

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Прийняття рішень засобами ГІС»
для студентів 4 курсу
рівень вищої освіти – «бакалавр»
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні групи забезпечення
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
від «__»_____ 2021 року протокол №

Голова групи _____ Мещеряков В.І.

Затверджено на засіданні
кафедри Інформаційних технологій
протокол № 9 від 18.05.2021 р.

В.о. зав. кафедри _____ Казакова Н.Ф.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт
з дисципліни «Прийняття рішень засобами ГІС»
для студентів 4 курсу
рівень вищої освіти – «бакалавр»
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

ОДЕСА – 2021

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Прийняття рішень засобами ГІС» для студентів 4 курсу очної форми навчання, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / Укладачі: к.геогр.н., доц. Кузніченко С.Д., доктор філософії з комп'ютерних наук, ас. Бучинська І.В.

Зміст

Передмова	5
Лабораторна робота № 1 «Структуризація проблеми. Обробка геоданих для виконання багатокритеріального аналізу рішень»	7
Лабораторна робота № 2 «Стандартизація та перекласифікація шарів критеріїв»	19
Лабораторна робота № 3 «Способи формалізації експертних знань та переваг ОПР. Розрахунок ваг важливості критеріїв»	30
Лабораторна робота № 4 «Агрегування атрибутів критеріїв операторами нечіткого та зваженого накладання»	37
Лабораторна робота № 5 «Інтерпретування результатів аналізу. Формування рекомендацій для ОПР»	46

Передмова

Освоєння дисципліни «Прийняття рішень засобами ГІС» на сучасному рівні необхідно для формування у студентів комплексного підходу до розробки прикладних геоінформаційних технологій на основі знань з теорії прийняття рішень та геоінформатики. Вивчення дисципліни «Прийняття рішень засобами ГІС» повинно сформувати навички застосування та інтегрування моделей та методів прийняття рішень у геоінформаційні системи в професійній діяльності.

Метою методичних вказівок є вивчення студентами загальних і спеціальних знань та придбання практичних навичок з методологічних та технологічних основ створення геоінформаційних систем підтримки прийняття рішень в різних прикладних областях.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні **знати**:

- основи теорії прийняття рішень і експертного оцінювання; моделі та методи прийняття рішень за умов багатокритеріальності та їх формалізація в географічному просторі; методи прийняття рішень за умов нечіткості інформації, невизначеності та ризику; моделі та методи групового прийняття рішень; технології інтеграції методів прийняття рішень в геоінформаційні системи.

вміти:

- застосовувати методи та моделі теорії прийняття рішень для обґрунтування та прийняття управлінських і технічних рішень засобами ГІС, за умов багатокритеріальності, невизначеності та ризику; використовувати та створювати інструменти програмної реалізації моделей прийняття рішень; інтегрувати методи прийняття рішень та багатокритеріального аналізу рішень в геоінформаційні системи.

Дисципліна «Прийняття рішень засобами ГІС» відноситься до варіативної частини КПК 1 спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Логічно і змістовно-методично дисципліна базується на компетенціях, сформованих при вивченні дисциплін: алгоритмізація та програмування, організація баз даних та знань, методи та моделі нечіткої логіки, просторове моделювання та ГІС-аналіз, картографічні WEB-сервіси, технологія створення програмних продуктів+теорія прийняття рішень.

Методика проведення та оцінювання лабораторних робіт

Контроль проводиться в формі:

– *усного опитування* при підготовці до лабораторної роботи з метою допуску до її виконання (кількість запитань – до 5, максимальна кількість балів – 5),

– *захисту результатів* лабораторної роботи наведених у звіті до лабораторної роботи (кількість запитань залежить від ходу виконання студентом роботи і якості звіту, інформація щодо максимальної кількості балів за кожну лабораторну роботу наведена в табл.1).

Таблиця 1 – Максимальна кількість балів за захист лабораторних робіт

№ ЛР	Назва лабораторної роботи	Максимальна кількість балів	Загальний бал за ЛР
1	Структуризація проблеми. Обробка вихідних геоданих для завдання багато критеріального аналізу рішень.	5	10
2	Стандартизація та перекласифікація шарів критеріїв	10	15
3	Способи формалізації експертних знань та переваг ОПР. Розрахунок ваг важливості критеріїв.	10	15
4	Агрегування атрибутів критеріїв операторами нечіткого та зваженого накладання	5	10
5	Інтерпретування результатів аналізу. Формування рекомендацій для ОПР.	5	10

Якщо студент за *усне опитування* одержав 2 і менше балів він не допускається до виконання роботи.

Підсумковою оцінкою за кожну лабораторну роботу буде сума балів за *усне опитування* і *захист результатів*. Якщо обов'язкові заходи контролю виконуються студентом після строків, визначених у програмі навчальної дисципліни, кількість балів, що може отримати студент, не може перевищувати 60% від максимально можливої для цієї форми контролю.

Перед виконанням кожного заняття студенти проходять інструктаж з техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії про отримання якого ставиться позначка у відповідному журналі.

Лабораторна робота № 1

«Структуризація проблеми. Обробка геоданих для виконання багатокритеріального аналізу рішень»

Мета лабораторної роботи – навчитися визначати фактори впливу на вирішення просторової задачі прийняття рішень, будувати ієрархію прийняття рішень, виконувати декомпозицію множини об'єктів території, що впливають на рішення, в результаті якої формувати критерії оцінки у вигляді окремих тематичних растрових шарів карти в середовищі ГІС.

Завдання лабораторної роботи – для задачі багатокритеріального аналізу рішень згідно отриманого варіанту:

1. Визначити основні фактори впливу на вирішення задачі багатокритеріального прийняття рішень.
2. Побудувати ієрархію багатокритеріального прийняття рішень.
3. Сформувати множину критеріїв та альтернатив за якими буде виконуватися багатокритеріальний аналіз рішень.
4. Імпортувати векторні шари геоданих для території, що досліджується, з картографічного веб-сервісу OpenStreetMap.
5. Виконати декомпозицію множини об'єктів території, що впливають на рішення, в результаті якої сформувати критерії оцінки у вигляді окремих тематичних векторних шарів критеріїв.
6. Визначити просторові обмеження, що впливають на рішення, у вигляді векторних шарів карти.
7. Виконати перетворення шарів критеріїв з векторної моделі даних у растрову.

Теоретичний матеріал до виконання лабораторної роботи №1

Розглянемо етапи виконання лабораторної роботи на прикладі задачі пошуку придатної ділянки для будівництва нової школи.

В даній роботі багатокритеріальний аналіз рішень та побудова моделі придатності для пошуку місць будівництва школи буде виконуватися за допомогою бібліотеки ArcGIS Spatial Analyst.

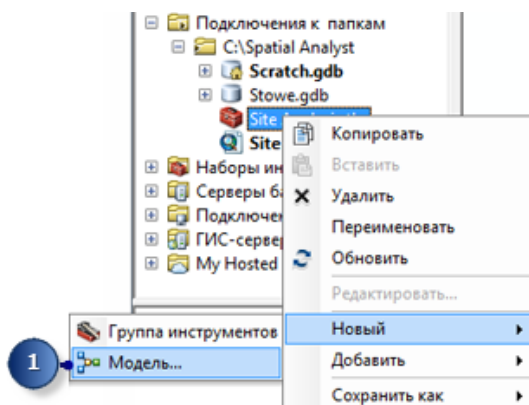
Вихідними наборами є наступні карти території, що досліджується: землекористування (landuse), цифрова модель рельєфу (elevation), зони відпочинку (rec_sites) і розташування існуючих шкіл (schools).

В якості критеріїв оцінки будуть прийняті: похил, відстань до місць відпочинку і відстань до існуючих шкіл.

Створення нової моделі

Модель будується шляхом з'єднання інструментів в послідовність у вікні ModelBuilder. Після створення моделі можна експериментувати зі значеннями параметрів, використовувати різні вхідні дані, запускати модель знову і знову і ділитися нею з іншими користувачами.

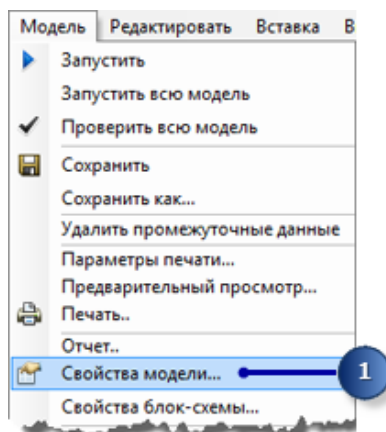
1. Клацніть правою кнопкою миші набір інструментів Site Analysis Tools і скористайтеся командою **Новий > Модель**



Відкриється пусте вікно сеансу ModelBuilder .

Перейменування моделі

1. У головному меню моделі клацніть **Модель > Властивості моделі** .

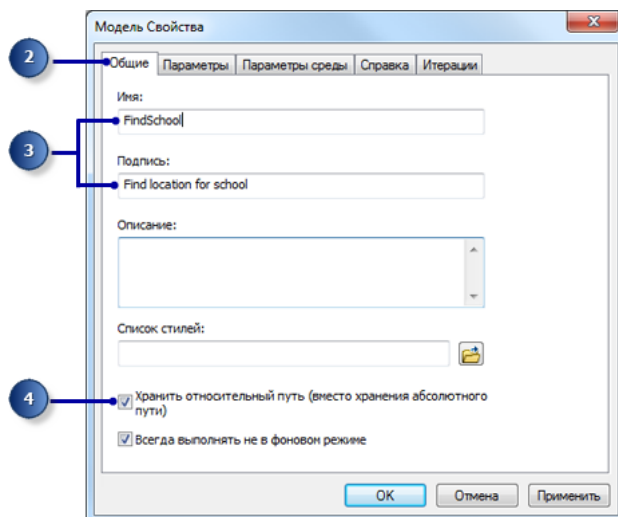


2. Клацніть закладку **Загальні**.

3. Введіть **FindSchool** в текстове поле **Ім'я і Пошук місця для школи** в текстове поле **Підпись**.

Ім'я використовується в скриптах і в вікні Python . Підпис показується в списку інструментів.

4. Встановіть позначку **Зберігати відносні шляхи** (замість абсолютних шляхів).



Включення цієї опції робить всі шляхи, що використовуються інструментом, відносними до розташування набору інструментів; тому, якщо модель переміщається в іншу папку, вона все одно зможе працювати.

Визначення параметрів середовища

Перед тим, як починати аналізувати свої дані, необхідно задати пов'язані з ними параметри середовища.

1. Виберіть закладку **Параметри середовища**.
2. Розкрийте **Екстент обробки** і встановіть позначку **Екстент**.
3. Розкрийте **Аналіз растра** і встановіть позначку **Розмір комірки**.

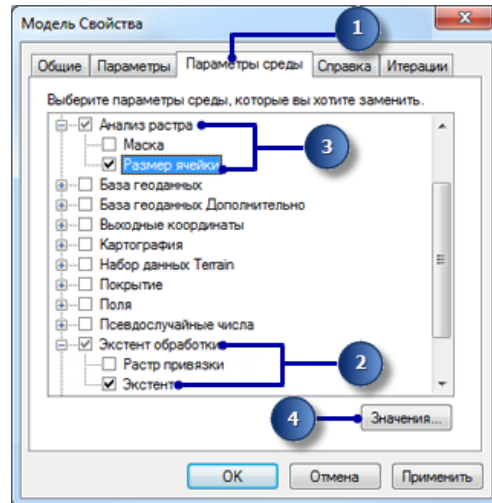
Підказка:

Параметри **Поточна робоча область** і **Тимчасова робоча область** уже встановлені, так як ці параметри середовища успадковуються з документа карти.

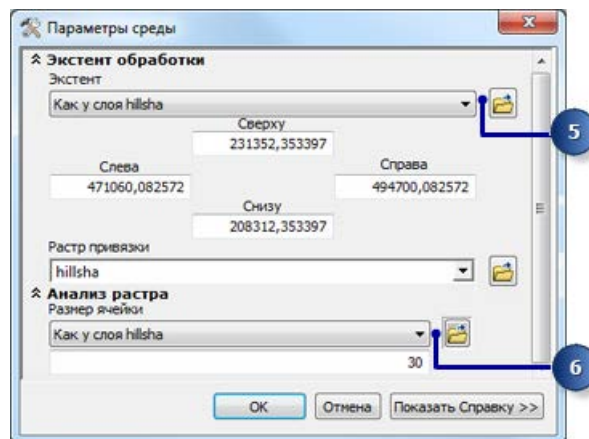
4. Клацніть **Значення**.
5. Розкрийте **Екстент обробки**. Встановіть **Екстент**, клацнувши стрілку спадаючого списку і вибравши **Як у шарі elevation**.
6. Розкрийте **Аналіз растра**. Встановіть **Розмір комірки**, клацнувши стрілку спадаючого списку і вибравши **Як у шарі elevation**.

Розмір комірки ЦМР буде застосований до всіх інших вихідних растрів. Набір даних ЦМР має найбільший розмір комірки (30 метрів).

Завдання розміру комірки менше, ніж сама велика комірка вхідних даних, НЕ означає, що в результаті буде отримано більш детальний растр; просто буде більше комірок з однаковими значеннями, що зможе вплинути на швидкості відображення і обчислення. І хоча програмне забезпечення не забороняє цього, вважається некоректним встановлювати розмір комірки менше, ніж сама велика комірка вхідних даних.



7. Клацніть **ОК** в вікні **Параметри середовища**.



8. Клацніть **ОК** в вікні **Властивості моделі**.

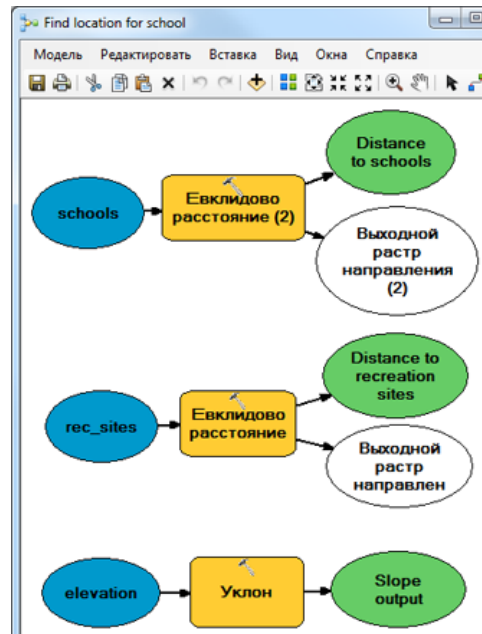
9. На панелі інструментів натисніть кнопку **Зберегти**.

