

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

FIZIKA FAKULTETI

«ASTRONOMIYA VA ATMOSFERA FIZIKASI» KAFEDRASI

5140400 – Astronomiya ta'lim yo'nalishi

Eshnazarov Giyosiddin Xudoysukurovich

“Keng maydonli tasvirlarda fotometrik tayanch yulduzlarni aniqlash”
mavzusidagi

Bitiruv malakaviy ishi

Bitiruvchi:
Eshnazarov G'.X.

Ilmiy rahbar:
f.m.f.n., dots. Axunov T.A.

Toshkent – 2018

MUNDARIJA

Kirish	3
1 - Bob. Keng maydon kuzatuvlari: teleskoplar va qabul qilgichlar	6
§ 1.1. Nurlanish detektorlari va ularning turlari	6
§ 1.2. Fotometrik filtrlar	10
§ 1.3. Suyuq ko'zguli teleskoplarning asosiy ishlash prinsiplari asoslari	13
2 - Bob. Osmonning tanlangan maydon tasvirlarining fotometriyasi va tahlili	23
§ 2.1. Osmonning tanlangan maydonlari ZAQ tasvirlarining birlamchi tahlili	23
§ 2.2. Fotometrik va astrometrik tahlil etish natijalari	30
Xulosa	42
Adabiyotlar ro'yhati	43

Kirish

Mavzuning dolzarbligi. XXI asrdagi astronomiya va astrofizika fanlarining ilg'or qadam qo'yishida zamonaviy asbob-uskunalar - teleskop, nur detektorlari, kuzatuv ma'lumotlarini tahlil etish usullarining yanada makammalashishi ahamiyatga ega. Boshqacha aytganda, fan va texnologiyalarining yuksalib borishi bilan birga zamonaviy astrofizika rivojlanib, unding oldida turgan masalalar ham o'z yechimini topadi. Bu qatorda astrofiziklarning asosiy quroli - teleskoplarning o'rni katta. Ma'lumki, hozir teleskoplarning turalari juda ko'p. Ular kuzatuv obyektlari, sezgirligi diapazoni, nurlanish detektorlari, kuzatuv ma'lumotlarini tahlil etish usullari va boshqalari bilan ajralib turishadi. Ular orasida suyuq ko'zguli teleskoplar deb aytiladigan qurilmalar aolihida o'rin egallaydi. Misol qilib, yaqin orada ishga tushirilagigan – ILMT (International Liquid Mirror Telescope - Xalqaro Suyuq Ko'zguli Teleskop)ni aytsa bo'ladi. Bu teleskopda bajariladigan asoaiy ish bu Koinotning uzoq va o'zgaruvchan obyektlarini, ya'ni kvazarlar, gravitatsion linzalar, o'ta yangi yulduzlar, galaktikalar, galaktikadagi mikrolinzalanish va boshqa qator obyektlarni va hodisalarni tpoish va tadqiq qilishdan iborat. Bu rejalarni amalaga oshirish uchun birinchi navbatda, osmon maydonlaridagi fotometrik tayanch yulduzlarni aniqlash kerak bo'ladi. Shundan ushbu bitiruv malakaviy ishning dolzarbligi kelib chiqadi.

Ishning maqsadi. 2015 yilda olib borilgan kuzatuvlar asosida tanlangan osmon sohalarida fotometrik tahlil o'tkazish.

Ishning vazifalari. Aytilgan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar bajarilishi kerak:

- Suyuq ko'zguli teleskoplarning tuzilishi va ishlash prinsiplari bilan tanishish.
- Suyuq ko'zguli teleskoplarda kuzatuvlarni olib borish usullarni o'rganish.
- Yulduz kataloglari va unda keltirilgan ma'lumotlarni o'rganish.
- Kuzatuvlardan olingan PZS tasvirlarning birlamchi tahlilini bajarish.

- Tasvirlarda aks etilgan yulduzlarning fotometriyasini o'tkazish va ulardan tayanchlarni ajratib olish.

Tadqiqot obyekti va predmeti. Tadqiqot obyekti - TDI usulida olingan tasvirlar, tadqiqot predmeti - fotometrik ma'lumotlar va kataloglar.

Tadqiqot usullari. Ushbu ishda statistik usullar qo'llanilgan.

Ishning asosiy natijalari:

- 2015 yilning 17- va 21- may kunlari olib borilgan kuzatuv natijalari -ZAQ tasvirining dastlabki tahlili bajarildi. Shunda tasvirlardagi osmon foni ta'siri hisoblanib, tasvirlardan ayrilib tashlandi.
- Source Extractor dasturi yordamida tasvirlarning dastlabki fotometrik tahlili bajarildi.
- ALADIN elektron atlasida tasvirlarda qayd etilgan yulduzlarning GAIA va SDSS kataloglaridagi koordinatalari va standart yulduz kattaliklari aniqlandi.
- Yulduzlarning instrumental yulduz kattaliklari va SDSS katalogidagi standart yulduz ravshanliklari orasida chiziqli bog'lanish borligi ko'rsatildi.
- 6ta tasvirlarda fotometrik tayanch yulduzi bo'lishi mumkin bo'lgan obyektlarning ro'yhati tuzildi.

Tadqiqot natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati. Qo'lga kiritilgan natijalar (fotometrik tayanch yulduzlar) ILMTda olib boriladigan kuzatuvlarni tahlil etishda bevosita qo'llaniladi.

Bitiruv malakaviy ishining tuzilishi va hajmi. Ushbu bitiruv malakaviy ish Kirish qismi, ikkita bob, xulosa, 12 ta foydalanilgan adabiyotlar ro'yhatidan iborat. Ishning umumiy hajmi 44 bet. Bu ishga 19 ta rasm va 2 ta jadval joylashtirilgan.

Ishning asosiy mazmuni

Kirish qismida ishning dolzarbligi ko'rsatilgan, tadqiqotning predmeti, obyekti, maqsadi va vazifalari yoritilgan, bitiruv malakaviy ishning asosiy natijalari keltirilgan.

Birinchi bobda hozirgi paytda qo'llaniladigan zamonaviy kuzatuv usullarining astrofizik tadqiqotlarni bajarishdagi o'rniga bag'ishlangan. Birinchi paragrafda kuzatuvlarda qo'llaniladigan ZAQ (zaryaldi bog'langan qurilma) kameralar ularning tuzilishi, ishlash prinsiplari batafsil qaralgan. Ikkinchi paragrafida kuzatuvlarda qo'llaniladigan turli fotometrik sistemalar va ular orasidagi bog'lanishlar qaralgan. Bu bobning uchunchi paragrafida suyuq ko'zguli teleskoplar batafsil yoritilgan. Bu teleskoplarnig asosi - aks ettiruvchi suyuqlik bo'lib, aylanganda parabolik shaklini beradi va fokus nuqtasida tushgan nurlanishni yig'adi.

