

**ASTRONOMIYA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

ASTRONOMIYA INSTITUTI

YO‘LDOSHEV QUDRATILLO XABIBULLAYEVICH

**FON-KITOB RAQAMLI KATALOGINI TUZISH VA
O‘ZR FA ASTRONOMIYA INSTITUTI FOTOARXIVI ASOSIDA
TANLANGAN OBYEKTЛАRNI TADQIQ QILISH**

01.03.01 – Astronomiya

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI
(PhD) DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2023

**Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Content of the dissertation abstract of the doctor of philosophy (PhD) on
physical and mathematical sciences**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
физико-математических наукам**

Yo'ldoshev Qudratillo Xabibullayevich

FON-Kitob raqamli katalogini tuzish va O'zR FA Astronomiya instituti
fotografik arxivi asosida tanlangan obyektlarni tadqiq
qilish..... 3

Йулдошев Кудратилло Хабибуллаевич

Создание цифрового каталога ФОН-Китаб и исследование избранных
объектов на основе фотографического архива Астрономического
института АН РУз..... 21

Yuldoshev Qudratillo Khabibullaevich

Compilation of a digital FON-Kitab catalogue and UBAI photographic
archive selected objects study..... 39

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 44

**ASTRONOMIYA INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

ASTRONOMIYA INSTITUTI

YO‘LDOSHEV QUDRATILLO XABIBULLAYEVICH

**FON-KITOB RAQAMLI KATALOGINI TUZISH VA
O‘ZR FA ASTRONOMIYA INSTITUTI FOTOARXIVI ASOSIDA
TANLANGAN OBYEKTЛАRNI TADQIQ QILISH**

01.03.01 – Astronomiya

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI
(PhD) DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent - 2023

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2023.2.PhD/FM886 raqami bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiyasi O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Astronomiya institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasi (www.astrin.uz) va "Ziyonet" axborot-ta'lim portalida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Egamberdiyev Shuhrat Abdumannapovich,
fizika-matematika fanlari doktori, akademik

Rasmiy opponentlar:

Andrievskiy Sergey Mixaylovich,
fizika-matematika fanlari doktori

Burxonov Otabek Anvarovich,
fizika-matematika fanlari nomzodi

Yetakchi tashkilot:

V. N. Karazin nomidagi Xarkov milliy universiteti

Dissertatsiya himoyasi Astronomiya instituti huzuridagi PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023-yil _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100052, Toshkent shahri, Astronomiya ko'chasi, Astronomiya instituti. Tel. (+99871) 235-81-02; faks (+99871) 234-48-67; e-mail: info@astrin.uz).

Dissertatsiya bilan Astronomiya institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (____ raqami bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100052, Toshkent shahri, Astronomiya ko'chasi, 33-uy, O'zR FA AI. Tel. (+99871) 235-81-02).

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil "____" _____ kuni tarqatildi.
(2023-yil "____" _____ dagi _____ – raqamli reestr bayonnomasi)

D.Sh. Fazilova

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash raisi o'rinbosari, f.-m.f.d., katta ilmiy xodim

I.A. Ibragimov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash ilmiy kotibi f.-m.f.n., katta ilmiy xodim

A.B. Abdikamalov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy
kengash huzuridagi ilmiy seminar raisi
f.-m.f.d., yetakchi ilmiy xodim

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Bugungi kunda jahonda kosmik obyektlardagi dinamik jarayonlarning ko'rsatkichi bo'lgan yulduzlar, ularning to'dalari va Galaktikaning kinematikasini o'rganish uchun inertsiyal hisoblash tizimini amalga oshirish Yer va kosmik astrometriya usullari bilan hal qilinadigan eng muhim fizik muammodir. Xalqaro astronomiya ittifoqi (XAI) "astronegativlardagi tasvirlarning katta hajmi uzoq davrli kometalar, Koyper belbog'i obyektlari va boshqa Yerga yaqin obyektlar orbitalarining qayta aniqlash uchun qimmatli ekanligini"¹ hisobga olib, XAI astronomik kuzatuv ma'lumotlarini saqlash bo'yicha xalqaro ishlarni olib borish muhimligini ta'kidlaydi. Buning uchun yulduzlarning fotografik kataloglarini yaratish, ularni turli mos davrlari uchun xususiy harakatlarini o'rganish va Position and Proper Motions (PPM) kabi mavjud kataloglarga integratsiya qilish vazifasi dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Hozirgi vaqtda dunyoda ilg'or teleskopik kuzatuv texnologiyalari va Hubble kosmik teleskopi kabi kosmik observatoriyalardan foydalangan holda katta hajmdagi ma'lumotlarni to'plash va qayta ishlash asosida astronomik kataloglarni tuzish hamda qayta ishlash texnologiyasi takomillashmoqda. Bu yo'nalishda osmondagi obyektlarning koordinatalari, yulduz kattaliklari, xususiy harakatlari va boshqa parametrlarini aniq o'lchash uchun ma'lumotlarni qayta ishlash texnologiyasini takomillashtirish, obyektlarning qulay interaktiv kataloglarini yaratish, ma'lumotlarni qayta ishlashning kompyuter dasturlarini ishlab chiqish, aniq va ishonchli astronomik kataloglarni yaratish uchun katta hajmdagi ma'lumotlarni statistik tahlil qilish kabi maqsadli ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

Respublikamizda fundamental tadqiqotlarga, xususan, Yer va kosmik teleskoplar kuzatuvlari ma'lumotlari asosida astronomik kataloglar yaratishga katta e'tibor qaratilmoqda. "Osmonning fotografik obzori" (FON) xalqaro loyihasi doirasida Kitob xalqaro kenglik stantsiyasida Zeiss firmasining qo'shaloq astrografida uzoq muddatli kuzatuvlardan olingan 1963 ta astronegativlar ma'lumotlari asosida yulduzlar katalogi yaratildi. "Yangi O'zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi"²da² belgilangan vazifalarni amalga oshirish uchun yaratilgan astronomik kataloglardan foydalanish samaradorligini oshirish hamda ularni yaratish usullarini takomillashtirish asosida yulduzlarning xususiy harakatini hisoblashning aniqligini oshirish, Yevropaning Gaia loyihasi ma'lumotlari bilan integratsiya qilish, astronomik fotografik plastinkalarni raqamlashtirish uchun Xitoyning Digitizer skaneri kabi yangi, yuqori aniqlikdagi o'lchash texnologiyalarini joriy etish zarur.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 29-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi, 2019-yil 30-avgustdagi PF-5806-sonli "O'zbekiston Respublikasida kosmik faoliyatni rivojlantirish to'g'risida" gi farmonlari va 2021-yil 19 martdagi PQ-5032-sonli "Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni

¹ https://www.iau.org/static/science/scientific_bodies/working_groups/313/wg-313-triennial-report-2018-2021.pdf

² O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 29-yanvardagi PF-60-sonli "2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi farmoni.

rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi. Dissertatsiya tadqiqoti O'zbekiston Respublikasi Fan va Texnologiyalari rivojlanishining IV. "Informatsiyalashtirish va informatsion-kommunikatsion texnologiyalarni rivojlantirish" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

Muammoning o'rganilganlik darajasi. 1976-yilda Ukraina Milliy Fanlar akademiyasining Bosh astronomik observatoriyasi xodimlari I.G. Kolchinskiy va A.B. Onegina tomonidan "Osmonni fotografik obzori" (matnda FON) loyihasini taklif qilingan. Loyiha dunyoning turli observatoriyalarida amalga oshirilgan: Goloseevo, Zvenigorod, Gissar (Dushanbe), Abastumani, Zelenchuk va Kitob. Shu maqsadda obyektivining diametri 400 mm va fokus masofasi 2000 mm yoki 3000 mm bo'lgan Carl Zeiss tomonidan ishlab chiqarilgan aynan shu turdagi astrograflardan foydalanildi. Osmonni suratga olish 1981-1996-yillarda boshlangan.

Kataloglarni tuzishda tijorat skanerlarida astronegativlarni raqamlashtirish va kompyuterlarda ma'lumotlarni keyinchalik qayta ishlash hamda tahlil qilish imkoniyatining paydo bo'lishi muhim qadam bo'ldi.

2016-yilda "FON-Kiev" loyihasi doirasida 2260 ta fotoplastinkalar Goloseevo observatoriyasida qayta ishlanib, 19 milliondan ortiq yulduz va galaktikalarning ekvatorial koordinatlari va *B*-yulduz kattaliklari katalogi e'lon qilindi. Katalogning xatolarini aniqlash uchun Ukraina FA Bosh astronomik observatoriyasi xodimi V.M. Andruk tomonidan ishlab chiqilgan dasturiy ta'minot qo'llanildi.

Yulduzlarning fotografik kataloglarini yaratish va ularni mavjud kataloglarga integratsiyalash ukrainalik olimlarining (V.S. Kislyuk, A.I. Yatsenko, G.A. Ivanov, L.K. Pakulyak, T.P. Sergeeva, V.M. Andruk, V.V. Golovnya, S.V. Shatoxina) ilmiy ishlarida qisman o'z aksini topgan. Ular tomonidan fotografik plastinkalar o'rganilib, osmonning faqat shimoliy qismidagi yulduzlar va galaktikalar katalogi tuzildi. Holbuki, ushbu dissertatsiyada olib borilgan tadqiqotlar osmonning janubiy qismidagi osmon obyektlarni o'rganishga qaratilgan bo'lib, FON loyihasining bu qismi (FON-Kitob) hali o'rganilmagan.

Bundan tashqari V.N.Karazin Xarkov milliy universitetida astronomik kataloglar bilan shug'ullanuvchi guruh mavjud. Xarkov milliy universiteti olimlari P.N. Fedorov, A.A. Miznikov, V.S. Axmetovlar "ICRF manbalari atrofida CX1 yulduzlarining joylashuvlari va xususiy harakatlari katalogi", "XPM katalogi: 280 million yulduzning absolyut xususiy harakatlari" va boshqalar.

Zamonaviy kataloglardan Bonn obzori, Bright Stars katalogi, Henry Draper katalogi, O'zgaruvchan yulduzlar umumiy katalogi, Palomar obzori va boshqalarni keltirish mumkin.

Osmon jismlarini katalogini tuzishdagi muhim qadam fotografiyaning paydo bo'lishi bilan bog'liq. XIX asr oxirida fotografiya astronomik tadqiqotlar amaliyotiga ildam kirib keldi. Birinchi fotografik katalog – Carte du Ciel ("Osmon xaritasi") Parij observatoriyasi direktori Amadey Mushening tashabbusi bilan yaratilgan. Bir xil turdagi astrograflar bilan jihozlangan dunyoning 20 ta

observatoriyasi ushbu xalqaro dasturda ishtirok etgan. XX asr o'rtalariga kelib, 22 mingta fotoplastinka olingan, ularning tahlillari asosida 11-yulduzlar kattaligigacha bo'lgan yulduzlarning joylashuvlari katalogi tuzilgan. 1980-yillarda Moskva davlat universiteti P. K. Shternberg nomidagi davlat astronomiya instituti xodimlari ushbu ma'lumotlarni raqamlashtirdilar va 1950.0-yil epoxa uchun bo'lgan 4 million yulduzning katalogini yaratdilar.

Biroq, xususiy harakatlarni aniqlashning aniq emasligi tufayli, ilgari qurilgan koordinata tizimlari astrometriya, astronomiya va kosmologiya masalalari talablariga javob bermadi. Yanada bir turdagi koordinata tizimini yaratish zarurati paydo bo'ldi.

Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi O'zR FA Astronomiya institutidagi quyidagi ilmiy loyihalar doirasida olib borildi: VA-FA-F-2-006 - "Maydanak observatoriyasida osmonning ko'prangli raqamli obzorini yaratish va arxiv materiallari asosida noyob astrofizik obyektlarni tadqiq qilish" (2017-2020), A-FA-2021-36 - "Xitoy XR FA Shanxay astronomik observatoriyasi raqamlashtiruvchi mashinasi yordamida O'zR FA Astronomiya instituti astronegativlarini raqamlashtirish va tanlangan astronomik obyektlarning uzoq muddatli harakatlarini o'rganish" (2021-2022).

Tadqiqotning maqsadi FON-Kitab raqamli katalogini yaratish va fotografik arxiv asosida tanlangan obyektlarni o'rganishdir.

Tadqiqotning vazifalari:

Xalqaro Astronomiya Ittifoqining (XAI) Wide-Field Plate Data Base (WFPDB) standartlarini hisobga olgan holda, astronomik ma'lumotlarning raqamli ma'lumotlar bazasini, shu jumladan, fotoplastinkalarning kartotekasini yaratish va tashkil etish;

raqamlashtirish uskunasi xususiyatlarini hisobga olgan holda astronomik negativilarni raqamlashtirish metodologiyasini ishlab chiqish va optimallashtirish;

FON-Kitob loyihasi asosida yulduzlar va galaktikalar katalogini yaratish (Osmonning fotografik obzori);

Munich Image Data Analysis System (MIDAS) dasturlar to'plamida raqamli tasvirlar va fotografik ma'lumotlarini qayta ishlash hamda tahlil qilish uchun dasturiy ta'minot paketini ishlab chiqish;

ekvatorial koordinatalar va fotografik yulduz kattaliklarni aniqlash va tahlil qilishda fotografik arxiv ma'lumotlaridan foydalanib, tanlangan astronomik obyektlarni tadqiq qilish.

Tadqiqotning obyekti astronomik negativilarning arxivi va ma'lumotlarining raqamli bazasi, shu jumladan Xalqaro Astronomiya Ittifoqining (XAI) Wide-Field Plate Data Base (WFPDB) standartlariga muvofiq fotografik plastinkalarning kartotekasi hisoblanadi.

Tadqiqotning predmeti astronomik ma'lumotlarning raqamli ma'lumotlar bazasini yaratish va tashkil etish, fotoplastinkalarni raqamlashtirish texnikasini optimallashtirish, yulduzlar va galaktikalarni katalogini tuzish, MIDASda ma'lumotlarni qayta ishlash, astronomik obyektlarni tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Raqamli texnologiyalardan foydalangan holda

fotoplastinkalarni tahlil qilish va qayta ishlash, MIDASda dasturiy kompleksni ishlab chiqish, raqamli ma'lumotlar bazasini yaratish, obyektlarning statistik tahlili.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

O'zR FA Astronomiya instituti fotografik arxivi astronegativlarini SHAOning zamonaviy skanerlari yordamida to'liq raqamlashtirish amalga oshirildi;

FON loyihasining janubiy qismi kuzatuvlari asosida 13,4 million yulduz va galaktikalarning astrografik katalogi yaratilgan;

yulduzlarni ekspozitsilarga ajratish usuli ishlab chiqildi, bu MIDAS dasturiy paketi yordamida astronegativlarni qayta ishlashning aniqligini oshirish imkonini berdi;

skanerning tizimli xatolarini o'rganish amalga oshirildi va ularni tuzatish usullari ishlab chiqildi;

hisoblangan ekvatorial koordinatalarning Tycho-2 katalogiga va yulduzlar kattaliklarining standart fotoelektrik yulduzlar katalogiga reduksiyasi amalga oshirildi.

- SHAO skanerida fotoplastinkalarni raqamlashtirildi va qayta ishlash tahlillari so'nggi-yillarda olingan natijalarga mos kelishi aniqlandi.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

FON loyihasi materiallari asosida himoyaga tayyorlangan birinchi dissertatsiya;

Xalqaro astronomiya ittifoqi standartlariga muvofiq O'zR FA AI fotografik arxivi fotoplastinkalarining to'liq ro'yxati shakllantirilgan;

1981-1996-yillarda olingan FON astronegativlarining birinchi marta raqamli ma'lumotlar bazasi yaratildi va tahlil qilindi;

MIDAS dasturiy paketida, Fortran tilida astronegativlarni raqamlashtirish va qayta ishlash bo'yicha bir qator dasturlar yaratildi;

13,4 milliondan ortiq yulduz va galaktikalarning ekvatorial koordinatalari, *B*-yulduz kattaliklari hamda boshqa astrometrik va fotometrik parametrlari bo'lgan astrografik katalog yaratildi;

Fotografik tasvirlardan 1935.0 va 1976.9-yil epoxalar uchun χ va *h* Persey tarqoq yulduz to'dasi obyektlarining ekvatorial koordinatalar va *B*-yulduz kattaliklari katalogi yaratildi;

FON loyihasidan olingan fotoplastinkalarni qayta ishlash asosida 2728 ta asteroid va kometalarning pozitsiyalari va *B*-yulduz kattaliklari katalogi yaratildi;

Pallas va Vesta asteroidlarining mos ravishda 105 va 83 ta ekvatorial koordinatalari katalogi yaratildi.

