

УДК 528.9:631.1

Ковальчук І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Андрейчук Ю. М., Іванов Є. А.

Львівський національний університет імені Івана Франка

ІНФОРМАЦІЙНЕ І ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТВОРЕННЯ АТЛАСУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ

Розглянуті особливості інформаційного і програмного забезпечення, яке необхідне для створення атласу земельних ресурсів адміністративного району. В якості основного програмного забезпечення обрано ГІС-продукт фірми ESRI – ArcGIS 9.3. Проаналізовані можливості модулів та інструментів ArcGIS у процесі геоінформаційного моделювання структури землекористування, екологічного стану і використання земельних ресурсів, а також при побудові гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу.

Ключові слова: ArcGIS, ГІС, атлас, модель, ЦМР.

Актуальність поставленої проблеми. На сьогодні кількість пропонованих споживачам програмних продуктів геоінформаційного спрямування невинно зростає. Передусім, це варто пояснювати високими темпами автоматизації й комп'ютеризації науково-дослідного, виробничого і навчального процесів у сфері картографування і моделювання стану складових навколишнього природного середовища. Водночас, все гостріше постає проблема вибору геоінформаційного інструментарію, що у значній мірі задовольнятиме потреби дослідника. Ще донедавна ГІС-продукти сприймали виключно як інструменти підготовки, аналізу та комп'ютерної візуалізації геопросторової інформації з подальшим їхнім обробленням у системах комп'ютеризованого картографування та інших векторно-растрових редакторах. Аналогічний підхід потребував від дослідника додаткових затрат часу й коштів. У значній мірі це стосувалося й підготовки комплексних картографічних творів – атласів різної складності і тематичного спрямування, у нашому випадку – атласу стану і використання земельних ресурсів адміністративного району.

Основною проблемою, що виникає у процесі виконання робіт із створення атласу земельних ресурсів адміністративного району, служить несумісність первинних даних, що використовуються різними дослідниками і виконавцями робіт для аналізу та відображення специфічної землевпорядної інформації, характерної для окремих складових навколишнього природного середовища. Варто також згадати й про складність конвертації і подальшого використання даних наявних землевпорядних, лісотаксаційних, водогосподарських та інших видів дослідницьких продуктів. Все гостріше постає питання щодо необхідності комплексного вирішення питань

використання такого ГІС-програмного забезпечення, яке задовольнятиме вимоги як користувача-дослідника, управлінця і виконавця картографічних творів.

Іншим проблемним питанням залишається якість картографічної основи, яку використовують в якості вихідного матеріалу для створення ГІС-проектів та підсумкових атласних картографічних творів. Головною причиною виступає специфіка відображення об'єктів чи процесів, що пов'язані із невідповідними масштабами вихідних матеріалів та недосконалістю галузевих стандартів картографування у період відсутності комп'ютеризованих систем. Іншою проблемою залишається просторова та часова неузгодженість геопросторових даних, які зібрані державними чи приватними організаціями та установами. Це впливає із недосконалості державної політики у сфері картографування складових навколишнього природного середовища та відсутності єдиного державного картографічного банку даних. Лімітуючим чинником комплексного атласного картографування адміністративних районів продовжує виступати необґрунтована секретність картографічних матеріалів. Поряд з цим, виникає й нова проблема, пов'язана з високою вартістю геопросторових даних, яку поширюють недержавні структури. В окремих випадках проблемою виступає низька дослідницька кваліфікація кадрів, що залучені до виконання складних картографічних робіт.

Інформаційні засади атласу стану і використання земельних ресурсів.

Використання геоінформаційних технологій у картографії є відносно новим напрямом. Підходи до використання сучасних ГІС-технологій розроблені у Московському [8], Тбіліському [1], Харківському [6], Одеському [11] і Львівському [7, 15] університетах, Інституті географії НАН України [4] та інших наукових і навчальних установах. Цікавою розробкою у сфері практичного застосування ГІС-технологій є роботи І. Черваньова, С. Кострікова, Б. Воробйова, присвячені геоінформаційному моделюванню організації басейнових систем. Результатом проведених досліджень є самостійна авторська система аналітичної обробки просторової інформації (CAOPI) Amber і Q [13].

Водночас, на сьогодні накопичено досвід аналізу стану земельних ресурсів за допомогою геоінформаційних технологій. Серед них відзначимо роботи, присвячені земельному кадастру [3] та управлінню земельними ресурсами [2, 12]. Особливо багато уваги сьогодні присвячено створенню та інформаційному наповненню **земельних інформаційних систем (ЗІС)**. Серед останніх розробок ЗІС і методичних підходів їхнього використання варто відзначити роботи В. Боклага [2], О. Качановського та ін. [5], О. Мкртчяна [9, 10], А. Сохнич та ін. [12] і Т. Ямелинця [15].

