

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/30.12.2019.Gr.01.06. RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDA TUZILGAN BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

MIRMAXMUDOV ERKIN RAXIMJANOVICH

**O‘ZBEKISTONDA GEODEZIK VA KARTOGRAFIK ISHLARNI
OPTIMALLASHTIRISH UCHUN KOSMIK JISMLARDAN
FOYDALANISHNING ILMIY-AMALIY ASOSLARI**

11.00.06 - Geodeziya. Kartografiya

**GEOGRAFIYA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Geografiya fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора (DSc) по географическим наукам

Contents of dissertation abstract of doctor (DSc) on geographical sciences

Mirmaxmudov Erkin Raximjanovich

О‘zbekistonda geodezik va kartografik ishlarni optimallashtirish uchun kosmik jismlardan foydalanishning ilmiy-amaliy asoslari3

Мирмахмудов Эркин Рахимжанович

Научно-практические основы использования космических тел для оптимизации геодезических и картографических работ Узбекистана.....27

Mirmakhmudov Erkin

Scientific and practical basis of the use of space bodies for optimization of geodetic and cartographic work in Uzbekistan.....53

Е‘lon qilingan ilmiy ishlar ro‘uxati

Список опубликованных работ

List of published works.....57

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc. 03/30.12.2019.Gr.01.06. RAQAMLI ILMIY KENGASH
ASOSIDA TUZILGAN BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI

MIRMAXMUDOV ERKIN RAXIMJANOVICH

**O‘ZBEKISTONDA GEODEZIK VA KARTOGRAFIK ISHLARNI
OPTIMALLASHTIRISH UCHUN KOSMIK JISMLARDAN
FOYDALANISHNING ILMIY-AMALIY ASOSLARI**

11.00.06 - Geodeziya. Kartografiya

**GEOGRAFIYA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2017.1.DSc/Gr15 raqam bilan ro‘yxatga olingan.

Doktorlik dissertatsiyasi Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universitetida bajarilgan.
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.nuu.uz) va «Ziyonet» Axborot-ta’lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy maslahatchisi:

Safarov Eshqobul Yuldashovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Reymov Polat Rasbergenovich
geografiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Sayyidqosimov Sayyidjabbor Sayyidqosim o‘g‘li
texnika fanlari doktori, professor

Nuritdinov Salaxitdin Nasritdinovich
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

«Toshkent Irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti» Milliy tadqiqot universiteti

Dissertatsiya himoyasi O‘zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Dsc.03/30.12.2019.Gr.01.06 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil 27 aprel soat 11:00 dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. (Manzil: 100174, Toshkent, Universitet ko‘chasi, 4-uy. Tel.: (99871) 227-12-14; faks: (99871) 246-02-24; E-mail: ik-geografiya.nuuz@mail.ru. O‘zbekiston Milliy universiteti, Geografiya va geoaxborot tizimlari fakulteti)

Dissertatsiya bilan O‘zbekiston Milliy universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (№__ raqami bilan ro‘yxatga olingan). (Manzil: 100174, Toshkent, Universitet ko‘chasi, 4-uy. Tel.: (99871) 246-67-71)

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil 17 aprel kuni tarqatildi.
(2024 yil 17 apreldagi 59-raqamli reyestr bayonnomasi).

Sh.M.Sharipov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik
Ilmiy kengash raisi, g.f.d., dotsent

K.A.Xakimov

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, g.f.f.d.

Z.N.Tojiyeva

Ilmiy darajalar beruvchi bir martalik
Ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi, g.f.d., professor

KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahon mamlakatlari uchun yagona geodezik koordinatalar sistemasini yaratish, Yer aylanishining aniq parametrlarini aniqlash geodeziya va geodinamikaning asosiy muammolaridan biri hisoblanadi. Bu muammolarning yechimiga xalqaro tashkilotlar, jumladan, BMT¹ Bosh assambleyasi tomonidan qabul qilingan rezolyutsiyada global sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari (GSYNT) dan foydalanish va regional-ellipsoid ishlab chiqish vazifalari belgilangan. Mazkur vazifalarning yechimida geodezik tashkilotlarda yagona koordinatalar sistemasini joriy etish sohasida sun'iy yo'ldosh navigatsiya o'lchashlari monitoringini olib borish va mahalliy koordinatalar sistemasidan umumiy geodezik koordinatalar sistemasiga o'tkazish uchun transformatsiya tizimini ishlab chiqishni taqozo etadi.

Jahonda mazkur yo'nalishdagi tadqiqotlarga, jumladan, zamonaviy geotsentrik koordinatalar sistemalari, referens-ellipsoidlar, GSYNT, joyning fazoviy raqamli modellari va raqamli topografik xaritalarni takomillashtirishga ustuvor ahamiyat berilmoqda. Bu borada, zamonaviy geografik axborot texnologiyalaridan foydalanib geodinamik va geodezik tarmoq punktlari koordinatalarining siljishini o'rganish, koordinata sistemalarini almashtirish parametrlarini va kartografik proeksiyaga differensial tuzatmalar qiymatini hisoblash hamda kosmik jismlar orbitalari elementlarini aniqlashtirishga qaratilgan tadqiqotlar muhim hisoblanadi.

Respublikamizda muhandislik va kadastr ishlari uchun geodezik koordinatalar sistemalarini takomillashtirish va aniqligini oshirish bo'yicha qator islohotlar amalga oshirilmoqda va sezilarli ijobiy natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning Taraqqiyot strategiyasida "... yer uchastkasiga bo'lgan huquqlarni so'zsiz ta'minlashda ochiq ma'lumotlar asosida ommaviy geoportalni joriy etish hamda ma'lumotlarni Milliy geoaxborot tizimi orqali davlat va xo'jalik boshqaruv organlariga hamda jismoniy va yuridik shaxslarga taqdim etish tartibini ishlab chiqish"² yuzasidan muhim vazifalar belgilab berilgan. Bu borada, jumladan, O'zbekiston Respublikasining tog'oldi hududlari va daryolarning qirg'oqbo'yi zonalaridagi geodezik ishlarda GSYNTni joriy qilish va qo'llashga yo'naltirilgan ilmiy tadqiqotlar muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 12 fevraldagi F-5209-son "O'zbekiston Respublikasidagi kosmik tadqiqotlar va texnologiyalarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Farmoyishi, O'zbekiston Respublikasining 2020 yil 2 iyuldagi O'RQ-626-son "Geodeziya va kartografiya faoliyati to'g'risida"gi Qonuni va O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2018 yil 3 dekabrda 977-son "Geodeziya va kartografiya ishlarini ro'yxatga olish to'g'risidagi qarorni berish tartibi to'g'risidagi nizomni tasdiqlash haqida" Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

¹ BMT foydalanish buyicha qo'mita. Bosh assambleyasi. Ilmiy-texnik kuyi kumita. Ellikinchi sessiya. - Vena, Avstriya, 11-12 fevral, 2013 y.

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son «2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida»gi Farmoni.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirushning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot fan va texnologiyalar rivojlanishining VIII. «Yer haqidagi fanlar» va IV «Axborotlashtirish va axborot kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi³. Inersial va geosentrik koordinatalar sistemalarini barqarorligini, koordinatalar sistemalarini almashtirish parametrlarini, umumiyer geodezik koordinatalar sistemasi va referens-ellipsoidlarning fundamental doimiylarini aniqlash, shuningdek, kosmik jismlar orbitalari elementlarini aniqlashtirish bo‘yicha yetakchi tashkilotlar, ilmiy-tadqiqot va oliy ta‘lim muassasalari, jumladan Jet Propulsion Laboratory (JPL, AQSH), National Geospatial-Intelligence Agency (NGA, AQSH), GeoForschungsZentrum (GFZ, Germaniya), Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt e.V.(DLR, Germaniya), Centre National d'Études Spatiales (CNES, Fransiya), International Earth Rotation and Reference System Service (IERS, Fransiya), Kosmik tadqiqotlar instituti (IKI, Rossiya), Amaliy astronomiya instituti (IPA, Rossiya), Markaziy geodeziya, aerofotosyomka va kartografiya ilmiy-tadqiqot instituti (SNIIGAIK, Rossiya), Moskva davlat geodeziya va kartografiya universiteti (MGUGIK, Rossiya), Sibir davlat geotizimlar va texnologiyalar universiteti (SGUGIT, Rossiya) tomonidan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.

Jahonda umumiyer ellipsoidining geometrik va dinamik parametrlarini, geodezik koordinatalar sistemalarini almashtirish parametrlarini aniqlash va kosmik jismlar orbitalari elementlarini aniqlashtirish bo‘yicha qator ilmiy natijalar olingan, jumladan, yuqori aniqlikdagi koordinatalar tizimlarini yaratishda kosmik jismlardan foydalanish metodikasi ishlab chiqilgan (Jet Propulsion Laboratory, AQSH), SRTM missiyasi asosida Yer yuzasining birinchi raqamli topografik kartasi va GRACE ma‘lumotlari bo‘yicha Yerning gravitatsion modeli hosil qilingan (National Geospatial-Intelligence Agency, AQSH), Voyajer kosmik apparatlari ma‘lumotlari bo‘yicha umumiyer ellipsoidi parametrlari qiymatlari aniqlashtirilgan, Yer yuzasidagi deformatsion jarayonlarni tadqiq qilish uchun Markaziy Osiyo Tektonik tarmog‘i hosil qilingan va Yer geoidining raqamli modeli ishlab chiqilgan (GeoForschungsZentrum, Germaniya), suv yuzasi topografiyasini va iqlim o‘zgarishini tadqiq qilish uchun DORIS xalqaro sun‘iy yo‘ldosh navigatsion tarmog‘i barpo qilingan (Centre National d'Études Spatiales, Fransiya), PZ-90 umumiyer geosentrik koordinatalar tizimi ishlab chiqilgan (Markaziy geodeziya, aerofotosyomka va kartografiya instituti, Rossiya).

Jahonda geodezik va kartografik ishlarni optimallashtirish uchun kosmik jismlardan foydalanishning ilmiy-amaliy asoslarini takomillashtirish bo‘yicha qator, jumladan, quyidagi ustuvor yo‘nalishlarda ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda: alohida muhim hududlarni planli va balandlik asosini aniqlashtirish va joyning fazoviy raqamli modellarini yaratish; borish qiyin bo‘lgan joylarda geodezik o‘lchashlarni zamonaviy GNSS yordamida aniqligini oshirish; navigatsiya

³Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi: www.geodesist.ru, www.navgeocom.ru, www.geoprofi.ru, www.ssga.ru, www.google.com va boshqa manbalar asosida ishlab chiqilgan.

o'lchashlari natijalarini matematik qayta ishlash; raqamli kartografiya uchun uchuvchisiz uchish apparatlaridan foydalanish; yagona koordinatalar sistemasini yaratish uchun an'anaviy va sun'iy yo'ldosh o'lchashlarini birlashtirish; muhandislik vazifalari uchun zamonaviy geografik axborot texnologiyalaridan foydalanish.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. Geodeziya tarmog'i nuqtalarining koordinatalarini va kosmik jismlarning aniq pozitsiyalarini aniqlash jahonda keng amalga oshirilganligi sababli, kosmik geodeziya va sun'iy yo'ldosh sohasiga katta hissa qo'shgan yetakchi mutaxassislarning ishlarida uchraydi. Jumladan, xorijiy olimlardan Altiner Y., Clifford J. Mucnier, Gunter Seeber, Frike W., Hofmann-Wellenhof B., Huaan F., Moritz H., Reighber Ch., Vassileva K., Vondrak J., Kenyeres A. va boshqalarni ilmiy ishlarida uchraydi.

MDH va Markaziy Osiyo mamlakatlarida Antonovoch K.M., Batrakov Yu.V., Bazlov Yu.A., Gedeonov D.D., Genike A.A., Demyanov G.V., Karpik A.P., Krasovsky F.N., Kaganovsky G.M., Kaufman M.B., Krasnorilov I.I., Kupriyanov A.O., Malkin Z.M., Mashimov M.M., Makarenko N.L., Medvedev Yu.D., Mixailov A.A., Molodensky M.S., Pankrushin V.K., Pobedinsky G.G., Pomeransev I.I., Chernetenko Yu.A., Sheglov V.P. va boshqalar kosmik geodeziya va geodinamika sohasida tadqiqotlar o'tkazgan.

O'zbekiston Respublikasida kosmik geodeziya va geodinamika sohasida Abdullaev T.M., Gulyamova L.X., Muborakov X., Rafikov V.A., Suyunov A.S., Reymov P.R., Safarov E.Y., Tashpulatov S.A. va boshqa tadqiqotchilarning ilmiy ishlarini qayd etish mumkin.

Respublikamizda kosmik apparatlarni kuzatish va ulardan geodeziya va kartografiya sohasida foydalanishda sezilarli yutuqlarga erishilganiga qaramay, barcha o'lchash usullarini qo'llashda, ya'ni klassik va sun'iy yo'ldosh geodezik o'lchashlarni birgalikda tenglashda bir qator muammolar saqlanib qolmoqda.

BMT tomonidan tashkil etilgan kosmik texnologiyalar va GNSSdan foydalanish bo'yicha xalqaro konferensiyalarda (Moldova-2009, BAA-2010, Latviya-2012, Xorvatiya-2013, Rossiya-2015, 2017, Nepal-2016, Pokiston-2018), qo'shni respublikalar chegaralarida milliy ellipsoidlar va sun'iy yo'ldosh geodeziya tarmog'ining tayanch stansiyalarini yaratish zarurligi, va mintaqaviy geoidni rivojlantirish muhimligi qayd etildi. Shu bois BMT Bosh Assambleyasi dissertatsiya muallifining GNSSdan foydalanishda xalqaro hamkorlikning ahamiyati haqidagi taklifini inobatga olgan holda rezolyutsiya qabul qildi va an'anaviy koordinata tizimlaridan foydalanauvchi Markaziy Osiyo respublikalari uchun yagona koordinatalar tizimini joriy etishni tavsiya qildi.

EUPOS bo'yicha xalqaro ilmiy yig'ilishlarda GPS ma'lumotlarini standartlashtirish va almashish, shuningdek, sun'iy yo'ldosh geodeziya o'lchovlaridan foydalanuvchilar sonini kengaytirish bo'yicha tavsiyalar qabul qilindi. Ushbu xalqaro uchrashuvlarda dissertatsiya muallifi, kosmik jismlarning pozitsion kuzatuvlari asosida geodezik tarmoqni takomillashtirish va topografik xaritalarning matematik asoslarini takomillashtirish usulini taklif qildi, shuningdek, EUPOS ni qit'aning Osiyo qismiga kengaytirish bo'yicha tavsiyalar berdi. Mazkur

tadqiqot ishi aynan yuqorida keltirilgan muammolarni hal etishga bag'ishlanganligi bilan oldingilardan farq qiladi.

Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Milliy universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasiga muvofiq GNTP - 10, P - 6.1.16 - NIR "Optik kuzatishlar asosida kosmik jismlarning trayektoriyasini qurish" (2003 – 2005 yy.), Yer sirtidan turli balandliklarda harakatlanuvchi obyektlarni aniqlash uchun 1:500 000 masshtabli raqamli xaritasini yaratish (2005-2007 yy.), "SpaceCom" (2019 y.) mavzusidagi xalqaro loyihalar doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi O'zbekiston Respublikasining muhim obyektlari atrofida Yerning sun'iy yo'ldoshlarini kuzatish natijasida geodezik tarmoqlarning planli va balandlik koordinatalarini optimallashtirishning ilmiy-amaliy asoslarini ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

kosmik jismlarni klassik va sun'iy yo'ldosh o'lchashlari orqali Yerni aylanish o'qining qutbsiz o'zgarishini va ikkita koordinata tizim (CK-42, WGS-84) yordamida topografik xaritalarning Gauss-Kryuger proeksiyasidagi geografik koordinatalari aniqligini tahlil qilish;

geosinxron va geodezik sun'iy yo'ldoshlarning yuqori aniqlikdagi toposentrik koordinatalarni hisoblash uchun geosentrik koordinatalar tizimi harakat trayektoriyasidagi tortishish va gravitatsion bo'lmagan tebranishlarni hisobga olgan holda kosmik jismlarning oraliq orbitasini hisoblash metodini ishlab chiqish;

global navigatsion yo'ldosh tizimi o'lchovlari yordamida O'rta Osiyo geodinamik tarmog'i nuqtalari uchun deformatsiya siljishlari parametrlarini hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish;

global navigatsion yo'ldosh tizimi asosida WGS-84 tizimida O'zbekiston Respublikasining asosiy daryolari qirg'oq bo'yi zonasidagi gidrologik postlar sath ustunlarining balandligi va koordinatalarini aniqlash metodikasini ishlab chiqish;

nuqtalarning fazoviy koordinatalarini hisoblash uchun sun'iy yo'ldosh ma'lumotlari va Yerdagi elektron-optik o'lchovlardan foydalangan holda tog'-kon inshootlari atrofidagi geodezik tarmoqlar zichligini optimallashtirish usulini ishlab chiqish;

O'zbekiston Respublikasining tog'li va tog' oldi hududlari relyefining 2 va 3 o'lchamli raqamli modelini yaratishda Yerning sun'iy yo'ldoshlari va geoaxborot texnologiyalari orqali o'lchash usullarini tahlil qilish.

Tadqiqotning obykti sifatida O'zbekiston Respublikasi geodezik va geodinamik tarmoq punktlari, gidrometeorologik reperlar, jahon geodeziya tizimining alohida stansiyalari olingan.

Tadqiqotning predmeti O'zbekiston Respublikasining geodezik va geodinamik tarmoq nuqtalarining geografik koordinatalarini siljish qiymatlarini hamda kosmik jismlarni kuzatish, gidrologik stansiyalar reperlarining planli-balandlik o'rnini aniqlash va alohida muhim hududlar xaritalarini yaratish masalalari hisoblanadi.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya tadqiqotida parametrik, kovariatsion, trilateratsiya, matematik statistika, hisoblash matematikasi algoritmlari, shuningdek, Gauss va matematik kartografiyaning loyihalash usullari qoʻllanilgan. Shu bilan bir qatorda, muallif tomonidan ishlab chiqilgan oraliq orbitalar va reduksiyalash usullaridan tadqiqotlarda foydalanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

Yer usti va sunʼiy yoʻldosh oʻlchashlari natijalari boʻyicha amalda qoʻllanilayotgan CK-42 va WGS-84 koordinatalari uchun Gauss-Kryuger kartografik preksiyasi toʻgʻri burchakli koordinatalariga differensial tuzatmalar metodi ishlab chiqilgan;

geosentrik koordinatalar tizimi harakat trayektoriyasidagi tortishish va gravitatsion boʻlmagan tebranishlarni hisobga olgan holda Enke metodi takomillashtirilgan va kosmik jismlarning oraliq orbitasini hisoblash algoritmi ishlab chiqilgan;

Markaziy Osiyo tektonik va Davlat geodezik tarmoqlari uchun global sunʼiy yoʻldosh navigatsiya tizimi (GNSS) yordamida navigatsion oʻlchovlar va Yer mantiyasining yuqori qatlamlarida deformatsion siljishlarni hisoblash metodlari (Molodenskiy, Gelmert) takomillashtirilgan;

Global sunʼiy yoʻldosh navigatsion tizimi yordamida Oʻzbekiston asosiy daryolarining qirgʻoq boʻyi zonasida gidrologik stansiyalarning suv sathi postlari balandliklari va koordinatalarini aniqlash metodi ishlab chiqilgan;

Togʻ-kon obyektlari atrofidagi geodezik zichlash tarmogʻi punktlarining geofazoviy koordinatalarini hisoblash uchun sunʼiy yoʻldosh maʼlumotlari va yer usti elektron-optik oʻlchovlardan foydalangan holda optimallashtirish usuli ishlab chiqilgan;

Geoaxborot texnologiyalari va sunʼiy yoʻldosh navigatsion dala oʻlchash maʼlumotlaridan foydalangan holda togʻli hududlarning aniq fazoviy raqamli relyef modellari ishlab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

CK-42 va WGS-84 koordinata tizimlaridan foydalanish uchun Gauss-Kryuger proeksiyasining geografik va toʻgʻriburchakli koordinatalariga differensial tuzatmalar qiymatlari hisoblab chiqilgan;

geosentrik koordinatalar tizimiga nisbatan yuqori masofada aylanuvchi kosmik jismlarni kuzatish usuli bilan Yerning geopotensial va atmosfera qarshiligining taʼsiri aniqlangan;

kosmik apparatning haqiqiy harakatining differensial tenglamalarida 2 va 3-darajali hosilalari uchun oraliq orbitaning Kepler trayektoriyasidan ogʻish holati baholangan;

karyerlar boshlangʻich bazisi asos nuqtalarining yuqori aniqlikdagi koordinatalarini GNSS oʻlchashlar asosida baholangan;

sunʼiy yoʻldosh navigatsiya maʼlumotlari asosida davlat geodezik tarmoqlari nuqtalari va gidrologik postlarining asosiy reperlari baholangan;

sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan va GATdan foydalanib, O'zbekiston Respublikasining xaritalarini yaratish maqsadida, uning tog'li hududlarining fazoviy raqamli relyef modellari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarning ishonchliligi kosmik jismlarning optik va radiotexnikaviy kuzatuvlari, O'zbekiston Respublikasi hududida joylashgan davlat geodezik va gidrologik tarmoqlari punktlarida dala GNSS o'lchovlaridan foydalanish, Yerni masofadan zondlash yo'ldoshlari ERS1,2, Lageos1 geodezik yo'ldoshlari va raqamli balandlik modellari uchun zamonaviy geoaxborot texnologiyalaridan foydalangan holda dissertatsiya bo'yicha olib borilgan tadqiqot natijalari boshqa mahalliy va xorijiy tadqiqotlarning ilgari e'lon qilingan natijalariga mos keladi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati koordinata tizimlaridan foydalanish samaradorligini va oraliq orbitalarga asoslangan kosmik jismlarning trayektoriyasini aniqlashning yangi usullarini, 2 va 3-darajali hosilalarning yaqinlashishi bo'yicha, differensiallarni integratsiyalashning buzilmagan harakat tenglamalari raqamli usullaridan foydalangan holda ishlab chiqish, shuningdek, O'rta Osiyo geodinamik tarmog'i nuqtalari va O'zbekiston Respublikasining, ayniqsa, muhim obyektlar koordinatalarini aniqlashtirilgani bilan izoqlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati kosmik jismlarning optik va radionavigatsiya kuzatuvlari asosida olingan zamonaviy WGS-84 koordinata tizimidan foydalangan holda O'zbekiston Respublikasi geodeziya va kartografiya ishlari uchun optimal koordinatalar tizimini tanlash, qabul qilish qiyin bo'lgan hududlarda muhandislik inshootlarini loyihalash uchun klassik va sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalangan holda qurilgan raqamli balandlik modellaridan foydalanish masalalarini amalga oshirishda xizmat qilishi bilan belgilanadi.

