й дальності $(\rho_i^k)^0$:

$$l_\rho = \tilde{\rho}_i^k - (\rho_i^k)^0. \quad (32)$$

Отже, одночасні спостереження не менш ніж чотирьох супутників GPS, дозволяють визначити також координати пункту і час. Описаний метод визначень координат називається абсолютним методом. Точність цього методу зазвичай невисока й становить у середньому 50–100 м.

У диференціальному методі те саме сузір'я супутників спостерігають не менше двох приймачів. Один із них, базовий, знаходиться в точці з відомими істинними координатами R_i і безперервно визначає свої координати R_{i1} за псевдодальність. Різниця істинних і вимірних координат базового приймача дає значення диференціальної поправки:

$$\Delta R = R_i - R_{i1}. \quad (33)$$

Польовий приймач (ровер) знаходить свої координати R_{1j} по тим самим супутникам і, використовуючи диференціальну поправку, виправляє їх:

$$R_j = R_{1j} + \Delta R. \quad (34)$$

Точність вимірювань буде тим вище, чим сильніше будуть корельовані помилки вимірювань.

В фазових геодезичних приймачах вимірюється не тільки псевдодальність, але і різниця фаз Φ_i^k на частоті-носії між прийнятим сигналом і сигналом, створеним у приймачу. Точність фазових вимірювань значно вище, ніж кодових, відносна помилка сторони зазвичай виходить на рівні 10^{-6} і менше.

Постановка завдання

Проведено сеанс синхронних спостережень із застосуванням GPS – апаратури, яка працює за стандартним C/A – кодом. Базовий приймач був встановлений на точці з відомими в загальземній системі WGS – 84 геодезичними координатами $B_{i,84}$, $L_{i,84}$, $H_{i,84}$. Спостереження базового приймача були оброблені, і отримані його координати $X_{i,84}$, $Y_{i,84}$, $Z_{i,84}$ абсолютним методом (табл. 13.2.3). Польовий приймач j знаходився в точці, для якої необхідно визначити координати $X_{j,84}$, $Y_{j,84}$, $Z_{j,84}$ и $B_{j,84}$, $L_{j,84}$, $H_{j,84}$ у системі WGS – 84 и $B_{j,42}$, $L_{j,42}$, $H_{j,42}$ у системі СК – 42, а також його нормальну висоту H_j^y . Для польового приймача відомі тільки його наближені координати $X_{j,84}^0$, $Y_{j,84}^0$, $Z_{j,84}^0$. Базовий і польовий приймачі виміряли псевдодальності до 5 тих самих навігаційних супутників ($k = 1, 2, \dots 5$). Координати супутників X_{84}^k , Y_{84}^k , Z_{84}^k у системі WGS – 84 розраховані з навігаційного повідомленням (табл. 13.2.1). Також подано псевдодальності ρ_j^k , виміряні польовим GPS – приймачем і виправлені за вплив тропосфери та іоносфери (j – номер пункту, k – номер супутника). У таблиці 13.2.2 подано попередні координати польового приймача і висота квазігеоїда. Необхідні в роботі параметри еліпсоїдів WGS – 84 і СК – 42 наводяться в таблиці 13.2.4, а параметри зв'язку між ними – в таблиці 13.2.5.

Використовуючи подану інформацію необхідно за технологією диференціального методу визначити прямокутні й геодезичні координати польового приймача в системі WGS – 84 $X_{j,84}$, $Y_{j,84}$, $Z_{j,84}$ и $B_{j,84}$, $L_{j,84}$, $H_{j,84}$ а також у системі СК – 42 $B_{j,42}$, $L_{j,42}$, $H_{j,42}$. Крім того необхідно знайти нормальну висоту H_j^y . Для координат польового приймача, отриманих у системі WGS – 84 абсолютним методом, зробити оцінку точності.

Перед виконанням завдання 2 рекомендується опрацювати § 53 у підручнику [1] та навчальні посібники [2] і [3].

