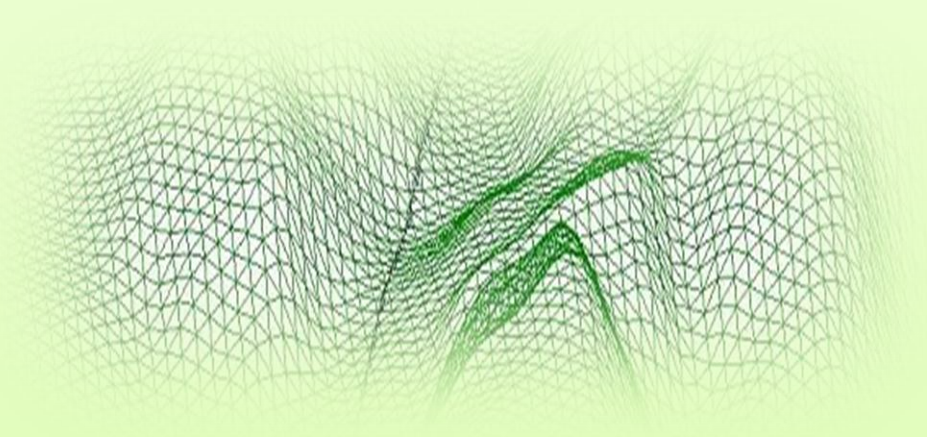
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

СТВОРЕННЯ TIN - МОДЕЛЕЙ ЗАСОБАМИ ГІС

Методичні рекомендації з курсу «Геоінформаційні системи в географії»



Харків – 2013

УДК
ББК
С

Рецензенти:

кандидат військових наук, доцент кафедри моніторингу, природокористування та попередження надзвичайних ситуацій екологічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна **Кочанов Едуард Олексійович;**

кандидат географічних наук доцент кафедри фізичної географії та картографії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна **Третьяков Олександр Сергійович**

Створення TIN - моделей засобами ГІС:
методичні рекомендації з курсу «Геоінформаційні системи в географії» /Укл.: Н. В. Максименко, О. І. Сінна, К. Ю. Михайлова. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. – 44 с.

Методичні рекомендації містять теоретичні засади просторові візуалізації рельєфу за допомогою ГІС, також опис послідовності виконання практичних робіт з курсу «Геоінформаційні системи в географії»

Призначені для студентів ІІ курсу кафедри фізичної географії та картографії геолого-географічного факультету ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Практичні роботи виконуються в середовищі настільної геоінформаційної системи ArcGIS 10.1.

©Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2013
©Максименко Н. В., Сінна О. І.; Михайлова К. Ю., укл., 2013

ЗМІСТ

ВСТУП…… 4
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ…….. 5
І. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГІС…….. 6
1.1. Загальні уявлення про геоінформаційні системи.. 6
1.2. Основні терміни курсу ГІС…… 9
1.3. ГІС, географія, картографія і ДЗЗ: основні аспекти взаємодії…….. 12
ІІ. ЦИФРОВІ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ (ЦМР) І ЇХ ВИДИ…….. 14
2.1. Поняття ЦМР…… 14
2.2. Методи розрахунку ЦМР…….. 16
2.3. Нерегулярна тріангуляційна мережа (TIN)…… 19
ІІІ. АЛГОРИТМ ПОБУДОВИ TIN – МОДЕЛЕЙ…… 20
Практична робота №1 «Прив’язка растрового зображення в ГІС»……. 20
Практична робота №2 «Векторізація у ГІС. Редагування графічних даних»…….. 26
Практична робота №3 «Моделювання рельєфу в ГІС». 32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….. 40
Додаток: перелік індивідуальних завдань…… 42

ВСТУП

Мета вивчення студентами дисципліни «Геоінформаційні системи в географії» — ознайомлення з основами ГІС-технологій та набуття навичок використання методів і засобів просторового аналізу при вирішенні різноманітних завдань управління; використання баз геоданих для побудови прикладних моделей природних та соціальних процесів.

Предмет навчальної дисципліни — географічні інформаційні системи, бази просторових даних. Під час вивчення курсу передбачається систематична практична робота студентів за комп'ютерами як під керівництвом викладача, так і самостійно.

Курс «Геоінформаційні системи в географії» викладається на кафедрі фізичної географії та картографії геолого-географічного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна і складається з 270 загальної кількості годин, 7,5 кредитів і 4 модулів.

В кінці якого студенти повинні вміти розрізняти і порівнювати різні геоінформаційні програми, володіти основними інструментами, наявними в них; створювати атрибутивні таблиці даних; векторізувати растрове зображення і навпаки; застосовувати різні джерела інформації для потреб ГІС, у тому числі дані ДЗЗ; володіти методами просторового аналізу, обирати оптимальні методи для різних геодосліджень; застосовувати ГІС для потреб власних наукових досліджень.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярна тріангуляційна мережа;
ГІС (GIS) – геоінформаційні системи;
ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;
ІГІС (Integrated GIS) – інтегровані геоінформаційні системи;
ЦМР – цифрова модель рельєфу;

І. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГІС

1.1. Загальні уявлення про геоінформаційні системи

На сьогодні існує велика кількість визначень географічних інформаційних систем, що мають багато спільного і відмінного, характеризуючись, до того ж, різним ступенем повноти. Огляд наявних визначень наведений, зокрема, у роботах [9, 10, 17].

У найбільш загальному вигляді ГІС – це інформаційна система для збору, накопичення, аналізу, відображення номанітних даних, які мають просторову складову.

ГІС – це комплекс апаратного забезпечення, програмних засобів і діяльності людини зі зберігання, маніпулювання та відображення координатно-прив'язаних даних [27].

У широкому сенсі, *геоінформаційні системи* – це інформаційна система, що забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення і поширення просторових даних. Друге смислове значення полягає в тому, що ГІС – це синонім програмних засобів, програмних продуктів чи програмного забезпечення, в якому закладені функціональні можливості для реалізації всіх тих завдань, що визначені в першому тлумаченні [4].

Дійсно, ГІС часто розуміється, перш за все, як спеціалізована програма для роботи з даними, що мають просторову прив'язку, у більш вузькому значенні – взагалі, лише як програма для комп'ютерного укладання карт. Усі ці поняття є досить обмеженими, варто пам'ятати про те, що ГІС – це високотехнологічна система, що може допомагати ефективно вирішувати різноманітні задачі, пов'язані з територіями, з простором. При цьому, не зменшуючи ролі карти у пізнанні територій, варто наголосити на тому, що в ГІС картографічне представлення даних і результатів досліджень є лише однією (але не єдиною) з форм візуалізації тих складних процесів, що здійснюються в системі.

ГІС – це апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і розповсюдження просторово-координованих даних і знань про територію для їх ефективного використання з метою вирішення наукових і прикладних географічних задач, що пов'язані з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням і

управління навколишнім середовищем і територіальною організацією суспільства [9].

ГІС вміщує дані про просторові об'єкти у формі їх цифрових уявлень (векторних, растрових та ін.), включає відповідний задачам набір функціональних операцій геоінформаційних технологій, підтримується програмним, апаратним, інформаційним, нормативно- правовим, кадровим і організаційним забезпеченням.

За територіальним охопленням розрізняютьГІС: глобальні або планетарні (global GIS), субконтинентальні ГІС (клімат, погода, сейсмічні умови тощо); національні ГІС (екологічний стан, характеристики родючості ґрунтів тощо), які часто мають статус державних; регіональні ГІС (regional GIS) (наприклад, характеристики ландшафтів Сухого Степу України: ґрунти, тренованість, гідрогеолого-меліоративні умови, клімат, районування сільськогосподарських культур тощо); субрегіональні ГІС та локальні або місцеві ГІС (local GIS).

ГІС розрізняються предметною областю інформаційного моделювання, наприклад міські ГІС, або муніципальні ГІС (urban GIS), природоохоронні ГІС (environmental GIS) тощо. Широке розповсюдження одержали земельні інформаційні системи, які іноді виділяють в окрему категорію інформаційних систем, відмінну від ГІС.

Проблемна орієнтація ГІС визначається в ній задачами, які вирішуються (науковими і прикладними), серед них інвентаризація ресурсів (в тому числі земельний кадастр, житловий фонд тощо), аналіз, оцінка, моніторинг, управління і планування, підтримка прийняття управлінських рішень.

Інтегровані ГІС, ІГІС поєднують функціональні можливості ГІС і системи цифрової обробки зображень (дані дистанційного зондування) у єдиному інтегрованому середовищі:

Просторово-часові ГІС оперують просторово-часовими даними (наприклад, процеси підтоплення зрошуваних ландшафтів мають розповсюдження підйому рівня підгрунтових вод в просторі і в часі).

Визначення терміну ГІС змінюється в залежності від мети роботи фахівця ГІС (політичної, економічної, екологічної, гідрометеорологічної, географічної, гідромеліоративної,

землевпорядкувальної, дослідницької або від наукових традицій різних країн) (табл. 1.).

Таблиця 1.

Приклади синонімічних назв ГІС (GIS) та їх джерела [5].

Термін	Джерело інформації
Географічна інформаційна система (Geographic information System)	Американська термінологія
Географічна інформаційна система (Geographical information System)	Європейська термінологія
Геоматіка (Geomatigue)	Канадська термінологія
Георeляційна інформаційна система (Georelational information System)	Технічна термінологія
Інформаційна система по природним ресурсам (Natural resources information System)	Дисциплінарна термінологія
Інформаційна система по геології або наукам про Землю (Geosclence or geological System)	Дисциплінарна термінологія
Просторова інформаційна система (Spatial information System)	Негеографічний термін
Система аналіза просторових даних (Spatial data analysis System)	Термінологія на основі того, що робить система

1.2. Основні терміни курсу ГІС

Просторово-координовані дані (географічно-прив'язані, просторов-прив'язані, географічно-координовані дані або інформація) – це такі дані, що мають географічну прив'язку, тобто певну інформацію, яка характеризує відоме місце на Землі (географічні чи прямокутні коодирдинати, поштова адреса, назва об'єкту, певні опосередковані дані – напр., відстань та напрямок від відомої точки [4].