Tadqiqot natijalarini joriy qilinishi. Kosmik jismlarning optik kuzatuvlari va sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari ma'lumotlari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Yer usti va sun'iy yo'ldosh o'lchashlari natijalari bo'yicha geodezik koordinatalar sistemasini optimallashtirish va ularning almashtirish metodlarining takomillashtirilgan nazariy asoslari "Geodeziya" nomli darslikka singdirilgan (O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2020 yil 30 iyundagi 359-395-son guvohnomasi). Natijada, talabalarda O'zbekiston Respublikasi hududlarining 1:5000 - 1:100000 topografik xaritalarini tuzishda qo'llaniladigan Gauss-Kryuger proeksiyasiga differensial tuzatmalar kiritish kompetensiyasini oshirish imkoniyatini bergan;

geosentrik koordinatalar tizimi harakat trayektoriyasidagi tortishish va gravitatsion bo'lmagan tebranishlarni hisobga olgan holda ishlab chiqilgan kosmik jismlarning oraliq orbitasini hisoblash metodi va algoritmi O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligida geosinxron va geodezik sun'iy yo'ldoshlarning yuqori aniqlikdagi toposentrik koordinatalarini hisoblashda joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligining 2023 yil 07 apreldagi 03-08-118 son

ma'lumotnomasi). Natijada, global umumiy ellipsoidning parametrlarini va fundamental koordinatalar tizimiga kiritilgan tuzatishlar qiymatlarini aniqlashtirish imkonini bergan;

Markaziy Osiyo tektonik va Davlat geodezik tarmoqlari uchun ishlab chiqilgan GNSS qabul qilgichlar yordamida navigatsion o'lchovlar va Yer mantiyasining yuqori qatlamlarida deformatsion siljishlarni hisoblash metodlari O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligida O'zbekiston Respublikasining global geodezik tarmog'ini umumiy tenglashtirishda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligining 2023 yil 07 apreldagi 03-08-118 son ma'lumotnomasi). Natijada, geodinamik punktlarni va alohida muhim obyektlarning koordinatalari qaytadan aniqlash imkoniyatini bergan;

Global navigatsion yo'ldosh tizimi yordamida ishlab chiqilgan O'zbekiston Respublikasi asosiy daryolarining qirg'oq bo'yi zonasida gidrologik stansiyalarni suv sathi postlari balandliklari va koordinatalarini aniqlashtirish metodi O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligida WGS 84 sistemasida gidrologik postlarning to'g'ri burchakli koordinatalarini aniq hisoblashda foydalanilgan (O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligining 2023 yil 07 apreldagi 03-08-118 son ma'lumotnomasi). Natijada, gidrologik postlar koordinatalariga nisbatan suv sathi o'zgarishini aniq o'lchash imkonini bergan;

Tog'-kon inshootlari yon atrofidagi joylarni yuqori aniqlikdagi yer sun'iy yo'ldosh tizimlaridan va elektron raqamli asboblardan foydalanib ishlab chiqilgan geodezik tarmoqlarni zichlashtirishni optimallashtirish metodi O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligida geodezik tarmoq punktlarini fazoviy to'g'ri burchakli koordinatalari hisoblab chiqishda amaliyotga joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligining 2023 yil 07 apreldagi 03-08-118 son ma'lumotnomasi). Natijada, karyerlar atrofida marksheyderlik va yer qazish ishlari uchun foydalanish imkonini bergan;

zamonaviy geoaxborot texnologiyalari va sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalangan holda tog'li hududlarning ishlab chiqilgan aniq fazoviy raqamli relyef modellari O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligida O'zbekiston milliy atlasini uchun respublika va unga chegaradosh hududlarning 2 va 3 o'lchamli raqamli xaritalari yaratishda joriy etilgan (O'zbekiston Respublikasi Iqtisodiyot va moliya vazirligi huzuridagi Kadastr agentligining 2023 yil 07 apreldagi 03-08-118 son ma'lumotnomasi). Natijada, O'zbekiston Milliy atlasining "Relyef" bo'limi mazmunini boyitish, ilmiy va amaliy ahamiyatini oshirish imkoniyatini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Tadqiqot natijalari BMT va EUPOSning 15 ta xalqaro ilmiy konferensiyalarida, 10 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 44 ta ilmiy ish chop etilgan. Jumladan, 1 ta monografiya, 1 ta darslik, 1 ta o'quv

qo‘llanma, O‘zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiyasi komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 12 ta maqola, shulardan 11 tasi respublika va 1 tasi Scopus bazasidagi xorijiy jurnallarda nashr qilingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, oltita bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 200 betni tashkil qiladi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida olib borilgan tadqiqotning dolzarbligi va zarurati asoslangan, dissertatsiya ishining maqsadi va vazifalari, tadqiqotning obyekti va predmeti tavsiflangan, respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi ko‘rsatilgan, olingan natijalarning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo‘yicha ma‘lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Koordinata sistemalarini optimallashtirish”** deb nomlangan birinchi bobida O‘zbekiston Respublikasi topografik-geodezik bo‘limlarida koordinata sistemalaridan foydalanishning nazariy va amaliy masalalari tahlil qilingan. Fundamental astronomik va geodezik punktlar koordinatalarining aniqligi, Yerning haqiqiy qutbining siljishini aniqlash uchun geografik kenglikning o‘zgaruvchanligi tadqiq qilingan. Yulduzlarini o‘lchash katalogi natijalari shuni ko‘rsatdiki, o‘rtacha kenglikni aniqlashning qiymati $\pm 0,15 - 0,30''$ tashkil qiladi. Kenglik o‘zgarishlarini tahlil qilish asosida lahzali qutb o‘qining harakat tezligi qiymati (yiliga 2,5 sm) ekanligi aniqlandi.

Tadqiqotlarda lazer texnologiyalarining joriy etilishi bilan yer o‘qi harakatidagi ayrim qonuniyatlarni o‘rganish imkoniyati paydo bo‘ldi, deb ta’kidlanadi. Lazer o‘lchovlari bo‘yicha qutb o‘rmini aniqlashning qiymati besh kunlik intervalda 0,01-0,03'' ni tashkil etdi. Agar geografik qutb koordinatalarining siljishini aniqlashning barcha usullari natijalari ko‘rib chiqilsa, u holda Yerning aylanish o‘qida o‘zgarish yo‘nalishi ayon bo‘ladi. Shuningdek, bu usullar kuzatuvlarni optimallashtirishga va punktlar koordinatalarining barqarorligiga ta’sir etuvchi mikroplitalar tektonikasida nozik ta’sirlarni aniqlash zarurligi kelib chiqadi. Masalan, Kitob kenglik stansiyasining KIT3 punkti uchun koordinatalardagi o‘zgarishlar O‘zbekiston Milliy universiteti Geodeziya va geoinformatika kafedrasida va SEGAL laboratoriyasi (Portugaliya) o‘rtasidagi xalqaro shartnomaga asosan 1998-2019 yillar oralig‘ida aniqlangan. Bunda asosiy tendensiya uzoqlik bo‘yicha yiliga 28.05 mm tezlikda sodir bo‘ladi va tezlik qiymatining o‘rta kvadrat xatosi ± 0.36 mm/yil ni tashkil etadi.

O‘lchashlar hali ham qo‘llaniladigan va o‘z qiymatini yo‘qotmagan qabul qilingan CK-42 koordinata sistemasida amalga oshirilganligi sababli, qabul qilingan referens-ellipsoidning aniqligi va ishonchliligi haqida savol tug‘iladi.

2018 yildan boshlab O‘zbekistonda WGS-84 koordinatalar sistemasi qonuniy ravishda qabul qilingan bo‘lib, kadastr syomkasida qo‘llaniladi. Tabiiyki, CK-42 dan WGS-84 ga koordinatalarni ko‘chirishda taqribiy usul qo‘llaniladi. Bu, ayniqsa, geografik koordinatalar sistemasi va Krasovskiy referens-ellipsoidiga asoslangan

Gauss-Kryuger proeksiyasining to‘g‘ri burchakli koordinatalar sistemasi topografik xaritalarga tegishlidir. WGS-84 koordinata sistemasidan foydalanish CK-42 topografik xaritalaridagi obyektlar koordinatalarida sezilarli siljishlar bilan birga keladi, chunki ellipsoidlar parametrlarida farq bor. Shuning uchun Gauss-Kryuger proeksiyasida koordinatalarni hisoblash algoritmi ishlab chiqildi, bu yerda ikkita koordinata sistemasi orasidagi chiziqli siljishlarning qiymatlari aniqlandi. Ellipsoidlar parametrlari, kenglik va uzoqlik qiymatlaridan foydalanib, topografik xaritalar uchun to‘g‘riburchakli koordinatalarni hisoblash va ular orasidagi tuzatmani aniqlash mumkin (1-jadval).

$$\left. \begin{aligned} x &= X + a_2 l^2 + a_4 l^4 + a_6 l^6 \dots + \Delta x \\ y &= b_1 l + b_3 l^3 + b_5 l^5 \dots + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

1-jadval

WGS-84 va CK-42 koordinatalar sistemalarida koordinatalar farqi

№	Mashtab	$\Delta X_{\text{WGS84-CK42(mm)}}$	$\Delta Y_{\text{WGS84-CK42(mm)}}$
1	1:5 000	1.80	12.8
2	1:10 000	0.90	6.40
3	1:25 000	0.30	2.56
4	1:50 000	0.18	1.28
5	1:100 000	0.09	0.64

Izoh: Koordinatalar muallif tomonidan hisoblangan.

1-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, xarita masshtabi qanchalik yirik bo‘lsa, ikkala sistema o‘rtasidagi farq shunchalik katta bo‘ladi. Agar Gauss-Kryuger koordinata to‘rini global ellipsoid parametrlari bilan xaritaga qo‘yilsa, u holda u topografik xarita masshtabiga qarab koordinata to‘ridan ma‘lum masofaga siljiydi. Ikkita koordinatalar sistemasi orasidagi Eyler burilish burchaklarini hisobga olgan holda, kartografik to‘r siljiydi va buriladi, unga tuzatma tayanch geodezik punktlari va GNYT ma‘lumotlarini tenglash orqali aniqlanadi.

DGT va sun‘iy yo‘ldosh geodezik tarmog‘ining alohida punktlarining hisoblangan koordinatalari natijalari bo‘yicha uzoqlik va kenglik uchun farqlar olingan. Bunda topografik xaritalarning koordinata to‘rining deformatsiyasiga olib keladigan vaqt oralig‘ini hisobga olish kerak. Koordinatalar sistemasiga tuzatmalarni klassik va zamonaviy o‘lchash usullarini qayta ishlash asosida aniq topish mumkin. Biroq, kichik hududlar uchun konform yoki ortogonal usul eng maqbul hisoblanadi, chunki geodezik tarmoq koordinatalari orttirmasining past aniqlikdagi qiymatlari bilan aniqroq sun‘iy yo‘ldosh aniqlashi muvofiqlashtiriladi va bu holat hisoblashlarning aniqligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi.

Tadqiqot doirasida punktlar koordinatalarini hisoblash asosida koordinatalar sistemasini optimallashtirishning nazariy asoslari ishlab chiqildi va kartografik proeksiyani o‘zgartirish orqali topografik xaritalarning to‘g‘riburchakli koordinatalarining og‘ishlarini minimallashtirish usullari taklif qilindi.

“Sun’iy yo’ldosh kuzatuvlarining usullarini tahlil qilish” deb nomlangan ikkinchi bobda, asosiy e’tibor lazerli kuzatishlar va ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladigan sun’iy yo’ldosh navigatsiyasi joylashuvini aniqlashga qaratilgan. Optimal qayd etish usullari ishlab chiqildi, bu yer sun’iy yo’ldoshning ekvatorial va azimutal koordinatalarini hisoblash aniqligini oshirish imkonini berdi.

Burchak o‘lchashlaridan orbitaning $\Omega_0, \omega_0, a_0, e_0, i_0, \tau_0$ boshlang‘ich elementlarini aniqlash algoritmi tuzilgan. Sun’iy yo’ldoshlarni geosinxron kuzatish uchun yulduz iziga nisbatan sun’iy yo’ldoshlarni qayd etish metodikasi ishlab chiqildi. Sun’iy yo’ldosh koordinatalarini reduksiyalash Tyorner formulasi bo‘yicha amalga oshirildi. 2-jadvalda 9 ta DZT hisoblash natijalari ko‘rsatilgan.

2-jadval

Geosinxron sun’iy yo’ldoshlarning toposentrik koordinatalari

№	Sana	Kuzatish payti	α_{1950}	δ_{1950}
772	2.10.1989	18 ^h 30 ^m 00 ^s	21 ^h 13 ^m 21. ^s 91	- 6 ^o 23' 29.3"
772	2.10.1989	19 30 00	21 13 23.99	- 6 26 56.9
772	3.10.1989	20 00 00	22 47 37.48	- 6 27 34.6
638	3.10.1989	20 15 00	22 31 15.42	- 6 48 36.0
772	4.10.1989	20 25 00	23 16 21.67	- 6 29 27.5
772	5.10.1989	18 40 00	21 29 24.00	- 7 43 06.0
772	11.05.1990	20 00 00	12 54 07.59	- 7 20 49.9
769	19.05.1990	20 55 00	16 35 00.00	- 6 05 00.0
772	10.07.1990	20 55 00	17 49 56.70	- 6 50 35.8

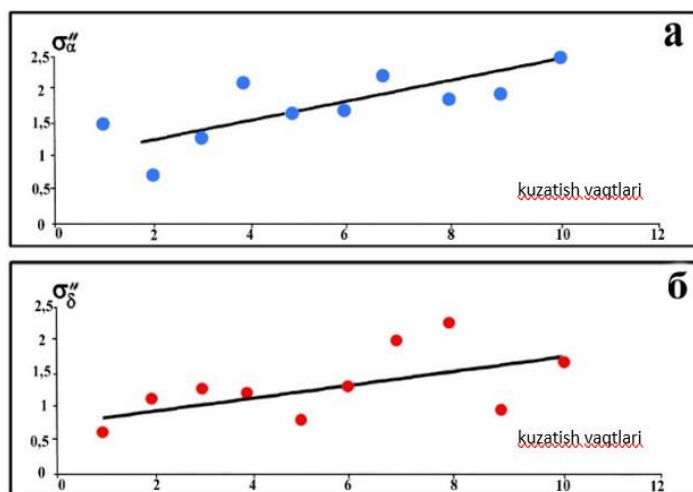
Izoh: Koordinatalar muallif tomonidan hisoblangan.

Parallel ravishda “Maydanak” baland tog‘ o‘lchash majmuasida televizion tizim yordamida geosinxron sun’iy yo’ldoshlarning kuzatuvlari o‘tkazildi. Sun’iy yo’ldoshlarning toposentrik ekvatorial koordinatalari ham tanlangan tayanch yulduzlarga nisbatan Shlezinger usuli bo‘yicha hisoblab chiqildi:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= F \frac{\cos \delta \cdot \sin(\alpha - A)}{\sin \delta \cdot \sin D + \cos \delta \cdot \cos D \cos(\alpha - A)} \\ \eta &= F \frac{\sin \delta \cdot \sin D - \cos \delta \cdot \sin D \cdot \cos(\alpha - A)}{\sin \delta \cdot \sin D + \cos \delta \cdot \sin D \cdot \cos(\alpha - A)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

bu yerda α va δ - tayanch yulduzning koordinatalari, A va D - optik markazning taqribiy koordinatalari, ξ va η - sun’iy yo’ldoshning to‘g‘riburchakli koordinatalari.

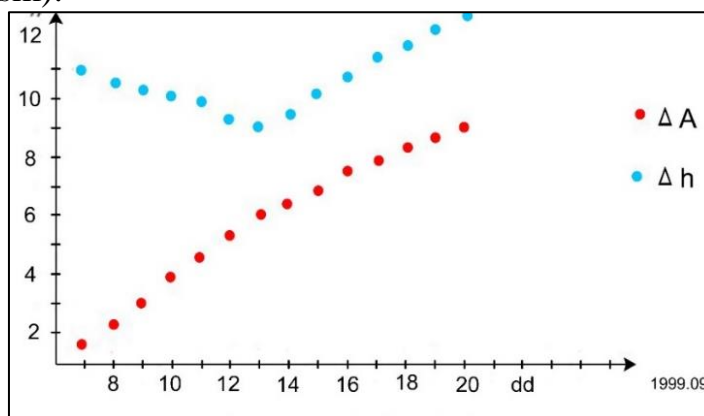
Geosinxron sun’iy yo’ldoshning o‘rta kvadratik xatosi talabga mos holda $\pm 2,0''$ olindi, bu televizion tizimlar uchun qoniqarli aniqlikni ko‘rsatadi. O‘lchashlarning afzalligi – mashina tashuvchisidagi yulduzlar katalogidan foydalanib operativ o‘lchashdir. 1-rasmda geosinxron sun’iy yo’ldosh 22880 ning ekvatorial koordinatalar sistemasidagi kuzatuv aniqligi keltirilgan, unndan ko‘rinib turibdiki, sun’iy yo’ldosh koordinatalarining to‘g‘ri ko‘tarilishi va og‘ishidagi aniqlik deyarli bir xil.



1-rasm. Vaqt o'tishi bilan MZT kuzatuvlari aniqligining o'zgarishi

Hozirgi vaqtda lazerli kuzatishlar optik usullar orasida eng anig'i hisoblanadi, chunki yo'ldoshlarda masofani tezroq aniqlashga yordam beradigan lazer qaytargichlar o'rnatilgan. Masalan, 426 qaytargichdan iborat "Lageos 1" geodezik sun'iy yo'ldoshi Yer yuzasidan taxminan 6000 km balandlikdagi aylana orbitaga chiqarildi va Kitob xalqaro kenglik stansiyasi va Maydanak o'lchash majmuasi hududida muntazam kuzatildi.

Kuzatishlar natijalariga ko'ra, ishlab chiqilgan dastur bo'yicha olingan toposentrik koordinatalar va integrallashning sonli usuli bilan hisoblangan efemerid qiymatlari taqqoslandi. Lageos1 sun'iy yo'ldoshi uchun azimut A va balandlik h bo'yicha efemerid ma'lumotlaridan koordinatalarga kuzatilgan qiymatlarning og'ishi olingan (2-rasm).



2-rasm. Lageos-1 uchun azimut va balandlik bo'yicha farqlar

Radiotexnika o'lchash usullarining rivojlanishi munosabati bilan barcha navigatsiya tizimlaridan signallarni qabul qiluvchi universal sun'iy yo'ldosh geodezik qabul qilgichlar ishlab chiqildi. Ba'zi sun'iy yo'ldoshlarda o'lchashning sistematik xatolarni bartaraf etish va dispersiya tahlili uchun optik qaytargichlar o'rnatilgan.

1980-90 yillarda bir qancha universal va mobil global sun'iy yo'ldosh navigatsiya tizimlari GPS, GLONASS, BEIDOU, GALLILEO, QZSS paydo bo'ldi, ular aniq vaqt rejimida koordinatalarni turli xil ko'chirish tizimlaridan foydalanib, sezilarli masofaga uzatish imkonini beradi.

