

METHODS AND SOURCES FOR CREATING DIGITAL ELEVATION MODELS

Obidjon Arabov*National university of Uzbekistan**Tashkent, Uzbekistan*

ABOUT ARTICLE

Key words: DEM, SRTM, ASTER GDEM, ALOS, ellipsoid, optical sensor, radar sensor

Received: 15.01.24**Accepted:** 17.01.24**Published:** 19.01.24

Abstract: The article analyzes the methods, sources, fields of use of digital elevation models, as well as the capabilities, vertical accuracy and other metadata of open-to-use satellite missions such as SRTM, ASTER and ALOS.

RELYEFNING RAQAMLI MODELLARINING TAHLILI VA GEOGRAFIK TADQIQOTLARDA AHAMIYATI

Obidjon Zarip o'g'li Arabov*O'zbekiston Milliy universiteti**Toshkent, O'zbekiston*

MAQOLA HAQIDA

Kalit so'zlar: relyefning raqamli modellari, SRTM, ASTER GDEM, ALOS, ellipsoid, optik sensor, radar sensor

Annotatsiya: Maqolada relyefning raqamli modellarini tuzish usullari, manbalari, foydalanish sohalari, shuningdek, foydalanishda ochiq bo'lgan SRTM, ASTER va ALOS kabi sun'iy yo'ldosh missiyalarning imkoniyatlari, vertikal aniqligi va boshqa metama'lumotlari tahlil etilgan.

МЕТОДЫ И ИСТОЧНИКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

Обиджон Арабов*Национальный университет Узбекистана**Ташкент, Узбекистан*

О СТАТЬЕ

Ключевые слова: ЦМР, СРТМ, АСТЕР ГДЭМ, АЛОС, эллипсоид, оптический датчик, радиолокационный датчик

Аннотация: В статье анализируются методы, источники, области использования цифровых моделей рельефа, а также возможности, вертикальная точность и другие метаданные открытых для

KIRISH

Relyefni modellashtirish, tahlil qilish va yaratilgan modellar yordamida o'rganish asta-sekin Yer haqidagi – geologiya, gidrologiya, okeanologiya, iqlimshunoslik, geografiya kabi fanlar hamda Yer kadastri va muhandislik loyihalaridagi tadqiqot ishlarining ajralmas qismiga aylanmoqda.

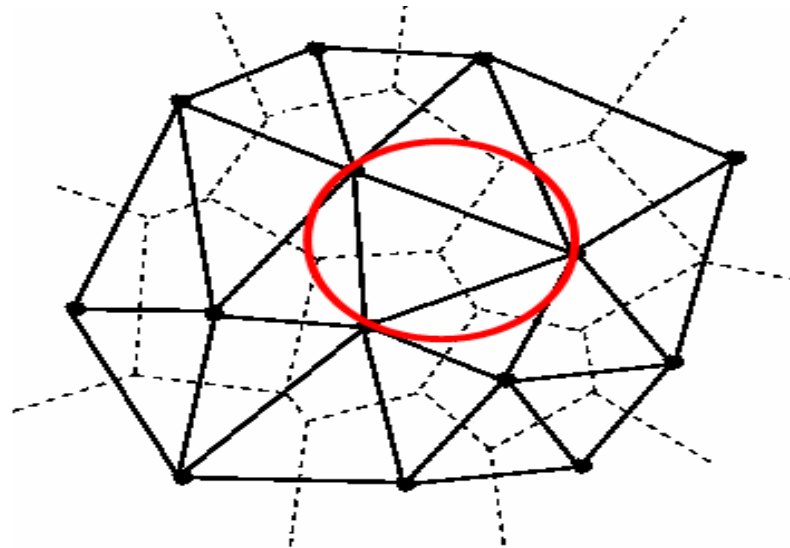
Sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini dasturiy ta'minotlarda qayta ishlab, relyefning raqamli modellari ko'rinishida taqdim etish ifloslangan hududlarning tarqalish areallarini tahlil qilishda, iqlimshunoslikda, konlarni, kommunikatsiya tarmoqlarini, inshootlarni, hududlarning holatini va suv bosishini modellashtirishda, suv oqimi, kimyoviy elementlarning migratsiyasi, shuningdek, hududlarni barqaror rivojlantirish bo'yicha ko'plab loyihalarda keng foydalaniladi.

