ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ, АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ, ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ Ds.27.06.2017.FM/T.33.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ

ФАЗИЛОВА ДИЛБАРХОН ШАМУРАДОВНА

СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ АСОСИДА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ КООРДИНАТАЛАР РЕФЕРЕНЦ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

01.03.01 – Астрономия

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2018

УДК: 521.93; 528.0631

Докторлик (Doctor of Science) диссертацияси автореферати мундарижаси

Оглавление автореферата докторской (Doctor of Science) диссертации

Content of the thesis of doctoral (Doctor of Science) dissertation Abstract

Фазилова Дилбархон Шамурадовна
Сунъий йўлдош технологиялари асосида Ўзбекистон миллий координаталар референц тизимини ишлаб чиқиш .....…… 3

Фазилова Дилбархон Шамурадовна
Разработка национальной референцной системы координат Узбекистана на основе спутниковых технологий .....…… 25

Fazilova Dilbarkhon Shamuradovna
Development of the national reference coordinate system of Uzbekistan on base satellite technologies……..……...…… 47

Эълон қилинган ишлар рўйхати
Список опубликованных работ
List of published works…….. 55

ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ, АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ, ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ Ds.27.06.2017.FM/T.33.01 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ

АСТРОНОМИЯ ИНСТИТУТИ

ФАЗИЛОВА ДИЛБАРХОН ШАМУРАДОВНА

СУНЪИЙ ЙЎЛДОШ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ АСОСИДА ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ КООРДИНАТАЛАР РЕФЕРЕНЦ ТИЗИМИНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ

01.03.01 – Астрономия

ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ (DSc) ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ

Тошкент – 2018

Фан доктори (DSc) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2017.4.DSc/FM106 рақам билан рўйхатга олинган.

Докторлик диссертацияси Астрономия институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (www.inp.uz) ва «Ziyonet» Аҳборот таълим порталида (www.ziyonet.uz) жойлаштирилган.

Илмий маслаҳатчи:	**Эгамбердиев Шухрат Абдуманнапович**, физика-математика фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон республикаси Фанлар академияси академиги
Расмий оппонентлар:	**Малкин Зиновий Меерович**, физика-математика фанлари доктори, катта илмий ходим
	Хусомиддинов Сабриддин Самарович, физика-математика фанлари доктори, профессор
	Ильясов Сабит Пулатович, физика-математика фанлари доктори, катта илмий ходим
Етакчи ташкилот:	**Россия Фанлар Академияси Астрономия институти**

Диссертация ҳимояси ЎзР ФА Ядро физикаси институти, Астрономия институти, Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги Ds.2706.2017.FM/T.33.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2018 йил «____»_____соат____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100124, Тошкент ш, Улуғбек қўрғони, Ядро физикаси институти. Тел.: (+99871) 289-31-41; факс: (+99871) 289-36-65; e-mail: info@inp.uz).

Диссертация билан Ядро физикаси институтининг Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (_____ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100124, Тошкент ш, Улуғбек қўрғони, ЯФИ. Тел. (+99871) 289-31-19).

Диссертация автореферати 2018 йил «_____» _____ куни тарқатилди.
(2018 йил «_____»_____даги_____рақамли реестр баённомаси).

М.Ю.Ташметов,
илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш раиси, ф.-м.ф.д., профессор

Р.Ярмухамедов,
илмий даражалар берувчи
Илмий кенгаш котиби, ф.-м.ф.д., профессор

И.Нуритдинов,
илмий даражасини берувчи
Илмий кенгаш ҳузуридаги
илмий семинар раиси, ф.-м.ф.д., профессор

КИРИШ (докторлик (DSc) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда жаҳонда Ер қаъри ва унинг сиртида рўй бераётган жараёнлар индикатори бўлмиш глобал ва минтақавий геодинамик ҳодисаларнинг механизмини қисқа вақт интервали учун космик геодезия усуллари ёрдамида миқдорий баҳолаш ва ўрганиш масалаларни ҳал қилишга катта аҳамият берилмоқда. Шу нуқтаи назардан, деструктив геодинамик жараёнларни ўрганишда миллиметрлар аниқлиги даражасида олиб боришга имкон берувчи Ер таянч координаталар тизимини ва репер-пунктлар тармоғини яратиш вазифаларини ҳал қилиш ўта муҳимдир.

Бугунги кунда жаҳонда алоҳида минтақалар ва давлатлар учун халқаро глобал таянч координаталар тизими ITRS (International Terrestrial Reference System)га интеграциялашув технологияси кўп йиллик астро-геодезик ўлчашлар ва геодезик космик аппаратлар кузатувларини биргалида таҳлил этиш асосида такомиллаштирилмоқда. Бу йўналишда мақсадли илмий тадқиқотлар олиб борилмоқда, жумладан: таянч станциялар координаталарининг юқори аниқликдаги каталогини тузиш, турли физик тизимлар орасидаги боғлиқлик параметрларини аниқлаш, ер сирти нуқталарининг уч ўлчамли ҳаракатини ўрганиш, турли кузатув тизимлари маълумотларини биргаликда қайта ишлаш усуллари ва алгоритмларини ривожлантириш.

Мамлакатимизда Ер геометрик шакли ва унинг геодинамик ўзгаришларини сунъий йўлдош ўлчашлари асосида вақтга боғлиқ ҳолда ўрганишга оид фундаментал тадқиқотларга катта эътибор берилмоқда. Таянч пунктлар Фундаментал астро-геодезик тармоғи (ФАГТ) ни яратиш, уни қуриш усуллари ва координаталари аниқлигини янги Глобал навигацион йўлдошлар тизимлари (Global Navigation Satellite System, GNSS) каби ўлчаш технологияларини жорий этиш йўли билан ошириш ва уни халқаро геодинамик тизимнинг амалдаги пунктлари (Китоб, Тошкент, Майданак ва Майдантол) билан биргаликда ишлатиш орқали координаталар аниқлигини оширишга қаратилган амалий соҳаларда ҳам сезиларли натижалар олинди. Лекин Ер сиртининг фаол тектоник ҳаракати йилига 3 – 5 см гача бўлган зонада жойлашган Ўзбекистон ҳудудида ҳозирги кунда статистик деформацияланган СК–42 координаталар тизими амал қилмоқда ва у йўлдош ўлчашлари аниқлиги талабларига жавоб бермайди. Ўзбекистон Республикасининг 2017–2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегияси[1] вазифаларини амалга ошириш учун замонавий инновацион йўлдош технологияларини татбиқ этиш ва юқори аниқликдаги ITRS кинематик позицион тизимига ўтиш орқали координата таъминоти самарадорлигини ошириш лозим.

[1] 2017 йил 07 февральдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” Ўзбекистон Республикаси Президентининг Фармони

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2013 йил 25 сентябрдаги ПҚ-2045-сонли «Миллий географик ахборот тизимини ташкил этиш» инвестиция лойиҳасини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисидаги Қарори, ЎзР Вазирлар Маҳкамасининг 2017 йил 27 декабрдаги 1022-сонли "Ўзбекистон Республикаси ҳудудида координаталар ҳалқаро геодезия тизимларини қўллаш ва улардан очиқ фойдаланиш тўғрисида"ги Қарори ҳамда ушбу соҳадаги бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялар ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг IV. "Информациялаштириш ва информацион-коммуникацион технологияларни ривожлантириш" устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Диссертация мавзуси бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи. Миллий геоцентрик таянч координаталар тизимини яратиш ва Ер ориентация параметрларини аниқлаш бўйича кенг қамровли илмий тадқиқотлар дунёнинг етакчи илмий марказлари ва олий ўқув юртларида, жумладан, Марказий геодезия, аэросъёмка ва картография марказий илмий-тадқиқот институти, Астрономия институти, Геофизик марказ, Сибирь давлат Геосистемалар ва технологиялар университети (Россия Федерацияси), Ҳукуматлараро геодезия ва картография қўмитаси (Австралия), Миллий геодезия хизмати (АҚШ), Ер тадқиқотлари маркази (Германия), Миллий география институти (Франция), Сиань Геодезия ва картография илмий-тадқиқот институти (Хитой), Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри қўмитаси, Сейсмология институти, Астрономия институти (Ўзбекистон)да олиб борилмоқда.

Жаҳон миқёсидаги замонавий кузатув усуллари ва координаталар асосини яратиш ва такомиллаштириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари бажарилиб, қатор илмий натижалар олинган, жумладан: тизим ичидаги деформация модели (Intra-Frame Velocity Model) АҚШ ҳудудида 2020 йилгача яратиладиган тўртта (NATRF2022, PTRF2022, CTRF2022, MTRF2022) координаталар тизимларининг асоси сифатида қабул қилинган (Миллий геодезия хизмати); классик астрономик ва сунъий йўлдош ўлчашларини оптимал бирлаштириш усули Россиянинг (Марказий геодезия, аэросъёмка ва картография марказий илмий-тадқиқот институти) ГСК2011 геодезик ва “1990 йил Ер параметрлари” (ПЗ-90.11) Умумер геоцентрик ҳамда Хитойнинг CGCS 2000 координата тизимини яратишда (Сиань Геодезия ва картография илмий-тадқиқот институти) асос сифатида қабул қилинган; таянч пунктлари координаталари ва ҳаракати тезлигини реал вақт режимида маълум эпоха учун аниқлаш Австралия GDA 2020 (Geocentric Datum of Australia GDA2020) кинематик геоцентрик координаталар тизимида (Геодезия ва картография бўйича ҳукуматлараро қўмита, Австралия) фойдаланиш учун таклиф қилинган; геотектоник районлаштириш асосида

пунктларнинг кинематик моделлари яратилган ва уларнинг ҳаракат тезликлари ҳисобланган (Астрономия институти, Геофизик марказ, Россия; Сейсмология институти, Ўзбекистон); Ер гравитацион майдони глобал модели маълумотлари нормал баландликларни ҳисоблаш учун қўлланилган (Ер тадқиқотлари маркази, Германия; Ислом университети, Эрон; Астрономия институти, Ўзбекистон).

Халқаро ITRS тизимининг маҳаллий ҳудудлари рельефи ва тектоник хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда интеграциялаш усулларини яратиш бўйича қуйидаги устувор йўналишлар бўйича тадқиқотлар олиб борилмоқда: квазигеоид ҳақидаги маълумотларни ўз ичига олган координаталарни алмаштириш математик моделини қуриш, қайта ишлаш усуллари ва пунктларнинг координаталари ўзгаришига ташқи муҳит (атмосфера, гидрологик ва б.) таъсирини ўрганиш, Ер глобал гравитацион модели маълумотлари асосида баландликлар рақамли маҳаллий моделларини қуриш.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Ҳозирги вақтда жахоннинг етакчи олимлари, масалан, россиялик (Г.Г. Демьянов, В.П. Горобец, Г.Г. Побединский, Е.Г. Гиенко), белоруссиялик (Н.И. Рудницкая), австралиялик (G. Glendon, R.Harvey, W. Featherstone), хитойлик (P.Cheng，H.Wen), испаниялик (L. Zurututa ва M. Sevila) томонидан тўғрибурчакли ўнг томонли Евклид фазосидаги координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрларини аниқлаш соҳасида катта ҳажмдаги назарий ва амалий ишларни бажардилар. Бу ишларнинг кўпчилигида 7 параметрли Гельмерт тўғрибурчакли координаталар ўтишидан фойдаланилган. Математик моделлаштириш ўтказиш, Кардано бурчакларига буриш ва масштаблаштириш операцияларидан фойдаланилган ва "умумий нуқталар” усулига асосланган. Лекин фақат нашр этилган алмаштириш параметрларидан ва квазигеоид тўғрисидаги маълумотлардан фойдаланилган, аммо уларнинг аниқлиги баҳоланмаган.

Умумлашган геотектоник районлаштириш моделлари геоцентрик координаталар тизимини қуришда ишлатилди. Пунктлар ҳаракати ва геодинамик қаторлар ташкил этувчилари таҳлили россиялик (Г.М.Стеблов, В.И. Кафтан), америкалик (D. Smith, R. Dan, S. Hilla), японияли к (J. Li, K.Miyashita, T.Kato, S.Miyazaki) ва жазоирлик (S. Knelifa) олимлар томонидан ўтказилган. Вақт қатори мавсумий ташкил этувчисининг ўзгариши таянч координаталар тизимини қуришда систематик хатоликларга (З.М. Малкин), маълумотларни қайта ишлаш моделида эса (J. Bogusz, A. Klos, G. Moreaux) таянч пункт барқарорлигига таъсир этиши анқланди. Ўзбекистон ҳудуди учун сунъий йўлдош ўлчашлари асосида горизонтал ва вертикал силжишлар харитаси тузилди (А.Р.Ярмухамедов, К.Е.Абдурахманов, К.Н. Абдуллабеков, А.В. Зубович, Л.А. Хамидов). Реал вақт режимида силжишларни баҳолаш ва зилзилани прогноз қилиш услубини яратиш бўйича тадқиқотлар ўтказилмоқда (С.С.Хусомиддинов). Лекин минтақаларнинг ҳозирги ҳаракатини аниқ баҳолаш учун австралиялик (J. Haasdyk) ва янгизеландиялик

(G. Blick, D. Grant) олимлар тадқиқотларида асосланган таянч пунктларининг вақт қаторларини прогнозлаш модели зарур.

Гравиметрик кузатиш ва шоқул чизиғининг оғишини кузатиш маълумотларини сунъий йўлдош ўлчашлари билан бирлаштириш орқали охирги йилларда Австрия (R. Pail, N. Kuhtreiber, B. Wiesenhofer, B. Hofmann-Wellenhof), Германия (R. Machotka, M. Kuruc, T. Volarik) ва Чехиянинг (C. Hirt, B. Bürki, A. Somieski) локал геоид моделлари қурилди. Ҳозирги вақтгача EGM2008, EIGEN-6C4 ва маҳаллий рақамли баландликлар модели учун йўлдош GNSS нивелирлаш каби Ер гравитацион майдони глобал моделларини амалда қўллаш имконияти деярли ўрганилмаган (В.Б. Непоклонов, А.П. Дмитренко).

Диссертация тадқиқотининг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасаси илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Астрономия институти амалий илмий-тадқиқотлар режасининг ФА-А17-Ф077 «Ўзбекистон геодезик базисининг аниқлигини ошириш, хавфли тектоник ҳодисаларни прогноз қилиш мақсадида Ер ионосферасининг паст частотали электромагнит нурланишларини тадқиқ этиш» (2009-2011); А5-ФА-Ф033 «Юқори частотали GNSS маълумотлар ва Ер атмосфераси F, D қатламлари мониторинги асосида баланд координитилар тизимининг аниқлигини ошириш усулини ишлаб чиқиш (2012-2014); ФА-А5-Ф014 «Замонавий глобал новигацион йўлдошлар тизими учун Ўзбекистон Республикаси учун унинг ҳудудий геодинамик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда геодезик асосларини яратиш» (2015-2017) илмий лойиҳалар доирасида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон Республикаси ҳудудида классик астрономик ва замонавий сунъий йўлдош технологиялари маълумотларини самарали жамлаш имконини берувчи ITRS (International Terrestrial Reference System) халқаро тизимини интеграциялаш йўли билан замонавий юқори аниқликка эга миллий геоцентрик координаталар тизимини ишга туширишни оптималлашдан иборат.

Тадқиқот вазифалари:

глобал навигацион йўлдош тизимлари GNSS технологияларидан фойдаланиб тизим яратишда Ўзбекистон Республикаси учун асосий ҳисоббоши тизимини танлаш;

ITRS глобал таянч координаталар тизими асосида миллий геоцентрик координаталар тизимини интеграциялаш ва такомиллаштириш усулларини ривожлантириш;

маҳаллий давлат СК–42 тизими ва ITRS глобал таянч координаталар тизими орасидаги ўтиш параметрларига республика ҳудудидаги маҳаллий рельеф факторлари таъсирининг катталигини баҳолаш ва тадқиқ этиш;

маҳаллий СК–42 давлат тизими ва ITRS геоцентрик координаталар тизими орасидаги ўтиш параметрларини ҳисоблаш усуллари ва дастурий таъминотни ишлаб чиқиш;

минтақадаги геофизик ва гидрологик жараёнлар маълумотларидан самарали фойдаланиш ва таҳлил қилиш учун вақт қаторларининг узоқ даврли мавсумий ташкил этувчилари катталикларининг прогноз моделларини яратиш;

Ўзбекистон ҳудудида нормал баландликлар тизимини ривожлантириш учун анъанавий классик нивелирлаш усулларига муқобил равишда энг янги EGM2008 и EIGEN–6C4 Ер гравитацион майдони глобал моделлар аниқлигини тадқиқ этиш;

GNSS ўлчашлар ва Ер гравитацион майдони глобал моделлари маълумотлари асосида нормал баландликлар рақамли тизимини шакллантириш усулларини яратиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида GNSS глобал навигацион йўлдош тизими ва бошқа илғор технологиялардан самарали фойдаланиш имконини берувчи юқори аниқликдаги замонавий координаталар асоси ва геодезик репер-пунктлар тармоғи олинади.

Тадқиқотнинг предмети трансформацион моделлар ва турли координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрлари физик реализацияси, Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги GNSS пунктларининг вақт қаторлари ҳамда прогноз моделлари, EGM2008, EIGEN−6C4 Ер глобал гравитацион моделларидир.

Тадқиқотнинг усуллари. СК–42 ва WGS–84 тизимлари орасидаги ўтиш параметрларини, вақт қаторлари таркибини аниқлаш ва нормал баландликлар рақамли моделини қуриш учун ўз ичига назарий умумлаштириш ва экспериментал тадқиқотларни математик моделлаштириш, маълумотлар базаси билан ишлаш ҳамда спектрал таҳлил қилиш комплекс усулларидан фойдаланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

республика ҳудуди учун миллий геоцентрик таянч координаталар тизимини танлаш ва уни оптимал ишлатишга оид техник тавсиялар ишлаб чиқилган;

геоцентрик тизимга ўтиш учун шоқул оғишини астрономик ўлчашлардан фойдаланиб, «умумий нуқталар»ни аниқлаш усули яратилган;

СК–42 маҳаллий координаталар тизимидан WGS–84 геоцентрик координаталар тизимига ўтишда амалиётда қўлланилаётган трансформация параметрлари аниқлигининг ҳудуд рельефига боғлиқлиги аниқланган;

республика ҳудудида СК–42 маҳаллий координаталар тизими ва WGS–84 геоцентрик координаталар тизими орасидаги координаталарини қайта ҳисоблаш учун алгоритмлар, математик моделлар ҳамда уларга мос дастурий мажмуа ишлаб чиқилган;

республика сунъий йўлдош тизимининг янги станциялари координаталарини ҳисоблаш учун юқори аниқликдаги позициялаш усулидан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилган.

доимий, мавсумий ва норегуляр ташкил этувчиларни аниқлаш, тектоник, гидрологик ҳамда техноген таъсирларни баҳолаш учун республика таянч

станциялари координаталари ўзгаришларининг прогноз модели ишлаб чиқилган;

EGM2008 Ер глобал гравитацион майдони модели ва GNSS−ўлчашлардан фойдаланиб, нормал баландликларни ҳисоблаш усули ишлаб чиқилган.