Tadqiqotning uchinchi bobi optik o'lchashlar natijalari bo'yicha kosmik jismlar «**Orbitasining elementlari aniqligini tadqiq qilish**»ga bag'ishlangan. Sun'iy yo'ldoshlarning orbitalarini aniqlash uchun differensial tenglamalarni integrallashning raqamli usullari qo'llaniladi, ular uzoq vaqt oralig'ida tananing harakat trayektoriyasini hisoblash imkonini beradi. Kosmik jism orbitasining tortish markazi parametrining o'zgartirishi orqali aniqlash va aniqlik kiritishning yangi usuli taqdim etildi, buning natijasida nafaqat ikkinchi, balki uchinchi tartibli hosilalar harakat trayektoriyasiga tegishli bo'ladi.

Haqiqiy orbitani quyidagi ifoda bilan ifodalash mumkin

$$\bar{r} = \dot{r}_0 t + \ddot{r}_0 \left(\frac{t^2}{2}\right) + \dddot{r}_0 \left(\frac{t^3}{6}\right) + \dots, \quad (3)$$

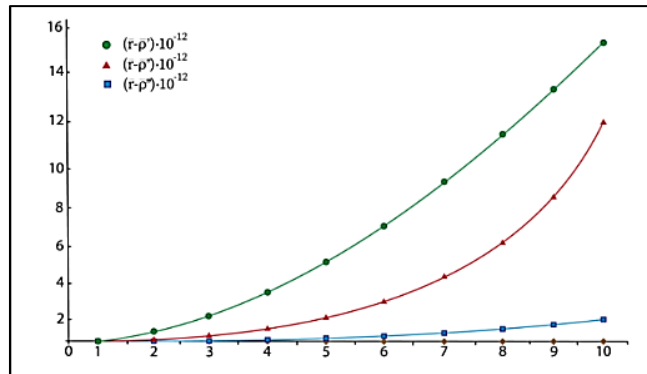
u holda tebranuvchi orbitaning ifodasini quyidagicha yozish mumkin

$$\bar{\rho} = \dot{\rho}_0 t + \ddot{\rho}_0 \left(\frac{t^2}{2}\right) + \dddot{\rho}_0 \left(\frac{t^3}{6}\right) + \dots. \quad (4)$$

Qo'zg'algan va oraliq orbitalar o'rtasidagi hosilalarning qiymatidagi farqni quyidagicha ifodalash mumkin.

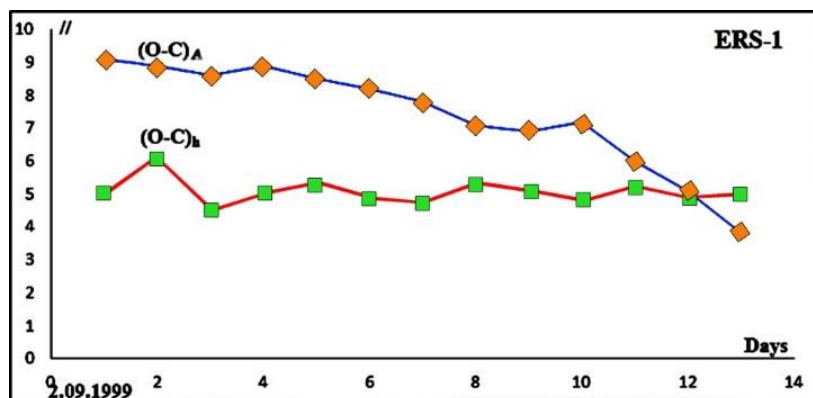
$$(\ddot{\rho}_0 - \ddot{r}_0)^2 = \left\{ \left[\dot{r}_0 - 3 \frac{\ddot{r}_0}{|\dot{r}_0|} \left(\frac{\ddot{r}_0}{|\dot{r}_0|} \cdot \dot{r}_0 \right) \right] \left(-\frac{|\dot{r}_0|}{\rho_0} \right) - \ddot{r}_0 \right\}^2. \quad (5)$$

Differensial tenglamaning hosilalari darajasining oshishi bilan oraliq orbita qo'zg'aluvchi trayektoriyaga yaqinlashishi o'rganildi, bu esa soxta massadan foydalanib ishlab chiqilgan dasturning to'g'riligini ko'rsatadi (3-rasm).



3-rasm. Oraliq orbitalarning qo'zg'alganidan chetlanishlari

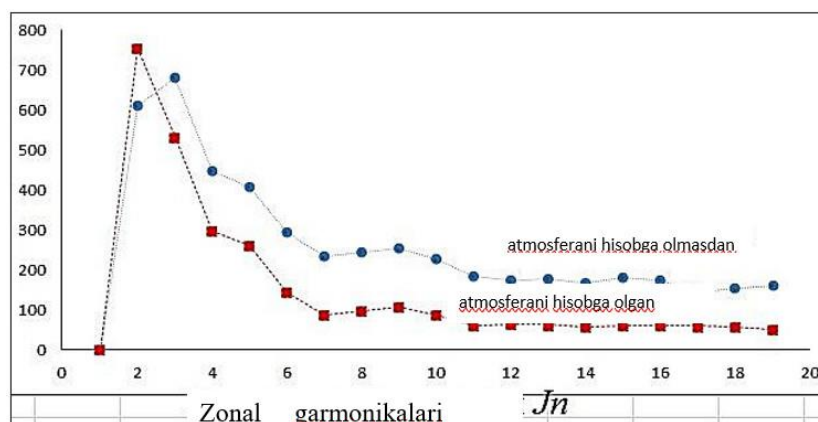
O'zbekistondagi 25 ta jahon stansiyasi va 2 ta rasadxonadan olingan kuzatishlarning to'g'riligini baholash uchun kosmik jismlarning 198 ta kuzatuvidan foydalanilgan. Tayanch orbita sifatida markaziy tananing soxta massasi asosida olingan oraliq orbita ishlatilgan. Hisoblash natijalari shuni ko'rsatdiki, 2 ta yer usti observatoriyasi (Kitob va Toshkent) yordamida koordinatalar va tezlik komponentlarini aniqlashtirish aniqligi 0,709" ni, 25 ta observatoriya uchun esa 0,877" ni tashkil etdi, bu kuzatishlarning ishonchliligi va optimalligini ko'rsatadi. Misol sifatida ERS1 sun'iy yo'ldoshidan foydalanib, kuzatilgan koordinatalar azimut va balandlik bo'yicha hisoblangan qiymatlar (O-C) bilan taqqoslandi (4-rasm).



4-rasm. ERS-1 sun'iy yo'ldoshining azimut va balandlik bo'yicha farqlarining qiymatlari

Kuzatilgan va hisoblangan koordinatalar farqining tahlili shuni ko'rsatadiki, $(O-C)_\alpha$ ni $(O-C)_\delta$ bilan solishtirganda ma'lum bir tendensiyaga ega. O'zgarish sababi sun'iy yo'ldoshning o'z harakati va azimutal oynali teleskop (AZT-24) alidadasining aylanish o'qlariga kichik tuzatmalar ta'siri, ya'ni doimiy sistematik tuzatma mavjud bo'lib, u meteorologik usul bilan aniqlanishi kerak. Odatda bunday o'zgarish bir nechta kuzatuv stansiyalaridan olingan ma'lumotlardan foydalanganda, tartibga solish usuli yoki normal nuqta interpolyatsiyasidan foydalanganda oson aniqlanadi. Bunday holda, qo'zg'almagan harakatning differensial tenglamalarini integrallashning raqamli usuli optimal hisoblanadi. Ushbu sun'iy yo'ldosh uchun toposentrik masofalarni hisoblash bo'yicha algoritmik dastur ishlab chiqilgan bo'lib, u J_{19} gacha bo'lgan zonal garmonikalarning qiymatlarini va atmosfera qarshiligini hisobga oladi (5-rasm). ERS1 qo'zg'algan harakatning differensial tenglamasini raqamli integrallash Kitobda o'tkazilgan 2 haftalik kuzatishlar asosida amalga oshirildi.

Algoritmik dastur Yer yuzasidan 1000 km balandlikda joylashgan sun'iy yo'ldoshlar uchun aniqroq va to'g'riroq hisoblanadi. Bu shuni anglatadiki, zonal garmonika darajasi qanchalik yuqori bo'lsa, sun'iy yo'ldoshgacha bo'lgan masofa shunchalik aniq topiladi, ya'ni kosmik jism uzoqlashgan sari geopotensialning ta'siri kamayadi, atmosferaning ta'siri esa Yer yuzasidan ma'lum balandlikkacha seziladi.



5-rasm. Zonal garmonika va atmosferaning sun'iy yo'ldosh trayektoriyasiga ta'siri

Kuzatishlar asosida nafaqat punktlarning orbitalari va koordinatalarini aniqlash, balki yulduzlar kataloglarining nol punktlarini ham aniqlashtirish mumkin. Koordinatalarning kuzatilgan va efemerid qiymatlari o‘rtasidagi farq kuzatuvlar o‘tkazilgan koordinatalar sistemasidagi xatolar va efemeridni hisoblashda foydalanilgan obyekt va Yer elementlarini noaniqliklari natijasida talqin etiladi. Kuzatilgan va efemerid qiymatlar o‘rtasidagi farq kosmik jism va Yer orbitasining elementlari orqali tenglamalar bilan ifodalanishi mumkin:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_H - \alpha_e &= \Delta\alpha_0 + \sum_{i=1}^6 \frac{\partial\alpha}{\partial E_i} \Delta E_i + \sum_{i=1}^5 \frac{\partial\alpha}{\partial E'_i} \Delta E'_i, \\ \delta_H - \delta_e &= \Delta\delta_0 + \sum_{i=1}^6 \frac{\partial\delta}{\partial E_i} \Delta E_i + \sum_{i=1}^5 \frac{\partial\delta}{\partial E'_i} \Delta E'_i, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Dissertatsiyaning to‘rtinchi bobi «**Geodezik tarmoqning aniqligini oshirish**»ga bag‘ishlangan. Zamonaviy raqamli texnologiyalardan foydalanish punktlar koordinatalarining aniqligini oshirishga olib keldi va milliy referens koordinata sistemasini (MRKS) loyihalashni boshlash imkonini berdi. MRKSni yaratish topografik-geodezik va injenerlik-qidiruv ishlarida muhim rol o‘ynaydi. Bu, ayniqsa, qirg‘oq bo‘yi zonalarini bo‘ylab va aholi zich joylashgan hududlarda qurilayotgan yirik obyektlar va inshootlar uchun raqamli relyef modellarini ishlab chiqishda juda muhimdir. Bular respublikaning milliy fazoviy ma‘lumotlar infratuzilmasining ajralmas qismi bo‘lib, fundamental astronomik-geodezik tarmog‘iga (FAGT) tayanish va lazer va radiotexnika o‘lchashlari natijalaridan foydalanishni talab etadi. FAGTning asosiy punktlari bo‘lib, sun‘iy yo‘ldosh lazerli lokatsiya stansiyalari, Yerning aylanish xizmati punktlari va boshqa sun‘iy yo‘ldosh kuzatuv punktlarini tashkil etadi. O‘rta Osiyo geodinamik tarmog‘ining ALMA, CIRC, ANGR punktlarida bajarilgan o‘lchash va hisoblashlar asosida DGT punktlari koordinatalarining aniqligini oshirish uchun ushbu punktlardan foydalanish tavsiya etiladi (3-jadval).

3-jadval

O‘zMU va GFZ (Germaniya) ma‘lumotlari bo‘yicha CATS punktlari koordinatalari

Punkt-lar	B _{wgs84} (GFZ) 0 / //	L _{wgs84} (GFZ) 0 / //	N _{wgs84} m	B _{ck42} (NUU) 0 / //	L _{ck42} (NUU) 0 / //
ALMA	40 49 42.9	69 43 49.0	737.9	40 49 42.765	69 43 52.043
CIRC	41 34 20.8	69 39 39.0	771.2	41 34 20.604	69 39 42.084
ANGR	41 06 07.7	70 04 53.7	1307.3	41 06 07.532	70 04 56.726
DENA	38 14 06.7	67 52 48.8	477.5	38 14 06.829	67 52 51.879

Izoh: Koordinatalar muallif tomonidan hisoblangan.

Tayanch geodezik tarmoqni yaratishda sun‘iy yo‘ldosh texnologiyalaridan foydalanish geodezik tarmoq punktlarining yuqori aniqlikdagi koordinatalarini aniqlash va ularni tenglashda muhim bosqich hisoblanadi. Biroq tog‘-kon obyektlari

yaqinida tayanch geodezik tarmoqlarni yaratishning ilmiy asoslangan uslubi to'liq ishlab chiqilmagan.

Mavjud klassik tenglash usullari sun'iy yo'ldosh geodezik tarmoqlarni tenglashdan tenglashning tarkibi va usuli, albatta, punktlar koordinatalarining aniqligi bilan farq qiladi. Ayniqsa, muhim obyektlar yaqinida elektron-optik va radiotexnika usullarini birgalikda qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi.

Bunday o'lchash usuli "Muruntov" tog'-kon obyektida, keyinroq "Kalmakir" karyerida amalga oshirilgan. Ushbu obyektlar yaqinida DGT va Markaziy Osiyo geodinamik tarmog'i (CATS) punktlari joylashgan. DGT punktlarini rekognosirovkasida piramidalarning yuqori qismlari deformatsiyaga uchraganligi va ba'zi inshootlarning o'zi ham topilmaganligi ma'lum bo'ldi. Ularning ko'pchiligida metall quvurlar ko'rinishidagi grunt markazlari mavjud, ular GNSS o'lchashlari uchun ishlatilishi mumkin. Ushbu punktlarda o'lchash ishlari o'tkazildi va aniq koordinatalar hisoblandi, bu esa marksheyderlik ishlarida punktlarning koordinatalarini aniqlashtirishda foydalanilishi mumkin. CATS geodinamik tarmog'ining "ALMA" punkti uchun Trimble R4 GNSS qabul qilgichi yordamida GNSS o'lchashlari amalga oshirilgan va Gauss-Kryuger proeksiyasida koordinatalar hisoblangan.

Gidrologik stansiyalar va DGTning oriyentirlash punktlari bo'yicha ham tadqiqotlar olib borildi. Ma'lumki, O'zbekiston Respublikasi hududida DGT o'rnatilgandan buyon, asosiy e'tibor tarmoqni zichlashtirish va regionni xaritalashtirishga qaratildi, biroq barcha regionlar geodezik va yer usti sun'iy yo'ldosh tarmog'i bilan yetarli darajada qamrab olinmagan, masalan, GNSS punktlari Amudaryo va Sirdaryo qirg'oqlarida o'rnatilmagan.

Gidrologik postlarda nafaqat GNSS kuzatishlari, balki nivelirlash ishlari ham amalga oshirildi. GNSS o'lchashlari natijalari va mobil navigatorining ma'lumotlari asosida Gauss-Kryuger proeksiyasida (4-jadval), shuningdek WGS-84 sistemasida ikkita stansiya reperlarining to'g'riburchakli koordinatalari hisoblandi.

4-jadval

Gidrologik postlar koordinatalari

Sana	punktlar	X (m)	Y(m)	H _{wgs84(m)}	post
07.12.19	Osn.rep.	4531887.796	473210.031	213.16	Chinaz
3.10.22	Samanbay	4709192.354	707166.112	47.08	Nukus
3.10.22	Kizketen	4796075.870	715363.777	52.10	Nukus
3.10.22	Niyatbay	4693830.324	719605.309	49.427	Nukus
23.02.21	Tuyamuan	4615397.070	300915.210	64.76	Urgench
21.11.19	Osn.rep.	4530602.470	705955.260	334.20	Djum

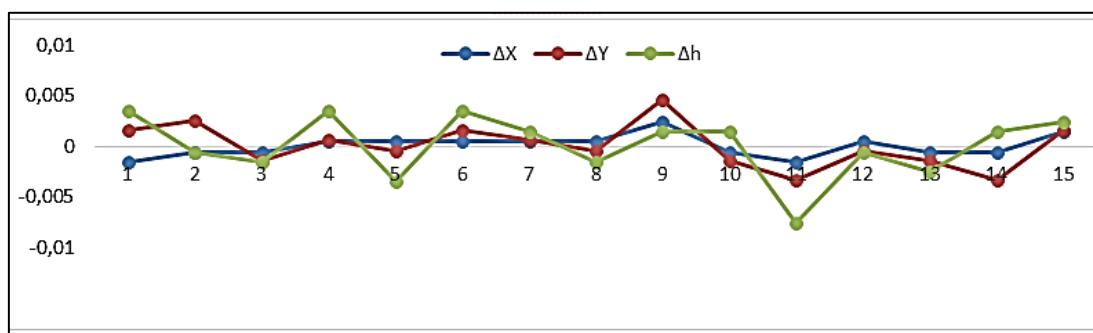
Izoh: Koordinatalar muallif tomonidan hisoblangan

Barcha tashkil qiluvchilar uchun o'lchangan koordinatalarning o'rtacha qiymatlari deyarli bir xil tendensiyaga ega, bu qisqa vaqt oralig'ida teng aniqlikda bajarilgan o'lchashlarni ko'rsatadi. Ushbu o'lchashlarning geometrik qiymati PDOP 0,8-1,9 oralig'ida o'zgarib turadi. Bu nafaqat osmondagi sun'iy yo'ldoshlarning

konfiguratsiyasiga, balki toposentrik koordinatalarning E , N , U tashkil etuvchilari bo'yicha aniqligiga va og'irlik birligining o'rta kvadratik xatosi σ_0 ga ham bog'liq:

$$PDOP = \frac{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2 + \sigma_U^2}}{\sigma_0} \quad (7)$$

Nukus shahridagi gidrologik postlardan birida o'tkazilgan GNSS o'lchashlari natijalari, to'g'ri burchakli koordinatalar va asosiy reper balandliklarining dispersiyasi geodezik o'lchashlar uchun talab qilinadigan aniqlik doirasida ekanligini ko'rsatdi (6-rasm). Texnologiya to'siqlarning yo'qligi aniqlik talabga mos holda $\pm 5-6$ mm bo'lishiga olib keldi. Punktlar koordinatalarining aniqligini batafsil o'rganish uchun o'lchashlar turli iqlim sharoitlarida va turli GNSS qabul qilgichlar bilan amalga oshirilishi kerak.



6-rasm. "Samanbay" gidropostni koordinatalarining o'zgarishi

Yangi geoaxborot texnologiyalariga o'tish munosabati bilan Markaziy Osiyoning ayrim respublikalari almashtirish burchak parametrlarini, ya'ni matematik jihatdan taxminiy bo'lgan Eyler yoki Kardano burchaklarini hisobga olmagan holda, zamonaviy WGS-84 koordinata tizimiga o'tdilar. Shu sababli O'rta Osiyo respublikalarining mavjud GNSS tarmog'i bir tizim bilan o'zaro bog'lanmagan, bu esa umumiy obyektlar va inshootlarni loyihalashda ma'lum qiyinchiliklarga olib keladi. Afsuski, regionda doimiy ishlaydigan GPS stansiyalari kam va ular ITRF xalqaro geodezik koordinatalar sistemasiga reduksiyalanmagan. Ushbu muammoni hal qilishning eng maqsadga muvofiq va samarali usuli - bu xalqaro GPS stansiyalari (IGS) va CATS tarmog'i punktlaridan foydalanishdir.

O'zbekiston, Tojikiston, Qirg'iziston va Qozog'istonda ushbu punktlarning optimal konfiguratsiyasi, barcha sun'iy yo'ldosh navigatsiya o'lchashlari uchun metrologik poligoniga aylanishi mumkin bo'lgan Markaziy Osiyoning GNSS poligonini loyihalash bo'yicha xalqaro dasturni ishlab chiqishga asos bo'ladi.

Ma'lumki, O'zbekiston hududining bir qismi seysmik faol zonada joylashgan va yer usti o'lchashlari natijalari punktlar koordinatalarining aniqligiga ta'sir etuvchi ma'lum o'zgarishlarga duchor bo'ladi. Dissertatsiyaning beshinchi bobi ushbu «**Geodinamik siljishlarni tahlil qilish**»ga bag'ishlangan».