χ va *h* Persey tarqoq yulduz to'dasining birinchi (1935.0) va ikkinchi (1976.9) davrlarining tasvirlari uchun ekvatorial koordinatalar va *B*-yulduz kattaliklari kataloglari, shuningdek, FON loyihasining ma'lumotlarini qayta ishlash asosida 2728 ta asteroid va kometalarning pozitsiyalari va *B*-kattaliklari kataloglari yaratildi.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy raqamli usullari va algoritmlarini ma'lumotlarni qayta ishlash, osmon obyektlarning astrometrik, fotometrik xususiyatlarini hisoblashda qo'llash, shuningdek, boshqa mualliflar natijalari bilan solishtirish hamdi tahlil qilishdan olingan xulosalar bilan ta'minlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Olingan katalogning ilmiy ahamiyati shundaki, katalogda kosmik gamma-chaqnashlarning optik komponentlari, gravitatsion-to'liqin hodisalari komponentlari, o'ta yangi yulduz, asteroidlar, kometalar, Quyosh tizimi obyektlari va boshqalar kabi tranzit obyektlarning xususiyatlari bo'lishi mumkin. Bu ularning chuqurroq o'rganish uchun muhim ahamiyatga ega.

Katalogning amaliy ahamiyati uning astrometrik va fotometrik materialidan alohida osmon jismlarining xususiyatlarini batafsil o'rganish, shuningdek, o'xshash xususiyatlarga ega bo'lgan osmon jismlari guruhlarini tahlil qilish uchun foydalanish imkoniyatidan iborat. Bu tadqiqotchilarga aniqroq ma'lumotlarni olish va o'rganilayotgan obyektlarning tabiati va xususiyatlari haqida yanada mazmunli xulosalar chiqarish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Tadqiqot ishlari natijalari asosida O'zR FA AI fotografik arxivi asosida tuzilgan 13,4 mln. yulduz va galaktikalarning astrometrik hamda fotometrik katalogi Strasburgdagi Astronomik ma'lumotlar markazining elektron bazasida e'lon qilindi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari bir qator xorijiy mualliflarning qator ishlarida, xususan, Baldon observatoriyasi raqamlashtirilgan astronegativlarining astrometrik va fotometrik xususiyatlarini o'rganishda, Ukraina Virtual observatoriyasi arxivining osmon jismlari katalogini tuzishda, Anglo-Avstraliya observatoriyasining Shmidt teleskopida olingan ba'zi fotografik plastinkalarning Gaia DR2 tayanch katalogi tizimida astrometrik reduksiyasini o'rganishda, Tojikiston Respublikasi FA Astrofizika instituti fotografik arxividagi FON loyihasining 1529 ta fotoplastinkalarini qayta ishlash orqali Tycho2 tizimida FON-Dushanbe katalogni tuzishda; 2728 asteroid va kometalarni katalogini tuzishda foydalanilgan.

Dissertatsiyada ishlab chiqilgan tahlil usullari o'xshash obyektlarni o'rganishda boshqa mualliflar tomonidan foydalanilgan. Buni Scopus ma'lumotlar bazasiga kiritilgan va Google scholar da berilgan quyidagi xalqaro jurnallarda nashrlarimizga havolalar isbotlaydi:

On the concept of the enhanced FON catalog compilation // Odessa Astronomical Publications. 2017. 30. 159-162. – 17 iqtibos;

Star photometry on digitized astronegatives // Science and Innovation. 2017, 13(1): 15-23. – 16 iqtibos;

Catalog of Equatorial Coordinates and B- Magnitudes of Stars of the Kitab Part of the FON Project // Kinematics Phys. Celest. Bodies. - New York: Allerton Press, Inc. V33, N5, c.250-253. – 15 iqtibos;

The equatorial coordinates and B- magnitudes of the stars in the Southern hemisphere zones based on the digitized astronegatives of FON project at the Ulugh Beg Astronomical Institute // Odessa Astronomical Publications. 2016. Vol.29, p.160-162. – 13 iqtibos;

Comparison of zero zone catalogues of the FON program based on the Kyiv and Kitab observations // Odessa Astronomical Publications. 2015. V.28, Is 2, p.188-191. – 13 iqtibos;

Method for evaluating the astrometric and photometric characteristics of commercial scanners in their application for the scientific purpose // Odessa

Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.61-62. – 13 iqtibos;

Catalogue of coordinates and B- magnitudes in -20° - $+2^{\circ}$ zone based on the Ulugh Beg Astronomical Institute part of the FON project // Odessa Astronomical Publications. 2017. Vol.30, p.205-208. – 10 iqtibos;

Astrometry of χ and h Persei based on processing of digitized plates of archive of the Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan // Odessa Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.57-58. – 10 iqtibos;

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 21 ta xalqaro va respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida ma'lum qilindi va muhokama qilindi.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi doirasida jami 18 ta ilmiy ishlar nashr qilindi, shundan 10 ta ilmiy maqola O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasi tomonidan PhD dissertatsiyasi asosiy ilmiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya etilgan ilmiy jurnallarda chop etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 123 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning **Kirish** qismida olib borilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning maqsadi va vazifalari, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy ahamiyati, Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi keltirilgan hamda himoyaga olib chiqilgan asosiy holatlar bayon qilingan. Bu qismda esa dissertatsiyaning umumiy tasnifi va qisqacha mazmuni bayon etilgan.

Dissertatsiyaning **“O'zR FA Astronomiya instituti fotografik arxivi”** nomli birinchi bobi fotografik usulda tuzilgan kataloglar sharhlari, O'zR FA Astronomiya instituti fototekasi ma'lumotlar bazasi, uning hozirgi holati, kuzatuv olib borilgan teleskop – Zeiss firmasining Qo'shaloq astrografi tavsifi hamda astronegativlarni xalqaro standartlar asosida katalogini tuzish ishlariga bag'ishlangan.

Ishda dunyoning turli fotografik arxivlari obzori ko'rib chiqilgan. Bunda dunyoning 50 dan ortiq fotografik arxivlarida millionlab fotoplastinkalar saqlanayotgani va asosiy fotografik arxivlar sifatida Kernegi instituti (AQSH), Yuqori Provans observatoriyasi (Frantsiya), Sproul observatoriyasi (AQSH), Grinvich Qirollik observatoriyasi kabi bir qator arxivlar mavjudligi, shuningdek, o'tgan asrda tuzilgan bir nechta fotografik kataloglar obzorlari ham keltirilgan. Bundan tashqari turli fotografik arxivlarda fotoplastinkalarni raqamlashtirish ustida olib borilayotgan ishlar haqida ham so'z yuritilgan. Garvard universiteti (AQSH), Zonneberg observatoriyasi (Germaniya), Odessa Astronomik observatoriyasi (Ukraina), Shanhay astronomik observatoriyasi (Xitoy), Bosh astronomik observatoriya (Ukraina), Byurakan astrofizik observatoriyasi (Armaniston) kabi bir qator arxivlar fotoplastinkalarni raqamlashtirish ustida katta ko'lamdagi ishlarni amalga oshirganlar. O'zR FA Astronomiya instituti ham ana shunday arxivlar

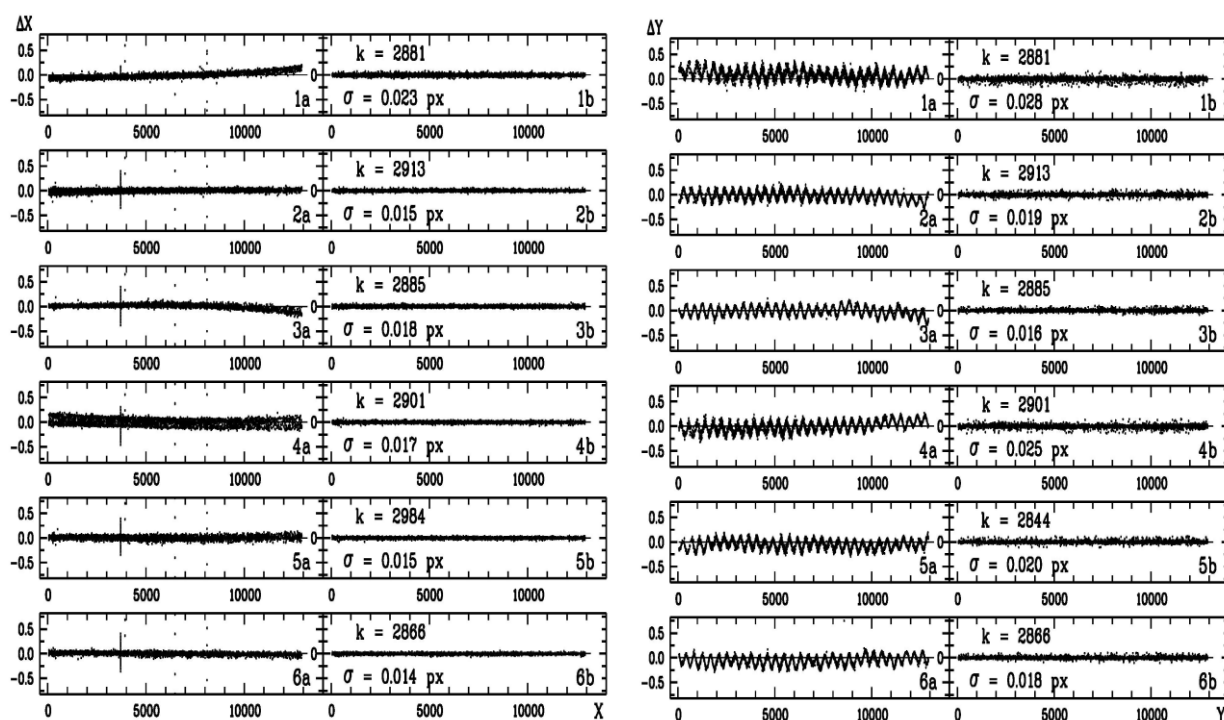
ro'yxatidan joy olgan. Dissertatsiya ishi shu arxivni to'liq raqamli formatga o'tkazish, tanlangan obyektlarni tadqiqot qilish hamda Osmonning fotografik obzori (FON) loyihasi asosida olingan fotoplastinkalarni qayta ishlash asosida yulduzlar katalogini tuzishga bag'ishlangan.

Shuningdek, ushbu bob Toshkent va Kitob xalqaro kenglik stantsiyalari kuzatuv ma'lumotlarini o'z ichiga olgan Astronomiya instituti fotografik arxivi tasnifi keltirilgan. Hozirgi paytda Astronomiya instituti arxivida 15 000 dan ortiq fotoplastinkalar saqlanmoqda. Shu bilan birga, Fotoplastinkalarni ro'yxatini shakllantirish uchun Xalqaro Astronomiya jamiyati tomonidan tasdiqlangan Wide Field Plate Data Base (WFPDB) standarti haqida ham ta'kidlab o'tilgan.

“FON-Kitob raqamli fotografik katalogini yaratish” nomli ikkinchi bobda FON loyihasi bo'yicha olingan astronegativlarining raqamli bazasini yaratish bosqichlari ko'rib chiqilgan. Ushbu bobda, shuningdek, , Epson Expression 10000XL skanerining fotoplastinkalarni raqamlashtirishda foydalanish masalalari tahlillari, raqamlashtirish jarayonlari va qayta ishlash bosqichlari, MIDAS dasturi yordamida astronegativlarni qayta ishlash aniqligini baholash, skaner xatoliklari, takroriy skanerlash natijalari, fotoplastinkadagi osmon jismlarining ikkita ekspozitsiyaga ajratish, skanerining sistematika xatoliklarini hisobga olish va to'g'rilash, yorqinlik tenglamasini hisobga olish masalari yoritilgan.

Ushbu bobning birinchi paragrafida FON loyihasi g'oyasi, uning vujudga kelishi, amalga oshirilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan. FON loyihasi g'oyasi 1976-yilda ukrainalik olimlar tomonidan ilgari surilgan. Loyihaning asosiy maqsadi -20° dan $+90^{\circ}$ gacha oraliqdagi yulduzlarning katalogini tuzish edi. Loyihada 6 ta: Goloseevo, Zelenchuk, Zvenigorod, Dushanbe, Abastumani i Kitob observatoriyalari ishtirok etgan. Kuzatuvlar 1981-1996-yillarda, asosiy qism kuzatuvlar dastlabki 10 yilda olingan. Natijada osmonning shimoliy qismi uchun FON-Kiev va janubiy qismi uchun esa FON-Kitob kataloglari tuzildi.

Ikkinchi paragrafida astronegativlarning raqamlashtirishda skanerni turli rejimlarda tekshirish va eng maqbul yechimni topish masalalari hal etilgan. Ma'lumki, har bir qurilmada o'ziga xos sistematik xatoliklar mavjud. Ushbu paragrafda biz fotoplastinkalarni raqamlashtirishda butun dunyo observatoriyalarida keng qo'llanilayotgan Epson Expression 10000XL skanerining tasnifi, uning fotoplastinkalarni raqamlashtirish va ulardan astrometrik hamda fotometrik parametrlarni hisoblashda foydalanish imkoniyatlarini o'rgandik. Buning uchun turli skanerlar rejimlarida bir necha martadan takroriy skanerlash hamda raqamlashtirilgan tasvirlarni qayta ishlash ishlari amalga oshirildi. 1-rasmda 1200 dpi rejim uchun skaner sinovi natijalari keltirilgan. Skanerlashda X yo'nalish to'g'ri chiqish (α) o'qiga, Y yo'nalish esa og'malik (δ) o'qiga mos keladi. Ya'ni Y yo'nalishida skaner matritsasi harakatlangani bois, bu yo'nalishda xatoliklar kattaroqligi yaqqol ko'zga tashlanadi.



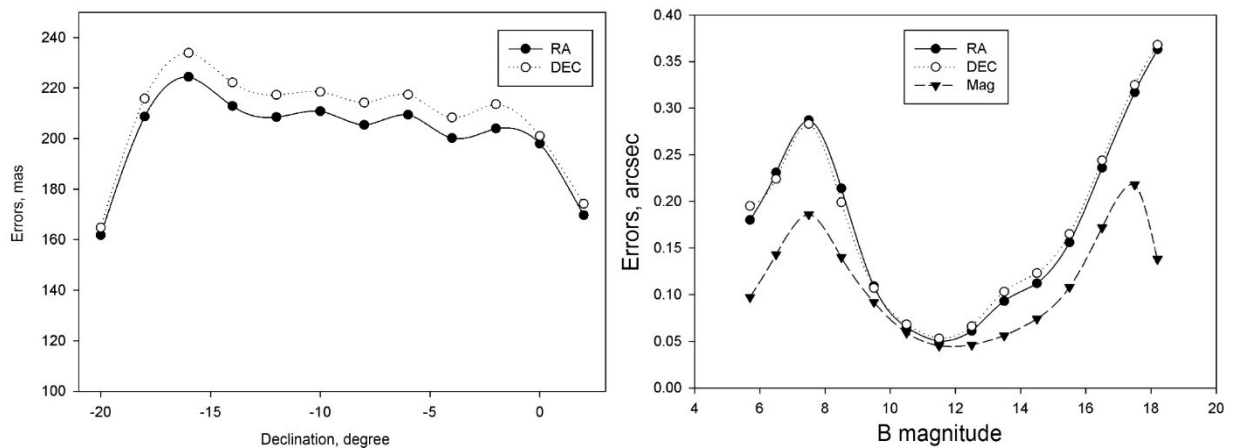
1-rasm. 1200 dpi skanerlash rejimida 6 ta ketma-ket skaner qilingan fotoplastinkani oʻrtacha qiymatdan farqlari.

