

У збірнику опубліковані наукові статті з раціонального використання природних ресурсів, гідротехнічних споруд, будівництва, машинознавства, економіки, права. Призначений для наукових працівників, інженерів, аспірантів та студентів вищих навчальних закладів.

Редакційна колегія

Мошинський В.С., д.с.-г.н., професор, ректор НУВГП, головний редактор; **Савіна Н.Б.**, д.е.н., професор, в.о. проректора з наукової роботи та міжнародних зв'язків НУВГП, заступник головного редактора; **Мамай Л.М.**, здобувач кафедри екології, провідний фахівець відділу аспірантури і докторантури, відповідальний секретар; **Россінський В.М.**, к.т.н., старший викладач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи, відповідальний секретар; **Левицька С.О.**, д.е.н., професор, директор навчально-наукового інституту економіки, менеджменту та права; **Герасімов Є.Г.**, начальник науково-дослідної частини, к.т.н., доцент; **Клименко М.О.**, директор навчально-наукового інституту агроекології та землеустрою, д.с.-г.н., професор; **Хлапук М.М.**, директор навчально-наукового інституту водного господарства та природооблаштування, д.т.н., професор; **Гавриш В.С.**, в.о. директора навчально-наукового механіко-енергетичного інституту, к.т.н., доцент; **Макаренко Р.М.**, в.о. директора навчально-наукового інституту будівництва та архітектури, к.т.н., доцент; **Тадесв П.О.**, в.о. директора навчально-наукового інституту автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки, д.пед.н., професор; **Марчук М.М.**, в.о. директора навчально-наукового автодорожнього інституту, к.т.н., професор; **Дорошенко О.О.**, голова Ради молодих вчених, к.е.н., доцент кафедри обліку і аудиту; **Грицина О.О.**, заступник голови Ради молодих вчених, к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання, вентиляції та санітарної техніки; **Пінчук О.Л.**, к.т.н., старший викладач кафедри водогосподарського будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем; **Лук'янчук О.П.**, к.т.н., доцент, доцент кафедри підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машин і обладнання сільськогосподарського виробництва; **Глінчук В.М.**, к.т.н., старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства; **Карпан Т.С.**, аспірант кафедри транспортних технологій і технічного сервісу; **Гарбарук Ю.В.**, аспірант кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки; **Шапран С.Ю.**, аспірант кафедри архітектури та середовищного дизайну; **Филипчук Л.В.**, старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій; **Янчук О.Є.**, к.т.н., доцент кафедри геодезії та геоінформатики; **Самолук Н.М.**, к.е.н., доцент кафедри трудових ресурсів і підприємництва; **Вашай Ю.В.**, к.е.н., старший викладач кафедри економічної теорії; **Ботвінко-Ботюк О.М.**, викладач кафедри іноземних мов та українознавства, аспірант Волинського національного університету ім. Лесі Українки кафедри практики англійської мови.

Збірник «Студентський вісник Національного університету водного господарства та природокористування» зареєстрований у Державній реєстраційній службі України - реєстраційний номер КВ 20359 - 10159 Р від 11.10.2013 р.

Матеріали Студентського вісника НУВГП розглянуті і рекомендовані до видання на Вченій раді університету 27 червня 2014 р., протокол № 6.
Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

© Національний університет водного господарства та природокористування, 2014

УДК 528.92

ГЛОБАЛЬНІ ЦИФРОВІ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ

Б. О. Бойчук

студент 4 курсу, група ГС-41, навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Науковий керівник – к.т.н, доцент О. Є. Янчук

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м.Рівне, Україна*

Розглянуто основні місії, результатом роботи яких стали глобальні цифрові моделі рельєфу. Ці дані досить актуальні в даний час, адже дозволяють вирішувати різноманітні задачі економно, швидко та якісно.

Ключові слова: цифрова модель рельєфу, супутник, роздільна здатність.

