

УДК 528.94:332.3

**Янчук О. Є.,** к.т.н., доц., **Гурій М. О.,** студент,  
**Бойчук Б. О.,** студент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДАНИХ РАДАРНОГО ТОПОГРАФІЧНОГО ЗНІМАННЯ У ЗАДАЧАХ ЗЕМЛЕУСТРОЮ**

**Виділено основні завдання геоінформаційної системи для вирішення задач землевпорядного проектування. Виконано побудову картограм крутості схилів за даними радарного топографічного знімання. Проведено порівняння цифрових моделей рельєфу одержаних за даними SRTM і ручної векторизації горизонталей.**  
**Ключові слова:** землевпорядне проектування, геоінформаційне забезпечення, рельєф, SRTM.

**Створення геоінформаційної системи,** яка дозволить забезпечити відповідні землевпорядні органи якісною, науково-обґрунтованою, об'єктивною інформацією щодо стану об'єктів довкілля та приймати на цій основі зважені рішення щодо оцінки і прогнозування стану об'єктів навколишнього природного середовища, безперечно залишається актуальною задачею. На сьогоднішній день, для забезпечення ефективного моніторингу земельних ресурсів, необхідно широко використовувати дані комплексів (місій) дистанційного зондування Землі.

Виходячи з того, що значна кількість землевпорядної документації потребує використання даних про рельєф території, видається актуальним дослідження можливості використання даних радарного топографічного знімання SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) при вирішенні землевпорядних задач. Автоматизація отримання висотних даних (а дані SRTM є вільно доступними та рівномірно покривають більшу частину території земної кулі), без значних затрат часу на векторизацію горизонталей, дозволить значно пришвидшити процес розробки відповідної документації.

**Саме на можливість** автоматизації одержання топографічних даних спрямована подальша основна увага дослідження. Як варіанти отримання таких даних можна відмітити дані супутникових знімальних комплексів (місій) типу SRTM, ASTER GDEM тощо.

Так, наприклад, продукт ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) безкоштовно доступний до завантаження з мережі Інтернет й охоплює поверхню суші між 83° пн.ш. і 83° пд.ш. Сенсор ASTER запусканий на борту супутника Terra в грудні 1999 року та має можливість стереоскопічної зйомки уздовж смуги прольоту за допомогою двох телескопів. Для створення ASTER GDEM використовувалася автоматична обробка всього архіву даних ASTER, що налічує 1,5 мільйона сцен. Статистично ASTER GDEM характеризується попередньою оцінкою точності в 20 метрів (довірчий інтервал 95%) по всьому світу [3].

Глобальна цифрова модель висот SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), знаходиться у відкритому доступі з 2003. Це радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за винятком найбільш північних (>60°) та найбільш південних широт (>54°), а також океанів, виконана за 11 днів у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи «Шаттл». Її популярність обумовлюється простотою отримання, практично глобальним охопленням і відповідністю запитам середньомасштабного картографування [1]. Доступне, наразі, четверте покоління даних SRTM [6] пройшло кілька стадій обробки, що дозволили підвищити вихідну якість.

Також існує інформація, що MapMart/IntraSearch та Harris Corporation пропонують створення високоякісних цифрових моделей місцевості та рельєфу, використовуючи стереозображення від супутника GeoEye-1 з роздільною здатністю 0,41 м (0,5 м для комерційних клієнтів). З існуючої або знову проведеної стереозйомки, високоточні і детальні висотні дані будуть створені для будь-якої зазначеної області [5].

Справжній прорив у цій сфері обіцяє проект WorldDEM [7]. Набір даних з безпрецедентною якістю, точністю та охопленням повинен бути доступний з 2014 року для всієї поверхні суші Землі – від полюса до полюса. Точність WorldDEM перевершить будь-яку супутникову глобальну модель рельєфу, доступну сьогодні.