ASOSIY QISM

Relyefning raqamli modeli tushunchasi. Relyefning raqamli modeli odatda uch o'lchovli fazoviy obyektlarni (yuza yoki relyef) uch o'lchovli ma'lumotlar shaklida raqamli ravishda aks ettirish vositasi sifatida tushuniladi. Ular muntazam yoki tartibsiz tarmoq tugunlarida balandlik belgilari (chuqurlik) va boshqa qiymatlarini (Z koordinatalar), shuningdek, gorizontallar (izogips, izobat) yoki boshqa izoliniyalar to'plamlarini tashkil etadi [1, 205-b.].

Raqamli relyef modelini yaratish uchun quyidagi ma'lumotlar to'plamlari qo'llaniladi (alohida yoki kombinatsiyalangan holda):

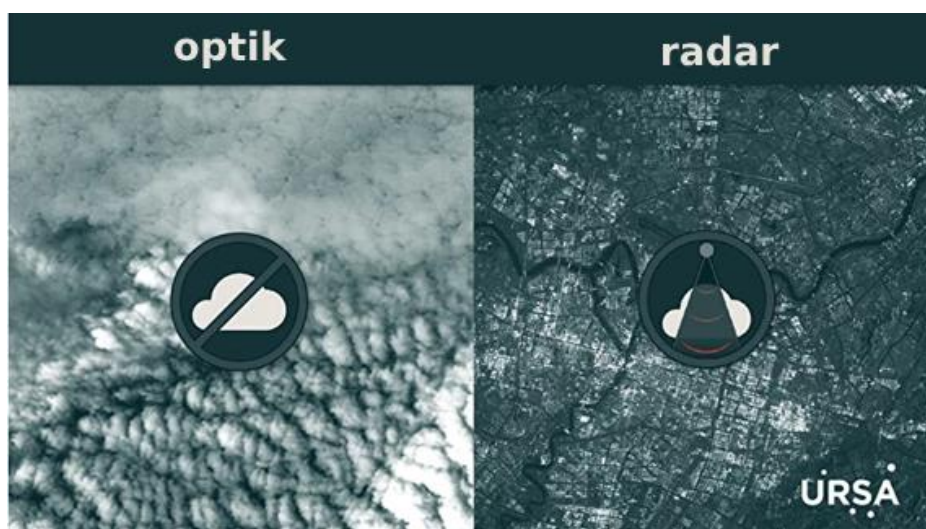
- Piketlar - relyef yuzasida joylashgan nuqtali vektor obyektlari;
- Uchburchaklarning tartibsiz fazoviy tarmog'i (TIN, Triangulation Irregular Network) – Delone triangulatsiyasiga (1-rasm) mos keladigan tartibsiz uchburchaklar tarmog'ining tugunlarida balandlik belgilari sifatida raqamli relyef modelini loyihalashda ishlatiladigan fazoviy muvofiqlashtirilgan ma'lumotlar modellaridan biri. (Delone triangulyatsiyasi – bir-biri bilan kesishmaydigan kesmalardan tuzilgan ko'plab nuqtaviy obyektlardan tashkil topgan uchburchaklardan poligonal tarmoqlarni yaratish texnologiyasidir) [2]:



1-rasm. Delone triangulatsiyasi ko‘rinishi

Relyefning raqamli modellarini yaratish uchun ma’lumotlar manbalari. Relyefning raqamli modelini tasvirga olish uchun turli xil spektral, radiometrik, fazoviy va vaqtinchalik ruxsat etish qobiliyatga ega sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining turlari mavjud. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari yordamida relyefning raqamli modellarini ishlab chiqishning afzalligi shundaki, u katta hajmdagi yer maydonlari uchun relyefning raqamli modellarini yangilangan ma’lumotlarini yig‘ishda vaqt, harajatlar va mehnat kuchini kamaytiradi. Cartosat-I, Cartosat-II, Eros A, Quick Bird, IKONOS, Orb View, Kompsat-2, Kompsat-3, Formosat, Aster va WorldView-1 so‘nggi yillar ichida ishga tushirilgan sun’iy yo‘ldoshlar ichida yaxshi stereoskopik imkoniyatlar va fazoviy o‘lchamlarga ega platformalardan hisoblanadi. Dastlab, olingan sun’iy yo‘ldosh tasvirlarining fazoviy o‘lchamlari 90 m yoki undan kamroq edi [3; 132-b]. Bugungi kunda relyefning raqamli modellarining fazoviy o‘lchamlari 0.50 m, 2 m, 15 m, 30 m tasvirlar mavjud. Masalan, Worldview-1, Cartosat-1, SRTM, ALOS PRISM kabi sun’iy yo‘ldosh missiyalarining relyefning raqamli modellari. Relyefning raqamli modellaridan foydalanib turli mavzuli xaritalar tuziladi. Masalan, katta maydonlarni umumiy o‘rganishda, landshaftning tafsilotlari va tabiat o‘zgarishlarini baholashda. Biroq topografik xaritalarni tuzishda foydalanib bo‘lmaydi. Chunki relyefning raqamli modelining fazoviy o‘lcham aniqligi topografik xaritalar uchun qabul qilingan aniqlikni ta’minlay olmaydi.

Sun’iy yo‘ldosh tasvirga olish tizimlari optik va radar tizimlariga tasniflanadi (2-rasm).



2-rasm. Optik va radar tasvirga olish usullarini taqqoslash [3]

Relyefning raqamli modelini yaratish uchun ishlatiladigan *optik* sun'iy yo'ldosh sensorlariga IKONOS 2, EROS-A1, Quick Bird, CARTOSAT-1, ALOS (PRISM), EROS-B1, KOMPOSAT2, Worldview-1, Worldview-2, WorldView-3, ASTER, GeoEye-1, CARTOSAT 2, Pleiades 1B va Pleiades 1A kabilar kiradi [3; 145-b].

Relyefning raqamli modellarini ishlab chiqish uchun ishlatiladigan *radar* sun'iy yo'ldosh sensorlari SPOT5, SPOT6, SRTM, COSMO SkyMed, TerraSAR-X va TanDEM-X, RadarSDat-2 va boshqalarni o'z ichiga oladi. Relyefning raqamli modelining ruxsat etish qobiliyatiga ko'ra, sun'iy yo'ldosh sensorlari yuqori va o'rta aniqlikka bo'linadi. Yuqori fazoviy stereo sun'iy yo'ldosh tasvirlari Pleiades-1A, Pleiades-1B, WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, GeoEye-1 va IKONOS global miqyosda joy haqida batafsilroq, aniqroq ma'lumotlarni taqdim etadi [3; 145-b].

ALOS, ASTER va SPOT-6 katta maydonlarning o'rta aniqlikdagi sun'iy yo'ldosh tasvirlari bo'lib, ular iqtisodiy jihatdan samaralidir. Agar sun'iy yo'ldosh orqali olingan tasvirlar talab etilgan aniqlikka javob bermasa va qimmat bo'lsa, u holda relyefning raqamli modeli dron yoki boshqa havo kemalari orqali olingan tasvirlar asosida yaratiladi. Bu boshqariladigan samolyotlar tizimi uchun yangi muqobil usul. SPOT birinchi sun'iy yo'ldosh elitasi bo'lib, relyefning raqamli modelini ajratib olish uchun stereoskopik tasvirni beradi, lekin u 1990-yil 31-dekabrda faol xizmatdan olib tashlandi va 1997-yilda qayta ishga tushirildi. Fazoviy o'lchamlari 2,5-5 m va 1,5 m bo'lgan SPOT5 va 6 2002-yil 3-mayda va 2012-yil 9-sentyabrda ishga tushirildi. Bu bulutsiz tasvirlarni taqdim etadi. SPOT sun'iy yo'ldosh sensorining asosiy afzalligi - bu geometriyaning aniqligi. Asosiy kamchiliklardan biri shundaki, olingan tasvirlar narxi yuqori. Worldview-1, Worldview-2, Worldview-3 2007-yil sentyabr, 2009-yil oktyabr, 2014-yil avgustida mos ravishda 0,5, 0,46 va 0,31 m fazoviy o'lchamlari bilan ishga tushirildi [3; 145-b]. Ushbu sensorlarining afzalliklari xavfni kamaytirish, xarajatlarni tejash va foydalanuvchilarga ma'lumotlarni tez

fursatda yetkazib berishdir. Biroq, asosiy kamchiligi shundaki, u bulutsiz tasvirlarni taqdim etmaydi.