Отримання наборів даних для побудови шарів критеріїв

Критеріями оцінки придатності ділянки для будівництва школи в даній задачі будемо вважати:

- Похил, що оцінюється відношенням різниці висот точок місцевості до відстані між точками за ЦМР.
- Відстань від зон відпочинку з набору даних rec_sites.
- Відстань від наявних шкіл з набору даних schools.

Початкові процеси моделі можуть виглядати наступним чином:





Перетягніть в модель з **таблиці змісту** шари elevation, rec_sites і schools .

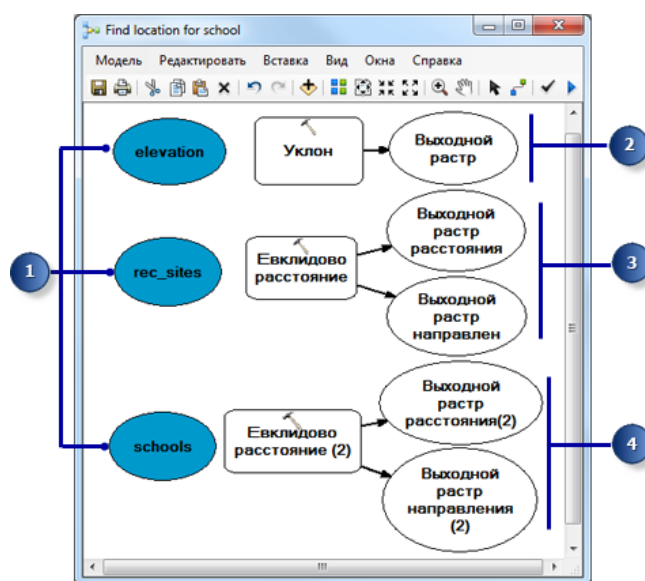
1. Виберіть і перетягніть в модель інструмент Похил з групи інструментів Поверхня Spatial Analyst, поєднавши його з даними шару elevation.



3. Знайдіть інструмент Евклидова відстань в групі інструментів Відстань набору інструментів Spatial Analyst. Виберіть і перетягніть інструмент Евклидова відстань в модель, поєднавши його з шаром rec_site.

4. Повторіть попередній крок, але інструмент Евклидова відстань поєднайте з шаром schools.

Кожний раз, коли один і той же інструмент додається в модель, в імені елемента, відповідного інструменту, з'являється номер. Коли інструмент Евклидова відстань був доданий в модель у другій раз, в імені інструменту з'явилося (2). За бажанням можна змінити підписи елементів, але це НЕ обов'язково.

5. Клацніть інструмент **Додати підключення** .
6. Приєднайте набір даних elevation до інструменту Похил. Щоб зробити це, клацніть набір даних elevation, потім клацніть інструмент Похил, після чого з'явиться спливаюче меню. Виберіть Вхідний растр.
7. Повторіть попередній крок, приєднавши rec_sites до інструменту Евклидова відстань і виберіть Вхідні растрові або векторні дані джерела у спливаючому меню. Аналогічно з'єднайте набір даних schools з інструментом Евклидова відстань (2) tool.
8. Клацніть інструмент **Обрати**  на панелі інструментів моделі, тому що інструмент **Додати підключення** більше не потрібний.



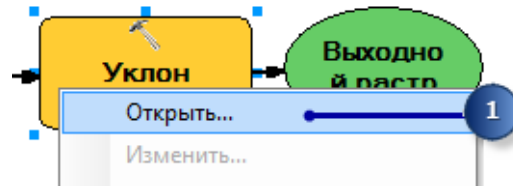
9. Клацніть кнопку **Автокомпоновка** , потім клацніть кнопку **Повний екстент**  для застосування властивостей поточної схеми до елементів і розміщення їх в вікні відображення.
10. На панелі інструментів Моделі клацніть кнопку **Зберегти**



Обчислення Похилу по ЦМР

Оскільки місцевість гориста, треба відшукати рівну ділянку для будівництва, і, отже, врахувати Похил поверхні.

1. Правою кнопкою миші клацніть інструмент Похил і виберіть **Відкрити** або двічі клацніть інструмент Похил.

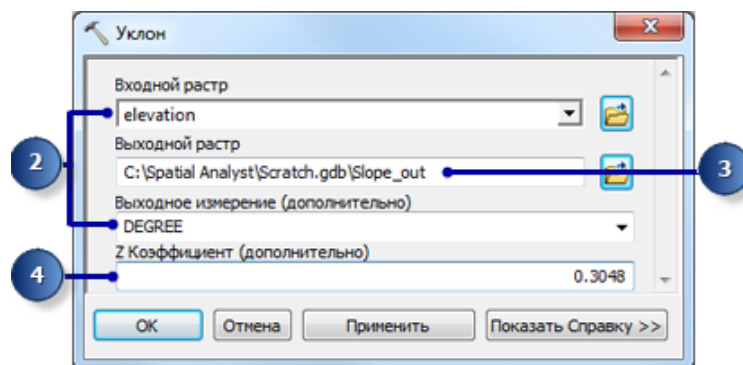


2. Залиште значення за замовчуванням в полях **Вхідний растр** і **Вихідні вимірювання**.

3. Залиште місце розташування за замовчуванням для значення параметра **Вихідний растр** але змініть його ім'я на **slope_out**.

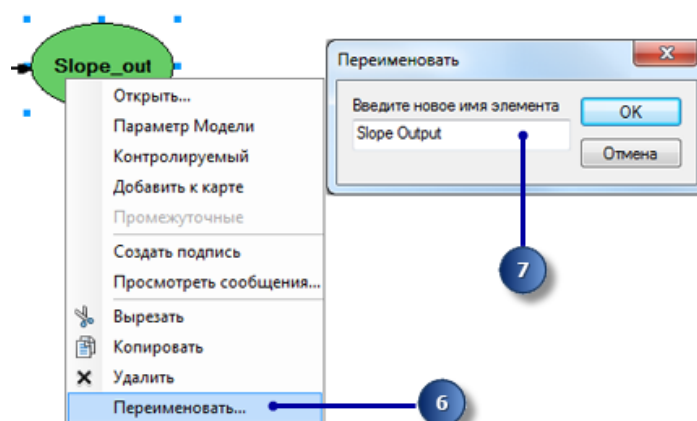
4. Для **Z-коефіцієнта**, введіть значення **0.3048**, щоб конвертувати z-значення в ті ж одиниці вимірювання, що і одиниці X, Y (з футів в метри).

5. Клацніть **ОК**.



6. Клацніть правою кнопкою миші вихідну змінну інструменту Похил і виберіть **Переименовать**.

7. Введіть **Slope Output** і натисніть **ОК**.

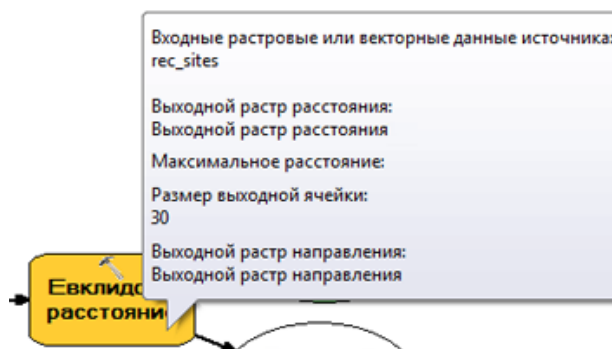


Побудова растрового шару відстаней від зон відпочинку

Щоб знайти ділянки, близькі до зон відпочинку, в першу чергу треба обчислити Евклидову відстань (відстань по прямій) до зон відпочинку.

1. Наведіть покажчик миші на інструмент Евклидова відстань, приєднаний до шару rec_sites. Можна переглянути всі установки параметрів за замовчуванням для цього інструменту. Чи не існує необхідності встановлювати будь-які з цих параметрів.

Приймаємо значення за замовченням для **Максимальна відстань**, тому цей параметр залишиться порожнім. В результаті, в якості максимальної відстані буде використана межа вихідного растру. **Вихідний розмір комірки** береться з параметра середовища, заданого раніше, і відповідає розміру комірки шару elevation. В даному випадку **Вихідний растр напрямку NE** потрібний.



2. Переименуйте вихідну змінну інструменту Евклидова відстань в **Відстань до зон відпочинку**.

Побудова растрового шару відстаней від шкіл

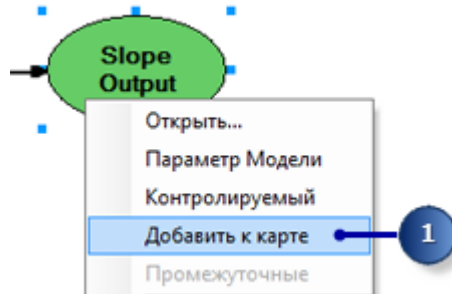
Щоб знайти відстані від вже наявних шкіл, в першу чергу, треба обчислити Евклидові (по прямій) відстані від них.

1. Наведіть покажчик миші на інструмент Евклидова відстань (2), приєднаний до шару schools. Можна переглянути всі установки параметрів за замовчуванням для цього інструменту. Чи не існує необхідності встановлювати будь-які з цих параметрів.

2. Переименуйте вихідну змінну інструменту Евклидова відстань (2) в **Відстань до шкіл**.

Запуск моделі для обчислення наборів даних

1. Клацніть правою кнопкою миші кожен вихідний змінну (Вихідний похил, Відстані до зон відпочинку і Відстань до шкіл), потім клацніть **Додати до карти**.

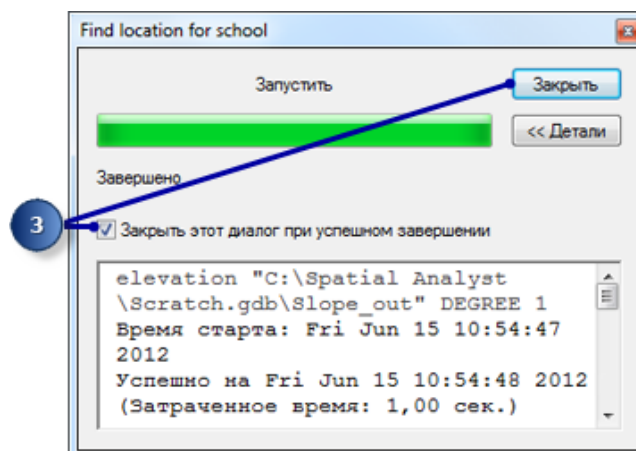


Коли відзначено властивість **Додати до карти**, одержувані дані, пов'язані з цим елементом, будуть відображатися при кожному запуску моделі.

2. Клацніть кнопку **Запустіть** на панелі інструментів моделі щоб виконати три інструменту – Похил, Евклидову відстань і Евклидову відстань (2).

При запуску інструменту хід процесу записується в діалоговому вікні виконання, а елемент, що відноситься до інструменту, підсвічується червоним. Коли інструмент завершує роботу, він та його вихідні дані відображаються фігурами з тінню, що показує, що вихідні дані створені на диску.

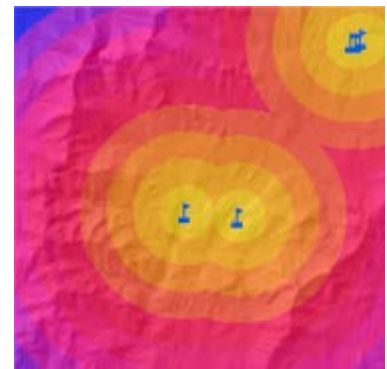
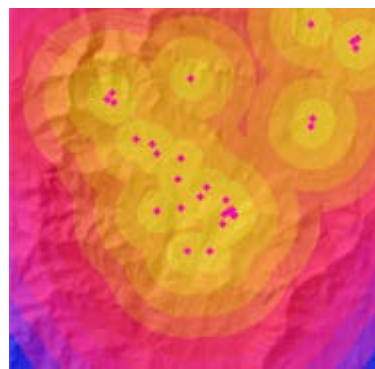
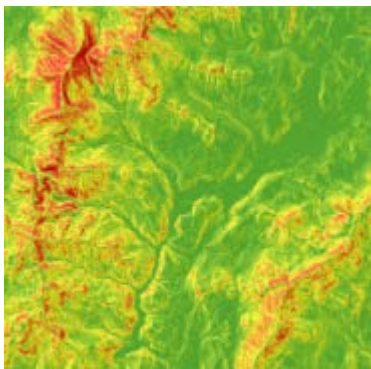
3. Якщо відкрито діалогове вікно обробки, встановіть позначку **Закрити цей діалог при успішному завершенні** і натисніть **Закрити**.



4. Перегляньте шар, доданий в ArcMap.

Щоб було краще видно, можна змінити прозорість цільового шару і показати шар відмивання під ним, щоб створювалося враження справжнього рельєфу.

На вихідному шарі Похилу круті схили виділені червоним, пологі – зеленим. На шарі **Відстаней до зон відпочинку**, відстані збільшуються по мірі видалення від зон відпочинку. На шарі **Відстані до шкіл**, відстані збільшуються по мірі видалення від шкіл.



Вихідна карта похилу

Карта віддаленості від
зон відпочинку

Карта віддаленості
від шкіл

Варіанти завдань

Для виданого варіанту завдання визначити 3-5 критеріїв оцінки придатності території та 3 обмежувальних фактора.

1. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню аптеки.
2. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню кафе.
3. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню промислового підприємства.
4. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню орендованого житла.
5. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню полігону твердих побутових відходів.
6. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню торговельного центру.
7. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню спортивного майданчика.

8. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню молодіжного розважального центру.
9. Задача багатокритеріального аналізу рішень по розміщенню аеродромів та вертодромів сільгоспавіації.
10. Будь-яка інша задача багатокритеріального прийняття рішень, яка узгоджена з викладачем.

Контрольні питання

1. Назвіть інструменти ГІС які можуть бути використані для врахування просторових обмежень на розміщення об'єктів (наприклад, санітарних зон).