Fotoplastinkalarni raqamlashtirishda Epson Expression 10000XL skanerining xatoliklarini baholash sinovlari oʻtkazildi. Sinov natijalari juni koʻrsatdiki, 1200 dpi rejim uchun toʻgʻri burchakli koordinatalar va instrumental yulduz kattaliklari uchun xatoliklar $\sigma_{xy}=0,014 \div 0,0028$ px, $\sigma_m=0,006^m \div 0,009^m$ ni tashkil etdi. 2400 dpi uchun esa bu qiymatlar $\sigma_{xy}=0,016 \div 0,056$ px, $\sigma_m=0,006^m \div 0,008^m$ ni koʻrsatdi. 1200 va 2400 dan tashqari 600, 900, 1500, 1800, 2100, 2540 dpi rejimlarda ham tekshiruvlar olib borildi. Bundan biz 1200 dpi rejimi fotoplastinkalarni raqamlashtirish va ulardan astrometrik hamda fotometrik ishlarda foydalanish eng maqbul yechim, degan xulosaga keldik. 1200 dpi rejimi fotoplastinkalarni raqamlashtirish talablariga mos keldi va eng maqbul aniqlikni taʼminlashi aniqlandi.

Navbatdagi paragraflarda fotoplastinkalarni qayta ishlash bosqichlari, yaʼni astronativni raqamlashtirish, tasvirni qayta ishlash formatiga (fit) oʻtkazish, toʻgʻri burchakli hamda instrumental yulduz kattaliklarini aniqlash, ikki ekspozitsiya bilan olingan yulduzlarni bir-biridan ajratish, skanerning sistematik xatoliklarini hamda fotoplastinkadagi yorqinlik tenglamalarini hisobga olish, oʻlchangan toʻgʻri burchakli koordinatalarni Tycho-2 katalogi yordamida ekvatorial koordinatalarga, instrumental yulduz kattaliklarini fotoelektrik standart yulduzlar katalogi yordamida *B*-fotografik yulduz kattaligiga oʻtkazish, FON-Kitob katalogini tuzish, uning xatoliklarini oʻrganish masalalari koʻrib chiqilgan. 1-jadvalda FON-Kitob katalogining turli yulduz kattaliklari uchun xatoliklari keltirilgan. 2-rasmida katalogning xatoliklarini ogʻmalik va yulduz kattaliklar boʻyicha taqsimoti keltirilgan.

1-jadval. Yulduz kattaliklari bo'yicha katalog xatoliklari.

	B_{ph}	σ_{α}	σ_{δ}	$\sigma_{B_{ph}}$	f_i	cInt	k
1	5.7	0.180	0.195	0.097	83.4	113.7	226
2	6.5	0.231	0.224	0.143	79.2	109.2	1276
3	7.5	0.287	0.283	0.186	69.4	105.6	3828
4	8.5	0.214	0.199	0.140	54.1	100.4	9250
5	9.5	0.109	0.107	0.092	34.6	100.2	20863
6	10.5	0.065	0.068	0.059	21.4	95.3	48313
7	11.5	0.050	0.053	0.045	13.7	87.2	110290
8	12.5	0.061	0.066	0.046	9.7	74.0	259387
9	13.5	0.093	0.103	0.056	7.7	57.8	591427
10	14.5	0.112	0.123	0.074	6.8	40.1	1197019
11	15.5	0.156	0.165	0.108	6.3	23.9	2208206
12	16.5	0.236	0.244	0.172	5.9	13.1	3562269
13	17.5	0.317	0.325	0.218	5.6	7.8	3726545
14	18.2	0.363	0.368	0.138	5.3	5.6	416800
	16.2	0.225	0.234	0.154	6.4	20.6	12155699



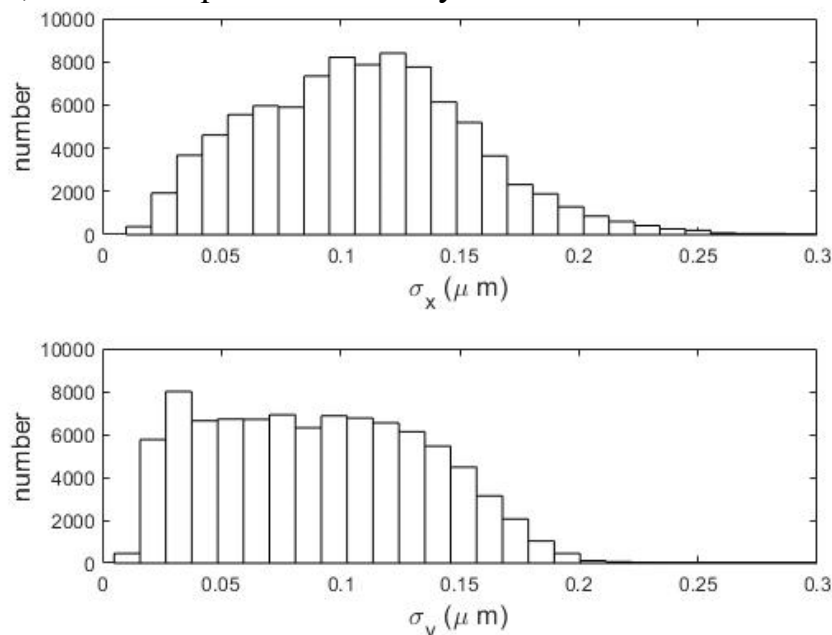
2-rasm. Katalog xatoliklarining og'malıklar va yulduz kattaliklari bo'yicha taqsimoti.

Natijada 13,4 milliondan ortiq 18-yulduz kattaligiga bo'lgan yulduzlar va galaktikalarning katalogi tuzildi. Katalog epoxasi 1985.0. Katalogning ichki xatoliklari ekvatorial koordinatalar hamda B -yulduz kattaliklariga mos ravishda $0,23''$ va $0,15^m$ ni, nisbatan yorqinroq ($5^m \div 14^m$) yulduzlar uchun esa $0,085''$ hamda $0,054^m$ ni tashkil qildi. Tayanch katalog Tycho-2 ga yaqinligi $\sigma_{\alpha\delta}=0,042''$ (356 665 yulduz uchun), fotoelektrik B -yulduz kattaliklari uchun $\sigma_B=0,16^m$ (6 719 ta yulduz uchun). UCAC4 katalogiga nisbatan xatoliklar $\sigma_{\alpha\delta}=0,26''$ ni (9 892 697 yoki 73,75% yulduz va galaktikalar) tashkil qildi.

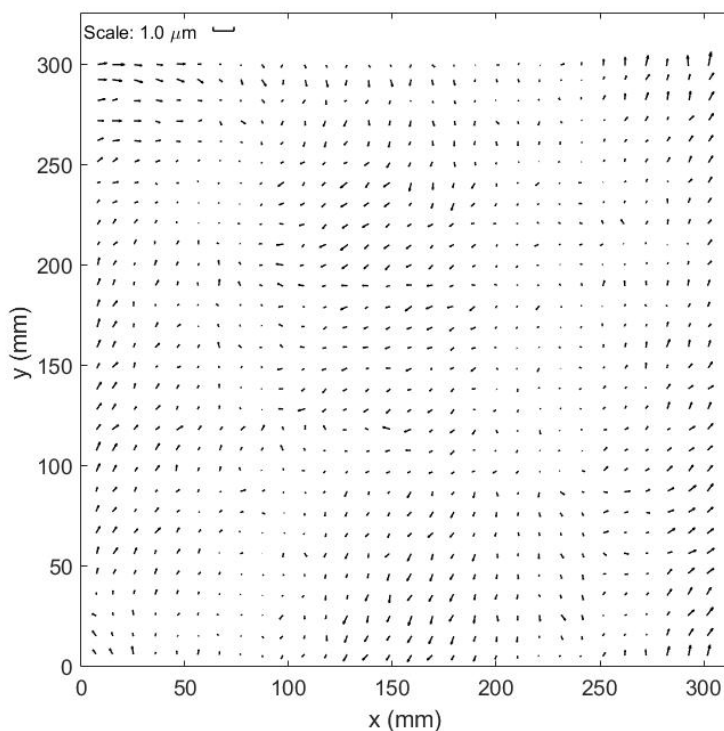
Uchinchi “O‘zR FA Astronomiya instituti astronegativlarining raqamli ma’lumotlar bazasini yaratish” nomli bob 4 ta paragrafdan tashkil topgan bo‘lib, bu paragraflarda fotoplastinkalarni xalqaro standartlar asosida ro‘yxatini tuzish, ularning Shanhay astronomik observatoriyasiga yuborish va u yerda to‘liq raqamli ko‘rinishga o‘tkazish, SHAO bilan hamkorlik masalalari, butun arxivning raqamli bazasini yaratish masalalari yoritilgan.

Natijada Astronomiya instituti arxivining to'liq raqamli bazasi muvaffaqiyatli yaratildi. Ta'kidlash joizki, SHAO yuqori aniqlikda o'lchovchi raqamlashtiruvchi mashinasiga ega bo'lib, bu borada dunyoda yetakchi hisoblanadi.

Bobning to'rtinchi paragrafida ushbu skanerning qisqacha tahlillari keltirilgan (3-4-rasmlar). Bunda kalibrovka uchun mo'ljallangan maxsus fotoplastinkani 10 marta ketma-ket skaner qilingan va natijalar ko'rsatilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, ushbu skaner 0,1 mkm aniqlikkacha o'lchay oladi.



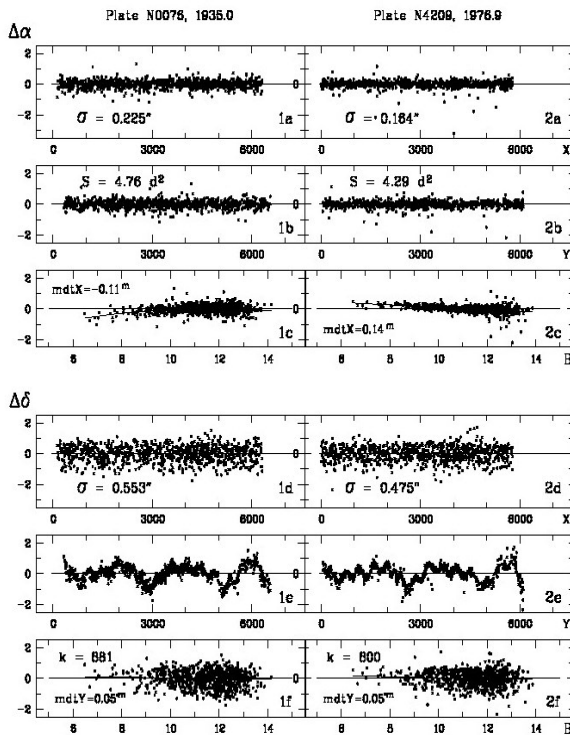
3-rasm. Bir necha marta (10 marta) raqamlashtirilgan kalibrlash fotoplastinkasidagi barcha standart nuqtalar uchun o'lchangan koordinatalarning o'rtacha kvadratik xatoliklari gistogrammasi.



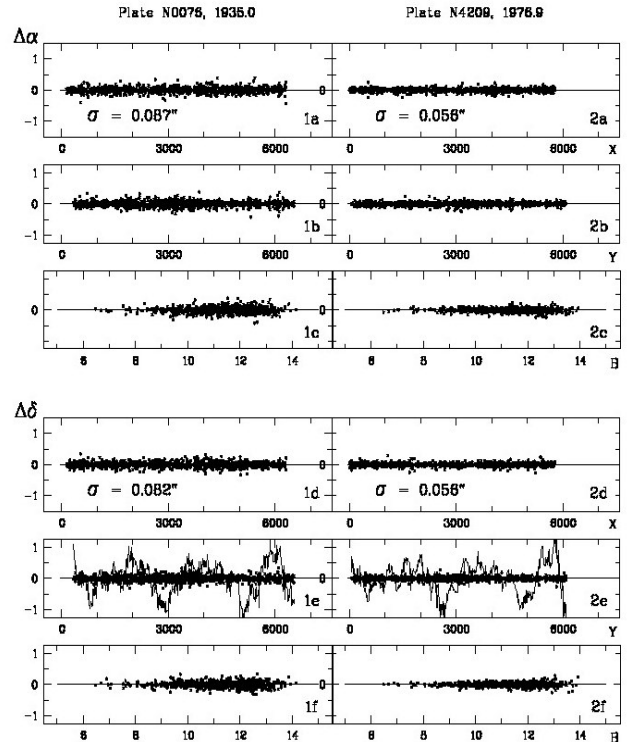
4-rasm. Kalibrlash fotoplastinkasini ikki marta (aylantirishdan avval – 0° va keyin – 90°) raqamlashtirilgan tasvirlardagi 30x30 ta nuqtalarning farqlari mil (strelka) ko'rinishda.

Dissertatsiyaning oxirgi – to‘rtinchi bobi “O‘zR FA Astronomiya instituti fotografik arxivi asosida tanlangan obektlar tadqiqoti”, deb nomlangan bo‘lib, bu yerda χ va h Persey tarqoq yulduz to‘dasi astrometrik qayta ishlash natijalari, shuningdek, FON astronegativlaridan asteroidlar qidirish masalalari keltirilgan. Bundan tashqari, ushbu bobda Shanhay Astronomik observatoriyasining raqamlashtiruvchi mashinasida raqamlashtirilgan Vesta va Pallada asteroidlari fotoplastinkalarining yangi astrometrik qayta ishlash natijalari berilgan. Ushbu natijalar o‘rganilayotgan obyektlar haqidagi tushunchalarimizni kengaytirish va astronomik tadqiqotlarga hissa qo‘shish imkonini beradi.

Bobning birinchi paragrafi χ va h Persey ($\alpha \approx 2^h20,7^m$, $\delta \approx 57^\circ08'$) tarqoq yulduz to‘dasining astrometrik tadqiqotlariga bag‘ishlangan. Bunda biz 1935 (76) va 1976 (4209)-yillarda kuzatilgan fotoplastinkalarni qayta ishlash uchun tanlab oldik. 5-6-rasmlarda hisoblangan va Tycho-2 katalogidan olingan ekvatorial koordinatalar qiymatlari farqlari to‘g‘ri burchakli koordinatalarga nisbatan bog‘liqliklari keltirilgan. 5-rasmda skanerning sistematika xatoliklarini hisobga olishdan oldingi natijalar, 6-rasmda esa sistematik xatoliklar, yorqinlik tenglamasi, teleskop aberratsiyasi va boshqa ehtimoliy xatoliklarni hisobga olgandagi bog‘lanishlar keltirilgan.



5-rasm. Reduktsiyaning sistematik xatoliklar tuzatilishidan oldingi natijalari



6-rasm. Reduktsiyaning sistematik xatoliklar tuzatilishidan keyingi natijalari.

χ va h Persey tarqoq yulduz to‘dasi uchun Tycho-2 va UCAC-4 kataloglarining ichki xatoliklari o‘rganildi. Tycho-2 katalogidagi 1680 ta yulduz uchun xatoliklar: $\sigma_\alpha=0,060''$, $\sigma_\delta=0,067''$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,0031''/\text{yil}$, $\sigma_{\mu\delta}=0,0032''/\text{yil}$, $\sigma_B=0,137^m$ ni tashkil etdi. UCAC-4 katalogi bilan 41 726 ta yulduz uchun ushbu xatoliklar: $\sigma_\alpha=0,053''$,

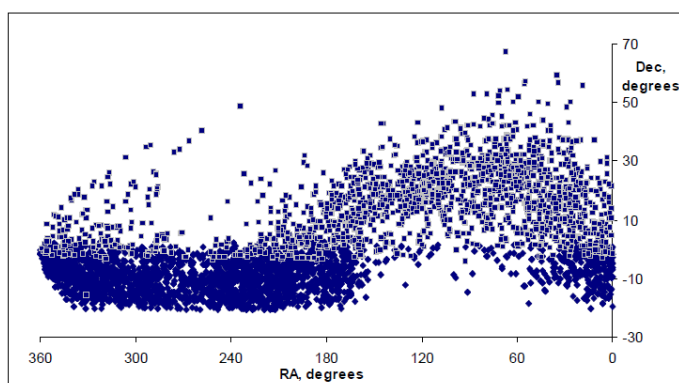
$\sigma_{\delta}=0,051''$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,0051''/\text{yil}$, $\sigma_{\mu\delta}=0,0049''/\text{yil}$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,157^m$ qiymatlarga teng bo'ldi. Tycho-2 va UCAC-4 kataloglari 1496 ta yulduz uchun solishtirilganda $\sigma_{\alpha}=0,072''$, $\sigma_{\delta}=0,068''$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,0027''/\text{yil}$, $\sigma_{\mu\delta}=0,0031''/\text{yil}$ xatoliklar aniqlandi.