**Мета дослідження полягає** в оцінці можливості використання даних радарного топографічного знімання для побудови картограм крутості схилів у масштабах 1:10000-1:50000 та моделювання форми горизонталей. Для перевірки точності отриманих даних використовується їх порівняння з результатами отриманими за традиційною технологією – векторизованими горизонталями на територію окремої сільської ради (Богдасівська сільська рада Здолбунівського району Рівненської області), та на територію окремого адміністративного району (Дубенський район Рівненської області). Такий вибір зумовлений різним ма-

сштабом картографічного матеріалу, який використовується при розробці проектів впорядкування території та охорони земель сільської ради (1:10000) та програм використання земельних ресурсів району (1:50000).

На початковому етапі розробки геоінформаційної системи для оцінки і прогнозування стану об'єктів навколишнього природного середовища, необхідно розглянути головні завдання системи. Опис основних взаємозв'язків і залежностей між «варіантами використання» і «акторами», що беруть участь у процесі, виконано у вигляді діаграми сценаріїв виконання UML [4] (рис. 1), на якій зображені основні функції запроєктованої ГІС, та органи, що будуть займатись їх реалізацією.

Для оцінювання можливості використання даних радарного топографічного знімання у задачах землеустрою необхідно створити і порівняти дані, що містять висотну інформацію, отриману традиційним шляхом та за допомогою супутникових комплексів. В якості «підкладки» для дослідження використано знімок території сільської ради завантажений з програми SAS.Планета та імпортований у програмне середовище ArcGis. Традиційним методом горизонталі з перерізом 2 м векторизувалися вручну за картографічним матеріалом масштабу 1:10000 (рис. 2, а) (при цьому відсутні топографічні дані на територію населених пунктів). Далі, на основі векторизованих горизонталей, створена цифрова модель рельєфу (ЦМР) досліджуваної території з мінімальним значенням діапазону висот 186 та максимальним 248 метрів. Згідно отриманої ЦМР побудовано й класифіковано ухили досліджуваної території у вигляді картограми крутості схилів (рис. 3, а) [2].

Подальша робота виконувалась із відповідною завантаженою трапецією висотних даних SRTM розміром 5×5 градусів, з роздільною здатністю 3×3 кутові секунди. Використовуючи дану ЦМР згенеровані горизонталі на територію сільської ради з висотою перерізу 2 м (рис. 2, б) та побудовано картограму крутості схилів (рис. 3, б).

За аналогічним принципом виконано побудову картограм крутості схилів на територію Дубенського району. Користуючись попереднім досвідом у середовищі ArcGis імпортовано знімок території району завантажений з програми SAS.Планета, традиційним методом горизонталі з перерізом 20 м векторизовано вручну за картографічним матеріалом масштабу 1:50000 (рис. 4, а), виконано побудову ЦМР досліджуваної території та картограми крутості схилів (рис. 5, а). Далі опрацьовано ЦМР за даними SRTM, побудовано горизонталі з висотою перерізу 20 метрів (рис. 4, б) та створено картограму крутості схилів для досліджуваної території (рис. 5, б).

Для числового вираження даних порівняння результатів дослідження обчислено різницю поверхонь ЦМР, побудованих за векторизованими горизонталями та за даними SRTM. Такі різниці одержані для території сільської ради (рис. 6, а) та території району (рис. 6, б). Крім того, для задач землевпорядного проектування важливими характеристиками земної поверхні є її форми рельєфу. Тому, ще одним критерієм, який оцінювався візуально, була детальність видимих форм рельєфу.