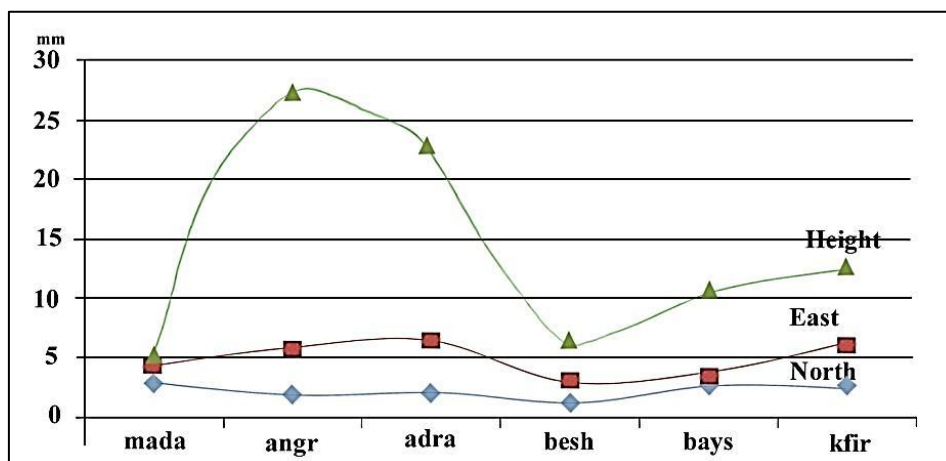
Geodinamika o'lchashlari A.P.Rayzman va uning hamkasblari tomonidan O'zbekistonning eng faol seysmik zonalarida o'tkazilgan, bunda geodezik o'lchashlarning bir necha sikllari amalga oshirilgan. Bunday tadqiqotlar TGDPda 1966-2005 yillarda Yer geodezika dastur boshqarmasi Aerogeodeziya korxonasi

hamda Seysmologiya instituti tomonidan chiziq-burchak o'lchashlari olib borilgan, tepalik cho'qqilarida davlat geodezik va poligonometriya punktlari o'rnatilgan.

Aniqroq sun'iy yo'ldosh o'lchashlari Yer tadqiqotlari markazi (GFZ, Potsdam, Germaniya) tomonidan xalqaro CATS dasturi doirasida amalga oshirildi. 1992 yildan 1998 yilgacha bo'lgan bir necha o'lchash sikllari natijalariga ko'ra, mikroplitaning siljish tezligi hisoblab chiqildi, bu taxminan yiliga 2,3 sm bo'lib chiqdi. CATS punktlari o'rnatilganidan beri 40 yildan ortiq vaqt o'tganligi sababli, ushbu punktlarning saqlanganligi va barqarorligi bilan bog'liq muammo yuzaga keladi.

Hisoblashlarning tahlili shuni ko'rsatdiki, barcha punktlarning koordinatalari vaqt o'tishi bilan o'zgarib borgan. Bu, ayniqsa, tog'-kon obyektlari yaqinida yoki grunt suvlari yaqin joylashgan punktlarga to'g'ri keladi, masalan, Angr va Adra punktlari qolgan punktlarga qaraganda sezilarli siljishlarga ega ekanligi aniqlandi.

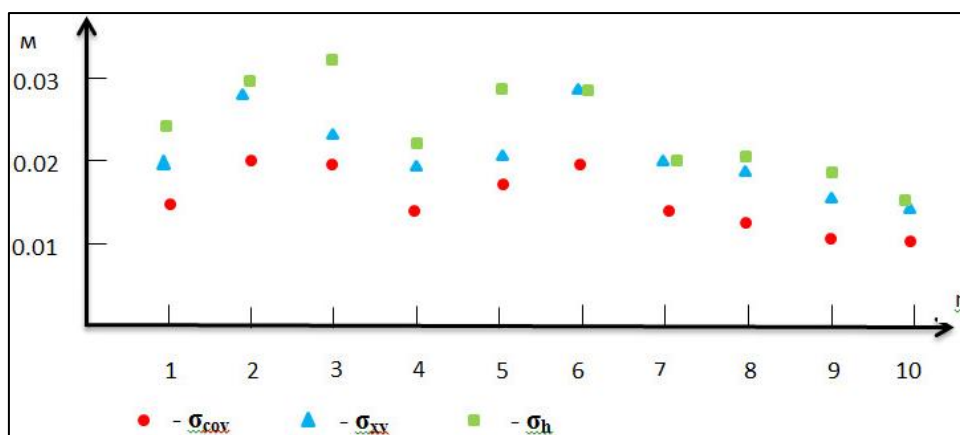
2019-2022 yy. dala GNYT o'lchashlari Toshkent viloyatining eng tektonik zonalarida joylashgan CATS №4 ALMA, №5 CIRC, №9 ANGR geodinamik tarmog'ining punktlarida amalga oshirildi. Hisoblash xatolari ruxsat etilgan chegaralar doirasida va geodinamik poligonlar punktlarida geodezik o'lchashlar talablariga javob beradi. Tashkil etuvchilar vektorlari xatosining qiymati 1σ ishonch oralig'i bilan eng kichik kvadratlar usuli yordamida amalga oshirilgan: planli koordinatalar uchun $\pm 1,7$ mm, vertikal tashkil etuvchi uchun $\pm 5,7$ mm. Geodezik tarmoqning punktlari uchun o'rta kvadratik xato: planda $\pm 7,0$ mm, balandlik bo'yicha $\pm 20,3$ mm. CATS loyihasi punktlarining keltirilgan koordinatalari uchun WGS-84 ellipsoidiga nisbatan geoid og'ishi hisoblab chiqilgan. Gelmert usuli bilan olingan tarmoqning ichki aniqligi x, y koordinatalari bo'yicha 1-3 mm va balandlik bo'yicha 5 mm ni tashkil qildi (7-rasm).



7- rasm. Gelmert usuli bilan olingan tarmoqning ichki aniqligi

GNYT o'lchashlari natijalarini matematik qayta ishlash amalga oshirildi, bu yerda punktning koordinatalari va o'rta kvadratik xatosi hisoblandi, masalan, "Kalmakir" karyeri yaqinidagi №5 ALMA geodinamik punkti uchun olingan koordinatalarning aniqligi hisoblangan. O'lchash natijalarini qayta ishlash uchun standart TBS dasturidan foydalanildi, uning yordamida berilgan koordinatalar sistemasidagi kuzatish punktlarining koordinatalari, aniqlik mezonlari, kovariatsiya

matritsasi elementlari, shuningdek, har bir seans uchun signal fluktuatsiyalarining grafiklari olindi (8-rasm). Kuzatuv punktlarining olingan koordinatalari asosida dispersiya tahlilidan foydalanib aniqlikni tashqi baholash amalga oshirildi.



8-rasm. Kuzatishlarga bog‘liq holda aniqlik taqsimoti

Ma’lumki, geodezik tarmoqni tenglashning keng tarqalgan usullaridan biri o‘lchashlarning aniqligi haqida ma’lumot beruvchi stoxastik modeldir. Agar modelda noto‘g‘ri ma’lumotlar mavjud bo‘lsa, unda tenglash natijalari va bu haqidagi xulosa ishonchsiz bo‘lib chiqishi mumkin. Stoxastik model baza chiziqlarini yechish orqali olingan kovariatsion matritsani ifodalaydi:

$$\vec{K}_{XYZ} = \begin{bmatrix} \sigma_X^2 & \sigma_{XY} & \sigma_{XZ} \\ \sigma_{YX} & \sigma_Y^2 & \sigma_{YZ} \\ \sigma_{ZX} & \sigma_{ZY} & \sigma_Z^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

bu yerda diagonal hadlar baza chiziqlari koordinata orttirmalarining dispersiyasi, diagonal bo‘lmagan hadlar ularning kovariatsiyasi.

Bunda nuqtalarning mutlaq o‘rinlarini emas, balki ularning nisbiy o‘rinlarining aniqligini baholash muhimdir. 8-rasmdan ko‘rinib turibdiki, punkt koordinatalarining aniqligi ruxsat etilgan chegaralarda, GNSS qabul qilgichlar yordamida amalga oshiriladigan topografik-geodezik o‘lchashlar asosiy talablarga javob beradi.

Tovoksoy poligonida bajarilgan geodezik o‘lchashlar DGT punktlarining WGS-84 va MSL sathiy yuzaga nisbatan koordinatalarini qayta aniqlash va oshirish imkonini berdi. Gorizont tekislikdagi koordinatalarning o‘zgarishini aniqlash uchun poligondagi punktlar orasidagi masofalarni o‘lchash ham bajarildi. Mahalliy geodinamik poligon uchun boshlang‘ich bazis sifatida geodezik tarmoqning tomonlaridan birini foydalanish nazarda tutiladi. Shu munosabat bilan, Trimble M3 DR5 elektron taximetri va GNSS qabul qilgichi yordamida qiya masofa o‘lchashlari amalga oshirilgan. Bazis uzunligini o‘lchashning aniqligini baholash shuni ko‘rsatdiki, bu ikki usul bo‘yicha o‘rta kvadratik xato bir-biriga mos keladi.

Dissertatsiyaning oltinchi bobi **“Relyefning raqamli modellarini suniy yo‘ldosh o‘lchashlari asosida ishlab chiqish”** deb nomlanib, xaritalar va fazoviy relyef modellarini yaratish uchun Yerni masofadan zondlashda maxsus sun‘iy

yo‘ldoshlardan foydalanishni o‘z ichiga oladi. Bu, ayniqsa, O‘zbekiston Respublikasi hududining chegaralar, yo‘llar va boshqa hayotiy muhim obyektlari o‘tadigan tog‘li hududlariga taalluqlidir. Markaziy Osiyoning butun hududi CK-42 sistemasidagi turli masshtabdagi topografik xaritalar bilan qoplangan. WGS-84 sistemasida raqamli xaritalarning yo‘qligi obyektlarni qabul qilingan koordinatalar sistemasiga bog‘lashda ma‘lum qiyinchiliklarga olib keladi. Raqamli relyef modelini yaratish uchun ma‘lumotni turli manbalardan olish mumkin, ammo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, SRTM) missiyasi ma‘lumotlari eng tezkor hisoblanadi. Ushbu loyihaning maqsadlaridan biri yer yuzasini radar skanerlash bo‘lib, buning natijasida 90 m ruxsat etish imkoniyatidagi quruqlik relyefi xaritasi yaratildi. Skanerlash natijalari nafaqat 2D, balki 3D formatida ham 1:200 000 va undan maydaroq masshtabdagi hududlarni xaritalashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Tasvirni vizuallashtirish uchun dengiz sathidan balandlikni hisobga olgan holda butun yer sharining uch o‘lchamli modeli qo‘llaniladi.

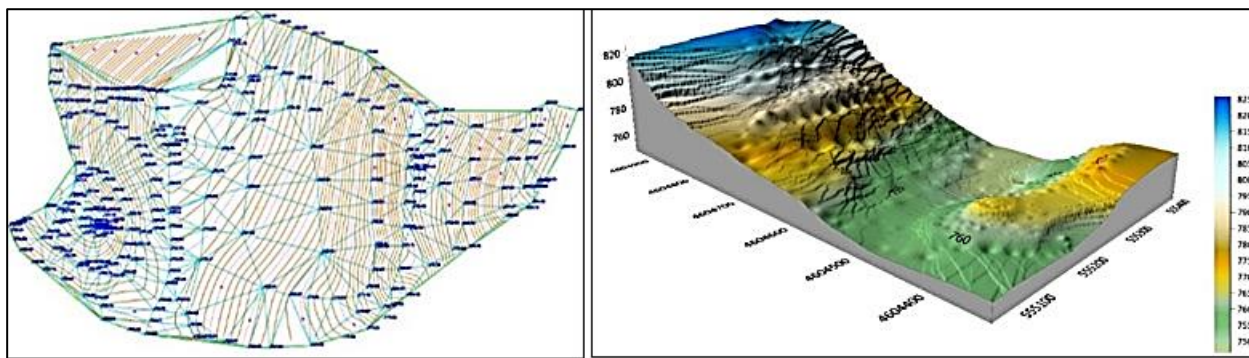
“Maydanak” o‘lchash majmuasida TOPEX/POSEIDON sun‘iy yo‘ldoshining koordinatali va nokoordinatali o‘lchovlari tog‘li massivlar sirtining relyefini va qor qoplaminin dinamikasini o‘rganish, shuningdek, shimoliy hududlarning multispektral tasvirlarini olish maqsadida amalga oshirilgan. Kitob kenglik stansiyasi hududida Myunxen Yer tadqiqotlari markazi mutaxassislari “Sirius” tadqiqot laboratoriyasi bilan birgalikda qabul qiluvchi va uzatuvchi antenna SAR (Synthetic Aperture Radar) dan foydalangan holda masofadan zondlash loyihasini ishlab chiqdi. Masofadan zondlash ERS1 yo‘ldoshi yordamida amalga oshirildi.

1998 yil oktabrdan 1999 yil martigacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida O‘zbekistonning butun hududi RA balandlik o‘lchagich yordamida skanerlangan. 9-rasmda masofadan zondlash sun‘iy yo‘ldoshi yordamida olingan Toshkent viloyati va unga tutash hududlarning raqamli xaritasi fragmenti ko‘rsatilgan.



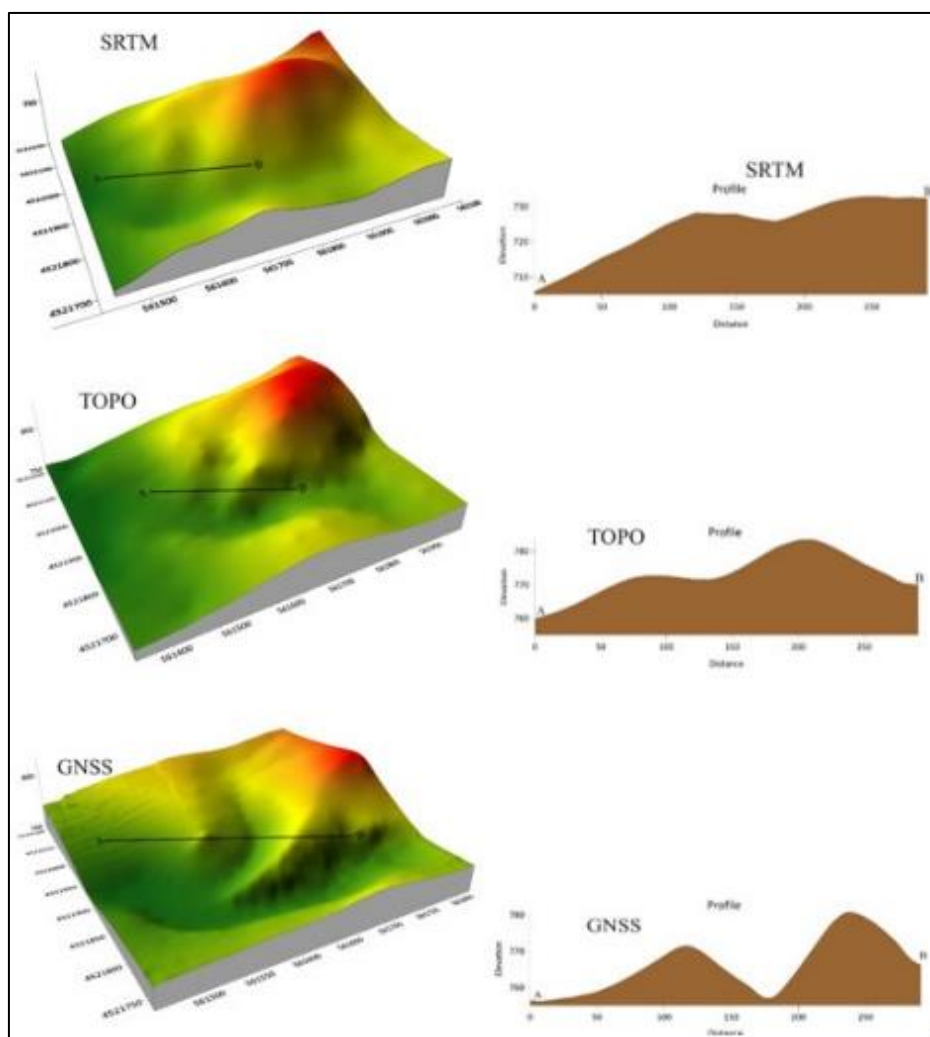
9-rasm. ERS1 sun‘iy yo‘ldoshidan olingan raqamli surati

Joyni GNSS bilan planga olish eng aniq va tezkor bo‘lganligi sababli, tog‘li hududlarda Trimble R4 GNSS priyomnigi qo‘llanilgan. GNSS o‘lchovlarida har bir piket nuqtasi uchun 5 sekundli planga olish davri bo‘lgan RTK rejimi ishlatilgan. Rover o‘rnatilgan piketlar orasidagi masofa 100 metrni tashkil etdi. 178 ta piket nuqtalarining natijasi bo‘yicha CREDO dasturiy ta‘minotida joyning raqamli plani va Surfer da Tovoqsoy rayonining raqamli relyef modeli yasalgan (10 – rasm).



10-rasm. GNSS o‘lchamlar asosida 2 D va 3D modellari

Turli xil sun’iy yo‘ldoshlar va yer usti o‘lchashlarini qo‘llash raqamli topografik xaritalar va planlar tuzish hamda normal balandliklarni aniqlashtirish uchun suv omborlari tubi va unga tutash tog‘li sirt relyefining shaklini batafsil ifodalash imkonini beradi. Sun’iy yo‘ldosh texnologiyalari raqamli xaritalarni yaratish va O‘zbekiston Respublikasi hududining murakkab uchastkalarini fazoviy tahlil qilish bilan bog‘liq ayrim masalalarni hal qilish imkonini beradi.



11-rasm. Olmaliq shahri yaqinidagi tog‘li hudud relyefining raqamli modeli (RRM)

XULOSA

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida ishning maqsadida qo'yilgan masalalar yechildi, quyidagi xulosalar hamda ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Optik kuzatuvlar asosida Yerning lahzali qutbiy harakatining qutbsiz o'zgarishi hisoblandi va navigatsiya o'lchashlari bo'yicha "Kitob" xalqaro punkti vektor tashkil etuvchilarining o'rtacha siljish qiymatlari 2.65 sm/yil ekanligi aniqlandi. Ushbu ma'lumotlar sun'iy yo'ldoshlarning geosentrik to'g'ri burchakli koordinatalarini hisoblashda va ma'lum vaqt oralig'ida ularning harakatini bashorat qilish aniqligini oshiradi.

2. CK-42 va WGS-84 tizimlarining punktlari koordinatalarini hisoblash asosida tanlangan obyektlarning koordinatalari aniqlandi. Olingan natijalar O'zbekiston Respublikasi hududi uchun yaratiladigan 1:5000 - 1:100000 masshtabli topografik kartalarning geografik koordinatalariga differensial tuzatmalar kiritish imkonini beradi.

3. O'zbekiston mahalliy ellipsoidining asosiy parametrlarini aniqlash uchun optik va radiometrik o'lchashlar olib borildi, shuningdek, maxsus geodezik va geofizik sun'iy yo'ldoshlarning harakatiga ta'sir etuvchi omillar asosida sun'iy yo'ldoshlarning orbitadagi toposentrik masofasi 5.0 sm aniqlik bilan hisoblandi. Mazkur natijalar umumiy ellipsoidining asosiy geometrik parametrlarini hisoblash aniqligini oshirishga xizmat qiladi.

4. Kepler orbitasi differensial tenglamalarining ikkinchi va uchinchi tartibli hosilalari asosida sun'iy yo'ldoshlarning oraliq orbitalari usuli ishlab chiqildi. Mazkur usulni qo'llab, kosmik jismning uzoq vaqt davomidagi trayektoriyasini prognoz qilish, orbitalarning elementlarini aniqlashtirish va nuqtalarning geosentrik koordinatalarini hisoblash imkoniyati yaratildi.

5. Olmaliq va Muruntov tog'-kon obyektlari atrofidagi geodezik tarmoq punktlari koordinatalarining aniqligi GNSS o'lchashlari asosida 0.016 m ga yetkazildi. Mazkur tarmoqdan foydalanish O'zbekiston Respublikasining alohida muhim inshootlarini loyihalashda muhandislik-qurilish, topografik-geodezik va kadastr ishlarini takomillashtirishga olib keladi.

6. O'zbekiston Respublikasining asosiy daryolari qirg'oq bo'yi zonalarining asosiy va nazorat reperlari hamda suv o'lchash reyklarining koordinatalari ilk bor geodezik asboblardan va sun'iy yo'ldosh navigatsiya priyomniklari yordamida dalada qayta o'lchash orqali aniqligi 0,027 m ga yetkazildi. Ushbu natijalar suv sathining nisbiy balandligini hisoblash, suv balansi monitoringini aniqlashtirish imkonini beradi.

7. GNSS o'lchashlari asosida mikroplitalarning tektonik siljishlarini tadqiq qilish va O'zbekistonning seysmik zonalarida geodinamik jarayonlarni kuzatish natijasida Toshkent viloyatining tog'li hududlaridagi geodezik va geodinamik tarmoq punktlarining yuqori aniqlikdagi koordinatalari qayta hisoblab chiqildi. Ushbu tadqiqotlar O'zbekistonning seysmik zonalaridagi geodinamik jarayonlarni kuzatish va seysmik rayonlashtrish tadqiqotlarini olib borishga navigatsion asos bo'lib xizmat qiladi.