Shuningdek, biz tomondan hisoblangan ekvatorial koordinatalarning qiymatlari Tycho-2 va UCAC-4 kataloglari bilan solishtirildi. Tycho-2 katalogi bilan solishtirish natijalariga ko'ra, astrometrik xatoliklar $\sigma_{\alpha\delta}=0,074''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0018''/\text{yil}$, ichki va tashqi fotometrik xatoliklar esa $\sigma_m=0,065^m$ va $\sigma_B=0,208^m$ ni tashkil etdi. Shu tarzda UCAC-4 katalogi bilan solishtirish natijalari quyidagicha: $\sigma_{\alpha\delta}=0,28''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0075''/\text{yil}$ va $\sigma_m=0,139^m$.

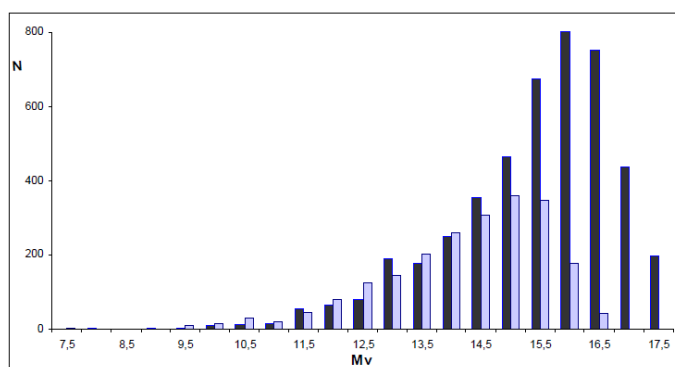
Bundan tashqari har bir tasvir uchun ekvatorial koordinatalar uchun xatoliklar $\sigma_{\alpha\delta}=0,085''$ va $\sigma_{\alpha\delta}=0,056''$, o'zaro solishtirilgandagi xatoliklar esa $\sigma_{\alpha\delta}=0,074''$ hamda $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0018''/\text{yil}$ ekani aniqlandi.

To'rtinchi bobning ikkinchi paragrafida FON loyihasi doirasida olingan fotoplastinkalarda aks etgan asteroidlar hamda kometalarni topish, ularning o'z epoxasi uchun topotsentrik koordinatalari hamda *B*-fotografik yulduz kattaliklaridan iborat katalogini tuzish masalalari yoritilgan.

Raqamlashtirilgan 1963 ta FON-Kitob fotoplastinkalaridan 4529 ta (juft fotoplastinkalarni hisobga olganda jami) asteroid va 4 ta kometa aniqlandi (8-rasm). Qo'shimcha sifatida 2293 ta asteroidlar FON-Kiev fotoplastinkalaridan aniqlandi. Ularning yulduz kattaliklari $8 \div 17,5$ oraliqda joylashgan (9-rasm). Aniqlangan asteroid va kometalarning ekvatorial koordinatalari va *B*-yulduz kattaliklari hisoblab chiqildi.

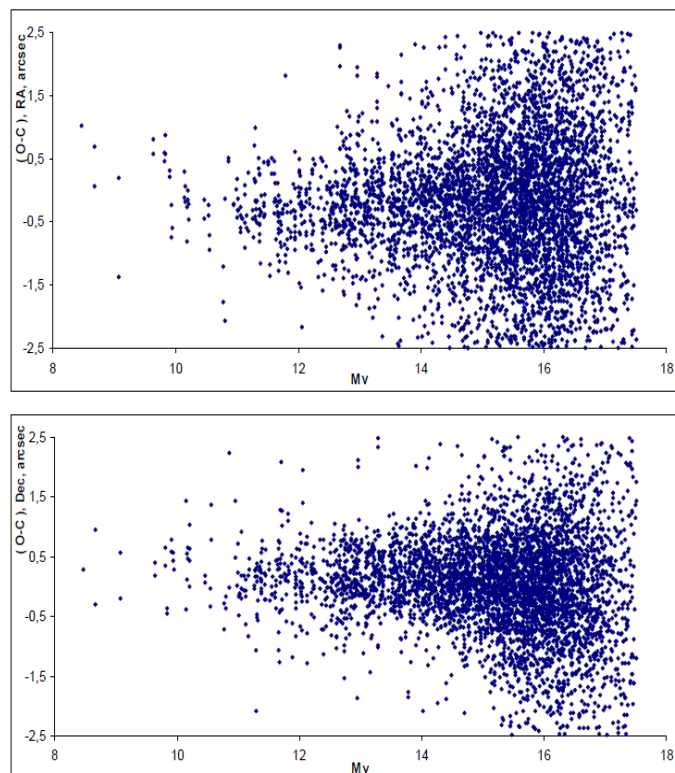


7-rasm. FON-Kitob (4529 ta, to'q rangda) va FON-Kiev (2293 ta, och rangda) fotoplastinkalarida aniqlangan asteroidlarning ekvatorial koordinatalari taqsimoti.



8-rasm. Aniqlangan asteroidlarning yulduz kattaliklari bo'yicha taqsimoti (FON-Kitob – to'q rangda, FON-Kiev – och rangda).

Hisoblangan qiymatlar JPL efemeridalarini bilan solishtirildi. JPL qiymatlari va hisoblangan koordinatalar farqlari yulduz kattaliklari bo'yicha taqsimoti 9-rasmda keltirilgan.



9-rasm. Asteroidlarning JPL (O) va hisoblangan (C) koordinatalari farqlarining yulduz kattaliklariga bog'liqligi.

Rasmdan ko'rish mumkinki, xira yulduzlar uchun O–C farq nisbatan katta. Bunga sabab Tycho-2 katalogida xira obyektlar uchun tayanch yulduzlarining yo'qligi yoki ekspozitsiya vaqtining kamligi bois xira obyektning koordinatalarini aniqlash aniqligi kamayishi bo'lishi mumkin.

Bundan tashqari $B-M_v$ va M_v , σ_{od} , σ_B hamda M_v bog'lanishlar o'rganildi. Ushbu natijalar ham xira obyektlar uchun xatoliklar ortishini ko'rsatdi.

Dastlabki o'rganishlar asteroidlarning 915 ta joylashuvlari ularning kashf qilinishidan oldingi kuzatuvlarga ega ekani ko'rsatdi. Bundan tashqari FON-Kitob kuzatuvlari o'rganilgan asteroidlar uchun dunyodagi ma'lum kuzatuvlar orasida yetakchilaridan hisoblanadi. Chunki nisbatan xira asteroidlar CCD kuzatuvlari yordamida kashf qilingan va bu kuzatuvlar 1990-2005-yillarga to'g'ri keladi.

Xulosa qilib aytadigan bo'lsak, juft fotoplastinkalarni hisobga olgan holda 2728 ta asteroid va kometaning topotsentrik koordinatalari va B -yulduz kattaliklaridan iborat katalogi tuzildi. Bunday kataloglar asteroid efemeridalarini aniqlash, orbitalarining o'zgarishini, ya'ni asteroid orbitasi efolyutsiyasida nogravitatsion ta'sirlarni o'rganish, yorqinlik egri chiziqlarini chizish va fazaviy bog'liqliklarini o'rganish kabi qator masalalarda yechim bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Bobning oxirgi – uchinchi paragrafi Pallada va Vesta asteroidlarining ekvatorial koordinatalarini hisoblash hamda ularni zamonaviy kuzatuv natijalari bilan solishtirish masalalariga qaratilgan. Ushbu asteroidlar Astronomiya instituti

fototekasida 1956-1994-yillarda kuzatilgan fotoplastinkalarda aks etgan bo‘lib, fotoplastinkalar Shanhay Astronomik observatoriyasining yuqori aniqlikda o‘lchovchi skanerida raqamli ko‘rinishga o‘tkazildi.

1950-yillardan boshlab ushbu asteroidlar Astronomiya institutida muntazam kuzatila boshlangan. Shulardan to‘liq kuzatuv ma’lumotlariga ega bo‘lgan 36 ta Pallada va 28 ta Vesta asteroidlarining fotoplastinkalari tanlab olindi va raqamlashtirildi. Bir nechta ekspozitsiyalardan iborat bo‘lgan ushbu fotoplastinkalardan Palladaning 105 ta, Vestaning 83 ta koordinatalari olindi (2-jadval). Birinchi bo‘lib ushbu asteroidlar uchun Gaia DR3 katalogi tayanch katalog sifatida foydalanildi.

2-jadval. Pallada va Vesta asteroidlari kuzatuvlari haqida ma’lumot.

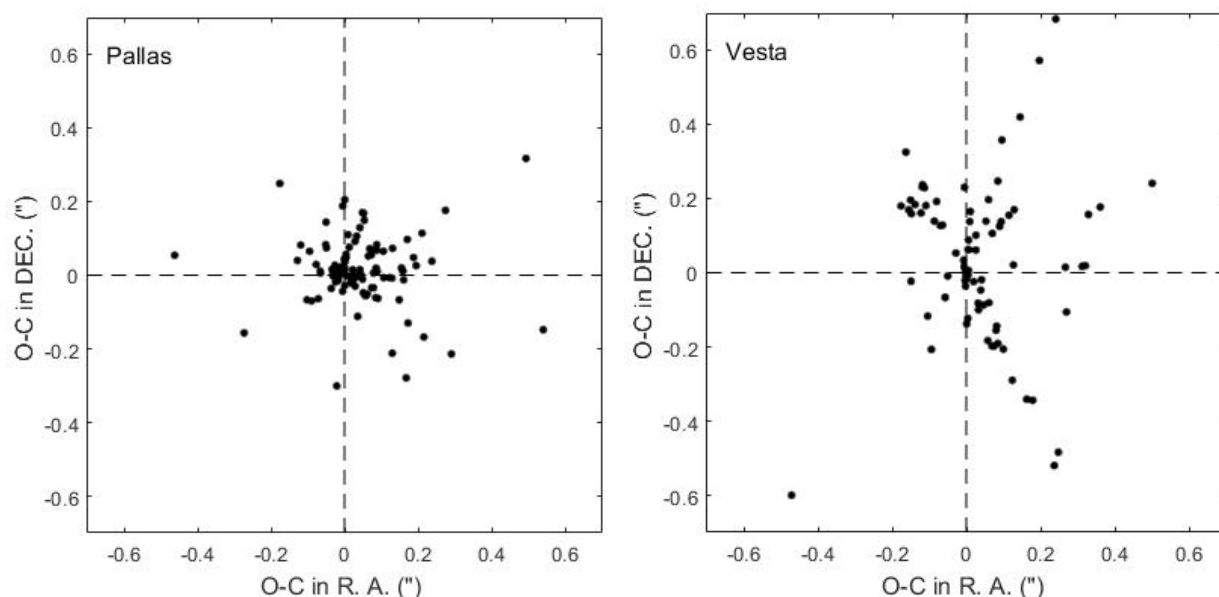
Asteroid	Kuzatuv davri	Ekspozitsiya vaqti (s)	Ekspozitsiya × fotoplastinkalar soni
Pallada	1971/09/18-1994/09/10	180-300	2 × 3; 3 × 33
Vesta	1956/03/07-1992/04/29	120-240	2 × 1; 3 × 27

Koordinatalarni hisoblashda 1-, 2-, 3- va 4-tartibli modellar uchun o‘rtacha kvadratik og‘ishlar o‘rganildi (3-jadval). Natijalar 2-tartibli reduksiya modeli eng maqbul tenglama sifatida tanlab olindi.

3-jadval. 1-, 2-, 3- va 4-tartibli reduksiya modellari uchun xatoliklar.

Model	Pallada		Vesta	
	σ_{α} (")	σ_{δ} (")	σ_{α} (")	σ_{δ} (")
1	0.202	0.211	0.205	0.203
2	0.188	0.181	0.182	0.184
3	0.187	0.181	0.182	0.185
4	0.186	0.178	0.181	0.183

Astrometrik qiymatlarni taqqoslash uchun JPL ma’lumotlaridan foydalanildi. Ekvatorial koordinatalarning O-C qiymatlari orasidagi bog‘lanishlar 10-rasmda keltirilgan (chapda – Pallada, o‘ngda – Vesta).



10-rasm. Pallada va Vesta asteroidlarining hisoblangan va nazariy koordinatalar farqlari orasidagi bog‘liqlik.

O‘rganishlar shuni ko‘rsatdiki, har ikki asteroid uchun astrometrik koordinatalar qiymatlari aniqligi $0,2''$ dan kichik. Xususan, Pallada uchun $\sigma_{\alpha\delta}=0,13''$, Vesta uchun $\sigma_{\alpha\delta}=0,21''$. Bu esa zamonaviy hisob-kitoblarga juda yaqin.

Olib borilgan ish zamonaviy raqamlashtiruvchi skaner va yangicha metodlar hamda tarixiy fotoplastinklardan foydalanish, ayniqsa, Quyosh sistemasi obyektlari orbitalarini uzoq muddatli va ishonchli astrometrik hisob-kitoblar bilan ta’minlashi mumkinligini isbotladi.

XULOSA

“FON-Kitob raqamli katalogini tuzish va O‘zR FA Astronomiya instituti fotografik arxivi asosida tanlangan obyektlarni tadqiq qilish” mavzusidagi dissertatsiya ishi bo‘yicha erishilgan ilmiy natijalardan kelib chiqqan holda quyidagi xulosalar keltiriladi:

1. Xalqaro standart (WFPDB) bo‘yicha O‘zR FA Astronomiya instituti fotografik arxivining barcha (100%) fotoplastinkalarining ro‘yxati tuzildi.
2. Astronomiya instituti astronegativlarining raqamli ma’lumotlar bazasi yaratildi, hajmi taxminan 10 TB. Raqamlashtirish 1 mkm dan kam aniqlik bilan amalga oshirildi.
3. 1985.0 davr uchun 17,5-yulduz kattaligidan yorqinroq bo‘lgan 13 413 268 ta yulduz va galaktikalar haqidagi ma’lumotlarni o‘z ichiga olgan FON-Kitob raqamli katalogi yaratildi. UCAC4 katalogiga nisbatan xatoliklar $\sigma_{\alpha\delta}=0,26''$ (9 892 697 ta yoki 73,75% yulduzlar va galaktikalar uchun).
4. χ va h Persey tarqoq yulduz to‘dasi uchun 1935 va 1976 davrlarga mos keluvchi koordinatalar va B-yulduz kattaliklari katalogi tuzildi. $B \leq 17,5^m$ gacha bo‘lgan jami 8123 ta yulduz UCAC4 yulduzlar katalogi solishtirish xatoliklar ekvatorial koordinatalar va yulduz kattaliklariga mos ravishda $\sigma_{\alpha\delta}=0,28''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0075''/\text{yil}$ va $\sigma_m=0,139^m$ ga tengligini ko‘rsatdi.
5. FON-Kitob fotoplastinkalari asosida 2728 ta asteroid va kometalarning joylashuvlari va fotografik yulduz kattaliklari katalogi yaratildi;
6. Pallada va Vesta asteroidlari fotoplastinkalari submikrometr aniqlikda raqamlashtirildi va qayta ishlandi hamda joylashuvlar katalogi tuzildi. Natijalar zamonaviy kuzatuvlar natijalariga mosligi aniqlandi.
1. Pallada va Vestaning raqamlashtirilgan fotografik plastinkalari Gaia DR3 tayanch katalogi yordamida qayta ishlandi. JPL ma’lumotlar bazasidagi efemeridalarining nazariy qiymatlari bilan taqqoslanganda, koordinatalarning dispersiyalari $0,1''-0,2''$ bilan natijalarning yuqori aniqligini ko‘rsatdi, bu so‘nggi yillardagi boshqa kuzatuv natijalariga mosligi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ АСТРОНОМИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**
АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН РУЗ

ЙУЛДОШЕВ КУДРАТИЛЛО ХАБИБУЛЛАЕВИЧ

**СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО КАТАЛОГА ФОН-КИТАБ И
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБРАННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ
ФОТОГРАФИЧЕСКОГО АРХИВА
АСТРОНОМИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА АН РУЗ**

01.03.01 – Астрономия

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент - 2023

Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан под номером B2023.2.PhD/FM886.

Диссертация выполнена в Астрономическом институте АН РУз.