Рассмотрены основные миссии, результатом работы которых стали глобальные цифровые модели рельефа. Эти данные весьма актуальны в настоящее время, так как позволяют решать разнообразные задачи экономно, быстро и качественно.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, спутник, разрешение.

Basic mission the result of which were a global digital elevation model are considered.

These dates are highly relevant today, as it allows to solve various problems efficiently, quickly and accurately.

Keywords: digital elevation model, satellite, resolution.

Головним джерелом даних про земну поверхню і надалі залишаються карти, але в останні два десятиліття інтенсивно впроваджуються методи, пов'язані з цифровим представленням земної поверхні та динаміки її змін. Кінець ХХ століття, з його величезним за розмахом розвитком інформаційних технологій, характеризується кардинальними змінами в інженерній науці та практиці. Тому закономірно, що сучасні методи комп'ютерного опрацювання інформації базуються на створенні цифрових моделей рельєфу (ЦМР), які слугують основою для ГІС і є пріоритетними для вирішення цілої низки наукових та народно-господарських завдань. Наприклад, інтерактивні методи проектування інженерних споруд, аналіз просторових даних, управління територіями вимагають подання інформації про місцевість в цифровій формі. У більшості задач власне ЦМР є незамінною формою подання інформації про Землю або її частин від глобального до субрегіонального рівнів [1].

Під цифровою моделлю рельєфу – ЦМР (в англійській науковій літературі — Digital Elevation Model, DEM) – у геоінформації звичайно розуміють цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру (grid DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN DEM) для певної території. Ці дві форми подання ЦМР є в наш час взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу [9].

Глобальна цифрова модель рельєфу (Global Digital Elevation Model, GDEM) – засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфів) у вигляді тривимірних даних як сукупності висот або відміток глибин для всієї планети Земля в цілому [2].

Цифрова модель рельєфу визначена як цифрове і математичне представлення рельєфу місцевості на основі дискретної сукупності вихідних точок, які дозволяють з заданою точністю відтворити реальну поверхню та її структуру. Дані для створення ЦМР отримують з фотограмметричних вимірювань, наземного (геодезичного) знімання, шляхом векторизації

горизонталей на картах, за матеріалами дистанційного зондування або з використанням лазерних та інших систем, які дають просторові координати точок місцевості.

Основні сфери застосування цифрових моделей пов'язані з визначенням та побудовою ізоліній (в топографії – горизонталей), побудовою профілів, визначенням вододілів та ліній стоку, вибором оптимальних трас доріг, каналів, меліоративних мереж, інших лінійних об'єктів, виділенням басейнів водозборів, визначенням обсягів земляних робіт, об'ємів вийнятих порід тощо. Зростає кількість робіт, кінцевою метою яких стає отримання даних про зсувні, ерозійні та деформаційні процеси. До окремої групи робіт, пов'язаних з рельєфом, належить визначення площ затоплених та підтоплюваних земель, що є сферою гідрологічних досліджень. Ця проблема стала актуальною для нашої держави з різних причин, зокрема через екологічні та кліматичні катаклізми, а також у зв'язку із приватизацією землі в Україні, проведенням кадастру земель, організацією та дією страхувально-економічних компаній та фірм [1].

Загальнодоступність даних і технології побудови ЦМР, дають можливість багатьом країнам на створення національних моделей рельєфу, які використовуються для особистих потреб країни. Прикладами таких країн є США, Канада, Ізраїль, Данія і деякі інші країни.

Розглянемо загальнодоступні методи отримання даних глобальних ЦМР. Один з них – це ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) GDEM розроблений спільно METI (Minister of Economy, Trade and Industry) і NASA (The National Aeronautics and Space Administration). Сенсор ASTER створений METI і запущений на борту супутника NASA Terra в грудні 1999 року. Сенсор має можливість стереоскопічної зйомки уздовж смуги прольоту за допомогою двох телескопів, що знімають в наDIR. Просторова роздільна здатність в плані – 15 метрів. Одна сцена ASTER у видимому або ближньому інфрачервоному діапазоні має розмір 4100 на 4200 елементів, що відповідає 60×60 км на поверхні Землі. Для створення ASTER GDEM використовувалася автоматична обробка всього архіву даних ASTER, що налічує 1,5 мільйона сцен [7].