Тадқиқотнинг амалий натижилари қуйидагилардан иборат:

GNSS йўлдош тизими юқори аниқликдаги орбиталари ва соат тузатмаларини қўллаш асосида давлат тизими янги станцияларининг координаталарини ҳисоблаш учун оптимал усул яратилган;

шоқул чизиғи оғишини астрономик аниқлашлардан фойдаланиб, таянч пунктларнинг режавий координаталари маълумотлар базаси яратилган;

координаталарни СК–42 маҳаллий тизимидан WGS–84 геоцентрик координаталар тизимига ўтказиш учун дастурий таъминот яратилган;

республика таянч станциялалари координаталари ўзгаришининг тренди ва мавсумий ташкил этувчилари модели тузилган;

минтақа рақамли моделини шакллантириш учун турли хил интерполяция усуллари таҳлили бажарилган;

республика ҳудуди учун баландликларнинг ўзгариш бошланғич рақамли модели яратилган;

республика йўлдош тизими бошланғич пунктлари учун оғирлик кучи аномалияси миқдори баҳоланган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги замонавий математик моделлаш усулларининг қўлланиши билан асосланади. Бу усуллар асосида атроф-муҳит ташқи вақт қаторларига таъсирини ўрганиш учун алгоритм ва моделлар ҳамда бу алгоритмларни реализация қилувчи дастурий мажмуа яратилган. Иш натижаларига кўра минтақанинг кинематик модели параметрлари оптималлаштирилади.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти олинган моделларни турли ер координаталари тизими орасидаги параметрлар боғлиқлигини аниқлаш ва ер қобиғи нуқталарининг уч ўлчамли ҳаракатини баён қилиш учун қўллаш имконияти мавжудлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, олинган натижалар астро−геодезик ва сунъий йўлдош тизимларини бирга тенглаштириш, геотектоник районлаш моделини қуриш, гравитацион майдон параметрларини аниқлаш ҳамда маҳаллий геоидни қуришда қўлланилиши мумкин.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Ўзбекистон миллий координаталар референц тизимини ишлаб чиқиш асосида:

Ўзбекистон Республикаси ҳудудида таянч координаталар тизимини танлаш ва оптимал қўллаш, СК-42 маҳаллий координаталар тизимидан WGS-84 геоцентрик координаталар тизимига ўтиш параметрларини танлаш бўйича тавсиялар Тошкент вилояти ва Фарғона водийсида йўлдош тизими пунктлари координаталарини ҳисоблаш учун қўлланилган (Ўзбекистон Республикаси

Ер ресурслари, геодезия, картография ва давлат кадастри давлат қўмитасининг 2018 йил 1 майдаги 02-02-3413-сон маълумотномаси). Илмий натижаларининг қўлланилиши таянч станциялар ишининг ишончлилигини таъминлаш, реал вақт режимида ўлчашлар ўтказиш сифатини ошириш имконини берган;

юқори аниқликдаги позициялаш усули Китоб станциясида ва янги станциялар, Тошкент, Майданак, Майдонтол жойини танлаш учун ФА-А5-Ф016 «GPS-метеорология усули билан Ўзбекистон юқорисидаги тропосфера сув буғлари миқдорини оператив мониторинг қилиш» (2015-2017) амалий лойиҳа доирасида зенит тропосферик кечикишларини функционал моделини экспериментал асослашда фойдаланилган (Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг 2018 йил 28 майдаги 2/1255-1431−сонли маълумотномаси). Мазкур усул қўлланилиши кам техник ҳаражатлар билан GNSS станциялар баландликларини ўзгаришини баҳолаш имконини берган;

классик ўлчашлар, топографик хариталар ва баландликлар аномалияси ва EIGEN-6C4, EGM2008 гравитацион моделлар маълумотлари бўйича аниқланган нормал баландликларни ва оғирлик кучи тезланишининг аниқлаш услуби республика баландлик тизимини ўрнатишда фойдаланиш учун тавсия қилинган (Ўзбекистон Республикаси Геодезия ва картография миллий марказининг 2018 йил 1 майдаги 02-02-3413-сон маълумотномаси). Илмий натижаларининг қўлланилиши Республика ҳудуди учун аниқ геоиднинг йўқлигини эътиборга олган ҳолда, миллий геоцентрик координаталар тизимининг ягона баландлик ташкил этувчисини баҳолаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Мазкур тадқиқот 19 та халқаро ва 3 та республика илмий-амалий анжуманларида муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 36 та илмий иш нашр қилинган, шулардан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиянинг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 10 та мақола, шулардан 2 таси хорижий журналларда нашр этилган. ЎзР интеллектуал мулк Агентлигида ЭҲМ учун 3 та дастур қайд этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация таркиби кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхатидан иборат. Диссертациянинг ҳажми 165 бетни ташкил этади.

ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида ўтказилган тадқиқотларнинг долзарблиги ва зарурияти асослаб берилган; тадқиқотнинг мақсади ва вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларни амалиётга жорий қилиш, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

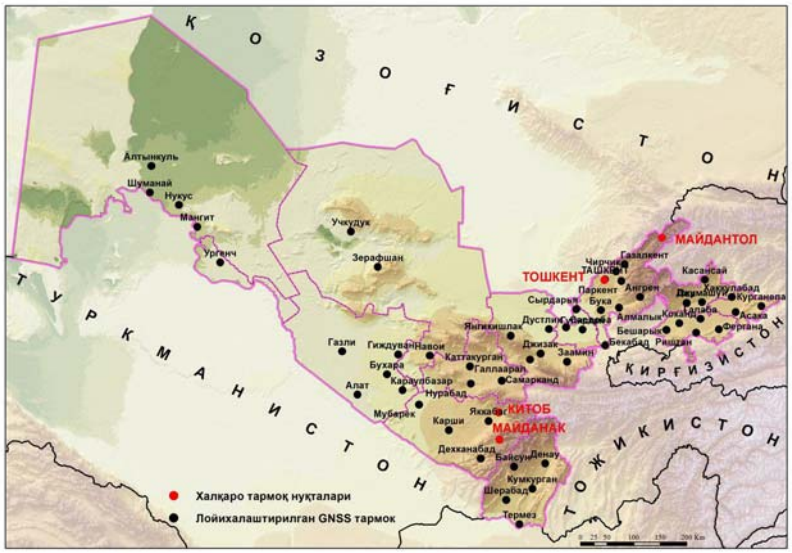
Диссертациянинг **"Республика миллий таянч координаталар тизимини яратиш муаммолари ҳақида"** деб номланган биринчи бобида таянч координаталар тизимини яратишга оид эксперименталь ва назарий тадқиқотлар бўйича адабиёт маълумотлари таҳлил қилинган.

TRS1 тўғри бурчакли тизимдан бошқа бир TRS_2 тўғри бурчакли тизимга ўтишда минтақа рельефи ва тектоник шароитларни ҳисобга олган ҳолда координаталар трансформацияси модели реализацияси варианти билан боғлиқ муаммоларга алоҳида эътибор берилган:

$$\overrightarrow{X}^{(2)} = \overrightarrow{T}_{1,2} + \lambda_{1,2} \cdot R_{1,2} \cdot \overrightarrow{X}^{(1)}, \qquad (1)$$

бу ерда $\overrightarrow{T}_{1,2}$ – кўчиш вектори, $\lambda_{1,2}$ – масштаб фактори, $R_{1,2}$ – координата ўқларининг буриш матрицаси.

Координаталар тизимини қуриш ва тадқиқотлар ўтказиш учун икки мустақил компонентлар: UzGRS (Uzbekistan Geodetic Reference System) Геодезик референц тизими ва UzVRS (Uzbekistan Vertical Reference System) баландлик референц тизимларидан тузилган UzPOS (Uzbekistan Positioning) Фазовий ер таянч координаталар тизимининг таркибий схемаси келтирилади. UzPOS республиканинг GNSS ФАГТ тизими 50 та станция асосида қурилади (1-расм).



1-расм. Ўзбекистон ФАГТ тизими схемаси

Бугунги кунда республикада WGS–84 умумжаҳон тизимида пунктларнинг юқори аниқликдаги координаталар каталоги деярли тузилмаган. Амалий масалаларни ечиш учун ҳозирда республикада ERDAS IMAGINE, Mapinfo, ArcGIS дастурлари ишлатилмоқда. Бу дастурларда ГОСТ 51794–2008 да тавсия қилинган параметрлардан ташқари бошқа параметрлар ҳам дастурий ишлаб чиқилган (1-жадвал).

1-жадвал

Республикада қўлланилувчи WGS – 84 дан СК−42 га ўтиш параметрлари

№	Кўчиш вектори (м)			Манба	Қўлланилиш ҳудуди	Аниқлик (м)
	T_X	T_Y	T_Z			
1	-23.92	141.27	80.9	ГОСТ 51794-2001 ва EPSG::1267	Россия Федерацияси ва чегарадош вилоятлар	Баҳолаш бажарилмаган
2	-27	135	84.5	ERDAS IMAGINE Пулково 1942 ва EPSG::1807	Озарбайжон ва чегарадош вилоятлар	10
3	-24	123	94	ERDAS IMAGINE System 42/83 (Пулково) ва EPSG::1675	Германия	2
4	-25	141	78.5	EPSG::15865	МДҲ давлатлари, Ўзбекистон билан	4.5

Икки тизимдаги координаталар фарқи CATS (Central Asia Tectonics Sciences) халқаро тизими юқори аниқликдаги ўлчашларидан фойдаланиб ўтказилган дастлабки баҳолаш олинаётган натижаларнинг 130 м гача фарқланишини ва GNSS станциялари ўлчашларини қайта ишлаш масалаларини тадқиқ этиш, фойдаланилаётган моделлар ҳамда СК–42 ва WGS–84 орасидаги ўтиш калити аниқлигини баҳолаш лозимлигини кўрсатди.

Галактикалар, юлдуз тизимлари, сайёралар ва уларнинг йўлдошлари каби объектларнинг айланма ҳаракати туфайли геодинамик жараёнларни тадқиқ этиш реал вақт режимида босим (атмосфера, гидрологик нагрузка, тектоник силжишлар ва б.) таъсири билан боғлиқ вақт бўйича координаталарнинг ўзгариши ҳақида вақт қаторларининг прогноз моделлари асосида маълумот олишни талаб этади.

Ва, ниҳоят, турли хил физик координата тизимларини физик бирлаштириш учун минтақанинг квазгеоидини билишни талаб қилади. Баландлик асосининг аниқлиги режадаги координаталардан ҳозирча ўн мартага пастлигини эътиборга олиб, Ер глобал гравитацион модели ва GNSS

ўлчашларидан фойдаланиб, маҳаллий рақамли моделни шакллантириш усулларини тадқиқ этиш лозим.

Диссертациянинг “**WGS–84 халқаро геоцентрик координаталар тизими ва СК–42 давлат координаталар тизими ўртасидаги ўтиш параметрларини тадқиқ этиш**” деб номланган иккинчи бобида чегараланган ҳудуд учун йўлдош ва ер геодезик тизимлари аниқлигини оптимал мослаш муаммоси тадқиқ этилган. WGS–84 тизимида пунктларнинг юқори аниқликдаги йўлдош координаталари каталогини тузиш учун йўлдош позициялаш дифференциал методига муқобил равишда Precise Point Positioning усули кўриб чиқилган. Бунда фақатгина эфемерида-вақт маълумоти (ЭВМ) аниқлигига боғлиқ L фазанинг ионосфера-эркин комбинациялар (IF) модели ва (P) коддан фойдаланилган:

$$P_{IF} = \rho + cdt^{r}_{P_{IF}} - cdt^{s}_{P_{IF}} + T + \varepsilon_{P_{IF}} \quad (2)$$

$$L_{IF} = \rho + cdt^{r}_{P_{IF}} - cdt^{s}_{P_{IF}} + T - \lambda_{IF} N_{IF} + (b^{r}_{L_{IF}} - b^{r}_{P_{IF}}) + (b^{s}_{L_{IF}} - b^{s}_{P_{IF}}) + \varepsilon_{L_{IF}} \quad (3)$$

бу ерда L_{IF}, P_{IF} – приемник билан ўлчанган фаза ва псевдоузоқлик, ρ – геометрик масофа, c – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги, $dt^{r}_{P_{IF}}, dt^{s}_{P_{IF}}$ – приемник ва йўлдош соатининг хатоликлари, T – тропосфера кечикиши, $\varepsilon_{P_{IF}}, \varepsilon_{L_{IF}}$ – хатолик (шовқин) ҳамда код ва фазанинг моделланмайдиган таъсири, λ_i – i-частотадаги тўлқин узунлиги, N – фазанинг бир маъноли эмаслиги, $b^{r}_{P_{IF}}, b^{r}_{L_{IF}}$ - приемник жиҳозлари силжиши, $b^{s}_{P_{IF}}, b^{s}_{L_{IF}}$ – йўлдош жиҳозлари силжиши.

Икки онлайн сервис Precise Positioning Service, APPS ва Canadian Spatial Reference System, CSRS маълумотлари таҳлили. APPS хизмати Bernese 5.1 дастурида олинган “эталон” натижалар билан таққосланган. Статистик режимда (GIPSY-OASIS 5, CSRS) ва турли ЭВИ (JPL, IGS) моделлари таҳлилининг GNSS тизими Фарғона (FERG) ва халқаро Китоб (KIT3) янги станциялари координаталарини топиш аниқлигига таъсири тадқиқ этилди. Координаталарнинг ўртачаквадратик хатолиги (ЎКХ) режали ва баландлик координаталарига мос равишда KIT3 станцияси учун 12 мм ва 9 мм ни ва FERG станцияси учун 11 мм ва 5 мм ни ташкил этди. Тўғрибурчакли геоцентрик координаталар учун сантиметрли аниқлик даражасига эришиш учун 30 секундлик суткалик ўлчашлар ва 5 минутлик интервалда ЭВИ дан фойдаланилди. Бунда APPS хизматида маълумотларни қайта ишлаш тезлиги CSRS сервисдан кўра самаралироқ бўлди. Эллиптик координаталар (N, E, U) учун ЎКХ режа бўйича ўртача 22 мм ни, баландлик бўйича 6 мм ни ташкил этди. Баландлик бўйича икки марказ натижалари орасидаги 40 см гача бўлган сезиларли четланиш ушбу минтақада геоиднинг етарлича ўрганилмагани ва EGM2008 глобал моделидан фойдаланилгани билан тушунтирилади.

СК–42 давлат тизимининг кўплаб пунктлари йўқотилганлиги эътиборга олиниб, янги тизим пунктларини марказлаштириш ва ўқларни оптимал ориентациялаш учун шоқул чизиғи оғишини астрономик аниқлашларга маҳаллий боғлаш алгоритми ишлаб чиқилди. СК–42 тизимида (B, L) координаталар II тур дифференциал тенгламадан топилади, бунда СК–42 тизими бошланғич пункти координаталарини шоқул чизиғи оғишининг ташкил этувчилари асосида ҳисоблаш шарти қўйилади. $B_{1,\text{WGS-84}}$, $L_{1,\text{WGS-84}}$ нуқта учун WGS–84 тизимидаги катта яримўқи $a_{\text{WGS-84}}$ ва $\alpha_{\text{WGS-84}}$ сиқиқликка эга эллипсоидидаги триангуляцининг қандайдир $B_{2,\text{WGS-84}}$, $L_{2,\text{WGS-84}}$ нуқтасининг янги $B_{2,\text{СК-42}}$, $L_{2,\text{СК-42}}$ координаталари катта яримўқи $a_{\text{СК-42}}$ ва $\alpha_{\text{СК-42}}$ сиқиқликка эга бошқа эллипсоидда кенглама ва узунлама тузатмалари (db, dl) орқали аниқлаш мумкин:

$$db'' = -b\left[\frac{da}{a} - (2 - 3\sin^2 B_m)d\alpha\right] \tag{4}$$

$$dl'' = -l\left[\frac{da}{a} + \sin^2 B_m d\alpha\right], \tag{5}$$

бу ерда m – 1 ва 2 нуқталар орасидаги катталикнинг ўртача миқдори. (λ_1,φ_1) астрономик координаталарга эга Китоб станцияси тизимнинг бошланғич пункти сифатида танланди ва у келгусида минтақанинг маҳаллий геоиди аниқ моделини шоқул чизиғига (ξ_1, η_1) боғлаш орқали қуриш имконини яратади:

$$L_{2,СК-42,Китаб} = \lambda_1 - \eta_1 \sec\varphi_1 = 66^\circ 53' 8''.8870 - 5''.4774$$

$$B_{2,СК-42,Китаб} = \varphi_1 - \xi_1 = 39°08'1''.7562 - 3''.4989$$

CATS тизими учун СК–42 ва WGS–84 тизимлардаги координаталар фарқи кенглама бўйича 0 дан 4 м гача, узунлама бўйича 0 дан 6 м гача боради. Ушбу усул алгоритми ишнинг тўртинчи бобида янги координата тизимининг рақамли баландлик моделини қуришда қўлланилди.

Чоп этилган параметрларни (1-жадвал) баҳолашда “умумий” нуқталар ясси (2-расм) ва эллипсоидал (3-расм) координаталар учун аниқланди.

Ҳисоблаш босқичлари	Изоҳ
$(x,y)_{\text{СК-42 ҳақиқий}}$	Координаталарнинг Гаусс-Крюгер топохаритаси проекциясидаги қийматлари
$(X,Y,Z)_{\text{WGS –84}} \longrightarrow (X, Y, Z)_{\text{СК-42 баҳоланган}}$	Гельмертнинг 7 параметрли модели
$(X, Y, Z)_{\text{СК-42 баҳоланган}} \longrightarrow (B,L,H)_{\text{СК-42 баҳоланган}}$	Тўғрибурчакли координаталарни эллипсоидалга ўтказиш
$(B,L,H)_{\text{СК– 42 баҳоланган}} \longrightarrow (x,y)_{\text{СК – 42 баҳоланган.}}$	Гаусс-Крюгер проекциясида координаталарни аниқлаш
$(x,y)_{\text{СК– 42 ҳақиқий}}$ (=?) $(x, y)_{\text{СК – 42 баҳоланган}}$	Реал ва қайта ўзгартирилган (баҳоланган) координаталарни ҳисоблаш

2-расм. “Умумий” нуқталар координаталарини аниқлаш алгоритми

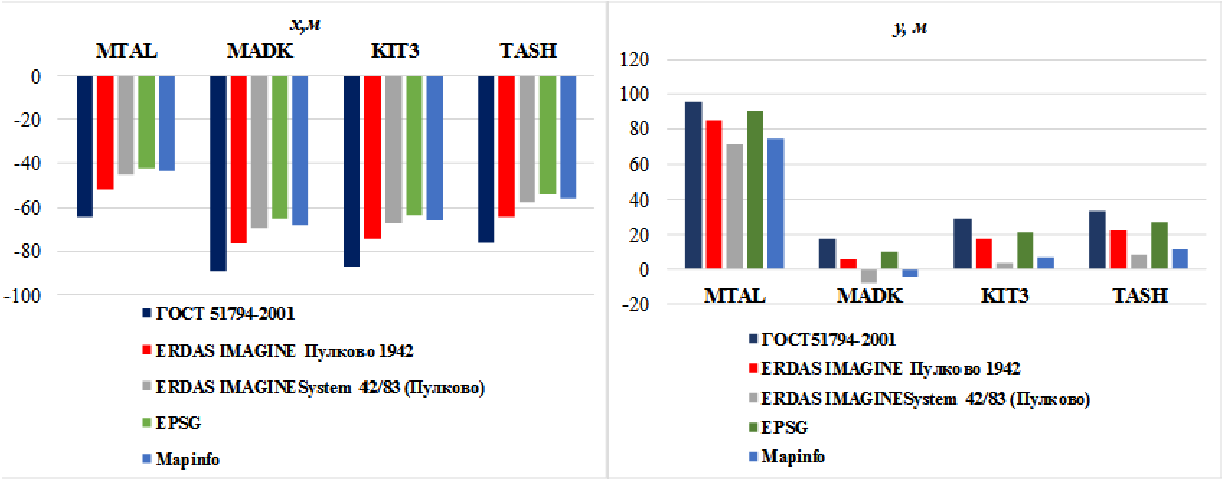
Ишда 1:100 000 масштабли топографик хариталардан фойдаланилди. Қатор коэффиецентларидан фойдаланувчи, Красовский эллипсоиди учун ҳисоблаб топилган Гаусс-Крюгер проекцияси режа координаталарини ўзгартириш ГОСТ Р 51794 – 2008 да тавсия этилган даражали қаторни ёйиш орқали бажарилган ва улар келгусида маҳаллий эллипсоидни қуриш учун ушбу алгоритмдан фойдаланиш имконини беради.