8. GNSS syomkalari asosida tog'li hududlar relyefining fazoviy raqamli modellari yaratildi. Ushbu modellarni SRTM ma'lumotlari va 1:25000 masshtabli topografik karta ma'lumotlari bilan taqqoslab, ularning aniqligi va batafsilligi baholandi. Yaratilgan modellar chegaralarni o'tkazishda, muhandislik-qidiruv, loyihalash va topografik-geodezik ishlarda aniq va ishonchli kartografik asos bo'lib xizmat qiladi.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПРИ НАУЧНОМ СОВЕТЕ
DSc.03/30.12.2019.Gr.01.06 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ
ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА

МИРМАХМУДОВ ЭРКИН РАХИМЖАНОВИЧ

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ ТЕЛ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И
КАРТОГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ УЗБЕКИСТАНА**

11.00.06 – Геодезия. Картография

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ НАУК (DSc)**

Ташкент–2024

Тема диссертации доктора наук (DSc) зарегистрирована за номером B2017.1.DSc/Gr15 в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в Национальном университете Узбекистана.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещён на веб-странице Научного совета по адресу (www.nuu.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный консультант:

Сафаров Эшқобул Юлдашевич
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Реймов Полат Расбергенович
доктор географических наук (DSc), доцент

Сайидкасимов Сайиджаббор Сайидкасим угли
доктор технических наук, профессор

Нуритдинов Салахитдин Насритдинович
доктор физико-математических наук, профессор

Ведущая организация:

**Национальный исследовательский университет
«Ташкентский институт инженеров ирригации и
механизации сельского хозяйства»**

Защита диссертации состоится 27 апреля 2024 года в 11:00 часов на заседании Научного совета Dsc.03/30.12.2019.Gr.01.06 при Национальном университете Узбекистана. (Адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Университетская 4. Тел.: (99871) 227-12-24, факс: (99824) 246-53-21; 246-02-24. E-mail: ik-geografiya.nuuz@mail.ru. Административное здание Национального университета Узбекистана).

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального университета Узбекистана (зарегистрирован за № ____). Адрес: 100174, г.Ташкент, ул. Университетская 4. Административное здание Национального университета Узбекистана.

Автореферат диссертации разослан 17 апреля 2024 года.
(Протокол реестра №59 от 17 апреля 2024 года).

Ш.М.Шарипов

Председатель разового научного совета по
присуждению учёных степеней, д.г.н., доцент

К.А.Хакимов

Ученый секретарь разового научного совета по
присуждению учёных степеней, PhD

З.Н.Тожиева

Председатель научного семинара при разовом
научном совете по присуждению учёных
степеней, д.г.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора наук (DSc))

Актуальность и востребованность темы диссертации.

Определение точных параметров вращения Земли и создание единой системы координат является одной из основных проблем геодезии и геодинамики во всем мире. Генеральной ассамблеей ООН¹ принята резолюция об использовании глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) и поставлена задача о разработке регионального референц-эллипсоида. Для решения этих проблем в геодезических организациях необходимо произвести мониторинг спутниковых навигационных измерений и необходимо разработать систему трансформации локальной системы координат в общеземную геодезическую систему координат.

В мире особое внимание уделяется этим исследованиям, в том числе, геоцентрическим системам координат, референц-эллипсоидам, ГНСС, пространственным цифровым моделям местности и цифровым топографическим картам. В этом контексте большое значение имеет исследование смещения координат пунктов геодинамической и геодезической сети, используя современные геоинформационные технологии, вычисление параметров преобразования систем координат и дифференциальных поправок к картографической проекции, а также уточнения элементов орбит космических тел.

В нашей республике проводится ряд реформ, направленных на совершенствование и уточнение геодезической системы координат для инженерных и кадастровых работ, в ходе которых достигнуты ощутимые положительные результаты. В стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы определены важные задачи "... по реализации общедоступного геопортала на основе открытых данных ... для неукоснительного обеспечения прав на земельный участок и разработка порядка предоставления информации органам государственного и хозяйственного управления, а также физическим и юридическим лицам через Национальную геоинформационную систему"². По этой причине важное значение приобретают научные исследования, направленные на использование ГНСС в геодезических работах предгорных районов и прибрежных зон Республики Узбекистан.

Данное диссертационное исследование в определенной степени послужит осуществлению задач, отмеченных Распоряжением Президента Республики Узбекистан от 12 февраля 2018 года № Р-5209 «О мерах по развитию космических исследований и технологий в Республике Узбекистан», Законом Республики Узбекистан от 2 июля 2020 года № ЗРУ-626 «О геодезической и картографической деятельности» и Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 3 декабря 2018 года № 977 «Об утверждении

¹ Генеральная ассамблея ООН. Комитет по использованию космического пространства в мирных целях. Пятидесятая сессия. - Вена, Австрия, 11 – 22 февраля 2013г.

² Указ Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»

положения о порядке выдачи решения о регистрации геодезических и картографических работ» и других нормативно-правовых актов, касающихся данной деятельности.

Соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологии: VIII - «Науки о Земле» и IV - «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации³⁴. Научные исследования по определению стабильности инерциальной и геоцентрической системы координат, параметров преобразования систем координат, фундаментальных постоянных общеземного и референц-эллипсоидов, а также уточнение элементов орбит космических тел проводятся ведущими организациями, научно-исследовательскими и высшими учебными заведениями, в числе которых: Jet Propulsion Laboratory (JPL, США), National Geospatial-Intelligence Agency (NGA, США), GeoForschungsZentrum (GFZ, Германия), Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt e.V.(DLR, Германия), Centre National d'Études Spatiales (CNES, Франция), International Earth Rotation and Reference System Service (IERS, Франция), Институт космических исследований (ИКИ, Россия), Институт прикладной астрономии (ИПА, Россия), Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэрофотосъемки и картографии (ЦНИИГАиК, Россия), Московский Государственный Университет Геодезии и Картографии (МГУГиК, Россия), Сибирский государственный университет геосистем и технологии (СГУГиТ, Россия).

В мире получен ряд научных результатов по определению геометрических и динамических параметров общеземного эллипсоида, параметров преобразования геодезических систем координат и уточнение элементов орбит космических тел, в том числе: разработана методика использования космических тел для создания высокоточной системы координат (Jet Propulsion Laboratory, США), построена первая цифровая топографическая карта Земной поверхности на основе миссии SRTM и гравитационная модель Земли по данным GRACE (National Geospatial-Intelligence Agency, США), уточнены значения параметров общеземного эллипсоида по данным космических аппаратов Вояджер (JPL), построена Центрально-Азиатская Тектоническая сеть для исследования деформационных процессов на поверхности Земли и разработана цифровая модель геоида Земли (GeoForschungsZentrum, Германия), построена международная спутниковая навигационная сеть DORIS для исследования топографии водной поверхности и изменения климата (Centre National d'Études Spatiales, Франция), разработана общеземная геоцентрическая система координат ПЗ-90(Центральный научно-исследовательский институт геодезии,

³ Обзор зарубежных исследований по теме диссертации разработан на основе: www.geodesist.ru, www.navgeocom.ru, www.geoprofi.ru, www.ssga.ru, www.google.com и других источников.

аэрофотосъемки и картографии, Россия), разработана методика определения элементов орбит космических аппаратов на основе промежуточной орбиты (Институт прикладной астрономии, Россия).

В целях оптимизации геодезических и картографических работ в мире проводится ряд научно-исследовательских работ по совершенствованию научной и практической основы использования космических объектов, в том числе по следующим приоритетным направлениям: уточнение планово-высотного обоснования приоритетных участков и создание пространственных цифровых моделей местности; повышение точности геодезических измерений в труднодоступных районах с помощью современных ГНСС; математическая обработка результатов навигационных измерений; использование беспилотных летательных аппаратов для цифровой картографии; объединение традиционных и спутниковых измерений для создания единой системы координат; использование современных геоинформационных технологий для инженерных задач.

Степень изученности проблемы. Поскольку определением координат пунктов геодезической сети и точных положений космических тел занимаются во всем мире, то следует перечислить ведущих специалистов, которые внесли существенный вклад в области космической геодезии и спутникового позиционирования: Altiner Y., Clifford J. Mucnier, Gunter Seeber, Frike W., Hofmann-Wellenhof B., Huaan F., Moritz H., Reighber Ch., Vassileva K., Vondrak J., Kenyeres A. и другие.

В странах СНГ и Центральной Азии можно отметить следующих специалистов в области космической геодезии и геодинамики: Антонович К.М., Батраков Ю.В., Базлов Ю.А., Гедеонов Д.Д., Генике А.А., Демьянов Г.В., Красовский Ф.Н, Кагановский Г.М., Кауфман М.Б., Краснорылов И.И., Куприянов О.А., Малкин З. М., Машимов М.М., Мазуров Б.Т., Макаренко Н.Л., Михайлов А.А., Молоденский М.С., Панкрушин В.К., Побединский Г.Г., Померанцев И.И., Чернетенко Ю.А., Щеглов В.П. и другие.

В Республике Узбекистан можно отметить ряд ведущих специалистов, которые исследовали некоторые разделы этой глобальной проблемы. Среди них существенный вклад внесли следующие специалисты: Абдуллаев Т.М., Гулямова Л.Х., Мубораков Х., Рафиков В.А., Суюнов А.С., Реимов П., Сафаров Э.Ю., Тошпулатов С.А. и другие.

Несмотря на значительный прогресс в области наблюдений космических аппаратов и использования их для целей геодезии и картографии, остается ряд проблем по методам измерений, а также совместному уравниванию классических и спутниковых геодезических измерений на территории Республики Узбекистан.

На международных конференциях по использованию космических технологий и глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), организованной ООН (Молдова-2009, ОАЭ-2010, Латвия-2012, Хорватия-2013, Россия-2015, 2017, Непал-2016, Пакистан-2018), отмечалось о необходимости создания национальных эллипсоидов и референцных станций

спутниковой геодезической сети на границах сопредельных республик, а также важность разработки регионального геоида. Например, при проектировании Центрально-Азиатской спутниковой геодезической сети, основанной на комбинации оптических, радиотехнических и классических измерений, а также при картографировании приграничных и прибрежных районов, находящиеся между республиками, роль референцной системы координат является актуальной и своевременной.

На международных научных совещаниях EUPOS (Европейский комитет по спутниковому позиционированию) были приняты рекомендации по стандартизации и обмену GPS данными, а также по расширению количества пользователей спутниковых геодезических измерений. Предложено совершенствовать традиционную геодезическую сеть и математическую основу топографических карт на основе позиционных наблюдений за космическими объектами. Даны рекомендации о расширении EUPOS на азиатскую часть континента.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами, выполняемыми высшими образовательными учреждениями.

В рамках программы государственного комитета по науке и технологиям при кабинете министров Республики Узбекистан выполнена работа по построению траектории космического аппарата на основе оптических наблюдений, использованию спутниковых данных для решения задач геодезии, картографии и кадастра (ГНТП-10, П-6.1.16, 2003-2005), созданию цифровой карты масштаба 1 : 500 000 для обнаружения движущихся объектов на различных высотах от поверхности Земли (2005-2007), а также использованию космических технологий для ДЗЗ (SpaceCom, 2019).

Целью исследования является разработка научно-практической основы оптимизации планово-высотного обоснования геодезической сети вблизи особо важных объектов Республики Узбекистан по наблюдениям космических тел.

Задачи исследования:

исследование неполярного изменения оси вращения Земли и анализ точности географических координат топографических карт в картографической проекции Гаусса-Крюгера на основе классических СК42 и спутниковых измерений WGS84;

анализ топоцентрических координат геосинхронных и геодезических ИСЗ с учетом влияния гравитационного поля Земли при различных промежуточных орбитах;

разработка алгоритма вычисления параметров деформации Центрально-Азиатской геодинамической сети на основе глобальных навигационных спутниковых измерений;

разработка метода уточнения координат и высот в системе WGS84 для прибрежной зоны основных рек Республики Узбекистан по ГНСС;

разработка метода оптимизации геодезической сети сгущения вокруг горно-добывающих объектов по спутниковым данным и наземным электро-оптическим измерениям для вычисления пространственных координат пунктов;

разработка цифровой модели рельефа в 2D и 3D формате горных и предгорных районов Республики Узбекистан по полевым спутниковым навигационным измерениям.

Объектом исследования являются станции международной геодезической сети, пункты геодезической и геодинамической сети, а также гидрологические репера Республики Узбекистан.

Предметом исследования является смещение географических координат пунктов геодезической и геодинамической сети, исследование деформационных процессов, уточнение планово-высотного обоснования гидрологических станций и картографирование территории особо важных районов по наблюдениям космических тел.

Методы исследования. В работе использованы параметрический метод уравнивания, ковариационный способ оценки, элементы математической статистики и вычислительной математики, а также методы промежуточной орбиты и редуцированные способы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

разработан метод вычисления дифференциальных поправок между системами координат СК42 и WGS84 для прямоугольных координат картографической проекции Гаусса-Крюгера по наземным и спутниковым измерениям;

усовершенствована методика вычисления промежуточной орбиты ИСЗ способом Энке с учетом гравитационного потенциала Земли, а также сопротивления атмосферы Земли при различных геоцентрических расстояниях;

усовершенствована методика расчета (Молоденский, Гельмерт) деформационных смещений пунктов Центрально-Азиатской Тектонической и геодезической сети на основе ГНСС измерений для общего уравнивания геодезической сети Республики Узбекистан;

разработан метод уточнения прямоугольных координат и высот пунктов гидрометеорологических станций прибрежных зон основных рек Республики Узбекистан по ГНСС измерениям;

разработан метод оптимизации геодезической сети сгущения вокруг горно-добывающих объектов по спутниковым данным и наземным электро-оптическим измерениям для вычисления пространственных координат пунктов;

разработаны цифровые модели рельефа горных районов Республики Узбекистан на основе полевых навигационных спутниковых измерений и геоинформационных технологий.

Практические результаты исследований заключаются в следующем:

произведено вычисление дифференциальных поправок к географическим и прямоугольным координатам проекции Гаусса-Крюгера при использовании систем координат СК42 и WGS84;

произведена оценка влияния гравитационного потенциала Земли и сопротивления атмосферы на геоцентрические системы координат по наблюдениям высокоорбитальных космических тел;

произведено вычисление значения отклонений промежуточной орбиты от кеплеровской траектории для производных второго и третьего порядка в дифференциальных уравнениях невозмущенного движения ИСЗ;

произведено вычисление координат пунктов базиса геодезической сети в окрестности карьера по результатам ГНСС измерений;

произведена оценка точности координат пункта геодезической сети и основных реперов гидрологических станций;

разработаны пространственные цифровые модели рельефов горных районов с целью картографирования территории Республики Узбекистан с помощью ГИС и спутниковых данных.

Достоверность результатов исследования обосновывается использованием оптических и радиотехнических наблюдений космических тел, полевых ГНСС измерений на пунктах государственной геодезической и гидрологической сети, расположенных на территории Республики Узбекистан, а также данными, полученными со спутников дистанционного зондирования Земли ERS1, лазерной локации геодезического спутника Lageos-1 и использованием современных геоинформационных технологий для цифровой модели рельефа, соответствием результатов исследований по диссертации ранее опубликованным результатам других отечественных и зарубежных исследователей.

Научная и практическая значимость результатов исследований.

Научная значимость результатов исследований заключается в разработке эффективности использования систем координат и новых методов определения траектории космического тела на основе промежуточных орбит с касаниями 2 и 3 порядка производных, используя численные методы интегрирования дифференциальных уравнений невозмущенного движения, а также в уточнении координат пунктов геодинамической сети Республики Узбекистан.

Практическая значимость результатов исследований заключается в выборе оптимальной системы координат для геодезических и картографических работ Республики Узбекистан, используя современную систему координат WGS84, полученные на основе оптических и радионавигационных наблюдений космических тел. Предложено использовать цифровые модели рельефа для проектирования инженерных сооружений в труднодоступных районах, построенные с помощью классических и спутниковых данных.

Внедрение результатов исследований. На основе полученных научных результатов по позиционным наблюдениям космических тел и данным спутниковых навигационных систем:

усовершенствованные теоретические основы оптимизации геодезических систем координат и методы их преобразования по результатам наземных и спутниковых измерений включены в учебник «Геодезия», которые используются в Кадастровом агентстве при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Свидетельство Министерство высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан от 30 июня 2020 года № 359-395). В результате, это позволит студентам повысить навыки по использованию дифференциальных поправок в проекцию Гаусса-Крюгера, которая используется при создании топографических карт масштабов 1:5 000 – 1:100 000 в Республике Узбекистан;

разработанный метод и алгоритм расчета промежуточной орбиты космических тел с учетом гравитационных и негравитационных возмущений в геоцентрической системе координат для вычисления топоцентрических координат геосинхронных и геодезических спутников в Агентстве кадастра при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Справка Кадастрового агентства при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан от 07 апреля 2023 года № 03-08-118). По результатам вычислений можно уточнить параметры общеземного эллипсоида и повысить точность фундаментальной системы координат;

разработанный методы вычисления изменения координат для Центрально-Азиатской Тектонической и Государственной геодезической сетей с целью определения деформационных процессов в верхних слоях мантии Земли, которые могут быть использованы в качестве контрольных точек при общем уравнивании спутниковой геодезической сети в Кадастровом агентстве при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Справка Кадастрового агентства при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан от 07 апреля 2023 года № 03-08-118). В результате появляется возможность уточнить координаты геодинамических пунктов и особо важных объектов;

разработанный метод повышения точности координат и высот уровенных постов гидрологических станций прибрежной зоны основных рек Республики Узбекистан с помощью ГНСС, которые будут использованы при определении координат в системе WGS84 в Кадастровом агентстве при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Справка Кадастрового агентства при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан от 07 апреля 2023 года № 03-08-118). В результате появляется возможность уточнить высоту уровенной поверхности воды относительно координат гидрологических постов;

разработанный метод оптимизации геодезической сети сгущения вокруг горно-добывающих объектов по спутниковым данным и наземным электро-оптическим измерениям при вычислении пространственных прямоугольных

координат пунктов геодезической сети в Кадастровом агентстве при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Справка Кадастрового агентства при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан от 07 апреля 2023 года № 03-08-118). В результате созданы возможности для маркшейдерских и земляных работ вокруг карьера;

построенные пространственные цифровые модели рельефа горных районов по геоинформационным технологиям и спутниковым навигационным данным будут реализованы для национального атласа и цифровых карт приграничных районов в 2D и 3D формате в Кадастровом агентстве при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан (Справка Кадастрового агентства при Министерстве экономики и финансов Республики Узбекистан от 07 апреля 2023 года № 03-08-118). В результате созданы научно-практические основы уточнения национального атласа Узбекистана “Рельеф”.

Апробация результатов исследований. По содержанию диссертации сделаны доклады на 15 международных научных конференция и 10 республиканских научно-практических конференциях.

Публикации результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 44 научных работ. В том числе 1 монография, 1 учебник, 1 учебное пособие, 12 статей в научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, из них 11 опубликованы в республиканских и 1 – в зарубежном журнале в базе данных Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 200 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цели и задачи диссертационной работы, характеризуется объект и предмет исследования, показано соответствие приоритетным направлениям развития науки и технологии, излагается научная новизна и практическая значимость, полученных результатов, тестирование результатов навигационных измерений, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации “**Оптимизация систем координат**” проанализированы теоретические и практические вопросы использования систем координат в топографо-геодезических подразделениях Республики Узбекистан. Исследована точность координат фундаментальных астрономо-геодезических пунктов, а также изменяемость географической широты для определения смещения мгновенного полюса Земли. Результаты измерений каталожных звезд показали, что точность определения средней широты составляет $\pm 0.15 - 0.30''$. На основе анализа изменения широты определена величина скорости движения оси мгновенного полюса (2.5 см в год).

Подчеркивается, что с внедрением лазерных технологий появилась возможность изучать некоторые закономерности в движении земной оси. Точность определения положения полюса по лазерным измерениям составила 0.01-0.03" на пятисуточном интервале. Если рассматривать результаты всех методов определения смещения координат географического полюса, то становится очевидным направление изменения оси вращения Земли. Также эти методы привели к оптимизации наблюдений и выявлению тонких эффектов в тектонике микроплиты, которые оказывают влияние на стабильность координат пунктов. Например, для пункта КИТЗ (Китабской широтной станции) были определены изменения координат на интервале с 1998 по 2019 согласно международному договору между кафедрой геодезии и геоинформатики национального университета Узбекистана и лабораторией SEGAL (Португалия). Выявлено, что основной тренд происходит по долготе со скоростью 28.05 мм в год. При этом, средняя квадратическая ошибка скорости составила ± 0.36 мм/год.

Поскольку измерения выполняются в принятой системе координат СК42, которая до сих пор используется во многих странах и не утратила своего значения, то возникает вопрос о точности и надежности референц-эллипсоида.

