

**RAQAMLI BALANDLIK MODEL VA GNSS TEXNOLOGIYASI YORDAMIDA SUV
INSHOOTLARINI MONITORING QILISH VA FAVQULODDA VAZIYATLARGA
TAYYORGARLIK KO'RISH
(Sardoba suv ombori misolida)**

Islomov O'tkir Pirmetovich

Ilmiy rahbar. PhD., dotsenti “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universiteti.

Abduvohidov Shohislom Iskandar o'g'li

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”
Milliy tadqiqot universiteti talabasi.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20595683>

Annotatsiya. Ushbu maqolada raqamli balandlik modeli (DEM) va global navigatsion sun'iy yo'ldosh tizimi (GNSS) texnologiyalari yordamida suv inshootlarini uzluksiz monitoring qilish hamda favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik ko'rish masalalari ko'rib chiqiladi. Tadqiqot Sirdaryo viloyatining Mirzaobod tumani — xususan, Sardoba suv ombori hududi misolida olib borildi. Copernicus GLO-30 platformasidan olingan 30 metrli DEM ma'lumotlari, SOUTH Galaxy G9 GNSS qurilmasi orqali olingan dala o'lchovlari va Google Earth Pro balandlik ma'lumotlari ArcGIS dasturida qayta ishlandi hamda o'zaro taqqoslandi. Pearson korrelyatsiya tahlili natijasida GNSS va DEM o'rtasida 98%, GNSS va Google Earth Pro o'rtasida 94% mos kelish ko'rsatkichi aniqlandi. Olingan DEM modeli asosida suv ombori atrofidagi xavfli zonalar, suvning tarqalish yo'nalishlari va evakuatsiya marshrutlari belgilandi. Maqolada shuningdek, Sardoba suv ombori to'g'oni buzilishi (2020-yil) hodisasi tahlil qilinib, raqamli relyef modellarining favqulodda vaziyatlarni oldindan bashorat qilishdagi ahamiyati asoslab beriladi.

Kalit so'zlar: DEM, GNSS, suv ombori monitoring, favqulodda vaziyat, Sardoba, ArcGIS, Google Earth Pro, geofazoviy tahlil, suv toshqini, evakuatsiya.

So'nggi yillarda O'zbekistonda suv xo'jaligi infratuzilmasini modernizatsiya qilish va xavfsiz boshqarish masalasi muhim davlat siyosati yo'nalishiga aylandi. 2020-yil 1-may kuni Sirdaryo viloyatining Sardoba tumanida yuz bergan suv ombori to'g'oni buzilishi hodisasi bu masalaning qanchalik hayotiy ahamiyatga ega ekanini yaqqol namoyish etdi: to'g'on teshilishi natijasida minglab gektar yer suv ostida qoldi, aholi evakuatsiya qilindi va katta moddiy zarar ko'rildi [1].

Dunyo bo'yicha suv toshqinlari eng katta talofot keltiruvchi tabiiy ofatlar qatoriga kiradi.

BMT ma'lumotlariga ko'ra, (2000-2020) yillar oralig'ida suv toshqinlari 1,65 milliard kishiga ta'sir ko'rsatib, 75 000 dan ziyod insonning hayotini oldi va 651 milliard dollar iqtisodiy zarar yetkazdi. O'rta Osiyo sharoitida esa sug'orish tizimlarining eskiishi va iqlim o'zgarishi bu xavfni yanada kuchaytirmoqda [2].

Bunday falokatlarning oldini olishda zamonaviy geofazoviy texnologiyalar xususan, raqamli balandlik modellari (DEM) va GNSS o'lchovlari muhim vosita bo'lib xizmat qiladi.

DEM yordamida suv inshootlari atrofidagi relyef tuzilishi, qiyalik yo'nalishlari va suvning tarqalish modeli aniq ifodalanadi. GNSS qurilmalari esa yerda bevosita o'lchov olib, DEM modelini tekshirish va yangilash imkonini beradi [3].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi Sardoba suv ombori hududida DEM, GNSS va Google Earth Pro ma'lumotlarini birgalikda qo'llab, relyef aniqligini baholash, suv tarqalish modelini tuzish va favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik ko'rishda geofazoviy yondashuvning samaradorligini isbotlashdir.