Однією з найвдаліших комп'ютерних систем для виконання різнопланової оцінки земель населених пунктів вважають розроблення Науково-виробничого центру “Земельні Інформаційні Системи” (НВЦ ЗІС) під назвою LPS 1.1 і LPS 1.2. Програмний комплекс розрахований на землевпорядників, архітекторів, оцінювачів земель й існує в двох версіях: із застосуванням графічного модуля – LPS 1.2 і без нього – LPS 1.1. Не можна залишити без уваги ще одну українську розробку – програмно-методичний комплекс “ТЕРЕН”, який розробив Державний науково-

дослідний інститут автоматизованих систем у будівництві (ДНДІАСБ). Цифрове картографічне забезпечення комплексу “ТЕРЕН” здійснює науково-дослідний виробничий інститут “Геодескартінформатика” [12].

Аналіз програмного забезпечення створення атласу земельних ресурсів. Розв’язання нагальних проблемних питань потребує прискіпливішого вибору програмного забезпечення класу ГІС, що буде використане у процесі розроблення комплексних моделей атласу використання земельних ресурсів адміністративного району і території сільської ради. У ході виконання цієї роботи ми здійснили аналіз наявного на ринку програмного забезпечення щодо ефективності його використання. В результаті проведеної роботи нами обрано останню розробку компанії ESRI (Інститут дослідження систем навколишнього середовища, США) – ГІС-програмний продукт *ArcGIS 9.3.1*.

Заснована ще у 1969 р. як консалтингова компанія, ESRI від початку фокусувала свої зусилля на організації та аналізі геопросторової інформації з метою дослідження та підтримки прийняття рішень у сфері планування та управління ресурсами навколишнього природного середовища. У 1982 р. компанією запропонований перший комерційний програмний продукт класу ГІС – *ARC/INFO* з функціональним інструментарієм введення, нагромадження й аналізу геопросторових даних. Характерною рисою *ARC/INFO* стало те, без чого на сьогодні неможливо уявити сучасні ГІС-продукти, а саме поєднання просторово координованої графічної інформації із системами управління базами геоданих. Обраний підхід дав змогу розширити можливості аналізу та набагато ефективніше використовувати геодані. Саме це вирізняє продукти ESRI від аналогічних геоінформаційних розробок із технологіями підтримки комп’ютерного проектування.

Розглядаючи можливості обраного програмного комплексу (від процесу підготовки та аналізу комплексного тематичного наповнення атласу, “on-screen” візуалізації до створення якісної паперової копії), охарактеризуємо основні модулі *ArcGIS* та інші ГІС-програми, що розширюють можливості головного програмного забезпечення (табл. 1). Варто зауважити, що їхня кількість та функціональні можливості залежать від версії програм і типу отриманої ліцензії.

ArcMap – програмний модуль, який забезпечує безпосереднє введення, аналіз та візуалізацію геопросторової інформації.

Введення геопросторової інформації в *ArcMap* реалізують кількома шляхами: *автоматизованим, напівавтоматизованим та ручним*. Повністю автоматичне введення інформації здійснюють за допомогою додаткових розширень, що інтегровані у програмне забезпечення *ArcGIS*. До таких розширень можна віднести можливість *геокодування геопросторової інформації* на основі бази даних, яка описує розміщення об’єктів у просторі (географічні і топографічні координати, адресну прив’язку в населених пунктах). До таких даних відносять дані, що отримані за допомогою *GPS* та інших інженерно-геодезичних приладів. Можливості програмного забезпечення розширені наявністю спеціалізованих компонентів, таких як *Survey Analyst* (оброблення даних польових геодезичних вимірів та підготовки кадастральних

**Основні модулі ArcGIS та іншого програмного забезпечення,
які використано у процесі створення атласу земельних ресурсів
адміністративного району і сільської ради**

Операція геоінформаційного моделювання	Програмне забезпечення, модулі
Підготовка топографічних основ, картографічних матеріалів, аеро- і космоснімків до опрацювання	PanaVue
Введення, аналіз та візуалізація геопросторової інформації	ArcMap
Напівавтоматичне та автоматичне введення геопросторової інформації	ArcScan, EasyTrace, Mpedit
Побудова гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу, структури річкової мережі	Spatial Analyst, ArcHydro, TauDEM, ANUDEM
Опрацювання даних польових геодезичних вимірів, підготовки земельпорядних планів	Survey Analyst
Дешифрування структури землекористування за допомогою аеро- і космоснімків	ERDAS Imagine
Аналіз іншої геопросторової інформації, побудова різноманітних континуальних полів, перетворення растрових та векторних форматів	Spatial Analyst, ArcToolbox
Розроблення інтерактивних картографічних моделей, тривимірне (3D) моделювання, віртуальні моделі	ArcGIS 3D Analyst, ArcScene, ArcGlobe
Аналіз різнопланових статистичних даних, що відображають стан земельних ресурсів	Geostatistical Analyst
Управління геопросторовими даними та структурою баз геоданих “Земельні ресурси району і сільської ради”	ArcCatalog, Data Interoperability
Підготовка остаточного варіанту макету атласу для друку чи експорту в інших графічний формат	ArcToolbox, Maplex, Representatio

планів) [19].

До засобів напівавтоматичного введення геоданих відносять розширення *ArcScan*, яке здійснює напівавтоматичне опрацювання просторово координованої векторної інформації із одночасним внесенням атрибутивних даних. Недоліком такого розширення вважають використання в якості основи для векторизації обмеженого набору форматів бігональних растрових даних, якість і точність яких подекуди залишається незадовільною. Для підвищення ефективності автоматизації процесу векторизації варто використовувати програмні продукти інших виробників, такі, наприклад, як *EasyTrace* чи *Mpedit*. На жаль, використання такого програмного забезпечення вимагає додаткових затрат на його придбання й підготовку

відповідного персоналу.