Relyefning raqamli modellari ko‘plab ekologik ilovalar uchun zarur bo‘lgan asosiy fazoviy ma’lumotlar to‘plami sifatida tan olingan. Biroq, suv resurslarini o‘rganish uchun keng qamrovli relyefning raqamli modellarining mavjudligi ancha cheklangan va joriy, bepul yoki foydalanishda ochiq bo‘lgan relyefning raqamli modellarining cheklovlari barchaga ma’lum. Foydalanishda ochiq bo‘lgan va global miqyosdagi relyefning raqamli modellari, masalan, Shuttle Radar topografiyasi missiyasi (SRTM) yoki Termal nurlanish va aks ettirishning ilg‘or sun‘iy yo‘ldosh radiometri (ASTER) kabi murakkab topografiyada katta vertikal xatoliklarni ko‘rsatadi. Ular kichik o‘zgarishlarni qayd eta olmaydi. Misol uchun, SRTM missiyasi vertikal aniqlik bo‘yicha mutlaq va nisbiy balandlik xatolari mos ravishda 16 m va 6 m ni tashkil etdi. Garchi bir nechta tadqiqotlar mutlaq xatolar sezilarli darajada kichikroq ekanligini aniqlagan bo‘lsa ham, SRTM relyefning raqamli modelidan yuqori aniqlik talab etiladigan sohalarda foydalanish mumkin emas. Yillar davomida aniqlikni oshirish va vegetatsiyaning ta’sirini kamaytirish boshqa relyef ma’lumotlar to‘plami bilan birlashtirish uchun bir nechta ishlov berish algoritmlari va yondashuvlari taklif qilindi. Biroq, olingan versiyalar keng qo‘llanilsa-da, ular odatda vertikal xatoliklarni ko‘p ilovalar uchun ancha kattaroq ko‘rsatadi [3].

Relyefning raqamli modellarini yaratish usullari.

Topografik xarita. Relyefning raqamli modeli uchun ma’lumotlar manbai sifatida barcha afzalliklarga qaramay, kamchiliklardan holi bo‘lmagan topografik xaritalardir. Ularda relyef tasviri gorizontallar bilan tasvirlangan. Birinchidan, barchaga ma’lumki, gorizontallarning ikki vazifasi mavjud: bir xil balandlikdagi nuqtalarni tutashtirish va xaritada relyef shakllarini to‘g‘ri, geografik jihatdan ishonchli tasvirlash vositasi bo‘lib xizmat qilish. Mayda masshtabli umumgeografik xaritalarni tahlil qilishdan kelib chiqadigan muhim amaliy xulosa shundan iboratki, 1:500 000 va undan mayda masshtabdagi topografik va boshqa quruqlik xaritalari relyefning raqamli modellarini yaratish uchun amalda yaroqsiz ekanligidir. Ikkinchidan, xaritaning boshqa har qanday elementi singari, gorizontallar ham ma’lum bir aniqlik bilan chiziladi, bu boshqa elementlar bilan teng sharoitda bo‘lsa ham relyefning turi va morfologiyasiga bog‘liq [4].

Optik diapazondagi kosmik tasvirlarning stereojuftlari (fotogrammetriya usuli).

Kosmik suratga olish aerofotosuratga olishga qaraganda ancha yuqori balandlikdan olib boriladi. Suratga olish balandligi yuzlab va minglab kilometrlarni tashkil qiladi. Shuning uchun kosmik fotosuratlar aerofotosuratlariga qaraganda mayda masshtabga ega. Suratlar masshtabini kattalashtirish uchun kameraning fokus masofasini oshirish, ya’ni topografik aerofotosuratda qo‘llaniladigan kameralardan ko‘ra uzun fokusli kameralardan foydalanish lozim. Bundan

tashqari, suratga olish seansi davomida suratga olish balandliklari traektoriya va fazoviy jismlarining nisbiy joylashuvi tufayli ham, traektoriyaning egriligi va sayyora orbitasining sharsimonligi tufayli ham katta qiymatlarda o'zgaradi va bu suratlarning sezilarli darajada xilma-xilligiga olib keladi. Suratga olish balandligining katta qiymatlarga o'zgarishi munosabati bilan suratlarning bir-birini bo'ylama qoplashishiga qo'yiladigan talablar ortib bormoqda.