Ҳисоблаш босқичлари	Изоҳ
$(x,y,h)_{СК-42\ ҳақиқий}$	Координаталарнинг Гаусс-Крюгер проекциясидаги қийматлари, топохаритадаги нормал баландликлар қийматлари
$(x,y)_{СК-42\ ҳақиқий} \longrightarrow (B,L)_{СК-42\ ҳақиқий}$	Эллипсоидал координаталарга формулалар орқали ўтказиш
$(B,L,H)_{WGS-84} \longrightarrow (B,L,H)_{СК-42\ баҳоланган}$ $\downarrow$	Молоденскийнинг 7 параметрли модели
$(B,L,H)_{СК-42\ ҳақиқий}(=?)(B,L,H)_{СК-42\ баҳоланган}$	Ҳақиқий ва қайта ўзгартирилган (баҳоланган) координаталарни ҳисоблаш

3-расм. WGS – 84 ва СК – 42 тизимлараро ўтиш параметрларини эллипсоидал координаталар учун баҳолаш алгоритми

Ушбу параметрларни баҳолаш ва алгоритмларни синаб кўриш халқаро KIT3, MTAL, MADK ва TASH станцияларининг маълумотларидан фойдаланиш орқали бажарилган. Режа координаталарнинг ҳақиқий ва ҳисобланган катталиклари орасидаги фарқ 4-расмда кўрсатилган. Натижалар ***x*** координатаси учун, станциянинг жойлашувидан қатъий назар 42 дан 90 метргача бўлган бир хил диапазонда тебраниши аниқланди. ***y*** компонента учун фарқ 4 м дан 95 м гача тебранади. Катта фарқ MTAL станцияси учун аниқланди, бунга ўз-ўзидан, қўшимча, тектоник дрейфдан ташқари, гидрологик таъсир сабаб бўлган. Икки тизим (WGS – 84 ва СК – 42) координаталарини солиштириш қуйидаги хулосаларни чиқаришга имкон берди. Тоғли ҳудудларда жойлашган KIT3, MTAL ва MADK станциялари учун координаталар фарқи узунлама бўйича 200 м дан ошди. Бу, шубҳасиз, координацияларни ўзгартиришда геоид модели ва пунктларнинг хусусий ҳаракатини ҳисобга олиш лозимлигини тасдиқлайди. Иккинчидан, СК – 42 ва WGS – 84 орасидаги ўтиш параметрлари наборидан ГОСТ 51794 – 2008 бўйича фақат республикамизнинг текислик ҳудудларида тизимни дастлабки

тенглаштириш пайтидагина фойдаланиш тавсия этилади. Ва, учинчидан, тармоқ, ҳудудни рельеф хусусиятларига кўра тақсимланиш усули бўйича тенглаштирилиши лозим.



4-расм. СК – 42 тизимида ҳисобланган ва топографик хариталардан олинган (“ҳақиқий”) координаталар фарқи

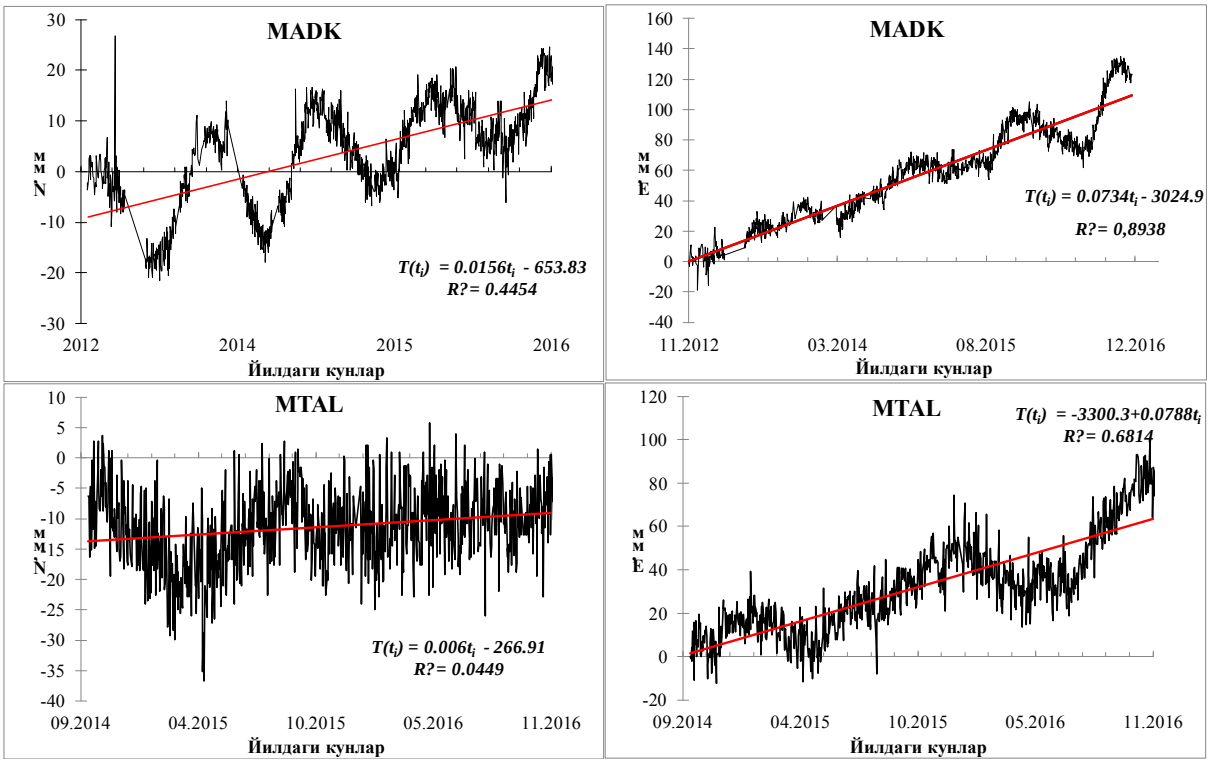
Диссертациянинг **“Миллий таянч координаталар тизимини қуриш учун вақт қаторларининг асосий ташкил этувчиларини моделлаштириш”** деб номланган учинчи бобида KIT3, MADK, TASH, MTAL ва KIUB халқаро станциялари вақт қаторлари декомпозицияси адаптив моделидан фойдаланилиб кўриб чиқилган:

$$S(t_i) = T(t_i) + C(t_i) + E(t_i) \qquad (6)$$

бунда қаторнинг t_i (i = 1, 2, 3, .. , N) кузатув моментида олинган ҳар бир $S(t_i)$ компоненти ўз ичига қуйидагиларни олади: $T(t_i)$ тренд – вақт давомида ўзгарувчи узоқ даврли компонент; даврий ташкил этувчи циклик тебраниш $C(t_i)$ – мавсумий ўзгаришлар билан боғлиқ; стохастик ташкил этувчи $E(t_i)$ – ташқи таъсирлар, ўлчаш ва таҳлил билан боғлиқ тасодифий ва доимий флуктуациялар билан боғлиқ. Аналитик марказларнинг (EPOS.P8, GIPSY / OASIS II ва б.) дастурий комплексларида ишлатилган GNSS ўлчашлар маълумотларини қайта ишлашнинг турли моделларидан фойдаланиб, баҳоланган координаталарни топиш аниқлиги горизонтал компонентлар учун 1–3 мм ораликда, вертикал учун 2–6 мм орасида ётади. Маҳаллий трендаги, координаталарнинг вертикал мавсумий ташкил этувчиларидаги ўзгаришлар дастлабки маълумотларнинг таҳлил модели, тропосфера кечикишини ҳисобга олиш, эфемерид-вақт маълумотлари ва бошқа омилларнинг артефактлари бўлиши мумкин. Турли хил кузатув методлари, йўлдош ўлчовлари маълумотларини таҳлил қилиш усуллари ва, албатта, станциялар жойлашувининг таянч координаталар тизимини қуришга таъсири ўрганилди.

Узоқ даврли компонентлар ва моделдан олинган тренд тенгламасининг таҳлили барча станцияларнинг вертикал ташкил этувчисида ҳамда MADK ва

MTAL (R^2<0.5) каби станцияларнинг горизонтал ташкил этувчиларида ночизиқли ҳаракат борлигини кўрсатди. (5-расм)



5-расм. MADK ва MTAL пунктларининг кенглама (N) ва узунлама (E) учун кузатув ва тренд маълумотлари

Станциялар хусусий ҳаракатини аддитив модел бўйича ҳисоблаш ва NNR-NUVEL-1A, GSRM v1.2, GEODVEL2010, ITRF2008 (2-жадвал) глобал тектоник моделлари билан солиштириш натижалари ITRF2008 пунктларининг глобал моделидан янги тизимни тенглаштириш учун фойдаланиш имконини яратади, деган хулосани берди. Лекин 2-жадвалда келтирилган пунктларнинг горизонтал тезликларини ҳисоблаш натижалари ҳам ITRF2008 тизимининг минтақада етарлича зич эмаслиги ҳамда тизимнинг таянч станцияларини минтақанинг рельеф шароитларини ҳисобга олиш шарти билан геотектоник районлаштириш лозимлигини кўрсатди.

Илк бор тадқиқ этилаётган минтақа учун мавсумий йиллик сигнал Фурье алмаштиришлари ва аддитив моделдан фойдаланиб баҳоланди. Спектрал таҳлил йиллик сигнал амплитудасининг кенглама учун 1.73 мм дан 8.76 мм гача, узунлама учун 0.82 дан 11.92 мм гача, баландлик учун 3.11 дан 40.81 мм гача тебранишини кўрсатди. MTAL ва и MADK станциялари учун мавсумий ўзгаришлари сирт сувлари (айниқса қор) босимининг таъсирига боғлиқ. Бундан ташқари, TASH ва MTAL станциялари учун Айдаркўл-Арнасой тизимига яқин жойлашуви билан боғлиқ геофизик жараёнлар туфайли тушунтирилувчи йиллик сигнал фазасининг силжиши ҳам аниқланди. Китоб станциясининг турли техникалари (GPS ва DORIS) учун 4.5 ойдан 8.4 ойгача бўлган сигнал фазаларининг фарқи олинди.

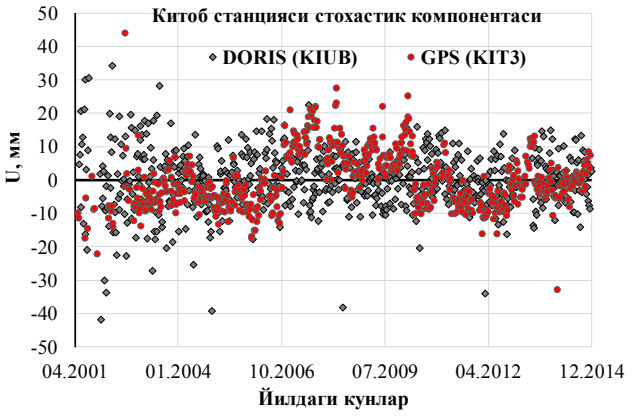
2-жадвал

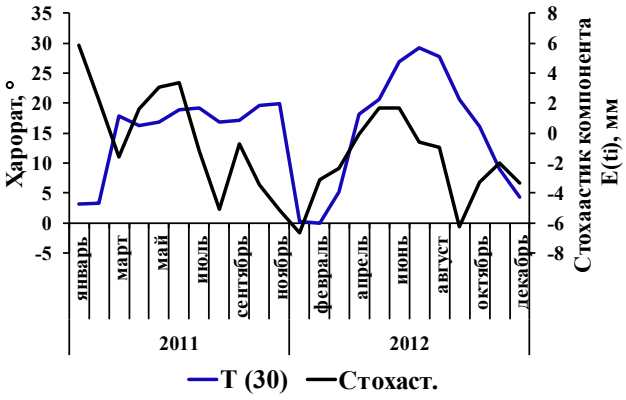
Пунктларнинг горизонтал тезликлари қийматлари (v_N, v_E)

Пункт	Аддитив модель		GEODVEL 2010		ITRF2008		NUVEL 1A		GSRM v1.2	
	v_N мм/й	v_E мм/й	v_N мм/й	v_E мм/й	v_N мм/й	v_E мм/й	v_N мм/й	v_E мм/й	v_N мм/й	v_E мм/й
KIT3	5.44	27.55	2.98	27.67	4.12	28.18	0.24	25.98	3.81	29.71
KIUB	4.38	27.38	2.98	27.67	4.12	28.18	0.24	25.98	3.81	29.71
TASH	4.49	26.65	2.32	27.64	3.43	28.19	-0.45	25.97	3.09	29.70
MADK	5.48	26.65	2.98	27.70	4.11	28.21	0.24	25.99	3.81	29.74
MTAL	0.78	21.84	1.95	27.63	3.05	28.20	-0.84	25.95	2.69	29.71

Аддитив модель бўйича вақт қаторларининг даврий компонентлари кўтарилиш ва гидрологик таъсирнинг ярим суткалик, суткалик, икки ҳафталик, ойлик ва узоқ муддатли даврлари билан боғлиқ мураккаб тузилишга эга. Шундай қилиб, геомаълумотлар ва гидрологик моделлар (GRACE каби) комбинацион тадқиқотлар таянч пунктлари координаталарининг мавсумий ўзгаришларини интерпретациясида қўлланилиши лозим.

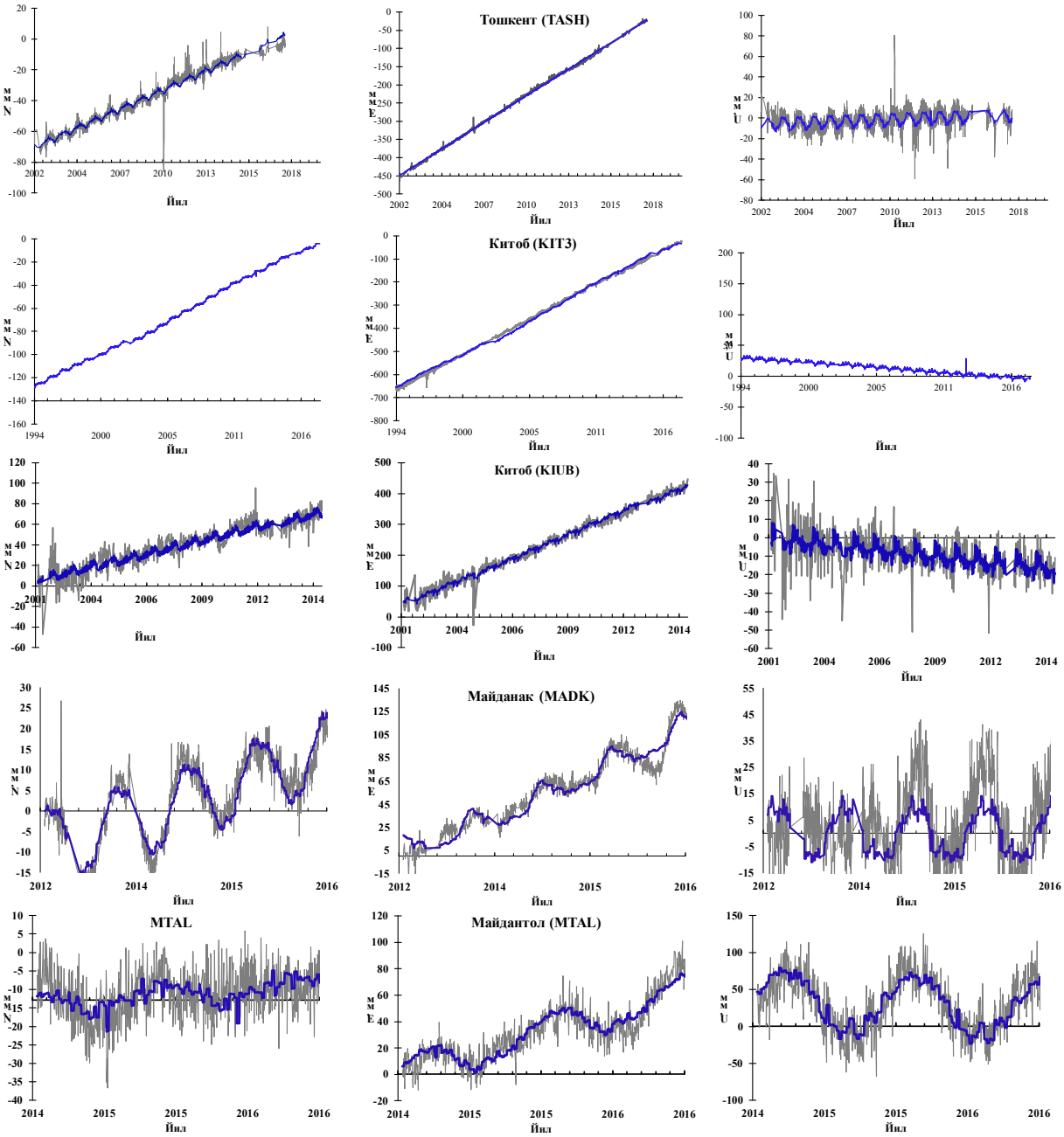
KIUB ва KIT3 станциялари вақт қаторлари стохастик компонентларини таҳлил этиш натижаси KIUB станциясининг DORIS қаторлари 2003 йилдан сўнг орбиталарни аниқлаш ва позициялаш аниқлиги ошгани ва 3 авлод маёқи ускуналарининг ўрнатилиши туфайли анча барқарорлигини кўрсатди. Тропосфера маълумотлари (температута ва босим) ўртасидаги корреляция 50 % бўлиши тропосфера кечикиши моделини яхшилаш зарурати борлигини кўрсатади. (6-расм)





6-расм. Китоб станциясида вақт қаторларининг (GPS, DORIS) ҳарорат ўзгаришлари билан стохастик компонентларининг корреляцияси

Барча пунктлар учун вақт қаторлари тренди ва мавсумий компонентлари қиймати бўйича прогноз модели қурилди, унинг кузатув билан мослашув даражаси 95% ни ташкил этди (7-расм). Аддитив модель бўйича олинган прогноз катталиклардан минтақадаги геофизик жараёнларни интерпретациялашда фойдаланилиши мумкин.