Дані безкоштовні і доступні через NASA Reverb. ASTER GDEM охоплює поверхню суші між 83° пн.ш. і 83° пд.ш. і налічує 22600 фрагментів розміром 1°×1°. ASTER GDEM поширюється в форматі GeoTIFF в географічній системі координат (широта/довгота) і роздільною здатністю 1 кутова секунда (приблизно 30 метрів). Система координат даних WGS84/EGM96. Статистично ASTER GDEM характеризується попередньою оцінкою точності в 20 метрів (довірчий інтервал 95%) по всьому світу.

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) – радарна топографічна зйомка більшої частини земної кулі, за винятком найбільш північних (>60°) та найбільш південних широт (>54°), а також океанів, вироблена за 11 днів у лютому 2000 р за допомогою спеціальної радарної системи «Шаттл». Двома радіолокаційними сенсорами SIR-C і X-SAR, було зібрано понад 12 терабайт даних. Дані SRTM доступні безкоштовно в декількох видах, зокрема, версія даних у форматі GeoTIFF (мозаїки 5×5 градусів) з виправленими областями. Горизонтальна точність становить близько 20 метрів, вертикальна – близько 16 метрів. Дані SRTM є вільно доступними з 90-метровою роздільною здатністю на весь світ і 30-метровою роздільною здатністю на територію США [8].

У 2001 році був запущений супутник Jason із запланованим терміном служби від 3 до 5 років. Jason-1 допоміг створити гігантську базу даних з топографії Світового океану за 20-річний період, яку почав поповнювати відомостями ще в 1992 р. супутник NASA / CNES Topex / Poseidon. Зробивши більш 53500 обертів навколо нашої планети, Jason-1 склав точні карти рівня моря, швидкості вітру і висоти хвиль для більш ніж 95% вільної від льоду поверхні океану, виробляючи свої вимірювання кожні 10 днів. Точність визначення висоти поверхні океану складала 4 см. Ця місія дозволила вченим глибше зрозуміти циркуляцію вод океану і відстежити підйом рівнів вод у морях, щоб робити більш точні прогнози погоди. Вже з 2008 року запущений супутник Jason-2. На початку 2015 NASA і його міжнародні партнери CNES, NOAA та EUMETSAT планують запуск супутник Jason-3, який продовжить топографічні дослідження океанічної поверхні, розпочаті Topex / Poseidon і супутниками Jason-1 і Jason-2. Дані з супутників доступні на сайті NOAA и CNES [10].

Супутник ERS-1 був спроектований для здійснення високоточних вимірювань при спостереженні за поверхнею Землі і її атмосферою. Він проводив вимірювання, не доступні існуючим на той час супутниковим системам, включаючи інформацію про стан моря, морські вітри, циркуляцію океанічної води і рівні крижаного покриву. Запущений 17 липня 1991 і за час свого існування передав більше 1,5 млн зображень за допомогою радара з синтезованою апертурою SAR (Synthetic Aperture Radar). Ці знімки разом з даними, отриманими від інших приладів, знайшли застосування більш ніж у 4000 організацій по всьому світу. Супутник ERS-1 закінчив свою роботу 10 березня 2000 року через відмову бортової системи. Наступником ERS-1 став супутник ERS-2, що запущений в 1995 році [6]. Дані зі супутників можна замовити із архіву (термін виконання 7-14 днів) та на замовлення (термін виконання – не більше 50 днів з моменту замовлення) [4].

Основні технічні характеристики:

- Просторова роздільність - 26×30 метрів;
- Ширина полоси знімання – 100 км;
- Швидкість передачі даних на наземний сегмент - 105 Мбіт/с;
- Формат файлів – CEOS.