Автореферат диссертации на трех языках (русском, узбекском и короткая аннотация на английском) размещён на веб-странице Научного совета (www.astrin.uz) и Информационно-образовательном портале “Ziyonet” (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель:

Эгамбердиев Шухрат Абдуманнапович,
доктор физико-математических наук, академик

Официальные оппоненты:

Андриевский Сергей Михайлович,
доктор физико-математических наук

Бурхонов Отабек Анварович,
кандидат физико-математических наук

Ведущая организации:

**Научно-исследовательский институт
Харьковского национального университета
имени В.Н. Каразина**

Защита диссертации состоится “_____” _____ 2023 года в _____ часов на заседании Научного совета PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 при Астрономическом институте (Адрес: Астрономическая, 33, 100052, г. Ташкент. Тел.: (+99871) 235-81-02; факс: (+99871) 234-48-67; e-mail: info@astrin.uz)

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Астрономическом институте (регистрационный номер _____) по адресу: 100052, г. Ташкент. Астрономическая, 33, Астрономический институт, тел.: (+99871) 235-81-02).

Автореферат диссертации разослан “_____” _____ 2023 г.
(Реестр протокола рассылки № _____ от “_____” _____ 2023 г.)

Д.Ш. Фазылова
Заместитель председателя Научного совета
по присуждению ученой степени, д.ф.-м.н.,
старший научный сотрудник

И.А. Ибрагимов
ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученой степени, к.ф.-м.н.,
старший научный сотрудник

А.Б. Абдикамалов
председатель научного семинара при Научном
совете по присуждению ученой степени, д.ф.-м.н.,
ведущий научный сотрудник

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время реализация инерциальной системы отсчета для исследования кинематики звезд, скоплений и Галактики, являющейся индикатором динамических процессов в космических объектах, является наиболее важной физической проблемой, решаемой методами наземной и космической астрометрии. Учитывая, что «большой объем изображений на астронегативов имеет ценное значение для повторного определения точных орбит околоземных орбит объектов, долгопериодических комет, объектов пояса Койпера и других»¹ Международным астрономическим союзом (IAU) отмечена важность проведения международных работ по сохранению данных астрономических наблюдений. Для этого актуальное значение приобретает задача по созданию фоторафических каталогов звезд и интеграция их в существующие, таких как Position and Proper Motions (PPM), на разные опорные эпохи для исследования их собственных движений.

В настоящее время в мире совершенствуется технология составления и обработки астрономических каталогов на основе тщательного сбора и обработки больших объемов данных с помощью передовых технологий телескопических наблюдений и космических обсерваторий таких как Hubble Space Telescope. В этом направлении проводятся целенаправленные научные исследования, в том числе: улучшение технологии обработки данных для точных измерений координат, звездных величин, собственных движений и других параметров объектов на небе, создание доступных интерактивных каталогов объектов, развитие компьютерных методов обработки данных и статистического анализа огромных объемов информации для создания точных и надежных астрономических каталогов.

В Республике большое внимание уделяется фундаментальным исследованиям созданию астрономических каталогов, основанных на наблюдениях и данных из земных и космических телескопов. В рамках международного проекта Фотографический обзор неба (ФОН) создан каталог звезд по данным 1963 астронегативов долгопериодических наблюдений двойном астрографе фирмы Цейса Китабской международной широтной станции. Для реализации задач, обозначенных в «Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы»² необходимо повышение эффективности использования создаваемых астрономических каталогов и точности определения собственных движений звезд на основе усовершенствования методов их создания, интеграции с данными европейского проекта Gaia и внедрения новых, высокоточных измерительных технологий, таких как сканер Digitizer Китая для оцифровки астрономических фотопластинок.

Данная научно-исследовательская работа в определенной степени соответствует задачам, обозначенным в Постановлении Президента

¹ https://www.iau.org/static/science/scientific_bodies/working_groups/313/wg-313-triennial-report-2018-2021.pdf

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

Республики Узбекистан № ПФ-60 от 29 января 2022 года “О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, № ПФ-5806 от 30 августа 2019 года “О развитии космической деятельности в Республике Узбекистан” и постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-5032 от 19 марта 2021 года “О мерах по повышению качества образования и совершенствованию научных исследований в области физики”, а также в других нормативно-правовых документах, имеющих отношение к данной области деятельности.

Соответствие исследования с приоритетными направлениями 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”.

Степень изученности проблемы. В 1976 г. сотрудниками ГАО НАН Украины И.Г. Колчинским и А.Б. Онегиной был предложен проект Фотографического обзора неба (ФОН). Проект был реализован в обсерваториях бывшего Советского Союза, таких как Голосеево, Звенигород, Гиссар (Душанбе), Абастумани, Зеленчук и Китаб. Для этого были использованы однотипные астрографы производства Карл Цейс с диаметром объектива 400 мм и фокусным расстоянием 2000 мм или 3000 мм. Фотографирование неба началось продолжалось в период с 1981 по 1996 гг.

Важным шагом в составлении каталогов стало появление возможности оцифровки астронегативов на коммерческих сканерах и дальнейшей обработки и анализа данных на компьютерах.

В 2016 г. было обработано 2260 фотопластинок программы ФОН-Киев, снятых в Голосеевской обсерватории и опубликован каталог экваториальные координат и *B*-величин более 19 миллионов звезд и галактик. Для определения ошибок каталога было использовано программное обеспечение разработанное сотрудником ГАО НАН Украины Андрук В.Н.

Созданию фотографических каталогов звезд и их интеграции в существующие каталоги частично отражены в научных работах украинских ученых (В.С. Кислюк, А.И. Яценко, Г.А. Иванов, Л.К. Пакуляк, Т.П. Сергеева, В.М. Андрук, В.В. Головня, С.В. Шатохина). Были изучены фотопластинки и составлен каталог звезд и галактик только северной части неба. Тогда как исследования, проводимые в данной диссертационной работе сосредоточены на изучении небесных объектов южной части неба, и эта часть (ФОН-Китаб) проекта ФОН к настоящему времени не была изучена.

Кроме этого, в Харьковском национальном университете имени В.Н. Каразина, группа занимается по созданию астрономических каталогов. Учёными Харьковского национального университета П.Н. Федоров, А.А. Мызников, В.С. Ахметов были объявлены ряд каталогов таких как “Каталог положений и собственных движений слабых звезд CX1 вокруг источников ICRF”, “Каталог XPM: абсолютные собственные движения 280 миллионов звезд” и др.

Из современных фотографических каталогов следует отметить Боннское обозрение, Каталог ярких звёзд, Каталог Генри Дрейпера, Общий каталог переменных звёзд, Паломарский обзор, ФОН-Киев и др.

Важный шаг в каталогизации небесных объектов связан с появлением фотографии. В конце XIX века фотография прочно вошла в практику астрономических исследований. Первый фотографический каталог Carte du Ciel (“Карта неба”) был создан по инициативе директора Парижской обсерватории Амедей Муше. В широкой международной программе были задействованы 20 обсерваторий, оснащенных однотипными астрографами. К середине 20 столетия было получено 22000 фотопластинок, на основе анализа которых был составлен каталог положений звезд до 11-й звездной величины. В 1980-х годах сотрудниками ГАИШ МГУ была выполнена оцифровка данных и создан каталог 4 млн. звезд на эпоху 1950.0.

Однако из-за неточности определения собственных движений, построенные в прошлом системы координат не отвечали требованиям задач астрометрии, астрономии и космологии. Возникла необходимость создания более однородной системы координат.

Связь темы диссертации с научно-исследовательскими работами научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках научных проектов Астрономического института: ВА-ФА-Ф-2-006 - “Создание многоцветного цифрового обзора неба на Майданакской обсерватории и исследование уникальных астрофизических объектов из архивных данных” (2017-2020), А-ФА-2021-36 - “Оцифровка астронегативов АИ АН РУз с использованием оцифровывающей машины Шанхайской Астрономической обсерватории АН КНР и изучение долговременного движения выбранных астрономических объектов” (2021-2022).

Целью исследования является создание цифрового каталога ФОН-Китаб и исследование избранных объектов на основе фотографического архива.

Задачи исследования:

создание и организация цифровой базы астрономических данных, включая картотеку фотопластинок с учетом стандартов Wide-Field Plate Data Base (WFPDB) Международного астрономического союза (МАС);

разработка и оптимизация методики оцифровки астрономических негативов, учитывая особенности оцифровывающего оборудования;

создание каталога звезд и галактик на основе обработки изображений фотопластинок проекта ФОН-Китаб, оцифрованных в АИ;

разработка программа, написанная в программном среде Munich Image Data Analysis System (MIDAS) для обработки и анализа оцифрованных изображений и данных фотопластинок;

исследование отдельных астрономических объектов с использованием данных фотографического архива для определения и анализа экваториальных координат и фотографических звездных величин.

Объектом исследования является цифровая база астрономических данных и архив, включая картотеку фотопластинок в соответствии с стандартами Wide-Field Plate Data Base (WFPDB) Международного астрономического союза (МАС)

Предметом исследования создание и организация цифровой базы астрономических данных, оптимизация методики оцифровки фотопластинок, составление каталога звезд и галактик, обработка данных в MIDAS, анализ астрономических объектов.

Методы исследования. Анализ и обработка фотопластинок с применением цифровых технологий, разработка программного комплекса в MIDAS, создание цифровой базы данных, статистический анализ объектов.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

выполнена полная оцифровка астронегативов архива Астрономического института АН РУз с использованием современных сканеров ШАО;

создан астрографический каталог 13,4 миллионов звезд и галактик, основанный на наблюдениях южного участка проекта ФОН;

разработаны метода двух экспозиционного разделения звезд, что позволило улучшить точность обработки астронегативов с помощью пакета программ MIDAS;

проведено исследование систематических ошибок сканера и разработаны методы их исправления;

выполнена редукция рассчитанных экваториальных координат к каталогу Tycho-2 и звездных величин на основе каталогов фотоэлектрических измерений звезд.

фотопластинки были оцифрованы на сканере ШАО, и было обнаружено, что анализ обработки согласуется с результатами данных Центра малых планет, полученными в последние годы.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

Первая диссертация, подготовленная к защите по материалам проекта ФОН;

составлена картотека фотопластинок из архива Астрономического института АН РУз в соответствии со стандартами Международного астрономического союза (WFPDB);

создана и проанализирована цифровая база данных астронегативов ФОН, полученных с 1981 до 1996 года, с использованием программного комплекса MIDAS на языке Fortran;

создан фотографический каталог, содержащий экваториальные координаты, звездные В-величины и другие астрометрические и фотометрические параметры для более 13,4 миллионов звезд и галактик;

разработаны каталоги экваториальных координат и В-звездных величин для снимков первой (1935,0 г.) и второй (1976,9 г.) эпох в области неба со скоплением χ и h Персея, а также каталоги положений и В-звездных величин 2728 астероидов и комет на основе обработки данных проекта ФОН.

Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием современных численных методов и алгоритмов для обработки данных и расчета астрометрических и фотометрических характеристик небесных объектов, а также сопоставительным анализом полученных выводов с результатами других авторов.

Научная и практическая значимость результатов исследования. Научная значимость полученного каталога заключается в том, что он может содержать характеристики различных транзитных объектов, таких как оптические компоненты космических гамма-всплесков и компонентов гравитационно-волновых событий, сверхновые звезды, астероиды, кометы, а также объекты Солнечной системы и другие. Это имеет важное значение для более глубокого исследования данных небесных тел.

Практическая значимость каталога заключается в возможности использования его астрометрического и фотометрического материала для детального изучения характеристик отдельных небесных объектов, а также для анализа групп небесных тел с схожими характеристиками. Это позволяет исследователям получать более точные данные и сделать более значимые выводы о природе и свойствах изучаемых объектов.

Внедрение результатов исследования. По результатам исследовательской работы в электронной базе данных Центра астрономических данных в Страсбурге опубликован каталог астрометрических и фотометрических данных 13,4 млн звезд и галактик, составленный на базе фотоархива АИ АН РУз.

Также, результаты исследований были использованы в работах ряда зарубежных авторов при изучении астрометрических и фотометрических характеристик оцифрованных астронегативов Балдонской обсерватории, при составлении каталога небесных тел архива Украинской виртуальной обсерватории, при изучении астрометрической редукции некоторых фотографических пластинок в систему опорного каталога Gaia DR2, которые были получены телескопом Шмидт Англо-Австралийской обсерватории; при составлении каталога ФОН-Душанбе в системе каталога Tycho-2 с помощью обработки 1529 фотопластинок проекта ФОН Душанбе из коллекции института Астрофизики АН Республики Таджикистан; при составлении каталога 2728 астероидов и комет.

Методы анализа, разработанные в диссертации, были использованы другими авторами при исследовании аналогичных объектов. Об этом свидетельствуют ссылки на наши публикации в следующих международных журналах, включенных в базу данных SCOPUS и приведенные в Google scholar:

On the concept of the enhanced FON catalog compilation // Odessa Astronomical Publications. 2017. 30. 159-162. – 17 цитирование;

Star photometry on digitized astronegatives // Science and Innovation. 2017, 13(1): 15-23. – 16 цитирование;

Catalog of Equatorial Coordinates and B- Magnitudes of Stars of the Kitab Part of the FON Project // Kinematics Phys. Celest. Bodies. - New York: Allerton Press, Inc. V33, N5, с.250-253. – 15 цитирование;

The equatorial coordinates and B- magnitudes of the stars in the Southern hemisphere zones based on the digitized astronegatives of FON project at the Ulugh Beg Astronomical Institute // Odessa Astronomical Publications. 2016. Vol.29, p.160-162. – 13 цитирование;

Comparison of zero zone catalogues of the FON program based on the Kyiv and Kitab observations // Odessa Astronomical Publications. 2015. V.28, Is 2, p.188-191. – 13 цитирование;

Method for evaluating the astrometric and photometric characteristics of commercial scanners in their application for the scientific purpose // Odessa Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.61-62. – 13 цитирование;

Catalogue of coordinates and B- magnitudes in -20° - $+2^{\circ}$ zone based on the Ulugh Beg Astronomical Institute part of the FON project // Odessa Astronomical Publications. 2017. Vol.30, p.205-208. – 10 цитирование;

Astrometry of χ and h Persei based on processing of digitized plates of archive of the Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan // Odessa Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.57-58. – 10 цитирование;

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 21 международных и Республиканских научно-практических конференциях.

Публикации результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, 10 из них в международных научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикаций основных научных результатов диссертации.

Структура и объем диссертации. Структура диссертации состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 123 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы, сформулированы цель и задачи, объекты и предмет исследования, указано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики, изложены научная новизна и практические результаты исследования, раскрыты теоретическая и практическая значимость работы, представлены сведения по внедрению результатов исследования в практику, опубликованным научным работам и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **“Фотографический архив Астрономического института АН РУз”** посвящена обзору фотографических каталогов и базы данных фототеки Астрономического института АН РУз, а также описанию состояния используемого для наблюдений телескопа — Двойного астрографа Цейса (ДАЦ) и работ по составлению каталога

астронегативов с использованием международных стандартов.

Далее в работе рассмотрен обзор различных фотографических архивов мира. Более 50 фотоархивов хранят миллионы фотопластинок, включая такие архивы, как Институт Карнеги (США), Обсерватория Верхнего Прованса (Франция), Обсерватория Спроуля (США), Королевская Гринвичская обсерватория и другие. Отдельно обсуждаются работы по оцифровке фотопластинок в различных фотоархивах, включая Гарвардский университет (США), Зоннебергская обсерватория (Германия), Одесская астрономическая обсерватория (Украина), Шанхайская астрономическая обсерватория (Китай), Главная астрономическая обсерватория (Украина), Бюраканская астрофизическая обсерватория (Армения). Фотографический архив Астрономического института также является одним из этих архивов. В рамках диссертации основное внимание уделено переводу этого архива в полноценный цифровой формат, исследованию выбранных объектов и составлению каталога звезд на основе обработки фотопластинок, полученных в рамках проекта “Фотографический Обзор Неба” (ФОН).

Данная глава также предоставляет описание фотографического архива Астрономического института, который включает данные наблюдений из Ташкента и Китабской международной широтной станции. В настоящее время в фотографическом архиве Астрономического института хранятся более 15 000 фотопластинок. Были проанализированы также стандарты Международного астрономического союза (МАС) — Wide Field Plate Data Base (WFPDB), применяемые для каталогизации фотопластинок.