Таблиця 13.2.1 – Координати навігаційних штучних супутників Землі та псевдодальності, виправлені за атмосферну рефракцію

№ вар.	Координати НІСЗ у системі WGS – 84			Псевдодальності		
	X	Y	Z	Rover – 1	Rover – 2	Rover – 3
1	2	3	4	5	6	7
1	–	4 742,0874	19 923,0056	23 062,109	22 976,667	23 176,247
	– 7 344,1997	–	21 464,2656	25 283,726	25 233,857	25 278,560
	–	20 584,4062	– 351,8370	24 708,534	24 652,178	24 867,551
	15 194,5652	– 4 638,1696	21 005,4515	23 143,146	23 188,680	23 001,387
	16 336,3721	15 997,3468	14 235,5931	22 060,307	22 130,006	21 965,332

Продовження таблиці 13.2.1

1	2	3	4	5	6	7
2	– – 7 909,6972 – – 7 058,7658 – 16 625,5573	– 6 009,0440 24 918,7556 4 491,3668 – 20 606,8285	17 438,0388 – 701,1697 20 062,0540 21 529,3063 8,0668	24 787,036 23 614,729 23 066,947 25 275,500 24 629,413	24 697,667 23 594,297 22 981,699 25 226,653 24 573,347	24 880,599 23 731,639 23 179,605 25 268,300 24 788,495
3	15 373,4199 16 290,0587 – – 7 921,4261 –	– 4 404,9867 15 791,8357 – 6 221,3049 24 923,5009 4 238,3295	20 921,6182 14 491,6847 17 232,6038 – 324,4689 20 196,2472	23 118,432 22 019,156 24 863,971 23 531,685 23 073,198	23 164,947 22 087,883 24 774,432 23 511,057 22 988,149	22 975,021 21 923,527 24 957,736 23 648,901 23 184,375
4	– 6 772,8755 – 15 552,9723 16 243,8233 – 19 063,5566	– 20 625,7564 – 4 173,7785 15 602,8117 – 6 430,4743	21 589,0895 335,0547 20 832,4588 14 744,3224 17 022,7920	25 268,592 24 557,490 23 095,255 21 990,453 24 941,179	25 220,770 24 500,561 23 142,754 22 058,779 24 851,479	25 258,750 24 715,996 22 951,396 21 893,668 25 034,551
5	– 7 931,6224 – – 6 486,6118 – 15 733,1550	24 923,1425 3 983,0353 – 20 641,2313 – 3 944,5995	52,3160 20 325,5520 21 643,6023 679,3936 20 737,9938	23 449,557 23 080,862 25 263,001 24 482,169 23 073,624	23 428,385 22 996,013 25 216,211 24 424,964 23 122,111	23 566,701 23 190,558 25 251,715 24 641,278 22 929,619
6	16 197,7287 – – 7 940,2039 – – 6 200,0575	15 410,3095 – 6 636,5178 24 917,7056 3 725,5448 – 14 298,6387	14 993,4453 16 808,6566 429,0875 20 449,9363 21 692,8328	21 963,012 25 018,641 23 367,843 23 089,934 25 258,729	22 030,933 24 928,785 23 346,303 23 005,291 25 212,976	21 865,671 25 112,226 23 484,465 23 197,549 25 244,797
7	– 15 913,8996 16 151,8369 – 19 302,9214	20 653,2958 – 3 717,5030 15 214,3653 – 6 839,4026	1 022,9116 20 638,2458 15 238,9937 16 590,2523	24 406,657 23 053,547 21 936,845 25 096,336	24 349,787 23 103,030 22 004,358 25 006,331	24 566,339 22 908,805 21 839,544 25 190,742
	– 7 947,0894	24 907,2182	805,7475	23 286,737	23 264,832	23 404,009
8	– – 5 913,2955 – 16 095,1367 16 106,2096	3 465,9204 – 20 661,9942 – 3 492,5408 15 015,0170	20 569,3693 21 736,7707 1 366,1734 20 533,2385 15 480,9087	23 100,413 25 255,781 24 332,641 23 035,040 21 911,963	23 015,978 25 211,072 24 274,915 23 085,516 21 979,066	23 207,149 25 240,402 24 491,665 22 889,512 21 814,099
9	– – 7 952,1985 – – 7 629,0945 –	– 7 039,0977 24 891,7103 4 990,4330 – 20 558,4496	16 367,6351 1 182,1981 19 779,1363 21 393,9818 – 695,5191	25 174,245 23 206,263 23 058,685 25 293,248 24 784,488	25 084,102 23 183,996 22 973,050 25 242,376 24 728,429	25 268,877 23 323,558 23 174,304 25 290,122 24 943,418
10	15 016,4745 16 382,6999 – – 7 896,5183 –	– 4 873,2712 16 159,3121 – 5 793,7280 24 908,8834 5 236,3465	21 083,9388 13 976,1087 17 639,0443 – 1 077,6882 19 630,4816	23 169,383 22 080,297 24 710,395 23 697,539 23 056,675	23 213,942 22 149,812 24 621,204 23 678,076 22 970,854	23 028,378 21 985,771 24 803,765 23 814,896 23 173,7768