Крім того, географічно-прив'язані дані в ГІС найчастіше супроводжуються певними атрибутивними даними об'єктів. Дані, що використовуються в ГІС, відрізняються високим ступенем формалізації (приведені в чітку форму). Дані є нібито будівельним елементом у процесі створення інформації, а її ми отримуємо в процесі обробки даних.

Інформація – це сукупність відомостей (даних), яка сприймається із навколишнього середовища (вхідна інформація), видається в навколишнє середовище (вихідна інформація) або зберігається в середині певної системи. Інформація може існувати у вигляді документів, креслень, рисунків, текстів, звукових і світових сигналів, електричних і нервових імпульсів тощо. *Дані є складовою частиною інформації, що являють собою зареєстровані сигнали.* Стосовно ГІС, під інформацією розуміють рівень наших знань про об'єкт [9]. Для характеристики об'єкта при цьому використовують:

- просторове розташування,
- опис специфічних властивостей даної точки чи області простору.

Відповідно, будь-яка ГІС працює з 2 типами даних:

1) просторові або метричні дані (просторові, географічні, координатні), тобто дані, що вказують на локалізацію об'єкта в геосередовищі.

2) атрибутивні або семантичні дані – тематичні, описові дані представляються у вигляді описової інформації про певні просторові об'єкти і їх параметри (географічна назва, видовий склад рослинності, характеристика грунтів тощо).

Пошарова організація даних (або структура даних у ГІС) – одна з головних ознак ГІС. Однорідні просторові або атрибутивні дані формують шар даних (інші терміни – оверлей, покриття, тема).

У такому контексті, знання розуміються як результат пізнання дійсності, що отримав підтвердження в практиці. Наукове знання відрізняється своєю систематичністю, обоснованістю і високим рівнем структуризації. Інформаційні системи можна розглядати як ефективний інструмент отримання знань.

У ГІС використовується растровий і векторний формат даних. Зазвичай, сучасні багатофункціональні ГІС працюють з обома форматами.

Векторні цифрові картографічні дані:

- Зберігаються у вигляді окремих точок, ліній, полігонів, представлених наборами координат (x; y);
- Векторна модель даних більш зручна для зберігання інформації про дискретні (розділені) об’єкти (напр., будівель, кварталів, а не типів ґрунтів);
- Векторна модель забезпечує більш точний опис місцезнаходження об’єктів на карті.

Растрові дані складаються із набору однакових комірок («ячеек»), кодованих у залежності від значень даних. Межа між двома різними виділами поверхні показується приблизно, за найбільш близькими до межі комірками. Рівень точності залежить від розміру комірки: чим менший розмір комірки, тим більша точність, однак збільшується і обсяг пам’яті комп’ютера, які вони займають. Карти, надруковані із растрового формату даних, є менш візуально привабливими, ніж векторні.

І векторні, і растрові дані можуть мати атрибутивну інформацію, яка прив’язана до точок, ліній, полігонів, або ж – до комірок.

Окремо варто назвати дані атрибутивних таблиць векторного шару, однак такі, що представлені в растровому форматі – фотографії, рисунки, паперові карти та інші документи, що можуть бути, наприклад, відскановані,

прикріплені до певних векторних об’єктів та збережені в базі даних.

Таблиця 2

Порівняльна таблиця векторного і растрового зображення (Сінна О. І., 2010)

Ознака	***Растр***	***Вектор***
Інформація зберігається у вигляді:	Комірок, закодованих у відповідності до значень даних (за класифікацією і т.п.)	Точок, ліній, полігонів з конкретними наборами координат
Зручніше зберігати інформацію про об’єкти:	Для безперервних ознак земної поверхні (ґрунти…)	Дискретного розповсюдження (будівлі…)
Опис місцезнаходження об’єктів	Менш точний, залежить від розміру комірки	Більш точний, більш чіткий
Надруковані карти	Менш візуально привабливі (за рахунок розмитості меж)	Більш чіткі, звичні (і схожі на викреслені «від руки»)
Атрибутивна інформація	Прив’язана до конкретних комірок	Прив’язана до координатно визначених точок, ліній, полігонів

У кожному окремому випадку, використовується більш зручний і доцільний у конкретних дослідженнях формат даних.

1.3. ГІС, географія, картографія і ДЗЗ: основні аспекти взаємодії

ГІС і географія. Кажуть, що географія є рушійною силою географічних інформаційних систем. Географія у широкому розумінні дає можливість просторового аналізу інформації. Базові географічні знання є необхідною передумовою комплексного вивчення ГІС.

ГІС і картографія. І нині досить часто можна почути, що ГІС – це програми для створення карт. Картографічне зображення – це лише одна із форм візуалізації інформації, зібраної у ГІС, а створення карт – не кінцева мета і лише одне із багатьох можливостей роботи з ГІС.

По великому рахунку, карта як рисунок може бути створена в графічному редакторі. ГІС дає можливість математичної точності побудови карт, а також – можливість здійснення аналізу, оперативного прийняття рішень тощо на основі координатно-прив'язаних і узгоджених між собою масивів інформації.

Загалом відбувається певний процес створення карти (ручний, напівавтоматизований чи комп'ютерний) – отримали карту:

- у картографії – далі починається (за необхідності) процес використання карти для картографічного методу досліджень, як окрема самостійна функція, де повністю задіяні знання людини-аналітика, фахівця, який може використовувати математичні розрахунки, найпростіші інструменти (лінійка, циркуль тощо), використовувати попередньо набуті знання тощо.
- у ГІС – карта може бути результатом роботи і в той же час використовуватися для подальшого аналізу – при цьому функції аналізу оперативно й ефективно виконує програма від оперативним контролем фахівця-людини.

Однією з переваг сучасної комп'ютерізації процесів картографування є можливість оперативності, прискорення процесів як створення карт, так і аналізу явищ, а також – підвищується точність цих процесів.

Дані ДЗЗ є одними з базових джерел інформації для ГІС, зокрема тому що є оперативними. Особливо цінні при роботі з динамічними, швидко змінюваними даними (небезпечні явища, стихійні лиха, тощо). Також слугують основою для оновлення старих топографічних карт. Дані ДЗЗ – це не лише знімки поверхні Землі, але і різноманітні числові дані – результати вимірювань.

ІІ. ЦИФРОВІ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ ТА ЇХ ВИДИ

2.1. Поняття ЦМР

Одним з істотних переваг технологій ГІС над звичайними «паперовими» картографічними методами досліджень є можливість створення просторових моделей в трьох вимірах. Основними координатами в таких ГІС-моделях, крім широти і довготи служать також дані про висоту місцевості (або інші дані, задані третьою координатою).

При цьому система може оперувати з десятками і сотнями тисяч висотних відміток, а не з одиницями і десятками, що було можливо і при використанні методів «паперової» картографії. У зв'язку з доступністю швидкої комп'ютерної обробки величезних масивів висотних даних стає реально здійсненним завдання створення максимально наближеною до дійсності ЦМР.

На основі ЦМР, у свою чергу, можливо швидке створення серії тематичних карт найважливіших морфометричних показників: гіпсометричній карти, карт крутизни і експозицій схилів, а з їх використанням – карт ерозійної небезпеки, напрямків поверхневого стоку, геохімічної міграції елементів, стійкості ландшафтів і т.п.

Під цифровою моделлю будь-якого геометричного (географічного) об'єкту розуміється певна форма представлення вихідних даних і спосіб їх структурного опису, що дозволяє «вираховувати» (відновлювати) об'єкт шляхом інтерполяції, апроксимації або екстраполяції [16].

Цифрові моделі рельєфу – це особливий вид математичних моделей, що представляє собою відображення «рельєфу» як реальних, так і абстрактних геополів (поверхонь). При цьому в якості «третьої координати» у цифровій моделі можуть виступати, крім реального рельєфу, різні інші показники і характеристики: атмосферний тиск, температура повітря, опади, геофізичні поля, концентрація забруднюючих речовин, кількості населення тощо. Цифрові моделі можуть зберігатися в базах даних або незалежно у вигляді файлових структур.

Цифрові моделі рельєфу дозволяють проводити наступні операції:

- швидке отримання інформації про морфометричні показники (висота, кут нахилу, експозиція схилу) у будь-якій точці моделі;
- аналіз крутизни і експозиції схилів, побудова відповідних карт;
- генерація горизонталей;
- побудова профілів поперечного перерізу рельєфу за напрямом прямої або ламаної лінії;
- аналіз поверхневого стоку;
- генерація мережі тальвегів і вододілів;
- розрахунок об’ємів;
- розрахунок площ поверхні;
- розрахунок рівнів і площ затоплення;
- побудова тривимірних моделей рельєфу з можливостями рендеринга і драпірування поверхні як векторними об'єктами (гідромережа, дороги, населені пункти, ландшафтні карти тощо), так і растровими шарами (топокарти, дані дистанційного зондування);
- створення відеозображення «прольоту» над поверхнею моделі за заданим маршрутом (системи віртуальної реальності);
- аналіз зон видимості з заданої точки або точок огляду і побудова відповідних карт або тривимірних моделей;
- трансформація вихідної моделі шляхом додавання нових даних.