Ikkinchi bobda Osmonning tanlangan sohalarining keng maydonlari tasvirlarining fotometrik qayta ishlash va tahliliga bag'ishlangan. Birinchi paragrafda ZAQ tasvirlarining birlamchi tahlili haqida gapirilgan. Unda asosiy urg'u tasvirlardagi osmon fonini hisoblashga va ayrib tashlashga berilgan. Shu bilan birga, ikkinchi paragraf tasvirlardagi obyektlarning fotometrik tahlilini bajarishga qaratilgan. Bu yerda standart katalogdan olingan yulduz kattaliklari instrumental qiymatlari bilan solishitirish orqali fotometrik tayanch yulduzlar aniqlangan.

Ishning xulosa qismida ushbu bitiruv malakaviy ishni bajarish davomida olingan asosiy natijalar sanab o'tilgan va xulosa keltirilgan.

1- BOB. KENG MAYDON KUZATUVLARI: TELESKOPLAR VA QABUL QILGICHLAR

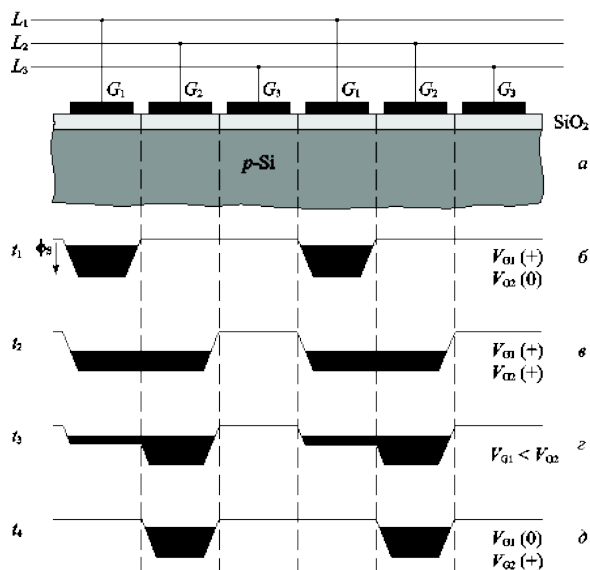
§1.1. Nurlanish detektorlari va ularning turlari

Zamonaviy nurlanish detektorlari – ZAQ (zaraydli aloqa qurilmalar) kameralar astronomiyada o'tgan asrning 70-yillaridan beri ko'llaniladi. Bunday asboblarning asosi - «metall-okisel-yarimo'tkazgich» sxemasidir. Yarimo'tkazgich sifatida odatda kremniy oksidi, metall sifatida yupqa metall plastinkasi ishlatiladi. Yarimo'tkazgich sathida dielektrik qatlami bo'ladi va unda o'tkazuvchan elektrodlar tasmalari qo'llaniladi. ZAQ matritsasida nur ta'sirida zaryad hosil bo'ladi, saqlanadi va yo'naltirilib uzatiladi. Potensial o'ralari yarimo'tkazgichning yuqori sathlarida tashqi elektrik kuchlanish ta'sirida hosil bo'ladi. Yonma-yon joylashgan potensial o'ralarning o'zaro ta'sirlanishi sababalari - o'ralar orasidagi kichik masofa yoki maxsus uzatgichlarning mavjudligi [1].

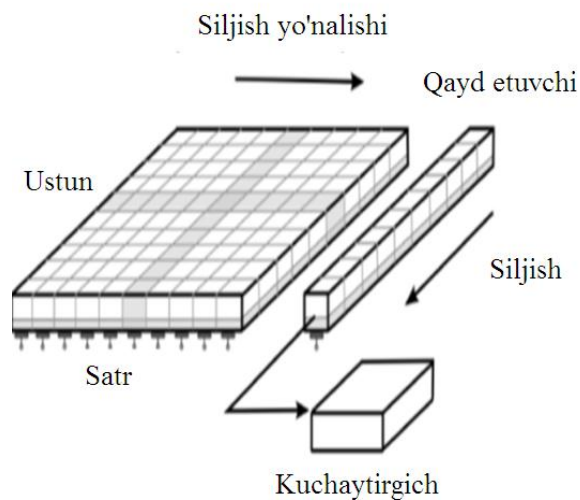
ZAQ matritsaning tashqi sathi yorug'lik bilan yoritilganda, yarimo'tkazgich yutgan fotonlar elektron-kovak juftliklarini hosil qiladi. Kremniyda valentlik elektronni erkin holatga o'tkazish uchun tushgan yorug'lik kvantning energiyasi yarimo'tkazgichning taqiqlangan sohadagi potensialdan kattaroq bo'ladi. Si uchun bu kattalik ~ 1.1 eV dan kattaroq bo'lishi kerak. ZAQ ga energiyasi $h\nu > 1.1$ eV dan kattaroq bo'lsa, odatda, elektronni tortib oladi va elektron potensial o'raga tushadi. Tushgan fotonning energiyasi 4 eV dan katta bo'lsa, unda bu foton ikkita elektronni ham erkin holatga o'tkazadi. Ularga mos kovaklar elektr maydoni ta'sirida yarimo'tkazgichning neytral sohasiga o'tishadi. Berilgan elementdagi to'planayotgan zaryadning kattaligi birinchi yaqinlashishda birlik yuzaga va birlik vaqt oralig'ida tushayotgan energiyaga proporsional.

ZAQning sathida ma'lum bir tasvir hosil qilinsa, unda kuzatuv vaqti davomida potensial o'ralarda ushbu tasvirni takrorlovchi aksi hosil qilinadi. To'plangan potensial aksi iloji boricha kompyuterga uzatib, o'qib olish kerak,

chunki termogeneratsiya va zaryadlarning yoyilib ketishi tasvirni bulg'alaydi (1-rasm).