Продовження таблиці 13.2.1

1	2	3	4	5	6	7
11	- 7 913,3673 - 14 839,2133 16 428,9784 -	- 20 528,9203 - 5 110,2340 16 337,6999 - 5 575,3946	21 318,4703 - 1 039,0270 21 157,0622 13 713,2936 17 835,5689	25 304,077 24 860,668 23 197,133 22 112,708 24 634,068	25 252,203 24 804,904 23 240,722 22 182,611 24 545,062	25 302,379 25 018,871 23 056,285 23 018,130 24 726,652
12	- 7 881,9727 - - 8 196,9354 - 14 662,8459	24 893,8637 5 479,7721 - 20 495,7814 - 5 348,9994	1 453,9265 19 477,0779 21 237,7481 1 382,2745 21 224,8050	23 137,330 23 056,080 25 316,202 24 353,581 23 226,383	23 115,108 22 970,076 25 263,336 24 295,015 23 269,004	23 253,608 23 174,054 25 316,527 24 512,788 23 086,293
13	16 475,1430 - - 7 866,1447 - 8 479,7162	16 512,4805 - 5 354,0836 24 873,6782 5 720,6554 -	13 447,2108 18 027,5627 1 829,7868 19 318,9630 21 151,8332	22 146,328 24 558,077 23 055,127 23 056,897 25 024,326	22 216,601 24 469,263 23 032,622 22 970,717 25 035,726	22 052,296 24 650,483 23 171,275 23 176,331 24 915,081
14	- 14 487,4354 16 521,1288 - - 7 849,1185	20 458,9978 - 5 589,5074 16 683,6256 - 5 129,8363 24 848,3111	1 725,1757 21 287,1517 13 177,9238 18 214,9766 2 205,1715	24 285,558 23 257,117 22 181,143 24 482,442 22 973,649	24 226,535 23 298,784 22 251,803 24 393,828 22 950,865	24 444,877 23 117,787 22 087,656 24 574,681 23 089,642
15	- - 8 761,6272 - 14 313,0438 16 566,8705	5 958,9435 13 850,7176 20 418,5354 - 5 831,6968 16 851,1085	19 156,1756 21 060,7451 - 2 067,6445 21 344,0886 12 905,4970	23 059,126 20 993,894 25 089,836 23 289,323 22 217,134	22 972,771 20 944,018 25 035,645 23 330,040 22 288,165	23 180,623 21 077,016 25 248,753 23 151,353 22 124,791
16	- - 7 830,9792 - - 5 339,4785 16 458,8066	- 4 902,6956 24 817,7491 2 940,5235 - - 3 049,2186	18 397,7630 2 579,9828 20 793,2636 21 808,7329 20 307,5475	24 407,185 22 892,935 23 125,574 25 253,861 23 002,751	24 318,775 22 869,874 23 041,561 25 211,252 23 055,222	24 499,864 23 009,348 23 229,360 25 234,388 22 855,820
17	- 16 015,9911 19 657,7861	20 669,4761 14 606,2667 - 7 428,8039	2 051,5846 15 953,6063 15 909,9901	24 183,742 21 865,497 24 616,547	24 126,133 21 932,370 24 679,404	24 342,561 21 766,498 24 451,546
	- 7 956,7700 -	24 845,7658 2 674,8809	1 934,0802 20 897,6689	23 046,69 23 139,641	23 024,314 23 056,449	23 163,950 23 241,962
18	- 5 052,5885 16 381,2027 16 641,0964 15 971,5194 - 7 956,0761	- 20 668,3548 - 2 830,9547 14 396,9479 24 815,4009	21 836,7427 2 393,5624 20 186,9183 16 184,2751 2 309,3164	25 254,292 23 486,172 22 988,384 21 844,532 22 968,243	25 213,343 23 562,278 23 042,456 21 910,987 22 945,513	25 233,374 23 420,838 22 841,338 21 745,561 23 0086,033
19	- - 7 344,1997 15 373,4199 16 290,0587 -	4 742,0874 - - 4 404,9867 15 791,8357 20 418,5354	19 923,0056 21 464,2656 20 921,6182 14 491,6847 - 2 067,6445	23 062,108 25 283,720 23 118,432 22 019,156 25 090,436	22 976,666 25 233,857 23 164,947 22 087,883 25 035,644	23 176,247 25 278,560 22 975,921 21 923,527 25 248,753
20	- - 7 058,7658 16 336,3721 - 7 866,1447 8 479,7162	4 491,3668 - 15 997,3468 24 873,6782 -	20 062,0540 21 529,3063 14 235,5931 1 829,7868 21 151,8332	23 066,947 25 275,500 22 060,307 23 055,127 25 024,326	22 981,699 25 226,653 22 129,406 23 032,623 25 035,727	23 179,604 25 268,300 21 965,332 23 171,875 24 915,681