Ручний спосіб введення геопросторових даних передбачає кілька етапів. Перший (підготовчий) етап включає підбір картографічного матеріалу певного тематичного спрямування та масштабного ряду. В межах цього етапу проводять сканування, графічну корекцію та координатну прив'язку карт-основ. В подальшому, під час другого етапу, здійснюють введення геопросторової інформації та наповнення атрибутивної інформації для векторизованих об'єктів. Окрім стандартного набору інструментів введення векторної інформації, в даному програмному забезпеченні присутні додаткові інструменти, що значно полегшують та пришвидшують процес оцифрування. Під час останнього етапу здійснюють побудову просторової шарової та міжшарової топології для створеної геоінформаційно-картографічної моделі досліджуваної території.

Завершальним етапом комплексного атласного картографування вважаємо підготовку остаточних варіантів макету карт для друку чи експорту в інший графічний формат. На цьому етапі передбачається вибір оптимального формату і масштабу карти, композиції і набору додаткових інформаційних блоків, що сприятимуть кращому розумінню змісту введених та проаналізованих об'єктів, процесів та явищ в межах єдиної комплексної бази геоданих.

Для кращої підготовки макету використовують такі набори інструментів як *Mplex* та *Representatio*. Перший відповідає за коректне розміщення текстових підписів на картах із врахуванням місць розташування досліджуваних об'єктів. В його функції входить розроблення і застосування правил, класифікація, форматування та виявлення конфліктів між підписами та об'єктами і т. п. Функціональні можливості набору інструментів *Representatio* представлені в якості окремої панелі інструментів, так й окремого їхнього набору в *ArcToolbox*. Це дає змогу суттєво покращити відображення об'єктів на картах із використанням інструментів маскуванню, правил відображення та виявлення конфліктів їхнього розташування. Якість оформлення картографічних матеріалів підсилена можливістю розроблення і застосування власної системи картографічних легенд, які зберігаються в якості окремого формату *.*Lyr*, що реляційно пов'язаний з базою геоданих кожного окремо взятого об'єкту. У свою чергу, це полегшує застосування і відображення об'єктів у вигляді, що відповідає прийнятним галузевим стандартам.

ArcCatalog – окремий програмний модуль, який призначений, головню, для управління геопросторовими даними та структурою баз геоданих [16].

Особливістю програмного модуля є передусім можливість керування даними у форматах, які створені у програмному середовищі інших виробників та здійснення відповідних експортно-імпортних операцій практично без втрати геометричних властивостей геопросторових об'єктів і відповідної реляційної бази геоданих [14]. Гнучкість в оперуванні геоданими досягається за допомогою використання розширення "*Data Interoperability*", яке може автоматично завантажуватися разом з модулем *ArcCatalog*.

Додатковою можливістю модуля *ArcCatalog* є використання геоданих з

локальних, корпоративних та Інтернет геосерверів. Ця можливість прискорює проведення дрібномасштабних глобальних, національних чи регіональних досліджень. На жаль, на сучасному етапі в Інтернет-мережі відсутні ресурси для велико- і середньомасштабного картографування.

Важливою функцією модуля ArcCatalog є можливість під'єднання баз та банків даних у форматах інших виробників програмного забезпечення, що суттєво розширює можливості ГІС-аналізу. Прикладами адаптованих геоданих слугує інформація, яку збирають державні організації, наприклад такі як обласні управління земельних ресурсів із власним доволі специфічним програмним забезпеченням "Земля". Щоправда, не завжди інформація, яка збирається та опрацьовується державними установами, надається для використання при створенні комплексного атласного картографічного продукту через несумісність специфічного програмного забезпечення та структури баз даних.

Після розгляду процесу введення геопросторової інформації в ArcMap та управління нею за допомогою модуля ArcCatalog, перейдемо до ще одного важливого функціонального масиву, використання якого забезпечує це програмне забезпечення, а саме аналізу геопросторових даних. Зокрема, розглянемо модуль **Spatial Analyst**, реалізований окремо як панель інструментів із обмеженим набором базових функцій [18], а також набір інструментів у модулі **ArcToolbox** в його розширеному вигляді.

Функціональні можливості модуля Spatial Analyst можна поділити на кілька груп. До першої функціональної групи можливостей відносять побудову континуальних полів значень на основі векторних геопросторових даних із використанням методів *Spline*, *IDW*, *Kriging* та *комбінованої інтерполяції*. Друга група інструментів відповідає за здійснення операцій растрового та растрово-векторного оверлейного аналізу, що дає змогу виявити просторові залежності та взаємовідносини між окремими складовими навколишнього природного середовища, геосистемами чи екосистемами у цілому, розробляти моделі інтегрального оцінювання стану природно-господарських систем та ін.

Важливим є набір інструментів, що умовно названо "конвертаційним" і який відповідає за перетворення растрових та векторних форматів як в межах одно-, так і різнотипних геоданих.