7-расм. GNSS (TASH, KIT3, MADK, MTAL) ва KIUB DORIS станцияси координаталарининг кузатилган (кулранг) ва моделга асосан ҳисобланган (кўк ранг) ўзгариши вақт қаторлари

Диссертациянинг “Нормал баландликлар тизимини ўрнатиш усуллари” деб номланган тўртинчи бобида йўлдош GNSS-нивелирлашни амалга ошириш масалалари Ер гравитацион майдони глобал моделлари (EGM2008, EIGEN – 6C4 каби) маълумотлари билан жамланган ҳолда кўриб

чиқилган. Гармоник коэффициентлар хатоликларининг EGM2008 модели бўйича аниқланган квазигеоид баландлиги ва шоқул чизиғининг оғишини ҳисоблаш аниқлигига таъсири бутун ер сирти бўйлаб ўрта квадратик хатолиги (ЎКХ) 11 см ва 1" даражада баҳоланади, республикамиз ҳудудида уларнинг қиймати мос равишда 35 см ва 3.5" гача етади. Бундай паст аниқликнинг асосий сабаби ўлчов маълумотларидан фойдаланиш ҳуқуқи ва моделларнинг хусусий аниқлигидир. Таҳлил икки босқичда ўтказилди: амалда қўллаш учун Ер гравитацион майдони моделини танлаш ва республиканинг рақамли гравитацион модели оптимал сиртини қуриш учун интерполяция усулларини тадқиқ этиш. Тадқиқот объекти сифатида Фарғона водийсининг 39°≤φ≤44° ва 65°≤λ≤75° ораликдаги ҳудуди танланди. Тадқиқот объектининг танланиши қуйидаги омиллар билан изоҳланади: қулай географик жойлашув, Памир ва Тянь-Шань тоғ массивларининг оғирлик кучи ўзгаришларига таъсирини таҳлил қилиш учун ўлчашлар банки, оғирлик кучининг жаҳондаги энг катта аномалияси мавжудлигини тасдиқловчи замонавий гравиметрик тадқиқотлар.

Танланган *P* нуқта учун нормал баландликлар интерполяцияси аниқлигининг таҳлили фарқларни баҳолашга асосланди:

$$\Delta\zeta(P) = \zeta_H(P) - \zeta_{EGM2008}(P) \tag{7}$$

бу ерда $\zeta_H(P) = H^{GPS}(P) - h^{клас.}(P)$ – геоиднинг баландлик аномалияси, $H^{GPS}(P) - \text{GPS}$ ўлчовлар бўйича эллипсоидал баландлик, $h^{клас.}(P)$ – юқоридаги усуллардан фойдаланилган ҳолда BGI маълумотлар базасидан олинган интерполяция қиймати, $\zeta_{EGM2008}(P)$– геоиднинг EGM2008 модел бўйича *P* нуқтадаги қуйидагича аниқланувчи баландлиги:

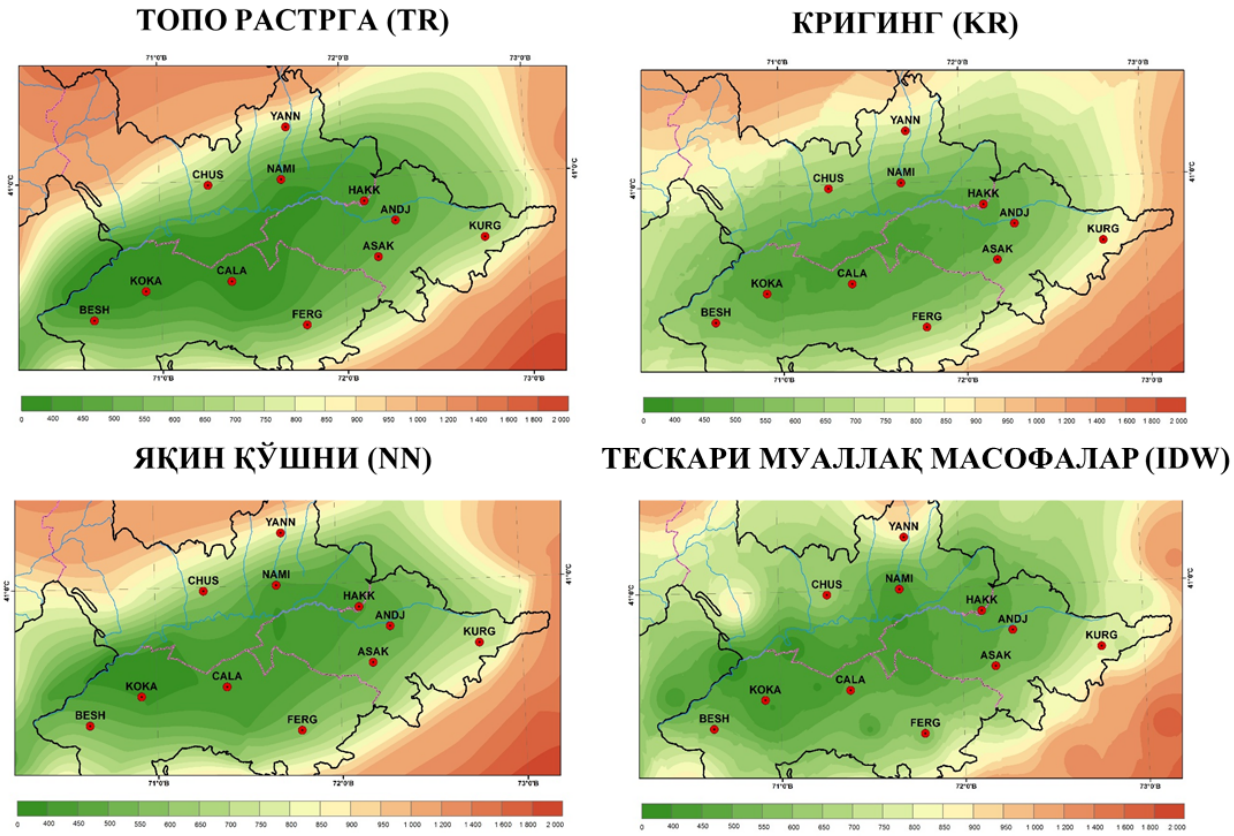
$$\zeta(B,L,H) = \frac{fM}{\gamma(B,L,h)r}\sum_{n=2}^{N}\left(\frac{a}{r}\right)^n \sum_{m=0}^{n}\overline{P}_{nm}(\sin\varphi)(\overline{C}_{nm}\cos\lambda + \overline{S}_{nm}\sin\lambda) \tag{8}$$

Фарғона водийсида 2010 йилдан 2015 йилгача ўтказилган GNSS ўлчовлар ёрдамида 9 та пунктнинг эллипсоидал баландликлари қиймати аниқланди. 1 класс классик геометрик нивелирлаш натижалари Тулузадаги халқаро гравиметрик бюро базаси маълумотларидан олинган. EGM2008 модели бўйича геоид аномалияси қийматлари GFZ Calculation Service of the International Center of Global Terrestrial Models (ICGEM) Германия Ер тадқиқотлари маркази сервисидан фойдаланиб ҳисобланган.

ArcGIS дастурий мажмуада ишлаб чиқилган қуйидаги тўрт интерполяция усули тадқиқ этилди: Яқин Қўшни (Natural Neighbor), Тескари Муаллақ Масофалар (Inverse Distance Weighting), Кригинг (Kriging) ва Топо Растрга. Базадаги очиқ 1 класс геометрик нивелирлаш натижалари билан солиштириш «Natural Neighbor» ва «Topo to rastr» усуллари берилган “тоғ” рельефли ҳудуд учун ҳам, “текис” рельефли ҳудуд учун ҳам жуда аниқ аппроксимацияга (ЎКХ 35 м) эга ва минтақанинг нормал баландликлар

маҳаллий рақамли моделини ҳисоблашда қўлланилиши тавсия этилиши мумкин (8-расм).

EIGEN–6C4 ва EGM2008 Ер гравитацион майдони моделларини солиштириш инструментал маълумотлар ва баландлик ҳамда оғирлик

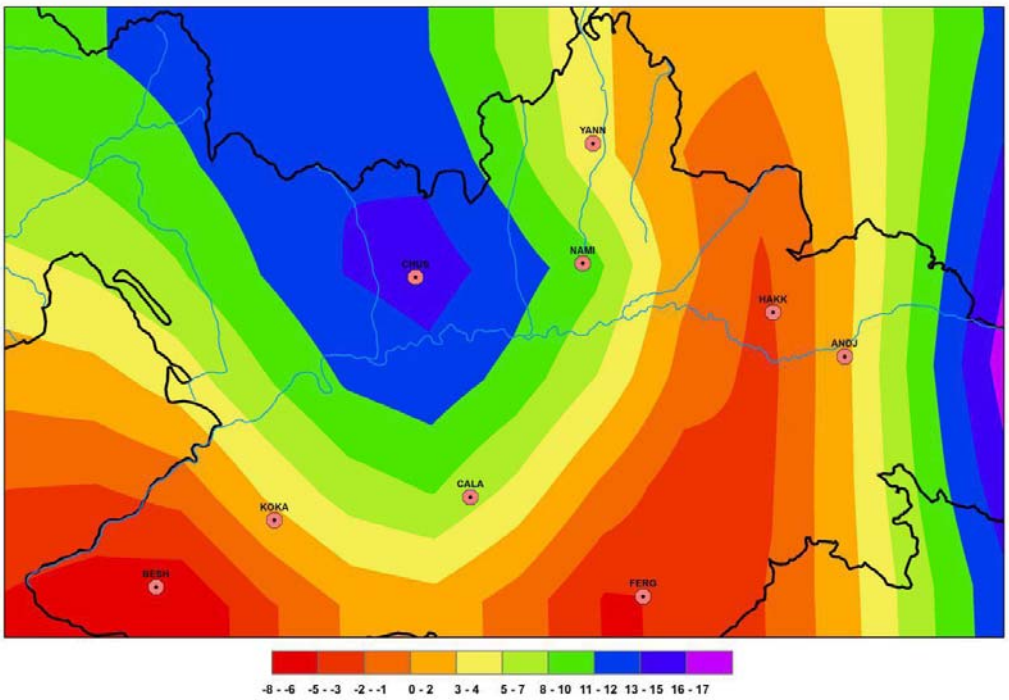


8-расм. Нормал баландликлар юзасини интерполяциялаш натижалари

кучининг тезланиши бўйича Тошкент таянч пунктига нисбатан ўтказилди. Тоғ ҳудудларига яқин жойлашган станциялар (Янгиқўрғон, Қўрғонтепа, Чуст кабилар) учун ўлчанган ва модель натижалари орасидаги фарқ 9 м эканлигидан келиб чиқиб, Фарғона водийси пунктларидаги GNSS-нивелирлашлар учун координаталар асосини яратиш босқичида EIGEN – 6C4 моделидан ҳам, EGM2008 моделидан ҳам фойдаланиш мумкин. Лекин нисбий баландликларни таҳлил қилишда (бошланғич пункт Тошкент) аниқланганидек, модель ва ўлчанган миқдорлар орасида, айниқса, тоғолди ҳудудлари учун, сезиларли (24 м гача) фарқ аниқланди.

Фарғона водийси ҳудудида оғирлик кучи фарқларининг модель ва классик маълумотлари бўйича тузилган харита-схемалари оғирлик кучи тезланишининг аномалияси катта (- 9 мГл дан 19 мГл гача) эканлигини, шу билан бирга, ушбу ҳудудда манфий аномалия таъсирини тасдиқлади (9-расм). Аномалиялар тадқиқ этилаётган ҳудуднинг текислик жойларида ҳам мавжудлиги аниқланди. Шундай қилиб, гравитацион майдон ва оғирлик кучини ўрганиш учун Ер гравитацион майдони моделлари натижаларидан

минтақани қўшимча комплекс инструментал тадқиқ этмасдан фойдаланиб бўлмайди.



9-расм. EGM2008 модели ва классик гравиметрик ўлчашлар бўйича оғирлик кучи катталигининг фарқи

ХУЛОСА

Сунъий йўлдош технологияларидан фойдаланиб таянч геоцентрик координаталар тизимини қуриш усулларини ўрганиш натижалари асосида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Илк бор республика учун миллий таянч геоцентрик координаталар тизимини танлаш ва оптимал амалга ошириш бўйича техник тавсиялар ишлаб чиқилди;
2. Илк бор шоқул оғишини астрономик аниқлашдан фойдаланиб, координаталарни геоцентрик тизимга ўтказиш учун “умумий нуқталар”нинг координаталарини топиш усули амалга оширилди ва тавсия этилди.
3. Мавжуд ва амалиётда қўлланилаётган маҳаллий координаталар тизимидан геоцентрик тизимга ўтиш параметрларини алмаштириш ва наборлари аниқлигининг ҳудуд рельефига боғлиқлиги аниқланди.
4. Илк бор республика ҳудуди учун маҳаллий СК–42 ва геоцентрик WGS–84 тизимлари орасидаги ўтиш координаталарини ҳисоблаш учун алгоритмлар ва математик моделлар ишлаб чиқилди, улар асосида дастурий мажмуа яратилди.

5. Республика сунъий йўлдош тизимининг янги станциялари координаталарини ҳисоблаб топиш учун статистик режимда юқори аниқликдаги позиционлаш усулидан фойдаланиш бўйича тавсиялар ишлаб чиқилди.
6. Доимий, мавсумий ва нодоимий компоненталарни баҳолаш, тектоник, гидрологик, техноген таъсирларни таҳлил қилиш учун республика таянч станциялари координаталари ўзгаришлари прогноз модели ишлаб чиқилди.
7. Илк бор Фарғона водийси учун классик ўлчашлар, топографик хариталар ва EIGEN–6C4, EGM2008 глобал гравитацион моделлар маълумотлари асосида баландликлар аномалияси ва оғирлик кучи тезланишининг ўзгариши баҳоланди.
8. Интерполяциялаш усули ёрдамида GNSS-нивелирлаш ва глобал Ер гравитацион майдони EGM2008 моделларидан бирга фойдаланиш йўли орқали нормал баландликларни аниқлаш усули яратилди.

НАУЧНЫЙ СОВЕТ Ds.27.06.2017.FM/T.33.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ, АСТРОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ, НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФАЗИЛОВА ДИЛБАРХОН ШАМУРАДОВНА

РАЗРАБОТКА НАЦИОНАЛЬНОЙ РЕФЕРЕНЦНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ УЗБЕКИСТАНА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

01.03.01 – Астрономия

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
ДОКТОРА (DSc.) ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

Ташкент – 2018

Тема диссертации доктора (Doctor of Science) физико-математических наук зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2017.4.DSc/FM106.

Диссертация выполнена в Астрономическом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.inp.uz) и на Информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный консультант:	**Эгамбердиев Шухрат Абдуманнапович,** доктор физико-математических наук, профессор, академик Академии наук Республики Узбекистан
Официальные оппоненты:	**Малкин Зиновий Меерович,** доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник
	Хусомиддинов Сабриддин Самарович, доктор физико-математических наук, профессор
	Ильясов Сабит Пулатович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник
Ведущая организация:	**Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН)**

Защита докторской диссертации состоится «____»_____2018 г. в _____часов на заседании Научного совета Ds.2706.2017.FM/T.33.01 при Институте ядерной физики, Астрономическом институте, Национальном университете Узбекистана, по адресу: 100124, г. Ташкент, пос. Улугбек, Институт ядерной физики; тел.: (+99871) 289-31-41, факс: (+99871) 289-36-65, e-mail: info@inp.uz.

С докторской диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ядерной физики (регистрационный номер _____), по адресу: 100124, г. Ташкент, пос. Улугбек, ИЯФ; тел. (+99871) 289-31-19.

Автореферат диссертации разослан «____» _____ 2018 года
(реестр протокола рассылки № _____ от _____ 2018 года).

М.Ю.Ташметов,
председатель Научного совета по присуждению
ученой степени, д.ф.-м.н., профессор

Р.Ярмухамедов,
ученый секретарь Научного совета по присуждению
ученой степени, д.ф.-м.н., профессор

И.Нуритдинов,
председатель научного семинара при Научном совете
по присуждению ученой степени, д.ф.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DSc) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время изучение механизмов, количественная оценка на коротких интервалах времени глобальных и региональных геодинамических явлений, являющихся индикаторами современных процессов, происходящих в теле Земли и на ее поверхности, являются наиболее важными физическими задачами, решаемыми методами космической геодезии. С этой точки зрения актуальной становится задача по созданию земной опорной системы координат и сети пунктов-реперов, относительно которых будут проводиться исследования деструктивных геодинамических процессов на миллиметровом уровне точности.

В настоящее время в мире совершенствуется технология интеграции в международную опорную систему координат ITRS (International Terrestrial Reference System) отдельных регионов и стран на основе комбинирования многолетних астро-геодезических измерений и наблюдений геодезических космических аппаратов. В этом направлении проводятся целенаправленные научные исследования, в том числе: реализация высокоточного каталога координат опорных станций, определение параметров связи между различными физическими системами, исследование трехмерных движений точек земной поверхности, развитие методов и алгоритмов совместной обработки различных систем наблюдений.

В республике большое внимание уделяется фундаментальным исследованиям геометрической фигуры Земли и ее геодинамических изменений во времени на основе данных спутниковых измерений. Существенные результаты достигнуты и в прикладной области по созданию Фундаментальной астрономо-геодезической сети (ФАГС), усовершенствованию методов ее построения и повышению точности координат путем внедрения новых, измерительных технологий, таких как глобальные навигационные спутниковые системы (Global Navigation Satellite System, GNSS) и совмещения с существующими пунктами международной геодинамической сети республики (Китаб, Ташкент, Майданак и Майдантал). Однако на территории Узбекистана, расположенной в зоне активных тектонических движений земной коры до 3–5 см/год, в настоящее время действует статическая система координат СК-42, которая не удовлетворяет точности спутниковых определений. Для реализации задач, обозначенных в «Стратегии действий дальнейшего развития Республики Узбекистан» на 2017–2021 гг.,[2] необходимо повышение эффективности координатного обеспечения за счет разработки теоретических основ для дальнейшего внедрения современных инновационных спутниковых технологий и перехода к высокоточной кинематической системе позиционирования ITRS.

[2] Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 07 февраля 2017 г.

Данная научно-исследовательская работа в определённой степени соответствует задачам, обозначенным в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-2045 «О мерах по реализации инвестиционного проекта «Создание Национальной географической информационной системы» от 25.09.2013 года, Постановлении КМ РУз № 1022 «О применении и открытом использовании на территории Республики Узбекистан международных геодезических систем координат» от 26.12.2017 года, а также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной области деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан: IV. «Развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий».

Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации. Исследования по созданию национальных геоцентрических опорных координатных систем и определению геометрических характеристик Земли ведутся в научных центрах мира и высших учебных заведениях, таких как: Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъёмки и картографии, Институт астрономии, Геофизический центр, Сибирский государственный университет геосистем и технологий (Российская Федерация), Межправительственный комитет по геодезии и картографии (Австралия), Национальная геодезическая служба (США), Центр исследования Земли (Германия), Институт национальной географии (Франция), Сианьский научно-исследовательский институт геодезии и картографии (Китай), Государственный комитет по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру, Институт Сейсмологии, Астрономический институт (Узбекистан).

По теоретическому и практическому исследованию системы геодезических параметров Земли на мировом уровне получен ряд научных результатов, в том числе: модель внутрисистемной деформации (Intra-Frame Velocity Model) применена для реализации до 2020 года на территории США четырех (NATRF2022, PTRF2022, CTRF2022, MTRF2022) координатных систем (Национальная геодезическая служба). Метод оптимального комбинирования классических астрономических и спутниковых измерений положен в основу реализации Геодезической системы координат ГСК2011 и общеземной геоцентрической системы координат «Параметры Земли 1990 года» (ПЗ-90.11) России (Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъёмки и картографии) и Китайской координатной системы CGCS 2000 (Сианьский научно-исследовательский институт геодезии и картографии). Определение координат и скоростей опорных станций в режиме реального времени на определенную эпоху предлагается использовать в кинематической опорной системе координат Австралии GDA 2020 (Geocentric Datum of Australia GDA2020) (Межправительственный

комитет по геодезии и картографии, Австралия). Разработаны кинематические модели и вычислены скорости пунктов на основе геотектонического районирования (Институт астрономии, Геофизический центр, РФ, Институт Сейсмологии, Узбекистан). Данные глобальных моделей гравитационного поля Земли были применены для вычисления нормальных высот (Центр исследования Земли, Германия; Исламский университет, Иран; Астрономический институт, Узбекистан).