Складність представлення тривимірних об'єктів на картах, «тривимірного картографування» історично породила безліч способів картографічного зображення рельєфу: система ізоліній (горизонталі), позначки висот, сукупність точкових, лінійних, площинних знаків; доповнюють зображення рельєфу горизонталями знаки ярів, обривів, сухих ділянок річок, скель, льодовиків і т.д. Тому слід розрізняти цифрові моделі картографічного зображення рельєфу (цифрові карти) і власне ЦМР, під якими на практиці часто розуміються цифрові моделі висот, створювані з використанням обмеженого набору вихідних картографічних даних про рельєф (X, Y, Z) [19].

2.2. Методи розрахунку ЦМР

Створення ЦМР, і переведення їх з одного виду в інший базуються на використанні математичного апарату. Від правильного його застосування залежить не тільки адекватність побудованої моделі, а й оптимальність витрат ресурсів машинної пам'яті і часу обчислення [4].

Спосіб побудови ЦМР за нерегулярною мережею вихідних точок вимагає постановки завдання відновлення (інтерполяції) поверхні і перерахунку мережі на регулярну. В даний час існує багато методів, що дозволяють вирішувати цю задачу.

Серед них – інтерполяція на основі тріангуляції Делоне, середньозважена інтерполяція, кригінг та ін. Однак у кожному разі при обчисленні позначки точки необхідно користуватися алгоритмами інтерполяції (значення, одержувані у вихідних точках, збігаються з істинними абсолютно точно) або апроксимації (значення, одержувані у вихідних точках, збігаються з істинними з деяким ступенем точності). Ще однією особливістю вибору методу розрахунку є ступінь його локалізації. Можна скористатися однією формулою наближення для всієї досліджуваної території (глобальний алгоритм) або змінювати формулу наближення по мірі зміни аргументів (частково-локальний алгоритм). Вибір цих параметрів алгоритму залежить від якості вихідних даних (немає необхідності вирішувати більш складне завдання інтерполяції, якщо якість вихідних даних є невисокою) і наших пізнань про рельєфоутворюючі процеси [4].

Одним з найбільш поширених методів, використовуваних картографами при побудові карт вручну, є спосіб тріангуляції.

При цьому спочатку тріангулюється безліч вихідних точок на карті, тобто будується система трикутників, що не перекриваються, вершинами яких є вихідні точки [16]. Поверхня представляється як багатогранник з трикутними гранями, де проекція кожної грані на картографовану площину є відповідним трикутником тріангуляції, а висоти дорівнюють значенням Z (i) у i-х точках. Безліч точок на площині може бути тріангульовано багатьма способами, відповідно з цим будуть

виходити різні поверхні. Оптимальною для моделювання рельєфу є тріангуляція Делоне, названа на честь російського математика Бориса Миколайовича Делоне, в якій щоб уникнути зламів ізоліній на ребрах полігонів для кожної вихідної точки будується локальний поліном першого або другого ступеня, і по тріангуляції ці локальні поліноми «склеюються» в одну гладку поверхню. При цьому повинна виконуватися умова Делоне – всередину кола, описаного навколо будь-якого побудованого трикутника, не повинна потрапляти жодна із заданих точок тріангуляції (рис. 8).

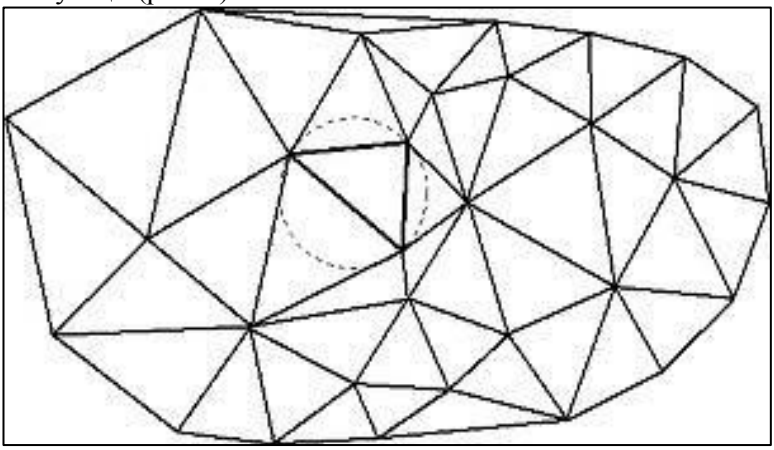


Рис. 8. Умова тріангуляції Делоне [20]

Метод середньозваженої інтерполяції був розроблений К.Ф. Гауссом на початку XIX ст. для потреб геодезії, проте в західній літературі його пов'язують з ім'ям Шепарда. У цьому методі вагова функція W (i) = 1 / r (i), де r (i) – відстань до і-ї точки або інша функція, спадає з ростом відстані. Цей метод досить простий для реалізації, однак похідні істинної та модельної поверхні можуть сильно відрізнятися [19]. Дана обставина змушує вдатися до узагальнення даного методу. При цьому береться зважена сума не показників Z (i), а локальних поліномів, коефіцієнти яких визначаються методом найменших квадратів за значеннями Z, найближчим до і-ї опорної точки. Таким чином, інтерполюються не тільки значення функції, але і її часткові похідні.

У методі кусково-поліноміального згладжування фіксується ступінь полінома d і вибирається прямокутник (ділянка моделювання), що містить всі опорні точки. Далі цей прямокутник розбивається лініями, паралельними сторонам, на систему більш дрібних прямокутників.

У реалізації передбачається інтерактивний вибір розбиття. Для кожного вузла сітки, яка побудується, за найближчими до нього точками методом найменших квадратів будуються локальні поліноми, функція F (x, y) конструюється з них за допомогою спеціального виду «склеювання» [19].

Слід зауважити, що зазвичай первинні дані цифрового моделювання рельєфу є (або з використанням тих чи інших операцій) приводяться до одного з декількох найбільш широко поширених представлень поверхонь (полів) в ГІС: растровому поданням чи моделі TIN [4]. Виходячи з цього, історично виділилися 2 альтернативні моделі ЦМР:

• засновані на регулярному (матричному) представленні поля рельєфу відмітками висот;

• структурні, однією з найбільш розвинених форм яких є моделі на основі структурно-лінгвістичного подання.

2.3. Нерегулярна тріангуляційна мережа (TIN)

Серед нерегулярних сіток найчастіше використовується трикутна мережа неправильної форми – модель TIN. Вона була розроблена на початку 1970-х рр.. як простий спосіб побудови поверхонь на основі набору нерівномірно розташованих точок. У 1970-і рр.. було створено кілька варіантів даної системи, комерційні системи на базі TIN стали з'являтися в 1980-і рр. як пакети програм для побудови горизонталей.

Модель TIN використовується для цифрового моделювання рельєфу, при цьому вузлам і ребрам трикутної мережі відповідають вихідні і похідні атрибути цифрової моделі. При побудові TIN-моделі дискретно розташовані точки з'єднуються лініями, утворюють трикутники.

У межах кожного трикутника моделі TIN поверхня зазвичай представляється площиною. Оскільки поверхня кожного трикутника задається висотами трьох його вершин, застосування трикутників забезпечує кожній ділянці мозаїчної поверхні точне прилягання до суміжних ділянок. Це забезпечує безперервність поверхні при нерегулярному розташуванні точок. При цьому кожен трикутник моделі крім інформації про висоту може мати атрибути кута нахилу та експозиції, що дозволяє швидко побудувати на базі однієї моделі TIN кілька тематичних карт – гіпсометричних, ухилів, експозицій – і дає можливість зробити різні види складного просторового аналізу, наприклад розрахунок шляхів геохімічних міграцій на основі поверхневого стоку.

Основним методом розрахунку TIN є тріангуляція Делоне, тому що в порівнянні з іншими методами вона характеризується найбільш суцільними для цифрової моделі рельєфу властивостями [21].

Практична робота №1 :

«Прив’язка растрового зображення в ГІС»

Координатна (географічна) прив'язка в ArcMap здійснюється в кілька етапів, послідовність яких залежить від типу матеріалу, який прив’язується. Даний приклад ілюструє один з найпростіших випадків, прив'язку топографічної карти, де нанесена координатна сітка і є підписи значень координат. Ця практична робота присвячена прив’язці зображення, укладеного в прямокутній системі координат.

Алгоритм дій:

1. Запустити програму ArcMap. Задати потрібну систему координат і номер зони (рис.1-2). На верхній панелі інструментів відкрити: View – Data Frame Properties – Coordinate System – Predefined – Projected Coordinate Systems – Pulkovo 1942 – Pulkovo 1942 GK Zone 6N

Примітка. Номер зони визначається за номером топографічної карти, наприклад, топокарта М-36-70 прив’язується у зоні 6N, тобто 36-30=6, N- північна півкуля.