С 2018 года в Узбекистане законодательно принята система координат WGS84, которая используется при кадастровой съемке. Естественно, возникает вопрос о переводе координат из СК42 в WGS84. В большинстве случаев применяется приближенный метод преобразования координат, что говорит о необходимости повышения точности вычисленных координат. Особенно, это относится к топографическим харитам, где приведена географическая система координат и прямоугольная система координат проекции Гаусса-Крюгера, основанная на референц-эллипсоиде Красовского. Использование системы координат WGS84 сопровождается значительными смещениями координат объектов на топографических харитах СК42, т.к. имеется разница в параметрах между эллипсоидами. Поэтому был разработан алгоритм вычисления координат в проекции Гаусса-Крюгера, где были определены величины линейных смещений между двумя системами координат. Используя параметры эллипсоидов, значения широты и долготы можно вычислить прямоугольные координаты пунктов или объектов в крупномасштабных топографических картах и определить поправку в конформной картографической проекции между ними. Для того чтобы получить координаты в системе WGS84, следует ввести дифференциальные поправки в систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} x &= X + a_2 l^2 + a_4 l^4 + a_6 l^6 \dots + \Delta x \\ y &= b_1 l + b_3 l^3 + b_5 l^5 \dots + \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Дифференциальные поправки между двумя система координат приведены в таблице 1 для различных масштабов карт.

Таблица 1.

Разность координат между системами координат WGS84 и СК42

№	Масштаб	$\Delta X_{WGS84-CK42(мм)}$	$\Delta Y_{WGS84-CK42(мм)}$
1	1 :5 000	1.80	12.8
2	1:10 000	0.90	6.40
3	1:25 000	0.30	2.56
4	1:50 000	0.18	1.28
5	1:100 000	0.09	0.64

Примечание: Данные таблицы получены автором

Из таблицы 1 видно, чем крупнее масштаб карты, тем разница между двумя системами увеличивается. Если нанести координатную сетку Гаусса-Крюгера на карту с параметрами общеземного эллипсоида, то она будет смещена от координатной сетки на определенное расстояние в зависимости от масштаба топографической карты (рис.1). При учете углов разворота Эйлера между двумя системами координат, картографическая сетка смещается и разворачивается, поправку к ней определяется уравниванием геодезических пунктов и ГНСС.

По результатам вычисленных координат отдельных пунктов ГГС и спутниковой геодезической сети были получены разности для долготы и широты. При этом надо учесть временной интервал, который приводит к деформации координатной сетки топографических карт. Точное определение поправок к системе координат можно на основе обработки классических и современных методов измерений. Однако для небольших территорий конформный или ортогональный метод является самым оптимальным, т.к. происходит согласование более точных спутниковых определений с менее точными значениями приращений координат геодезической сети, а это обстоятельство оказывает существенное влияние на точность вычислений.

Таким образом, сформулированы теоретические основы оптимизации системы координат на основе расчетов координат пунктов и предложены способы минимизации отклонений прямоугольных координат топографических карт путем модификации картографической проекции.

Вторая глава посвящена **анализу методов наблюдений ИСЗ**, где основное внимание уделяется лазерным наблюдениям и спутниковому навигационному позиционированию, которые стали широко использоваться во многих отраслях производства. Были разработаны оптимальные методы регистрации, которые позволили повысить точность вычисления координат ИСЗ.

Составлен алгоритм определения первоначальных элементов орбиты Ω_0 , ω_0 , a_0 , e_0 , i_0 , t_0 по угловым измерениям. Для наблюдений геосинхронных спутников была разработана методика регистрации ИСЗ относительно следа каталожной звезды. Для точного измерения координат был применен принцип прерывистой фиксации изображения звезды. При этом точность вычисления координат повысилась на порядок по сравнению с традиционными методами.

Произведено наблюдения 3 геосинхронных спутников (ГСС) с различными экспозициями. Экваториальные координаты спутника были вычислены по методу Тернера и Шлезингера, используя программное обеспечение, разработанное автором в Китабской международной широтной станции. В таблице 2 приведены результаты вычисления координат ГСС.

Таблица 2.

Топоцентрические координаты геосинхронных спутников

№ ИСЗ	Дата	Момент набл.	α_{1950}	δ_{1950}
772	2.10.1989	18 ^h 30 ^m 00 ^s	21 ^h 13 ^m 21. ^s 91	- 6 ^o 23' 29.3"
772	2.10.1989	19 30 00	21 13 23.99	- 6 26 56.9
772	3.10.1989	20 00 00	22 47 37.48	- 6 27 34.6
638	3.10.1989	20 15 00	22 31 15.42	- 6 48 36.0
772	4.10.1989	20 25 00	23 16 21.67	- 6 29 27.5
772	5.10.1989	18 40 00	21 29 24.00	- 7 43 06.0
772	11.05.1990	20 00 00	12 54 07.59	- 7 20 49.9
769	19.05.1990	20 55 00	16 35 00.00	- 6 05 00.0
772	10.07.1990	20 55 00	17 49 56.70	- 6 50 35.8

Примечание: Данные таблицы получены автором

Параллельно были произведены наблюдения геосинхронных спутников с помощью телевизионной системы на высокогорном измерительном комплексе "Майданак". Топоцентрические экваториальные координаты спутников также были вычислены по методу Шлезингера относительно избранных опорных звезд.

$$\left. \begin{aligned} \xi &= F \frac{\cos \delta \cdot \sin(\alpha - A)}{\sin \delta \cdot \sin D + \cos \delta \cdot \cos D \cos(\alpha - A)} \\ \eta &= F \frac{\sin \delta \cdot \sin D - \cos \delta \cdot \sin D \cdot \cos(\alpha - A)}{\sin \delta \cdot \sin D + \cos \delta \cdot \sin D \cdot \cos(\alpha - A)} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где α и δ - координаты опорной звезды, A и D - приближенные координаты оптического центра, ξ и η - прямоугольные координаты спутника. Средняя квадратическая ошибка ГСС получилась на уровне $\pm 2.0''$, что говорит об удовлетворительной точности для телевизионных систем. Преимущество измерений состоит в оперативном измерении с использованием каталога звезд на машинном носителе. На рисунке 1 приведена точность наблюдения ГСС 22880.

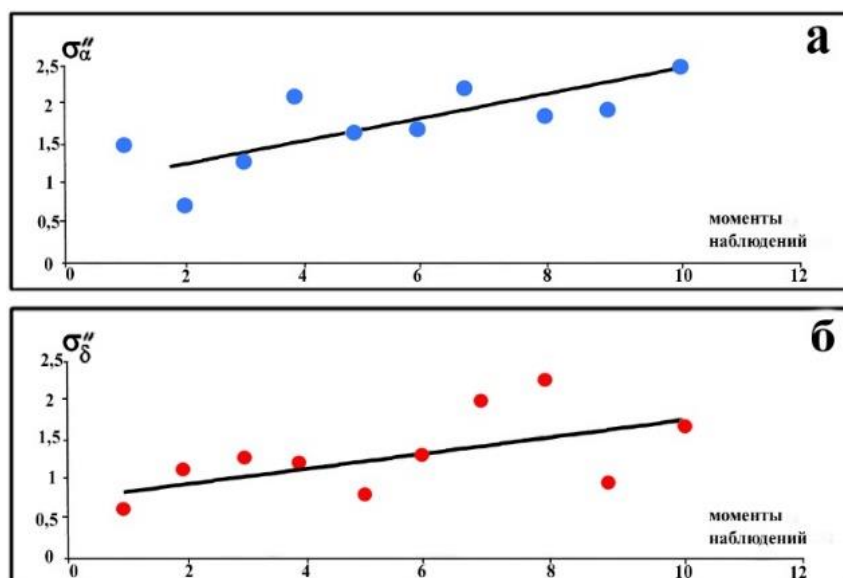


Рисунок 1. Изменение точности наблюдений ГСС

В настоящее время из оптических методов самым точным считается лазерные наблюдения из-за того, что на спутниках установлены лазерные отражатели, способствующие более оперативному определению расстояния. Например, геодезический ИСЗ “Лагеос-1”, состоящий из 426 отражателей, был выведен на круговую орбиту с высотой примерно 6000 км над поверхностью Земли и интенсивно наблюдался на территории Международной широтной станции г.Китаб и измерительном комплексе “Майданак”. По результатам наблюдений произведено сравнение топоцентрических координат, полученных по разработанной программе и эфемеридными значениями, которые были вычислены численным методом интегрирования. Получены отклонения наблюдаемых значений координатам от эфемеридных данных по азимуту A и высоте h для ИСЗ Лагеос -1 (рис.2).

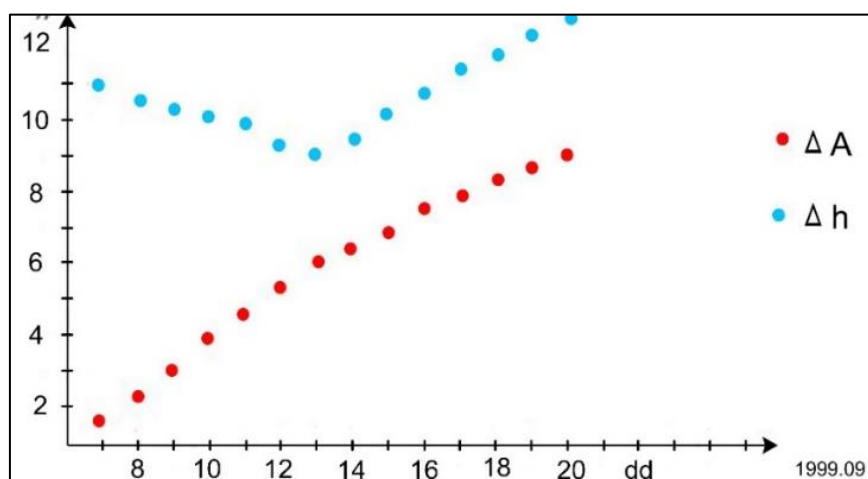


Рисунок 2. Разности по азимуту и высоте для Лагеос1

В связи с прогрессом радиотехнических методов измерений, были разработаны универсальные спутниковые геодезические приемники, принимающие сигналы со всех навигационных систем. На некоторых ИСЗ

установлены оптические отражатели для того, чтобы исключить систематические ошибки измерений и выполнить дисперсионный анализ.

В 1980-90 годы появились более универсальные и мобильные глобальные спутниковые навигационные системы GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALLILEO, QZSS, позволяющие в реальном времени передавать координаты на значительное расстояние, используя различные системы относимости.

В третьей главе **исследована точность элементов орбиты космических тел** по результатам оптических измерений.

Для определения орбит ИСЗ используют численные методы интегрирования дифференциальных уравнений, которые позволяют вычислить траекторию движения тела на длительном интервале времени. Приводится новый метод определения и уточнения орбиты космического тела путем изменения параметра притягивающего центра, в результате которой происходит касание производных не только второго, но и третьего порядка к траектории движения.

Истинную орбиту можно представить выражением

$$\bar{r} = \dot{r}_0 t + \ddot{r}_0 \left(\frac{t^2}{2}\right) + \dddot{r}_0 \left(\frac{t^3}{6}\right) + \dots, \quad (3)$$

то выражение для оскулирующей орбиты можно записать формулой

$$\bar{\rho} = \dot{\rho}_0 t + \ddot{\rho}_0 \left(\frac{t^2}{2}\right) + \dddot{\rho}_0 \left(\frac{t^3}{6}\right) + \dots. \quad (4)$$

Разность величины производных между возмущенной и промежуточной орбитой можно выразить следующим образом

$$(\ddot{\rho}_0 - \ddot{r}_0)^2 = \left\{ \left[\dot{r}_0 - 3 \frac{\ddot{r}_0}{|\ddot{r}_0|} \left(\frac{\ddot{r}_0}{|\ddot{r}_0|} \cdot \dot{r}_0 \right) \right] \left(-\frac{|\ddot{r}_0|}{\rho_0} \right) - \ddot{r}_0 \right\}^2. \quad (5)$$

Исследовано, что с возрастанием степени производных дифференциального уравнения, промежуточная орбита ближе к возмущенной траектории, что говорит о корректности разработанной программы с использованием фиктивной массы (рис.3).

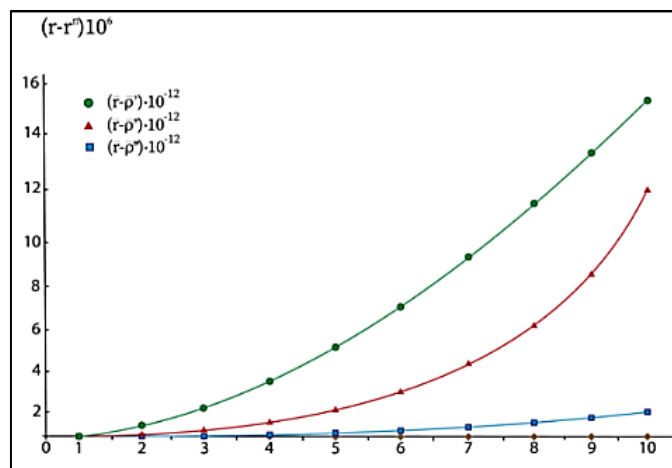


Рисунок 3. Отклонения промежуточных орбит

Для оценки точности наблюдений, полученных в 25 станциях мира и 2 обсерваториях Узбекистана, были использованы 198 наблюдения космического тела. В качестве опорной орбиты использована промежуточная орбита, полученная на основе фиктивной массы центрального тела. Результаты вычислений показали, что точность уточнения координат и компонент скоростей с использованием 2 наземных обсерваторий (Китаб и Ташкент) составил $0.709''$, а по 25 обсерваториям - $0.877''$, что говорит о надежности и оптимальности наблюдений. На примере ИСЗ ERS1 выполнено сравнение наблюденных координат с вычисленными значениями $(O-C)$ по азимуту и высоте (рис.4).

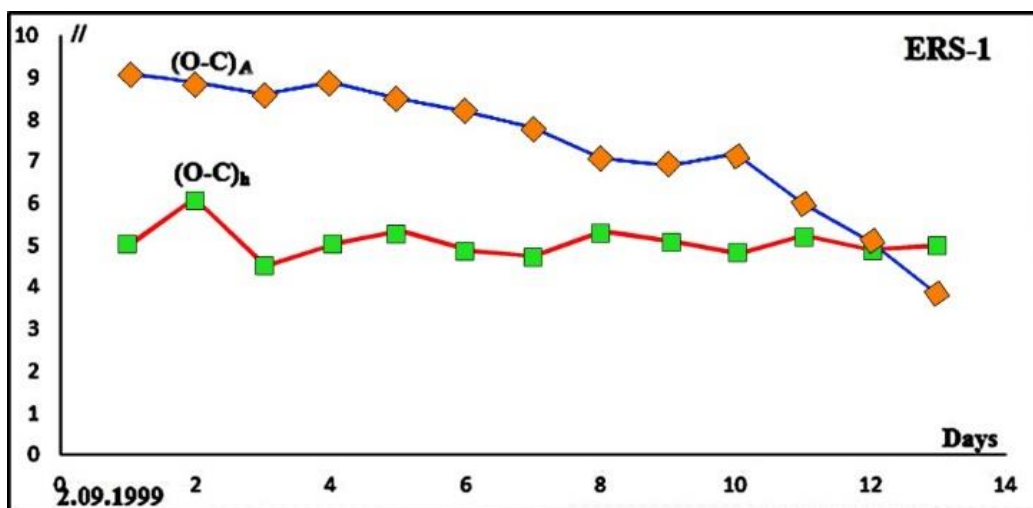


Рисунок 4. Значения разностей по азимуту и высоте ИСЗ ERS-1

Анализ разности наблюденных и вычисленных координат показывает, что $(O-C)_α$ имеет определенный тренд по сравнению с $(O-C)_β$. Причина изменения обусловлена собственным движением спутника и влиянием незначительных поправок к осям вращения алидады азимутального зеркального телескопа (АЗТ-24), т.е. имеется постоянная систематическая поправка, которую необходимо определить метрологическим способом. Обычно такое изменение легко обнаружить при использовании данных, полученных по нескольким наблюдательным станциям, применяя метод регуляризации или интерполяцию по нормальным точкам. В таком случае оптимальным является численный метод интегрирования дифференциальных уравнений невозмущенного движения. Для этого спутника разработана алгоритмическая программа по вычислению топоцентрических расстояний, которая учитывает величины зональных гармоник до J_{19} и сопротивление атмосферы (рис.5). Численное интегрирование дифференциального уравнения возмущенного движения ERS1 производилось на основе 2 недельных наблюдений, выполненных в Китабе.

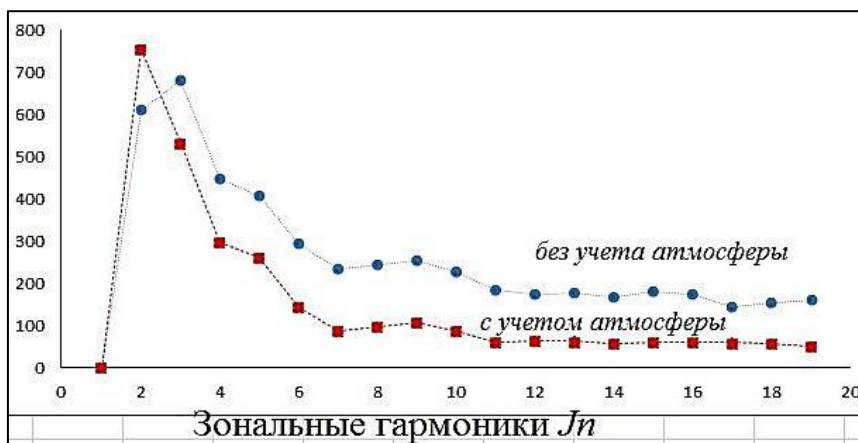


Рисунок 5. Влияние зональных гармоник и атмосферы на траекторию ИСЗ

Алгоритмическая программа является более точной и корректной для спутников находящихся на высоте 1000 км от поверхности Земли. Это означает, чем выше степень зональных гармоник, тем точнее определяется расстояние до спутника. При этом надо учесть, что влияние геопотенциала убывает по мере удаления космического тела, а действие атмосферы распространяется до определенной высоты от поверхности Земли.

На основе наблюдений можно определять не только орбиты и координаты пунктов, но и уточнять нуль-пункты звездных каталогов. Разности наблюдаемых и эфемеридных значений координат интерпретируется как следствие ошибок системы координат, относительно которой производились наблюдения и неточности элементов объекта и Земли, использованных при вычислении эфемерид. Разность наблюдаемого и эфемеридного значения можно представить уравнениями через элементы орбиты космического тела и Земли в виде:

$$\left. \begin{aligned} \alpha_H - \alpha_e &= \Delta\alpha_0 + \sum_{i=1}^6 \frac{\partial\alpha}{\partial E_i} \Delta E_i + \sum_{i=1}^5 \frac{\partial\alpha}{\partial E'_i} \Delta E'_i, \\ \delta_H - \delta_e &= \Delta\delta_0 + \sum_{i=1}^6 \frac{\partial\delta}{\partial E_i} \Delta E_i + \sum_{i=1}^5 \frac{\partial\delta}{\partial E'_i} \Delta E'_i, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Решение этих систем уравнений требует применения компьютеров и производится в несколько приближений.

Четвертая глава описывает **повышение точности геодезической сети**. На территории Узбекистана закреплены несколько геодезических сетей, принадлежащих разным ведомствам и организациям, которые решают свои отраслевые задачи. Использование современных цифровых технологий привели к повышению точности координат определяемых пунктов и позволили приступить к проектированию национальной референцной системе координат (НРСК). Создание НРСК играет важную роль при топогеодезических и инженерно-изыскательских работах. Особенно это важно при разработке цифровых моделей местности крупных объектов и сооружений, строящихся вдоль прибрежных зон и в густонаселенных районах.

Перечисленные работы являются неотъемлемой частью национальной инфраструктуры пространственных данных Республики Узбекистан, которые должны опираться на фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС) и должны использовать результаты лазерных и радиотехнических измерений. Основными пунктами ФАГС являются станции лазерной локации спутников, пункты службы вращения Земли, и другие пункты спутниковых наблюдений, положения которых должны быть определены как в плане, так и по высоте. На основе измерений и вычислений, выполненных на пунктах ALMA, CIRC, ANGR Центрально-Азиатской геодезической сети, можно рекомендовать использовать эти пункты для повышения точности координат пунктов ГГС (Таб.3).

Таблица 3.

Координаты пунктов CATS по данным НУУ и GFZ(Германия)

Пункты	B_{wgs84} (GFZ)	L_{wgs84} (GFZ)	H_{wgs84}	B_{ck42} (НУУ)	L_{ck42} (НУУ)
	0 / //	0 / //	м	0 / //	0 / //
ALMA	40 49 42.9	69 43 49.0	737.9	40 49 42.765	69 43 52.043
CIRC	41 34 20.8	69 39 39.0	771.2	41 34 20.604	69 39 42.084
ANGR	41 06 07.7	70 04 53.7	1307.3	41 06 07.532	70 04 56.726
DENA	38 14 06.7	67 52 48.8	477.5	38 14 06.829	67 52 51.879

Примечание: Данные таблицы получены автором

Применение спутниковых технологий при создании опорной геодезической сети является важным скачком при определении высокоточных координат пунктов геодезических сетей и уравнивание их. Однако при их использовании не до конца разработана научно обоснованная методика создания опорных геодезических сетей в окрестности горно-добывающих объектов. Существующие классические способы уравнивания отличаются от уравнивания спутниковых геодезических сетей архитектурой и методом уравнивания и, конечно же, точностью координат пунктов. Целесообразнее было бы использовать комбинацию электронно-оптических и радиотехнических методов в окрестности особо важных объектов. Такой способ измерений был произведен на карьере “Мурунтау”, а позже на “Калмагир”. Вблизи этих объектов имеются пункты ГГС и Центрально-Азиатской геодезической сети (CATS). При рекогносцировке пунктов ГГС оказалось, что верхние части пирамид деформировались. В большинстве из них грунтовые центры в виде металлических труб сохранились и их можно использовать для ГНСС измерений. Поэтому на этих пунктах выполнены измерения и вычислены точные координаты, которые могут быть использованы для уточнения координат пунктов при маркшейдерских работах. Для пункта “ALMA” геодезической сети CATS были произведены ГНСС измерения с GNSS приемником Trimble R4 и вычислены координаты в проекции Гаусса-Крюгера.