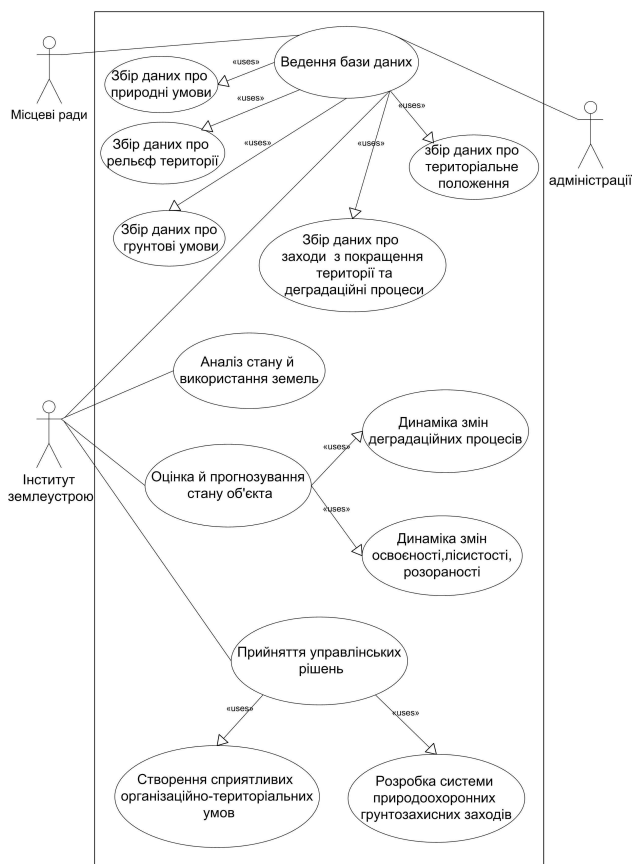
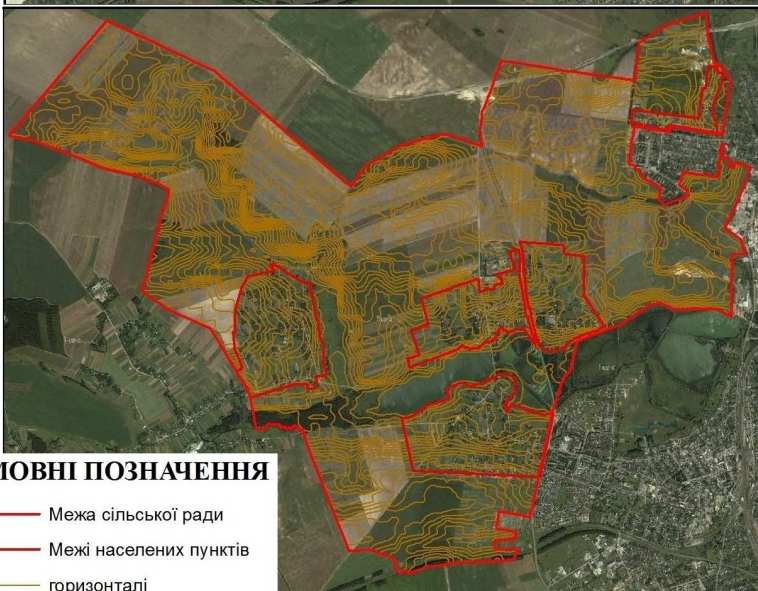


Рис. 1. Управління земельними ресурсами з використанням ГІС

а



б



**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ**




-  Межа сільської ради
-  Межі населених пунктів
-  горизонталі

Рис. 2. Межа та горизонталі Богдашівської сільської ради:  
а) векторизовані вручну; б) побудовані за даними SRTM