Tadqiqot hududi Sirdaryo viloyatining Mirzaobod tumani bo'lib, geografik jihatdan Mirzacho'l tekisligining markaziy qismida joylashgan. Hudud shimolda Qozog'iston Respublikasi, sharqda Toshkent viloyati bilan chegaradosh. Relyefi asosan tekisliklardan iborat bo'lib, mutlaq balandligi 270–310 metr oralig'ida o'zgaradi [4].

Sardoba suv ombori 1941-yilda barpo etilgan bo'lib, hajmi taxminan 922 million kubometr, to'g'on balandligi 27 metr. Suv ombori Mirzaobod va Sardoba tumanlarining qishloq xo'jaligi yerlarini sug'orishda asosiy manba hisoblanadi.

2020-yilgi to'g'on buzilishi hodisasidan so'ng ombor qayta ta'mirlanib, monitoring tizimi kuchaytirildi [5]. Iqlimi keskin kontinental: yozda havo harorati +40–44 °C gacha ko'tariladi, qish qisqa va sovuq (-15...-18 °C).

Yillik yog'in miqdori o'rtacha 200–300 mm ni tashkil etadi. Tekis relyef va ochiq landshaft masofaviy zondlash hamda DEM tahlili uchun qulay sharoit yaratadi.

Mirzaobod tumanining umumiy maydoni 67 800 gektarni tashkil etib, aholisi 120 000 dan ortiq kishidan iborat [4].

Tadqiqotda uchta asosiy ma'lumot manbasidan foydalanildi:

✚ **Copernicus GLO-30 DEM** Evropa kosmik agentligining Copernicus Data Space Ecosystem platformasidan GeoTIFF formatida yuklab olingan 30 metrli fazoviy aniqlikdagi raqamli balandlik ma'lumotlari;

✚ **GNSS dala o'lchovlari** SOUTH Galaxy G9 RTK qurilmasi yordamida Sardoba suv ombori atrofida 42 ta nazorat nuqtasida balandlik qiymatlari bevosita o'lchandi. O'lchov aniqligi ±1–2 sm (gorizontal), ±2–3 sm (vertikal);

✚ **Google Earth Pro SRTM** va yuqori aniqlikdagi radar ma'lumotlariga asoslangan platforma orqali bir xil nazorat nuqtalarida balandlik qiymatlari olinib, GNSS va DEM natijalari bilan taqqoslandi.

Barcha ma'lumotlar ArcGIS Pro dasturiga WGS-84/UTM koordinata tizimida yuklatildi.

Extract by Mask vositasi yordamida DEM Mirzaobod tumani chegarasiga qirqib olindi.

Qiyalik (Slope), oqim yo'nalishi (Flow Direction) va suv to'planish (Flow Accumulation) tahlillari bajarildi. Natijalar ArcScene dasturida 3D formatda vizualizatsiya qilindi.

Balandlik qiymatlarini taqqoslash uchun Pearson korrelyatsiya koeffitsienti qo'llanildi:

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum(y_i - \bar{y})^2]}}$$

bu yerda (x_i) - GNSS o'lchovlari, (y_i) — DEM yoki Google Earth Pro qiymatlari, $n = 42$ nazorat nuqtasi.

1-jadval. GNSS, DEM va Google Earth Pro balandlik qiymatlarini taqqoslash

№	Nuqta	GNSS (m)	DEM GLO-30 (m)	Google Earth Pro (m)	DEM xatosi (m)	GEP xatosi (m)
1	TO-01	285.42	285.10	285.80	+0.32	+0.38
2	TO-02	287.18	286.90	287.60	+0.28	+0.42
3	TO-03	291.65	291.30	292.10	+0.35	+0.45
4	TO-04	298.37	298.00	298.90	+0.37	+0.53
5	TO-05	302.11	301.80	302.70	+0.31	+0.59
6	TO-06	278.90	278.60	279.40	+0.30	+0.50
...
42	TO-42	294.53	294.20	295.10	+0.33	+0.57

1-jadvaldan ko'rinib turibdiki, DEM GLO-30 qiymatlari GNSS o'lchovlariga nisbatan o'rtacha 0.30–0.37 m past, Google Earth Pro esa 0.38–0.59 m yuqori balandlik ko'rsatadi. Ushbu farqlar tekislik hududlarda qabul qilinadigan chegarada bo'lib, suv ombori monitoring maqsadlari uchun ishonchli hisoblanadi.