1 - rasm. Piksellar orasida zaryadni o'tkazish sxemasi



2-rasm. Zaryadlarni yo'naltirilgan siljishi

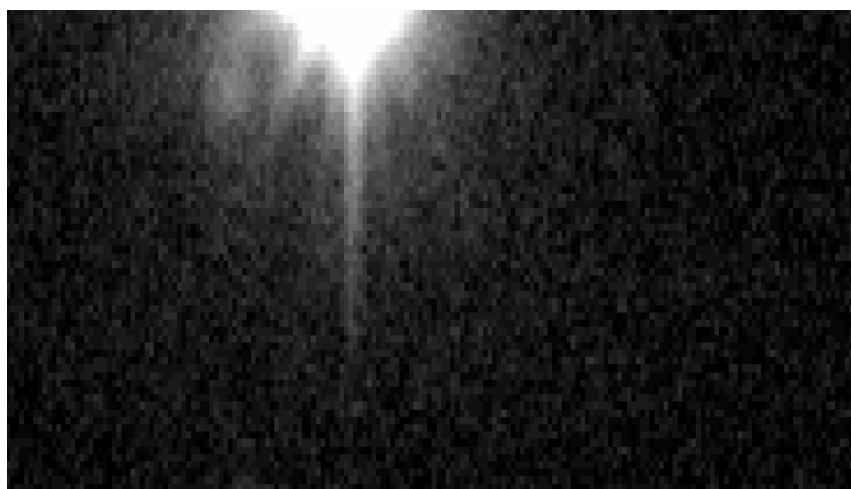
Yorug'lik nuri ta'sirida hosil bo'lgan zaryad to'planganidan so'ng, uni o'qib oluvchi elementga uzatish kerak bo'ladi (2-rasm). To'g'ri burchak matritsada har bir shunday katak bu bitta piksel deb olinadi - u tasvirning elementar birligi. Matritsaning piksellarida yorug'lik nuri ta'sirida zaryadlarning potensial o'ralari hosil bo'ladi. Ularni kompyuterga uzatilganda birinchi bo'lib eng osti qatori o'qib olinadi. U nur o'tkazmaydigan material bilan qoplangan va unda zaryadlar perpendekulyar yo'nalishda siljishadi.

Matritsaning pastki satrdagi har bir pikseldagi zaryadlarni gorizontaal rezistrning mos piksellariga siljitamiz. Pastki satrning bo'shab qolgan hujayralariga ikkinchi satrdagi zaryadlarni siljitamiz. Ular o'rniga uchinchi satrdagi zaryadlar o'tadi va hokazo. So'ng, pikseldan keyin pikksel tartibida gorizontaal rezistrdagi zaryadlar gorizontaal yo'nalishda kuchaytirgichga uzatiladi. Gorizontaal rezistrdagi hujayralardagi barcha zaryadlar kuchaytirgichga uzatilib bo'lishi bilan unga yana birinchi stardagi zaryadlarni uzatamiz. Endi unda ikkinchi satrdagi signallar o'tirgan bo'ladi. Shunday qilib, matritsaning hamma elementlari o'qiladi va elektrik signallarning vaqt ketma-ketligi hosil bo'ladi va uni raqamli shakilga keltirish

mumkin. Shunday usulda o'qilgan har bir raqam va kattalik ideal holatda, ilgari piksellarda to'plangan zaryadga to'g'ri proporsionaldir. ZAQ marritsalari nisbatan katta kvant chiqishi koeffitsientiga ega. Masalan, fotoplastinkalarda u ~1-2%, fotoelektrik ko'paytirgichlarda ~6-10% bo'lsa, ZAQ larda maksimal kvant effektivligi 90% gacha boradi.

Albatta, shu bilan o'zining ham kamchiliklari bor. Uzatish vaqtlarining chastotasi qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p zaryad uzatilmasdan qolib ketishi mumkin. Birinchi matritsalarda uzatish koefficienti ~ 0,9999% tashkil qilgan edi. Bu juda kichik ko'rsatgich. Masalan, agarda matritsaning ustuni 1024 pikseldan iborat bo'lsa, unda oxirgi pikseldan gorizonta rezistriga boshlang'ich zaryadning faqatgina 36% yetib boradi. Buning birinchi sababi - kremniy sathining notekisligidir. Atomlar panjarasida defekt va notekisliklar bo'ladi. Bu zaryadnik oqib o'tishlariga xalaqit qiladi. Potensial chuqurliklar ham bir hil chuqurlikga ega bo'lmaydi.

Keyingi muammo – bu piksellarning to'lib ketishi. Piksellardatahminan 10^5 – 10^6 elektronlarni saqlash va uzatish mumkin. Teleskopning diametri 113 sm bo'lsa, kengligi 1000 Angstrom bo'lgan V filtrda 100% kvant effektivligida pikselning to'lib ketishi darajasi quyidagicha bo'ladi: 5^m yulduzda 0.01 sekund davomida, 10^m yulduzda 1 sekund davomida, 15^m yulduzda 100 sekund ichida.

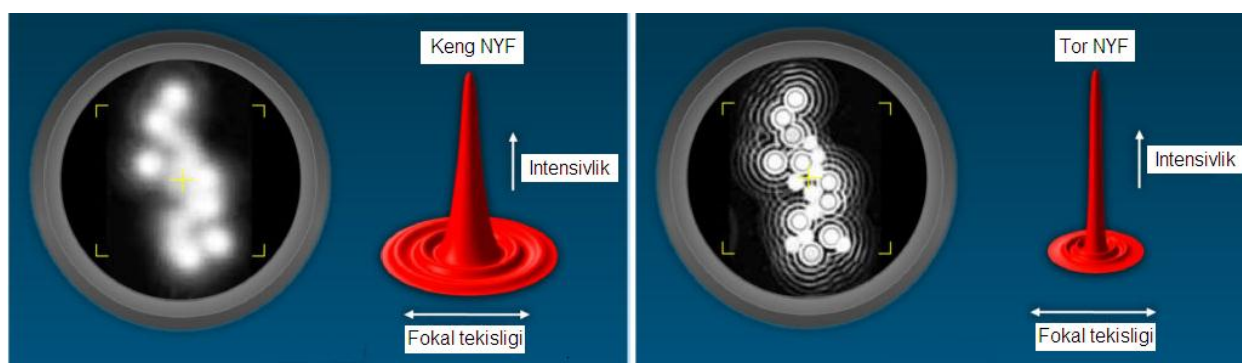


3 - rasm. ZAQ tasvirida shakillangan to'lgan piksellar ko'rinishi.

To'yinish davomiyligi katta bo'lgan kuzatuvlarda hosil bo'ladi. Bunda bir tomondan yoritilganlik va to'plangan zaryad orasidagi har qanaqa bog'lanishlar buzilib ketadi, ikkinchi tomondan zaryadning bir qismi boshqa piksellarga o'tib ketadi. Natijada yorqin yulduzlar atrofida yorug' bo'lgan galo hosil bo'ladi (3-rasm). Agarda yorqin yulduz atrofida boshqa obyekt bo'lsa, uning signali to'lib ketgan piksellari ta'sirida buzilib ketadi. To'lib ketishni bartaraf etish uchun bitta uzoq vaqtli ekspozitsiyani bir nechta qisqa vaqtli ekspozitsiyalar bilan almashtirish mumkin.