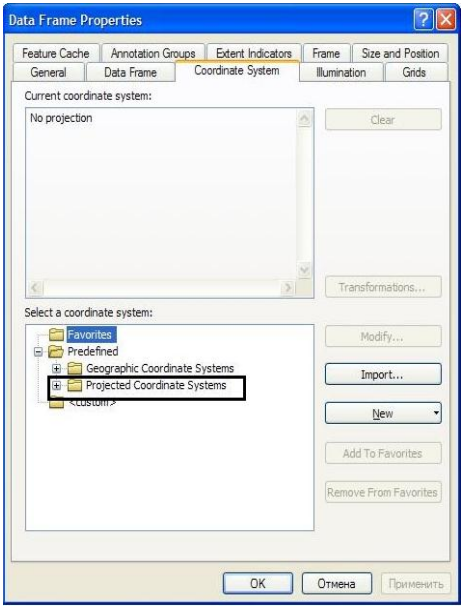


Рис.1.1. Панель View

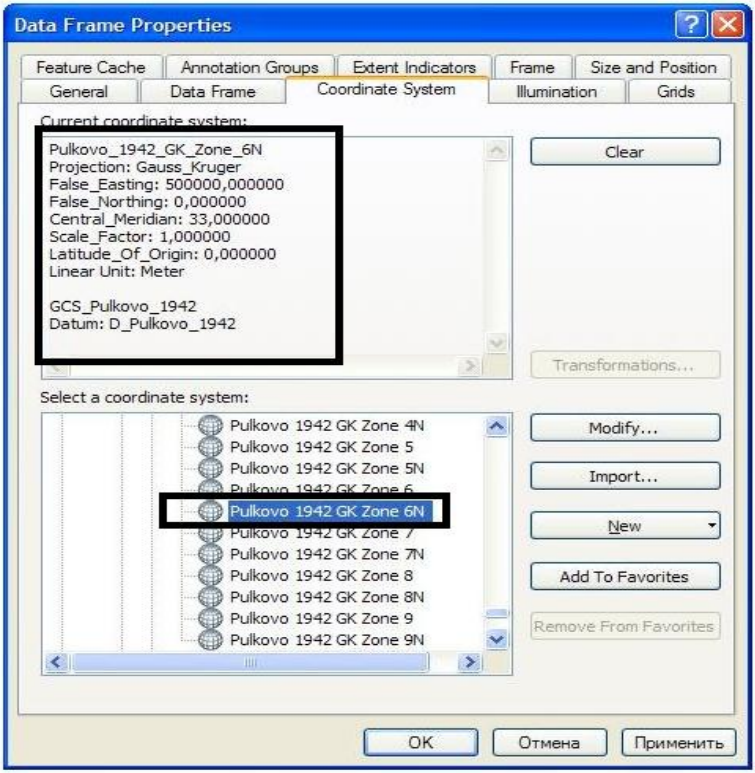


Рис.1.2. Вибір потрібної системи координат і номера зони

2. Відкриваємо топографічну карту за допомогою "File – Add Data...", або за допомогою кнопки . Для активації панель прив'язки Georeferencing клацніть правою кнопкою на основній панелі інструментів і поставте галочку навпроти панелі На цій панелі відкриваємо таблицю точок прив'язки і в вікні таблиці вимикаємо avto adjust (рис. 1.3).

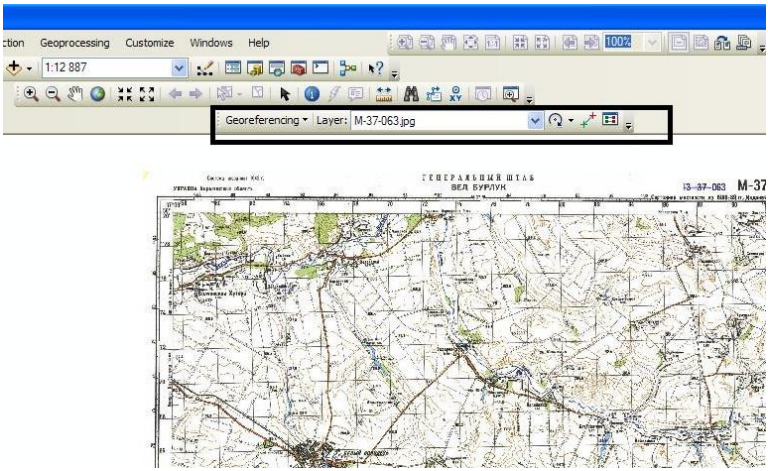


Рис.1.3. Відкрита топографічна карта і панель Georeferencing

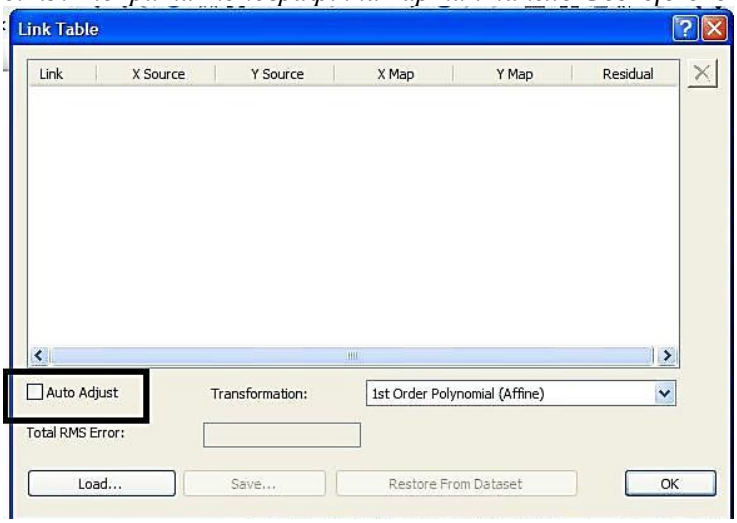


Рис.1.4. Відключення avto adjust

3. Прив'язуємо карту по чотирьом контрольним точкам на перехресті двох ліній прямокутної системи координат. У крайніх кутах аркуша карти використовуючи інструмент Add control points (додати контрольні точки) вносимо координати X та Y (рис.1.5).

*Примітка:*Для координати X число вносимо без першої цифри плюс додаємо три нулі. Наприклад, наше число 7392,

отже ми записуємо 392000. Для координати Y повністю цифра з карти плюс додаємо три нулі, тобто 5578000.

Рис.1.5. Внесення контрольних точок прив'язки

4. Перевіряємо правильність отриманих результатів вмикаємо avto adjust в таблиці точок прив'язки. І якщо є помилки виправляємо їх.

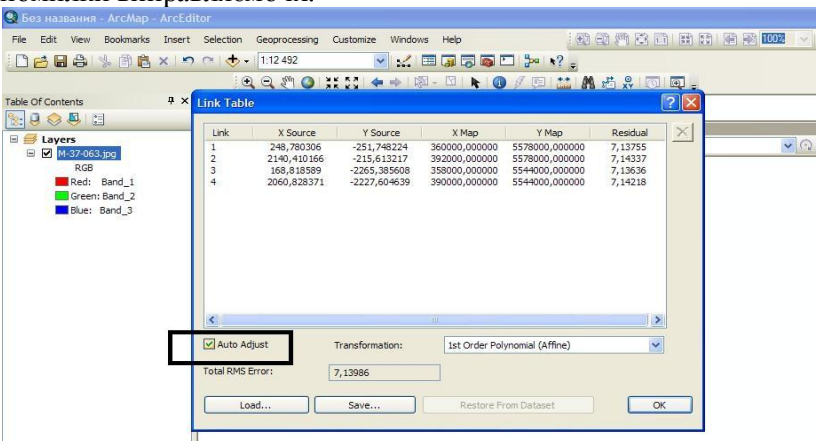


Рис. 1.6. Перевірка отриманих результатів

5. Зберігаємо прив’язку карти через панель Georeferencing і функція Rectify (рис.1. 7), де ми обираємо директорію, для збереження нового файлу, за неоюхідністю перейменовуємо файл (рис.1.8).

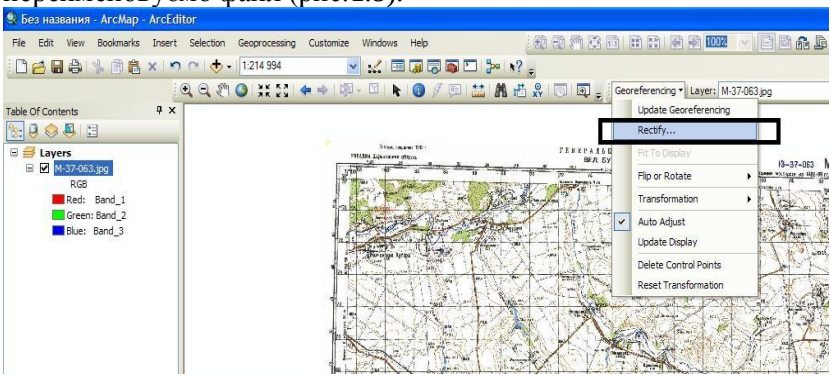


Рис.1. 7. Функція Rectify

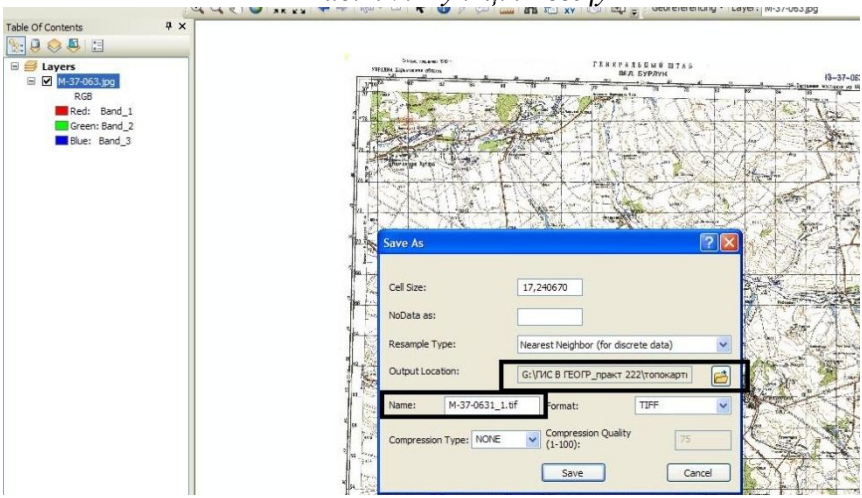


Рис. 1.8.Збереження файлу

6. Закриваємо цей проект, і перевіряємо отриманий файл, відкривши в новому проекті ArcMap (рис.1.9).