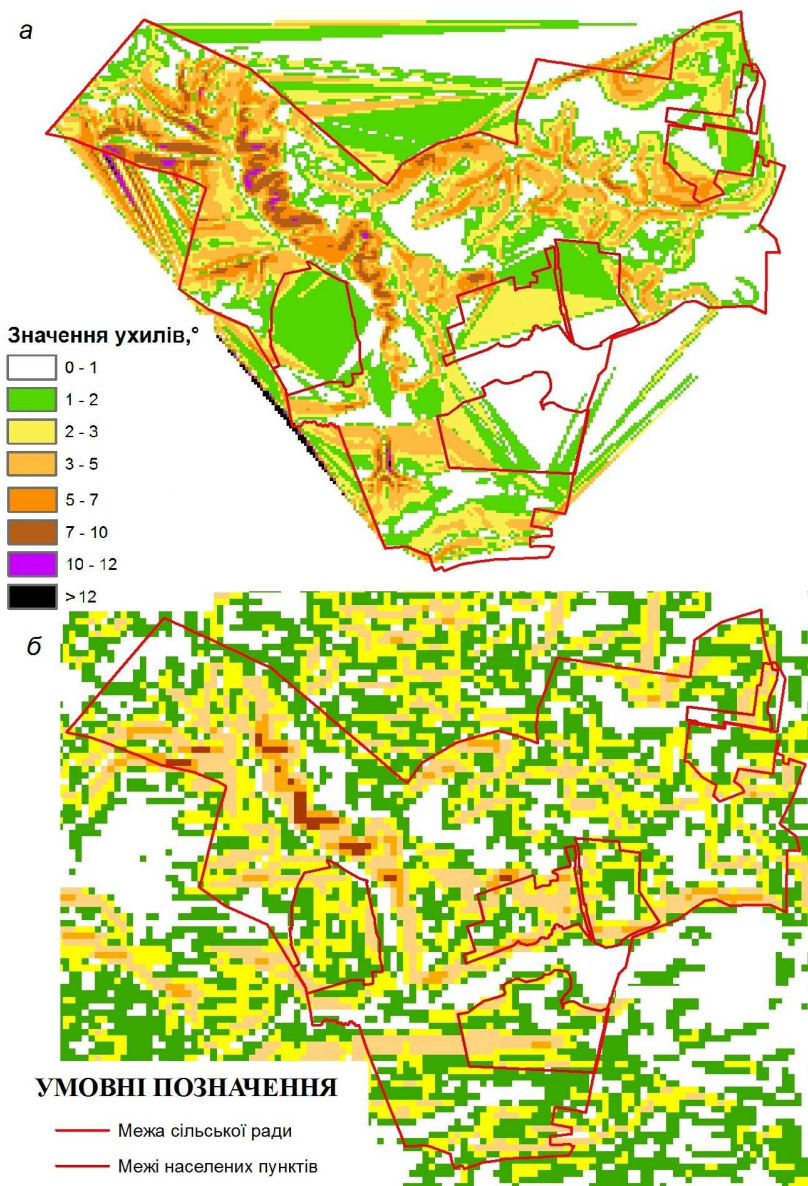


Рис. 3. Ухили побудовані для території Богдашівської сільської ради:  
а) за даними ЦМР після ручної векторизації; б) за даними SRTM