Во второй главе **“Создание цифрового фотографического каталога ФОН-Китаб”** рассмотрены этапы создания цифровой базы данных астронегативов, полученных в рамках проекта ФОН. В этой главе также проводился анализ вопросов, связанных с использованием сканера Epson Expression 10000XL для оцифровки фотопластинок, процессами оцифровки и обработки, оценкой точности обработки астронегативов с помощью программы MIDAS, а также учетом и исправлением систематических ошибок сканера и уравнения блеска.

Первый параграф данной главы представляет информацию об идее проекта ФОН, его создании и реализации. Проект ФОН был предложен украинскими учеными в 1976 году с целью составления каталога звезд в диапазоне от 20° до $+90^\circ$. В проекте участвовали 6 обсерваторий: Голосеево, Зеленчук, Звенигород, Душанбе, Абастумани и Китаб. Наблюдения проводились в период с 1981 по 1996 год, преимущественно в первые 10 лет. В результате были созданы каталоги ФОН-Киев и ФОН-Китаб для северной и южной частей неба соответственно.

Во втором параграфе главы описываются задачи тестирования сканера в разных режимах и поиска оптимального решения для оцифровки астронегативов. Известно, что каждый прибор имеет свои систематические погрешности. В данном параграфе была изучена классификация сканера Epson Expression 10000XL, который широко используется в обсерваториях мира для

оцифровки фотопластинок, его возможности и использование для расчета астрометрических и фотометрических параметров. Для этого проводилось повторное сканирование и обработка оцифрованных изображений в различных режимах сканера. На рисунке 1 показаны результаты тестирования сканера в режимах 1200 dpi. При сканировании направление X соответствует оси прямого восхождения (α), а направление Y соответствует оси склонения (δ). Таким образом, при движении сканера в направлении Y обнаружены значительные ошибки.

Были проведены тесты для оценки точности сканера Epson Expression 10000XL при оцифровке фотопластинок. Результаты тестов показали, что для разрешения 1200 dpi ошибки для прямоугольных координат составили в диапазоне от 0,014 до 0,0028 пиксела ($\sigma_{xy}=0,014\div0,0028$ px), а для инструментальных звездных величин - от $0,006^m$ до $0,009^m$ ($\sigma_m=0,006^m\div0,009^m$). Также были выполнены аналогичные работы для разрешения 2400 dpi, и результаты показали, что ошибки для прямоугольных координат в этом режиме составили в диапазоне от 0,016 до 0,056 пиксела ($\sigma_{xy}=0,016\div0,056$ px), а для инструментальных звездных величин - от $0,006^m$ до $0,008^m$ ($\sigma_m=0,006^m\div0,008^m$). Исследования также включали тестирование в режимах 600, 900, 1500, 1800, 2100 и 2540 dpi. Таким образом, на основании проведенных тестов и анализа результатов, был сделан вывод, что режим сканирования с разрешением 1200 dpi является оптимальным для оцифровки фотопластинок и использования их в астрометрических и фотометрических исследованиях. Было определено, что режим 1200 dpi обеспечивает наилучшую точность и соответствует требованиям оцифровки фотопластинок для данного проекта.

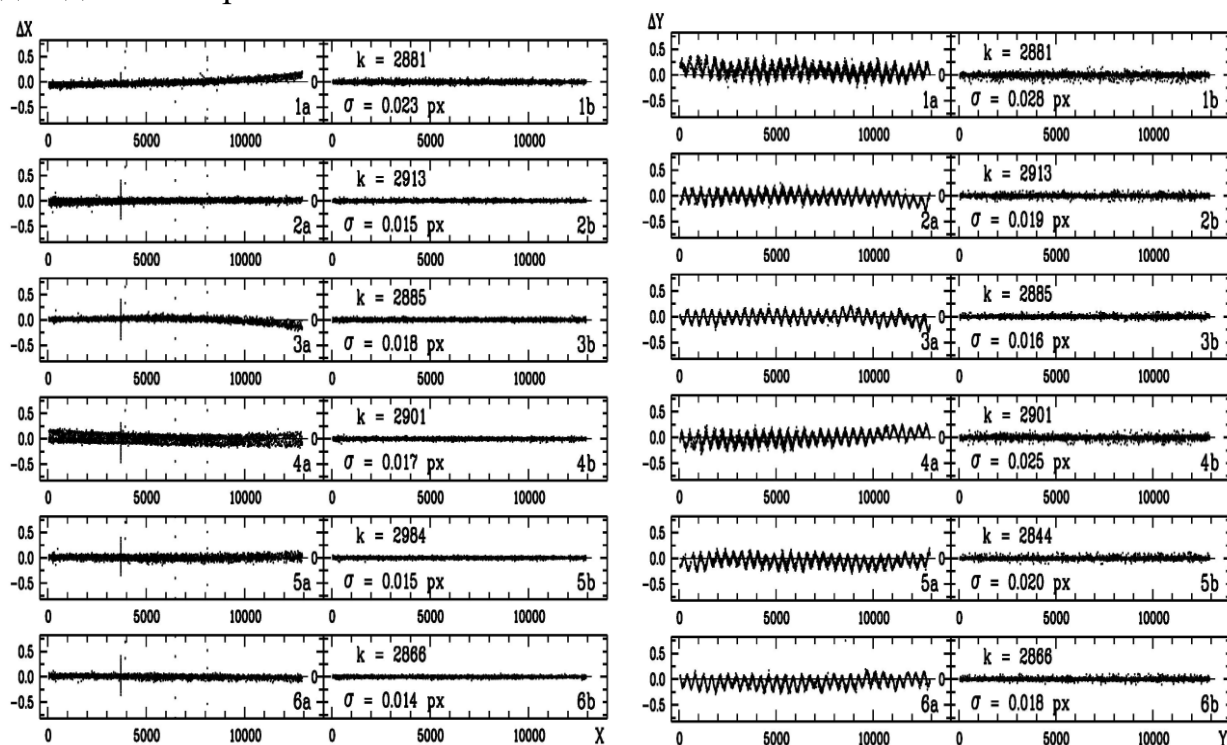


Рис. 1. Разность от среднего значения 6 последовательных отсканированных фотопластинок в режиме сканирования 1200 dpi.

В следующих параграфах рассмотрены этапы обработки фотопластинок, т.е. оцифровка астронегатива, перевод в формат fits для обработки изображения, определение прямоугольных и инструментальных звездных величин, разделение звезд на экспозиций, которые снятых с двух экспозиций, учет систематических погрешностей сканера и яркости уравнения блеска на фотопластинке, перевод прямоугольных координат в экваториальные координаты в системе каталога Tycho-2, перевод инструментальных звездных величин в B -фотографических звездных величин в системе каталога фотоэлектрических стандартов, создание каталога ФОН-Китаб. В табл. 1 приведены ошибки каталога ФОН-Китаб для различных звездных величин. На рис. 2 показано распределение ошибок каталога по склонению и звездной величине.

Таблица 1. Ошибки каталога звездных величин.

	B_{ph}	σ_α	σ_δ	$\sigma_{B_{ph}}$	f_i	cInt	k
1	5.7	0.180	0.195	0.097	83.4	113.7	226
2	6.5	0.231	0.224	0.143	79.2	109.2	1276
3	7.5	0.287	0.283	0.186	69.4	105.6	3828
4	8.5	0.214	0.199	0.140	54.1	100.4	9250
5	9.5	0.109	0.107	0.092	34.6	100.2	20863
6	10.5	0.065	0.068	0.059	21.4	95.3	48313
7	11.5	0.050	0.053	0.045	13.7	87.2	110290
8	12.5	0.061	0.066	0.046	9.7	74.0	259387
9	13.5	0.093	0.103	0.056	7.7	57.8	591427
10	14.5	0.112	0.123	0.074	6.8	40.1	1197019
11	15.5	0.156	0.165	0.108	6.3	23.9	2208206
12	16.5	0.236	0.244	0.172	5.9	13.1	3562269
13	17.5	0.317	0.325	0.218	5.6	7.8	3726545
14	18.2	0.363	0.368	0.138	5.3	5.6	416800
	16.2	0.225	0.234	0.154	6.4	20.6	12155699

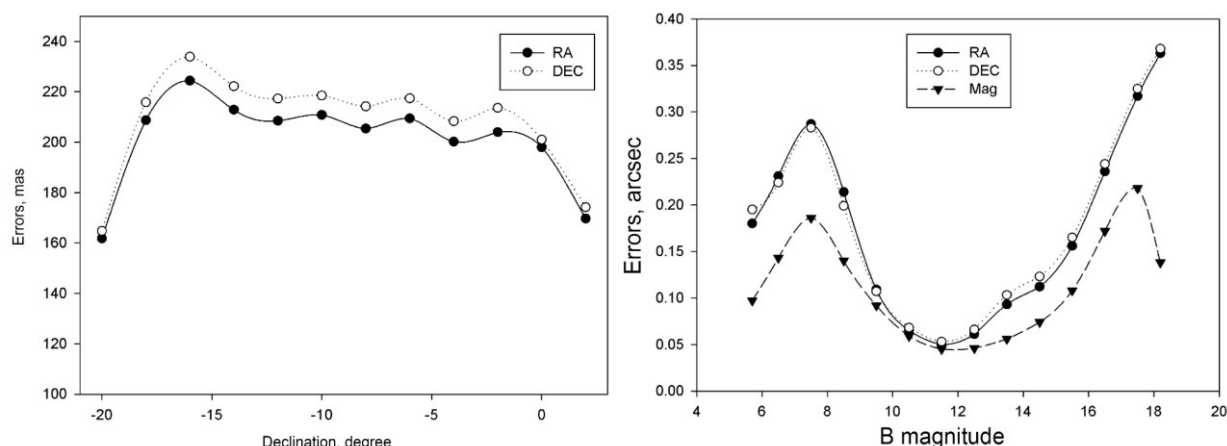


Рис. 2. Распределение ошибок каталога по склонению и звездным величинам.

В результате был составлен каталог более 13,4 млн звезд и галактик ярче чем 18 звездных величин, на эпоху 1985.0. Внутренняя точность каталога для всех объектов составляет $\sigma_{\alpha\delta}=0,23''$ и $\sigma_B=0,15^m$, для звезд в интервале $B=5^m \div 14^m$ ошибки равны $\sigma_{\alpha\delta}=0.085''$ и $\sigma_B=0.054^m$ для экваториальных координат и звездной B -величины, соответственно. Сходимость с опорной системой Tycho-2 составляет $\sigma_{\alpha\delta}=0,042''$ (для 356 665 звезд), а с фотоэлектрическими звездными B -величинами - $\sigma_B=0,16^m$ (для 6 719 звезд). Ошибки относительно каталога UCAC4 составляют $\sigma_{\alpha\delta}=0,26''$ (для 9 892 697 или 73,75% звезд и галактик).

Третья глава под названием **“Создание цифровой базы астронегативов АИ АН РУЗ”** состоит из четырех параграфов, в которых описан процесс каталогизации фотопластинок на основе международных стандартов, отправка и полная оцифровка фотопластинок в Шанхайской астрономической обсерватории (ШАО), а также освещены вопросы сотрудничества с ШАО и создания цифровой базы данных всего архива Астрономического института.

В результате этой работы была успешно создана цифровая база данных всего архива Астрономического института. Следует отметить, что в ШАО имеется высокоточная оцифровывающая машина, которая является мировым лидером в данной области.

В четвертом параграфе данной главы представлен краткий анализ этого сканера (Рис. 3, 4). Специальная пластинка, предназначенная для калибровки, была сканирована 10 раз подряд, и результаты этого эксперимента были представлены. Результаты показали, что данный сканер способен измерять с точностью до 0,1 мкм.

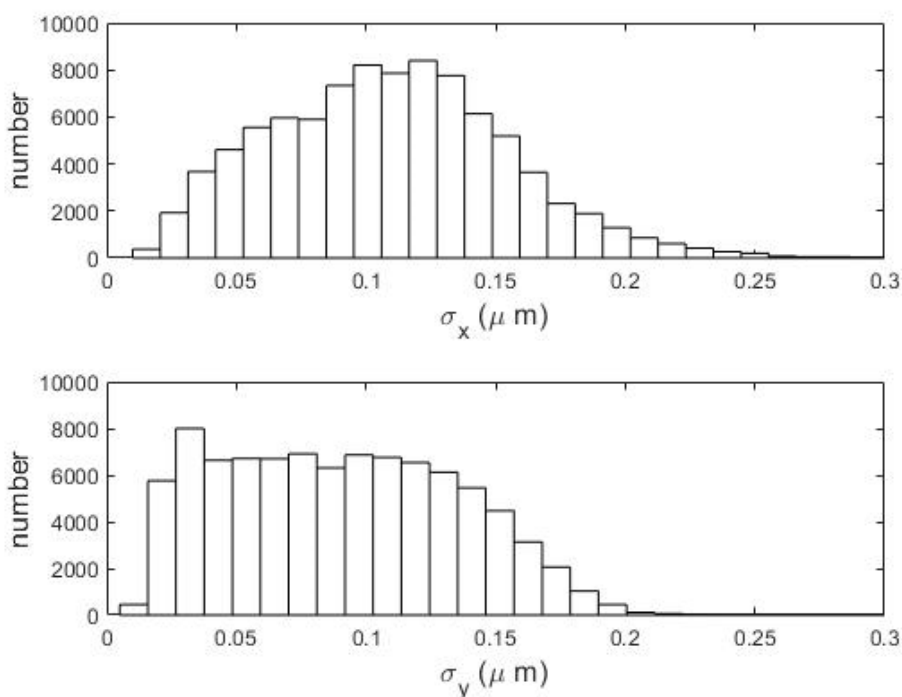


Рис. 3. Гистограмма стандартных отклонений невязок измеренных координат для всех стандартных точек на калибровочной пластинке, оцифрованных 10 раз.

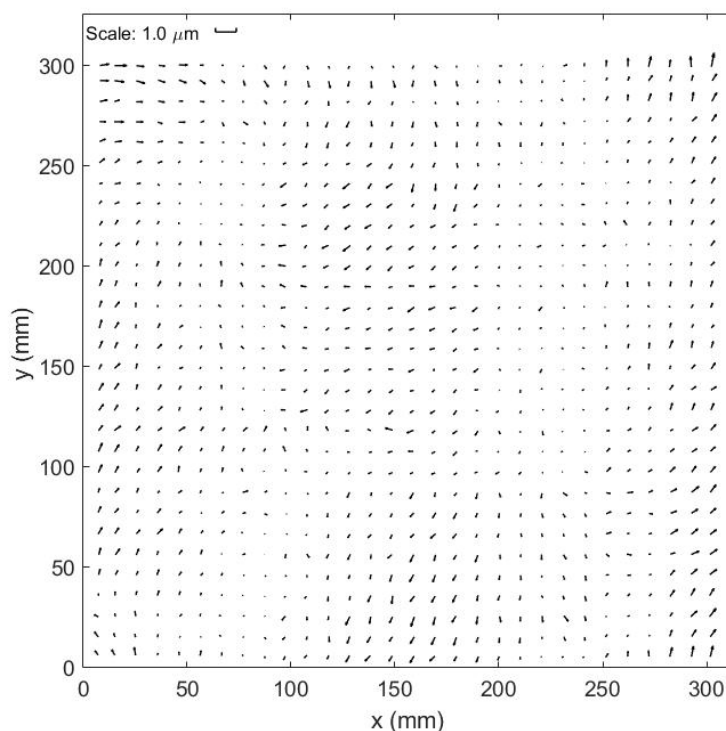


Рис. 4. Остаточное распределение в оцифрованной области двух оцифрованных изображений до и после вращения на 90° , где фотопластинка равномерно делится на 30×30 блоков, и каждая стрелка представляет среднее значение остатков внутри блока.

В четвертой главе диссертации **“Исследование избранных объектов на основе фотографического архива Астрономического института АН РУЗ”** представлены результаты астрометрической обработки фотопластинок рассеянного звездного скопления χ и h Персея, а также проведен поиск астероидов на ФОН астронегативах. Кроме того, в главе представлена новая редукция астероидов Весты и Паллады, оцифрованных на сканере Шанхайской астрономической обсерватории. Эти результаты позволяют расширить наше понимание изучаемых объектов и внести вклад в астрономические исследования.