Ще одним важливим модулем, що входить до комплекту ArcGIS Desktop є **ArcGIS 3D Analyst**. Цей модуль необхідний для розроблення інтерактивних картографічних моделей. Він дає змогу відображати та аналізувати динамічні об'єкти, процеси чи явища у тривимірному (3D) просторі із можливістю застосування їхньої часової компоненти. Для кращого візуального сприйняття результатів моделювання у пропонованому програмному забезпеченні наявні окремі програмні модулі *ArcScene* та *ArcGlobe*. Перший модуль пристосований для відображення інформації на локальному та регіональному рівнях, в тому числі на рівні адміністративних районів і сільських рад. Модуль ArcGlobe являє собою розробку для візуалізації розвитку глобальних процесів та явищ. У цих модулях існує можливість побудови

тривимірних блок-діаграм та анімаційних моделей досліджуваних територій, що покращує сприйняття й розуміння прояву різноманітних динамічних процесів та явищ.

Необхідність використання та геопростового аналізу статистичних даних вимагають застосування спеціально розроблених геоінформаційних засобів і методик. Для цього у програмному забезпеченні ArcGIS розроблено окремих модулів *Geostatistical Analyst*. У функціональні можливості модуля входить виявлення особливостей вихідних даних, їхній аналіз та побудова поверхонь за окремими точковими вихідними значеннями континуального у просторі явища, а також оцінка достовірності отриманих даних та їхня візуалізація [17].

Процес аналізу геопросторових даних поділяють на два основні етапи. Перший етап передбачає аналіз вихідних даних та вибір найвідповідніших моделей інтерполяції. Результатом ГІС-моделювання виступає серія гістограм, варіограм, графіків залежностей, а динамічна та реляційна прив'язка інформації до просторових об'єктів дає змогу відслідковувати закономірності розподілу геоданих у просторі. Другий етап включає в себе побудову інтерполяційних поверхонь на основі визначених на попередньому етапі параметрів. Цей процес реалізовано за допомогою використання двох груп моделей: *детермінованих* і *геостатистичних*.

Детерміновані моделі ґрунтуються на техніці створення поверхонь за відомими значеннями окремих точок шляхом продовження закономірностей розподілу значень залежно від відстані точки відбору чи виміру (метод зворотнозважених відстаней *IDW*) чи згладжування відмінностей (функція *Spline*). Окрім того, згадані функції поділяють на дві підгрупи: із використанням усього набору наявних даних для розрахунку значень в кожній комірці растру (*глобальні*) або їхньої обмеженої кількості (*локальні*).

Геостатистичні моделі ґрунтуються на статистичних закономірностях, їх використовують для точнішого моделювання складних поверхонь, що включає оцінку похибок і розрахунок прогнозованих параметрів для побудованих поверхонь. До них належать методи *Крігінга* та *Кокрігінга*, які використовують у різних умовах різні алгоритми інтерполяції, а вихідним результатом виступає не лише сама інтерполяційна модель, але й поверхні помилок та ймовірності інтерпольованих значень, що, у свою чергу, дає змогу оцінити точність отримуваних результатів.

Технологія побудови цифрової моделі рельєфу. У процесі розгляду технологічних особливостей створення карт земельних ресурсів адміністративного району необхідно враховувати вирішальну роль форм рельєфу у специфіці формування і використання сільськогосподарських територій. ГІС-моделювання слід розпочинати із побудови гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та проведення на її основі морфометричного і морфологічного аналізу рельєфу.

Для *побудови гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу* апробовано кілька модулів програмного продукту ArcGIS. Серед них модулі, що входять до "класичного" набору інструментів, а також додаткові модулі, які виконані іншими

виробниками. Головними серед використаних модулів служили:

1) ***Spatial Analyst*** та його додаткове розширення ***Spatial Analyst PLUS***, який розроблений Департаментом природних ресурсів і корисних копалин Австралії (автор Рос Сірлі);

2) ***ArcHydro*** у версії 9.0, що пристосований для аналізу флювіальних систем та їхніх складних просторово-часових взаємозв'язків;

3) ***TauDEM*** – самостійне програмне забезпечення, створене для аналізу місцевості з використанням ЦМР, яке розроблене Державним університетом Юти (автор Дейвід Г. Тарботон).

Варто зауважити, що перераховані ГІС-програмні засоби використовують моделі природної гідромережі. Для отримання точніших результатів проведено додаткову підготовку ЦМР шляхом видалення залишкових псевдопонижень функцією *Fill Pits* або *Fill Sinks*. У результаті отримана уточнена ЦМР, вектор стоку води по якій чітко спрямований до тальвегів, що дає змогу говорити про коректність морфометричних і морфологічних характеристик відображення форм флювіального рельєфу.

Технологічний процес побудови гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу поділяють на кілька послідовних етапів. Перший етап передбачає створення тематичних шарів, що відображають *рельєф* (горизонталей, відміток абсолютних висот та урізів води, лінійних, площинних і точкових форм рельєфу) та *гідрографічну мережу* (водотоки, водойми, джерела, гідротехнічні і гідромеліоративні об'єкти). Водночас проводиться розроблення і наповнення бази атрибутивних геоданих, які необхідні для побудови ЦМР.