Sun'iy yo'ldosh yoki uchish vositalaridan olingan radar interferometriyasi ma'lumotlari. Radar interferometriyasi-bu interferometrik asos bilan aniqlangan yaqin kuzatuv sharoitida olingan o'rganilayotgan hududning (ikki yoki undan ortiq) radar tasvirlari to'plamidan foydalanishni o'z ichiga olgan murakkab radar ma'lumotlarini qayta ishlashning ko'p bosqichli usuli. Radiolokatsion tizimlari faol (aerofotosuratlardan farqli o'laroq quyosh nurini talab qilmaydi) va to'liq uzunligi radionurlarining bulutlar orasidan o'tish imkonini beradi. Radioto'liqlar uzunligi olingan ma'lumotlarning tafsilotlariga cheklovlar qo'yadi. Radiolokatsion tasvirlar aniqligi va fazoviy ruxsat etish imkoniyatiga ko'ra optik va havodan lazerli skanerlash ma'lumotlaridan past hisoblanadi. Radioto'liqlar o'simliklar qoplamiga qisman kirib borishi mumkin (lekin salbiy tomoni bu to'liq uzunliklarida ishlaydigan tizimlarning past aniqligi). Boshqa tizimlar yuqori aniqlikni beradi, lekin o'simlik qoplamiga kelganda aksincha bo'ladi. O'rmon hududlarida faqat relyefning raqamli modelini qurish mumkin [5]. Qayta ishlanmagan radiolokatsion ma'lumotlari ulardan rastr balandlik modellarini yaratish uchun maxsus algoritmlarni talab qiladi. Relyefning global raqamli modellarining eng batafsillari radiolokatsion usuli bilan yaratilgan (TerraSAR-X–TandemX).

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) kabi masofadan turib kuzatuvlar asosida ommaga ochiq relyefning raqamli modellarining fazoviy ruxsat etish qobiliyati sezilarli darajada yaxshilandi. Shuningdek, yer usti geodezik o'lchovlari yetarli bo'lmagan hamda kuzatish imkoni qiyin bo'lgan hududlarni qamrab oldi. Qo'llab-quvvatlanadigan dasturlar doirasi hali ham qamrov hududining geografik darajasiga bog'liq. SRTM Yer yuzasining uzoq shimoliy ($>60^\circ$ sh.k.) va janubiy ($>56^\circ$ j.k) hududlaridan tashqari, katta qismi radar topografik tadqiqoti hisoblanadi. Joriy ma'lumotlar sifatida 2000-yilda SIR-C va X-SAR sensorlari tomonidan Shattl kosmik kemasidan olingan interferometrik juft radiolokatsion suratlaridir. Ushbu ishda olingan tasvir piksellar o'lchami $1'' \times 1''$ (taxminan 30×30 m); [6]. Balandlik bo'yicha mutlaq aniqlik: $LE90 \leq 16$ m. Balandlik bo'yicha nisbiy aniqlik: $LE90 \leq 10$ m.

ASTER GDEM raqamli relyef modeli. **Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (GDEM)** – 2011-yilda ASTER GDEM raqamli relyef modelining takomillashtirilgan versiyasi yaratildi. Xatolari tuzatilib, yangi suratlar qo'shildi. Noto'g'ri ma'lumotlarni almashtirish uchun boshqa relyefning raqamli modellaridan foydalanilgan: SRTM, NED (National Elevation Dataset; USGS), CDED

(Canada digital elevation data), Alaska DEM. Relyefning raqamli modeli ma'lumotlar bilan qamrab olish maydoni chegarasi – 83 sh.k. -83 j.k. (Yer yuzasining 99% qismi). Ushbu relyefning raqamli modelining ko'plab ilovalarda qo'llanilishi juda kam uchraydi. Sababi mahalliy miqyosda uning vertikal aniqligi katta xatolikni tashkil etadi [7].