Boshqa yana muammo - ZAQLarning sezgirligi matritsa yuzasi bo'yicha notekis taksimlanishi. Fokal tekisligining masshtabi $10''/\text{mm}$ bo'lsa, bu osmonning ixtiyoriy sohasida $6,7 \times 6,7$ burchak minutiga to'g'ri keladi. Bunday maydonda sharsimon to'da yoki galaktika, 15^m dan yorqinroq bo'lgan o'ntacha yulduz, 20^m gacha bo'lgan yulduzlardan 100 ga yaqini sig'ishi mumkin.

Piksellarning notekis sezgirligini hisobga olish uchun bir tekis yoritilgan maydondan kelayotgan nurlanishni o'lchash kerak. Bunda yoki maxsus ekrandan foydalaniladi, yoki nomoshom paytida osmonning tasviri olinadi. Olingan hamma tasvirlardar o'rtachasi olinadi va tekis maydonning tasviri qo'lga kiritiladi. Bunday tasvirlar har bir filtrda alohida olinadi.



4 - rasm. Uch o'lchamli NYF ning yulduz to'dasi uchun tasvirlari

Yulduzdan kelayotgan nurlanish uning markazi atrofida fokal tekisligida sochiladi. Sochilish o'lchami tasvirlarning sifatiga bog'liq. Yulduzlardan hosil bo'lgan tasvir ma'lum o'lchamlarga ega. Bunday tasvirda yorqinlik markazda

maksimal bo'lib, undan uzoqlashganda keskin kamayadi. Nuqtasimon obyektlarda yorqinlikni markazga nisbatan kamayish qonuni nuqtaning yoyilganlik funksiyasi (NYF) deyiladi. Ba'zida ingliz tilidagi abbreveaturasi ishlatiladi - PSF (Point Spread Function). 4-rasmda har xil yulduzlar uchun olingan NYF ko'rsatilgan.

Biron bir yulduzdan kelgan nurlanishni topish uchun, ushbu nurlar egallagan barcha piksellardagi signalni yig'ish kerak bo'ladi. Tasvirning qanotlaridagi signalini hisobga olish maqsadida katta yuzadagi piksellarning summasini olib borish kerak bo'ladi. Bundan yana osmon fonidan kelgan, birlik yuzaga normallashtirilgan signallar yig'indisini ayirib tashlash kerak bo'ladi. Bu jarayon apertur fotometriyasi deyiladi. Summalash qancha katta zonada olinsa, shuncha ko'p signal inobatga olingan bo'ladi. Lekin shu bilan birga osmon foni va yulduz signallari orasidagi kontrakt kamayadi. Bu topilayotgan kattaliklarining aniqligiga ta'sir etadi. Agarda summalashtirish yulduz markazidan intensivligi yarimi yetadigan masofada olib borilsa, shunda signal/shovqin munosabati maksimal qiymatiga etadi.

§1.2. Fotometrik filtrlar

Xar hil kuzatuv dasturlarning ilmiy maqsadi va vazifalari hal etilishi fotometrik va astrometrik o'lchashlarga bog'liq. Muammolarni yechishda birinchi navbatda to'g'ri fotometrik sistemani tanlash talab etiladi.

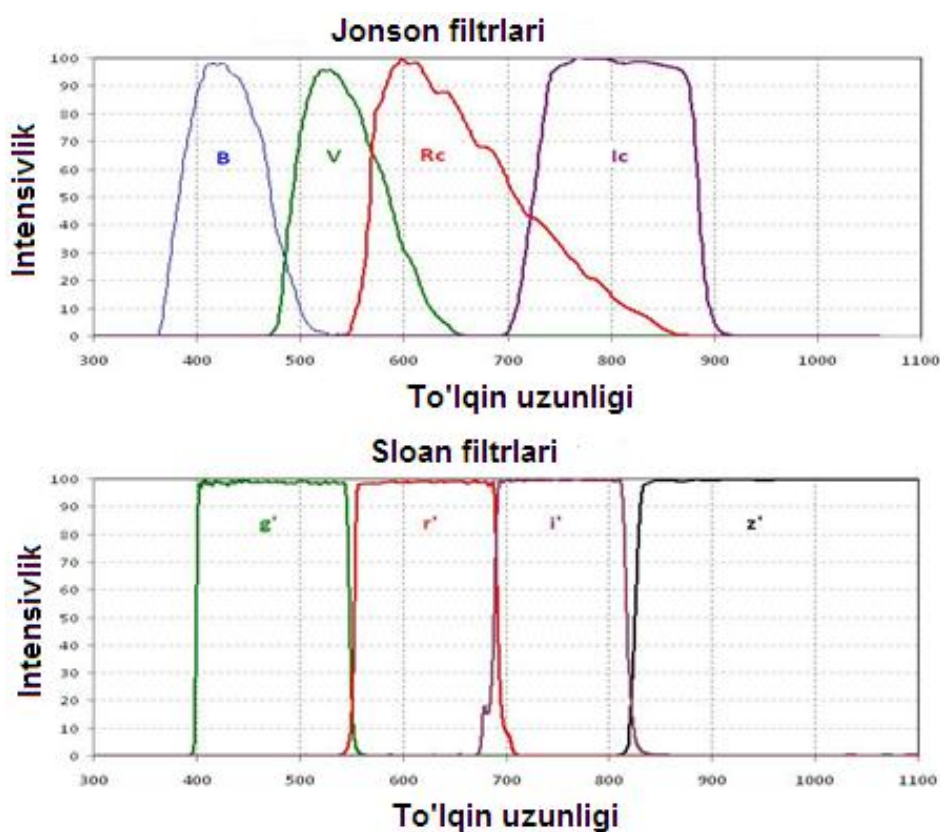
Biron bir fotometrik sistemalarda kuzatuvlar olib borilganda har xil yulduzlardan kelgan nurlanish bir vaqtda har xil diapazonlarda o'lchanadi. Bu yerda eng asosiy muammo ham tasodifiy, ham sistematik xarakterga ega bo'lgan fotometrik o'lchash xatoliklarining aniqligini oshirishdan iborat.