Примітка: Номер варіанта N відповідає двом останнім цифрам номера залікової книжки. Координати супутників вибираються за номером N', що дорівнює залишку від ділення N на 20, у цьому разі варіанти 1 – 20 і 61 – 80 використовують ровер – 1, варіанти 21 – 40 і 81 – 100 використовують ровер – 2, і варіанти 41 – 60 – ровер – 3.

Таблиця 13.2.2 – Попередні координати польового приймача і висота квазігеоїда над еліпсоїдом

№ (роверів)	Попередні координати польового приймача			Висота ζ_j
	X^0	Y^0	Z^0	
1	453,0	3638,0	5201,0	– 31,25
2	356,0	3626,0	5217,0	– 30,27
3	617,0	3579,0	5224,0	– 35,44

Таблиця 13.2.3 – Координати базової СТАНЦІЇ в системі WGS – 84, отримані шляхом спостережень абсолютним методом

№ вар.	Координати базової станції		
	$\bar{X}_i$	$\bar{Y}_i$	$\bar{Z}_i$
1	459531,28	3644015,64	5197087,25
2	459526,44	3644005,66	5197037,28
3	459581,23	3643955,34	5197127,12
4	459564,77	3643994,58	5197104,45
5	459582,19	3644077,24	5197133,20
6	459532,28	3644025,67	5197180,29
7	459611,24	3644119,32	5197137,14
8	459572,35	3644025,36	5197099,40
9	459581,02	3644034,14	5197188,15
10	459577,98	3644125,69	5197181,25
11	459433,55	3644106,47	5197082,11
12	459591,20	3643925,77	5197152,11
13	459605,99	3643966,08	5197006,01
14	459539,21	3643885,94	5197191,36
15	459539,20	3644211,11	5197182,88
16	459577,12	3644044,44	5197011,10
17	459542,20	3644015,60	5197087,25
18	459553,31	3644015,46	5197087,25
19	459564,45	3644015,33	5197087,25
20	459573,67	3644015,22	5197087,25

Істинні координати базової станції:

$$B_{i,84} = 54^{\circ}55'53,888'', \quad L_{i,84} = 82^{\circ}48'45,406'', \quad H_{i,84} = 98,794 \text{ м.}$$

Таблиця 13.2.4 – Параметри референс – еліпсоїдів

№	Назви параметрів	Розмірність	Загальземний	Еліпсоїд
1	Велика вісь, a_E	м	6378137	6378245
2	Знаменник стиснення, $1/\alpha$	б/р	298,257223563	298,3
3	Квадрат ексцентриситету e^2	б/р	$6,694379990 \cdot 10^{-3}$	$6,6934215 \cdot 10^{-3}$

Таблиця 13.2.5 – Параметри для переходу від системи WGS – 84 до СК – 42

Параметри переносу (м)			Масштаб	Кути обертання		
T_X	T_Y	T_Z	m	ω_X	ω_Y	ω_Z
– 22,52	126,59	78,84	$0,89 \cdot 10^{-6}$	0,165"	0,089"	0,627"

Порядок виконання роботи і приклад

Визначення координат польового приймача в системі WGS – 84 вирішенням засічки по псевдодальності (абсолютний метод)

Потрібно виписати вихідні дані для свого варіанта: координати супутників і псевдодальності з таблиці 13.2.1 і попередні координати приймача-ровера з таблиці 13.2.2. Приклад у таблиці 13.2.1 дається для деякого абстрактного варіанта, без номера.