На другому етапі здійснюють перевірку топологічних залежностей між векторизованими об'єктами та їхнє редагування (коректне визначення напрямку течії у водотоках, об'єднання фрагментів у цілісний об'єкт із відповідною базою атрибутивних геоданих тощо).

Третій етап відповідатиме виключно за вибірку тих об'єктів, що будуть використані власне для побудови гідрологічно коректної ЦМР (видалення некоректних об'єктів гідромережі чи їхніх штучних фрагментів, які не мають явно вираженого напрямку стоку). Цей етап викликає у процесі подальшого аналізу стану земельних ресурсів більшість проблемних питань із наявними формами рельєфу.

Проблеми, пов'язані із вибором об'єктів гідрографічної мережі для побудови гідрологічно коректної ЦМР, можна поділити на дві основні групи за походженням (рис. 1): *природні* та *антропогенні*. Це пояснюється передусім рівнинним, сприятливим для ведення господарської діяльності, характером земної поверхні району.

До природної групи проблем відноситься складність визначення основного вектору течії у випадку наявності у руслі водотоку островів. У такому випадку слід розуміти, що дана ЦМР будується для визначення напрямку стоку з навколишньої території до русла. Скоріше за все, за наявності невеликих островів у руслі водотоків слід проводити вектор течії паралельно до берегів (через наявний острів) (рис. 1,

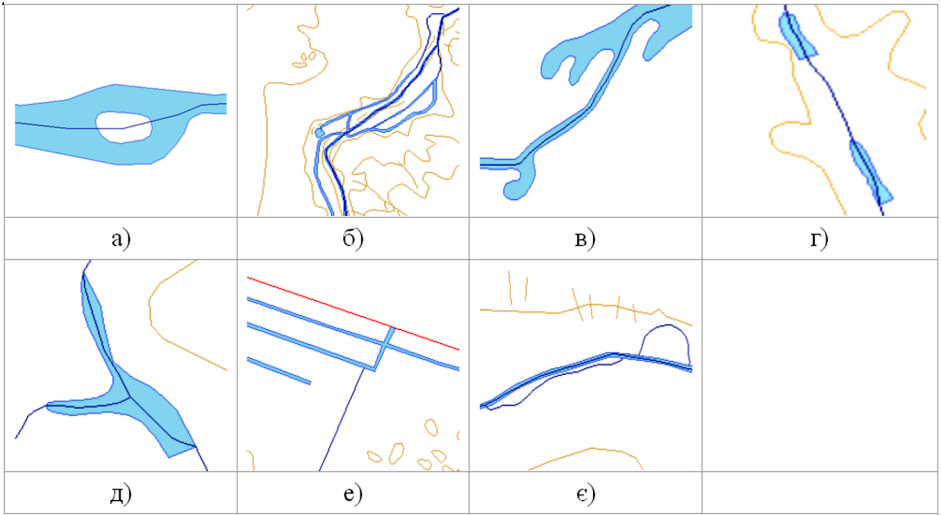


Рис. 1. Приклади проблемних ділянок при побудові гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу

а). У випадку присутності у руслі річки великого острова чи групи островів вектор потоку варто проводити по найширшій частині русла з вірогідними більшими глибинами. Ще однією природно зумовленою проблемою побудови моделі є ділянки із складною біфуркацією русла, в яких вектори потоку обираються здебільшого інтуїтивно (рис. 1, б). Проблемною залишається доцільність чи недоцільність створення додаткових лінійних елементів річкової мережі на місцях розливів русла та появи заток і стариць, що впливають на заплавні форми рельєфу (рис. 1, в).

До іншої групи проблем, викликаних антропогенним втручанням в геосистему досліджуваної території, відноситься наявність значних за розміром та площею гідромеліоративних систем і стокорегулювальних водойм. Складним питанням виступає видалення штучних стокорегулювальних ставів та проведення по їхній центральній частині лінії векторів потоку (рис. 1, г, д). Складність визначення конфігурації річкової мережі виникає й у випадку впадіння водотоку у мережу штучних каналів значної величини (рис. 1, е). Відзначимо також доцільність видалення обвідних каналів вздовж русла річки в межах її заплави (рис. 1, е).

Після узгодження усіх проблемних питань із гідрографічною мережею власне настає моделювання гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу (ЦМР) (рис. 2). Для генерування ЦМР використана команда *Topo to Raster*, що входить у набір інструментів модулів *Spatial Analyst* та *3D Analyst*. Алгоритм, що використано для побудови ЦМР цими модулями, взято з програми *ANUDEM* версії 4.6.3, яка розроблена М. Хатчінсоном [20, 21].

За результатами оцифрування топографічної основи масштабу 1 : 50 000 та узгодження мережі гідрологічних об'єктів (водотоків, штучних каналів, водойм

тощо), створено остаточний варіант цифрової моделі рельєфу Фастівського району (рис. 3). Максимальні абсолютні висоти в межах досліджуваного району сягають 220–222 м, а мінімальні – не перевищують 130 м н. р. м. Амплітуда висот становить 92 м. На картосхемі нанесено населені пункти, гідромережу, мережу залізниць та автошляхів.