XX-asrning 80-yillarigacha asosan Jonson UBV fotometrik sistemasi bo'lagn [2]. Bu sistemada deyarli barcha kuzatuvlar olib borilgan. Bu sistemaning keng tarqalishiga sabab fotometrik standart yulduzlarning ko'pligi bo'lgan. XX asrning oxiriga kelib 200 mingdan ortiq yulduzlar uchun UBV filtrlarda fotometrik o'lchashlar amalga oshirilgan, ular uchun kataloglar ham tuzilgan. Bu sistemanign

ta'rifi quyidagicha: Alfa Lyr (Vega) yulduzi vizual diapazonda $V = 0^m.03$ va uning hamma ranglari nolga teng.

UBVRIJHK filtrlari: Jonson sistemasi UBV filtrlardan iborat. Ularning kalibrovkasi o'sha davrda ishlatilgan fotoelektrik qabul qilgichlarning xususiyatlariga bog'liq bo'lgan. Keyinchalik bu sistema R va I hamda yaqin infraqizil sohadagi JHK filtrlari bilan boyitilgan.

JHK filtrlari 2MASS loyihasida ishlatilgan. Unda butun osmonning sharhi bajarilgan. Bu sistemada butun osmon bo'yilab standartlar mavjud bo'lganligi sababli, u fotometrik kuzatuvlarda standart sifatida qo'laniladi.



5 - rasm. Turli sistemalardagi filtrlarning o'zaro solishtirish.

Gann sistemasining grizfiltrlari: Birinchi bo'lib bu sistema fotoelektrik detektorlar yordamida ta'riflangan edi. Hozirga kelib u ZAQ kameralarida keng foydalaniladi [3]. Bu sistema bir nechta o'n standart yulduzlar asosida ta'riflanadi va shunda BD + 17deg 4708 yulduzi - F6s sinfiga tegishli va rangi $B-V = 0.43$ bo'lgan subkarlikning ranglari nolga teng. Ganning griz filtrlari osmonning obzori

bo'yicha loyihada keng qo'llaniladi – Sloan Digital Sky Survey (SDSS). SDSS osmon bo'ylab to'liqva bir tekis kalibrovkalanganligi sababli, undagi ixtiyoriy obyekt standart yulduzi sifatida ishlatilishi mumkin.

1 - jadval. Turli sistemalardagi filtrlarning tasniplari

UBVRI		SDSS				Hipparh			WFPC2		
λ_{eff}	$\Delta\lambda$	λ_{eff}	$\Delta\lambda$	λ_{eff}	$\Delta\lambda$	λ_{eff}	$\Delta\lambda$	λ_{eff}	$\Delta\lambda$		
U	3663	650	u'	3596	570	H _p	5170	2300	F336	3448	340
B	4361	890	g'	4639	1280	B _T	4217	670	F439	4300	720
V	5448	840	r'	6122	1150	V _T	5272	1000	F555	5323	1550
R	6407	1580	i'	7439	1230				F675	6667	1230
I	7980	1540	z'	8896	1070				F814	7872	1460

Bunday fotometrik sistemalarning yana bir nechtasini keltirishimiz mumkin: yulduzlar kattaliklarining AVs istemasi, STMAG sistemasi, Habb1 teleskopining filtrlar sistemasi va h.k. 5 - rasmda va 1 - jadvalda turli sistemalardagi filtrlarning ko'rgazmali solishtirilishi keltirilgan.

Alpha Lyra yulduzi asosida AV sistemasida olib borilgan o'lchashlar Djonson va Gann sistemalariga o'girilishi mumkin:

$$\begin{aligned}
 V &= V(\text{AB}) + 0.044 \pm 0.004 & u' &= u'(\text{AB}) + 0.0 \\
 B &= B(\text{AB}) + 0.163 \pm 0.004 & g' &= g'(\text{AB}) + 0.0 \\
 R &= R(\text{AB}) - 0.055 & r' &= r'(\text{AB}) + 0.0 \\
 I &= I(\text{AB}) - 0.309 & i' &= i'(\text{AB}) + 0.0 \\
 g &= g(\text{AB}) + 0.013 \pm 0.002 & z' &= z'(\text{AB}) + 0.0 \\
 r &= r(\text{AB}) + 0.226 \pm 0.003 \\
 i &= i(\text{AB}) + 0.296 \pm 0.005
 \end{aligned}$$

Filtrlarning hamma o'girilishlari, ma'lum bir darajada, ob'ektning spektral tipiga bog'liq. Agarda u ma'lum bo'lsa, unda IRAF/STSDAS dasturlar paketi doirasidagi SYNPHOT dasturidan foydalanganligi ma'qul.

§1.3. Suyuq ko'zguli teleskoplarning asosiy ishlash prinsiplari asoslari

Innovatsion zamonining talablariga ko'ra, hozirgi kundagi astrofizikaning rivojlanishi teleskoplar, nurlanish detektorlari, kuzatuv ma'lumotlarni tahlil etish usullari mukammallashishi bilan birgalikda ketmoqda. Hozirgi paytda kuzatish texnologiyalari o'ta turlashib ketgan va ular bir-biridan kuzatuv obyektlari, diapazoni, detektorlarning turlari, kuzatish ma'lumaotlarini tahlil etish yondoshishlari va boshqa tamoillari bilan ajralib turadi. Bu yerda birinchi o'rinda teleskoplar turadi. Kuzatuv maqsadlaridan kelib chiqqan holda teleskopning turlari tanlanadi.

Teleskopning asosiy uchta vazifasi quyidagilardan ibarat:

1) astronomik obyektlardan kelayotgan nurlarni to'plash va detektorga yo'naltirish. Detektor sifatida ko'z, fotografik plastinka, spektrograf, PZS-kamera va hokozolar bo'ladi;

2) biri-biriga yaqin burchak masofada joylashgan, va shuning uchun, qurollanmagan ko'z bilan ajratib bo'lmaydigan obyektlarni ajrata olishga imkon berish;

3) okulyarning fokal tekisligida kuzatilayotgan obyekt yoki karayonning tasvirini shakillantirish.