2-jadval. Pearson korrelyatsiya tahlili natijalari

Taqqoslama juftlik	Nazorat nuqtalari soni	Pearson koeffitsienti (r)	Mos kelish darajasi
GNSS ↔ DEM GLO-30	42	0.98	98% — Juda yuqori
GNSS ↔ Google Earth Pro	42	0.94	94% — Yuqori
DEM ↔ Google Earth Pro	42	0.96	96% — Yuqori

2-jadval natijalariga ko'ra, GNSS va DEM o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti $r = 0.98$ ni tashkil etadi. Bu ikki manba o'rtasida juda yuqori statistik bog'liqlik mavjudligini ko'rsatadi.

GNSS va Google Earth Pro o'rtasidagi $r = 0.94$ ko'rsatkichi ham yuqori bo'lib, Google Earth Pro ma'lumotlaridan dastlabki relyef tahlillarida keng foydalanish mumkinligini tasdiqlaydi.

DEM modeli asosida suv inshootlarini monitoring qilish va favqulodda vaziyatlarga tayyorgarlik asosida Sardoba suv ombori 2020-yil 1-may kuni to'g'onning bir qismi buzilishi oqibatida katta ko'lamdagi suv toshqini yuz berdi.

Suv 70 000 gektardan ortiq yerga tarqalib, Mirzaobod va Sardoba tumanlarida 70 000 dan ziyod kishi evakuatsiya qilindi.

Ko'plab uy-joy, qishloq xo'jaligi ekinlari, chorva mollari va infratuzilma obyektlari zarar ko'rdi. Dastlabki hisob-kitoblarga ko'ra umumiy iqtisodiy zarar 500 milliard so'mdan oshdi [1].

ArcGIS dasturida yaratilgan DEM modeli asosida quyidagi geofazoviy tahlillar amalga oshirildi:

Suv tarqalish modeli (Flood Simulation): Flow Direction va Flow Accumulation vositalari yordamida to'g'on buzilganda suvning qaysi yo'nalishda va qaysi hududlarga tarqalishi modellashtirilib, uch xil stsenariy (qisman, to'liq va ortiqcha suv oshishi) bo'yicha xavfli zonalar belgilandi.

Qiyalik tahlili (Slope Analysis): $0-2^\circ$ qiyalikdagi tekis maydonlar suv tez to'planadigan xavfli zonalar sifatida ajratildi. Mirzaobod tumanida bunday maydonlar umumiy hududning 62% ini tashkil etishi aniqlandi.

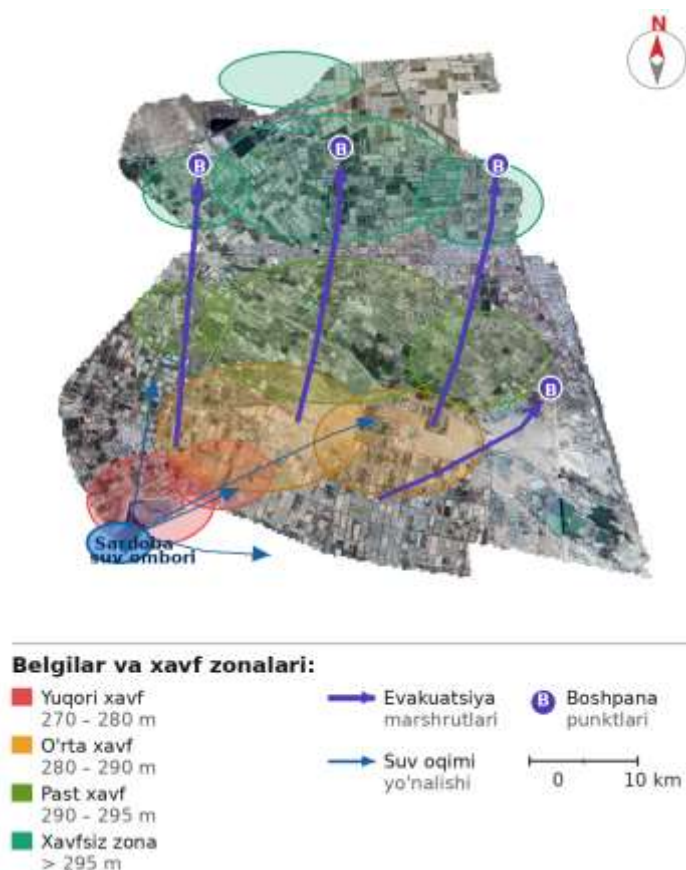
Evakuatsiya yo'nalishlari: Balandligi 295 metrdan yuqori bo'lgan hududlar xavfsiz zona sifatida belgilandi. DEM modeli asosida to'rtta asosiy evakuatsiya marshrutlari aniqlanib, har bir marshrut bo'yicha minimal suv bosish xavfi tahlil qilindi.