Таблиця 13.2.6 – Координати супутників і пункту та виміряні псевдодальності

	X	Y	Z	$\tilde{\rho}$
1	– 17 263,7861	4 742,0874	19 923,0056	23 062,1089
2	– 18 822,6372	– 6 009,0440	17 438,0388	24 787,0364
3	15 373,4199	– 4 404,9867	20 921,6182	23 118,4326
4	16 243,8233	15 602,8117	14 744,3224	21 990,4531
5	– 8 761,6272	13 850,7176	21 060,7451	20 993,8943
ровер	453,5	3638,3	5200,7	

Складемо систему рівнянь поправок у виміряні псевдодальності у вигляді:

$$-e_{X,j}^k dX_j - e_{Y,j}^k dY_j - e_{Z,j}^k dZ_j + b_j + l_\rho = v_\rho, \quad j=1, \quad k=5. \quad (33)$$

де $d\mathbf{R}_j = (dX_j, dY_j, dZ_j)^T$ – вектор поправок у попередні координати пункту спостережень $\mathbf{R}_j^0 = (X_j^0, Y_j^0, Z_j^0)^T$, $e_{X,j}^k, e_{Y,j}^k, e_{Z,j}^k$ – направляючі косинуси топоцен – тричних напрямів на супутник, що визначаються за формулами (29), (30), b_j – вклад зсуву шкали годин приймача в псевдодальності. Отримані коефіцієнти й вільні члени заносимо в таблицю 13.2.7; стовпець для v_ρ поки не заповнюється.

Таблиця 13.2.7 – Коефіцієнти і вільні члени рівнянь спостережень

№№	Дальність	$-e_{X,j}^k$	$-e_{Y,j}^k$	$-e_{Z,j}^k$	1	l_ρ	v_ρ
1	23 062,238	0,76824	–	–	1	0,129	– 0,6
2	24 786,955	0,77767	0,38921	–	1	– 0,081	0,3
3	23 117,888	–	0,34792	–	1	– 0,545	– 0,05
4	21 990,101	–	–	–	1	– 0,352	– 0,06
5	20 994,119	0,43894	–	–	1	0,225	0,3

Введемо позначення:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} -l_j^1 & -m_j^1 & -n_j^1 & 1 \\ -l_j^2 & -m_j^2 & -n_j^2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -l_j^5 & -m_j^5 & -n_j^5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 & d_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 & d_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_5 & b_5 & c_5 & d_5 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{l} = \begin{bmatrix} l_{\rho_j^1} \\ l_{\rho_j^2} \\ \dots \\ l_{\rho_j^5} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X}_i = \begin{bmatrix} dX_j \\ dY_j \\ dZ_j \\ b_j \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_5 \end{bmatrix}, \quad (34)$$

тоді систему рівнянь (33) можна записати в матричному вигляді:

$$\mathbf{AX} + \mathbf{l} = \mathbf{v}. \quad (35)$$

Оскільки отримана система рівнянь поправок є перевизначення (5 рівнянь при 4-х невідомих), то рішення виробляється по МНК за умовою $[vv] = \min$. Для цього складається система нормальних рівнянь:

$$\mathbf{NX} + \mathbf{L} = \mathbf{0}, \quad (36)$$

де

$$\mathbf{N} = \mathbf{A}^T \mathbf{A}, \quad \mathbf{L} = \mathbf{A}^T \mathbf{l}. \quad (37)$$

Складаємо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{aligned} [aa] &= 2,31972 & [ab] &= 0,21853 & [ac] &= -0,45548 & [ad] &= 0,62144 & [al] &= 0,73935 \\ [bb] &= 0,80748 & [bc] &= 0,20543 & [bd] &= -0,34126 & [bl] &= -0,14525 \\ [cc] &= 1,87276 & [cd] &= 3,00155 & [cl] &= 0,31103 \\ [dd] &= 5 & [dl] &= -0,625 \end{aligned}$$