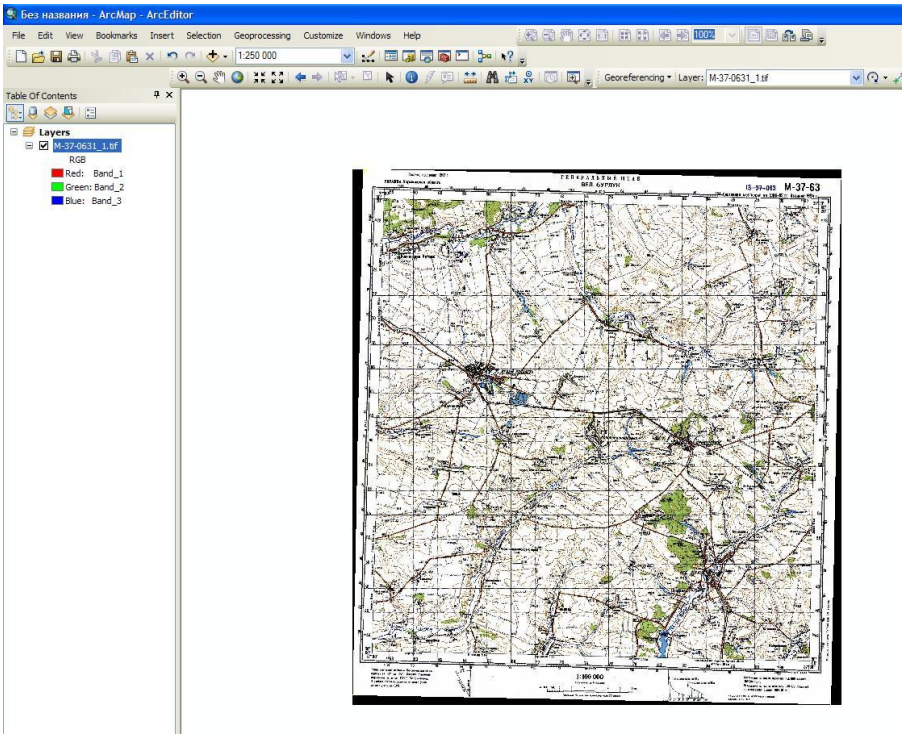


Рис.1.9. Прив'язана топографічна карта

Практичну роботу слід завершити до кінця пари та показати викладачу отриманий результат.

Практична робота №2 :

«Векторізація у ГІС. Редагування графічних даних»

Важливим етапом створення векторних шарів горизонталей рельєфу для подальшої побудови ЦМР.

1) Запустити програму ArcMap. Відкрити прив'язану раніше топографічну карту, за допомогою "File – Add Data...", або за допомогою кнопки .

2) Створити shape-файл, на якому будуть векторизовані горизонталі. Для цього відкриваємо ArcCatalog: Windows – Catalog, або за допомогою кнопки .(рис.2.1) Де обираємо директорію, в якій буде збережений shape-файл.

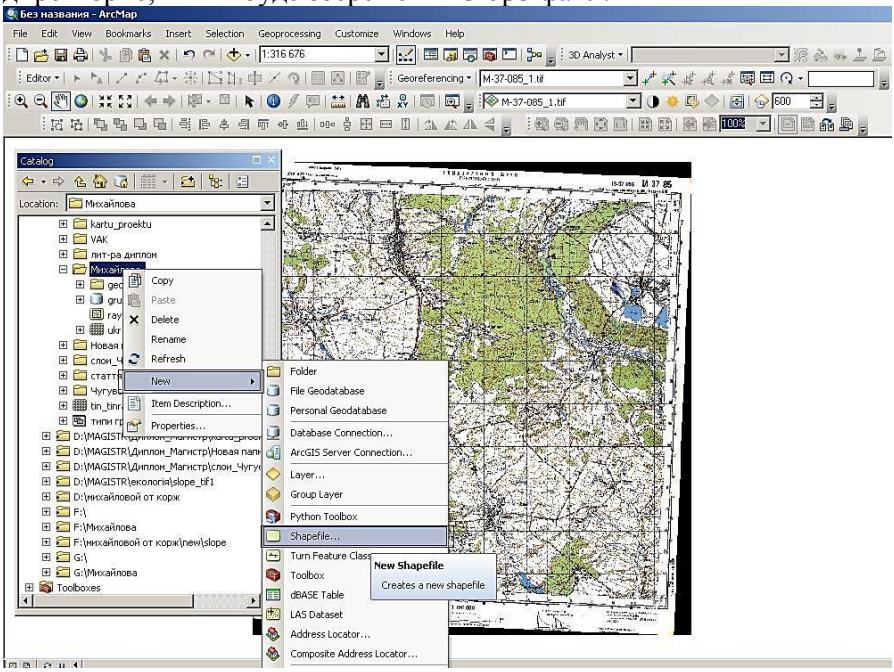


Рис.2.1. Вікно ArcCatalog, де прописана директорія збереження shape-файлу

3) Вказуємо в полі Name назву файлу латиницею, наприклад «gorizontali». Обираємо тип фігури в полі Feature type – Polyline, також вказуємо координатну систему для даного файлу, яка повинна відповідати координатній системі

прив'язаної топографічної карти. Натиснувши Edit, задаємо систему координат, як було описано в першому пункті попередньої практичної роботі (рис.1.2). Натискаємо Ok.

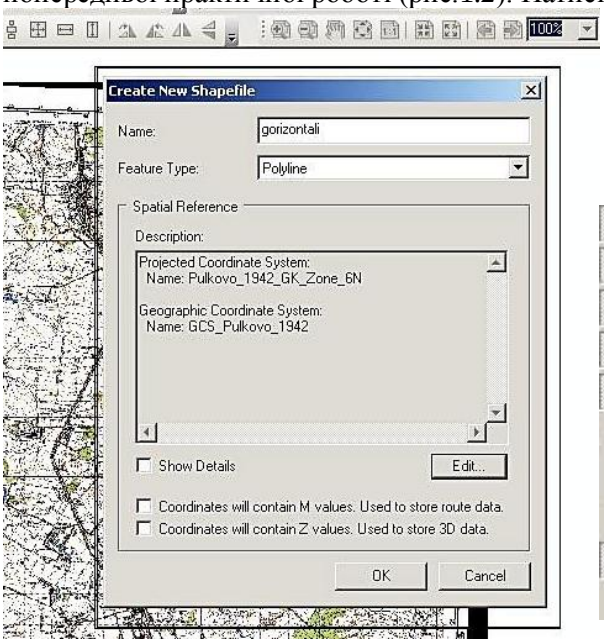


Рис. 2.2. Вікно створення нового shape-файлу

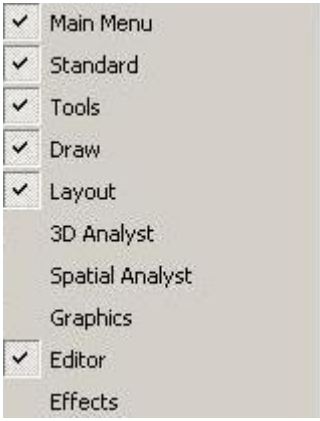


Рис.2. 3. Знаходження панелі Editor на основній панелі інструментів

4) Створений shape-файл автоматично відкриється в таблиці шарів і візуалізується. Векторизація здійснюється за допомогою панелі Editor. Для її активації клацніть правою кнопкою на основній панелі інструментів і поставте галочку навпроти панелі Editor (рис. 2.3)

5) З'явиться наступна панель (рис.2. 4):

Рис.2.4. Панель Editor

6) В панелі Editor потрібно натиснути Start Editing, обрати шар gorizontali, для того щоб можна було редагувати даний шар (рис. 2.5):

7) В панелі Editor обираємо функцію Create Features,натиснувши на кнопку . В панелі Create Features обираємо Arrange Templates By grouping and Filtering – Filter by – Line (рис.2.5):

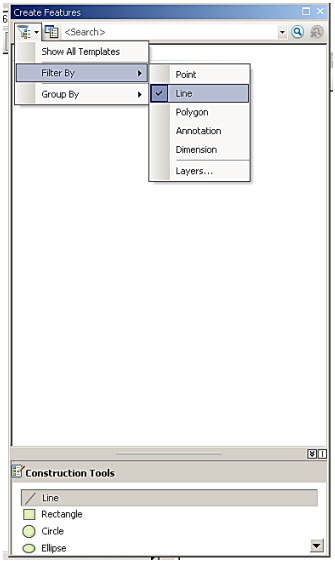


Рис.2. 5. Панель Create Features, з обраним інструментом – лінії

8) Починаємо оцифровувати горизонталі, згідно топографічної основи (рис.2. 6):

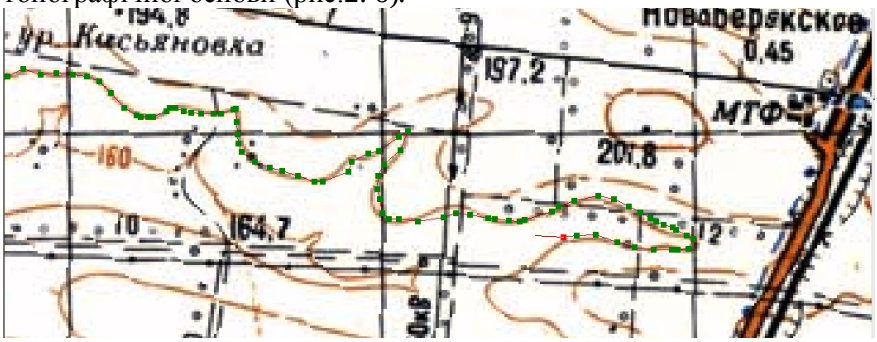


Рис.2. 6. Процес оцифровки горизонталей (векторизовані точки позначені зеленими квадратами)

9) Для підпису висот горизонталей відкриваємо атрибутивну таблицю даних Open Attribute Table (правою кнопкою миші натиснути на назві шару), в якій потрібно створити поле, в якому буде вказана висота рельєфу (рис. 2. 7). Для цього потрібно відключити функцію Editor в однойменній панелі за допомогою Stop Editing, перед цим зберегти оцифровані горизонталі за допомогою Editor – Save Edits.