В настоящее время проводятся исследования по разработке методов интеграции международной системы ITRS на локальные области с учетом рельефных и тектонических особенностей регионов. В частности, ведутся исследования по следующим приоритетным направлениям: построение математической модели трансформации координат, включающей информацию о квазигеоиде, исследование влияния методов обработки и нагрузки внешней среды (атмосферных, гидрологических и др.) на изменение координат пунктов, построение локальной цифровой модели высот с использованием данных глобальных моделей гравитационного поля Земли.

Степень изученности проблемы. В настоящее время ведущими учеными мира, например, российскими (Г.В.Демьянов, В.П.Горобец, Г.Г.Побединский, Е.Г.Гиенко), белорусскими (Н.И.Рудницкая), австралийскими (R. Harvey, W. Featherstone), китайскими (P. Cheng, H. Wen), испанскими (L.Zurututa, M.Sevila), выполнен большой объем экспериментальных и теоретических исследований модели перехода между трехмерными правосторонними координатными системами в евклидовом пространстве. Большинство работ выполнено с использованием 7-параметрического преобразования Гельмерта для прямоугольных координат. Математическая модель использует операции переноса, поворота на углы Кардано и масштабирования и базирована на методе «известных общих точек». Однако были использованы только опубликованные параметры трансформирования в комбинации с информацией о квазигеоиде и, в то же время, не выполнена оценка их точности.

Обобщенные модели геотектонического районирования были применены при построении геоцентрических систем координат. Анализ движения пунктов и составляющих геодинамических рядов выполнен российскими (Г.М.Стеблов, В.И. Кафтан), американскими (D.Smith, R.Dan, S. Hilla), японскими (J.Li, K.Miyashita, T.Kato, S.Miyazaki), алжирскими (S. Knelifa) учеными. Выявлено, что изменение сезонной компоненты временного ряда (З.М.Малкин) влияет на систематические ошибки при построении опорных систем координат, а модель обработки данных на стабильность опорных пунктов (J.Bogusz, A.Klos, G.Moreaux). Для территории Узбекистана на основе спутниковых измерений составлены карты современных горизонтальных и вертикальных движений (А.Р.Ярмухамедов, К.Е.Абдурахманов, К.Н.Абдуллабеков, А.В.Зубович, Л.А.Хамидов). Проводятся исследования по оценке смещений в режиме реального времени и созданию методологии прогноза землетрясений

(С.С.Хусомиддинов). Однако для точной оценки современных движений региона необходима прогнозная модель временных рядов опорных пунктов, что обосновано в исследованиях австралийских (J.Haasdyk), новозеландских (G.Blick, D.Grant) ученых.

В последние годы построены локальные геоиды методом комбинирования данных гравиметрических наблюдений и уклонения отвеса со спутниковыми измерениями Австрии (R.Pail, N.Kuhtreiber, B.Wiesenhofer, B.Hofmann-Wellenhof), Германии (R.Machotka, M.Kuruc, T.Volarik) и Чехии (C.Hirt, B.Bürki, A.Somieski). До настоящего времени практически не изучены возможности применения глобальных моделей гравитационного поля Земли, таких как EGM2008, EIGEN-6C4 и спутникового GNSS - нивелирования для построения локальной цифровой модели высот (В.Б.Непоклонов, А.П.Дмитренко).

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с планами научно-исследовательских работ Астрономического института в рамках следующих проектов: ФА-А17–Ф077 «Повышение точности геодезического базиса Узбекистана, исследование низкочастотного электромагнитного излучения в ионосфере Земли с целью прогнозирования опасных тектонических явлений» (2009–2011); А5-ФА-Ф033 «Разработка метода повышения точности высотной координатной системы на основе высокоточных GNSS данных и мониторинга F, D слоев ионосферы Земли» (2012–2014); ФА-А5-Ф014 «Создание геодезической основы для современной GNSS сети с учетом геодинамических особенностей территории Республики Узбекистан (2015–2017).

Целью исследования является оптимизация реализации на территории Республики Узбекистан современной высокоточной национальной геоцентрической координатной системы путем интеграции международной системы ITRS, обеспечивающей эффективное комбинирование данных классических астрономических и современных спутниковых технологий.

Для достижения этой цели сформулированы следующие **задачи исследования:**

выбор основной системы отсчета для Республики Узбекистан при создании сети с использованием технологии глобальных навигационных спутниковых систем GNSS;

развитие методов интеграции и совершенствования национальной геоцентрической системы координат на основе глобальной опорной системы координат ITRS;

оценка точности и исследование влияния региональных рельефных факторов на территории республики на параметры трансформации между локальной государственной системой СК-42 и геоцентрической системой координат ITRS;

разработка методики и программного обеспечения для перевода координат между локальной государственной системой СК-42 и геоцентрической системой координат ITRS;

разработка модели прогнозирования значений долгопериодических, сезонных компонент временных рядов для повышения эффективности использования данных и анализа геофизических, гидрологических процессов региона;

исследование точности новейших глобальных моделей гравитационного поля Земли EGM2008 и EIGEN-6C4 для развития системы нормальных высот на территории Узбекистана как альтернативы методам традиционного классического нивелирования;

разработка методов формирования локальной цифровой системы нормальных высот на основе спутниковых GNSS измерений и данных глобальных моделей гравитационного поля Земли.

Объектом исследования является современная высокоточная координатная основа и сеть геодезических пунктов-реперов, обеспечивающие эффективное использование глобальных навигационных спутниковых систем GNSS и других современных технологий.

Предметом исследования являются трансформационные модели и параметры перехода между различными физическими реализациями систем координат, временные ряды и прогнозные модели изменения координат GNSS пунктов на территории Республики Узбекистан, глобальные модели гравитационного поля Земли EGM2008, EIGEN-6C4.

Методы исследования. Для определения параметров перехода между системами СК-42 и WGS-84, выявления структуры временных рядов и построения цифровой модели нормальных высот использованы комплексные методы исследований, включающие теоретические обобщения и экспериментальные исследования с использованием математического моделирования, работу с базами данных, а также методы спектрального анализа.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

выработаны научно-технические рекомендации по выбору и оптимальной реализации национальной геоцентрической опорной системы координат для республики;

предложена и реализована методика преобразования координатных систем с использованием астрономических определений уклонения отвеса;

установлена зависимость точности существующих и используемых на практике параметров трансформации от локальной СК-42 к геоцентрической системе координат WGS-84 от рельефа территории;

разработаны алгоритмы, математические модели и программный комплекс для пересчета координат между локальной СК-42 и геоцентрической WGS-84 системами координат для территории республики;

выработаны рекомендации по использованию метода высокоточного позиционирования для вычисления координат новых опорных пунктов спутниковой сети республики;

разработана прогнозная модель изменения координат опорных станций республики для оценки регулярных, сезонных и нерегулярных компонент, анализа тектонических, гидрологических, техногенных нагрузок;

разработана методика вычисления нормальных высот с использованием глобальной модели гравитационного поля Земли EGM2008 и GNSS измерений.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

создана оптимальная методика вычисления координат новых станций государственной сети на основе применения высокоточных орбит и поправок часов спутников GNSS системы;

создана база данных плановых координат опорных пунктов с использованием астрономических определений уклонения отвеса;

разработано программное обеспечение для перевода координат из локальной системы СК-42 в геоцентрическую систему координат WGS-84;

получены модели тренда и сезонной составляющей изменения координат опорных станций республики;

выполнен анализ различных методов интерполяции для формирования локальной цифровой модели высот региона;

создана исходная цифровая модель изменений высот для территории республики;

оценены значения аномалий силы тяжести для исходных пунктов спутниковой сети республики.

Достоверность результатов исследования обосновывается применением современных методов математического моделирования, на основе которых разработаны алгоритмы и модели временных рядов для исследования влияния внешней нагрузки от окружающей среды на компоненты этих рядов, а также программного комплекса для оптимизации параметров кинематической модели региона.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость результатов исследований диссертации заключается в возможности применения полученных моделей для определения параметров связи между различными земными координатными системами и описания трехмерных движений точек земной коры.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что они могут быть применены при совместном уравнивании астрономо-геодезической и спутниковой сети, построении модели геотектонического районирования, определении параметров гравитационного поля, а также при построении локального геоида.

Внедрение результатов исследования. На основе полученных результатов по разработке методов построения национальной референцной системы координат республики Узбекистан:

рекомендации по оптимальной реализации опорной системы координат, выбору параметров перехода от локальной СК-42 к геоцентрической системе координат WGS-84 на территории Республики Узбекистан использованы при построении спутниковой сети в Ташкентской области и Ферганской долине (Письмо Государственного комитета Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру №02-02-3413 от 01.05.2018 г.). Применение научных рекомендаций позволило обеспечить надежность работы опорных станций, улучшить качество проведения измерений в режиме реального времени;

метод высокоточного позиционирования использован на станции Китаб и для выбора мест новых станций, Ташкент, Майданак и Майдантал при экспериментальной проверке функциональной модели зенитных тропосферных задержек в рамках прикладного проекта №ФА-А5-Ф016: «Создание системы оперативного мониторинга количества водяных паров в тропосфере над Узбекистаном методом GPS-метеорологии» (2015-2017) (Письмо Академии наук Республики Узбекистан №2/1255-1431 от 28 мая 2018 г.). Применение данной методики позволило выполнить оценку перепадов высот GNSS станций с минимальными техническими затратами;

методика определения нормальных высот и приращения ускорения силы тяжести по данным классических измерений, топографических карт и глобальных гравитационных моделей EIGEN-6C4, EGM2008 рекомендована для использования при установлении высотной системы республики (Письмо Государственного комитета Республики Узбекистан по земельным ресурсам, геодезии, картографии и государственному кадастру №02-02-3413 от 01.05.2018 г.). Применение результатов научного исследования позволило оценить высотную составляющую национальной геоцентрической системы координат.

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 19 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 36 научных работ, 10 научных статей, из них 2 в зарубежных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикаций основных научных результатов докторских диссертаций; получено 3 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ в Агентстве интеллектуальной собственности РУз.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 165 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, выявлены объект, предмет и методы исследования, определено соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также о структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«О проблемах создания национальной опорной системы координат республики»** проанализированы литературные данные экспериментальных и теоретических исследований, касающиеся создания локальных опорных координатных систем. Особое внимание уделено проблемам, связанным с вариантами реализации модели трансформации координат $(\vec{X})$ из одной прямоугольной системы TRS_1 в другую прямоугольную систему TRS_2 с учетом региональных рельефных и тектонических условий:

$$\vec{X}^{(2)} = \vec{T}_{1,2} + \lambda_{1,2} \cdot R_{1,2} \cdot \vec{X}^{(1)}, \qquad (1)$$

где $\vec{T}_{1,2}$ – вектор трансляции, $\lambda_{1,2}$ - масштабный фактор, $R_{1,2}$ - матрица поворота координатных осей.

Для построения системы координат и проведения исследований предлагается структурная схема Пространственной земной опорной системы координат Узбекистана UzPOS (Uzbekistan Positioning), состоящая из 2 независимых компонентов: Геодезической референцной системы UzGRS (Uzbekistan Geodetic Reference System) и Высотной референцной системы UzVRS (Uzbekistan Vertical Reference System). UzPOS будет базироваться на сети из 50 станций GNSS ФАГС республики (Рис.1).

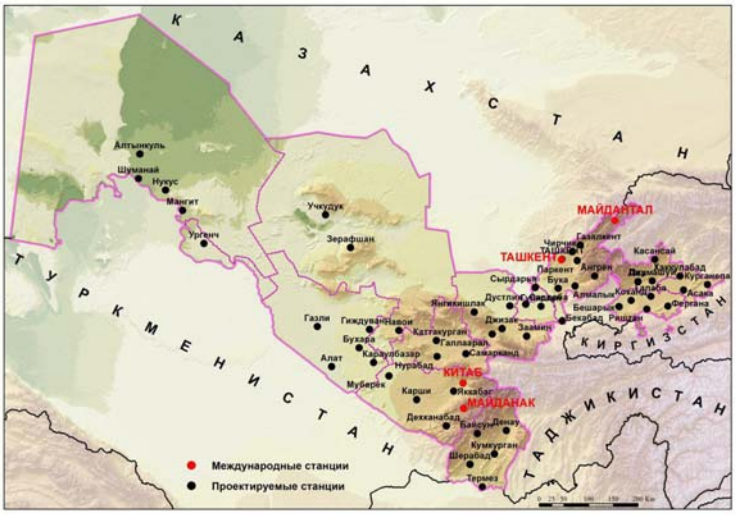


Рис. Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует.**-1.** Схема ФАГС Узбекистана

На сегодняшний день в республике нет практической реализации высокоточного каталога координат пунктов в общеземной системе WGS-84. Для решения практических задач на сегодня в стране используются программы (ERDAS IMAGINE, Mapinfo, ArcGIS), в которых, кроме рекомендуемых ГОСТ 51794-2008 параметров, реализованы программно и другие параметры (Таблица 1).

Таблица 1

Параметры преобразования от WGS-84 к СК-42, применяемые в республике

№	Вектор переноса (м)			Источник	Область использования	Точность (м)
	T_X	T_Y	T_Z			
1	23.92	-141.27	-80.9	ГОСТ 51794-2008 и EPSG::1267	Российская Федерация и приграничные области	Оценка не выполнена
2	27	-135	-84.5	ERDAS IMAGINE Пулково 1942 и EPSG::1807	Азербайджан и приграничные области	10
3	24	-123	-94	ERDAS IMAGINE System 42/83 (Пулково) и EPSG::1675	Германия	2
4	25	-141	-78.5	EPSG::15865	Страны СНГ, включая Узбекистан	4.5

Предварительная оценка разности координат в двух системах с использованием высокоточных измерений международной сети CATS (Central Asia Tectonics Sciences) показала расхождение получаемых результатов до 130 м и необходимость исследования вопросов обработки измерений GNSS станций, оценки точности используемых моделей и ключей перехода между СК-42 и WGS-84.

Исследование геодинамических процессов, возникающих как результат вращательного движения таких объектов, как галактики, звездные системы, планеты и их спутники, требуют получения информации об изменениях координат во времени, связанных с влиянием нагрузочных эффектов (атмосфера, гидрологическая нагрузка, тектонические сдвиги и др.) в режиме реального времени на основе прогнозной модели временных рядов.

И, наконец, для согласования различных физических реализаций систем координат требуется знание квазигеоида региона. Учитывая, что точность высотной основы пока на порядок ниже плановых координат необходимо провести исследование методов формирования локальной цифровой модели с использованием глобальных гравитационных моделей Земли и GNSS измерений.

Во второй главе диссертации **«Исследование параметров перехода между геоцентрической системой координат WGS-84 и государственной системой координат СК-42 для территории республики»** проведено исследование проблемы оптимального согласования точности спутниковых и наземных геодезических сетей на ограниченной территории. Для вычисления каталога высокоточных спутниковых координат пунктов в WGS-84 рассмотрен метод Precise Point Positioning как альтернатива дифференциальному методу спутникового позиционирования с использованием линейной ионосферно-свободной комбинации (*IF*) фаз (*L*) и кода (*P*), зависящий только от точности эфемеридно-временной информации (ЭВИ):

$$P_{IF} = \rho + cdt^{r}_{P_{IF}} - cdt^{s}_{P_{IF}} + T + \varepsilon_{P_{IF}} \qquad (2)$$

$$L_{IF} = \rho + cdt^{r}_{P_{IF}} - cdt^{s}_{P_{IF}} + T - \lambda_{IF} N_{IF} + (b^{r}_{L_{IF}} - b^{r}_{P_{IF}}) + (b^{s}_{L_{IF}} - b^{s}_{P_{IF}}) + \varepsilon_{L_{IF}} \quad ,(3)$$

где L_{IF}, P_{IF} – фазовые и кодовые измерения, ρ – геометрическое расстояние, c – скорость света в вакууме, $dt^{r}_{P_{IF}}, dt^{s}_{P_{IF}}$ – поправка часов приемника и спутника, T – тропосферная задержка, $\varepsilon_{P_{IF}}, \varepsilon_{L_{IF}}$ – ошибки, не моделируемые эффекты кода и фазы, λ_i – длина волны на *i*-ой частоте, N – неоднозначность фазы, $b^{r}_{P_{IF}}, b^{r}_{L_{IF}}$ – смещения кода и фазы оборудования приемника, $b^{s}_{P_{IF}}, b^{s}_{L_{IF}}$ – смещения кода и фазы оборудования спутника.

Данные обработки двух онлайн-сервисов Automatic Precise Positioning Service, APPS и Canadian Spatial Reference System, CSRS сопоставлены с «эталонными» результатами, полученными в программе Bernese 5.1. В статическом режиме проведено исследование влияния моделей обработки (GIPSY-OASIS 5, CSRS), различных ЭВИ (JPL, IGS) на точность получения координат новой станции GNSS сети Фергана (FERG) и международной станции Китаб (KIT3). Среднеквадратическая ошибка (СКО) координат составила 12 мм и 9 мм для станции KIT3 и 11 мм и 5 мм для станции FERG для плановых и вертикальных координат соответственно. Для достижения сантиметрового уровня точности для прямоугольных геоцентрических координат были использованы 30 секундные суточные измерения и ЭВИ на 5 минутном интервале. При этом скорость обработки данных службой APPS оказалась эффективней, чем CSRS сервиса. Для эллипсоидальных координат (N, E, U) СКО составило в среднем 2 мм по плану и 6 мм по высоте. Выявлены значительные расхождения до 40 мм между результатами двух центров по высоте, которые объясняются недостаточной изученностью геоида в данном регионе и использованием глобальной модели EGM2008.

Учитывая, что большинство пунктов государственной сети в СК-42 утрачены, для выполнения центрирования пунктов новой сети и оптимального ориентирования осей разработан алгоритм локальной привязки к астрономическим определениям уклонения отвеса. Координаты (B, L) в

системе СК-42 определяются по дифференциальным уравнениям II рода при условии, что координаты в СК-42 начального пункта вычислены на основе составляющих уклонения отвесной линии. Для точки $B_{1,\text{WGS-84}}$, $L_{1,\text{WGS-84}}$ и некоторой точки триангуляции $B_{2,\text{WGS-84}}$, $L_{2,\text{WGS-84}}$ на эллипсоиде WGS-84 с большой полуосью $a_{\text{WGS-84}}$ и сжатием $\alpha_{\text{WGS-84}}$ новые координаты $B_{2,\text{СК-42}}$, $L_{2,\text{СК-42}}$ на другом эллипсоиде с большой полуосью $a_{\text{СК-42}}$ и сжатием $\alpha_{\text{СК-42}}$ можно определить через поправки к широте и долготе (db,dl):

$$db'' = -b\left[\frac{da}{a} - (2 - 3\sin^2 B_m)d\alpha\right] \tag{4}$$

$$dl'' = -l\left[\frac{da}{a} + \sin^2 B_m d\alpha\right] \tag{5}$$

здесь индексом m обозначены средние значения величин между точками 1 и 2. Станция Китаб с астрономическими координатами (λ_1, φ_1) выбрана в качестве исходного пункта спутниковой сети. В дальнейшем это позволит построить локальный геоид региона за счет привязки к отвесной линии (ξ_1, η_1):

$$L_{2,СК-42,Китаб} = \lambda_1 - \eta_1 \sec\varphi_1 = 66^\circ 53' 8''.8870 - 5''.4774$$

$$B_{2,СК-42,Китаб} = \varphi_1 - \xi_1 = 39^\circ 08' 1''.7562 - 3''.4989$$

Разность координат в двух системах СК-42 и WGS-84 для пунктов сети CATS составила от 0 до 4 м по широте и от 0 до 6 м по долготе. Алгоритм также использован при построении цифровой высотной модели новой системы координат в четвертой главе диссертации.