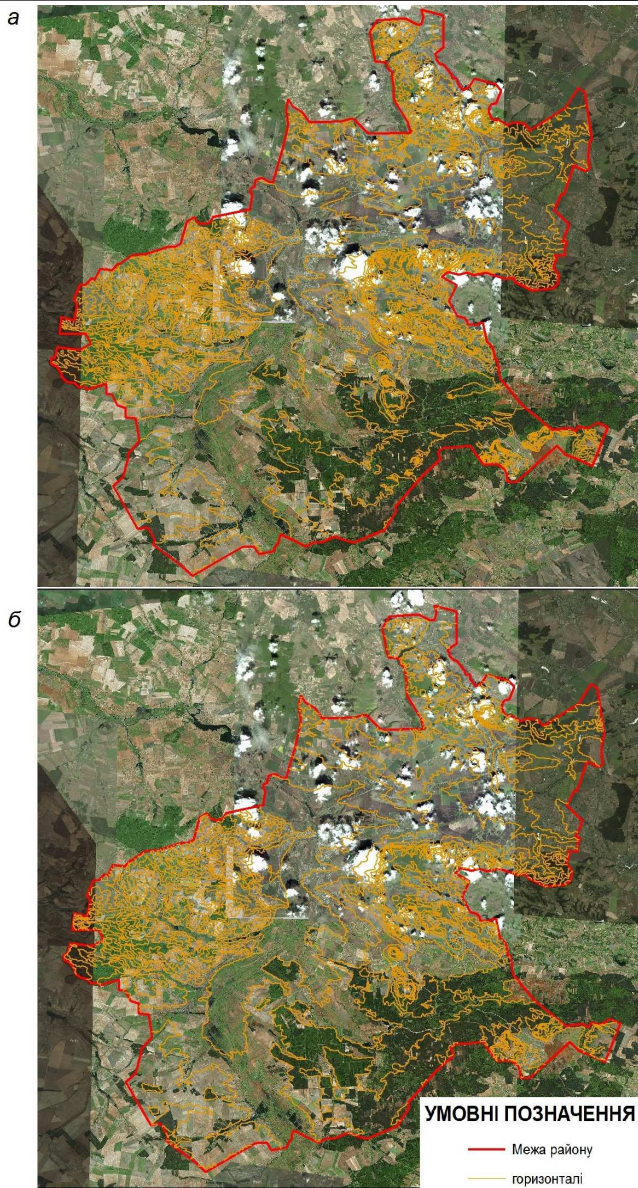


Рис. 4. Межа та горизонталі Дубенського району:  
а) векторизовані вручну, б) побудовані за даними SRTM

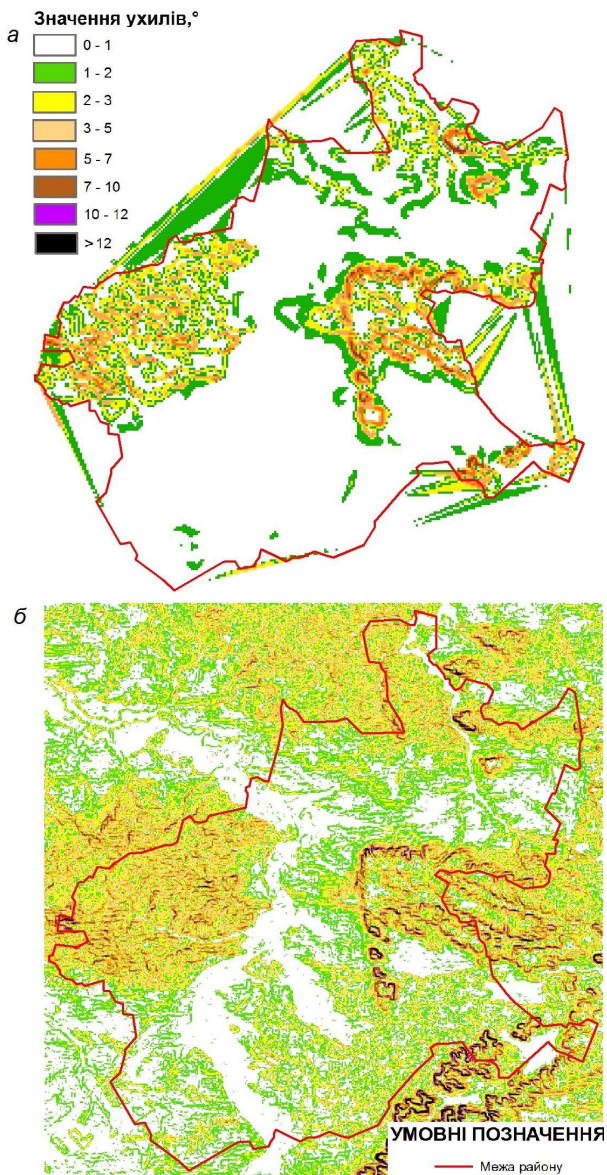


Рис. 5. Ухили побудовані для території Дубенського району:  
а) за даними ЦДР після ручної векторизації; б) за даними SRTM