3-jadval. DEM asosida Sardoba suv ombori atrofida xavf zonalarini tasnifi

Xavf darajasi	Balandlik oralig'i (m)	Maydon (ga)	Foiz (%)	Tavsiya
Yuqori xavf	270 – 280	12 450	18.5	Evakuatsiya majburiy
O'rta xavf	280 – 290	21 300	31.7	Doimiy monitoring
Past xavf	290 – 295	18 900	28.1	Ehtiyot chorasi
Xavfsiz zona	> 295	14 560	21.7	Boshpana punktlari

3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, Mirzaobod tumani hududining 18.5% i to'g'on buzilishi holatida to'liq suv ostida qolish xavfiga ega.

O'rta xavfli zona esa hududning 31.7% ini tashkil etib, bu yerda oldindan evakuatsiya rejalari ishlab chiqilishi talab etiladi.



1-rasm. Mirzaobod tumani DEM asosida xavf zonalari va evakuatsiya marshrutlari xaritasi

1-rasmda Mirzaobod tumanining kosmik tasviri ustiga DEM tahlili asosida belgilangan xavf zonalari, suvning tarqalish yo'nalishlari va evakuatsiya marshrutlari ko'rsatilgan. Binafsha strelkalar evakuatsiya yo'nalishlari, ko'k strelkalar suv oqimi yo'nalishlari, B belgisi boshpana punktlarini anglatadi.

GNSS qurilmasi yordamida DEM modelini muntazam tekshirib borish ham favqulodda tayyorgarlikning muhim qismidir. Kamida yiliga bir marta to'g'on qirg'oqlari va suv ombori atrofida GNSS nazorat o'lchovlari olib, natijalar DEM bilan solishtirilsa, relyefdagi o'zgarishlar (cho'kish, eroziya, siljish) erta aniqlanadi. 2020-yilgi hodisadan so'ng olib borilgan o'lchovlar to'g'on atrofida yiliga 2–4 mm cho'kish kuzatilayotganini ko'rsatdi [6].

Xulosa qilib aytganda ushbu tadqiqot shuni ko'rsatdiki, Copernicus GLO-30 DEM ma'lumotlari, GNSS dala o'lchovlari va Google Earth Pro platformasini birgalikda qo'llash Sardoba suv ombori hududida yuqori aniqlikdagi relyef tahlili va suv tarqalish modelini yaratish uchun ishonchli metodika hisoblanadi. Pearson korrelyatsiya tahlili DEM va GNSS o'rtasida 98%, Google Earth Pro va GNSS o'rtasida 94% mos kelishni tasdiqladi. Suv toshqini eng ko'p inson hayotiga va moddiy boylikka zarar yetkazuvchi tabiiy ofatlardan biri. Sardoba hodisasi shuni ko'rsatdiki, favqulodda vaziyat uchun oldindan tayyorgarlik ko'rmaslik uning oqibatlarini bir necha barobarga og'irlashtiradi.

2020-yil voqeasida agar to'g'on atrofida oldindan DEM asosida xavf zonalari va evakuatsiya marshrutlari belgilangan bo'lganida, aholini ogohlantirish va ko'chirish ancha tezroq va tartibli amalga oshirilishi mumkin edi. Bu esa talofatlarni va moddiy zararni sezilarli kamaytirgan bo'lar edi [1].