Рішення системи нормальних рівнянь проводиться будь – яким відомим студенту методом (визначників, виключення невідомих методом Гаусса-Дулітла, звернення матриці коефіцієнтів тощо). Формально рішення системи в матричному вигляді записується у такий спосіб:

$$\mathbf{X} = -\mathbf{N}^{-1}\mathbf{L}, \quad (38)$$

де $\mathbf{N}^{-1}$ – зворотна за відношенням до матриці. Для прикладу отримано:

$$\mathbf{N} = \begin{bmatrix} 2,31972 & 0,21853 & -0,45548 & 0,62144 \\ 0,21853 & 0,80748 & 0,20543 & -0,34126 \\ -0,45548 & 0,20543 & 1,87276 & -3,00155 \\ 0,62144 & -0,34126 & -3,00155 & 5,00000 \end{bmatrix}; \mathbf{L} = \begin{bmatrix} 0,73935 \\ 0,14525 \\ 0,31103 \\ 0,62500 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{Q} = \mathbf{N}^{-1} = \begin{bmatrix} 0,48558 & -0,16199 & 0,56580 & 0,26825 \\ -0,16199 & 1,32925 & -0,19897 & -0,00859 \\ 0,56580 & -0,19897 & 14,76383 & 8,77897 \\ 0,26825 & -0,00859 & 8,77897 & 5,43618 \end{bmatrix}; \mathbf{X} = \begin{bmatrix} -0,2968 \\ 0,2348 \\ 0,7676 \\ 0,5997 \end{bmatrix}.$$

Знаходимо координати пункту:

$$\tilde{\mathbf{R}}_j = \mathbf{R}_j^0 + d\mathbf{R}_j \quad (39)$$

і зрушення шкали годин приймача:

$$dt_j = b_j / c, \quad (40)$$

де $c = 299792,458$ км/с – швидкість розповсюдження електромагнітної хвилі.

$$\tilde{\mathbf{R}}_j = \begin{bmatrix} 453,5 \\ 3638,3 \\ 5200,7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0,2698 \\ 0,2348 \\ 0,7676 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 453,2032 \\ 3638,5348 \\ 5201,4676 \end{bmatrix}, dt_j = 1,9985 \text{ мкс.}$$

Оцінка точності визначення координат польового приймача і часу.

Обчислюються поправки v_ρ у вимірних псевдодальностях з використанням формули (31), і за ними знаходиться середня квадратична помилка одиниці ваги:

$$\mu = \sqrt{[vv] / (n - k)}, \quad (41)$$

де n – число вимірювань, k – число невідомих.

Для оцінки точності координат і часу на пункті j знаходиться кореляційна матриця $\mathbf{Q} = \mathbf{N}^{-1}$. Тоді середні квадратичні помилки визначення координат m_X , m_Y , m_Z та часу m_T можна знайти за формулами:

$$m_X = \mu \sqrt{q_{11}}, \quad m_Y = \mu \sqrt{q_{22}}, \quad m_Z = \mu \sqrt{q_{33}}, \quad m_T = \frac{\mu}{c} \sqrt{q_{44}}, \quad (42)$$

а повна помилка положення пункту знаходиться за формулою:

$$M = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2 + m_Z^2} = \mu \sqrt{q_{11} + q_{22} + q_{33}} = \mu \cdot PDOP. \quad (43)$$

Величина PDOP (Position Delution of Precision – позиційне пониження точності), звана геометричним фактором, характеризує вплив геометрії мережі, тобто взаємного розташування сузір'я супутників і пункту на точність визначення координат абсолютним методом. Зазвичай ця точність недостатньо висока для геодезичного застосування через помилки ефемерид супутників, неврахованого впливу тропосфери, іоносфери, режиму SA зашумлення GPS та інших джерел помилок. Під час диференціального визначення координат пунктів, коли декілька помилок однаково спотворює координати та базовому і польовому приймачі (корельовані помилки) точність визначення значно підвищується і залежно від типу апаратури може досягати 0.5–2.0 м.

У прикладі отримано: $\mu = 0,68$ м, $PDOP = \sqrt{0,48 + 1,33 + 14,76} = 4,07$,

$$M = 2,77 \text{ м}, \quad m_T = 5,3 \text{ нс}.$$

*Обчислення диференціальних поправок за результатами
вимірювань на базовій станції*

Істинні координати базової станції в системі WGS – 84 відомі в формі геодезичних координат $B_{i,84}, L_{i,84}, H_{i,84}$, а отримані зі спостережень – у формі декартових координат $X_{i,84}, Y_{i,84}, Z_{i,84}$. Для обчислення диференціальних поправок перетворимо геодезичні координати базової станції в прямокутні:

$$\begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N + H_i) \cos B_i \cos L_i \\ (N + H_i) \cos B_i \sin L_i \\ [N(1 - e^2) + H_i] \sin B_i \end{bmatrix}, \quad (44)$$

де N – радіус кривизни еліпсоїда WGS – 84 в першому вертикалі:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B_i}}. \quad (45)$$