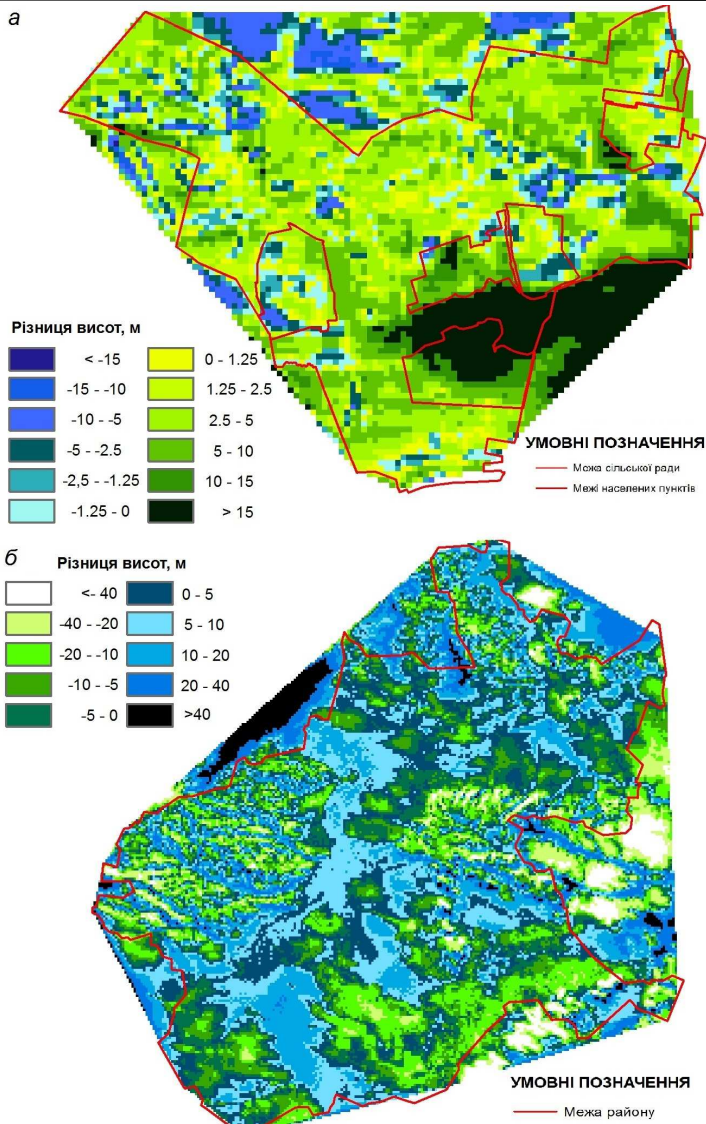


Рис. 6. Розрахунок різниці поверхонь ЦМР, отриманих класичним способом та за даними SRTM:  
 а) на територію Богдашівської сільської ради,  
 б) на територію Дубенського району

З наведених результатів дослідження навіть візуально видно, що роздільної здатності даних SRTM у 3 кутових секунди недостатньо для використання на картографічному матеріалі масштабу 1:10000 (рис. 3, а та рис. 3, б). Для землевпорядних задач, які вирішуються в межах території сільських рад використовуються горизонталі з перерізом 2,0-2,5 метра. Тоді як середнє квадратичне відхилення різниць поверхонь ЦМР, отриманих класичним способом та за даними SRTM, становить 6,8 м. Хоча значна похибка вноситься ще й за рахунок того, що у відхиленнях враховуються різниці на території за межею сільської ради та на територію населених пунктів і ставка, де вихідні горизонталі відсутні, однак ЦМР в результаті інтерполяції даних побудована. Як видно з рис. 6, а, саме на згаданих ділянках зосереджені найбільші відхилення, які перевищують 10 м. Отже, в загальному, середнє квадратичне відхилення різниць поверхонь ЦМР перевищує 2-3 стандартних перерізи рельєфу, тому в цьому випадку дані SRTM можна рекомендувати лише як допоміжні на території, де відсутні дані знімань.

У той же час, виходячи з одержаних результатів, для вирішення землевпорядних задач, які розв'язуються в межах території району, де використовуються картографічні матеріали у масштабі 1:50000 й переріз горизонталей 10-20 метрів, використання даних SRTM (3''×3'') цілком прийнятне. Як приклад таких задач можна навести розробку програм використання та охорони земельних ресурсів району, розробку прогнозів, робочих проектів організації території району тощо. Середнє квадратичне відхилення різниць поверхонь ЦМР на територію Дубенського району, отриманих класичним способом та за даними SRTM становить 17,7 м, що менше використаної для порівняння висоти перерізу рельєфу. Знову ж таки, як видно з рис. 6, б, значний внесок у цей показник вноситься за рахунок відхилень за межею району, які перевищують 20 м, оскільки ЦМР за результатами векторизації горизонталей на ці ділянки проінтерпольована наближено. Крім того, з результатів візуального порівняння рис. 5, а, та рис. 5, б, очевидно, що дані SRTM дозволяють виявити та врахувати дрібніші форми рельєфу, ніж ті, що виражаються горизонталлями з перерізом 20 м. Виходячи з цього, вважаємо, що використання даних SRTM для вирішення землевпорядних задач, які використовують картографічні матеріали масштабу 1:50000, можливе і дозволяє зекономити час на виконання робіт.