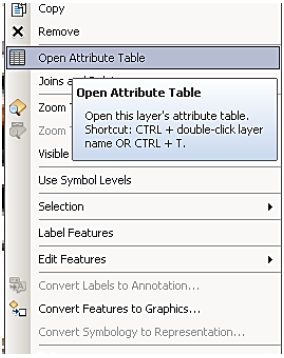


Рис. 2.7. Панель, де знаходиться атрибутивна таблиця даних

10) Відкривши таблицю атрибутивних даних, потрібно обрати Table Options – Add Field (рис. 2.8):

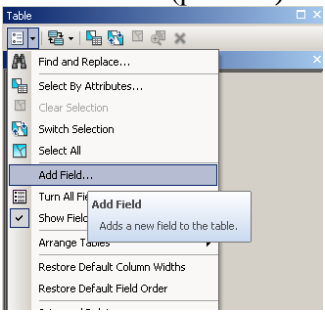


Рис. 2.8. Панель атрибутивної таблиці даних, з відкритими опціями таблиці (Table Options)

11) У вікні, що з’явиться, вказуємо в полі Name назву стовпчика, наприклад «HEIGHT», обираємо тип чисел, які будуть вноситись, для основних горизонталей та потовщених основних обираємо коротке ціле, тобто Short Integer. Натискаємо Ok (рис. 2.9).

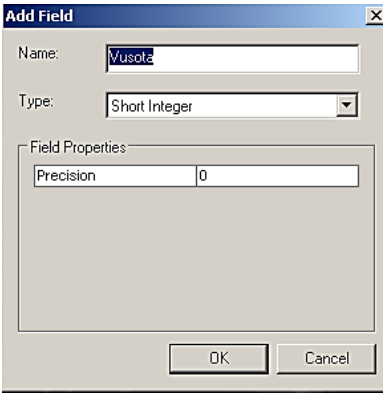


Рис.2. 9. Вікно Add Field, з обраними показниками

12) Створений стовпчик автоматично з’явиться в атрибутивный таблиці даних. Для того, щоб внести значення висоти для оцифрованої горизонталі потрібно включити в панелі Editor - Start Editing (рис. 5), і редагувати потрібний стовпчик.

13) Закінчивши векторизацію всіх горизонталей, потрібно обов’язково зберегти всі зміни в shape-файлі, за допомогою: Editor – Save Edits (рис. 2.10).

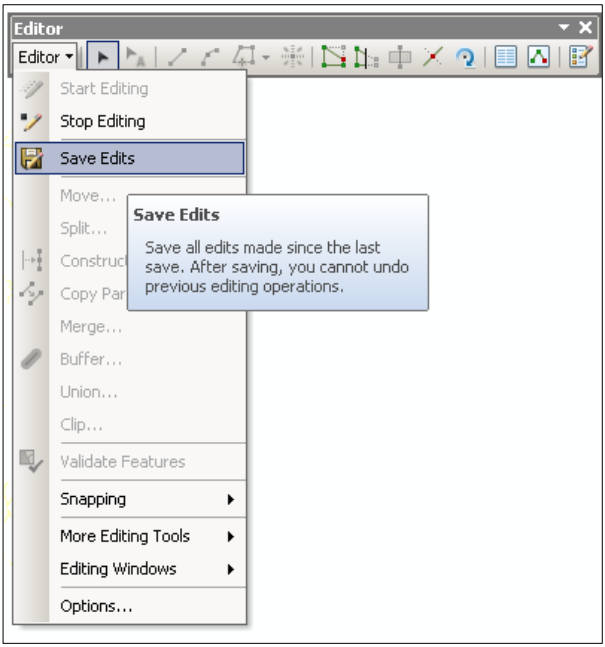


Рис. 2.10. Процес збереження всіх зміни в shape-файлі

Практична робота №3*:*

«Моделювання рельєфу в ГІС»

1) Запустити програму ArcMap. Відкрити векторизований раніше в shape-файл горизонталей, з оформленою таблицею атрибутивних даних (рис.3.1):

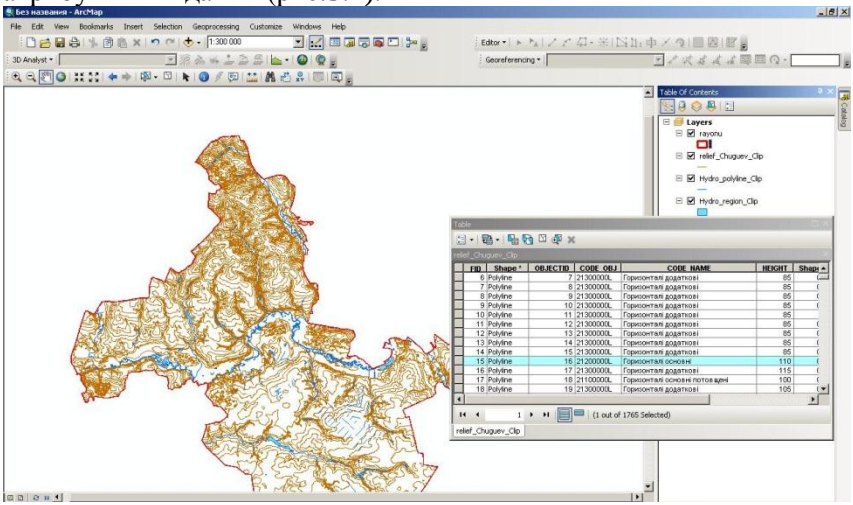


Рис. 3.1. Shape-файл з векторизованими горизонталями

2) Для побудови тріангуляційної моделі рельєфу необхідно запустити ArcToolbox, на головній панелі задач .

3) В даному програмному додатку (ArcToolbox) ми будемо використовувати інструмент 3D аналізу, а саме потрібно відкрити: 3D Analyst Tools – Data Management – TIN – Create TIN (рис.3.2).

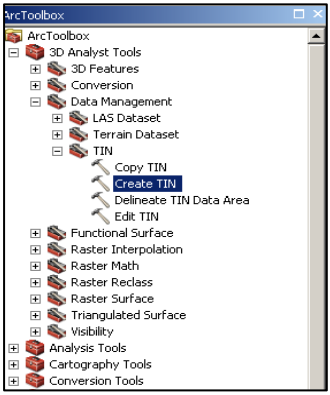


Рис. 3.2.Панель ArcToolbox, з прописаною задачею, а саме створення тріангуляційною моделі

4) У діалоговому вікні, в строчку Input Feature Class (optional) перенести мишкою, утримуючи ліву кнопку, з таблиці

шарів (Table of Contens) шар «gorizontali». Після чого в таблиці, яка побудується автоматично, в стовпчику Height Field, обрати стовпчик з атрибутивної таблиці даних, в якому міститься інформація щодо характеристики висоти, в нашому випадку, це стовпчик – HEIGHT. В полі Output TIN, прописуємо директорію, в якій буде збережений файл (рис.3.3).

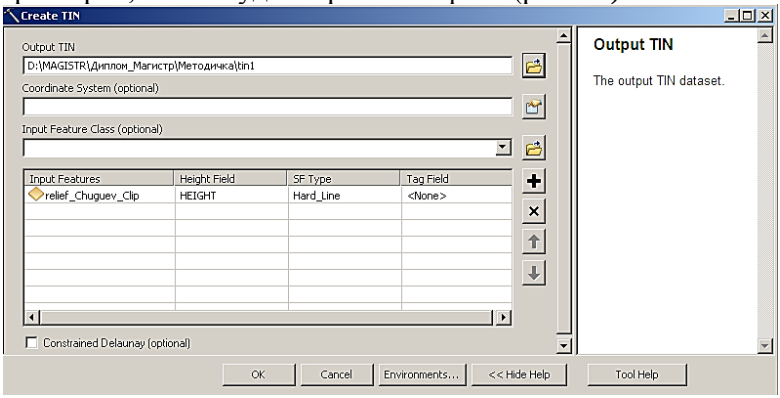


Рис. 3.3. Панель Create TIN

5) Після натискання ОК - йде побудова моделі, результат - рис. 4.

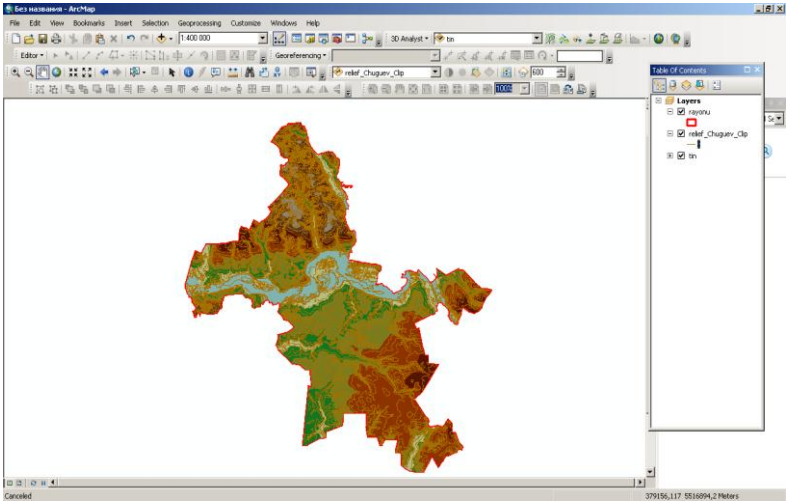


Рис.3. 4. Побудована TIN – модель

6) Можна відредагувати легенду TIN (подвійним клацанням на назві TIN-теми викликати її властивості і перейти на вкладку Symbology. Параметр Edge type можна зняти - це горизонталі, побудовані автоматично за інтерпольованою TIN у відповідності з заданими інтервалами (за необхідністю можна увімкнути знову) (рис.3.5).