Диференціальні поправки знайдемо так:

$$\begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \tilde{X}_i \\ \tilde{Y}_i \\ \tilde{Z}_i \end{bmatrix}. \quad (46)$$

Для базової станції маємо:

B_i	$56^{\circ}21'15,33''$	a	6378,137 км	X_i	479,5695 км
L_i	$82^{\circ}13'07,98''$	e^2	$6,69438 \cdot 10^{-3}$	Y_i	3509,5448 км
H_i	155,21 м	N	6 392,9837 км	Z_i	5286,5277 км

$$\tilde{X}_i = 479,5034, \tilde{Y}_i = 3509,4215, \tilde{Z}_i = 5286,6301, \Delta X = 0,0661, \Delta Y = 0,1233, \Delta Z = -0,1024.$$

Виправлення координат польового приймача

На практиці поправки передаються від базової станції до польового приймача або у процесі постобробки, або по радіоканалу в реальному часі (режим DGPS).

$$\begin{bmatrix} X_j \\ Y_j \\ Z_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{X}_j \\ \tilde{Y}_j \\ \tilde{Z}_j \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}. \quad (47)$$

Виправляємо координати польового приймача:

$\tilde{X}_j$	453,2032	$\tilde{Y}_j$	3638,5348	$\tilde{Z}_j$	5201,4676
ΔX_j	0,0661	ΔY_j	0,1233	ΔZ_j	– 0,1024
X_j	453,2693	Y_j	3638,6581	Z_j	5201,3652

Перетворення координат пункту із системи WGS – 84 в систему координат користувача й перехід від прямокутних координат до геодезичних

Переклад координат із системи WGS – 84 в іншу координатну систему, наприклад, в систему СК – 42, виконується за формулою:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{СК42} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m & \omega_Z & -\omega_Y \\ -\omega_Z & m & \omega_X \\ \omega_Y & -\omega_X & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS}. \quad (48)$$

де $\mathbf{T} = (T_X, T_Y, T_Z)^T$ – вектора переносу, тобто початок координат системи СК – 42 в системі WGS – 84, $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$ – малі кути обертання, виражені в радіанній мірі, m – малий скаляр, що характеризує відмінність від одиниці відносини того самого елемента довжини в різних системах (масштабний коефіцієнт).

Необхідно перетворити координати приймача, дотримуючись розмірності кутових і лінійних величин:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{CK-42} &= \begin{bmatrix} 453,2693_{км} \\ 3638,6581_{км} \\ 5201,3652_{км} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -25,52_{м} \\ 126,59_{м} \\ 78,84_{м} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0,89 \cdot 10^{-6} & 0,627/\rho & -0,089/\rho \\ -0,627/\rho & 0,89 \cdot 10^{-6} & 0,165/\rho \\ 0,089/\rho & -0,165/\rho & 0,89 \cdot 10^{-6} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 453_{км} \\ 3639_{км} \\ 5201_{км} \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} 453,2693_{км} \\ 3638,6581_{км} \\ 5201,3652_{км} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -25,52_{м} \\ 126,59_{м} \\ 78,84_{м} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (0,40+11,06-1,57)_{м} \\ (-1,38+3,24+5,11)_{м} \\ (0,19-2,91+4,63)_{м} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 453,2567_{км} \\ 3638,7917_{км} \\ 5201,4460_{км} \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Під час переходу від прямокутних координат до геодезичних довгота визначається за формулою:

$$L = \arctan \frac{Y}{X}, \quad (49)$$

а широту можна обчислити ітеративним методом:

$$B^{(i)} = \arctan \frac{Z + N^{(i-1)} e^2 \sin B^{(i-1)}}{r}, \quad (50)$$

де номер ітерації, які повторюються, поки $|B^i - B^{(i-1)}| \geq \varepsilon$ (ε – точність обчислень); r – радіуса паралелі пункту:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (51)$$

а величина $N^{(i-1)}$ знаходиться за широтою з попереднього наближення. В початковому наближенні вважаємо:

$$B^{(0)} = \arctan(Z/r). \quad (52)$$

Еліпсоїдальна висота H визначається за формулою:

$$H = \frac{Z}{\sin B} - N(1 - e^2). \quad (53)$$

r	3666,9123	$B^{(2)}$	54,99795°	B	54°59'52,627"
$B^{(0)}$	54,81695°	$B^{(3)}$	54,997952 °	L	82°53'58,81"
$B^{(1)}$	54,99755°	$B^{(4)}$	54,997952 °	H	124,2 м

Для переходу від еліпсоїдальної висоти H до нормального H' (над квазігеоїда) необхідно врахувати висоту квазігеоїда над еліпсоїдом ζ на місці спостереження польовим приймачем:

$$H'_j = H_j - \zeta_j \quad (54)$$

Отримуємо: $H' = 124.2 \text{ м} - (-31.25 \text{ м}) = 155.45 \text{ м}$.