Первый параграф главы посвящен астрометрическим исследованиям рассеянного звездного скопления χ и h Персея ($\alpha \approx 2^h 20,7^m$, $\delta \approx 57^\circ 08'$). В данном случае мы выбрали для обработки фотопластинки, наблюдаемые в 1935 г. (76) и 1976 г. (4209). На рисунках 5, 6 показаны ход систематических разностей экваториальных координат, рассчитанных и полученных по каталогу Tycho-2, по сравнению с прямоугольными координатами и инструментальными звёздными величинами. На рис. 5 показаны результаты до учета систематических ошибок сканера, а на рис. 6 показаны связи после учета систематических ошибок.

Исследованы внутренние ошибки каталогов Tycho-2 и UCAC-4 для звезд в области скоплений χ и h Персея. Ошибки для 1680 звезд каталога Tycho-2 составили: $\sigma_\alpha = 0,060''$, $\sigma_\delta = 0,067''$, $\sigma_{\mu\alpha} = 0,0031''/\text{год}$, $\sigma_{\mu\delta} = 0,0032''/\text{год}$, $\sigma_B = 0,137^m$. Для 41 726 звезд каталога UCAC-4 эти ошибки были равны: $\sigma_\alpha = 0,053''$,

$\sigma_\delta=0,051''$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,0051''/\text{год}$, $\sigma_{\mu\delta}=0,0049''/\text{год}$, $\sigma_{\text{mu}}=0,157^m$. Сравнение каталогов Tycho-2 и UCAC-4 для 1496 звезд выявило ошибки $\sigma_\alpha=0,072''$, $\sigma_\delta=0,068''$, $\sigma_{\mu\alpha}=0,0027''/\text{год}$, $\sigma_{\mu\delta}=0,0031''/\text{год}$.

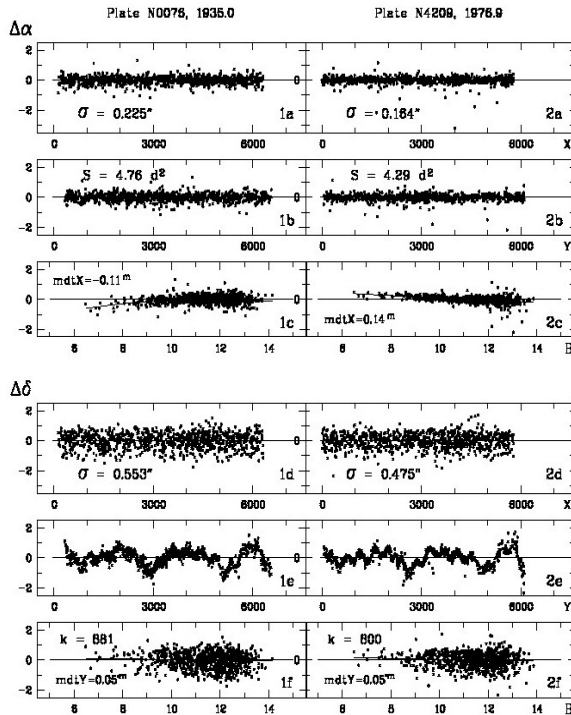


Рис. 5. Результаты редукции до исправления за систематические ошибки сканера для фотопластинок №76 и №4209.

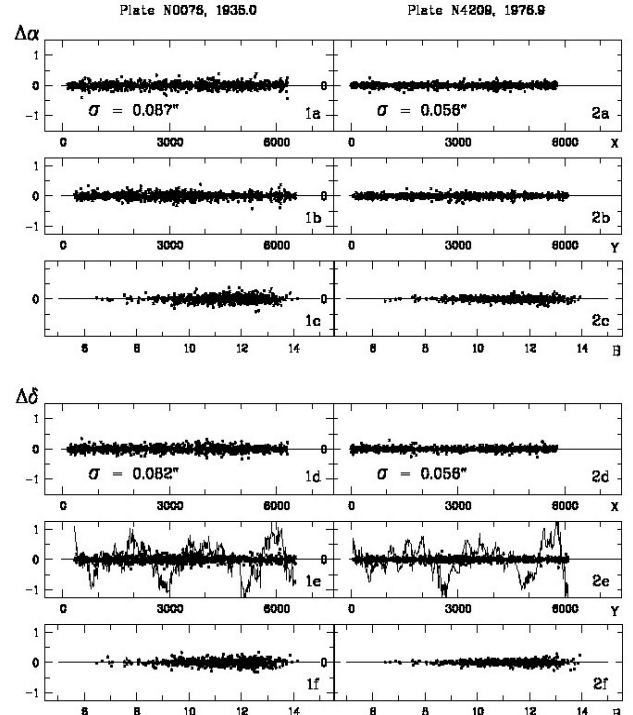


Рис. 6. Результаты редукции после исправления за систематические ошибки сканера для фотопластинок №76 и №4209.

Рассчитанные нами значения экваториальных координат сравнивались с каталогами Tycho-2 и UCAC-4. По сравнению с каталогом Tycho-2 астрометрические ошибки составили $\sigma_{\alpha\delta}=0,074''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0018''/\text{год}$, а внутренние и внешние фотометрические ошибки $\sigma_m=0,065^m$ и $\sigma_B=0,208^m$. Результаты сравнения с каталогом UCAC-4 следующие: $\sigma_{\alpha\delta}=0,28''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0075''/\text{год}$ и $\sigma_m=0,139^m$.

Кроме того, ошибки по экваториальным координатам для каждого изображения оказались $\sigma_{\alpha\delta}=0,085''$ и $\sigma_{\alpha\delta}=0,056''$, а ошибки сравнения – $\sigma_{\alpha\delta}=0,074''$ и $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0018''/\text{год}$.

Во втором параграфе четвертой главы рассмотрены вопросы поиска астероидов и комет, отраженных на фотопластинках, сделанных в рамках проекта ФОН, составления каталога, состоящего из их положений для их эпохи и B -фотографических звездных величин.

По оцифрованным 1963 фотопластинкам ФОН-Китаб было идентифицировано 4529 астероидов (включая пары фотопластинок) и 4 кометы (Рис. 7). Кроме того, по фотопластинкам ФОН-Киев было идентифицировано 2293 астероидов. Их звездные величины находятся в диапазоне $8 \div 17,5$ (рис. 8). Были рассчитаны экваториальные координаты и звездные величины B идентифицированных астероидов и комет.

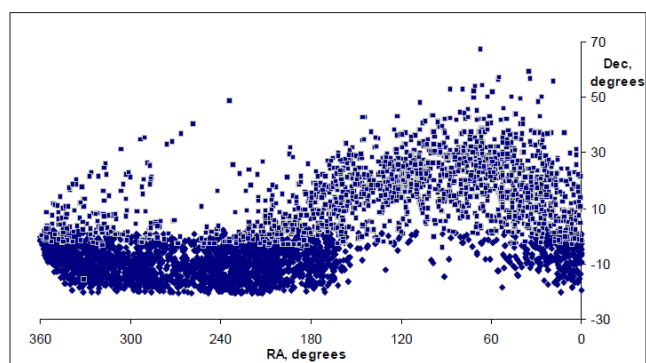


Рис. 7. Распределение экваториальных координат астероидов, обнаруженных на фотопластинках ФОН-Китаб (темные) и ФОН-Киев (светлые).

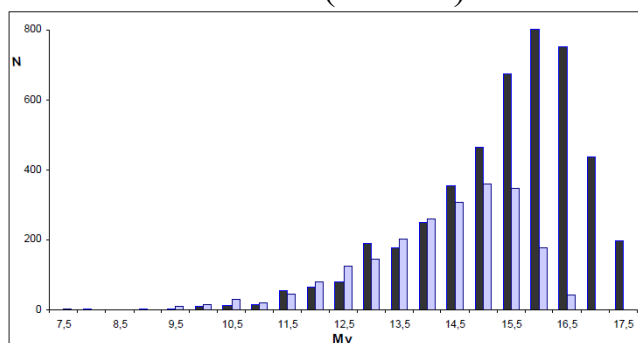


Рис. 8. Распределение идентифицированных астероидов по звездным величинам (ФОН-Китаб – темные, ФОН-Киев – светлые).

Рассчитанные значения сравнивались с эфемеридами из базы JPL. Распределение значений JPL и рассчитанных разностей координат по звездным величинам представлено на рис. 9.

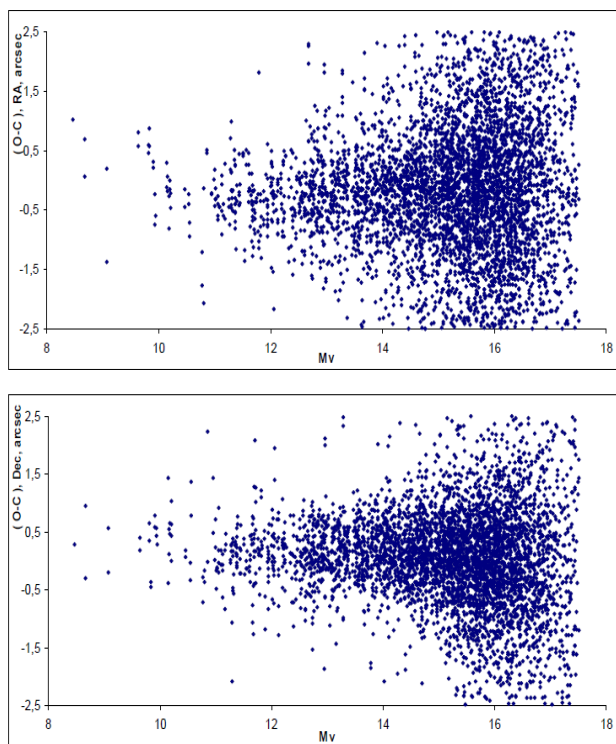


Рис. 9. Зависимость JPL (O) и расчетных (C) разностей координат астероидов от звездных величин.

Из рис. 9 видно, что разница О-С относительно большая для слабых звезд. Причиной этого может быть отсутствие опорных звезд для слабых объектов в каталоге Tycho-2, либо снижение точности определения координат слабого объекта из-за малой экспозиции.

Кроме того, изучались соединения $B-M_v$ и M_v , $\sigma_{\text{од}}$, σ_B и M_v . Эти результаты также показали увеличение ошибок для слабых объектов.

Предварительные исследования показали, что 915 положений астероидов имеют наблюдения, предшествующие их открытию. Кроме того, наблюдения ФОН-Китаб являются одними из лидеров среди известных в мире наблюдений за изучаемыми астероидами. Потому что относительно слабые астероиды были обнаружены с помощью наблюдений ПЗС, и эти наблюдения соответствуют 1990-2005 годам.

В результате был составлен каталог положений и B - звездных величин 2728 астероидов и комет с учетом пар фотопластинок. Такие каталоги могут служить решением ряда вопросов, таких как определение эфемерид астероидов, изменение их орбит, то есть изучение негравитационных эффектов в эволюции орбит астероидов, построение кривых блеска и изучение фазовых соотношений.

Последний - третий параграф главы посвящен расчету экваториальных координат астероидов Паллада и Веста и их сравнению с результатами современных наблюдений. Эти астероиды показаны на фотопластинках, наблюдавшихся между 1956 и 1994 годами в фотоархиве Астрономического института, и фотопластинки были оцифрованы высокоточным сканером Шанхайской астрономической обсерватории.

С 1950-х годов эти астероиды регулярно наблюдались в Астрономическом институте. Из них были отобраны и оцифрованы 36 фотопластинки астероида Паллады и 28 фотопластинки астероида Весты с полными наблюдательными данными. По этим фотопластинкам, состоящим из нескольких экспозиций, было получено 105 координат Паллады и 83 координаты Весты (табл. 2). Первым использовался каталог Gaia DR3 в качестве опорного каталога для этих астероидов.

Таблица 2. Информация о наблюдениях астероидов Паллады и Весты.

Астероид	Наблюдательная эпоха	Время экспозиции (с)	Экспозиция × количество фотопластинок
Паллада	1971/09/18-1994/09/10	180-300	2 × 3; 3 × 33
Веста	1956/03/07-1992/04/29	120-240	2 × 1; 3 × 27

При расчете экваториальных координат изучались среднеквадратические отклонения для моделей 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядка (табл. 3). Результаты

Модель редукции 2-го порядка была выбрана как наиболее подходящее уравнение.

Таблица 3. Ошибки для моделей редукции 1-го, 2-го, 3-го и 4-го порядка.

Модель	Паллады		Веста	
	σ_α (")	σ_δ (")	σ_α (")	σ_δ (")
1	0.202	0.211	0.205	0.203
2	0.188	0.181	0.182	0.184
3	0.187	0.181	0.182	0.185
4	0.186	0.178	0.181	0.183

Данные JPL использовались для сравнения астрометрических значений. Соотношения между значениями О-С экваториальных координат показаны на рисунке 10 (Паллада слева, Веста справа).

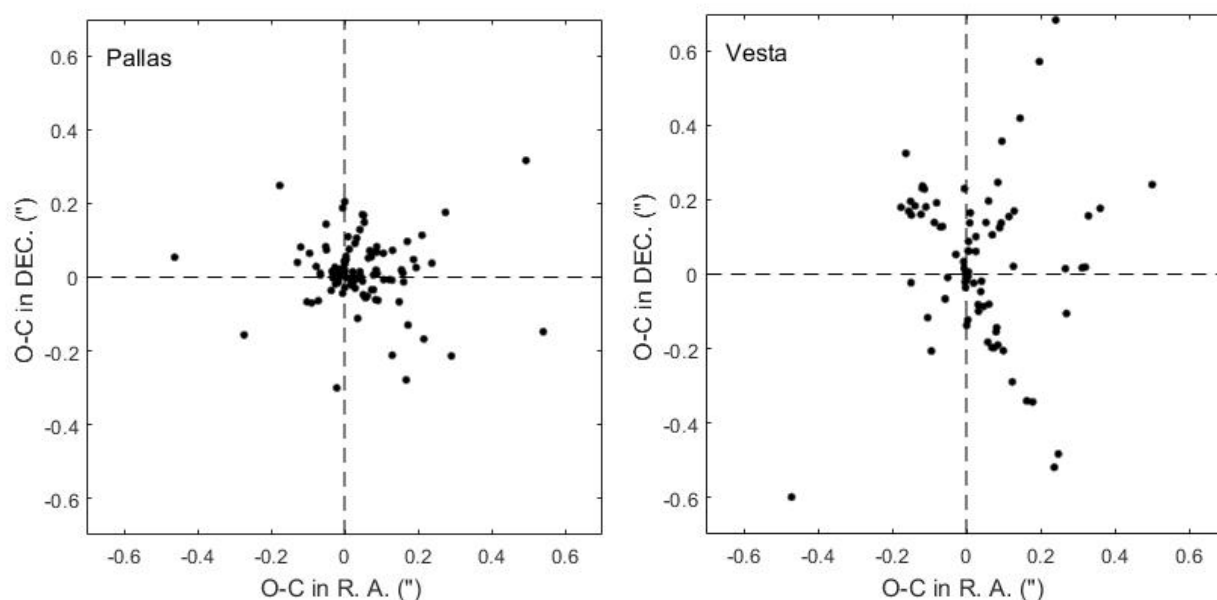


Рис. 10. Разность расчетных и теоретических координат астероидов Паллады и Весты.

Исследования показали, что точность значений астрометрических координат для обоих астероидов составляет менее 0,2". В частности, $\sigma_{\alpha\delta}=0,13''$ для Паллады, $\sigma_{\alpha\delta}=0,21''$ для Весты. Это очень близко к точности современных измерений.