Oxirgi 20-30 yillarda teleskop yaratish texnikasi optik diapazonlarga muvofiq ulkan rivojlanishga erishdi. Bularga asosan eng ko'p tarqalgan gigant teleskoplar Katta Binokular. Bu teleskoplar dunyoda eng katta oynaga egadir. Bu teleskop 2005 - yildan beri ishga tushirilgan va Grehem tog'ida joylashgan (AQSH, Arizona shtatida). Barcha oynalarning diametri - 8.4 m va asosiy oynasining umumiy o'lchami 11 x 9.8 metrli Katta janubiy Afrika teleskopi eksplutsiyaga tushirilgan. Bu teleskop bir nechta bir xil olti burchakli ko'zgulardan iborat edi. Gran Teleskopio teleskopi Kanar orollarida birinchi yorug'likni ko'rishga muvoffiq bo'ldi. 2020 - yilda eng katta diametri 24.5 metrli gigant teleskop Chilidagi Magellan nomi shaxrida ostida eksplutatsiya qilinishi kutilmoqda. Bunday misollarni biz juda ko'plab keltirishimiz mumkin. Bunday

teleskoplar montaj qilinishi turlicha bo'lgan optik teleskoplardir. Bu teleskop oynalari juda kichik jismlarni ham kuzata oladi [4], tortishish kuchi hamda haroratini ham sezadi. Shu tufayli ham bunday teleskoplar yordamida astronomiya fani olamshumul cho'qqilarni zabt etadi.

Yorug'lik nurini fokuslashtirish maqsadida aylanadigan suyuqlikni ishlatish mumkinligi haqidagi g'oyani ilk bor italiyalik astronom Ernesto Kapochchi 1850 - yilda taklif qilgan edi, ammo buni u amalda qo'llay olmagan. Bu tajriba amaliyotda 1872 - yilda Henri Skey tomonidan amalga oshirildi va 35 smli diametrga ega bo'lgan suyuq oyna yaratildi [5]. 1909 - yilda amerikalik fizik R.Vud ilk bor suyuq oynali teleskopni yaratdi. U mexanik podshipniki yordamida aylanar va elektrodvigatel yordamida harakatga kelirilar edi. Ushbu teleskop yordamida R. Vud Lira yulduzlar turkumidagi zich to'rt-karrali yulduzlar sistemasining tasvirini oldi. Ushbu sistemadagi yulduzlar bir-biridan 2.3 yoy sekundga ajralgan edi. Suyuq oynali teleskopdan olingan natijalar kutilgandan ham yaxshi natijalar berdi. Ammo qator muammolar tufayli R.Vudning teleskponi amalda qo'llanishga imkon bermadi. U birinchi navbatda tebranishlardan, katta ham bo'lmasa, siltalanish va chayqalishlardan jabr ko'rgan. Buning ustiga, ko'zguning aylanish tezligi bir tekis bo'lmaganligi uchun uning fokus masofasi doimo o'zgarib turar edi. Bundan tashqari, aylanish o'qi doimo vertikal bo'lganligi sababli, teleskop faqatgina aynan cho'qqisidagi osmon sferasining kichik sohasini kuzata olar edi. O'sha paytda bu kamchiliklar teleskopning afzallik tomonlaridan ancha katta bo'lgan. Bu, o'z navbatida, suyuq ko'zguli teleskoplarni (SKT) ishlatish mumkinligi g'oyasiga ancha yillar davomida astronomlarda qiziqish bo'lmaganligini tushuntiradi. Bu g'oyaga faqatgina 1980-yillarda qaytishdi. O'shanda kanadalik fizik E.Bora R.Vudning ilk g'oyalarini qayta ishladi va zamonaviy texnologiyalar suyuq ko'zguli teleskoplar oldida turadigan texnik muammolarni yechishga qodir degan fikrga keldi [5].

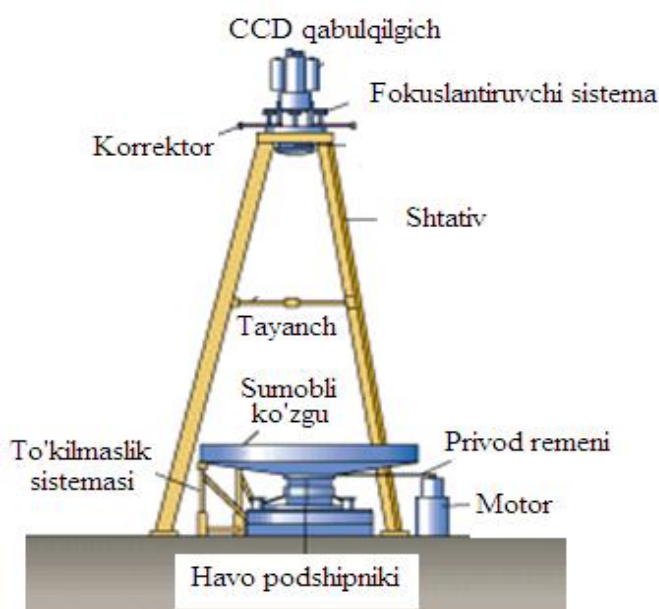
Suyuq ko'zguli teleskopning ishlash sxemasi yetarli darajada batafsil qilib [6]-ish muallifi bergan. Muvozanat holatida suyuqlikning yuzasi unga ta'sir etayotgan tortishish kuchining vektoriga nisbatan perpendikulyar bo'ladi.

Markazdan qochma kuchi $\omega^2 r$ qiymatiga teng va bu yerda ω – paraboloid shaklidagi idishning aylana tezligi, r - aylanish o'qidan masofa. Tortishish kuchi idishning yuzasi bo'yicha bir xil deb qabul qilinadi (6-rasm). Shunda θ – suyuqlikning yuzasi va gorizont orasidagi burchak:

$$\tan \theta = \frac{dz}{dr} = \frac{\omega^2 r}{g} \quad (1)$$

(1) ni integrallab va z o'qining boshini suyuqlik sirtidagi markaziy balandlikka qo'ysak, aylanayotgan suyuqlikning shakli uchun quyidagi formulaga kelamiz:

$$z = \frac{\omega^2 r^2}{2g} \quad (2)$$



6-rasm. Suyuq ko'zguli teleskop va uni tashkil etuvchi qismlari

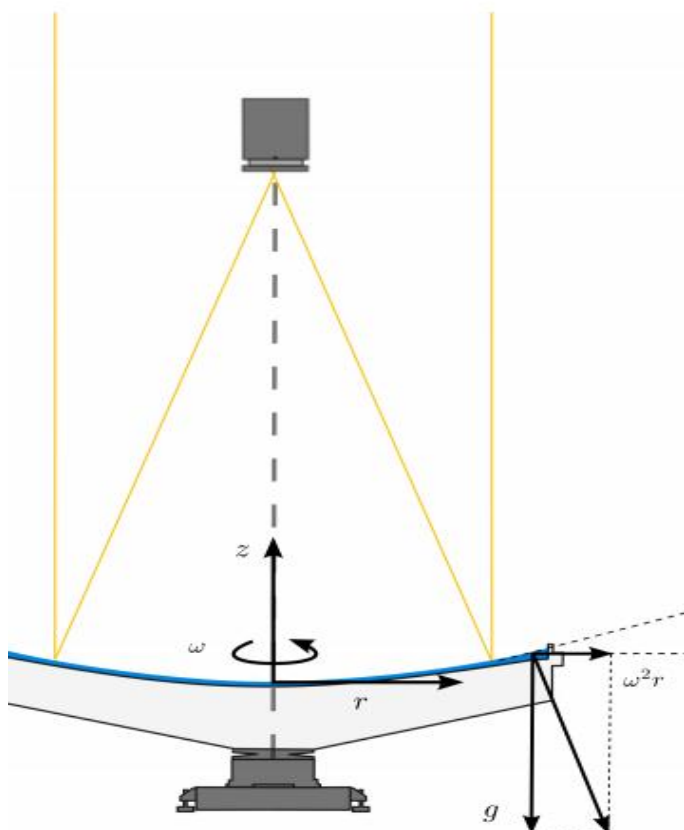
Oxirgi formulani FM – focus masofasiga ega bo'lgan parabolaning umumiy tenglamasi bilan solishtirsak

$$z = \frac{r^2}{4 \cdot FM}, \quad (3)$$

Aylanayotgan suyuqlik sirti parabolaligini ko'ramiz va uning focus masofasi

$$FM = \frac{g}{2\omega^2}. \quad (4)$$

Aylanayotgan idishda yuqori darajada aks ettiruvchi suyuqlik mavjud va u parabolik ko'zgu singari ishlaydi. Uning fokus masofasi idishning aylanish tezligi bilan ifodalanadi.



7– rasm. ILMT teleskopi. Birlamchi ko'zgu katta aks etish koeffitsientli aylanayotgan suyuqlikdan tashkil topgan. Bu shakl tortishish va markazdan qochish kuchlarining o'zaro ta'siri oqibatida shakllangan. PZS kamerasi teleskopning fokal tekisligida joylashtirilgan. U teleskopning zenitdagi ma'lum osmon sohasining tasvirini beradi.

7-rasmda ko'rsatilgandek, parabolik ko'zgularning xususiyatlaridan biri bu - paraboloidning simmetriya o'qiga nisbatan tushayotgan barcha nurlar uning fokus nuqtasi tomoniga aks ettiriladi. Demak, paraboloidning fokus tekisligida ZAQ-kamerani o'rnatib, u teleskopning zeniti atrofidagi osmon sohasining tasvirini olishga imkon beradi. Shunday qilib, suyuq ko'zguli teleskop yuqori darajada aks ettiruvchi aylanayotgan suyuqlikni qo'llash va uning fokus nuqtasida ZAQ qabul qilgichni o'rnatish natijasida hosil bo'ladi:

$$KM = \frac{d}{F} \quad (5)$$

Bu yerda suyuq ko'zguli teleskopning yoritilgan xususiyatlaridan bu teleskop azimutal monitrovkasiga ega bo'lishi va u aynan zenitda kuzata olishi kelib

chiqadi. Aks ettiruvchi sirtini shakillantirish uchun Yerning torishish kuchi ishlatilganligi sababli, kuzautvchilarda bu teleskopi, xuddi oddiy teleskoplar singari, o'zlari xohlagan tomonga yoki obyektga yo'naltirishga va kuzatishga va xech qanaqa imkoniyat yo'q. Bundan tashqari, Yerning aylanishi tufayli teleskopning kuzatish maydonidagi barcha obyektlar osmon sferasi tezligi bilan harakatlanadi.

Shuning uchun, zenit atrofidagi osmon sohasining tasvirlarini olish uchun nurlanishni klassik integrallash usullari orqali kuzatib bo'lmaydi. Bu holda yulduzlardan kelayotgan nurlanish PZS qabul qilgichlarda nuqtasimon obyektlarni o'rniga uzun treklarni beradi.

[4,5,7] maqolalarda ko'rsatilgandek, bunday hollarda kuzatish maydonini kesib o'tuvchi obyektlar ortidan kuzatish uchun eng qulay imkoniyat bu PZS kameralarda kechikish vaqti bilan nurni integrallash modasini qo'llash. Kechikish vaqti bilan integrallash bu ingliz tilidan tarjima – Time delay integration (TDI). Uning yana boshqacha nomi - dreyfli skanerlash (driftscan mode). Bunda kuzatilayotgan obyekt kuzatish maydoni bo'yicha harakatlanadi (dreyflaydi). Buning uchun PZS kamerada osmon sferasi (tasvirlar) aylanayotgan tomonga va uning tezligi bilan yig'ilgan zaryadlarni siljitish kerak bo'ladi. Shunda gorizontaal rezistrning chizish hujayrasiga kelayotgan signal ushbu ustun bo'yicha mavjud bo'lgan barcha hujayralarda to'plangan zaryadlarning yig'indisi bo'ladi. Tushunarliki, ustunlarning o'rtacha sezgirligi alohida piksellarga nisbatan sekinroq o'zgaradi. Shuning uchun o'rtachalashgan o'lchashlar klassik PZS tasvirlarga nisbatan ancha shovqinsiz bo'ladi.

Agarda teleskopda kechikish vaqti bilan integrallash modasida kuzatuvlar olib borilsa, unda integrallash vaqti obyektning kuzatish maydonini kesib o'tishga talab etiladigan vaqt bilan belgilanadi. Agarda osmon sferasining kuzatish nuqtasidagi aylanish tezligini bilsak, unda integrallash vaqti:

$$t = \frac{FOV}{SR} \quad (6)$$

Texnologik nuqtai nazaridan, suyuq ko'zguli teleskop quyidagi elementlardan iborat: parabolik shaklidagi aylanuvchi idish; havo podshipniki (u aylanganda idishning tebranishlariga yo'l bermaydi); yuqori aks ettirish koeffitsientiga ega bo'lgan suyuqlik (boshqa kimyoviy elementlar bilan qorishishgan simob) ga to'ldirilgan idish; nurlanishni kechikish vaqti bilan integrallash modasida ishlaydigan PZS - kamera; optik filtrlar sistemasi; noparallel bo'lgan nurlarni to'g'rilash uchun mo'ljallangan optik korrektor va umumiy kompleksni avtomatik boshqarishga imkon beradigan qator mexanik sistemalar. Bu elementlarning har biri o'ta muhim va o'ziga alohida e'tiborni talab etadi. Ammo bu mazkur bitiruv malakaviy ishning chegaralaridan chiqib ketadiganligi sababli ularning tahlilini keltirmaymiz.