Процес інтерполяції поля абсолютних висот створено таким чином, щоб отримати максимальні переваги окремо взятих вхідних даних із визначеними

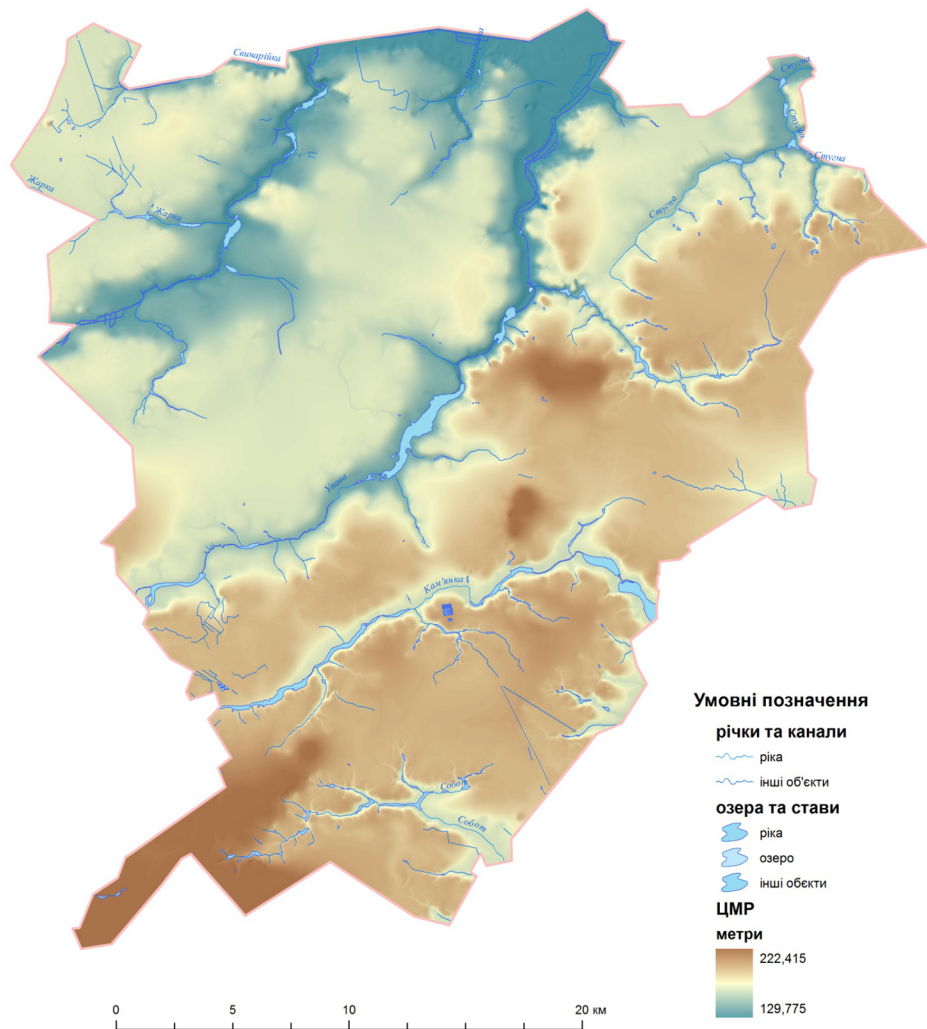


Рис. 2. Побудова гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу Фастівського району

характеристиками, які зазвичай використовують для відображення рельєфу. Цей метод ґрунтується на інтерполяційній техніці повторної обмеженої різниці, яка удосконалена таким чином, щоб отримати обчислювальну ефективність локальних інтерполяційних методів без втрати континуальності поверхні, яка забезпечується глобальними інтерполяційними методами. *Техніка дискретної сплайнової поверхні*, в якій алгоритм побудови нерівностей рельєфу модифіковано для того, щоб ЦМР відобразила різкі зміни у рельєфі (водотоки, вододіли). Важливою складовою у