2. Опишіть процедуру декомпозиції множини об'єктів території, що впливають на рішення, на окремі шари критеріїв. Які умови повинні бути враховані?

3. Яким умовам повинні відповідати критерії оцінки в просторових задачах багатокритеріального аналізу рішень?

4. Яким чином виконується розрахунок Евклідової відстані для векторного шару в ГІС?

5. Як чином може впливати розмір комірки растру на рішення?

Прилади, устаткування та інструменти

Для виконання лабораторної роботи використовується ПЕОМ з установленим пакетом ESRI ArcGIS ArcMap 1.5 і вище. Для написання скриптів може бути використана мова програмування Python 3.0.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи регламентуються «Правилами техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії».

Порядок проведення лабораторної роботи

Для виконання роботи кожен студент повинен:

1. Відповісти на контрольні питання та пройти усне опитування за теоретичним матеріалом лабораторної роботи;
2. Пройти інструктаж за правилами охорони праці;
3. Отримати варіант завдання у викладача;

4. Розробити модель придатності;
5. Виконати відповідні етапи багатокритеріального аналізу рішень;
8. Отримати результати моделювання і показати їх викладачу;
9. Підготувати і захистити звіт до лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повин містити:

1. Титульний лист
2. Мета роботи, постановка проблеми.
3. Ієрархія багатокритеріального прийняття рішень для просторової задачі згідно отриманого варіанту.
4. Векторні шари карти, що містять об'єкти території, які істотно впливають на рішення.
5. Векторний обмежувальний шар, та опис етапів його побудови.
6. Растрові шари критеріїв та докладний опис алгоритмів їх побудови.
7. Висновки.

Лабораторна робота № 2 «Стандартизація та перекласифікація шарів критеріїв»

Мета лабораторної роботи – навчитися виконувати стандартизацію та перекласифікацію растрових шарів критеріїв на основі функцій належності до нечітких множин, запропонованих експертами для моделі придатності територій.

Завдання лабораторної роботи – для задачі багатокритеріального аналізу рішень згідно отриманого варіанту:

1. Визначати функції належності до нечітких множин, за якими буде виконано стандартизація растрових шарів критеріїв.
2. Побудувати таблиці перекласифікації для растрових шарів критеріїв.
3. Виконати перекласифікацію растрових шарів критеріїв за допомогою інструментів бібліотеки Spatial Analyst.

Теоретичний матеріал до виконання лабораторної роботи №2

Розглянемо етап стандартизації шарів критеріїв на прикладі задачі пошуку ділянки для будівництва школи з лабораторної роботи №1.

Отримання наборів даних, таких як похил або відстані до шкіл, є першим кроком в побудові моделі придатності. Кожна комірка растрових шарів містить значення для кожного критерію (похилу, землекористування, відстані до зон відпочинку і відстані до шкіл). Потрібно скомбінувати отримані набори даних, та отримати карту придатності, на якій будуть показані можливі місця розташування нової школи. Однак в такому вигляді ці набори даних скомбінувати ще неможливо – наприклад, неможна об'єднати комірку, в якій значення ухилу дорівнює 15 градусам, з коміркою зі значенням землекористування 7 (ліс).

Щоб скомбінувати набори даних, для них спочатку повинна бути встановлена єдина шкала вимірювань, наприклад від 0 до 1. Ця загальна шкала вимірювань допоможе визначити ступінь придатності конкретного місця – кожної комірки – для будівництва нової школи.

Високі значення позначають більш високу ступінь придатності ділянки і відповідність вимогам, що пред'являються до ділянки для будівництва школи.

Для перекласифікації шарів критеріїв може бути використаний підхід заснований на теорії нечітких множин.

Тобто, вибір придатного місця розташування лише на основі чітких, фіксованих меж класифікації альтернатив (точок території, що досліджується) призводить до прийняття обмежених управлінських рішень. Щоб впоратися з невизначеністю і неточностями, пов'язаними з оцінкою придатності, де важко визначити чіткі межі, доцільним є застосування в моделі апарату теорії нечітких множин.

Традиційний спосіб представлення елемента множини A полягає в застосуванні функції належності $\mu_a(x)$, яка дорівнює 1, якщо елемент x належить до множини A , або дорівнює 0 в іншому випадку.

В нечітких системах елемент може належати до множини A частково, тобто $\mu_a(x) \subseteq [0,1]$. Конкретне значення функції належності називається ступенем або коефіцієнтом належності. Цей ступінь може бути визначена явно у вигляді функції належності.

Цей підхід дозволяє віднести територію не до одного, а до декількох класів за різними належностями, з межами між класами, які носять перехідний характер, що поліпшує і робить більш інформативними результати просторового аналізу.

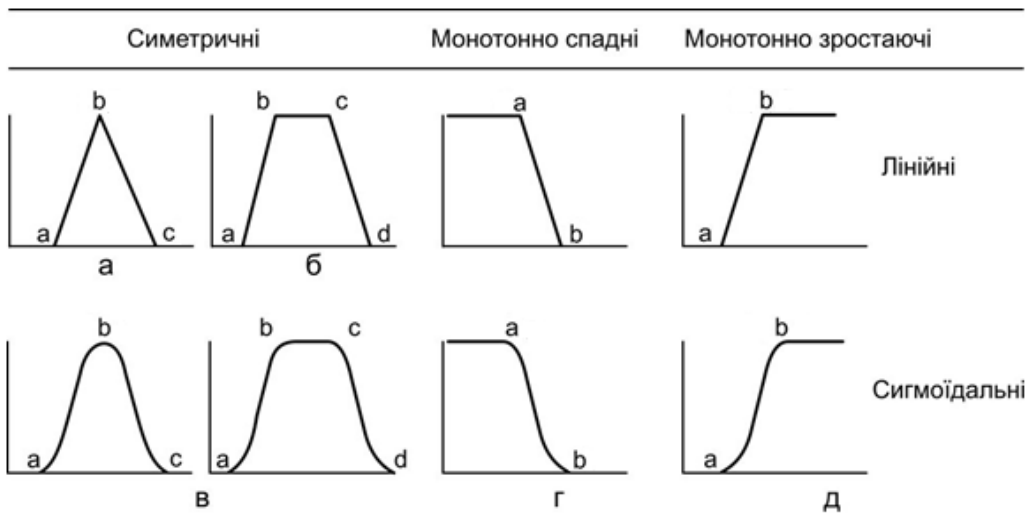
Таким чином, опис просторової інформації на основі апарату теорії нечітких множин базується на перетворенні значень атрибутів k -го шару у значення ступені належності до нечіткої множини \tilde{V}_k :

$$\tilde{V}_k = \{ (a, \mu_v^k(a)) / a \in U \}, \mu_v^k(a) : a \rightarrow [0,1],$$

де a – значення атрибуту, U – безперервна множина значень атрибутів.

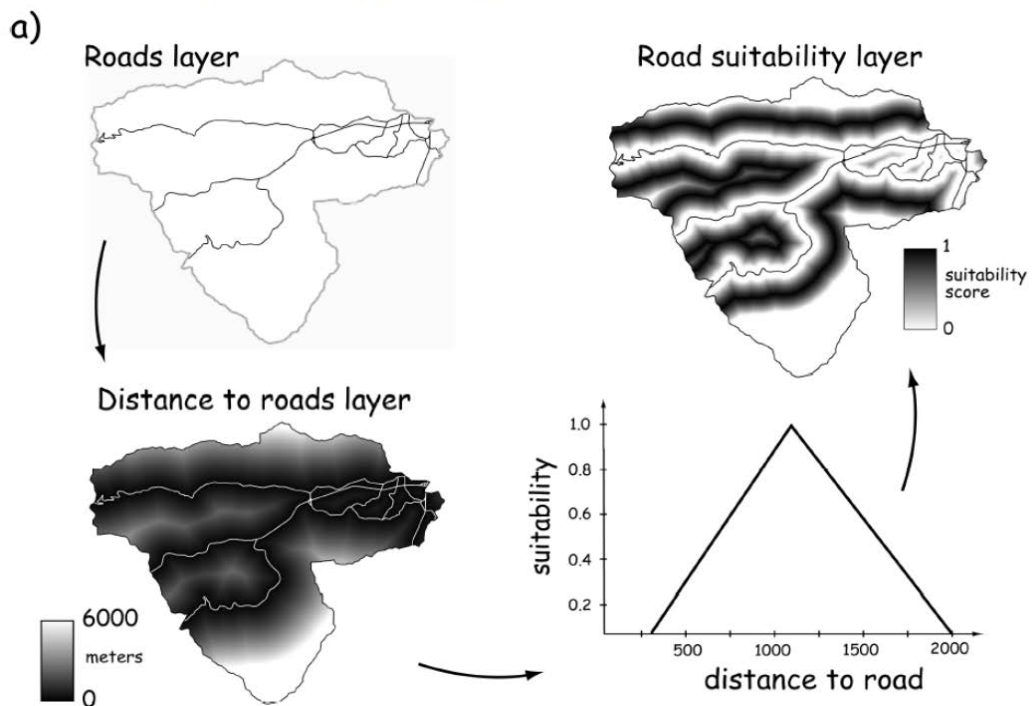
На практиці часто застосовуються такі види функцій належності: лінійні, трикутні і трапецієподібні (лінійно-кускові); нелінійні (функція Гауса, сигмоїдальна функція, сплайн).

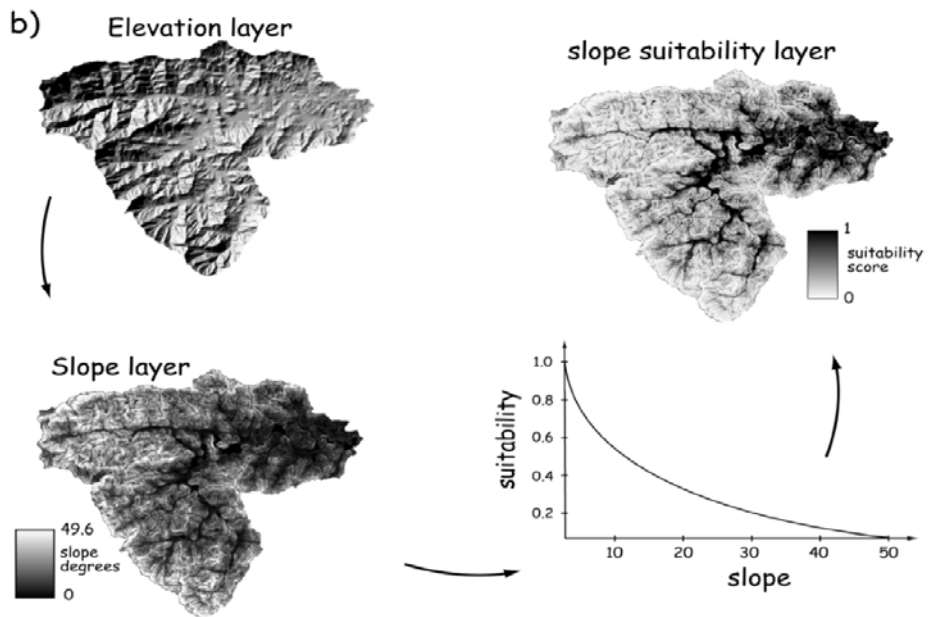
Щоб виконати перекласифікацію можна використати у моделі відповідний інструмент бібліотеки Spatial Analyst. Але він дозволяє виконати перекласифікацію у діапазоні цілих чисел, наприклад, від 1 до 10. Щоб отримати діапазон від 0 до 1 треба додатково використати калькулятор растру, в якому поділити пере класифіковані значення на 10.



Типи функцій належності, що можуть бути використані для стандартизації критеріїв: а) – трикутна ФН; б) – трапецієподібна ФН; в) – П-образна ФН; г) – Z-образні ФН; д) – S-образні ФН

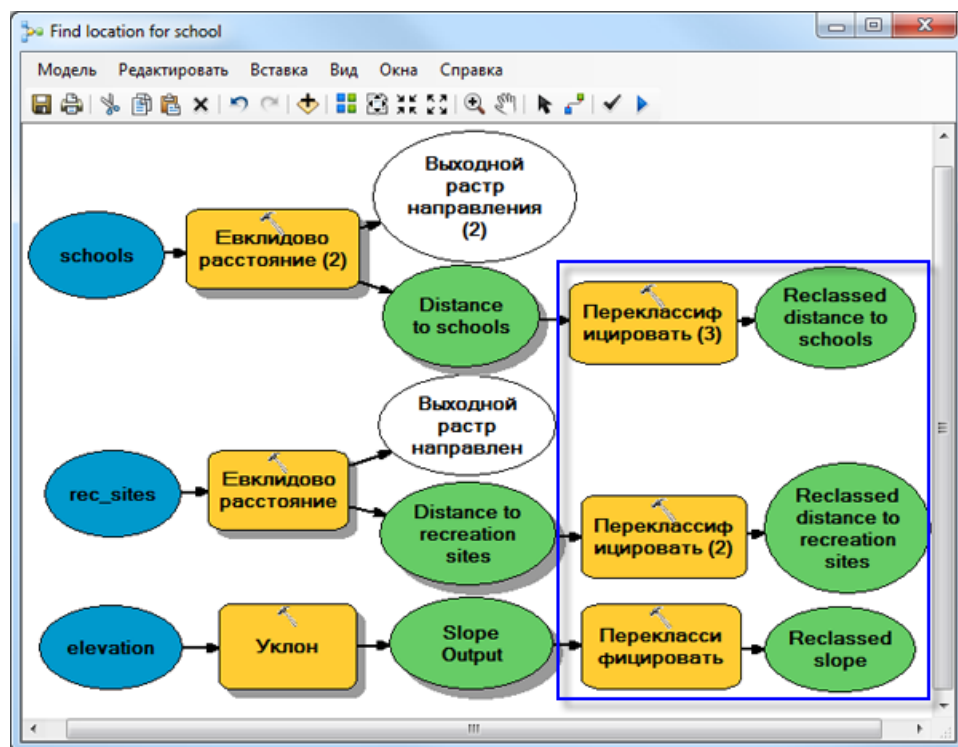
Нижче наведені приклади фазифікації шарів критеріїв





Розглянемо алгоритм перекласифікації:

1. У наборі інструментів Інструменти Spatial Analyst знайдіть інструмент Перекласифікація і перетягніть його в вікно ModelBuilder до елемента Похил. Додайте ще один інструмент Перекласифікація до Відстань до зон відпочинку і ще один - до Відстань до шкіл.