При оценке опубликованных параметров (табл. 1) использованы два подхода к определению «общих» точек для плоских (рис. 2) и эллипсоидальных (рис. 3) координат по топографическим картам масштаба 1:100 000.

Этапы вычислений	Примечание
$(x,y)_{\text{СК-42реальные}}$	Значения координат в проекции Гаусса-Крюгера с топокарт
$(X,Y,Z)_{\text{WGS-84}} \longrightarrow (X, Y, Z)_{\text{СК-42, оценив.}}$	7-параметрическая модель Гельмерта
$(X, Y, Z)_{\text{СК-42оценив.}} \longrightarrow (B,L,H)_{\text{СК-42оценив.}}$	Перевод прямоугольных координат в эллипсоидальные
$(B,L,H)_{\text{СК-42оценива.}} \longrightarrow (x,y)_{\text{СК-42оценив.}}$	Определение координат в проекции Гаусса-Крюгера
$(x,y)_{\text{СК42 реальные}}$ (=?) $(x, y)_{\text{СК-42 оценив.}}$	Вычисление разницы реальных и преобразованных (оцениваемых) координат

Рис. 2. Алгоритм определения координат «общих» точек сети

Преобразование плановых координат проекции Гаусса-Крюгера, в отличие от предлагаемого ГОСТ Р 51794-2008, выполнено через разложение в степенной ряд, что позволит в дальнейшем использовать данный алгоритм для построения локального эллипсоида.

Этапы вычислений	Примечание
$(x,y,h)_{\text{СК-42реальные}}$	Значения координат в проекции Гаусса-Крюгера, нормальных высот с топокарт
$(x,y)_{\text{СК-42реальные}} \longrightarrow (B,L)_{\text{СК-42реальные}}$	Перевод в эллипсоидальные координаты
$(B,L,H)_{\text{WGS-84}} \longrightarrow (B,L,H)_{\text{СК-42 оценив.}}$	7-параметрическая модель Молоденского
$(B,L,H)_{\text{СК42 реальные}} (=?) (B,L,H)_{\text{СК-42 оценив..}}$	Вычисление разницы реальных и преобразованных (оцениваемых) координат

Рис. 3. Алгоритм перехода из WGS-84 в СК-42 в эллипсоидальных координатах и оценки точности параметров трансформации

Оценка данных параметров и тестирование алгоритмов выполнено с использованием данных международных станций KIT3, MTAL, MADK и TASH. Разница плановых координат между действительными значениями и вычисленными с разными наборами данных представлена на рис. 4. Выявлено, что для координаты ***x*** результаты колеблются в одинаковом диапазоне от 42 до 90 метров разницы независимо от местоположения станций. Для координаты ***y*** разница колеблется от 4 до 95 м. Большой разброс выявлен для станции MTAL, вызванный, очевидно, дополнительным, кроме тектонического дрейфа, эффектом гидрологической нагрузки. Результаты сравнения координат в двух системах (WGS-84 – СК-42) позволили сделать следующие выводы. Для станций KIT3, MTAL и MADK, расположенных в горных районах разница координат превысила 200 метров по долготе, что, безусловно, подтверждает необходимость в модели геоида и учета собственных движений пунктов при трансформации координат. Во-вторых, набор параметров перехода между СК-42 и WGS84 по ГОСТ51794-2008 рекомендуется использовать только для равнинных областей республики на этапе предварительного уравнивания сети. В-третьих, сеть должна уравниваться методом разбиения территории по рельефным характеристикам.

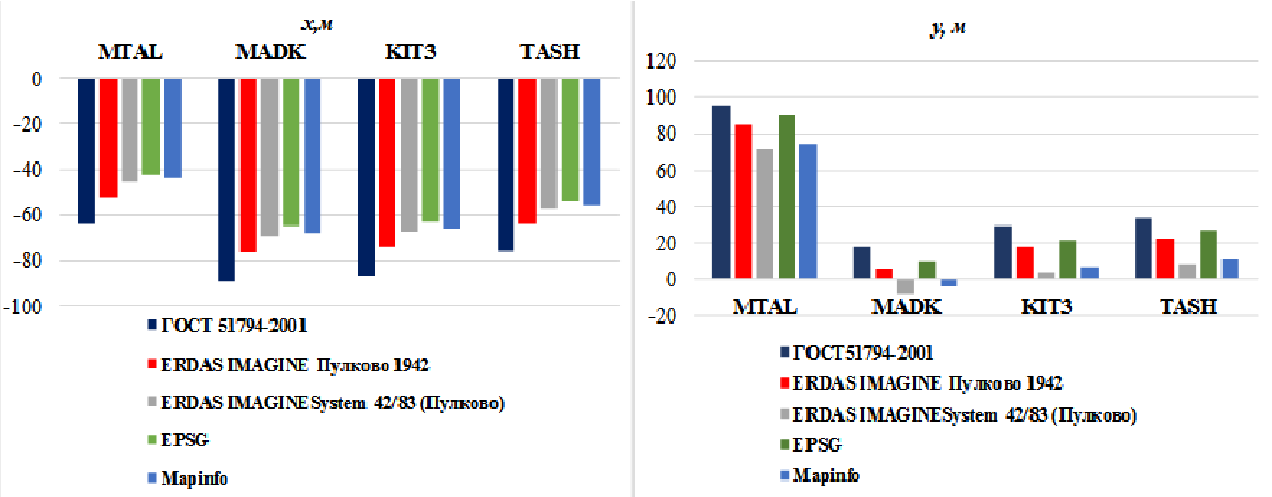


Рис. 4. Разность координат между вычисленными и полученными с топографических карт («действительные») в СК-42

В третьей главе **«Моделирование основных составляющих временных рядов для построения национальной опорной системы координат»** рассмотрена декомпозиция временных рядов международных станций KIT3, MADK, TASH, MTAL и KIUB с использованием аддитивной модели:

$$S(t_i) = T(t_i) + C(t_i) + E(t_i) \tag{6}$$

в которой каждый элемент ряда $S(t_i)$, полученный в момент наблюдений t_i (i = 1, 2, 3, .. , N), включает тренд $T(t_i)$ – долгопериодический линейный компонент, изменяющийся во времени; периодическую составляющую $C(t_i)$ – циклические колебания, связанные с сезонными изменениями; стохастическую составляющую $E(t_i)$ – случайные или систематические флуктуации, связанные с внешними воздействиями, ошибками измерений и обработки. Точность определения координат с использованием различных моделей обработки данных GNSS измерений, реализованных в программных комплексах аналитических центров (т.к. EPOS.P8, GIPSY / OASIS II и др.) согласуются на уровне 1–3 мм в горизонтальных компонентах и 2–6 мм по вертикали. Поэтому изменения в локальном тренде, вертикальной сезонной составляющей координат могут быть артефактами моделей анализа исходных данных, учета тропосферных задержек, точности эфемеридно-временной информации и др. Проведено исследование влияния различных методов наблюдения, моделей обработки данных спутниковых измерений и, собственно, местоположения станций на точность построения опорной системы координат.

Анализ долгопериодического компонента и полученные по модели уравнения тренда продемонстрировали присутствие нелинейного движения в вертикальной составляющей всех станций и, также, в горизонтальных компонентах таких станций, как MADK и MTAL (R^2<0.5) (рис. 5).

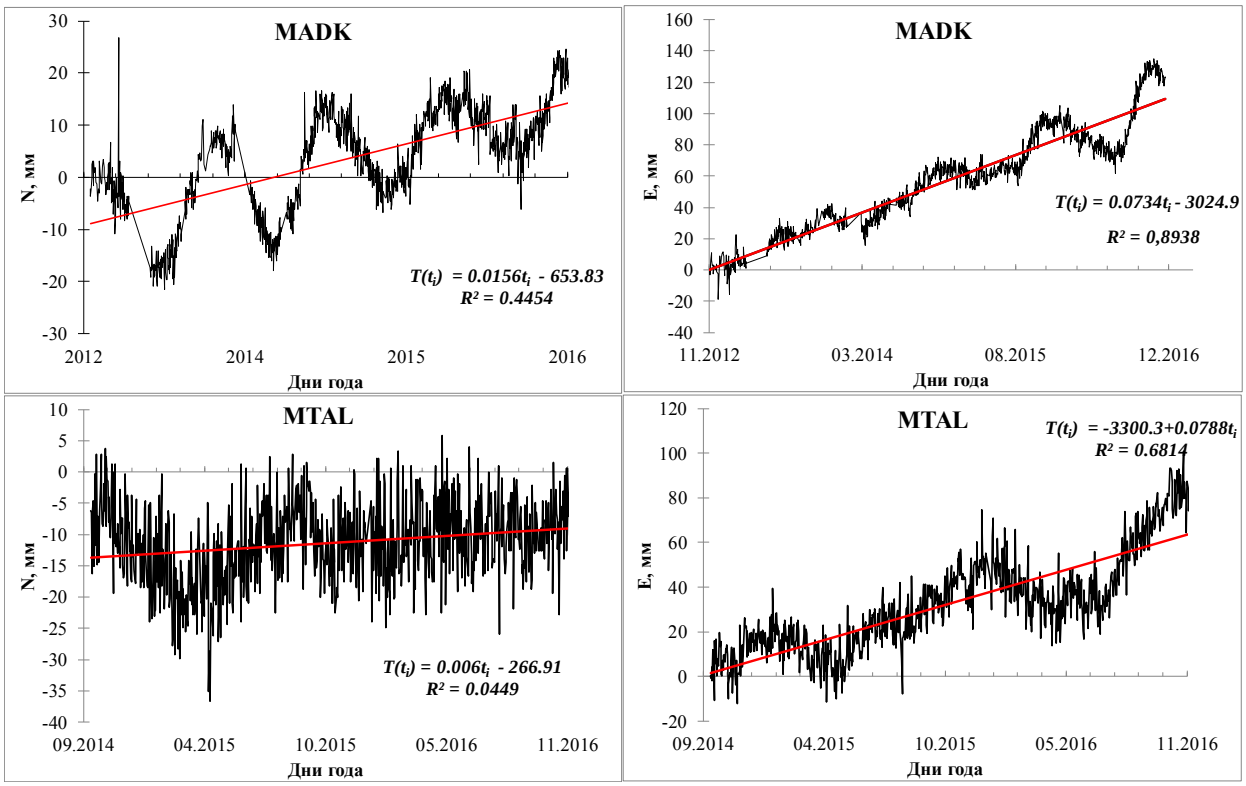


Рис. 5. Наблюдения и тренд для широты (N) и долготы (E) пунктов MADK и MTAL

Результаты вычисления собственного движения станций по аддитивной модели и сравнения данных с решениями глобальных тектонических моделей NNR-NUVEL-1A, GSRM v1.2, GEODVEL2010, ITRF2008 (табл. 2) позволяют сделать вывод о возможности использования глобальной модели скоростей пунктов ITRF2008 для уравнивания новой сети. Но, результаты вычисления горизонтальных скоростей пунктов, приведенные в табл. 2, демонстрируют также о недостаточной плотности сети ITRF2008 в регионе и необходимость построения модели геотектонического районирования с дальнейшей оптимизацией сети опорных станций с учетом рельефных условий региона.

Впервые для исследуемого региона выполнены оценки сезонного годового сигнала с использованием быстрого преобразования Фурье и аддитивной модели. Спектральный анализ показал, что амплитуды годового сигнала колеблются для широты от 1.73 до 8.76 мм, долготы от 0.82 до 11.92 мм и высоты от 3.11 до 40.81 мм. Для станций MTAL и MADK сезонный эффект обусловлен влиянием давления поверхностных вод (особенно снега). Обнаружено также, что для станций TASH и MTAL присутствует сдвиг фазы годового сигнала, который объясняется геофизическими процессами, связанными с близким расположением озер Айдаро-Арнасайской системы. Разность фаз сигналов от 4.5 до 8.4 месяцев, получена для различных техник (GPS и DORIS) станции Китаб.

Таблица 2

Значения горизонтальных скоростей (v_N, v_E) пунктов

Пункт	Аддитивная модель		GEODVEL 2010		ITRF2008		NUVEL 1A		GSRM v1.2	
	v_N мм/г	v_E мм/г	v_N мм/г	v_E мм/г	v_N мм/г	v_E мм/г	v_N мм/г	v_E мм/г	v_N мм/г	v_E мм/г
KIT3	5.44	27.55	2.98	27.67	4.12	28.18	0.24	25.98	3.81	29.71
KIUB	4.38	27.38	2.98	27.67	4.12	28.18	0.24	25.98	3.81	29.71
TASH	4.49	26.65	2.32	27.64	3.43	28.19	-0.45	25.97	3.09	29.70
MADK	5.48	26.65	2.98	27.70	4.11	28.21	0.24	25.99	3.81	29.74
MTAL	0.78	21.84	1.95	27.63	3.05	28.20	-0.84	25.95	2.69	29.71

Периодический компонент временных рядов по аддитивной модели имеет сложную структуру, обусловленную, по-видимому, полусуточным, суточным, двухнедельным, месячным и долгосрочным периодами приливной и гидрологической нагрузки. Следовательно, комбинированное исследование геоданных с гидрологическими моделями (т.к., GRACE) должно быть использовано при интерпретации сезонных изменений координат опорных пунктов.

Анализ стохастического компонента временных рядов станций KIUB и KIT3 показал, что более стабильными являются ряды DORIS станции KIUB после 2003 года за счет улучшения точности определения орбит и позиционирования и инсталляции оборудования маяка 3 поколения. Корреляция между тропосферными данными (температура и давление) порядка 50% подтверждает необходимость в улучшенной модели тропосферной задержки (рис. 6).

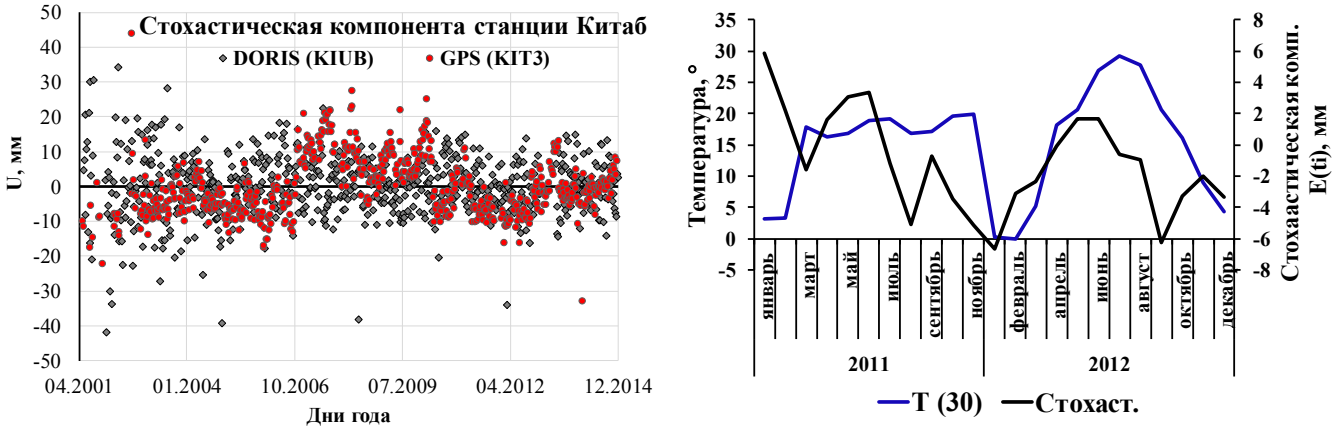


Рис. 6. Корреляция стохастической компоненты временных рядов (GPS, DORIS) станции Китаб с изменениями температуры

По вычисленным значениям тренда и сезонного компонентов временных рядов для всех пунктов построена прогнозная модель, уровень согласованности которой с наблюдениями составил 98,5% (рис. 7).

Полученные по аддитивной модели прогнозные значения могут быть использованы для интерпретации геофизических процессов региона.

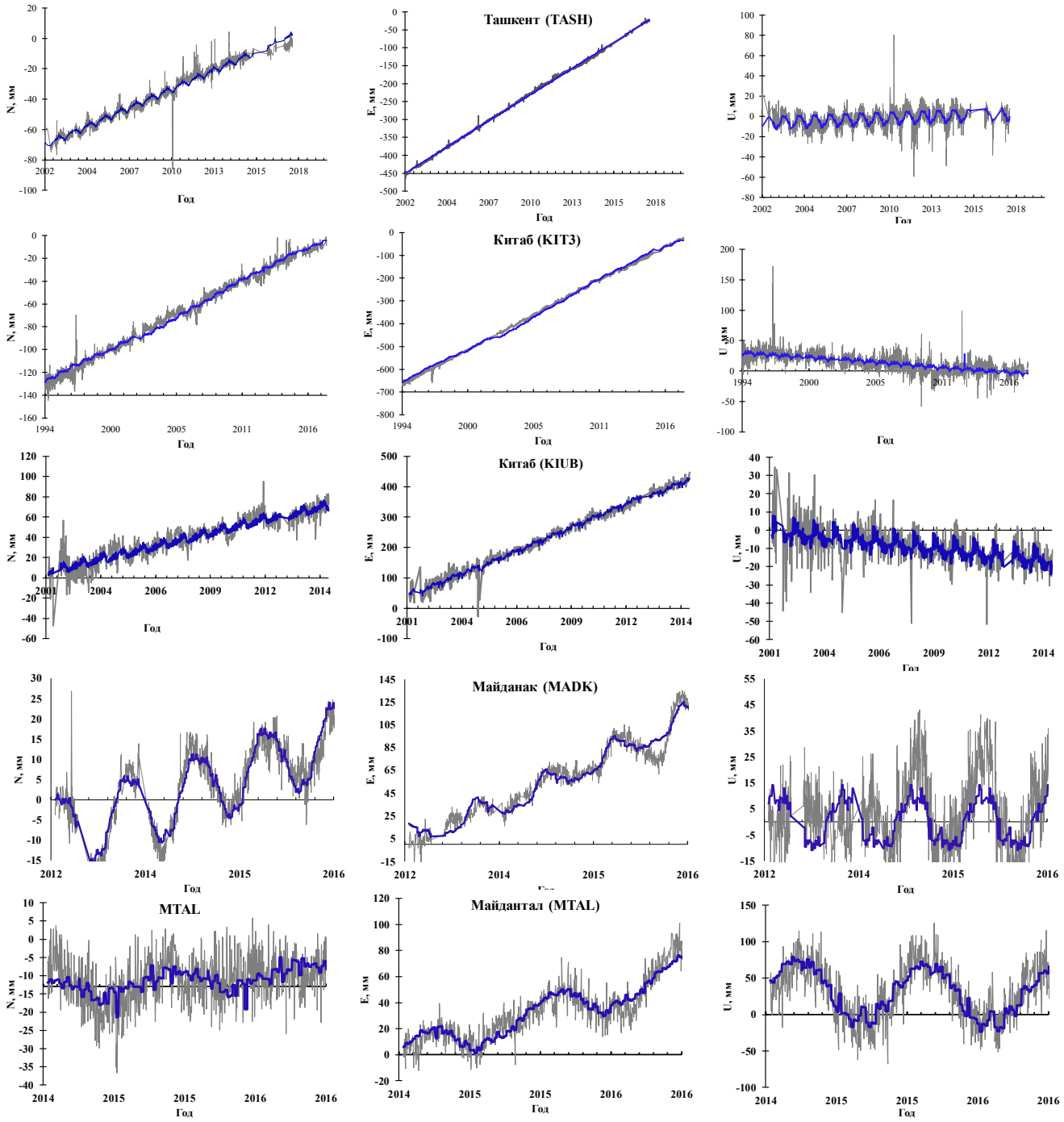


Рис. 7. Наблюдения (серый цвет) и модельный временной ряд (синий цвет) изменения координат пунктов GNSS (TASH, KIT3, MADK, MTAL) и DORIS станции KIUB

В четвертой главе **«Методы установления системы нормальных высот»** рассмотрены вопросы реализации спутникового GNSS-нивелирования в комбинировании с данными глобальных моделей гравитационного поля Земли (т.к. EGM2008, EIGEN-6C4). Влияние погрешностей гармонических коэффициентов на точность вычисления высоты квазигеоида и уклонения отвесных линий по модели EGM2008 в целом по земной поверхности оценивается СКП на уровне 11 см и 1", а для территории республики они достигают 35 см и 3.5" соответственно. Основными причинами низкой точности являются доступность измерительной информации и точность самих моделей. Анализ состоял из двух этапов: выбор модели гравитационного поля Земли для практического применения и исследование методов интерполяции для построения оптимальной поверхности цифровой модели гравитационного поля для территории республики. Объектом исследования выбрана территория Ферганской долины, расположенная между 39°≤φ≤44° и 65°≤λ≤75°. Выбор объекта исследования обусловлен факторами: выгодное географическое расположение, банк измерений для анализа влияния горных массивов Памира и Тянь-Шаня на изменение силы тяжести, современные гравиметрические исследования, подтверждающие наличие самых больших в мире аномалий силы тяжести.