В соответствии с законом больших чисел, чем выше точность, тем теснее группируются погрешности около нулевого значения. Значение

точности вычислено по формуле Бесселя при условии, что все результаты получены в одинаковых климатических условиях:

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{[(x_i - x_{cp})^2]}{n-r}} \quad (7)$$

аналогично вычисляются ошибки σ_y и σ_h , где x_i - измеренные величины, полученные с помощью ГНСС, x_{cp} - среднее значение измеренных величин, т.е. математическое ожидание генеральной совокупности дискретных точек, n - количество измерений, r - количество определяемых величин.

Следующими объектами, не менее важными по приоритету, являются гидрологические станции и ориентирные пункты ГГС. Известно, что с момента установления ГГС на территории Республики Узбекистан основное внимание уделялось сгущению сети и картографированию региона, однако не все регионы были покрыты геодезической и наземной спутниковой сетью. Например, берега рек Амударья и Сырдарья, где не были установлены ГНСС пункты, хотя во всех гидрологических станциях имеются пункты ГГС и репера ГУГМС. К определению уровня рек с помощью ГНСС повышен интерес в связи с изменением водного баланса и расширением сети ирригационных каналов.

Таблица 4

Координаты гидрологических постов

Дата	пункты	X (m)	Y(m)	H _{wgs84(m)}	пост
07.12.19	Осн.реп.	4531887.796	473210.031	213.16	Чиназ
3.10.22	Саманбай	4709192.354	707166.112	47.08	Нукус
3.10.22	Кизкетен	4796075.870	715363.777	52.10	Нукус
3.10.22	Ниятбай	4693830.324	719605.309	49.427	Нукус
23.02.21	Туямуян	4615397.070	300915.210	64.76	Ургенч
21.11.19	Осн.реп.	4530602.470	705955.260	334.20	Джум

Примечание: Данные таблицы получены автором

Произведены не только ГНСС наблюдения на гидрологических постах, но и нивелирование с помощью нивелиров. По результатам ГНСС измерений и показаний мобильного навигатора были получены прямоугольные координаты реперов двух станций в проекции Гаусса-Крюгера (Таб.4), а также в WGS84.

Средние значения измеренных координат по всем составляющим почти имеют одинаковый тренд, что говорит о равноточных измерениях на коротком интервале времени. Геометрический фактор PDOP этих измерений варьируется в пределах 0.8-1.9. Это зависит не только от конфигурации спутников на небосводе, но и от точности топоцентрических координат по составляющим E , N , U и средней квадратической ошибки единицы веса σ_0 .

$$PDOP = \frac{\sqrt{\sigma_E^2 + \sigma_N^2 + \sigma_U^2}}{\sigma_0} \quad (8)$$

Результаты ГНСС измерений на одном из гидрологических постов г. Нукус показали, что дисперсия прямоугольных координат и высот основного репера находится в пределах требуемой точности для геодезических измерений (рис.6). Отсутствие техногенных преград привели к тому, что точность оказалась на уровне $\pm 5-6$ мм. Для детального исследования точности координат пунктов, следует выполнить измерения при различных климатических условиях и разными GNSS приемниками.

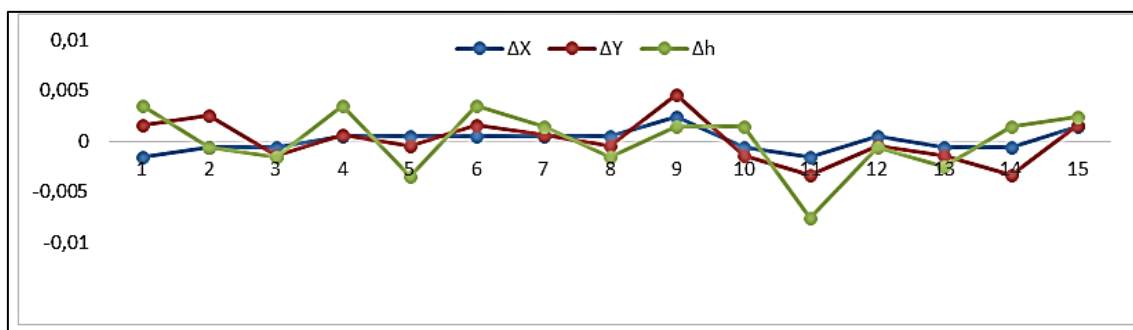


Рисунок 6. Изменение координат пункта гидропоста “Саманбай”

В связи с переходом на новые геоинформационные технологии, некоторые Республики Центральной Азии перешли на современную систему координат WGS84 без учета угловых параметров преобразования, т.е. углов Эйлера или Кардано, что является приближенной с математической точки зрения. Поэтому существующая GNSS сеть республик ЦА не связана между собой одной системой, что приводит к определенным трудностям при проектировании общих объектов и сооружений. К сожалению, постоянно действующих GPS станций в регионе мало и они не редуцированы к международной геодезической системе координат ITRF. Наиболее целесообразным и оперативным способом решения этой проблемы является использование международной GPS станций (IGS) и пунктов CATS сети.

Оптимальная конфигурация этих пунктов в Узбекистане, Таджикистане, Киргизии и Казахстане дает основание к разработке международной программы по проектированию Центрально – Азиатского ГНСС полигона, которая могла бы стать метрологическим полигоном всех спутниковых навигационных измерений.

Известно, что часть территории Узбекистана расположена в сейсмоактивной зоне и результаты наземных измерений подвержены определенным изменениям, которые влияют на точность координат пунктов. Исследованию этих изменений посвящена **пятая глава** данной диссертации.

Использованию классических геодезических измерений для целей геодинамики можно отнести работы Райзмана А.П. и его коллег. Они выполнили несколько циклов геодезических измерений в наиболее активных, в сейсмическом отношении, зонах Узбекистана. С 1966 года по 2005 годы на Ташкентском геодинимическом полигоне проводились линейно-угловые и

навигационные измерения аэрогеодезическим предприятием главного управления геодезии и картографии, а также институтом Сейсмологии академии наук Республики Узбекистан.

Произведены более точные спутниковые измерения центром изучения Земли (GFZ, Потсдам, Германия) по международной программе CATS. По результатам нескольких циклов измерений с 1992 по 1998 вычислена скорость смещения микроплиты, которая получилась примерно 2.3 см/год. Поскольку с момента установки пунктов CATS прошло более 40 лет, то возникает проблема о сохранности и устойчивости этих пунктов.

Анализ вычислений показал, что координаты всех пунктов подвержены изменению с течением времени. Особенно это касается пунктов, которые расположены вблизи горно-добывающих объектов или в окрестности, где проходят грунтовые воды. Результаты вычислений показали, что пункты Angr и Adra имеют значительное смещение (рис.7), чем остальные пункты. Это обусловлено тем, что указанные пункты расположены в районах, где происходит добыча полезных ископаемых.

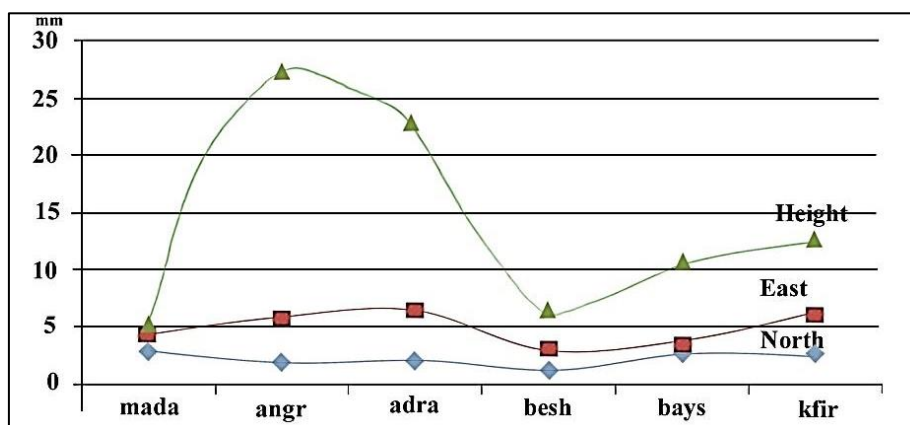


Рисунок 7. Точность координат пунктов

В 2019-2022гг. произведены полевые ГНСС измерения на пунктах геодинамической сети CATS №4 ALMA, №5 CIRC, №9 ANGR, расположенных в наиболее тектонических зонах Ташкентской области. Вычисленные погрешности находятся в пределах допустимой и удовлетворяют требованиям геодезических измерений на пунктах геодинамических полигонов. Значение погрешности составляющих векторов выполнено по методу наименьших квадратов с доверительным интервалом 1σ : ± 1.7 мм для плановых координат, ± 5.7 мм для вертикального составляющего. Средняя квадратическая погрешность для пунктов геодезической сети составила: ± 7.0 мм в плане, ± 20.3 мм по высоте. Для приведенных координат пунктов проекта CATS были произведены вычисления отклонения геоида относительно эллипсоида WGS84. Локальная точность сети составила 1-3 мм по координате x , y и 5 мм по высоте методом Гельмерта.

Выполнена математическая обработка результатов ГНСС измерений, где вычислены координаты пункта и средняя квадратическая ошибка. В качестве примера были вычислены точности координат, полученные для

геодинамического пункта №5 ALMA вблизи карьера “Калмакир”. Для обработки результатов измерений была использована стандартная программа ТВС, с помощью которой координаты пунктов наблюдений в заданной системе координат, критерии точности, элементы ковариационной матрицы, а также графики флуктуации сигналов по каждому сеансу (рис.8). На основе полученных координат пунктов наблюдений была выполнена внешняя оценка точности с использованием дисперсионного анализа.

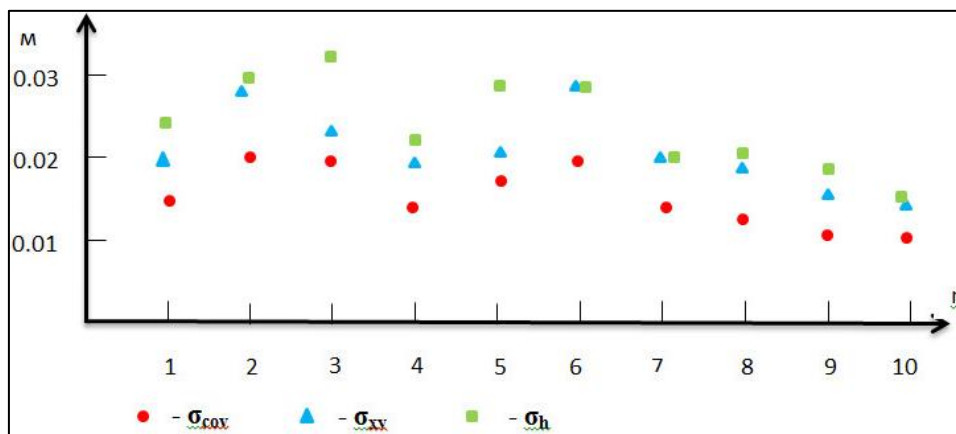


Рисунок 8. Распределение точности

Известно, что одним из распространенных методов уравнивания геодезической сети является стохастическая модель, которая дает информацию о точности измерений. Если же модель содержит ошибочную информацию, то результаты уравнивания и заключение о нем могут оказаться ненадежными. Стохастическая модель представляет ковариационную матрицу \vec{K}_{XYZ} , полученную при решении базовых линий:

$$\vec{K}_{XYZ} = \begin{bmatrix} \sigma_X^2 & \sigma_{XY} & \sigma_{XZ} \\ \sigma_{YX} & \sigma_Y^2 & \sigma_{YZ} \\ \sigma_{ZX} & \sigma_{ZY} & \sigma_Z^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где диагональные члены являются дисперсией приращений координат базовых линий, а недиагональные члены - их ковариацией.

При этом важно получать оценки точности относительных положений точек, а не их абсолютных положений.

Из рисунка 8 видно, что точность координат пункта находится в пределах допустимого и отвечает основным требованиям топографо-геодезических измерений, выполненных с помощью GNSS приемников.

Геодезические измерения, выполненные на полигоне “Таваксай”, позволили переопределить и повысить координаты пунктов ГГС относительно WGS84 и уровневой поверхности MSL. Произведены также измерения расстояний между пунктами на полигоне для определения изменений координат в горизонтальной плоскости. Одну из сторон геодезической сети предполагается использовать в качестве исходного базиса для локального геодезического полигона. В связи с этим произведены измерения

наклонной дальности с помощью электронного тахеометра Trimble M3 DR5 и GNSS приемника Trimble R4. Оценка точности измерения длины базиса показала, что средняя квадратическая ошибка двумя методами находятся в хорошем согласии.

Последняя шестая глава охватывает вопросы создания цифровых моделей рельефа и пространственных моделей местности. Особенно это касается горных районов территории Республики Узбекистан, где проходят границы, дороги и другие жизненно важные объекты. Вся территория Центральной Азии покрыта топографическими картами различного масштаба в системе СК42. Отсутствие цифровых карт в системе WGS84 приводит к определенным трудностям по привязке объектов к принятой системе координат. Информацию для создания цифровой модели местности можно получить из разных источников, но самым оперативным являются данные миссии SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Одной из задач этого проекта было радарное сканирование земной поверхности, в результате которой получена карта рельефа суши с разрешением 90м. Результаты сканирования могут быть использованы для картографирования территорий в масштабе 1:200000 и мельче не только в формате 2D, но и в 3D. Это создаёт впечатление трёхмерного рельефа, даже на двухмерном изображении. Для визуализации изображения используется трёхмерная модель всего земного шара с учётом высоты над уровнем моря.

Произведены координатные и некоординатные измерения спутника TOPEX/POSEIDON на измерительном комплексе “Майданак” (Узбекистан) с целью исследования рельефа поверхности и динамики снежного покрова горных массивов, а также получения мультиспектральных изображений северных районов. На территории Китабской широтной станции специалистами из Мюнхенского центра изучения Земли (Германия) совместно с научно-исследовательской лабораторией “Сириус” разработан проект по дистанционному зондированию с помощью приемно-передающей антенны SAR (Synthetic Aperture Radar). Дистанционное зондирование осуществлялось с помощью ИСЗ ERS1. На рисунке 9 приведен фрагмент цифровой карты Ташкентской области и прилегающих районов.



Рисунок 9. Снимок Ташкентской области по данным ИСЗ ERS1

Позже были запущены более точные и мультиспектральные ИСЗ GRACE, GOCE, оснащенные высокотехнологичными альтиметрическими модулями, позволяющими определять значения ускорения силы тяжести для исследования гравитационного поля Земли и построения цифровой модели геоида и рельефа. Использование различных спутниковых и наземных измерений позволит более точно определить форму рельефа горной поверхности для картографирования и уточнения нормальных высот на цифровых топографических картах и планах.

Поскольку ГНСС съемка местности является наиболее точной и оперативно, то для горной местности был использован GNSS приемник Trimble R4. В процессе ГНСС измерений использовался режим RTK для каждой пикетной точки. Расстояние между пикетами составило 100м, где был установлен ровер. По результатам пикетных точек построены цифровой план местности в программном обеспечении CREDO и пространственная цифровая модель рельефа района Таваксай в “Surfer”.

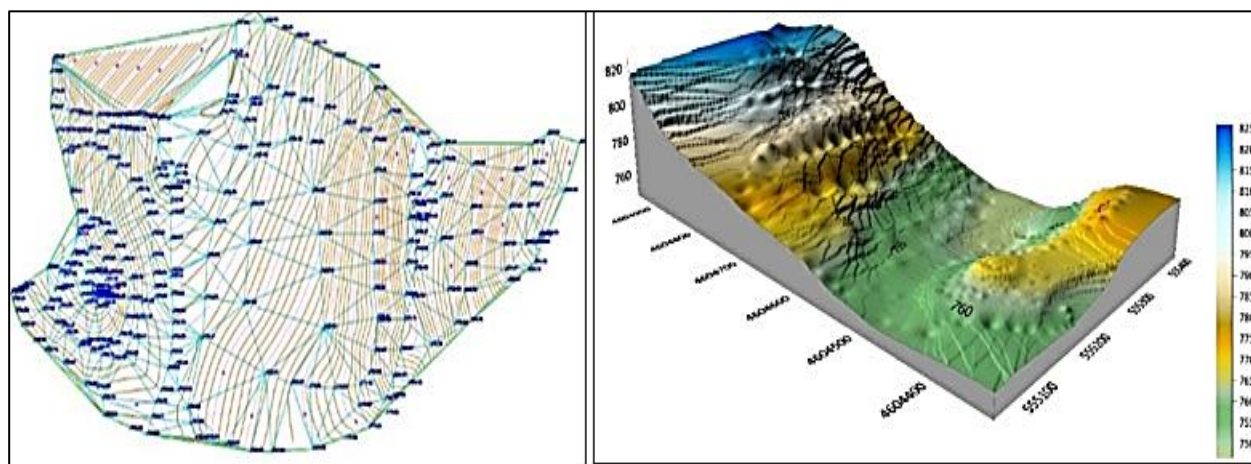


Рисунок 10. Цифровая модель рельефа: 2D и 3D Таваксай

Как уже выше было описано, цифровые модели местности и рельефа оперативным путем можно получить по данным SRTM, используя программное обеспечение SURFER или другие геоинформационные системы “Панорама”, ArcGIS. Для того, чтобы построить более точную и детальную цифровую карту, необходимо иметь исходные данные с высоким разрешением. На рисунке 11 представлены ЦМР горного участка вблизи г. Алмалык, построенные по данным SRTM, топографической карте масштаба 1:25000 и наземным ГНСС измерениям. Также же приведены графические изображения вертикального профиля между двумя точками для трех моделей. Естественно, результаты наземных измерений с помощью GNSS Trimble R4-3 являются более точными, чем по SRTM и топографическим картам.

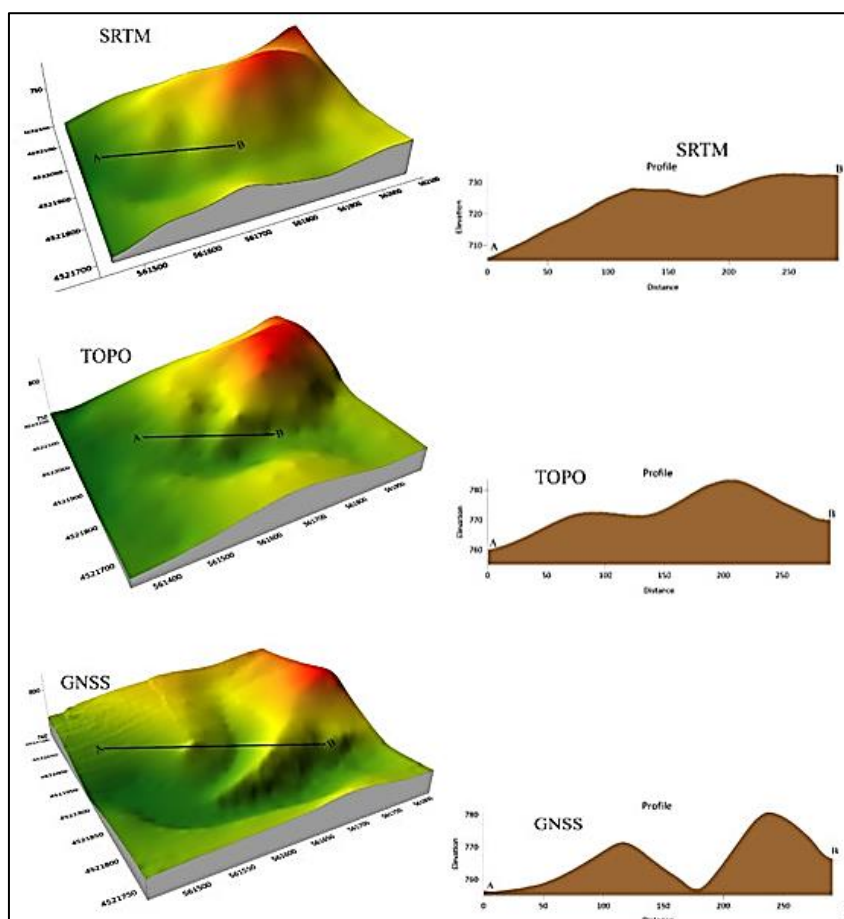


Рисунок 11. ЦМР горной местности вблизи г.Алмалык

Таким образом можно сделать вывод от том, что спутниковые технологии и глобальные навигационные спутниковые системы позволяют решать ряд вопросов, связанных с созданием цифровых топографических карт, цифровых моделей рельефа и местности, а также пространственным анализом сложных участков территории Республики Узбекистан, где проходят административно-территориальные границы. Помимо этого, результаты цифровых моделей могут быть использованы при инженерно-изыскательских и земельно-строительных работах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты диссертации можно сформулировать следующим образом:

1. Произведено исследование неполярного изменения движения мгновенного полюса Земли на основе оптических и навигационных наблюдений, а также определено среднее значение смещения составляющего вектора скорости международного пункта “Китаб” 2.65 см в год. Эти данные учитываются при вычислении геоцентрических прямоугольных координат ИСЗ и прогнозирования траектории на определенный интервал времени.