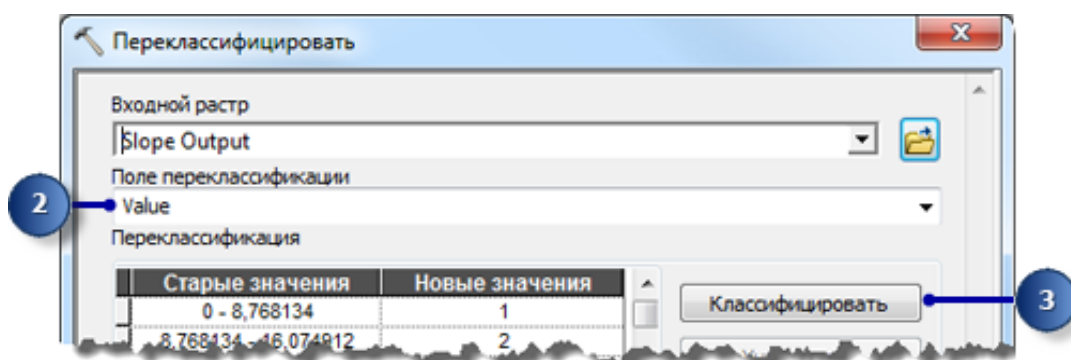


2. Клацніть інструмент **Додати підключення**. Використовуйте інструмент для з'єднання.

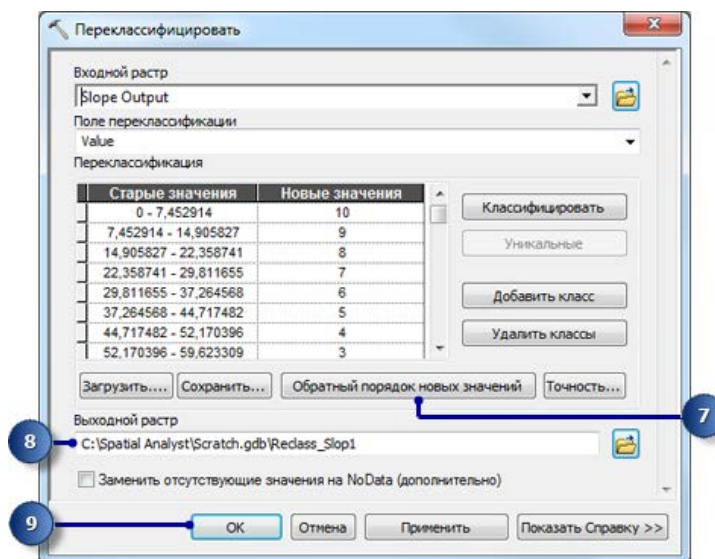
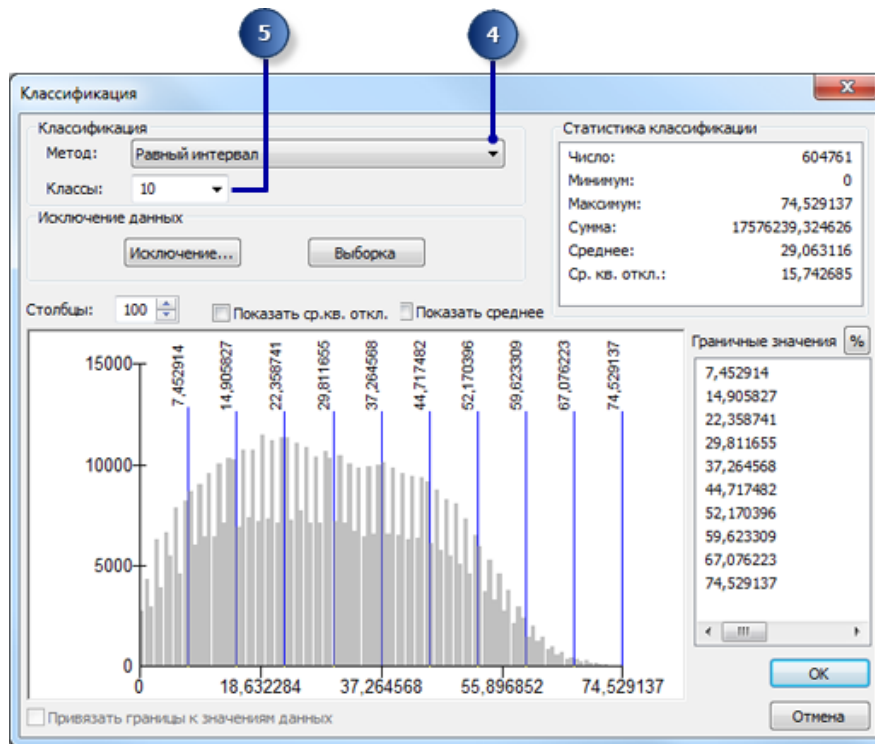
Перекласифікація похилу

Бажано розміщувати нові школи на відносно плоских ділянках. Задайте функцію належності для критерію. Перекласифікуйте дані похилу за даною функцією належності. Позначте значенням 10 – діапазон найбільш придатних схилів (з мінімальним похилом), 1 – діапазону найменш придатних схилів (найбільш крутих), і лінійно розподіліть інші значення, що знаходяться між ними.

1. Відкрийте інструмент **Перекласифікація**, пов'язаний з змінною **Похил**.
2. Прийміть значення за замовчуванням для параметру **Поле перекласифікації**, щоб використовувати поле **Значення**.
3. Клацніть **Впорядкувати**.
4. Клацніть стрілку спадаючого списку **Метод** і виберіть **Рівний інтервал**.



5. У спадному списку **Класи** виберіть **10**.
6. Клацніть **ОК**.
7. Клацніть **Зворотний порядок нових значень**.
Зворотний порядок нових значень застосовується для того, щоб найменш круті схили отримали самі високі нові значення, оскільки ці області в найбільшій мірі підходять для будівництва.
8. Залиште значення за замовчуванням для параметра **Вихідний растр**.
9. Клацніть **ОК**.
10. Переіменуйте вихідну змінну інструменту **Перекласифікація** в **Перекласифікований похил**.



Перекласифікація відстаней до зон відпочинку

Школа повинна розташовуватися як можна ближче до зон відпочинку. Перекласифікуємо значення відстаней до зон відпочинку, призначивши значення 10 діапазону відстаней найближчих до зон відпочинку (найбільш придатні місця розташування), значення 1 – діапазону відстаней, що представляють області, далекі від зон відпочинку (найменш придатні місця

розташування), і потім лінійно розподілимо інші значення, що знаходяться між ними.

1. Відкрийте інструмент Перекласифікація, пов'язаний з змінною Відстань до зон відпочинку.

2. Прийміть значення за замовчуванням для параметру **Поле перекласифікації**, щоб використовувати поле **Значення**.

3. Клацніть **Класифікувати**.

4. Виберіть **Метод Рівний інтервал** і змініть число **Класів** на **10**.

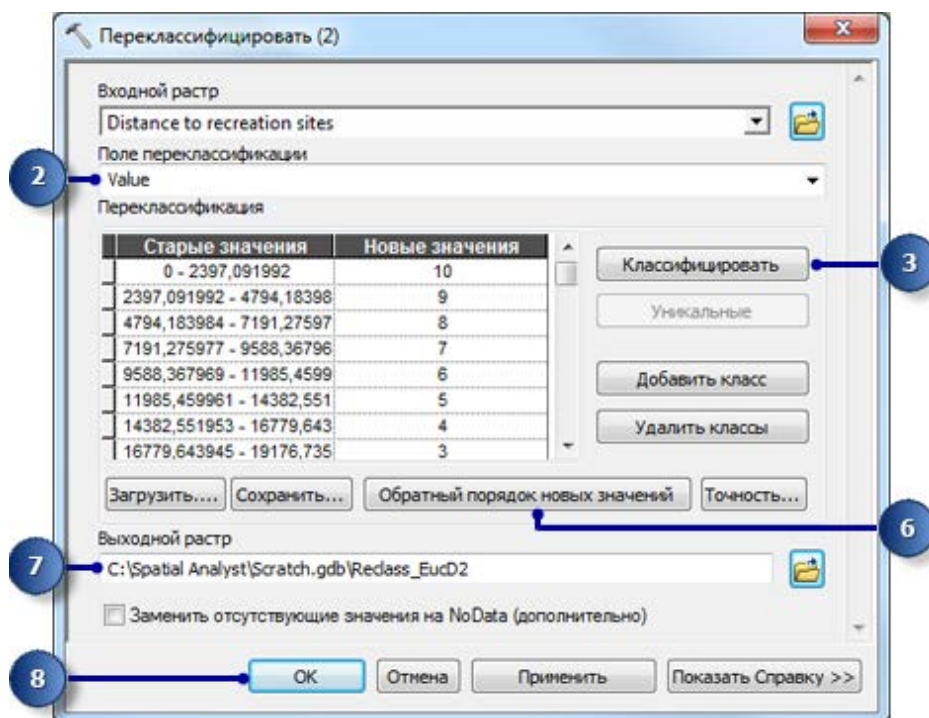
5. Клацніть **ОК**.

6. Клацніть **Зворотний порядок нових значень**.

Зворотний порядок нових значень визначає, що ділянки з найменшою відстанню до зон відпочинку отримують самі високі значення, оскільки вони більше підходять для будівництва школи.

7. Прийміть шлях і ім'я по замовчуванням для параметра **Вихідний растр**.

8. Клацніть **О**.



9. Переіменуйте вихідну змінну інструменту Перекласифікація (2) в **Перекласифіковані відстані до зон відпочинку**.

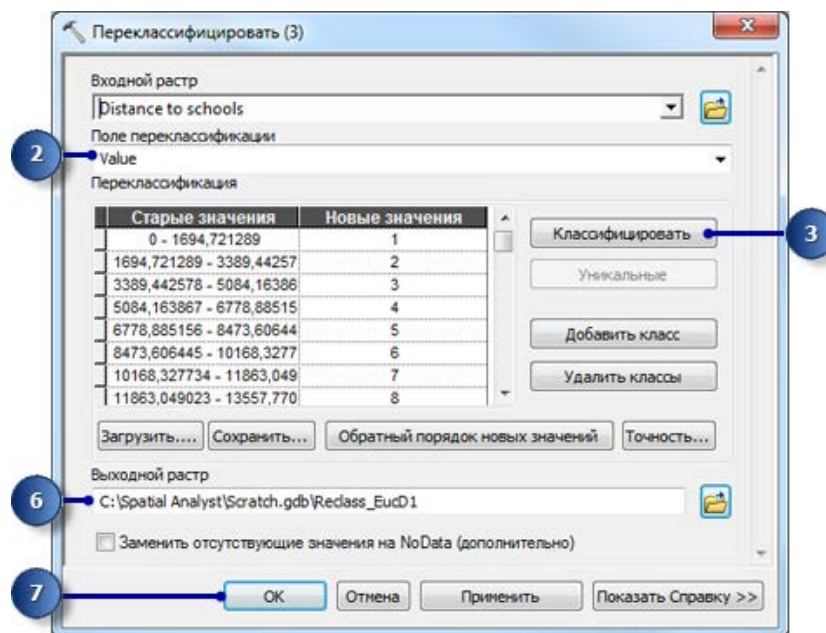
Перекласифікація відстаней до шкіл

Нову школу необхідно розташувати на відстані від існуючих, щоб уникнути перетину зон обслуговування. Перекласифікуємо шар Відстані до шкіл, призначивши значення 10 областям, найбільш віддаленим від існуючих шкіл (найбільш придатним місцям розташування), значення 1 – областям поблизу існуючих шкіл (найменш придатним місцям розташування), і потім лінійно розподілимо інші значення, що знаходяться між ними.

1. Відкрийте інструмент Перекласифікація.
2. Прийміть значення за замовчуванням для параметру **Поле перекласифікації**, щоб використовувати поле **Значення**.
3. Клацніть **Класифікувати**.
4. Виберіть **Метод Рівний інтервал** і встановіть число **Класів** на **10**.
5. Клацніть **ОК**.

Треба розташувати школу далеко від існуючих шкіл, тому потрібно призначити великі числа для діапазонів значень, що представляють віддалені місця, які є найбільш переважними. Оскільки за замовчуванням високі **Нові значення** (більш придатні місця) присвоюються більш високим діапазонами **Старих значень** (місця, віддалені від існуючих шкіл), не потрібно нічого змінювати.

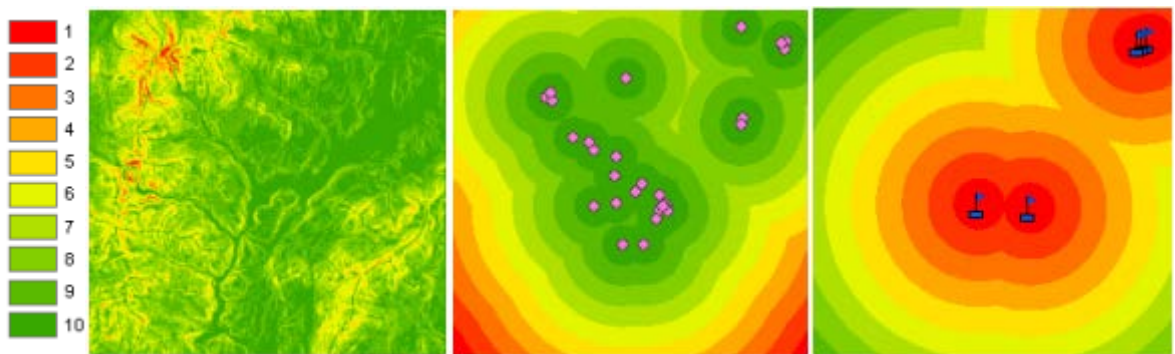
6. Залиште значення за замовчуванням для параметра **Вихідний растр**.
7. Клацніть **ОК**.



Переименуйте вихідну змінну для інструменту Перекласифікація (3) в **Перекласифіковані відстані до шкіл**.