Анализ точности интерполяции нормальных высот для выбранной точки *P* базировался на оценке разности:

$$\Delta\zeta(P) = \zeta_H(P) - \zeta_{EGM\,2008}(P) \tag{7}$$

здесь $\zeta_H(P) = H^{GPS}(P) - h^{клас.}(P)$ – аномалия высоты геоида, $H^{GPS}(P)$ – эллипсоидальная высота по GPS измерениям, $h^{клас.}(P)$ – интерполированные значения высот из базы данных BGI с использованием указанных выше методов, $\zeta_{EGM\,2008}(P)$ – высота геоида в точек P по модели EGM2008, определяемая как

$$\zeta(B,L,H) = \frac{fM}{\gamma(B,L,h)r}\sum_{n=2}^{N}\left(\frac{a}{r}\right)^n \sum_{m=0}^{n}\overline{P}_{nm}(\sin\varphi)(\overline{C}_{nm}\cos\lambda + \overline{S}_{nm}\sin\lambda) \tag{8}$$

здесь *B,L,H* – геодезические координаты определяемой точки в системе WGS-84, *h* – нормальная высота определяемой точки, *fM* – произведение гравитационной постоянной на массу Земли, *a*- большая полуось эллипсоида WGS-84, γ – нормальное ускорение силы тяжести, φ, λ, r – сферические геоцентрические координаты определяемой точки (широта, долгота, радиус-вектор), $\overline{P}_{nm}(\sin\varphi)$ – полностью нормированные присоединенные функции Лежандра, $\overline{C}_{nm}, \overline{S}_{nm}$ – нормированные гармонические коэффициенты аномального геопотенциала, N – предел суммирования сферических гармоник (n,m – соответственно степень и порядок гармоник).

Значения эллипсоидальных высот 9 пунктов были определены с помощью GNSS измерений в Ферганской долине с 2010 по 2015 гг.

Результаты классического геометрического нивелирования 1 класса из Международного заимствованы из базы гравиметрического бюро Тулузы. Значения аномалий геоида по модели EGM2008 вычислены с использованием сервиса немецкого центра исследования Земли GFZ Calculation Service of the International Center of Global Terrestrial Models (ICGEM).

Исследованы четыре метода интерполяции поверхности, реализованных в программном комплексе ArcGIS: Ближайшего Соседа (Natural Neighbor), Обратно Взешенных Расстояний (Inverse Distance Weighting), Кригинг (Kriging) и Топо в Растр (Topo to Raster). Сравнение с результатами геометрического нивелирования I класса, доступными в базе, позволило сделать заключение, что методы «Natural Neighbor» «Topo to rastr» наиболее точно аппроксимируют (СКО 35 м) заданную область как для территорий с «горным» рельефом, так и для «равнинных» областей и могут быть рекомендованы для построения локальной цифровой модели региона нормальных (рис. 8).

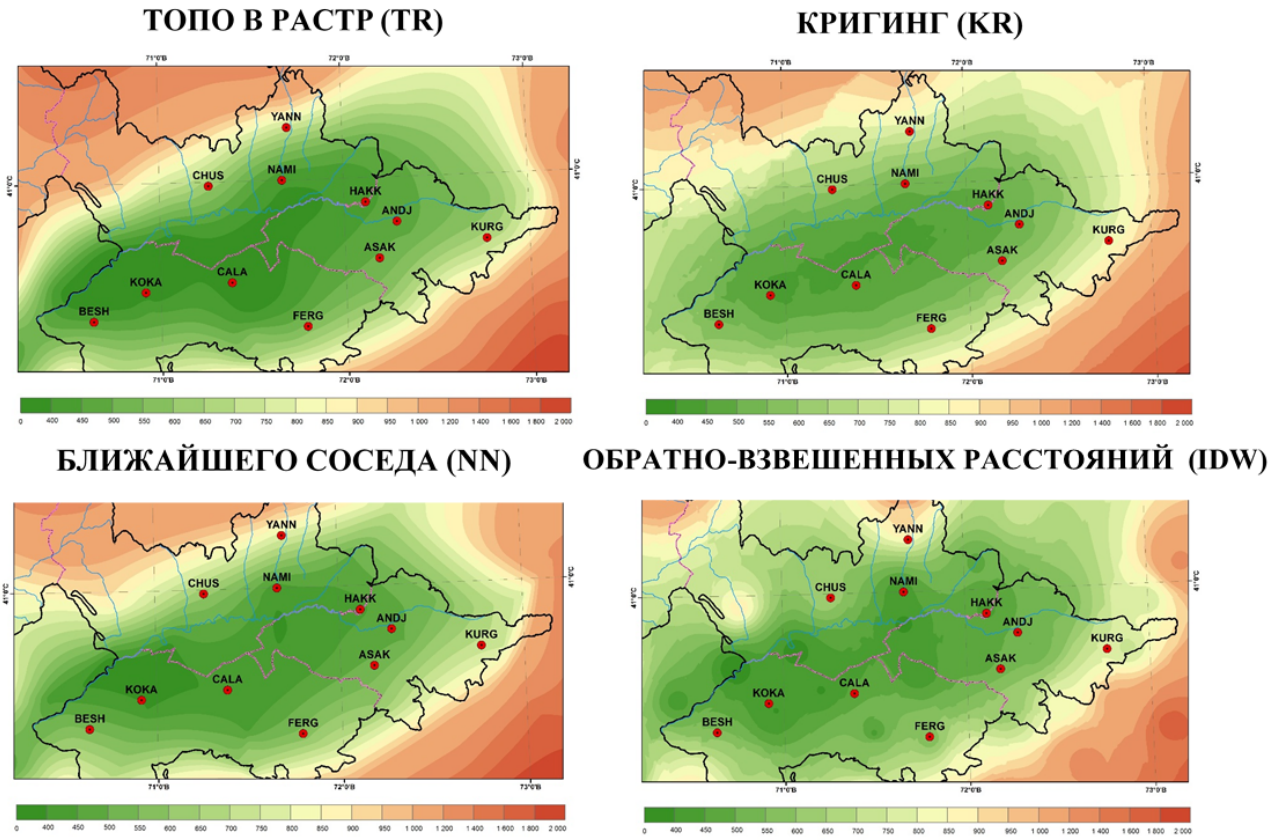


Рис.8. Результаты интерполяции поверхности нормальных высот

Сравнение глобальных моделей гравитационного поля Земли EIGEN-6C4 и EGM2008 проводилось с инструментальными данными по разностям высот и ускорения силы тяжести относительно пункта Ташкент. Исходя из того, что данная разность равна 9 м для станций, расположенных близко к

горным районам (т.к. Янгикурган, Кургантепа, Чуст) сделано заключение, что для GNSS-нивелирования на пунктах Ферганской долины на стадии создания координатной основы могут быть использованы как EIGEN-6C4, так и модель EGM2008. Однако, как было выявлено при анализе относительных высот, обнаружена значительная разница (до 24 м) между модельными и измеренными значениями высот, особенно для предгорных районов.

Картосхема значений разностей силы тяжести от -9 мГл до 19 мГл по модели и классическим данным подтвердили влияние отрицательного аномального поля в данном регионе (рис. 9). Аномалии были выявлены и в равнинной области исследуемой области. Таким образом, для изучения гравитационного поля модели глобального гравитационного поля Земли не могут быть применены без дополнительных комплексных инструментальных исследований региона.

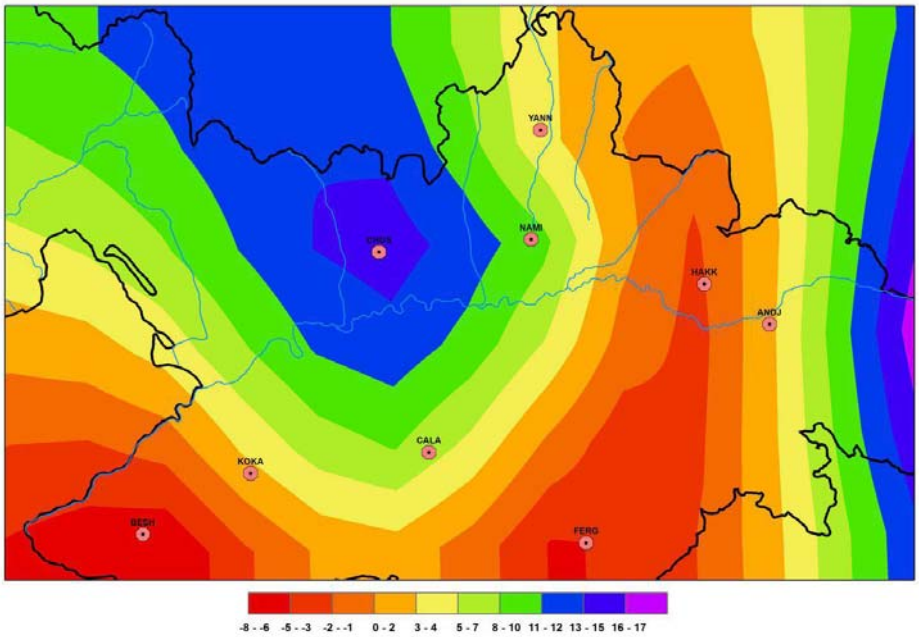


Рис.9. Разность значений силы тяжести по модели EGM2008 и классическим гравиметрическим измерениям

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов изучения методов построения геоцентрических опорных координатных систем, с использованием данных спутниковых технологий сделаны следующие выводы:

1. Впервые выработаны технические рекомендации по выбору и оптимальной реализации национальной геоцентрической опорной системы координат для республики;

2. Впервые предложена и реализована методика определения координат «общих точек» для перевода координат в геоцентрическую систему с использованием астрономических определений уклонения отвеса;
3. Определена зависимость точности преобразования и наборов, существующих и используемых на практике параметров перехода, от локальной к геоцентрической системе координат от рельефа территории;
4. Впервые разработаны алгоритмы и математические модели для пересчета координат между локальной СК-42 и геоцентрической WGS-84 системами координат для территории республики, на основе разработанных алгоритмов и математических моделей создан программный комплекс;
5. Выработаны рекомендации по использованию метода высокоточного позиционирования в статическом режиме для вычисления координат новых станций спутниковой сети республики;
6. Разработана прогнозная модель изменения координат опорных станций республики для оценки регулярных, сезонных и нерегулярных компонент, анализа тектонических, гидрологических, техногенных нагрузок;
7. Впервые выполнена оценка аномалий высот и приращения ускорения силы тяжести относительно опорного базиса для Ферганской долины по данным классических измерений, топографических карт и глобальных гравитационных моделей EIGEN-6C4, EGM2008;
8. Разработана методика определения нормальных высот путем совместного использования данных спутникового GNSS-нивелирования и глобальной модели гравитационного поля Земли EGM2008 с помощью интерполяционных методов.

SCIENTIFIC COUNCIL DSc.27.06.2017.FM/T.33.01 ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREE AT THE INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS, ASTRONOMICAL INSTITUTE, NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

ASTRONOMICAL INSTITUTE

FAZILOVA DILBARKHON SHAMURADOVNA

DEVELOPMENT OF THE NATIONAL REFERENCE COORDINATE SYSTEM OF UZBEKISTAN ON BASE SATELLITE TECHNOLOGIES

01.03.01 – Astronomy

ABSTRACT OF DOCTORAL (DSc) DISSERTATION ON THE PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Tashkent– 2018

The theme of the doctoral dissertation (DSc) was registered by the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2017.4.DSc/FM106.

The doctoral dissertation was carried out at the Astronomical Institute.

The abstract of the dissertation was posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of Scientific council at www.inp.uz and on the website of «Ziyonet» informational and educational portal at www.ziyonet.uz.

Scientific consultant:	**Ehgamberdiev Shukhrat Abdumannapovich,** doctor of physical and mathematical sciences, professor, academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan
Official opponents:	**Malkin Zinoviy Meerovich,** doctor of physical and mathematical sciences
	Husomiddinov Sabriddin Samarovich, doctor of physical and mathematical sciences, professor
	Ilyasov Sabit Pulatovich doctor of physical and mathematical sciences
Leading organization:	**Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences**

The defense of the dissertation will be held on «____»_____2018 at _____ at the meeting of scientific council No. Ds.27.06.2017.FM/T.33.01 at the Institute of Nuclear Physics of Uzbek Academy of sciences (Institute of Nuclear Physics, Ulugbek settlement, 100124, Tashkent. Phone: (+99871) 289-31-41, fax: (+99871) 289-36-65, e-mail: info@inp.uz).

The doctoral (DSc) dissertation can be looked through the Information-Resource Center of Institute the of Nuclear Physics (registered under No_____). Address: INP, Ulugbek settlement, 100124, Tashkent, phone: (+99871) 289-31-19.

The abstract of dissertation was distributed on «_____» _____ 2018.
(Registry record No. _____ dated "_____" _____2018).

M.Yu.Tashmetov,
chairman of the Scientific council
on award of scientific degrees,
D.Ph.-M.S., professor

R. Yarmukhamedov,
scientific secretary of the Scientific council
on award of scientific degrees,
D.Ph.-M.S., professor

I. Nuritdinov,
chairman of the scientific seminar of the Scientific
council on award of scientific degrees,
D.Ph.-M.S., Professor

INTRODUCTION (annotation of doctoral dissertation)

Topicality and relevance of the theme of the dissertation. At present, the study of mechanisms, the quantitative evaluation of global and regional geodynamic phenomena within short time intervals, which are indicators of current processes occurring near-Earth environment and the planet itself is one of the important physical problems solved by the methods of space geodesy. To study destructive geodynamic processes at the millimeter level of accuracy it is important decide task such as developing of geocentric terrestrial reference frame and its network of reference stations.

At present time, the technology of implementation of the ITRS for the regions and the countries improves through combination observations of artificial satellites' with long period measurements at co-located astro-geodetic points. In this direction purposeful scientific research, including for the solution of the following tasks is conducted: realization of the high-precision catalogue of reference stations coordinates, determination of transformation parameters between various physical realizations of reference systems, investigation of three-dimensional motion of the ground stations, development of the methods and algorithms of combining data represented in various observations systems.

In the republic today, much attention is paid to fundamental researches in definition of a geometrical shape of Earth and its geodynamical changes over time with using satellite measurements. Significant results were achieved also in applied field on creation of the Fundamental Astro-Geodetic Network (FAGN), improvement of methods of its construction and increase in accuracy of coordinates by introduction of new technologies of measurements, such as global navigation satellite systems (Global Navigation Satellite System, GNSS) and collocation with the existing points of the international geodynamic network (Kitab, Tashkent, Maydanak and Maidantal). However, in the territory of Uzbekistan, located in a zone of active crustal movements up to 3-5 cm/year, control data is defined in terms of static Coordinate System of 1942 (CS-42) which doesn't satisfy the accuracy of satellite methods. In accordance with "The strategy of actions on further development of the Republic of Uzbekistan for 2017-2021"[3], the most important is to increase of the coordinate providing efficiency on the basis of development of theoretical bases for further implementation of modern innovative satellite technologies and transition to the high-precision kinematic positioning system ITRS (International Terrestrial Reference System).

This research work corresponds to the tasks approved in the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "About measures on realization the investment project "Establishment of a National Geographic Information System" No. 2045 of 25.09.2013, Decrees of the Cabinet Ministers of Uzbekistan "About Application and Open Use in the territory of the Republic of Uzbekistan of the

[3] Decree of the President of the Republic of Uzbekistan "On the Strategy for the Further Development of the Republic of Uzbekistan" No. 4947 of 07 February 2017

International Geodetic Coordinate Systems" No.1022 from 26.12.2017 and also in other standard and legal documents accepted in this field.

Relevance of the research to the priority areas of science and technology development of the Republic of Uzbekistan. The dissertation research has been carried out in accordance with the priority areas of science and technology development of the Republic of Uzbekistan: IV- "Development of Informatization and Information and Communication Technologies".

Review of international scientific researches on the theme of the dissertation. The researches on the on the creation of national geocentric reference coordinate systems and determination of the Earth geometric characteristics are being carried out in scientific centers of the world and higher educational establishments. Among them, the Central Scientific Research Institute of Geodesy, Aerial Surveying and Cartography, Institute of Astronomy, Geophysical Center, the Siberian State University of Geosystems and Technologies (Russia), the Intergovernmental Committee for Geodesy and Cartography (Australia), the National Geodetic Survey (USA), German Research Centre for Geosciences (Germany), Institut Géographique National (France), Xi'an Research Institute of Geodesy and Cartography (China), State Committee for Land Resources, Geodesy, Cartography and the State Cadastre, Institute of Seismology, Astronomical Institute (Uzbekistan).

On a theoretical and practical research of system of Earth geodetic parameters a number of scientific results is received at world level, including: the Intra-Frame Velocity Model was adopted as the basis for the simultaneous implementation of four (coordinate system) (NATRF2022, PTRF2022, CTRF2022, MTRF2022) in the United States until 2020 (National Geodetic Service). The method of optimal combination of classical astronomical and satellite measurements was used as the basis for the implementation of the geodetic coordinate system GSK2011 and the world geocentric coordinate system "Parameters of the Earth 1990" (PZ-90.11) in Russia (Central Research Institute of Geodesy, Aerial Photography and Cartography) and the Chinese Coordinate System CGCS 2000 (Xi'an Research Institute of Geodesy and Cartography). Determination of coordinates and velocities of reference stations in real time mode for a certain epoch is proposed to be used in the geodynamic coordinate system of Australia GDA 2020 (Geocentric Datum of Australia GDA2020) (Intergovernmental Committee for Geodesy and Cartography, Australia). The kinematic models are developed and the velocities of stations are calculated on the basis of geotectonic zoning (Institute of Astronomy, Geophysical Center, Russia, Institute of Seismology, Uzbekistan). The normal heights were calculated with using data of global Earth gravity field models (German Research Centre for Geosciences; Islamic University, Iran; Astronomical Institute, Uzbekistan).