2. На основе вычислений координат пунктов между СК42 и WGS84 получены значения поправок по долготе и широте для топографических карт масштабов 1:5000-1:100 000 с целью уточнения координат объектов.

3. Определена точность (5.0 см) топоцентрического расстояния позиционных и спутниковых навигационных наблюдений космических тел на основе оптических и радиотехнических измерений, а также факторов, влияющих на траекторию движения специальных геодезических и геофизических спутников. Это даст возможность уточнить параметры общеземного эллипсоида и определить основные параметры локального эллипсоида Узбекистана.

4. Разработаны методы промежуточных орбит с касаниями производных второго и третьего порядков в дифференциальных уравнениях кеплеровской орбиты. В результат можно прогнозировать траекторию космического тела на длительный интервал времени для уточнения элементов орбит и вычисления геоцентрических координат пунктов.

5. По результатам ГНСС измерений определены и уточнены координаты пунктов геодезической сети в окрестности карьеров “Калмагир” и “Мурунтау” точностью 0.016м. Эти результаты могут быть использованы при инженерно-строительных и топографо-геодезических и кадастровых работах, а также во время проектирования особо важных сооружений Республики Узбекистан.

6. Определены значения координат основных, рабочих, контрольных реперов и водомерных реек прибрежных зон основных рек Республики Узбекистан с помощью геодезических инструментов и спутниковых навигационных приемников с точностью 0.027м. Полученные результаты дадут возможность выполнения мониторинга водного баланса и вычислить относительную высоту уровня водной поверхности.

7. На основе ГНСС измерений вычислены высокоточные координаты пунктов геодезической и геодинамической сети в горных районах Ташкентской области для исследования тектонических смещений микроплит, а также мониторинга геодинамических процессов в сейсмических зонах Узбекистана.

8. По результатам ГНСС построены цифровые модели рельефа горных районов и произведен сравнительный анализ с данными SRTM, картой масштаба 1:25000. Полученные результаты дают картографическую основу для проведения границ, инженерно-строительных работ и проектирования объектов.

**ONE-TIME SCIENTIFIC COUNCIL AT THE SCIENTIFIC COUNCIL
AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES DSc.03/30.12.2019.Gr.01.06
AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

MIRMAKHMUDOV ERKIN RAKHIMJANOVICH

**SCIENTIFIC AND PRACTICAL BASIS OF THE USE OF SPACE BODIES
FOR OPTIMIZATION OF GEODETIC AND CARTOGRAPHIC WORK IN
UZBEKISTAN**

11.00.06 – Geodesy. Cartography

**ABSTRACT OF DOCTOR OF SCIENCE DISSERTATION (DSC)
ON GEOGRAPHICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The theme of doctoral dissertation (DSC) on geographical science was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under the number B2017.1.DSc/Gr15

The doctoral dissertation has been prepared at the National University of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation in three languages Uzbek, Russian, English (resume) is placed on website (www.nuu.uz) and information-educational portal Ziyonet at the address (www.ziyonet.uz).

Scientific adviser: **Safarov Eshkabal Yuldashevich,**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Reymov Pulat Rasbergenovich**
doctor of geographical sciences, ass.professor

Sayyidkosimov Sayyidjabor Sayyidkosim ugli
doctor of technical sciences, professor

Nuritdinov Salokhitdin Nasretdinovich
doctor of physics and mathematics sciences, professor

Leading organization: **“Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers” National Research University**

The defense of the dissertation will take place 27 April 2024 in 11:00 at the meeting of one-time Scientific council at the Scientific council DSc.03/30.12.2019.Gr.01.06 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, Universitet street 4. Tel: (+99824) 246-53-21; Fax:(+99824) 246-53-21; 246-02-24, E-mail: ik-geografiya.nuuz@mail.ru). Faculty of Geography and GIS of the National University of Uzbekistan).

The doctoral dissertation can be found at the Information Resource Centre of the National University of Uzbekistan (registered with №____) at the address: 100174, Tashkent, Universitet street 4. Tel: (+99824) 246-53-21;

Abstract of dissertation has distributed on 17 April 2024 year.
(Protocol at the register №59 on 17 April 2024 year).

Sh.M.Sharipov

Chairman of the one-time scientific council for awarding scientific degrees, doctor of geographical sciences, associate professor

K.A. Khakimov

Scientific secretary of the one-time scientific council for awarding scientific degrees, PhD in geographical sciences,

Z.N.Tojjeva

Chairwoman of the one-time scientific seminar under the one-time scientific council for awarding scientific degrees, doctor of geographical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract to DSc thesis)

The purpose of the research. Development a scientific and practical basis for optimizing the planned-altitude substantiation of a geodetic network near especially important objects of the Republic of Uzbekistan based on observations of space bodies.

The objects of the research work are stations of the international geodetic network, points of the geodetic and geodynamic network, as well as hydrological benchmarks of the Republic of Uzbekistan.

The scientific novelty of the research work consists of the following:

a method has been developed for calculating differential corrections between the SK42 and WGS84 coordinate systems used for rectangular coordinates of the Gauss-Kruger map projection based on ground-based and satellite measurements;

the methodology for calculating the intermediate orbit of an artificial satellite using the Encke method has been improved, taking into account the gravitational potential of the Earth, as well as the resistance of the Earth's atmosphere at various geocentric distances;

the methodology for calculating (Molodensky, Helmert) the deformation displacements of points of the Central Asian Tectonic and Geodetic Network based on GNSS measurements has been improved for the general adjustment of the geodetic network of the Republic of Uzbekistan;

a method has been developed for clarifying the rectangular coordinates and heights of points of hydrometeorological stations of the coastal zones of the main rivers of the Republic of Uzbekistan using GNSS measurements;

a method has been developed for optimizing the geodetic condensation network around mining sites using satellite data and ground-based electro-optical measurements to calculate the spatial coordinates of points;

digital relief models of mountainous regions of the Republic of Uzbekistan have been developed based on field navigation satellite measurements and geoinformation technologies.

Implementation of the research results: Based on the obtained scientific results on positional observations of space bodies and data from satellite navigation systems:

improved theoretical foundations for optimizing geodetic coordinate systems and methods for their transformation based on the results of ground-based and satellite measurements are included in the textbook "Geodesy", which are used in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Ministry of Higher and Secondary Special Education of the Republic of Uzbekistan dated 30 June 2020 No. 359-395). As a result, this will allow students to improve their skills in using differential corrections to the Gauss-Kruger projection, which is used to create topographic maps at scales of 1:5,000 - 1:100,000 in the Republic;

the method for calculating geocentric coordinates based on intermediate orbits has been improved, taking into account the influence of the Earth's gravitational potential and atmospheric resistance, using topocentric coordinates of

geosynchronous and geodetic satellites of the Earth in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan dated April 07, 2023 No. 03-08-118). Based on the results of calculations, it is possible to clarify the parameters of the global ellipsoid and increase the accuracy of the fundamental coordinate system;

methods have been developed for calculating changes in coordinates for the Central Asian Tectonic and State geodetic networks in order to determine deformation processes in the upper layers of the Earth's mantle, which can be used as control points in the general adjustment of the satellite geodetic network in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan dated April 7, 2023 No. 03-08-118). As a result, it becomes possible to clarify the coordinates of geodynamic points and particularly important objects;

a method has been developed to increase the accuracy of coordinates and heights of level posts of hydrological stations of the coastal zone of the main rivers of the Republic of Uzbekistan using GNSS, which will be used to determine coordinates in the WGS84 system in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan dated April 7, 2023 No. 03-08-118). As a result, it becomes possible to clarify the height of the level water surface relative to the coordinates of hydrological posts;

to improve the accuracy of the coordinates of the geodetic network near quarries and optimize the geodetic network of condensation around mining sites based on satellite data and ground-based electro-optical measurements in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan, it was used in calculating the spatial rectangular coordinates of geodetic network points (Help Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan dated April 7, 2023 No. 03-08-118). As a result, opportunities have been created for surveying and excavation work around the quarry;

the constructed spatial digital relief models of mountainous areas using geoinformation technologies and satellite navigation data will be implemented for the national atlas and digital maps of border areas in 2D and 3D format in the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan (Certificate of the Cadastral Agency under the Ministry of Economy and Finance of the Republic of Uzbekistan dated April 7, 2023 No. 03-08-118). As a result, the scientific and practical basis for clarifying the national atlas of Uzbekistan "Relief" was created.

The structure and volume of the thesis. The structure of the thesis consists of an introduction, six chapters, a conclusion, a list of references. The volume of the thesis is 200 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKES

I bo'lim (I часть; I part)

1. Мирмахмудов Э.Р. Использование космических тел в геодезии и картографии. Монография. - Ташкент: Университет, 2021. – 152 с.
2. Kadyrova N., Mirmakhmudov E., Chernetenko Yu., Photographic Observations of the Minor Planet 1 Ceres in Tashkent in 1951–1994 // Solar System Research. USA.2003. V.37, № 1. Pp. 83-86 (Йирик нашриётлар ва маълумотлар базаси: Scopus №3. IF - 0.8 (2017-2022)).
3. Мирмахмудов Э.Р. Краткий обзор оптических наблюдений ИСЗ в Узбекистане // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. Тошкент., 2011, №38. - С. 179-181. (11.00.00; №6).
4. Мирмахмудов Э.Р., Хамраев Ж.А. О выборе новой системы координат Узбекистана // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. Тошкент -2012, №40. С. 190-193. (11.00.00; №6).
5. Мирмахмудов Э.Р. Первые исследования фигуры геоида в районе Ферганской долины // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. Тошкент, 2013. №41. - С.164-166. (11.00.00; №6).
6. Мирмахмудов Э., Кудратов С. Об улучшении точности координат пунктов геодезической сети в окрестности Ангрено-Алмалыкской промышленной зоны // Ўзбекистон география жамияти ахбороти. Тошкент 2017, №49. С.191-194. (11.00.00; №6).
7. Мубораков Ҳ., Мирмахмудов Э.Р., Рўзиев А.С., Тошонов Б.Ш. Ўқув мақсадлари учун таянч нукталарнинг дастлабки координатларини GNSS ўлчашлари билан аниқлаш // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. Тошкент 2019. 56 жилд. 284- 289 б. (11.00.00; №6).
8. Mirmakhmudov E. Abdumuminov B., Begimkulov O. Using GIS Panorama to build digital elevation models in National university of Uzbekistan// Ўзбекистон География жамияти ахбороти. Тошкент. 2018, Махсус жилд. -Б.55-59.
9. Мубораков Ҳ., Мирмахмудов Э.Р., Рўзиев А.С., Юсупжонов О. Некоторые требования к национальной референцной системе координат Узбекистана // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – Тошкент, 2020. №58. – С. 116. (11.00.00; №6).
10. Мирмахмудов Э.Р., Махаматова В.У., Кутумова Г.С. К вопросу об изменении географических координат пунктов Узбекистана // Ўзбекистон География жамияти ахбороти. – Тошкент. 2021. 59 жилд. 145-151 б. (11.00.00; №6).
11. Мирмахмудов Э.Р., Абдумуминов Б.О., Ковалев Н.В. Анализ сегментации изолиний топографических карт в ГИС “Панорама” для горных районов Сурхандарьинской области // Центрально-Азиатский журнал географических исследований. Чирчик. 2022, № 1-2. С. 85-93. (ОАК Rayosatining 2022 yil 31 maydagi 317/5-son qarori).

12. Мирмахмудов Э.Р., Тошонов Б.Ш., Глеумуратова Г.М., Тастемирова М.Г. Анализ точности наклона водомерной рейки гидрологического поста “Чиназ”. Центрально-Азиатский журнал географических исследований. Чирчик. 2023, № 3-4. С.133- 141. (OAK Rayosatining 2022 yil 31 maydagi 317/5-son qarori).

II bo‘lim (II часть; II part)

13. Мирмахмудов Э.Р. Космическая геодезия. Учебник. - Ташкент: Университет, 2023. – 203 с.

14. Mirmakhmudov E. Geodesy. Textbook. -Tashkent: Mari’fat, 2024.-168 p.

15. Batrakov Yu.V., Mirmakhmudov E.R. On effectiveness of using intermediate orbits for computing the perturbed motion. International Conference. Proceedings of the 1 SPAIN-USSR Workshop on positional astronomy and celestial mechanics. Spain, Valencia, 1991. Pp.71-73.

16. Mirmakhmudov E. Summary report of Astronomical Institute investigations on the small bodies during 1922-1995// Memoria della Societa “Astronomica Italiana”, Italia.2002. Vol.73, № 3. Pp.655-657.

17. Mirmakhmudov E. Modification of the reference frame of Uzbekistan topographic maps based on the GNSS // Coordinates. India. 2017. XIII, № 04. Pp.7-12.

18. Mirmakhmudov E., Gulyamova L., Juliev M. Digital elevation models based on the topographic map // COORDINATES. Volume XV, Issue 1, 2019.Pp. 32-37.

19. Мубораков Х., Мирмахмудов Э., Рузиев А., Тошонов Б. Определение предварительных координат контрольных точек с помощью GNSS измерений для учебных целей//Научно-технический журнал. Проблемы архитектуры и строительства. Спец. выпуск. - Самарканд., 2019. - С. 53-58.

20. Mirmakhmudov E., Nazirova D., Abdumuminov B. On the determination of the coordinates of hydrological stations based on GNSS in Uzbekistan // Scientific and technical magazine: Problems of architecture and construction. Special volume. Samarqand. 2019. Pp.78-81.

21. Mirmakhmudov E., Niyazov V., Makhamatova V., Muminova N. Analysis of changes in the coordinates of the “Tavaksay” geodynamic polygon //E3S Web of Conferences. Volume 310 (2021). Annual International Scientific Conference “Spatial Data: Science, Research and Technology 2021”. Moscow, Russia, May 24-26, 2021.

22. Мирмахмудов Э.Р., Абдумуминов Б.О. Построение цифровой модели горного участка по топографическим картам //Научно-теоретический журнал. Наука, образование и культура. 2020. №2 (46). - С. 78-82.

23. Мирмахмудов Э.Р. О необходимости создания ГНСС полигона для республик Центральной Азии // Вестник науки и образования. – М., 2020. №6 (84). Часть 1. - С. 108-111.

24. Мирмахмудов Э.Р. Предварительный анализ точности координат уровенных постов Узбекистана // Научный журнал. Наука, техника и образование. – М., 2020. №4(68). - С. 114-118.

25. Мирмахмудов Э.Р. К вопросу об изменении координат геодезических пунктов Узбекистана. Сборник статей по материалам II - международной научно-практической конференции. 7 апреля 2020. - С. 307-316.

26. Мирмахмудов Э.Р., Гулямова Л.Х., Щукина О.Г. О точности исходных данных для построения цифровой модели рельефа. Вестник науки. Сборник статей по материалам II - Международной научно-практической конференции. – Уфа., 3 июля 2020. - С. 76-86

27. Мирмахмудов Э.Р. К вопросу о неполярных изменениях географических широт в Узбекистане. Вестник науки. Сборник статей по материалам II - Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2020. - С.119-129.

28. Мирмахмудов Э.Р. Анализ точности оптических методов наблюдений космических тел в Узбекистане//Вопросы науки и образования. М., 2020. №30 (114). - С. 45-57.

29. Мирмахмудов Э.Р. Построение промежуточных орбит небесного тела с касаниями второго и третьего порядка // The scientific heritage. Budapest, Hungary. 2020. V.1, №53. - Pp. 36-41.

30. Мирмахмудов Э.Р., Махаматова В.У., Ниязов В.Р. Ўзбекистон республикаси худудининг геодинамик региониди олиб борилган геодезик ўлчашлар аниқлигини таҳлил қилиш //Научно-технический журнал. Проблемы архитектуры и строительства. - Самарканд., 2021, №3. - С. 45-96.

31. Мирмахмудов Э.Р., Ниязов В.Р., Тошонов Б., Махаматова В. Анализ метода трилатерации для локальных изменений координат пунктов на геодинимическом полигоне “Таваксай” //Научный журнал: 7 Universum. – М., 2021. №6 (87). – С. 28-31.

32. Мирмахмудов Э.Р., Ковалев Н.В., Ниязов В.Р., Рахимова М.Х. Оптимальный метод проектирования геодезической сети сгущения вблизи карьера //Научный журнал: 7 Universum. – М., 2021. №6. - С.83-87.

33. Mirmakhmudov E., Niyazov V., Tleumuratova G., Toshonov B. GNSS in Uzbekistan for hydrology //Coordinates. 2021. Vol. XVII, № 6, Pp.12-15.

34. Мирмахмудов Э.Р., Ковалев Н.В., Махаматова В.У. Краткий обзор исследований по определению смещения координат пунктов в Узбекистане. Вестник науки. Сборник статей по материалам V Международной научно-практической конференции. - Уфа, 2021. - С. 154-166.

35. Мирмахмудов Э.Р., Ковалев Н.В., Ниязов В.Р., Рахимова М.Х. Некоторые требования по проектированию опорной геодезической сети сгущения вблизи карьера // Вестник науки. 2021. №6-1. - С. 259-269.

36. Мирмахмудов Э.Р., Ниязов В.Р. К вопросу об использовании хорды между геодезическими пунктами вблизи карьера “Мурунтау” //Научно-технический журнал. Проблемы архитектуры и строительства. - Самарканд. 2021, №4. - С. 93-96.

37. Ковалев Н.В., Мирмахмудов Э.Р., Рахимова М.Х. Анализ точности геодезических работ на дамбе объединённого хвостохранилища АГМК. //Глобальная наука и инновация 2021: Центральная Азия». Научно-практический журнал. – Нурсултан., Казахстан, 2021. № 3. - С. 34-37.

38. Мирмахмудов Э.Р., Тастемирова М.Г. Об использовании спутниковой альтиметрии в геодезии Узбекистана. Вестник науки. Инновационные научные исследования // Научный журнал. - Уфа., №12-2, 2021. - С.146-161.

39. Мирмахмудов Э.Р., Ниязов В.Р. Промежуточные исследования геодезической сети в окрестности карьера “Мурунтау”//Научно-практический и инновационный журнал. Земля Узбекистана. Тошкент. 2022. №3. - С. 74-80. (ОАК Rayosatining 2020 yil 1 dekabr 01-06/1733 son qarori).

40. Мирмахмудов Э.Р., Ниязов В.Р., Абдумуминов Б.О.,Тлеумуратова Г.М. Об основных требованиях и допусках к планово-высотной основе уровенных постов Узбекистана//Научно-практический и инновационный журнал. Земля Узбекистана. 2022. №4. – С. 55-63. (ОАК Rayosatining 2020 yil 1 dekabr 01-06/1733 son qarori).

41. Мирмахмудов Э.Р., Тлеумуратова Г.М., Ниязов В.Р. Рекогносцировка и ГНСС измерения на уровенных постах низовья реки Амударья //Научно-технический журнал. Проблемы архитектуры и строительства. - Самарканд., 2022. №2. - С. 137-141.

42. Мирмахмудов Э.Р., Тошонов Б.Ш., Муминова Н.А., Тастемирова М.Г. Создание цифровой модели рельефа холмистой местности вблизи АГМК на основе ГНСС измерений. Научно-практический и инновационный журнал: Земля Узбекистана. 2023, № 4, С. 63-67. (ОАК Rayosatining 2020 yil 1 dekabr 01-06/1733 son qarori).

43. Мирмахмудов Э.Р., Рахмонов Д.Н., Тошонов Б.Ш., Нуратдинов А.У. Об основных требованиях к тахеометрической съёмке холмистой местности. 7Universum. 2023, 5(110). С. 50-54.

44. Мирмахмудов Э.Р., Тастемирова М.Г. Об исходных данных цифровой модели рельефа города Ташкента. Интерэкспо Гео-Сибирь. XIX Международный научный конгресс. Сборник материалов. Т.1 Международная научная конференция «Геодезия, Геоинформатика, Картография, Маркшейдерия». №2 Новосибирск, СГУГиТ. 2023.С.43-50.

Avtoreferat «O‘zbekiston geografiya jamiyati axboroti» jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i: 3,75. Adadi 100 dona. Buyurtma № 20/24.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko‘chasi, 83-uy.