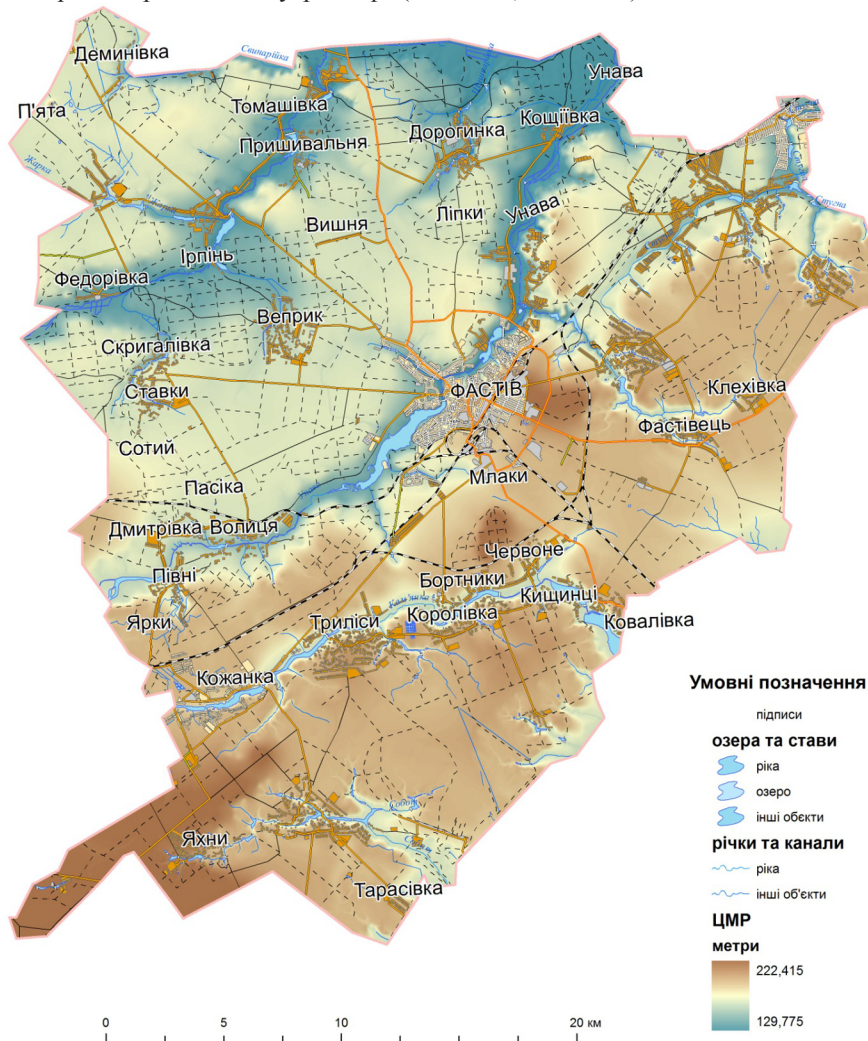


Рис. 3. Остаточний варіант цифрової моделі рельєфу Фастівського району

процесі інтерполяції є використання геометрично коректної гідрологічної мережі, в якій напрямок вектору ліній співпадає з напрямком течії водотоку, що дає змогу генерувати ЦМР високої точності.

Іншою складовою, що використана у процесі інтерполяції, виступають горизонталі, які вимагають поетапного опрацювання. Першим його етапом є побудова за допомогою вищезгаданого модуля генералізованої дренажної моделі шляхом визначення локальних максимумів кривизни у кожному контурі, ділянок найкрутіших схилів та побудовою мережі тальвегів і вододілів. Вказану інформацію використовують для запевнення правильних гідроморфологічних властивостей поверхні генерованої ЦМР, а також для верифікації її точності. На другому етапі проводять власне використання цих горизонталей, всі контури зчитуються та генералізуються, після чого в межах кожної комірки ЦМР знімається значення максимум 50 вузлових точок горизонталей для визначення так званої “критичної точки”, значення якої відповідатиме значенню комірки растру ЦМР.

Одним з алгоритмів, що удосконалює гідроморфологічні властивості ЦМР є *опція процесу дренажного підсилення*. Вона дає змогу виявляти і виправляти недоліки генерованої моделі, зокрема псевдопониження (тобто такі площі, що не вказані як наявні пониження), які виникають у процесі інтерполяції поверхні рельєфу. Цей алгоритм знищує псевдопониження шляхом модифікування ЦМР, в якій русло водотоку приймаємо за найнижчу від сусідніх ділянку поверхні. Алгоритм не виконує вимог лише у випадку, якщо знищення псевдопонижень заперечує більшу вхідну інформацію про абсолютні відмітки, ніж значення допустимого відхилення, яке відображає точність і густоту відміток абсолютних висот по відношенню до дренажної поверхні.

Висновки. Використання ГІС-паketу ArcGIS 9.3 та іншого програмного забезпечення відкриває нові можливості у процесі створення атласу стану і використання земельних ресурсів адміністративного району. Специфічне призначення програм і модулів дає змогу вводити, аналізувати та візуалізувати різнопланову геопросторову інформацію щодо стану земельних угідь, дешифрувати аеро- і космоснімки з метою вивчення структури землекористування, створювати інтерактивні (віртуальні) моделі розвитку екзогенних процесів і забруднення ґрунтового покриву, аналізувати статистичні дані за формою “б-зем”, управляти геопросторовими даними та структурою баз геоданих “Земельні ресурси адміністративного району”, здійснювати підготовку остаточного варіанту макету атласу для друку чи експорту в інший графічний формат. Водночас варто звернути увагу на значний потенціал геоінформаційного моделювання у сфері аналізу стану і використання земельних ресурсів на рівнях від побудови гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу до створення складних віртуальних моделей трансформації земельних ресурсів.

Рецензент - доктор географічних наук, професор Царик Л. П.