Developing of method of implementation ITRF into local areas, taking into account the relief and tectonic features of the regions is an important research problem, being solved currently. In particular, there are following priority topics of researches: developing of methods of transforming between reference frames,

including the data of the quasigeoid, investigation of stations coordinates due to processing methods and environmental loads (atmospheric, hydrological, etc.), the creation of a local digital elevation model with using data global Earth gravitational models.

Degree of study of the problem. At present, a leading scientists of the world, for example, Russian (G.V. Demyanov, V.P. Gorobets, G.G. Pobedinsky, E.G. Gienko), Belarusian (N. I. Rudnitskaya), Australian scientists (R. Harvey, W. Featherstone), Chinese (P. Cheng, H. Wen), Spanish (L. Zurututa, M. Sevila), a number of theoretical and experimental studies have done to evaluate of the transformation model between three-dimensional right-handed coordinate systems in Euclidean space. Most of the work was done using a 7-parameter Helmert transformation for rectangular Cartesian coordinates. The mathematical model is based on the method of "known common points" with using the operations of transition, rotation to the corners of Cardano and scaling. However, only the published transformation parameters were used and their accuracy was not evaluated.

General geotectonic zoning model were used for implementation of the most geocentric systems. The estimation of stations velocities and geodynamical time series analysis were made by the Russian (G. M. Steblov, V.I. Kaftan), American (D. Smith, R. Dan, S. Hilla), Japanese (J. Li, K. Miyashita, T. Kato, S. Miyazaki), Algerian (S. Knelifa) scientists. It was found that the change in the seasonal component of the time series (Z. M. Malkin) affects systematic errors in the reference coordinate systems, and the processing model influnces for the stability of reference stations (J. Bogusz, A. Klos, G. Moreaux). Maps of recent crustal movements were created for the territory of Uzbekistan with using of satellite measurements (A.R. Yarmukhamedov, K.E. Abdurakhmanov, K.N. Abdullabekov, A.V. Zubovich, L.A. Khamidov). Research is being conducted to assess the displacement in real time mode and the creation of earthquake prediction methodology (S. S. Khusomiddinov). However, for an accurate assessment of the recent motions of the region, a forecast model of reference points time series is needed, which is justified in the studies of the Australian (J. Haasdyk), New Zealand scientists (G. Blick, D. Grant).

During recent years, local geoids models have been computed by combining gravity anomalies and deflections of the vertical with satellite measurements in Austria (R. Pail, N. Kuhtreiber, B. Wiesenhofer, B. Hofmann-Wellenhof), Germany (R. Machotka, M. Kuruc, T. Volarik) and Czech Republic (C. Hirt, B. Bürki, A. Somieski). Until now, virtually have not evaluated the possibilities of the global Earth's the gravity field models, such as EGM2008, EIGEN-6C4 and satellite GNSS-leveling for computing a local digital height model (V. B. Nepoklonov, A. P. Dmitrenko).

Relevance of the theme of dissertation with the scientific researches of research institution, where the dissertation was conducted. The dissertation research has been carried out within the framework of the scientific projects of the Astronomical Institute : FA-A17-F077 "Improving the accuracy of the geodetic

baseline of Uzbekistan, studying low-frequency electromagnetic radiation in the Earth's ionosphere with the purpose of predicting dangerous tectonic phenomena" (2009-2011); A5-ФA-Ф033 "Development of a method for increasing the accuracy of a coordinate system based on high-precision GNSS data and monitoring F, D layers of the Earth's ionosphere" (2012-2014); FA-A5-F014 "Creation of geodetic base for the modern GNSS network taking into account geodynamic features of the territory of the Republic of Uzbekistan (2015-2017).

The aim of the research is to substantiate the principle of realizing in the territory of the Republic of Uzbekistan a modern high-precision national geocentric datum by implementing the international ITRS system, which provides an effective combination of classical astronomical and modern satellite technologies.

The tasks of the research:

to define a new geocentric datum for the Republic of Uzbekistan using GNSS global navigation satellite systems;

to develop of methods for integration and improvement of the national datum based on the ITRS global reference coordinate system;

to determine the optimal transformation parameters between the new geocentric datum (ITRS at a particular epoch) and the existing SK-42 reference system taking into account regional relief factors on the territory of the Republic;

to develop method and software for the coordinate transformation between the local state system SC-42 and the geocentric coordinate system ITRS;

to develop a forecast model for time series components (long-term, seasonal) to improve the efficiency of data use and analysis of geophysical, hydrological processes in the region;

to study of the accuracy of the latest global Earth gravity field models EGM2008 and EIGEN-6C4 for the development of a system of normal heights in the territory of Uzbekistan as an alternative to traditional classical leveling methods;

to develop method for the computation of a local digital model of normal heights based on satellite GNSS measurements and data from global Earth gravity field models.

The object of the research are modern high-precision coordinate system and geodetic network of reference stations providing the effective use of global navigation satellite systems GNSS and other modern technologies.

The subjects of the research are transformation models and parameters between different physical realizations of coordinate systems, GNSS stations time series and their forecast models on the territory of the Republic of Uzbekistan, global Earth gravity field models EGM2008, EIGEN-6C4.

The methods of the research are complex methods, including theoretical generalizations and experimental studies using mathematical modeling, working with databases, and spectral analysis of time series for estimation of the transformation parameters between the SK-42 and WGS-84 systems, identification of the structure of time series and construction a digital model of normal heights.

The scientific novelty of the research is the follows

scientific and technical recommendations on defining and optimal implementation a new geocentric datum for the Republic of Uzbekistan were developed;

the method for determining "common points" for the coordinate transformations to a new geocentric datum using astronomical deflections of the vertical were developed;

the analysis of published and used transformation parameters demonstrated their dependence from relief of territory;

the algorithms, mathematical models and software for transformation between the SK-42 and WGS-84 systems for territory of Republic were developed;

the recommendation for using precise point positioning method for calculation of new stations coordinates was made;

regional tectonic, hydrological, technogenic loads forecast model of time series long-term, seasonal components was developed;

method of normal heights calculation on base global Earth gravity model EGM2008 and GNSS measurements was developed.

Practical results of the research are as follows

an optimal method for determination the state network stations coordinates using accurate satellites orbits and clocks of the GNSS system was developed;

the data base of reference points horizontal coordinates on base astronomical deflections of the vertical was developed;

the database of planned coordinates of reference points was created using astronomical definitions of plumb-line evasion;

software for transformation between the SK-42 and WGS-84 systems for territory of Republic was developed;

the models of the trend and the seasonal component of the reference stations coordinates time series were obtained;

the analysis of various interpolation methods for the formation of a local digital model of the heights of the region was performed;

the initial digital model of heights anomalies for the territory of the republic was created;

the estimation of the gravity anomalies for the reference points of the Republic geodetic network was carried out;

The reliability of the research results is substantiated by the use of modern mathematical modeling methods for as both developing algorithms and time series models and to study the effect of environmental loading and software for optimization of region kinematic model parameters. The results and conclusions are based on a comparison with the solutions of other authors and international analytical data centers.

Scientific and practical significance of the research results.

The scientific significance of the research results is determined by the possibility of applying the obtained models to determine the connection parameters

between different terrestrial coordinate systems and the definition of 3-D surface motion.

The practical significance of the research results lies in the fact that they can be applied for the combined adjustment of astro-geodetic and satellite networks, defining of the geotectonic zoning model, the parameters of the gravitational field and the local geoid.

Implementation of the research results. Based on the obtained results on the development of the national reference coordinate system of the Republic using satellite technologies:

the recommendation for the optimal implementation of the geocentric reference coordinate system, the transformation parameters between SK-42 and WGS-84 systems on the territory of the Republic of Uzbekistan were used for construction of the space network in the Tashkent region and Fergana valley (a letter of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadaster No.02-02-3413 dated 01.05.2018). The results improved of stability of the reference stations, quality of real-time measurements;

the method of high-precision positioning was used at the Kitab station and to select the locations of new stations, Tashkent, Maidanak and Maydantal during the experimental verification of the functional model of zenith tropospheric delays within the framework of the applied project FA-A5-F016: "Establishment of a system of operative monitoring of the amount of water vapor in the troposphere over Uzbekistan by the method of GPS meteorology" (2015-2017) (a letter of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan No. 2/1255-1431 dated 28.05.2018). The application of this technique allowed estimating the height difference of GNSS stations with minimal technical costs;

the method of normal heights and gravity anomalies calculation with using system analysis of terrestrial astro-geodetic measurements, topographic maps and global Earth gravity models EIGEN-6C4, EGM2008 is important during developing new height system of the geocentric datum (a letter of the State Committee of the Republic of Uzbekistan on Land Resources, Geodesy, Cartography and State Cadaster No.02-02-3413 dated 01.05.2018). Due there is no precise local geoid for the Republic it will serve as initial database for future works

Testing of the research results. The main results of the dissertation were reported and discussed at 19 international and 3 republican scientific and practical conferences.

Publication of the research results. On the theme of the dissertation 36 scientific papers were published, 10 scientific articles from them 2 in international scientific journals, 3 certificates of registration of computer programs in the Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan.

Volume and structure of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion and a bibliography. The volume of the dissertation is 165 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Фазилова Д.Ш. Редукция геоцентрических координат WGS-84 в локальные системы // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. − Ташкент, 2004. − №4. − С.29-31. (01.00.00; №7).
2. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р., Кудратов С.Г. Сингулярное спектральное разложение временных рядов в деформационном анализе // Вестник Ташкентского университета информационных технологий. – Ташкент, 2007. − №4. − С. 31-34. (01.00.00; №9).
3. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш., Аскаров А.М. Об установлении высокоточной системы координат Узбекистана // Вестник Узбекского географического общества. - Ташкент, 2008. - Вып.32. - С.133-135. (11.00.00; №6).
4. Фазилова Д.Ш. Мирмахмудов Э.Р., Сафаров Э.Ю. О преобразовании геодезических систем координат // Вестник Узбекского географического общества. -Ташкент, 2010. - Вып.36. - С. 197-200. (11.00.00; №6).
5. Фазилова Д.Ш. Некоторые результаты обработки данных GPS станций Китаб и Ташкент с помощью программного пакета BERNESE // Вестник Узбекского географического общества. - Ташкент, 2011. - Вып.38. - С.184-186. (11.00.00; №6).
6. Fazilova D. The review and development of a modern GNSS network and datum in Uzbekistan // Geodesy and Geodynamics. – Elsevier: China, 2017, - V. 8, № 3, –pp. 187–192. (№ 3. Scopus; IF=1.10).
7. Фазилова Д. Ш. К вопросу об определении нормальных высот на территории республики Узбекистан // Доклады Академии наук Республики Узбекистан. - Ташкент, 2017, - №5, - С.38-41. (01.00.00; №7).
8. Фазилова Д.Ш., Эгамбердиев Ш.А., Халикова А.В. Исследование основных составляющих временных рядов изменения координат Ташкентской станции Глобальной навигационной спутниковой системы // Узбекский физический журнал. –Ташкент, 2017. -№5 (19). – С.262-267. (01.00.00; №5).
9. Fazilova D., Magdiev H. Comparative study of interpolation methods in development of local geoid // International Journal of Geoinformatics, 2018, - V.14, №1. –pp. 29–33. (№ 3. Scopus; IF=0.31).
10. Фазилова Д.Ш., Эгамбердиев Ш.А. Исследование скорости движения GPS станций на территории Узбекистана// Доклады Академии наук Республики Узбекистан. - Ташкент, 2018. − №1. − С.47-49. (01.00.00; №7).

II бўлим (II часть; part II)

11. Фазилова Д.Ш., Фазилов А.Ш. Программа обработки полевых измерений для построения опорных станций спутниковой геодезической сети // Свидетельство № DGU 02494 от 22.05.2012 об официальной регистрации программ для ЭВМ в Агентстве интеллектуальной собственности РУз.
12. Фазилова Д.Ш., Фазилов А.Ш. Программа преобразования координат пунктов геодезической сети Узбекистана из системы WGS-84 в систему координат пользователя // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № DGU 03707 от 06.05.2016 г. в Агентстве интеллектуальной собственности РУз.
13. Фазилова Д.Ш., Эргашев К.Э. Преобразование координат WGS84_to_SK42 // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № DGU 04220 от 09.02.2017 г. в Агентстве интеллектуальной собственности РУз.
14. Фазилова Д.Ш., Эгамбердиев Ш.А., Магдиев Х.Н. Анализ глобальных гравитационных моделей Земли EIGEN-6C4 и EGM2008 по геодезическим данным применительно к Ферганской долине // Труды Института прикладной астрономии РАН. Санкт-Петербург, 2017. − вып. 42. –С.133-137. (01.00.00; № 65).
15. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш. О разработке проекта опорной точки спутниковой сети Узбекистана // Материалы Всероссийской астрономической конференции ВАК-2004 «Горизонты Вселенной», Москва, 3-10 июня 2004 г. – Москва: Труды ГАИШ, 2004. -том LXXV. - С.233-234.
16. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р. Исследование кинематических и динамических характеристик Китабской микроплиты // Современные проблемы астрономии в Узбекистане. - Ташкент, 2004. -С.23-26.
17. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш. Сингулярное разложение матрицы временных рядов изменения координат опорной точки GPS станции в Китабе // Интерэкспо Гео-Сибирь-2005, I Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 27-29 апреля 2005 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2005. - Т.1, ч.2. - С.186-189.
18. Фазилова Д.Ш. Исследование скорости движения Китабской станции //«Фан ва техника тараққиетида Қашкадарё олималарининг роли» мавзусидаги олима аёллар форуми материаллари. - Карши, 2005. – 220-222 б.
19. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р. Предварительный анализ дрейфа GPS пунктов в Узбекистане // Интерэкспо Гео-Сибирь-2006, II Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 26-28 апреля 2006 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2006. - Т.1, ч.2. -С.127-131.
20. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш., Аскаров А.М. Геодезическая основа для развития фундаментальных астрономо-геодезических работ в Узбекистане //Третья Всероссийская конференция «Фундаментальное и

прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение КВНО-2009» 6-9 апреля 2009. -Санкт-Петербург, 2009, - С.271-272.
21. Ibragimov I., Fazilova D. Some areas of using applied space technologies in Uzbekistan// International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-Based and Ground-Based Augmentation Systems and Applications 30 November -2 December 2009. -Berlin, Germany, 2009. - pp.81-84.
22. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р., Алимухамедов И.М. О некоторых задачах по улучшению геодезической сети Узбекистана// Интерэкспо Гео-Сибирь-2010, VI Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 19-29 апреля 2010 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2010.- Т.1. - ч.3. - С.27-30.
23. Fazilova D. Development of high precision geodetic networks based on GPS measurements in Uzbekistan //Proc. 20th UN/IAF workshop on “GNSS Applications for Human Benefit and Development” 24-25 September 2010 Prague, Czech Republic. –p.16.
24. Fazilova D.SH. Investigation Kitab-Tashkent baselines on the combination of different geodetic techniques // International DORIS Service Workshop 21-22 October 2010. Lisbon, Portugal, 2010. –p.34
25. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р. Построение базовой линии Китаб-Ташкент геодезической сети Узбекистана по результатам GPS-измерений // Интерэкспо Гео-Сибирь-2011, VII Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 19-29 апреля 2011 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2011. - Т.1, ч.2. - С.189-193.
26. Фазилова Д.Ш., Мирмахмудов Э.Р., Фазилов А.Ш. О необходимости уточнения параметров СК-42 для топографических карт Республики Узбекистан // Четвертая Всероссийской конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение КВНО-2011» 10-14 октября 2011. -Санкт - Петербург, 2011. – С. 244-246.
27. Фазилова Д.Ш. Развитие геодезической инфраструктуры республики Узбекистан на основе GNSS данных в рамках международных проектов// "Пулково-2012": материалы Всероссийской астрометрической конференции 1-5 октября 2012. -Санкт-Петербург, 2012. -С.72-73.
28. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш. Вопросы использования данных спутниковых навигационных систем для построения геодезической сети Узбекистана// Интерэкспо Гео-Сибирь-2012, VIII Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 10-20 апреля 2012 г. - Новосибирск: СГУГиТ, 2012. - Т.2. - С. 268-270.
29. Фазилова Д.Ш., Фазилов А.Ш. Использование метода PPP для обработки данных опорных станций геодезической сети Узбекистана// Пятая Всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение КВНО-2013» 15-19 апреля 2013. - Санкт-Петербург, 2013. -С.336-337.

30. Фазилова Д.Ш., Фазилов А.Ш. К вопросу создания геодезической основы для современной ГНСС сети Республики Узбекистан //Интерэкспо Гео-Сибирь-2015, XI Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 13-25 апреля 2015 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2015.- Т.1, ч.2. -С.93-97.
31. Fazilova D. The establishment of a geodetic base for modern Uzbekistan GNSS network taking into account regional geodynamic features//Intern. Symposium Asia-Pacific Space Geodynamics Project on Geodetic Datum and Regional and Terrestrial Reference Frame Realization 24-28 August 2015. - Moscow, Russia, 2015. - pp. 33-34.
32. Фазилова Д.Ш. Определение элементов ориентировки общеземного эллипсоида WGS-84 для пункта «Китаб» // Интерэкспо Гео-Сибирь-2016, XII Междунар. научн. конгр.: сб. материалов в 4 т., Новосибирск, 18-22 апреля 2016 г. -Новосибирск: СГУГиТ, 2016. - Т. 2, №2, - С. 97-102.
33. Фазилова Д.Ш., Магдиев Х.Н., Халимов Б.Т. К вопросу определения локального геоида Республики Узбекистан //Физика фани муаммолари ва унинг ривожида истеъдодли ёшлар ўрни: Республика илмий-амалий конференцияси тўплами.- Тошкент, 2016. -С.83-85.
34. Fazilova D.SH, Magdiev H.N. Creation a State GNSS network as a basic component of the National Geographic Information System of Uzbekistan// Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры: матер. 10-й Центральноазиатской ГИС конференции 28-30 апреля 2016, -Бишкек, 2016. – 3 (53). - С. 207-214.
35. Fazilova D., Soudarin L., Saunier J. DORIS time series analysis by using ARMA models // International DORIS Service Workshop 31 October 1 November 2016. La Rochelle, France, 2016. –p.29
36. Фазилова Д.Ш., Магдиев Х.Н., Эргешев И.М. Анализ глобальных гравитационных моделей Земли EIGEN-6C4 и EGM2008 по геодезическим данным применительно к Ферганской долине// Седьмая Всероссийская конференция «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение КВНО-2017» 17-21 апреля 2017. -Санкт-Петербург, 2017. –С. 202-203.

Автореферат “Тил ва адабиёт таълими” журнали таҳририятида
таҳрирдан ўтказилди (08.06.2018 йил)

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.
Шартли босма табоғи: 3,2. Адади 100. Буюртма № 23.

«ЎзР Фанлар Академияси Асосий кутубхонаси» босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100170, Тошкент ш., Зиёлилар кўчаси, 13-уй.