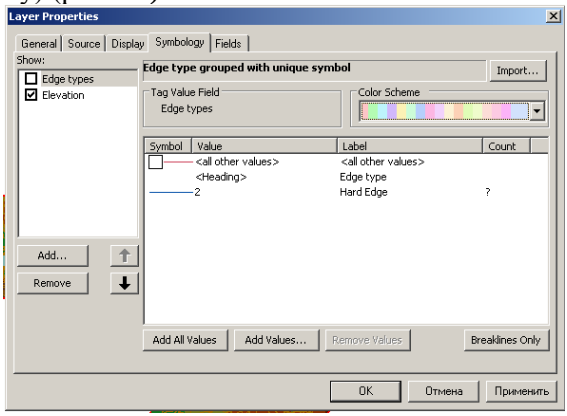


Рис. 3.5. Панель властивостей шару (layer properties) відключення відображення горизонталей

7) ArcMap представляє широкі можливості для кольорової відмивки рельєфу і розбивки шкали на інтервали класів (кнопка Classify, рис 3.6).

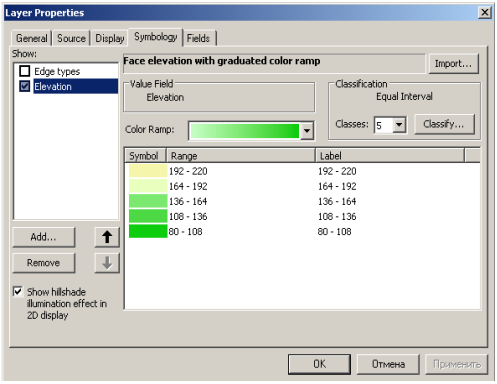


Рис. 3.6. Панель властивостей шару (layer properties) - вкладка Elevation

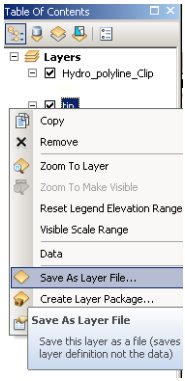


Рис.3. 7.Збереження налаштувань відображення символіки

8) Налаштоване відображення можна зберегти окремим файлом для майбутнього використання, натиснувши правою кнопкою миші на назві теми і обравши - Save As Layer File. Надалі TIN можна модифікувати і уточнювати (рис. 3.7).

9) Сформована ЦМР може бути візуалізована у вигляді тривимірної моделі місцевості. Для цього використовується додаток ArcScene, що викликається з панелі інструментів 3D Analyst (рис.3.8).

Рис.3. 8. Кнопка виклику ArcScene на панелі інструментів 3D Analyst.

На рис. 3.9 - вікно ArcScene, схоже з вікном ArcMap, в нього також можна додавати будь-які теми:

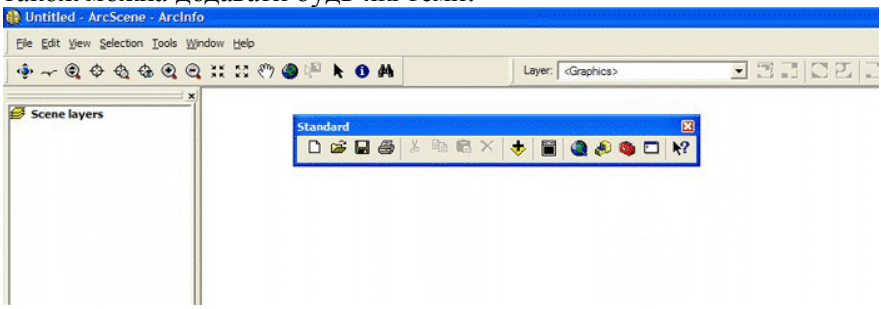


Рис.9. Вікно ArcScene

10) Спочатку потрібно завантажити власне шар поверхні - отриманий раніше TIN (рис. 3.10). Після додавання шару в проект ArcScene довантажувати налаштування символіки. lyr, заздалегідь збережену через середовище ArcMap.

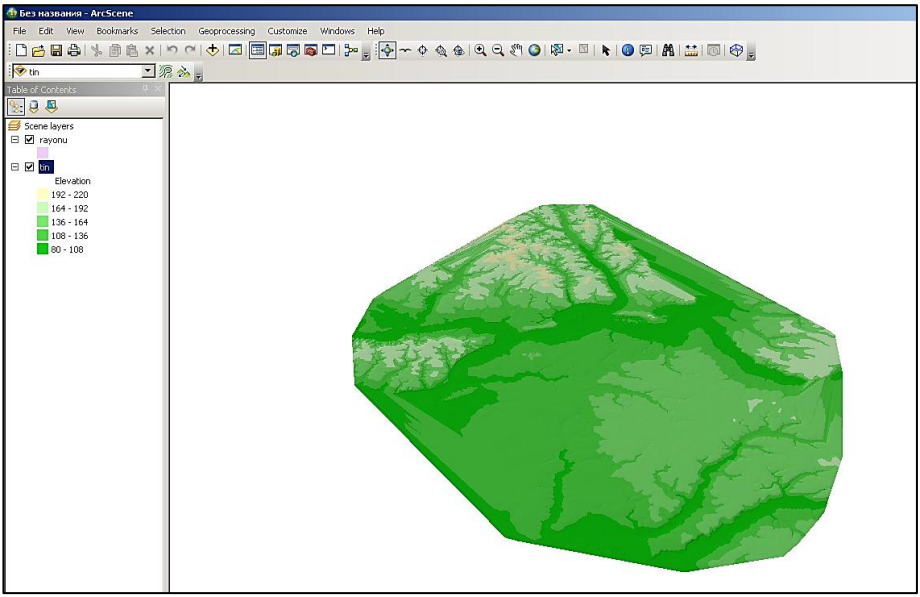


Рис. 3.10. Завантажена TIN – поверхня в ArcScene

11) Для налаштувань 3-D зображення вмикаємо властивості теми на вкладці Base Heights. Встановлюємо, по перше, базову поверхню (TIN), а по-друге - Z-factor - співвідношення горизонтального і вертикального масштабів (рис.3.11).

12) Для гірських місцевостей Z-factor рекомендується встановлювати 3-7, для рівнинних - 10-20. Отримуємо таку картинку - рис.3.12.

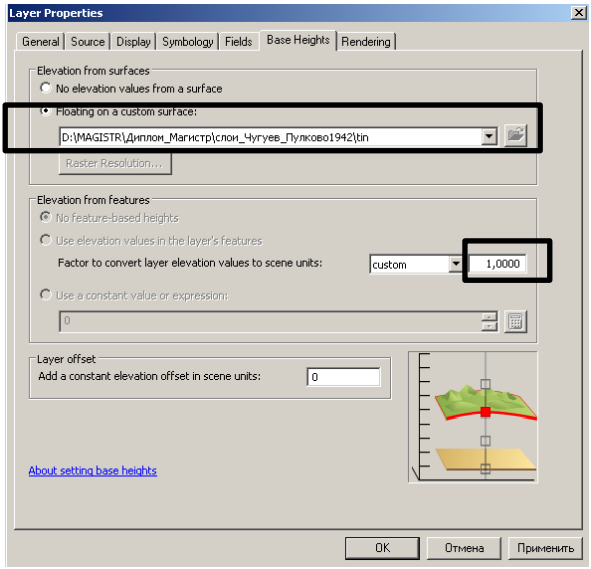


Рис.3.11. Вікно установки 3D-параметрів моделі. Вгорі - встановити базовий шар висот, у середині праворуч - установка співвідношення горизонтального і вертикального масштабів (Z-factor).

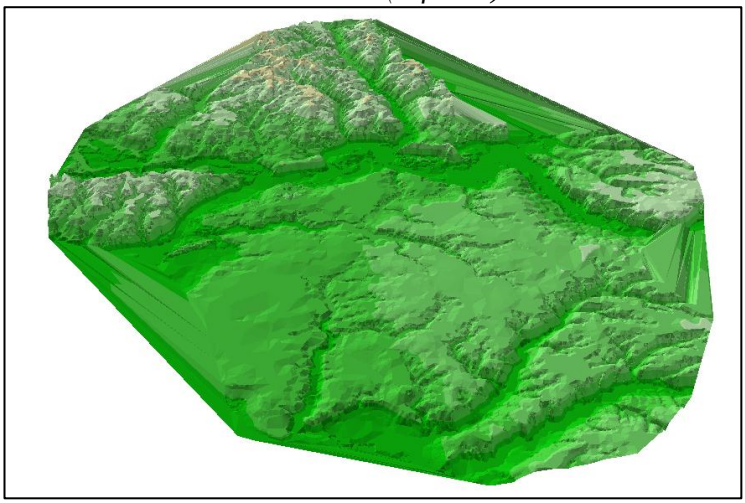


Рис. 3.12. Тривимірна модель місцевості на основі шару TIN без накладання інших шарів

13) Далі на отриманій моделі можна накладати як векторні, так і растрові шари, для яких у вкладці властивостей Base Heights встановлюємо ту ж базову TIN-поверхню і Z-factor, що і для базового шару висот. У принципі базовий шар висот - TIN взагалі може бути не підключений, але знаходитись у базі данихв ArcScene, а бути тільки позначеним у всіх шарах. Іноді має сенс зробити Z-factor для накладених шарів трохи (на 0,5-1) більшим, так як вектори можуть місцями «зариватися» в базовий шар TIN-моделі за рахунок похибок інтерполяції за різниці візуалізації растрових і векторних даних. Наприклад, на тривимірну модель накладена водна мережа та межі Чугуївського району(рис. 3.13).