Виконання операції Перекласифікація

1. Клацніть правою кнопкою кожну з вихідних змінних (перекласифікувати похил, перекласифікувати відстань до зон відпочинку і перекласифікувати відстань до шкіл) і виберіть **Додати в відображення**.
2. Клацніть **Запустити**, щоб виконати інструменти Перекласифікація моделі.
3. На панелі інструментів натисніть кнопку **Зберегти**.
4. Перегляньте шар, доданий в ArcMap. Можна налаштувати карту, змінивши умовні позначення.



Похил

Відстань від зон
відпочинку

Відстань від шкіл

Місця з високими значеннями (з пологими схилами, поблизу зон відпочинку і далеко від існуючих шкіл), більш придатні, ніж місця з низькими значеннями (з крутими схилами, далеко від зон відпочинку і поблизу від існуючих шкіл).

Варіанти завдань

Лабораторна робота №2 виконується для моделі придатності, побудованої студентом згідно отриманого варіанту в лабораторній роботі №1.

Контрольні питання

1. Що таке стандартизація шарів критеріїв і з якою метою її виконують?
2. Які методи можуть бути використані для стандартизації шарів критеріїв. Назвіть їх переваги і недоліки.

3. Опишіть процедуру стандартизації шарів критеріїв з використанням функцій належності до нечітких множин. Які переваги має вона в порівнянні з іншими методами стандартизації шарів критеріїв?

4. Які інструменти бібліотеки Spatial Analyst використовуються для стандартизації шарів критеріїв?

5. Як чином можна отримати значення комірок в діапазоні від 0 до 1, після виконання інструменту Перекласифікація?

Прилади, устаткування та інструменти

Для виконання лабораторної роботи використовується ПЕОМ з установленим пакетом ESRI ArcGIS ArcMap 1.5 і вище. Для написання скриптів може бути використана мова програмування Python 3.0.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи регламентуються «Правилами техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії».

Порядок проведення лабораторної роботи

Для виконання роботи кожен студент повинен:

1. Відповісти на контрольні питання та пройти усне опитування за теоретичним матеріалом лабораторної роботи;
2. Пройти інструктаж за правилами охорони праці;
3. Отримати варіант завдання у викладача;
4. Розробити модель придатності;
5. Виконати відповідні етапи багатокритеріального аналізу рішень;
8. Отримати результати моделювання і показати їх викладачу;
9. Підготувати і захистити звіт до лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повин містити:

1. Титульний лист
2. Мета роботи, постановка проблеми.
3. Графіки функції належності до нечітких множин, за якими буде виконано стандартизацію растрових шарів критеріїв.
4. Розраховані таблиці перекласифікації для растрових шарів критеріїв.

5. Растрові шари критеріїв, отримані в результаті перекласифікації на основі нечітких функцій належності.
6. Висновки.

Лабораторна робота № 3

«Способи формалізації експертних знань та переваг ОНР. Розрахунок ваг важливості критеріїв»

Мета лабораторної роботи – навчитися виконувати розрахунок ваг важливості критеріїв та вивчити різні способи формалізації експертних знань та переваг осіб, що приймають рішення.

Завдання лабораторної роботи – для задачі багатокритеріального аналізу рішень згідно отриманого варіанту:

1. Розрахувати ваги важливості критеріїв використовуючи метод парних порівнянь.
2. Побудувати матрицю парних порівнянь та надати всі проміжні розрахунки ваг критеріїв.
3. Виконати перевірку узгодженості вторити розрахунки.

Теоретичний матеріал до виконання лабораторної роботи №3

Вага – це значення, яке присвоєне критерію та вказує на його важливість щодо інших критеріїв, що розглядаються. Існує ряд методів, запропонованих для оцінки ваги критеріїв. Методи можна класифікувати на: ранжування, оцінювання, парне порівняння та ентропійний підхід. Вони ґрунтуються на припущенні просторової однорідності переваг. Ці методи вимагають, щоб особи, що приймають рішення, визначали свої переваги стосовно критеріїв оцінки. Метод на основі ентропії забезпечує альтернативний підхід до зважування критеріїв. На відміну від методів ранжування, оцінювання та парного порівняння, метод ентропії базується на вимірюванні інформації, що міститься у значеннях критеріїв.

Хоча використання конкретних методів оцінки ваги критеріїв залежить від контексту, є деякі бажані властивості, якими повинні мати ваги критерії незалежно від методу. Як правило, передбачається, що ваги критеріїв $w_1, w_2, \dots, w_k, \dots, w_n$

відповідають таким умовам: $0 \leq w_k \leq 1, \sum_{k=1}^n w_k = 1$. Чим більша

вага, тим важливішим є критерій. Ваги повинні бути співвідношеними. Якщо критерій С1 вдвічі більше 'важливіше', ніж С2, то $w_1 = 2w_2$; тобто $w_1 = 0,667$ і

$w_2 = 0,333$. Ваги повинні представляти компроміс, який готовий здійснити між двома критеріями.

Метод парних порівнянь

Метод парного порівняння був розроблений Saaty (1980) в контексті методу аналізу ієрархій (МАІ).

Одним з найважливіших кроків методу МАІ є побудова матриці C , де кожен елемент C_{ij} ($i; j = 1, \dots, n$) представляє відносну важливість критерію i в порівнянні з критерієм j . Для того, щоб висловити цю відносну важливість, ОПР може скористатися вербальною шкалою, яка потім перетворюється в фундаментальну шкалу абсолютних чисел, що приймає цілі значення від 1 до 9 (табл.1).

Таблиця 1 – Лінгвістичні шкала

Шкала Сааті	Визначення
1	відсутня перевага
3	слабка перевага
5	суттєва перевага
7	явна перевага
9	абсолютна перевага
2	проміжні значення між сусідніми значеннями шкали
4	
6	
8	

Крім того, елементи цієї матриці повинні дотримуватися наступної властивості узгодженості: $C_{ij}=1/C_{ji}, \forall i,j$.

При використанні 9-бальної шкали, матриця A приймає свої значення в наступному діапазоні $\left\{\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{9}, 1, 2, \dots, 9\right\}$.

В ідеальному випадку матриця є послідовною, тобто вона, природно, має таку властивість: $C_{ik} \times C_{kj}, \forall i,j,k$.

У цьому випадку матрицю попарних порівнянь C можна записати наступним чином:

$$C = \begin{bmatrix} w_1 / w_1 & w_1 / w_2 & \cdots & w_1 / w_n \\ w_2 / w_1 & w_2 / w_2 & \cdots & w_2 / w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n / w_1 & w_n / w_2 & \cdots & w_n / w_n \end{bmatrix} \quad (1)$$

де w_1, w_2, \dots, w_n є вагами критеріїв. Щоб знайти вектор $w(w_1, w_2, \dots, w_n)$, можна вирішити наступне рівняння:

$$C_w = \lambda_{max} w, \quad (2)$$

де λ_{max} – найбільше власне значення C . Сааті запропонував кілька методів для розрахунку наближених значень ваг критеріїв. Одним з найбільш часто застосовуваних є метод усереднення по нормалізованих стовпцях. По-перше, стовбці в матриці C нормалізують:

$$C_{kp}^* = \frac{C_{kp}}{\sum_{k=1}^n C_{kp}}, \quad (3)$$

для $k = 1, 2, \dots, n$. Ваги обчислюються наступним чином:

$$w_k = \frac{\sum_{p=1}^n C_{kp}^*}{n} \quad (4)$$

При використанні парних порівнянь може виникати небажаний ефект транзитивної неузгодженості в оцінках переваг одних об'єктів над іншими. Наприклад, з урахуванням трьох критеріїв оцінювання, C_1 , C_2 та C_3 , відношення транзитивності можна визначити так: якщо $C_1 > C_2$ і $C_2 > C_3$, то $C_1 > C_3$ (символ $>$ означає „кращий“). Відповідно до принципу транзитивності, послідовний набір парних порівнянь вимагатиме, що якщо $3C_1 > C_2$ (C_1 втричі кращий, ніж C_2), і $2C_2 > C_3$, то $6C_1 > C_3$. Однак можна стверджувати, що будь-яке судження людини певною мірою суперечливо. Наступні попарні порівняння: $3C_1 > C_2$ та $2C_2 > C_3$, $5C_1 > C_3$ є прикладом нечутливих відносин. Метод парного порівняння допускає такі непослідовні відносини. Міра невідповідності заснована на спостереженні, що $\lambda_{max} > n$ для додатних, зворотних матриць, і $\lambda_{max} = n$, якщо C – послідовна матриця. Для контролю узгодженості експертних оцінок Т. Сааті ввів дві пов'язані характеристики – індекс узгодженості (Consistency Index, C.I.) і відношення узгодженості (Consistency Ratio, C.R.):

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}, \quad (5)$$

де λ_{max} – найбільше власне значення.

Т. Саати також встановив набір контрольних значень $R.I.$, середніх відношень узгодженості, які залежать від кількості альтернатив. Коли $C.I.$ менша або рівна 10% від $R.I.$, рівень узгодженості вважається прийнятним.

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}, \quad (6)$$

де $R.I.$ – середнє відношення узгодженості, яке залежить від розміру вибірки (табл.2).

Розумний рівень узгодженості в парних порівняннях передбачається на рівні $C.R. < 0.10$, якщо $C.R. \geq 0.10$, це показує суперечливі судження.

Таблиця 2 – Значення випадкового індексу ($R.I.$) в залежності від рангу матриці

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Розглянемо приклад розрахунку ваг критеріїв для задачі пошуку місця розташування нової школи.

По-перше, треба побудувати матрицю парних порівнянь для критеріїв похил, відстань до зон відпочинку (позначено у матриці як Відстань 1) та відстань від існуючих шкіл (позначено у матриці як Відстань 2).

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2
Похил	1	4	7
Відстань 1	1/4	1	5
Відстань 2	1/7	1/5	1
Sum	1.393	5.2	13

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2
Похил	1	a_{12}	a_{13}
Відстань 1	a^{-1}_{12}	1	a_{23}
Відстань 2	a^{-1}_{12}	a^{-1}_{23}	1

Далі виконується нормалізація матриці парних порівнянь:

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2
Похил	1	a_{12}	a_{13}
Відстань 1	a_{12}^{-1}	1	a_{23}
Відстань 2	a_{12}^{-1}	a_{23}^{-1}	1
Sum	S_{c1}	S_{c2}	S_{c3}

$$|N| = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ S_{c1} & S_{c2} & S_{c3} \\ a_{12}^{-1} & 1 & a_{23} \\ S_{c1} & S_{c2} & S_{c3} \\ a_{13}^{-1} & a_{23}^{-1} & 1 \\ S_{c1} & S_{c2} & S_{c3} \end{bmatrix} \quad x_i = \begin{bmatrix} \frac{\sum row_1}{n} \\ \frac{\sum row_2}{n} \\ \frac{\sum row_3}{n} \\ n \end{bmatrix}$$

Після чого можуть бути розраховані ваги критеріїв:

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2
Похил	1	4	7
Відстань 1	1/4	1	5
Відстань 2	1/7	1/5	1
Sum	1.393	5.2	13

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2
Похил	0.718	0.769	0.538
Відстань 1	0.179	0.192	0.385
Відстань 2	0.102	0.039	0.077
Sum	1	1	1

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2	Вага
Похил		(sum(row))/3		0.675
Відстань 1		(sum(row))/3		0.252
Відстань 2		(sum(row))/3		0.073
Sum				1

Нижче наведено розрахунок індексу узгодженості оцінок матриці порівнянь:

Критерії	Похил	Відстань 1	Відстань 2		
Похил	0.675 *1	0.252*4	0.073*7	2.194/ 0.675	3.25
Відстань 1	0.675*0.23	0.252*1	0.073*5	0.786/ 0.252	3.119
Відстань 2	0.675*0.143	0.252*0.2	0.073*1	0.220/ 0.073	3.014

$$\lambda = \frac{3.250 + 3.119 + 3.014}{3} = 3.128$$

$$CI = (3.128 - 3) / (3 - 1) = 0.064$$

$$CR = 0.064 / 0.58 = 0.110 > 0.1$$

Результати розрахунку показують, що має місце неузгодженість оцінок експертів. Виконайте додатковий аналіз і визначте самостійно нові ваги критеріїв.

Варіанти завдань

Лабораторна робота №3 виконується для моделі придатності, побудованої студентом згідно отриманого варіанту в лабораторній роботі №1.

Контрольні питання

1. Приведіть порівняльний аналіз відомих вам методів розрахунку ваг критеріїв.
2. Опишіть процедуру розрахунку ваг критеріїв на основі ентропії. Які є проблеми у реалізації цього методу в ГІС?
3. Для чого в методі парних порівнянь виконується розрахунок індексу узгодженості оцінок?
4. Який з методів, на ваш погляд, найбільш підходить для розрахунку ваг критеріїв в ГІС? Чому?
5. Яким вимогам повинні відповідати ваги критеріїв?

Прилади, устаткування та інструменти

Для виконання лабораторної роботи використовується ПЕОМ з установленим пакетом ESRI ArcGIS ArcMap 1.5 і вище. Для написання скриптів може бути використана мова програмування Python 3.0.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи регламентуються «Правилами техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії».

Порядок проведення лабораторної роботи

Для виконання роботи кожен студент повинен:

1. Відповісти на контрольні питання та пройти усне опитування за теоретичним матеріалом лабораторної роботи;
2. Пройти інструктаж за правилами охорони праці;
3. Отримати варіант завдання у викладача;
4. Розробити модель придатності;
5. Виконати відповідні етапи багатокритеріального аналізу рішень;
8. Отримати результати моделювання і показати їх викладачу;
9. Підготувати і захистити звіт до лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повин містити:

1. Титульний лист
2. Мета роботи, постановка проблеми.
3. Розрахунки ваги важливості критеріїв методом парних порівнянь.
4. Матрицю парних порівнянь та всі проміжні розрахунки ваг критеріїв.
5. Розрахунки індексу узгодженості.
6. Висновки.

Лабораторна робота № 4

«Агрегування атрибутів критеріїв операторами нечіткого та зваженого накладання»

Мета лабораторної роботи – навчитися використовувати оператори нечіткого та зваженого накладання при виконанні багатокритеріального аналізу рішень в ГІС.

Завдання лабораторної роботи – виконати агрегування атрибутів за різними критеріями використовуючи інструменти нечіткого накладання бібліотеки Spatial Analyst.

1. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора нечіткого накладання OR інструменту Fuzzy Overlay.
2. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора нечіткого накладання AND інструменту Fuzzy Overlay.
3. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора нечіткого накладання PRODUCT інструменту Fuzzy Overlay.
4. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора нечіткого накладання SUM інструменту Fuzzy Overlay.
5. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора нечіткого накладання GAMMA інструменту Fuzzy Overlay.
6. Побудувати комплексну карту придатності територій за допомогою оператора зваженого накладання бібліотеки Spatial Analyst.
7. Побудувати комплексну карту придатності територій для змінених ваг критеріїв. Зробити висновки щодо чутливості моделі до змін ваг критеріїв.

Теоретичний матеріал до виконання лабораторної роботи №4

Інструменти «Нечіткого накладання». Оскільки нечітка стандартизація критеріїв вже вказує на можливість приналежності до певних класів, в аналізі нечіткого накладання не використовують ваги (тобто немає сенсу додатково зважувати критерії за ступенем їх важливості).

В табл. 2 наведено список відповідних типів накладання (Overlay type), які пропанує інструмент Fuzzy Overlay бібліотеки Spatial Analyst.

Таблиця 2 – Опис типів накладання інструменту Fuzzy Overlay

Тип накладання	Опис
OR	Якщо будь-який з вхідних растрів має високу цінність, то відповідна комірка комбінованого растру буде мати високу цінність.
AND	Всі комірки растрових вхідних шарів повинні мати високу цінність, для того щоб у відповідній комірці комбінованого растру була висока цінність.
PRODUCT	Використовують, якщо комбінована цінність менш важлива, ніж будь-яка одиночна цінність.
SUM	Використовують, якщо комбінована цінність важливіша, ніж будь-яка одиночна цінність.
GAMMA	Зазвичай використовується для комбінування декількох простих даних. Якщо Gamma дорівнює 1, результат буде таким же, як і Fuzzy Sum. Якщо Gamma дорівнює нулю, результат буде таким же, як і Fuzzy Product. Проміжні значення від 0 до 1 дозволяють комбінувати фактори для отримання результатів між цими двома крайностями, встановленими Fuzzy And та Fuzzy Or.

Зважене накладання. Для задачі багатокритеріального пошуку ділянки для будівництва нової школи виконаємо агрегування атрибутів шарів критеріїв, щоб знайти найбільш підходящі місця розташування. Значення розрахункових даних, що представляють собою похил, відстань до зон відпочинку і наявних шкіл, перекласифіковані в єдину систему вимірювань (від 1 до 10). Набір даних землекористування залишений в вихідній формі. Значення, що представляють водойми і заболочені території, будуть виключені. Також виключені всі значення похилу менші 4 балів (як непридатні по причині крутизни). Якщо всі набори даних мають однакову важливість, то треба просто скомбінувати їх, поставивши для кожного однакове значення впливу; проте аналітику повідомили, що краще розмістити нову школу ближче до зон відпочинку і подалі від інших шкіл.

Тому треба зважити вхідні дані, висловивши їх вплив в процентах. Більш високий відсоток позначає більший вплив конкретних вихідних даних, які вони надають в моделі придатності.

Призначте вхідним даними наступний відсоток впливу:

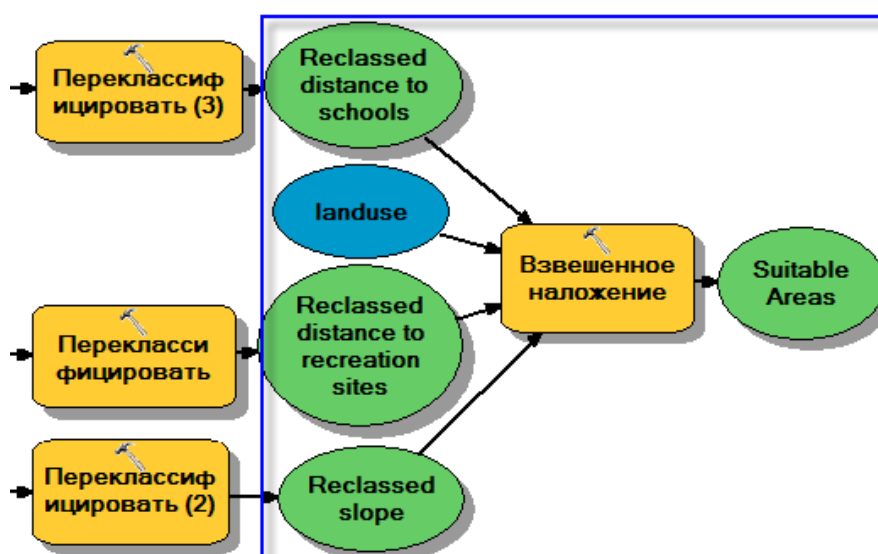
Відстань до rec_sites : 50%

Відстань до шкіл: 25%

Похил: 13%

Землекористування: 12%

Початкові процеси в цій частині моделі можуть виглядати наступним чином:



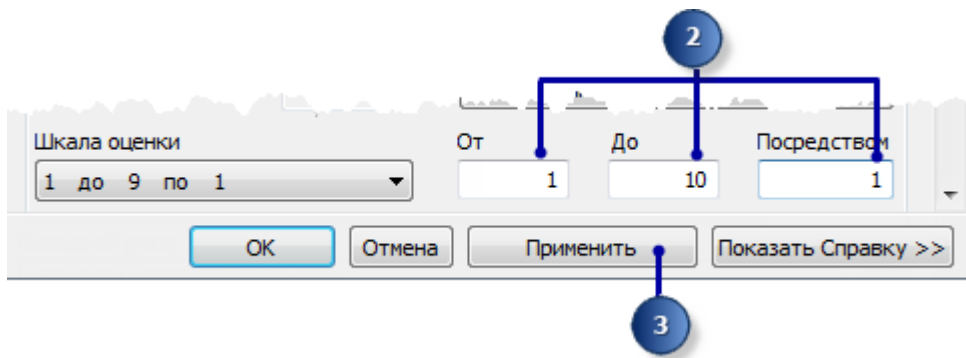
Клацніть інструмент **Зважене накладення**, розташований в групі інструментів Spatial Analyst, і перетягніть його у вікно ModelBuilder.

Підготовка операції Зважене накладення

1. Відкрийте інструмент **Зважене накладення**.
2. Введіть **1** , **10** і **1** в текстові вікна **Від**, **До** і **Крок** .

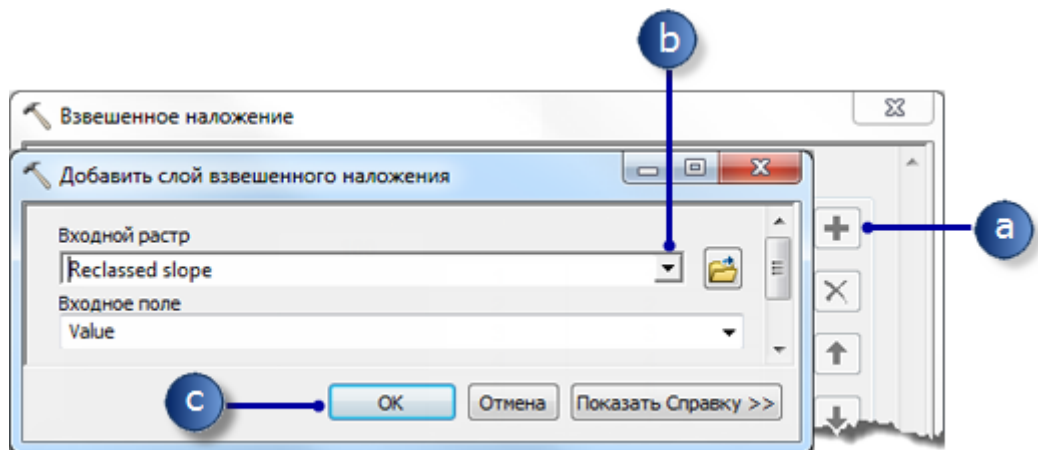
За замовчуванням **шкала перекласифікації** від 1 до 9 з кроком 1. При перекласифікації набору даних похилу, буде використовуватися шкала від 1 до 10, тому перед додаванням вхідних растрів в інструмент **Зважене накладення**, треба встановити шкалу від 1 до 10 з кроком 1. Це усуне необхідність поновлення значень шкали після додавання вхідних наборів даних.

3. Клацніть **Застосувати**.



4. Додайте Перекласифікований похил до інструменту Зважене накладення.

- a. Клацніть **Додати рядок растра**.
- b. Для додавання вхідного растра виберіть Перекласифікований похил в спадному списку, і встановіть вхідний поле як **Значення**.
- c. Клацніть **ОК**.



Растр буде доданий в **таблицю Зважене накладання**. Столбець **Поле** відображає значення даних перекласифікованого похилу. Столбець **Значення шкали** повторює стовпець **Поле**, тому що **Шкала оцінки** повністю охоплює діапазон значень у всіх вхідних растрах. На цьому етапі можна змінити **Значення шкали** для кожного класу, однак в даному випадку цього робити не потрібно, оскільки значення вхідних даних вже були зважені у час перекласифікації.

5. Повторіть попередній крок для кожного перекласифікованого набору даних, включаючи Перекласифіковані відстані до зон відпочинку і Перекласифіковані відстані до шкіл.

6. Для вхідних даних Перекласифікований похил в стовпці **Значення шкали** клацніть комірку зі значенням 1.

7. Клацніть стрілку спадаючого списку, перейдіть його і виберіть **Restricted**.

Растр	% впливля	Поле	Значення масшта
Reclassified slope	100	Value	1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			8
			9
			Restricted
			NODATA
			.
			8
			9
			10
		NODATA	NODATA

Встановлено, що ОПР не хоче будувати на поверхні, що має ухил більше 33 відсотків, навіть якщо вона ідеально підходить по всім іншим показникам. Тому треба виключити значення від 1 до 3 – оскільки ці значення становлять похил від 37.17263985 до 53.1037712 (максимальний похил).

Установка **Значення шкали** на **Заборонено** привласнює значення комірки в результуючому зваженому накладенні, рівне мінімальному значенню шкали оцінки мінус 1 (в даному випадку – нуль). Якщо в інструмент Зважене накладення не введені вихідні дані з комірками NoData, можна використовувати NoData для виключення певних значень. Але якщо у вхідних даних є комірки зі значенням NoData, безпечніше використовувати **Заборонено**.

Слід розрізняти значення NoData і Заборонено. Кожне з них служить певній меті. Можливо, існують області зі значенням NoData, для яких невідомі значення, але які є придатними областями. Якщо використовувати NoData для виключення певних значень комірок і при цьому в одному або більше введенні є значення NoData, то не можна знати, чи була комірка зі значенням NoData виключена з використання, або ж просто були відсутні вхідні дані про це місцезнаходження.

8. Встановіть **Значення шкали** 2 і 3 в **Заборонено**.

9. Додайте шар землекористування, встановивши на цей раз **Вхідне поле** на **LANDUSE**. Клацніть **OK**.

Далі треба зважувати значення шкали шару землекористування, щоб їх можна було порівняти з іншою вихідною інформацією. Низькі значення показують, що даний тип землекористування найменш підходить для будівництва. Значення шкали для Водойм і боліт будуть встановлені як Restricted, оскільки на таких ділянках будівництво неможливо, і вони повинні бути виключені.

10. Змініть встановлені за замовчуванням **Значення шкали** для шару землекористування на наступні значення:

- Густий чагарник / змішаний тип - 5
- Бідна ґрунт - 10
- Забудована територія - 3
- Сільгоспугіддя - 9
- Ліс - 4

11. Встановіть Значення шкали для Водойм і заболочених територій на Заборонено.

Поверніть все растри в **таблиці зваженого накладення** .

landuse	0	LANDUSE	
		Brush/transitional	5
		Water	Restricted
		Barren land	10
		Built up	3
		Agriculture	9
		Forest	4
		Wetlands	Restricted
		NODATA	NODATA

Тепер призначите відсотки впливу для кожного растра на підставі його значущості (або ваги), яку він може мати для заключної карти придатності.

У стовпці **% Influence** введіть наступні значення для кожного з вхідних растрів:

- похил: **13**
- відстань до шкіл: **25**
- відстань до зон відпочинку: **50**
- землекористування: **12**

Растр	% впливля	Поле	Значення масшта
Reclassified slope	13	Value	
Reclassified distanc	25	Value	
Reclassified distanc	50	Value	13
landuse	12	LANDUSE	

Залиште значення за замовчуванням для параметра **Вихідний растр** і клацніть **ОК**.

Виконання операції **Зважене накладення**:

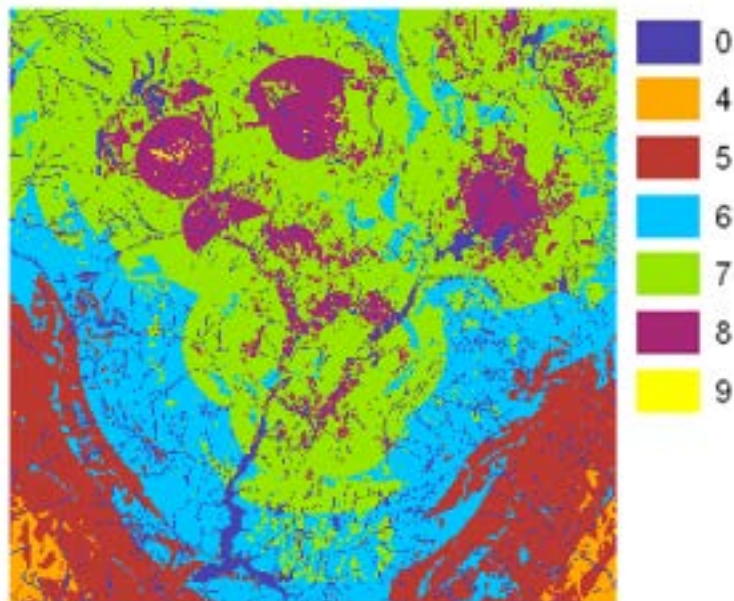
1. Клацніть **Автокомпоновка**, потім клацніть **Повний екстент**.
2. Переіменуйте вихідну змінну інструменту **Зважене накладення** в **Придатні області** і клацніть кнопку **ОК**.