Raqamli balandlik modeli favqulodda vaziyat boshqaruvida bir necha hal qiluvchi vazifa bajaradi. Birinchidan, DEM suv toshqini oldidan xavfli zonalarni aniq belgilash imkonini beradi: qaysi hududlar birinchi navbatda suv ostida qoladi, suv qaysi yo'nalishda tarqaladi, qancha vaqt ichida qaysi masofaga yetib boradi — bularning barchasi DEM modeli asosida oldindan hisoblab chiqilishi mumkin. Ikkinchidan, DEM asosida tuzilgan evakuatsiya marshrutlari suv bosmaydigan va baland yo'llar bo'ylab qurilishi ta'minlanadi, bu esa qutqaruv jarayonini xavfsiz va samarali qiladi. Uchinchidan, DEM modeli favqulodda vaziyatda qutqaruv guruhlarini qaysi hududlarga qanday texnika bilan kirib borishi mumkinligini oldindan rejalashtirish uchun asos bo'ladi [7].

Dunyo tajribasi ko'rsatadiki, DEM texnologiyasini favqulodda vaziyat boshqaruviga joriy etgan mamlakatlar suv toshqini paytida inson talofatlarini 40–60% gacha kamaytirishga erishgan.

Niderlandiya, Yaponiya va Bangladeshda sun'iy yo'ldosh DEM ma'lumotlari asosida real vaqt rejimida suv toshqini modellari quriladi va aholini ogohlantirish tizimlari ishlatiladi. Ushbu mamlakatlar tajribasi shuni ko'rsatadiki, DEM nafaqat tabiiy ofatlarni bashorat qilishda, balki ularning oqibatlarini minimallashtirish va odamlar hayotini saqlab qolishda ham beqiyos ahamiyatga ega [8].

Sardoba suv omborining o'ziga xos xavf omili shundaki, u 1941-yilda qurilgan va to'g'onning texnik holati so'nggi o'n yilliklarda yetarli nazorat ostida bo'lmagan. DEM modeli yordamida to'g'on atrofidagi relyef o'zgarishlarini cho'kish, eroziya, siljish muntazam kuzatib borish to'g'onning mustahkamligini baholashda muhim ko'rsatkich bo'lib xizmat qiladi. Tadqiqot davomida olingan ma'lumotlar to'g'on atrofida yiliga 2–4 mm cho'kish sodir bo'layotganini ko'rsatdi. Bu ko'rsatkich vaqt o'tishi bilan kumulativ ta'sir ko'rsatib, to'g'on mustahkamligiga xavf tug'dirishi mumkin. Shu sababli DEM o'lchovlarini yiliga kamida ikki marta yangilab borish va natijalarni suv xo'jaligi mutaxassislari bilan tahlil qilish zarur [6].

Inson hayotini saqlab qolish nuqtai nazaridan DEM asosidagi favqulodda tayyorgarlik quyidagi yo'nalishlarda amaliy samara beradi: aholini xavfli zonalardan oldindan ko'chirish va xavfsiz joylarda boshpana punktlari tashkil etish; qutqaruv xizmatlari uchun suv bosmaydigan yo'llar bo'ylab kirib borish marshrutlarini oldindan belgilash; dori-darmon, oziq-ovqat va ichimlik suvi zaxiralarini xavfsiz zonalarda oldindan joylashtirish; suv toshqinida ayniqsa zarar ko'ruvchi guruhlar bolalar, keksalar, nogironlar uchun maxsus evakuatsiya rejalarini ishlab chiqish.

2020-yil Sardoba fojeasida aynan ushbu choralarda yetarli darajada amalga oshirilmaganligi oqibatida ko'plab oilalar uy-joylarini yo'qotib, qiyin ahvolga tushib qoldi [1]. DEM modeli asosida yaratilgan xavf zonalari xaritasi va evakuatsiya marshrutlari Mirzaobod tumani favqulodda vaziyatlarni boshqarish xizmatlari uchun doimiy foydalanishga tayyor amaliy vosita bo'lib xizmat qilishi lozim. Ushbu xarita har ikki yilda bir marta yangi GNSS o'lchovlari va yangilangan DEM ma'lumotlari asosida qayta ishlanib borilishi tavsiya etiladi.