Космічні апарати Terra і Aqua є частиною комплексної програми NASA EOA (Earth Observing System), спрямованої на дослідження Землі, що складається з трьох спеціалізованих супутників Terra, Aqua і Aura, призначених для дослідження суші, води і атмосфери відповідно. Одним з ключових інструментів американських супутників серії EOS є спектро радіометр MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). MODIS, встановлений на супутниках Terra і Aqua, має 36 спектральних каналів з 12-бітовою радіометричною роздільною здатністю у видимому, ближньому, середньому і далекому ІЧ діапазонах, і дозволяє проводити регулярну зйомку однієї території з просторовою роздільною здатністю до 250 м. Ширина полоси знімання – 2300 км, періодичність знімання – двічі на день. Розрахунковий термін перебування на орбіті становить близько 6 років. Дані зі супутника поширюються за допомогою мережі Інтернет безкоштовно [5].

Також висотні дані дозволяє отримувати система LIDAR (Light Detection And Ranging). LIDAR є методом дистанційного зондування із використанням імпульсного лазерного сканера. Ці світлові імпульси – в поєднанні з іншими даними, утворюють тривимірну інформацію про форму Землі та характеристики її поверхні. Таким чином можлива побудова як цифрової моделі рельєфу, так і цифрової моделі місцевості. Від висоти знімання залежить його точність. Середня точність повітряного лазерного сканування становить 15 см в плані і по висоті, максимальна – до 5 см. При цьому за один день можливе знімання до 1000 км² [3].

Дана система дозволяє вченим та фахівцям вивчати як природні, так і штучні середовища з високою точністю. Вчені NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) використовують LIDAR, щоб отримати більш точні карти берегової лінії та зробити цифрові моделі рельєфу для використання в ГІС [11].

Проте, справжній прорив у цій сфері буде зумовлений проектом WorldDEM [12]. Набір даних з безпрецедентною якістю, точністю та охопленням буде доступний з 2014 року для всієї поверхні суші Землі – від полюса до полюса. Точність WorldDEM перевершить будь-яку супутникову глобальну модель рельєфу, доступну сьогодні.

WorldDEM гарантує глобальну ЦМР без будь-яких ліній розриву в регіональних або національних кордонах, викликаних різними процедурами вимірювання або збору даних кампаніями зміщеними в часі. Це забезпечать німецькі радіолокаційні супутники високого дозволу TerraSAR-X і TanDEM-X, які утворюватимуть високоточний радіолокаційний інтерферометр в просторі. Два датчика можуть отримувати дані абсолютно надійно, вони працюють незалежно від хмарності і умов освітленості. Планується, що дані про однорідну модель рельєфу будуть доступні для всієї поверхні суші Землі, тобто на 150 мільйонів квадратних кілометрів, вже у 2014 році. Порівнюючи (рисунок) SRTM 90 (ліворуч) і WorldDEM™ (праворуч) дані, видно істотне поліпшення точності і якості нового набору даних.