3. Правою кнопкою миши клацніть змінну **Придатні області** та виберіть **Додати в відображення**.

4. Запустіть інструмент **Зважене накладення**.

5. На панелі інструментів натисніть кнопку **Зберегти**.

Перегляньте шар, доданий до зображення в ArcMap. Місця розташування з більш високими значеннями показують більш придатні області – на більш пологих схилах з відповідним типом землекористування, найближчі до зон відпочинку і які знаходяться на відстані від уже наявних шкіл. Зверніть увагу, що області, які були виключені, мають нульове значення.



Варіанти завдань

Лабораторна робота №4 виконується для моделі придатності, побудованої студентом згідно отриманого варіанту в лабораторній роботі №1.

Контрольні питання

1. Дайте порівняльну характеристику операторам нечіткого накладання, що містяться в бібліотеці Spatial Analyst.
2. Чому при використанні операторів нечіткого накладання не використовуються ваги критеріїв?
3. Яким чином виконується оператор зважене накладання?
4. Яким чином можуть бути задані умови обмеження при виконанні агрегування атрибутів критеріїв?
5. Чи можуть бути задані умови обмеження шляхом визначення відповідних комірок растра як таких, що мають значення NoData?

Прилади, устаткування та інструменти

Для виконання лабораторної роботи використовується ПЕОМ з установленим пакетом ESRI ArcGIS ArcMap 1.5 і вище. Для написання скриптів може бути використана мова програмування Python 3.0.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи регламентуються «Правилами техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії».

Порядок проведення лабораторної роботи

Для виконання роботи кожен студент повинен:

1. Відповісти на контрольні питання та пройти усне опитування за теоретичним матеріалом лабораторної роботи;
2. Пройти інструктаж за правилами охорони праці;
3. Отримати варіант завдання у викладача;
4. Розробити модель придатності;
5. Виконати відповідні етапи багатокритеріального аналізу рішень;
8. Отримати результати моделювання і показати їх викладачу;
9. Підготувати і захистити звіт до лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повин містити:

1. Титульний лист
2. Мета роботи, постановка проблеми.
3. Комплексні карти придатності, побудовані з використанням різних операторів нечіткого накладання (табл.1).

4. Комплексні карти придатності, побудовані з використанням оператора зваженого накладання бібліотеки Spatial Analyst для різних ваг критеріїв.
5. Висновки. Дайте обґрунтований аналіз отриманих результатів при різних вагах критеріїв.

Лабораторна робота № 5 «Інтерпретування результатів аналізу. Формування рекомендацій для ОПР»

Мета лабораторної роботи – навчитися використовувати інструменти, які дозволяють інтерпретувати результати багатокритеріального аналізу рішень в ГІС.

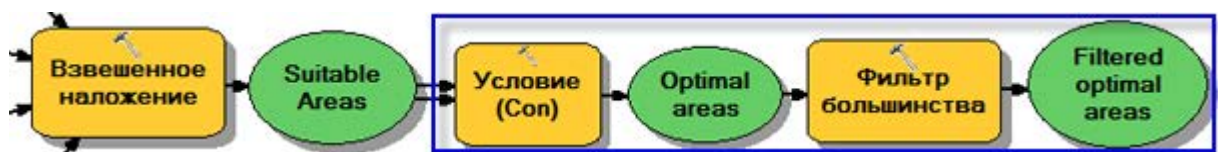
Завдання лабораторної роботи – провести додатковий аналіз і інтерпретування отриманих в попередніх лабораторних роботах результатів за допомогою інструментів Con та MajorityFilter для формування рекомендацій ОПР.

1. Для комплексної карти придатності територій, створеної за допомогою оператора зваженого накладання бібліотеки Spatial Analyst, побудувати карту оптимальних областей з використанням інструменту Con.
2. Для комплексної карти придатності територій, створеної за допомогою оператора зваженого накладання бібліотеки Spatial Analyst, побудувати карту оптимальних областей з використанням інструменту MajorityFilter.
3. Сформувані на основі аналізу отриманих результатів моделювання рекомендації для ОПР.

Теоретичний матеріал до виконання лабораторної роботи №5

Вибір оптимальних ділянок. На комбінованій карті придатності кожен піксель має певне значення, яке показує, наскільки придатне це місце для нової школи. Пікселі, що мають значення 9 найбільш придатні, пікселі зі значенням 0 – непридатні для будівництва шкіл. Оптимальні майданчики для будівництва нової школи мають значення 9. Іншим критерієм оптимальної площадки є розмір придатної області. Придатні місця розташування повинні включати кілька пікселів зі значенням 9, з'єднаних разом.

Цей розділ моделі буде виглядати наступним чином:



Вибір оптимальних ділянок з використанням інструменту Умова (Con)

Будемо використовувати умовний вираз в інструменті Умова, щоб відсіювати тільки оптимальні ділянки. Вирішено, що оптимальними будуть вважатися ділянки, що мають значення придатності 9 (саме високе значення в результаті `suit_areas`). В умовному виразі все області зі значенням 9 збережуть своє оригінальне значення (9). Области, які мають значення менше 9, зміняться на NoData.

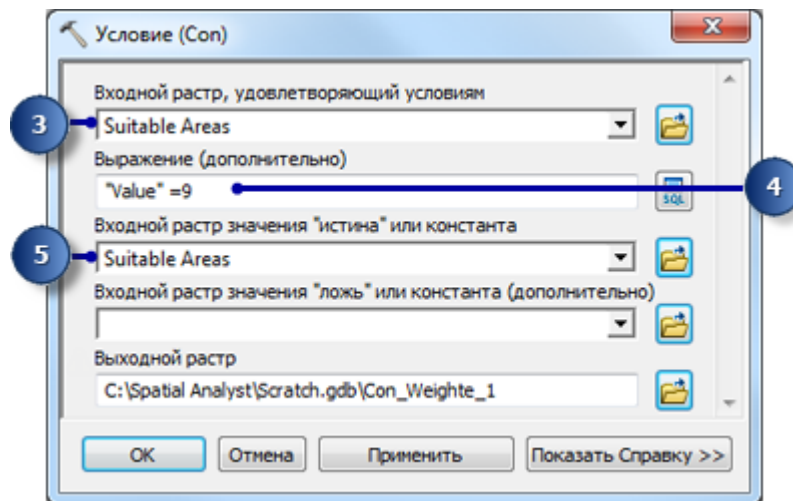
1. Клацніть інструмент Умова, розташований в групі інструментів Умови, і перетягніть його в вікно ModelBuilder.
2. Відкрийте інструмент Умова.
3. Клацніть стрілку спадаючого списку **Вхідний умовний растр** і виберіть змінну **Придатні області**.
4. Введіть умову **Value = 9** в якості значення параметра **Вираз**.
5. Клацніть стрілку спадаючого списку **Вхідний істинний растр або константа** і виберіть змінну **Придатні області**.

Якщо введена умова істинна, то значення комірок Вхідного растра або константа будуть застосовані до комірок результуючого растра.

6. Залиште порожнім значення параметра **Вхідний помилковий растр або константа**.

Якщо значення параметра **Вхідний помилковий растр або константа** не вказано, буде застосовано значення за замовчуванням. За замовчуванням будь-яке значення у **Вхідному умовному растрі**, що не відповідає введеним умовам, у вихідному растрі буде змінено на NoData.

7. Залиште значення за замовчуванням для параметра **Вихідний растр**.
8. Клацніть **ОК**.
9. Клацніть **Автокомпоновка**, потім клацніть **Повний екстент**.
10. Перейменуйте вихідну змінну інструменту Умова в **Оптимальні області** і клацніть кнопку **ОК**.
11. Правою кнопкою клацніть **Оптимальні області** та виберіть **Додати в відображення**.
12. Запустіть інструмент Умова.



Перегляньте шар, доданий до зображенню в ArcMap. Це ділянки, оптимальні для будівництва нової школи. Існує багато одиночних комірок, що представляють оптимальні місця розташування. Ці 30-метрові комірки занадто малі для будівництва школи. Очистите результат, видаливши ці невеликі області з допомогою інструмента Фільтр більшості.

Виявлення оптимальних областей з допомогою інструменту Фільтр більшості (MajorityFilter)

1. Клацніть інструмент Фільтр більшості в групі інструментів Генералізація в наборі інструментів Spatial Analyst, і перетягніть його в вікно ModelBuilder.

2. Відкрийте інструмент Фільтр більшості.

3. Клацніть стрілку спадаючого списку **Вхідний растр** і виберіть растрову змінну Оптимальні області.

4. Залиште значення за замовчуванням параметра **Вихідний растр**.

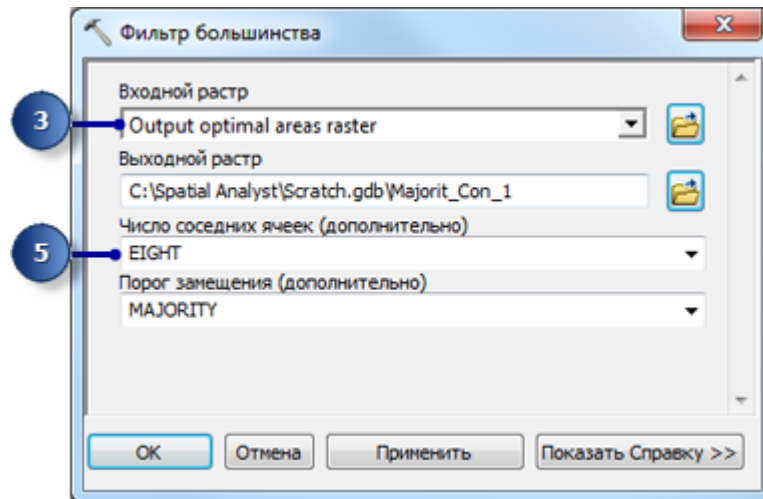
5. Клацніть стрілку спадаючого списку **Число сусідніх комірок** і виберіть **ВІСІМ**.

Дана опція визначає кількість сусідніх комірок, які використовуються в якості ядра фільтра. Ядром фільтра будуть вісім комірок, найближчих до поточної комірки (вікно 3 на 3 комірки).

6. Залиште значення за замовчуванням, щоб використовувати **БІЛЬШІСТЬ** в якості **Порога заміщення**.

Використання **БІЛЬШІСТЬ** в якості **Порога заміщення** означає, що п'ять з восьми пов'язаних комірок повинні мати однакове значення, щоб воно було збережено.

7. Клацніть **ОК**.



8. Переименуйте вихідну змінну інструменту Фільтр більшості в **Виявлені оптимальні області**.

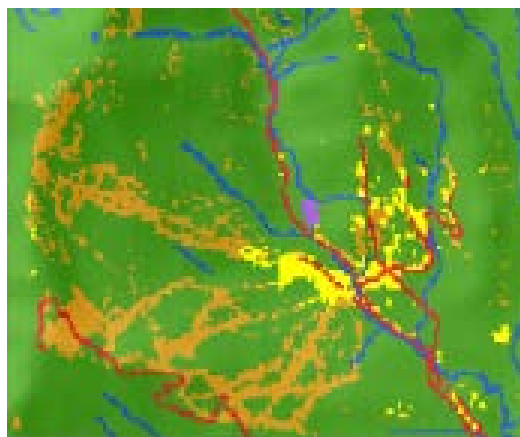
9. Клацніть правою кнопкою Виявлені оптимальні області та виберіть **Додати до відображення**.

10. Запустіть інструмент Фільтр більшості.

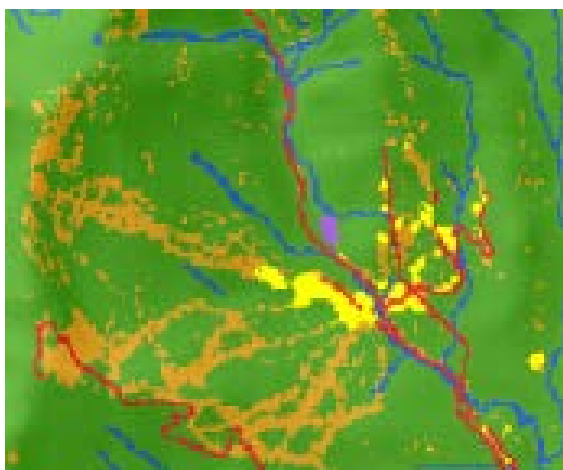
11. На панелі інструментів Моделі клацніть кнопку **Зберегти**.

Перегляньте шар, доданий до зображення в ArcMap. Порівняйте Виявлені оптимальні області і Оптимальні області. Багато з відповідних ділянок виявилися занадто маленькими і були видалені.

Якщо ви хочете видалити області, що складаються з декількох комірок, використовуйте інструмент **Відсікання** з групи інструментів генералізації.



Карта оптимальних областей – вихідний результат виконання інструменту Умова



Карта оптимальних областей – вихідний результат виконання інструменту Фільтр більшості

Вибір найкращої ділянки

Оптимальні ділянки для нової школи були знайдені. Всі місця розташування в шарі Виявлені оптимальні області придатні для будівництва. Останнім кроком буде визначення найкращої ділянки серед кількох альтернатив. Шар доріг показує дороги в місті. Вивчивши шар Виявлені оптимальні області разом зі шаром доріг, можна побачити, що кілька відповідних областей для ділянки школи знаходяться далеко від міських доріг. Спочатку виключимо ці області, визначивши як придатні тільки ті ділянки, які перетинаються дорогами. Потім визначимо найкращу ділянку на підставі площі. Оптимальна ділянка для школи повинна бути більше 10 акрів, або 40 469 квадратних метрів.

Спочатку перетворимо растр Виявлені оптимальні області в клас об'єктів в базі геоданих, щоб можна було використовувати поле площі. Будемо використовувати інструмент Вибрати в шарі по розташуванню для вибору об'єктів, які пересічені дорогами. Потім, використовуючи інструмент Вибрати в шарі по атрибуту, виберемо з декількох варіантів оптимальний майданчик, виходячи з його розміру.

Виконання інструменту Растр в полігон

1. Відкрийте інструмент Растр в полігон в наборі інструментів Конвертація, в групі інструментів з растра.