Література:

1. *Беручашвили Н. Л.* Персональные компьютеры в географии : [книга] / Н. Л. Беручашвили. – Тбилиси : Изд-во Тбилиского ун-та, 1992. – 180 с.
2. *Боклаг В. А.* Інтегровані земельно-інформаційні системи як механізм удосконалення управління земельними ресурсами : [текст] / В. А. Боклаг // Актуальні проблеми державного управління. – 2009. – № 1 (35). – С. 15–28.
3. *Варламов А. А.* Земельный кадастр. Географические и земельные информационные системы : [монография] / А. А. Варламов, С. А. Гальченко. – М. : Колос, 2006. – Т. 6. – 400 с.
4. *Давидчук В.* Методи ландшафтного картографування з використанням ГС та інших комп'ютерних технологій : [текст] / В. Давидчук, Л. Сорокіна, В. Родіна // Вісник Львів. ун-ту. Серія географ. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 2004. – Вип. 31. – С. 263–270.
5. *Качановський О. І.* Земельно-інформаційні системи як засіб управління земельними ресурсами : [текст] / О. І. Качановський, П. Г. Черняга, О. Ю. Мельничук // Навч.-практ. центр Рівненського державного аграрного коледжу. – Режим доступу : http://npcz-rivne.ucoz.ua/Text2009/Visnuk/n1/ydk_332.pdf.
6. *Костріков С. В.* Ангулярність флювіального рельєфу, її моделювання та аналіз : [текст] / С. В. Костріков, І. Г. Черваньов // Укр. геогр. журн. – 2009. – № 1. – С. 8–14.
7. *Круглов І. С.* Геоекологічна інформаційна система Українського Мармарошу : Модельна ділянка “Квасний” : [текст] / І. С. Круглов, Т. І. Божук // Вісник Львівського ун-ту. Серія географ. – Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 2004. – Вип. 30. – С. 159–166.
8. *Линник В. Г.* Построение геоинформационных систем в физической географии : [книга] / В. Г. Линник. – М. : Изд.-во Моск. ун-та, 1990. – 80 с.
9. *Мкртчян О. С.* Зміст та форма представлення даних про природні умови в земельних інформаційних системах : [текст] / О. С. Мкртчян // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2003. – № 63. – С. 255–259.
10. *Мкртчян О. С.* Ландшафтно-екологічні основи інтеграції даних в земельні інформаційні системи : автореф. дис. канд. геогр. наук : 11.00.01 / О. С. Мкртчян. – Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2006. – 21 с.
11. *Світличний О. О.* Основи геоінформатики : [навч. посібн.] / О. О. Світличний, С. В. Плотницький / за ред. О. О. Світличного. – Суми : ВТД “Університетська книга”, 2006. – 295 с.
12. *Сохнич А. Я.* Геоінформаційні системи в управлінні земельними ресурсами [текст] / А. Я. Сохнич, І. М. Худякова, О. А. Сохнич // Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.5. – С. 291–295.
13. *Черваньов І. Г.* Флювіальні геоморфосистеми: дослідження й розробки Харківської геоморфологічної школи : [монографія] / І. Г. Черваньов, С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов. – Харків : РВВ Харків. ун-ту ім. В. Н. Каразіна, 2006. – 320 с.

14. *Шекхар Шаши*. Основы пространственных баз данных / пер. с англ. : [монография] / Шаши Шекхар, Санжей Чаула. – М. : Кудиц-образ, 2004. – 336 с.

15. *Ямелинець Т. С.* Застосування географічних інформаційних систем у ґрунтознавстві : [навч. посібн.] / Т. С. Ямелинець. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 182 с.

16. ESRI ArcGIS 9. ArcCatalog. Руководство пользователя : [книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004.

17. ESRI ArcGIS 9. Geostatistical analyst. Руководство пользователя : [книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004.

18. ESRI ArcGIS 9. Spatial Analyst. Руководство пользователя : [книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004.

19. ESRI ArcGIS 9. Survey analyst. Руководство пользователя : [книга]. – Redlands : ESRI PRESS, 2004.

20. *Hutchinson M. F.* A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits / M. F. Hutchinson // *Journal of Hydrology*. – 1989. – № 106. – P. 211–232.

21. *Hutchinson M. F.* Calculation of hydrologically sound digital elevation models / M. F. Hutchinson // *Third International Symposium on Spatial Data Handling*. – Columbus, Ohio : International Geographical Union, 1988. – P. 123–137.

И. П. Ковальчук, Ю. М. Андрейчук, Е. А. Иванов

ИНФОРМАЦИОННОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ АТЛАСА ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ АДМИНИСТРАТИВНОГО РАЙОНА

Рассмотрены особенности информационного и программного обеспечения, необходимые для создания атласа земельных ресурсов административного района. В качестве основного программного обеспечения избрано ГИС-продукт фирмы ESRI – ArcGIS 9.3. Проведен анализ возможностей модуля и инструментов ArcGIS в процессе создания гидрологически корректной цифровой модели рельефа, геоинформационного моделирования современной структуры землепользования, экологического состояния и использования земельных ресурсов.

Ключевые слова: ArcGIS, ГИС, атлас, модель, ЦМР.

I. P. Kovalchuk, Yu. M. Andreychuk, E. A. Ivanov

INFORMATION AND SOFTWARE SOLUTIONS FOR ADMINISTRATIVE DISTRICT LAND RESOURCES ATLAS CREATION

The features of informational software used for land resources atlas creation of administrative district were considered. GIS product of ESRI Company – ArcGIS 9.3 was selected as main software. The analysis of ArcGIS tools possibilities in modeling process of contemporary landuse structure, ecological conditions, land resources using and hydrological correct digital elevation model was realized.

Keywords: ArcGIS, GIS, atlas, model, DRM.

Надійшла до редакції 3 грудня 2010 р.