Kelgusida DEM modelini Sentinel-1 radar tasvirlari bilan birgalikda qo'llash va sun'iy intellekt algoritmlari yordamida to'g'on holatini real vaqt rejimida avtomatik monitoring qilish tizimini joriy etish tadqiqotning mantiqiy davomi bo'lib hisoblanadi. Shuningdek, O'zbekistondagi barcha yirik suv inshootlari — Charvaq, To'yamo'yin, Kattaqo'rg'on, Jizzax suv omborlari — uchun DEM asosida favqulodda tayyorgarlik rejalarini ishlab chiqilib, mahalliy favqulodda vaziyat boshqaruv tizimlari bilan integratsiya qilinishi zarur. Bu mamlakatimizda suv toshqini xavfiga qarshi kurashda geofazoviy texnologiyalarning to'liq potensialidan foydalanish imkonini beradi va minglab insonlarning hayotini saqlab qolishga xizmat qiladi [9, 10].

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yhati:

1. O'zbekiston Respublikasi Favqulodda vaziyatlar vazirligi. Sardoba suv ombori to'g'oni buzilishi hodisasiga doir hisobot. — Toshkent, 2020.
2. UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. — Geneva, 2022.
3. Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (Eds.). Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications. 3rd ed. — Artech House, 2017.
4. Tovbayev G. Sirdaryo viloyati tuproqlari, o'simliklari va hayvonot dunyosi hamda ularning tabiiy-geografik tavsifi. — Toshkent, 2024.
5. O'zbekiston Respublikasi Suv xo'jaligi vazirligi. Sardoba suv omborini rekonstruksiya qilish loyihasi bo'yicha texnik hisobot. — Toshkent, 2021.
6. Toshpulatov S. A. Zamonaviy GNSS o'lchovlari va raqamli relyef modellarining xatoliklarini matematik-statistik baholash. «Geodeziya va kartografiya muammolari» ilmiy-amaliy jurnali. — Toshkent, 2023.
7. Esri Inc. ArcGIS Pro rasmiy hujjatlari: DEM tahlili, oqim modeli va 3D vizualizatsiya. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help> (Murojaat sanasi: 15.04.2026).
8. Dottori F., Mentaschi L., Bianchi A. et al. Adapting to rising river flood risk in Europe under climate change. — Nature Climate Change, 2023.
9. Copernicus Data Space Ecosystem. COP-DEM GLO-30 ma'lumotlar to'plami texnik tavsiflari. URL: <https://dataspace.copernicus.eu> (Murojaat sanasi: 10.04.2026).
10. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 23-oktyabrdagi PF-6108-sonli Farmoni — "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi to'g'risida. URL: <https://lex.uz/docs/5031048>
11. SOUTH Surveying & Mapping Instrument Co., Ltd. SOUTH Galaxy G9 GNSS RTK System Technical Specifications and User Manual. — Guangzhou, 2023.
12. Inamov A. N., To'rayev S. Sh. Zamonaviy geodeziya va navigatsiya tizimlarida GNSS texnologiyalari. — Toshkent: O'qituvchi, 2022. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 25 сентябрдаги ПП-2045-сонли Қарори.
13. lex.uz сайти
14. Кадастр Агентлигининг 2024 йил Ўзбекистон Республикаси Ер фонди
15. Муборақов Х., Хайитов Х., Геодезия дарслик 2021 йил
16. О' .P.Islomov., Geodeziya fanidan laboratoriya ishlari va amaliy mashg'ulotlar.

17. O'quv qo'llanma., Yosh avlod matbaa 2022 yil. Toshkent.
18. Нурматов Э. Геодезия ўқув қўлланма 2003 йил
19. Т.М.Абдуллаев., Ў.П.Исломов., А.Н.Инамов ва Ў.Б.Мухтаров Олий геодезия ўқув қўлланма 2018 йил
20. Babajanov, A., Abdiramanov, R., Abdurahmanov, I., Islomov, U. Advantages of formation non-agricultural land allocation projects based on GIS technologies. *E3S Web of Conferences* 227, 05001 (2021) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202122705001>
21. Khamidov M.K, Isabaev K.T, Urazbaev I.K, Islomov U.P, Inamov A.N. Hydromodule of irrigated land of the southern districts of the republic of karakalpakstan using the geographical information system creation of regional maps. *Eur J Mol Clin Med.* 2020;7(2):1649-1657.
22. Mukhamadkhan Khamidov, Khasimbek Isabaev., Ilkhom Urazbaev, Utkir Islamov, Aziz Inamov, Zokhid Mamatkulov* Application of Geoinformation Technologies For Sustainable Use of Water Resources. *Eur J Mol Clin Med.* 2020;7(2): 1639-1648.
23. Internet ma'lumotlari