Для підтвердження отриманих результатів доцільно було б провести порівняння одержаної поверхні ЦМР за даними SRTM із висотами контрольних точок, визначених з геодезичних спостережень.

**У роботі розглянуто** концепцію створення геоінформаційного забезпечення для вирішення задач землевпорядного проектування, і мо-

жливості використання даних SRTM у таких задачах, для чого:

- виділено основні завдання геоінформаційної системи, у вигляді діаграми сценаріїв виконання UML та зазначено основних учасників системи;

- виконано побудову горизонталей та картограм крутості схилів за даними радарного топографічного знімання на територію Богдшівської сільської ради та Дубенського району;

- проведено порівняння цифрових моделей рельєфу одержаних за даними SRTM і ручної векторизації горизонталей за наявними картографічними матеріалами.

Подальше вдосконалення й підвищення точності глобальних цифрових моделей рельєфу в майбутньому дозволить автоматизувати процес отримання висотних даних при розробці землепорядної документації. На даний час, виходячи з одержаних результатів, можна говорити про можливість використання даних SRTM (3''×3'') при вирішенні землепорядних задач, які використовують картографічні матеріали масштабу 1:50000 та переріз горизонталей 20 м. Подальші дослідження планується спрямувати на встановлення можливості використання даних інших глобальних ЦМР для практичних землепорядних задач та на перевірку одержаних даних відносно висот контрольних точок, визначених з геодезичних спостережень.

1. Карионов Ю. И. Оценка точности матрицы высот SRTM / Ю. И. Карионов // Геопрофи. – 2010. – № 10. – С. 48–51. 2. Корнілов Л. В. Землепорядне проектування. Методика виконання розрахунково-графічних робіт та курсових проєктів : Навч. посібник / Л. В. Корнілов. – К. : Кондор, 2005. – 150 с. 3. Общее описание ASTER GDEM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/aster-gdem.html> 4. Рамбо Д. UML. Специальный справ очник : пер. з англ. / Д. Рамбо, А. Якобсон, Г. Буч. – СПб. : “Питер”, 2002. – 654 с. 5. Harris-IntraSearch GeoEye -1 1M DSM и 5M DTM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.mapmart.com/Products/DigitalElevationModel/HIDEMGeoEye1.aspx>. 6. Jarvis A., Reuter H. I., Nelson A., Guevara E. Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://srtm.csi.cgiar.org>. 7. WorldDEM™ The New Standard of Global Elevation Models [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astrium-geo.com/worlddem/>

Рецензент: к.т.н., доц. Остапчук С. М. (НУВГП)

---

**Yanchuk O. Y., Candidate of Engineering, Associate Professor,  
Hurii M. O., Senior Student, Boychuk B. O., Senior Student (National**

University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

### **ANALYSIS OF THE USE SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION DATA IN LAND MANAGEMENT**

**The basic task of a GIS system for land management are allocated. Construction the cartograms of slopes according to shuttle radar topography mission data are completed. Comparison of digital elevation models derived from SRTM data and manual digitizing contour lines are done.**

**Keywords: land management, GIS software, relief, SRTM.**

---

**Янчук А. Е., к.т.н., доцент, Гурий М. А., студент,  
Бойчук Б. А., студент (Национальный университет  
водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)**

### **АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ РАДАРНОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ЗАДАЧАХ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА**

**Выделены основные задачи геоинформационной системы для решения задач землеустроительного проектирования. Выполнено построение картограмм крутизны склонов по данным радарной топографической съемки. Проведено сравнение цифровых моделей рельефа полученных по данным SRTM и ручной векторизации горизонталей.**

**Ключевые слова: землеустроительное проектирование, геоинформационное обеспечение, рельеф, SRTM.**

---