Проведенная работа доказала, что использование современных оцифровывающих сканеров и новых методов, а также использование исторических фотопластинок позволяет надежные и долгосрочные астрометрические положения для соответствующих исследований по улучшению орбиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По проведенной диссертационной работе “Создание цифрового каталога ФОН-Китаб и исследование избранных объектов на основе фотографического архива Астрономического института АН РУз” получены следующие основные результаты:

2. Составлен каталожный список всех (100%) фотопластинок фотоархива АИ АН РУз согласно международному стандарту (WFPDB).
3. Создана цифровая база данных астронегативов Астрономического института, объемом около 10 ТБ. Оцифровка была выполнена с точностью менее 1 μm .
4. Создан цифровой каталог ФОН-Китаб, содержащий данные о 13 413 268 звездах и галактиках ярче 17,5 звездных величин на эпоху 1985,0 г. Ошибки относительно каталога UCAC4 составляют $\sigma_{\alpha\delta}=0,26''$ (для 9 892 697 или 73,75% звезд и галактик).
5. В ходе исследования проведена астрометрическая обработка фотопластинок рассеянного звездного скопления χ и h Персея для эпох 1935 и 1976. Сравнение общих 8123 звезд до $B \leq 17,5^m$ с звездами каталога UCAC4 показало ошибки $\sigma_{\alpha\delta}=0,28''$, $\sigma_{\mu\alpha\delta}=0,0075''/\text{год}$ и $\sigma_m=0,139^m$ для экваториальных координат, собственных движений и звездных величин соответственно.
6. Создан каталог положений и В-звездных величин 2728 астероидов и комет на основе обработки данных проекта ФОН.
7. Оцифрованные фотопластинки Паллады и Весты были обработаны с использованием опорного каталога Gaia DR3. Сравнение с теоретическими значениями по эфемеридам из базы JPL показало высокую точность результатов с дисперсиями положений около 0,1"-0,2'', что сопоставимо с дисперсиями наблюдений других астероидов за последние годы.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 ON AWARD OF
SCIENTIFIC DEGREE AT THE ASTRONOMICAL INSTITUTE**

ASTRONOMICAL INSTITUTE

YULDOSHEV QUDRATILLO KHABIBULLAEVICH

**COMPILATION OF A DIGITAL FON-KITAB CATALOGUE AND
UBAI PHOTOGRAPHIC ARCHIVE SELECTED OBJECTS STUDY**

01.03.01 – Astronomy

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON
PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**

Tashkent – 2023

The theme of the dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on physical and mathematical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under No.B2023.2.PhD/FM866.

The doctoral (PhD) dissertation was carried out at Astronomical Institute.

The abstract of the dissertation was posted in three (Uzbek, English, Russian (resume)) languages on the website of the Scientific Council (www.astrin.uz) and on the website of “Ziyonet” informational and educational portal (www.ziyonet.uz).

Supervisors:

Ehgamberdiev Shuhrat Abdumannapovich,
doctor of physical and mathematical sciences,

Official opponents:

Andrievsky Sergey Mikhailovich,
doctor of physical and mathematical sciences, professor

Burkhonov Otabek Anvarovich,
PhD

Leading organization:

**Scientific Research Institute of V. N. Karazin
Kharkiv National University**

The defence of the dissertation will be held on “_____” _____ 2023, at _____ in the meeting of the Scientific Council No. PhD.02/20.12.2019.FM.15.01 at the Astronomical Institute (Address: UBAI, 33 Astronomicheskaya street, 100052, Tashkent city. Phone: (+99871) 235-81-02; Fax: (+99871) 234-48-67; e-mail: info@astrin.uz)

The doctoral (PhD) dissertation can be looked through in the Information Resource Center of Astronomical Institute (registered under No. ____). (Address: 33 Astronomicheskaya street, 100052, Tashkent city. Phone: (+99871) 235-81-02; Fax: (+99871) 234-48-67).

The abstract of dissertation was distributed on “_____” _____ 2023.
(Registry record No. _____ dated “_____” _____ 2023).

D.Sh. Fazilova

Deputy Chairman of the Scientific Council
on Award of Scientific Degrees,
D.Ph.-M.S., senior researcher.

I.A. Ibragimov

Scientific Secretary of the Scientific Council
on Award of Scientific Degrees, PhD, senior researcher.

A.B. Abdikamalov

Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific
Council on Award of Scientific Degrees, D.Ph.-M.S.

INTRODUCTION (Annotation of dissertation of Doctor of Philosophy)

The aim of the research is to create a digital catalog FON-Kitab and study selected objects based on a photographic archive.

The tasks of the research:

Creation and organization of a digital database of astronomical data, including a catalogization of photographic plates, following the standards Wide-Field Plate Data Base (WFPDB) of the International Astronomical Union (IAU);

Development and optimization of the methodology for digitizing astronomical negatives, considering the specific characteristics of the digitizing equipment;

Creation of a catalogue of stars and galaxies based on the FON-Kitab project (Photographic Sky Survey - FON);

Development of a software package in the Munich Image Data Analysis System (MIDAS) for processing and analyzing digitized images and photographic plate data;

Study of individual astronomical objects using photographic archive data to determine and analyze equatorial coordinates and photographic magnitudes.

The objects of the research are the digital database of astronomical data and archive, including a list of photographic plates in accordance with the standards of the WFPDB of the (IAU).

The subjects of the research are astronegatives, astrometric and photometric characteristics (equatorial coordinates, B-stellar magnitudes) of the objects under study, determined on the basis of these observations.

The methods of the research. Analysing and processing of photographic plates using digital technologies, development of a software package in MIDAS, creation of a digital database, statistical analysis of objects.

The scientific novelty of the research is the followings:

The complete digitization of astronegatives from the archive of the AI was successfully carried out using modern scanners of SHAO;

The creation of an astrographic catalog of 13.4 million stars and galaxies based on observations of the southern part of the FON project;

A method for two-exposure effectively separation of stars was developed, which made it possible to improve the accuracy of processing astronegatives using the MIDAS software package;

A study of the systematic errors of the scanner were investigated and methods for their correction were developed;

The calculated equatorial coordinates were reduced to the Tycho-2 catalogue and magnitudes based on the standard photoelectric catalogue of stars;

The photographic plates were digitized on the SHAO scanner, and it was found that the processing analysis is consistent with the results obtained in recent years.

Practical results of the research are as follows:

The first dissertation prepared for defense based on the materials of the FON project.

A catalogization of photographic plates from the archive of the AI has been compiled, following the standards (WFPDB) of the IAU.

A digital database of FON astronegatives obtained from 1981 to 1996 has been created and analyzed using the MIDAS software package in the Fortran language;

A photographic catalog containing equatorial coordinates, stellar B-magnitudes, and other astrometric and photometric parameters of over 13.4 million stars and galaxies has been created;

Catalogs of equatorial coordinates and B-magnitudes for images of the first (1935.0) and second (1976.9) epochs in the region of the sky with the cluster χ and h Perseus, as well as catalogue of positions and B-magnitudes of 2728 asteroids and comets based on data processing of the FON project were created.

The reliability of the research results is ensured by the use of modern numerical methods and algorithms for data processing and calculation of astrometric and photometric characteristics of celestial objects, as well as a comparative analysis of the conclusions obtained with the results of other authors.

Scientific and practical significance of the research results. The scientific significance of the catalog lies in its potential inclusion of characteristics of transiting objects, such as optical components of cosmic gamma-ray bursts, components of gravitational-wave events, supernovae, asteroids, comets, objects within the solar system, and more. This is crucial for conducting in-depth studies of these phenomena.

The practical significance of the catalog lies in its ability to provide astrometric and photometric data for the examination of individual celestial bodies and groups of celestial bodies with similar characteristics. This data can contribute to a better understanding of these objects and their properties. This allows researchers to obtain more accurate data and make more meaningful conclusions about the nature and properties of the studied objects.

Application of the research results. Based on the results of research work, a catalog of astrometric and photometric data of 13.4 million stars and galaxies, compiled on the basis of the photo archive of the AI, was published in the electronic database of the Center for Astronomical Data in Strasbourg.

Also, the results of the research were used in the works of a number of foreign authors in the study of astrometric and photometric characteristics of the digitized astronegatives of the Baldone Observatory, in the compilation of the catalog of celestial bodies of the archive of the Ukrainian Virtual Observatory, in the study of the astrometric reduction of some photographic plates in the Gaia DR2 reference catalog system, which were obtained by the Schmidt telescope of the Anglo-Australian Observatory; in the compilation of the catalog FON-Dushanbe in the Tycho-2 catalog system by processing 1529 photographic plates of the FON-Dushanbe project from the collection of the Institute of Astrophysics of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan; when cataloging 2728 asteroids and comets.

The methods of analysis developed in the thesis were used by other authors in the study of similar objects. This is evidenced by links to our publications in the following international journals included in the SCOPUS database and given in Google scholar:

On the concept of the enhanced FON catalog compilation // Odessa Astronomical Publications. 2017. 30. 159-162. – 17 citations;

Star photometry on digitized astronegatives // Science and Innovation. 2017, 13(1): 15-23. – 16 citations;

Catalog of Equatorial Coordinates and B- Magnitudes of Stars of the Kitab Part of the FON Project // Kinematics Phys. Celest. Bodies. - New York: Allerton Press, Inc. V33, N5, c.250-253. – 15 citations;

The equatorial coordinates and B- magnitudes of the stars in the Southern hemisphere zones based on the digitized astronegatives of FON project at the Ulugh Beg Astronomical Institute // Odessa Astronomical Publications. 2016. Vol.29, p.160-162. – 13 citations;

Comparison of zero zone catalogues of the FON program based on the Kyiv and Kitab observations // Odessa Astronomical Publications. 2015. V.28, Is 2, p.188-191. – 13 citations;

Method for evaluating the astrometric and photometric characteristics of commercial scanners in their application for the scientific purpose // Odessa Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.61-62. – 13 citations;

Astrometry of χ and h Persei based on processing of digitized plates of archive of the Astronomical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan // Odessa Astronomical Publications. 2014. V.27, Is.1, p.57-58. – 10 citations;

Approbation of the research results. The main results of the dissertation work were reported and discussed at 21 international and Republican scientific and practical conferences.

Publication of the research results. 18 scientific papers have been published on the topic of the dissertation, 10 of them in international scientific journals recommended by the Supreme Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan for publishing the main scientific results of the dissertation.

Volume and structure of the dissertation. The structure of the thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion and a list of references. The volume of the thesis is 123 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
LIST OF PUBLISHED WORKS
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

I бўлим (part I; I часть)

1. Q. X. Yuldoshev, Andruk V.M., Ehgamberdiev Sh.A., Muminov M.M., Protsyuk Yu.I., Relke H. Catalog of equatorial coordinates and B- magnitudes of stars of the Kitab part of the FON project // Kinematics Phys. Celest. Bodies. - New York: Allerton Press, Inc. V33, N5, с.250-253. (№1. Web of Science: IF=0,604)
2. M. Muminov, Qudrat Yuldoshev, Sh. Ehgamberdiev, B. Kahharov, H. Relke, Yu. Protsyuk, L. Pakuliak, V. Andruk. Astrometry of the η and χ Persei clusters based on the processing of digitized photographic plates // Bulgarian Astronomical Journal. 2017. 26. -P.3-15. (№3. Scopus: IF=0,133)
3. В.М. Андрук, Л.К. Пакуляк, В.В. Головня, С.В. Шатохина, Е.М. Ижакевич, Ю.И. Процюк, И. Эглитис, М. Эглите., Л.В. Казанцева, Е. Рельке, К.Х. Йулдошев, М.М. Муминов. О фотометрии звезд с оцифрованных астронегативов // Наука и инновация, Украина. 2017. Том.13, -С. 17-27. (№1. Web of Science)
4. Andruk V.M., Yuldoshev Q., Eglitis I., eta al. On the concept of the enhanced FON catalog compilation // Odessa Astronomical Publications. 2017. 30, p.159-162. (01.00.00, №64)
5. Q.X. Yuldoshev, Andruk V.M., Relke H., Ehgamberdiev Sh.A., Muminov M.M., Protsyuk Yu.I. Catalogue of coordinates and B- magnitudes in -20° - $+2^{\circ}$ zone based on the Ulugh Beg Astronomical Institute part of the FON project // Odessa Astronomical Publications. 2017. .30, p.205-208. (01.00.00, №64)
6. Shatokhina S.V., Relke H., Yuldoshev Q.X., Andruk V.M., Protsyuk Yu.I., Muminov Asteroid's search results at the Kitab part of the Northern Sky Survey project // Odessa Astronomical Publications. 2018. 31, p.235-238. (01.00.00, №64)
7. Andruk V.M., Pakuliak L.K., Eglitis I., Yuldoshev Q., Mullo-Abdolv A.Sh., Shatokhina S.V. Yizhakevych O.M., Protsyuk Yu.I., Relke H., Akhmetov V.S., Muminov M.M., Ehgamberdiev Sh.A., Kokhirova G.I. On the FON astroplate project // Odessa Astronomical Publications. 2019. 32, p.185-188. (01.00.00, №64)
8. Yuldoshev Q., Andruk V., Muminov M. The astrometric and photometric results of digitized plates on Epson Expression 10000XL scanner with different resolutions // Odessa Astron. Publications. 2019. 32, p.208-210. (01.00.00, №64)
9. Q. Yuldoshev, M. Muminov, V. Andruk, Sh. Ehgamberdiev, S. Turaev. Test of the scanner for expression the astrometric and photometric parameters from the digitized plates // Uzbek journal of Physics. 2022, 24, 2, -pp. 81-89. (01.00.00, №5)
10. L.L. Wang, Y. Yu, Q. Yuldoshev, Sh.A. Ehgamberdiev, Z.J. Shang, M.T. Yang, J. Yang, S. Dong, D.M. Da, Z.H. Tang, J.H. Zhao, M.M. Muminov New reduction of old glass astronomical plates of Pallas and Vesta in 1956–1994 based on Gaia DR3 catalogue // Planetary and Space Science 227 (2023) 105637. March. (№1. Web of Science: IF=2,158)

II бўлим (part II; II часть)

11. М.М.Муминов, Б.Б.Каххаров, Йулдошев К.Х., В.Н.Андрук, В.В.Головня. Астрометрия тестовых пластинок, оцифрованных сканером Epson Expression 10000XL в Астрономическом институте АН РУз // Известия ГАО в Пулкове 2013. №220, с.517-522.

12. Муминов М.М., Латыпов А.А., Эгамбердиев Ш.А., Каххаров Б.Б., Йулдошев К.Х., Андрук В.Н., Головня В.В. Каталог экваториальных координат и В- величин звезд экваториальной зоны программы ФОН на основе обработки оцифрованных астронегативов Китабской обсерватории // Известия ГАО в Пулкове 2016. №223, с.339-344.

13. К. Йулдошев, О.Усманов, Ш. Эгамбердиев, М. Муминов, Е. Рельке, Ю. Процюк, В. Андрук. Астрометрия и фотометрия оцифрованных пластинок проекта ФОН-Китаб // Вестник Киевского НУ имени Тараса Шевченка. Киев. -2016. 2(54). -С. 28-31.

14. V. Andruk, L. Pakuliak, V. Golovnia, S. Shatokhina, O. Yizhakevych, Yu. Protsyuk, I. Eglitis, M. Eglite, L. Kazantseva H. Relke, Q. Yuldoshev, M. Muminov. Star photometry on digitized astronegatives // "Actual Questions of Ground- based Observational Astronomy": Int. Conf., Mykolaiv, Ukraine, Sept. 26- 29, 2016: Abstr. Book. -P.6.

15. Andruk V.M., Yuldoshev Q.X., Eglitis I., Pakuliak L.K., Mullo-Abdolv A., Vavilova I.B., Protsyuk Yu.I., Relke H., Golovnia V.V., Shatokhina S.V., Yizhakevych O.M., Ehgamberdiev Sh.A., Kazantseva L.V., Muminov M.M. On the concept of the enhanced FON catalog compilation // 17th Odessa International Astronomical Gamow Conference- School, Ukraine, Odessa, Aug. 13–20, 2017: abstr. P.23.

16. Yuldoshev Q.X., Andruk V.M., Relke H., Ehgamberdiev Sh.A., Muminov M.M., Protsyuk Yu.I. Catalogue of coordinates and B- magnitudes in -20° — $+2^{\circ}$ zone based on the Ulugh Beg Astronomical Institute part of the FON project // 17th Odessa International Astronomical Gamow Conference- School, Ukraine, Odessa, Aug. 13–20, 2017: abstr. P.26.

17. Shatokhina S.V., Relke H., Q. Yuldoshev, Andruk V.M., Protsyuk Yu.I., Muminov M. Asteroid's search results at the Kitab part of the Northern Sky Survey project // 18th Odessa International Astronomical Gamow Conference- School, Ukraine, Odessa, Aug. 12–18, 2018. Program and Abstracts. P.30.

18. Yizhakevych O.M., Kazantseva L.V., Relke H., Mullo-Abdolv A., Yuldoshev Q., Shatokhina S.V., Golovnia V.V., Andruk V.M. Analysis of accuracy of asteroid coordinates from digitized observations of the project FON-Kiev, FON-Kitab, FON-Dushanbe // 18th Odessa International Astronomical Gamow Conference- School, Ukraine, Odessa, Aug. 12–18, 2018. Program and Abstracts. P.30.