Raqamli relyef modelining chiqish formati GeoTIFF bo'lib, WGS84 koordinata tizimiga asoslangan. Balandlik bo'yicha mutlaq aniqlik: LE90 12-30 m, O'KX 6-15 m.

ALOS (Advanced Land Observing Satellite) World 3D (AW3D30): 2016-yilning may oyida Yaponiya Aerokosmik tadqiqotlar agentligi (JAXA) tomonidan ishlab chiqarilgan, ruxsat etish qobiliyati 5 m bo'lgan, piksel o'lchami taxminan 30 m (1 arcsec) to'rga ega global raqamli sirt modeli ma'lumotlar to'plamidir. Stereo xaritaga olish uchun panxromatik masofadan zondlash uskunasi (PRISM) olingan arxiv ma'lumotlardan foydalangan holda yaratilgan ortotransformatsiya qilingan tasvir (ORI) va dunyo raqamli relyef modeli (World 3D) hisoblanadi [8; 21-b]. PRISM uchta panxromatik radiometrdan iborat bo'lib, ular yo'nalishlarning stereotasvirlari bilan birga olinadi.

XULOSA

Yerni masofadan zondlash texnologiyasidan foydalangan holda yaratilgan global relyefning raqamli modellari tahlil qilindi. Foydalanishda ochiq bo'lgan SRTM, ASTER GDEM va ALOS AW3D30 relyefning raqamli modellarining xususiyatlari va vertikal aniqligi o'rganildi. ALOS AW3D30 nadir nuqtasi radiometrida fazoviy ruxsat etish qobiliyati 2,5 m bo'lib, dunyo bo'ylab qamrovni ta'minlovchi va aniq relyefning global raqamli modeli va ORI yaratish uchun munosib manbaga aylantirdi. So'nggi 10 yil ichida JAXA mutlaq aniqlikni oshirish va yuqori darajadagi mahsulotlarni sinab ko'rishning aniq maqsadi bilan tizim tomonidan sozlangan PRISM standart natijalarini kalibrlashni amalga oshirdi. Vertikal aniqlik o'rtacha 7 m ekanligi turli GAT dasturlarida yuqori aniqlikdagi relyefning raqamli modellarini yaratish uchun muhim manba bo'lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Malindi M., Odera P.A. An assessment of SRTM, ASTER and LiDAR digital elevation models in the western part of South Africa. // Journal of Geomatics. -2021. - №15(2). -P.115–120.
2. Kolečka N., Kozak J. Assessment of the accuracy of SRTM C-and X-Band high mountain elevation data: a case study of the Polish Tatra Mountains. //Pure and Applied Geophysics. - 2014. -№171 (6). -P. 897–912.
3. Lakshmi S. E., Yarrakula K. Review and critical analysis on digital elevation models. // Geofizika. -2015.- № 35(2). -P. 129–157.

4. Khasanov Kh., Ahmedov A. Comparison of Digital Elevation Models for the designing water reservoirs: a case study Pskom water reservoir. //E3S Web Conf. 264 03058, -2021. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202126403058>
5. Mirmakhmudov E., Gulyamova L., Juliev M. Digital Elevation Models Based on the Topographic Maps. Coordinates. -2019. –P. 31-36.
6. Altamimi Z., Rebischung P., Métivier L., Collilieux X. ITRF2014: a new release of the international terrestrial reference frame modeling nonlinear station motions. // J. Geophys. -2016. -121 (8). - P. 6109–6131.
7. Mukherjee S., Garg R.D., Mukherjee S. Effect of Systematic error on DEM and its derived attributes: a case study on Dehradun area using Cartosat-1 stereo data. // Indian Journal of Landscape System and Ecological Studies. -2011.- 34(1), P. 45–58.
8. Fazilova D., Magdiev Kh. & Sichugova L. Vertical accuracy assessment of open access digital elevation models using GPS. //International journal of Geoinformatics. -2021. -17 (1). -P. 19-26.