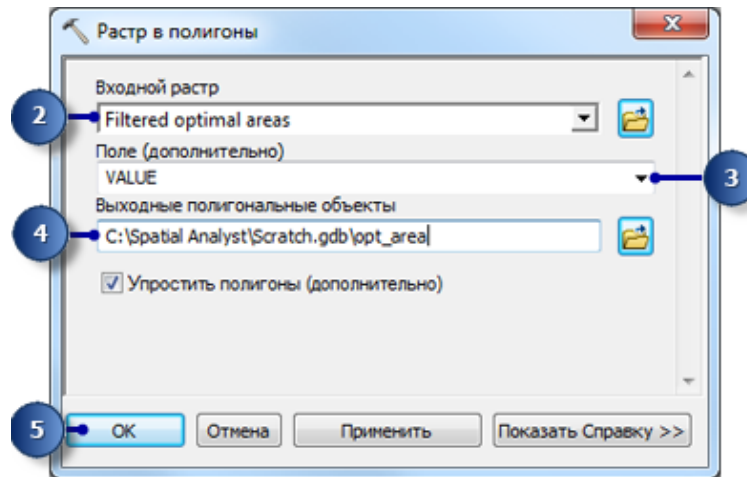
2. Клацніть стрілку спадаючого списку **Вхідний растр** і виберіть шар **Виявлені оптимальні області**.

3. Залиште заданий за замовчуванням для параметра **Поле значення ЗНАЧЕННЯ**.

4. Залиште шлях параметра **Вихідні полігональні об'єкти** за замовчуванням, змінивши його ім'я на **opt_area**.

5. Залиште зазначену опцію за замовчуванням **Спростити полігони**. При перетворенні растра в полігони, останні будуть спрощені для зниження ефекту "ступінчастості".

6. Клацніть **ОК**.



Виконання інструменту **Вибрати** за розташуванням

1. Залиште в таблиці змісту шари **landuse, elevation, hillshade, destination, roads, rec_sites, schools, Slope Output і opt_area**. У таблиці змісту клацніть правою кнопкою миші шари, які потрібно видалити, і виберіть **Видалити**. Таблиця змісту ArcMap повинна нагадувати представлений нижче рисунок

2. Відкрийте інструмент **Вибрати** в шарі за розташуванням в наборі інструментів **Управління даними**, в групі інструментів **Шари** і представлення таблиць.

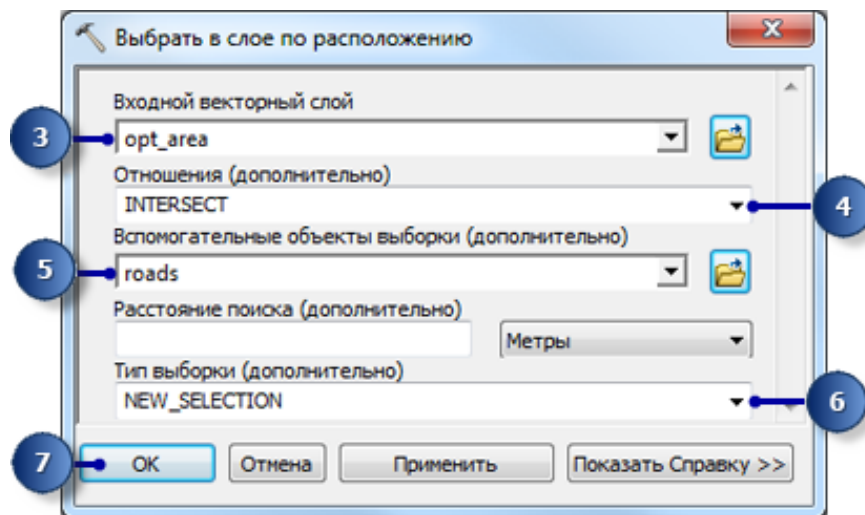
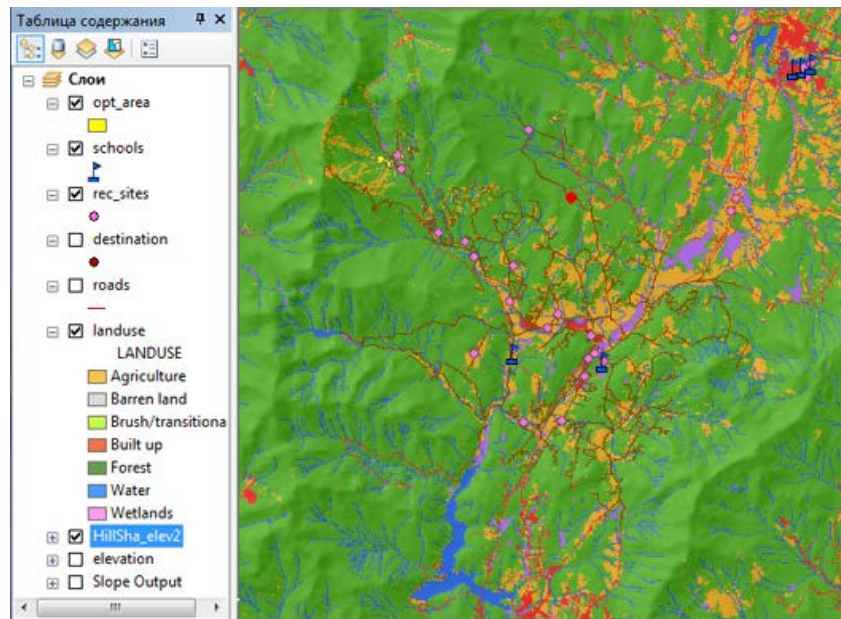
3. У **Вхідному векторному шарі** з випадаючого списку виберіть **opt_area**.

4. Для параметра **Відношення** прийміть значення за замовчуванням **ПЕРЕХРЕЩЕННЯ**.

5. Клацніть стрілку випадаючого списку **Вибір об'єктів** і виберіть шар **Дороги**.

6. Прийміть для параметра **Тип вибірки** значення по замовчуванням **NEW_SELECTION**.

7. Клацніть **ОК**.



Будуть обрані всі просторові об'єкти, що перетинаються дорогами.

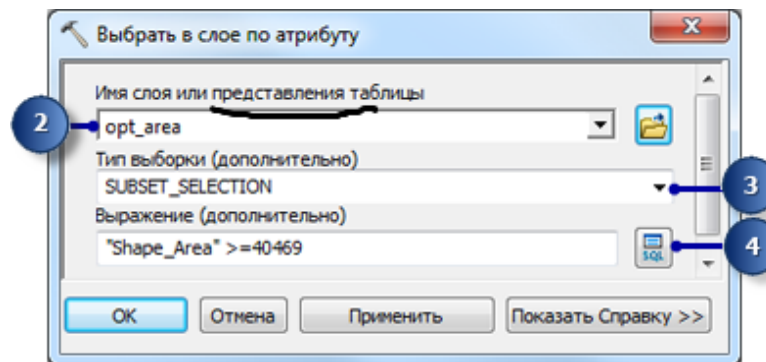
Виконання інструменту **Обрати** в шарі по атрибуту

1. Відкрийте інструмент **Обрати** в шарі за атрибутом в наборі інструментів Управління даними, в групі інструментів Шари і представлення таблиць.

2. У **Шари і представлення таблиць** з спадаючого списку виберіть `opt_area`.

3. Для параметра **Тип вибірки** виберіть значення `SUBSET_SELECTION`.

4. Клацніть кнопку побудови запитів.

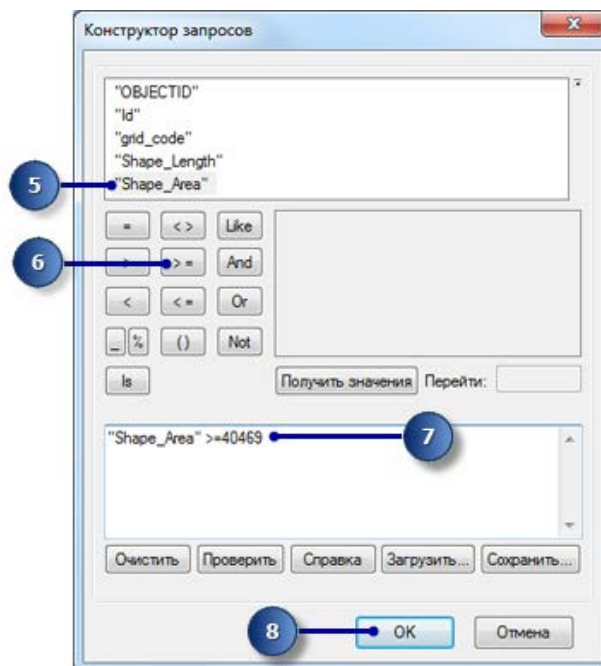


5. Двічі клацніть **Shape_Area** в списку полів для введення поля в текстовому вікні вираз.

6. Натисніть кнопку Більше або дорівнює.

7. Введіть **40469**.

8. Клацніть **OK**, потім **OK** ще раз.



Існує єдиний просторовий об'єкт, який відповідає критерію запити, рівний або більше 10 акрів (40 469 квадратних метрів).

Виконання інструменту Копіювати об'єкти

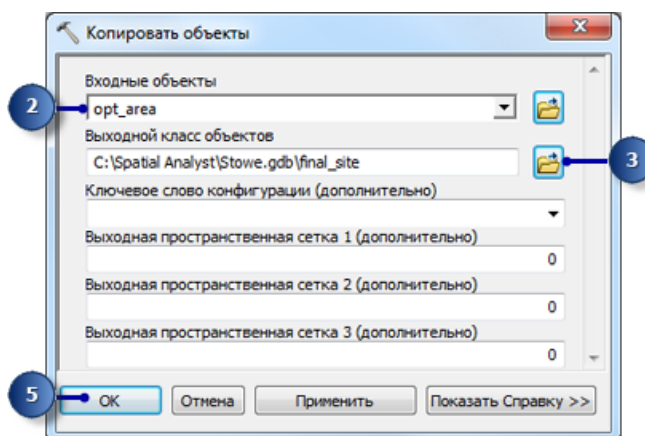
1. Відкрийте інструмент Копіювати об'єкти з набору інструментів Управління даними, групи інструментів Просторові об'єкти.

2. Клацніть стрілку спадаючого списку **Вхідні об'єкти** і виберіть шар `opt_area`.

3. Клацніть кнопку Огляд поруч з параметром **Вихідний клас об'єктів** і перейдіть до `C:\Spatial Analyst\Stowe.gdb`. Остаточний результат буде збережений в `Stowe.gdb` замість `Scratch.gdb`.

4. Введіть `final_site` в якості імені вихідного класу об'єктів і натисніть **Зберегти**.

5. Клацніть **ОК**, щоб запустити інструмент.

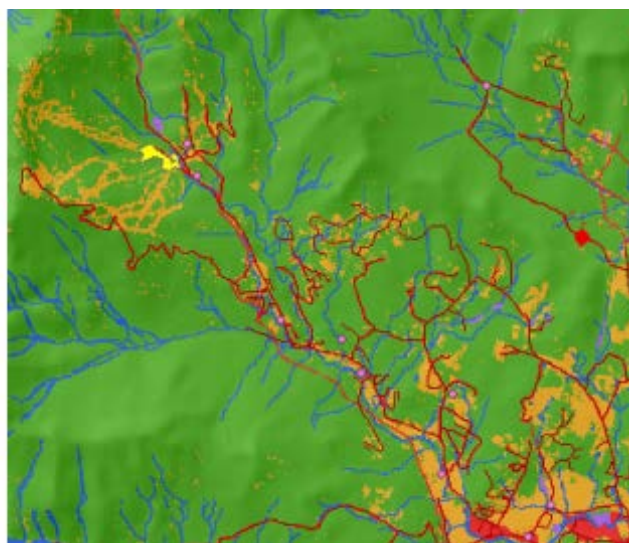


6. Клацніть правою кнопкою `opt_area` в таблиці змісту і виберіть **Видалити**.

Шар `final_site` відобразить розташування оптимального ділянки для нової школи.

7. На панелі інструментів **Стандартні** клацніть **Зберегти**.

Оптимальное
место для
новой школы



Варіанти завдань

Лабораторна робота №5 виконується для моделі придатності, побудованої студентом згідно отриманого варіанту в лабораторній роботі №1.

Контрольні питання

1. Опишіть процедуру побудови комплексної карти оптимальних місць розташування об'єктів будівництва за допомогою інструменту Con?
2. Опишіть процедуру побудови комплексної карти оптимальних місць розташування об'єктів будівництва за допомогою інструменту MajorityFilter?
3. Що таке аналіз чутливості і яким чином його можна виконати для побудованої моделі придатності?
4. Яким чином на карті придатності можуть бути визначені оптимальні ділянки заданої площі?
5. Назвіть приклади умов, що можуть бути застосовані до побудованої карти придатності під час виконання аналізу отриманих рішень і надання рекомендацій ОПР?

Прилади, устаткування та інструменти

Для виконання лабораторної роботи використовується ПЕОМ з установленим пакетом ESRI ArcGIS ArcMap 1.5 і вище. Для написання скриптів може бути використана мова програмування Python 3.0.

Правила техніки безпеки та охорони праці

Правила техніки безпеки при виконанні лабораторної роботи регламентуються «Правилами техніки безпеки при роботі в комп'ютерній лабораторії».

Порядок проведення лабораторної роботи

Для виконання роботи кожен студент повинен:

1. Відповісти на контрольні питання та пройти усне опитування за теоретичним матеріалом лабораторної роботи;
2. Пройти інструктаж за правилами охорони праці;
3. Отримати варіант завдання у викладача;
4. Розробити модель придатності;

5. Виконати відповідні етапи багатокритеріального аналізу рішень;
8. Отримати результати моделювання і показати їх викладачу;
9. Підготувати і захистити звіт до лабораторної роботи.

Звіт з лабораторної роботи повин містити:

1. Титульний лист
2. Мета роботи, постановка проблеми.
3. Карта оптимальних областей, що побудована за допомогою інструменту Con.
4. Карта оптимальних областей, що побудована за допомогою інструменту MajorityFilter.
5. Скриншоти послідовного запуску інструментів, що були використані в моделюванні оптимальних областей.
6. Висновки. Надайте обґрунтований аналіз отриманих результатів моделювання. Сформулювати рекомендації для ОПР.