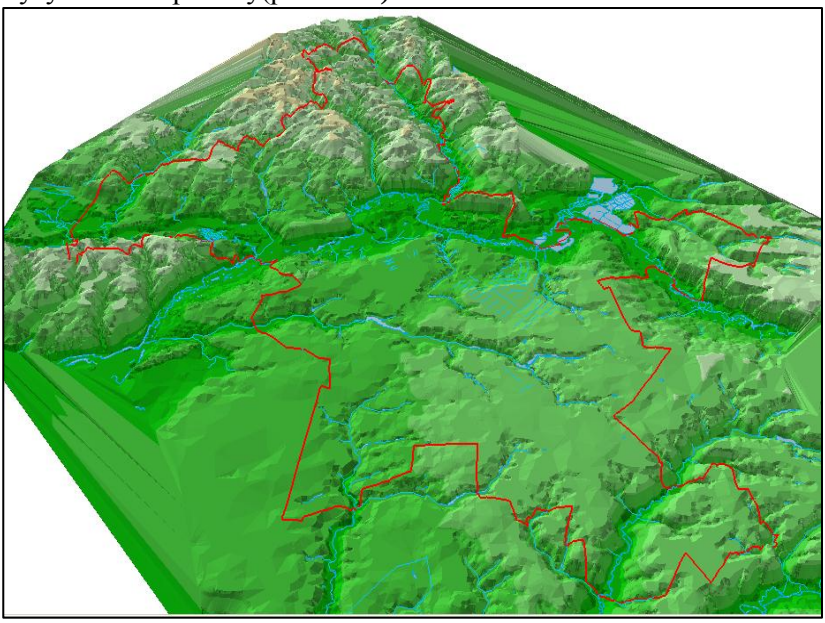


Рис. 3.13. Тривимірна модель місцевості на основі шару TIN *з накладанням векторних шарів водної мережі та меж адміністративно - територіальної одиниці (району).*

14) Зберегти ЦМР треба за допомогою File – Export Scene – 2D (рис. 3.14), за допомогою цього ми зберігаємо зображення в форматі для друку чи іншого використання (наприклад в форматі JPEG).

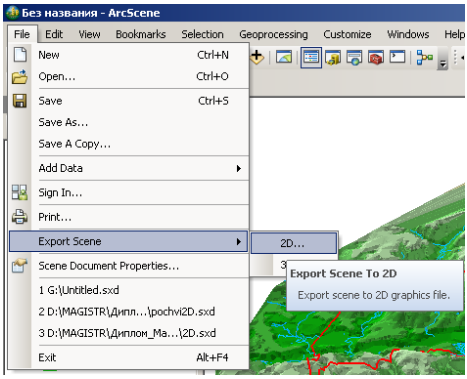


Рис.3. 14. Збереження файлу 3-D моделі

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Берлянт А.М. Виртуальные геоизображения. – М.: Научный мир, 2001. – 56 с.
2. Берлянт А.М. Теория геоизображений. – М.: ГЕОС, 2006. – 262 с.
3. Бондаренко Е. Л. Географічні інформаційні системи: навчальний посібник / Бондаренко Е. Л. – К.: ТОВ «СПТ “Бавок”», 2011. – 160 с.
4. Бут Б. ArcGIS 3DAnalyst: Руководство пользователя. – М.: Дата+, 2002. – 243 с.
5. ДеМерс М.Н. Географические информационные системы. Основы. – М.: Дата+, 1999. –
6. Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. – М.: Просвещение, 1996. – 207 с.
7. Королёв Ю.К. Общая геоинформатика. – Ч. 1: Теоретическая геоинформатика. – М., 1998. –118 с.
8. Кошкарёв А.В. Геоинформатика: Толкования основных терминов // Программно-аппаратное обеспечение, фонд цифрового материала, услуги и нормативно-правовая база геоинформатики. Ежегодный обзор. – Вып. 3 (1996–1997), т. 1. – М.: ГИС-Ассоциация, 1998. – С. 81–90.
9. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. – М.: Геодезиздат, 1993. – 213 с.
10. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ. – Л.: Недра, 1987. – 271 с.
11. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. – М.: КДУ, 2008. – 424 с.
12. Лурье И.К. Основы геоинформатики и создание ГИС / Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – Ч. 1. – М., 2002. – 168 с.
13. МакКой Д., Джонстон К. ArcGIS Spatial Analyst: Руководство пользователя. – М.: Дата+, 2002. – 216 с.
14. Морфология рельефа / Г.Ф. Уфимцев, Д.А. Тимофеев, Ю.Г. Симонов и др. – М.: Научный мир, 2004. – 184 с.
15. Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. – М.: Научный мир, 2003. – 64 с.

16. Світличний О.О. Основи геоінформатики: Навчальний посібник/ О.О. Світличний. С.В. Зпотницькк; за заг. ред.. О.О. Світличного. - Суми: ВТД Університетська книга. 2006. - 295 с.

17. Серапинас Б.Б. Математическая картография. – М.: Академия, 2005. – 336 с.

18. Сербенюк С.Н., Кошель С.М., Мусин О.Р. Программы МАГ для создания цифровых моделей геополей // Геодезия и картография. – 1991. – № 4. – С. 44–46.

19. Скворцов А.В. Геоинформатика. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 336 с.

20. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.

21.Тикунов В. С. Геоинформатика / Под ред. В.С. Тикунова. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.

22. Хамарин В.И. Методические указания по использованию специализированных пакетов программ СУБД-L, SURFER 6, ERDAS IMAGINE 8.2 при решении задач регионального природопользования. – Томск: Изд-во СО РАН, 1999. – 32 с.

23. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа [Электронный ресурс]: интерактив. учеб. – Электрон. дан. и прогр. – Томск: Институт дистанционного образования ТГУ, 2007. –1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Режим доступа: http://www.ido.tsu.ru/bank.php?cat=52.

24. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М., 1998. – 287 с.

25. Burrough P.A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. – Oxford, 1996. – 194 p.

26. Chrisman N. Exploring Geographic Information Systems. – New York, 1997. – 298 p.

27. Goodchild M., Kemp K. Core Curriculum in GIS. – Santa Barbara, 1991. – 318 p.

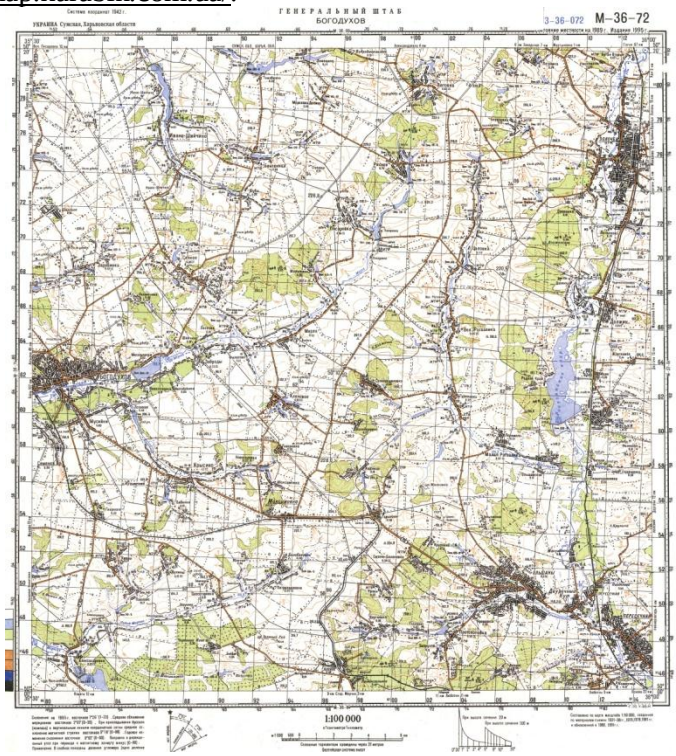
28. Zeiler M. Modeling Our World. – Redlands: ESRI Press, 1999. – 201 p.

ДОДАТОК

Перелік індивідуальних завдань:

Індивідуальність виконання першої практичної роботи полягає в тому, що студенти протягом пари прив'язують запропоновану викладачем топографічну карту, і наприкінці пари повинні показати кінцевий результат для перевірки.

Для виконання пропонуються топографічні карти Харківської області в масштабі 1:100 000, які можна завантажити з даного Інтернет-ресурсу: http://map.karabin.com.ua/.



Приклад топографічної карти (М-36-72)

Електронні посилання для скачування топографічних карт (номер топографічної карти залежить від варіанту студента):

1. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-071.jpeg
2. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-072.jpeg
3. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-061.jpeg

4. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-062.jpeg
5. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-063.jpeg
6. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-064.jpeg
7. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-083.jpeg
8. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-084.jpeg
9. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-073.jpeg
10. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-074.jpeg
11. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-075.jpeg
12. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-076.jpeg
13. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-096.jpeg
14. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-085.jpeg
15. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-086.jpeg
16. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-087.jpeg
17. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-088.jpeg
18. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-107.jpeg
19. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-36-108.jpeg
20. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-097.jpeg
21. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-098.jpeg
22. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-099.jpeg
23. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-109.jpeg
24. http://map.karabin.com.ua/fullmap.php?map=M-37-110.jpeg

Індивідуальне виконання наступних практичних робіт обґрунтоване різної територією для кожного із студентів.