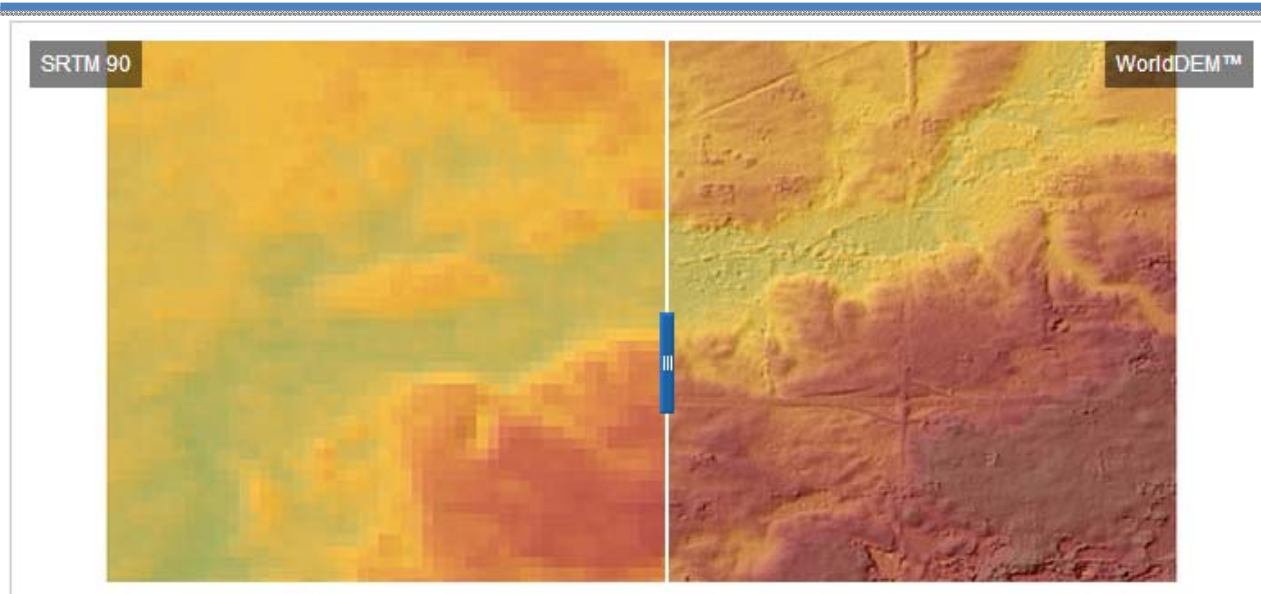


Рисунок. WorldDEM в порівнянні з SRTM 90 (місцезнаходження: Мінесота, США)

Цифрова модель рельєфу є важливою функцією в географічних інформаційних системах, так як з її допомогою можна змоделювати рельєф території та візуалізувати його у вигляді тривимірних зображень, тим самим, надаючи можливість для побудови віртуальних моделей місцевості. Відносно земельпорядних задач використання глобальних ЦМР в майбутньому дозволить автоматизувати процес побудови картограм крутості схилів при розробці земельпорядної документації (програми використання та охорони земель; проекти землеустрою щодо впорядкування й оптимізації території та угідь; робочі проекти землеустрою щодо рекультиваци порушених земель тощо). Подальші дослідження планується спрямувати на встановлення можливості використання даних глобальних ЦМР для практичних земельпорядних задач.

1. Бурштинська Х.В. Теоретичні та методологічні основи цифрового моделювання рельєфу за фотограмметричними та картометричними даними : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.24.02 "Фотограмметрія та картографія" / Х.В. Бурштинська. – Л., 2003.
2. Бусигін Б.С., Коротенко Г.М., Коротенко Л.М., Якимчук М.А.. Англо-російсько-український словник з геоінформатики. - К.: Карбон, 2007. – 433 с.
3. Воздушное лазерное сканирование [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://fly-photo.ru/lazernaya-semka.html> - Назва з екрану.
4. Данные дистанционного зондирования со спутников ERS-1, 2 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.pryroda.gov.ua/index.php?newsid=75> - Назва з екрану.
5. Данные дистанционного зондирования со спутников TERRA, AQUA (MODIS) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.dvrcpod.ru/Modis.php> - Назва з екрану.
6. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://terraview.ru/articles/21/gmes> - Назва з екрану.
7. Общее описание ASTER GDEM [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/aster-gdem.html>. - Назва з екрану.
8. Описание и получение данных SRTM [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html> - Назва з екрану.
9. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики : Навчальний посібник / За заг. ред. Світличного О.О. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
10. Спутник для исследования океанов Jason-1 делает свой финальный поклон [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.astronews.ru/cgi-bin/mng.cgi?page=news&news=4185> - Назва з екрану.
11. What is LIDAR? [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> - Назва з екрану.
12. WorldDEM™ The New Standard of Global Elevation Models [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.astrium-geo.com/worlddem/> - Назва з екрану.