Точність нормальної висоти залежить не тільки від точності визначення еліпсоїдальної висоти GPS – приймачем, а також від вивченості геоїда в районі робіт.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Khan, A. M. II. Intercity passenger transportation: energy efficiency and conservation case study [Text] / A. M. Khan // Transportation Planning and Technology. – 1981. – Vol. 7, № 1. – P. 1–9. doi: [10.1080/03081068108717200](https://doi.org/10.1080/03081068108717200)
2. Friman, M. Implementing Quality Improvements in Public Transport [Text] / M. Friman // Journal of Public Transportation. – 2004. – Vol. 7, № 4. – P. 49–65. doi: [10.5038/2375-0901.7.4.3](https://doi.org/10.5038/2375-0901.7.4.3)
3. Crozet, Y. The Prospects for Inter – Urban Travel Demand [Text] / Y. Crozet // The Future for Interurban Passenger Transport. – Organisation for Economic Co – Operation and Development (OECD), 2010. – P. 57–94. doi: [10.1787/9789282102688-3-en](https://doi.org/10.1787/9789282102688-3-en)
4. Nokandeh, M. M. Determination of Passenger – Car Units on Two – Lane Intercity Highways under Heterogeneous Traffic Conditions [Text] / M. M. Nokandeh, I. Ghosh, S. Chandra // Journal of Transportation Engineering. – 2016. – Vol. 142, № 2. – P. 4015040. doi: [10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000809](https://doi.org/10.1061/(asce)te.1943-5436.0000809)
5. Schwieterman, J. Intercity Buses: 2015 Was A Smooth Ride [Electronic resource] / J. Schwieterman // New Geography. – 02.10.2016. – Available at: \www/URL: <http://www.newgeography.com/content/005157-intercity-buses-2015-was-a-smooth-ride>
6. Borndorfer, R. Integrated Optimization of Rolling Stock Rotations for Intercity Railways [Text] / R. Borndorfer, M. Reuther, T. Schlechte, K. Waas, S. Weider // Transportation Science. – 2016. – Vol. 50, № 3. – P. 863–877. doi: [10.1287/trsc.2015.0633](https://doi.org/10.1287/trsc.2015.0633)
7. Li, T. A Demand Estimator Based on a Nested Logit Model [Text] / T. Li // Transportation Science. – 2016. – P. 41–59. doi: [10.1287/trsc.2016.0671](https://doi.org/10.1287/trsc.2016.0671)
8. Prasolenko, O. The Human Factor in Road Traffic City [Text] / O. Prasolenko, O. Lobashov, A. Galkin // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. – 2015. – Vol. 1, № 3. – P. 77–84.
9. Grigorova, T. Transport Fatigue Simulation of Passengers in Suburban Service [Text] / T. Grigorova, Yu. Davidich, V. Dolya // International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. – 2015. – Vol. 1, № 2. – P. 47–50.
10. Grigorova, T. Assessment of elasticity of demand for services of suburban road passenger transport [Text] / T. Grigorova, Yu. Davidich, V. Dolya // Technology audit and production reserves. – 2015. – № 3/2 (23). – P. 13–16. doi: [10.15587/2312-8372.2015.44768](https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44768)
11. JSC «Ukrzaliznytsia» [Electronic resource]. – Available at: \www/URL: <http://www.uz.gov.ua/>

Навчальне видання

ДОЛЯ Костянтин Вікторович,
ДОЛЯ Олена Євгенівна

Геоінформаційні системи на транспорті

ПОСІБНИК ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ТА САМОСТІЙНИХ ЗАНЯТЬ

Відповідальний за випуск *К. А. Мамонов*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарової*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 30.01. 2017 р.

Друк на ризографі

Зам. №

Формат 60 * 84/16

Ум. друк. арк. 6,5

Тираж 300 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4705 від 28.03.2014 р.