Hoziri paytda suyuq ko'zguli teleskoplardan 4 tasi ishga tushirilgan:

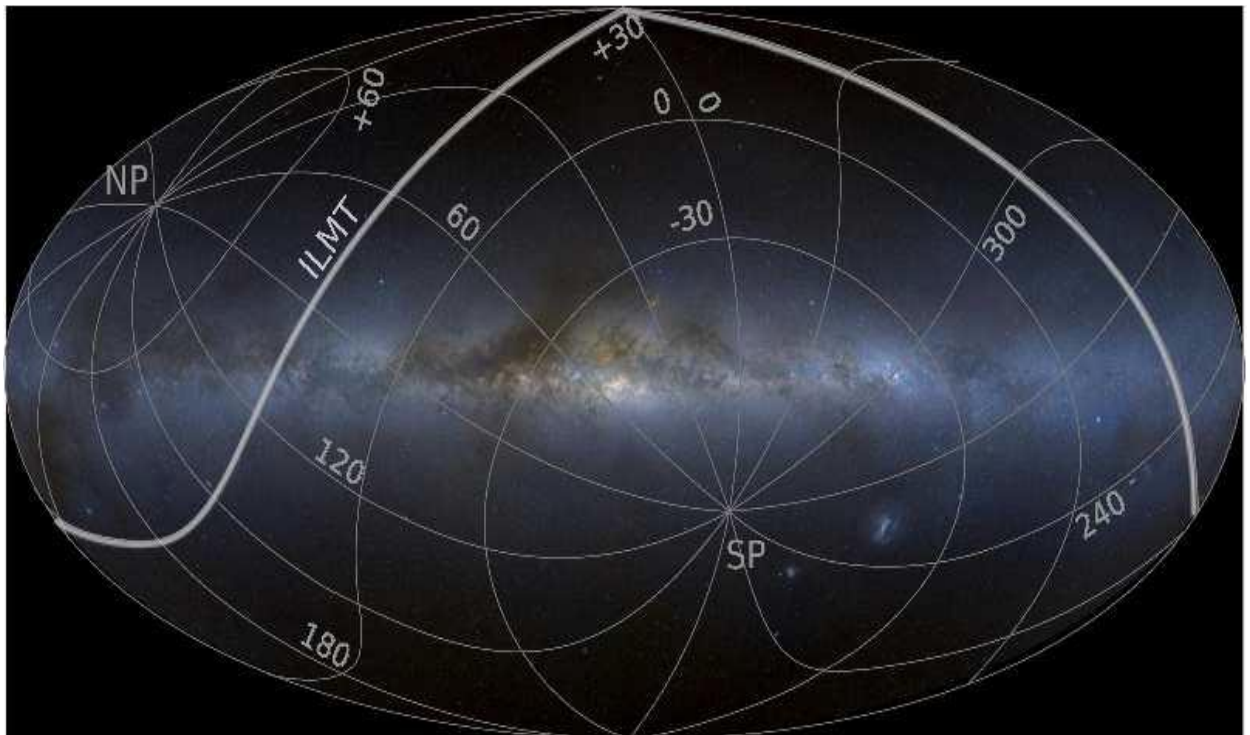
- 1992 yilda Laval va Britaniya Kolumbiya universitetlarining (Kanada) 2,65 metrli SKT ishga tushirilgan (UBC/Laval LMT)
- 1995-2002 yillarda ishlagan 3 metrli SKT (NASA-LMT)
- Dunyoda eng katta SKT - Katta Zenit Teleskopi. Uning asosiy ko'zglasining diametri 6 metr. U Kanadada joylashgan. Qurilishi 2003 yilda boshlangan.
- Xalqaro 4 metrli SKT (ILMT). U Liej (Belgiya) universiteti hodimlari tomonidan loyihalashtirilgan va Devashtal (Hindiston) observatoriyasida ko'rilmogda [7, 8].

4 m li Xalqaro suyuq ko'zguli teleskop loyihasi. Xalqaro suyuq ko'zguli teleskop (XSKT) loyihasiga Belgiya, Kanada, Hindiston va Polshadagi institutlar kiradi va bu loyihada 4 m li suyuq ko'zguli teleskop qurilgan. XSKT birinchi darajali suyuq ko'zgu, fokus nuqtasi va fokusni ushlab turuvchi uskunadan tashkil topgan (8-rasm).



8-rasm. Xalqaro suyuq teleskopning tepadan ko'rinishi (tepada) va yonidan (pastda)

<i>2 – jadval. Teleskopning texnik xarakteristikalari.</i>	
Ko'zgu diametri	4 (m)
Fokus uzunligi	8 (m)
Effektiv fokus uzunligi	9.4524 (m)
Ko'rish maydoni	27' ga 27'
Zaryadli Bog'langan Qurilma	4096 x 4096 (piksel)
Piksel o'lchami	15 (μm / piksel) 0.4 (arcsecond / piksel)
Filtrlar	g' , r' , i' (SDSS)
Birlashish vaqti	102 (s)
Cheklangan kattalik	$i' \sim 22.5$



9-rasm. ILMT teleskopning ko'rish maydoni osmonning galaktik tekisligiga proeksiyasi. Teleskop ko'radigan osmon sohasi uzliksiz chiziq bilan ko'rsatilgan. Ekvatorial koordinatalarning egri chiziqlari yupqa chiziqlar bilan ko'rsatilgan. NP va SP – shimoliy va janubiy ekvatorial qutblar [6].

Bu ish ILMT teleskopida olib boriladigan kuzatuv loyihasining bir qismi. Yerning aylanishi tufayli SKT osmon sohasining tasmasini skanerlaydi. Tasmaning markazi og'masi teleskop joylashgan nuqtaning kenglamasiga teng. Tasvirlarning eni esa teleskopning kuzatish maydoni bilan cheklanadi. Bu teleskop Hindistondagi Devashtal observatoriyasida joylashgan, kengligi $29,3617^{\circ}\text{N}$. Kuzatish maydonining o'lchami 27 h 27 yoy minut. Teleskop kuzatadigan osmon tasmasi 9 - rasmda ko'rsatilgan. Bu tasma Galaktik tekisligini ikki marta kesib o'tadi. Bu osmonning ham o'ta to'lib ketgan sohalarini (past galaktik kenglamalarda), ham yuqori galaktik kenglamalardagi sohalarni kuzatishga imkon beradi. Ikkinchi holda o'ta xira juda uzoqda joylashgan obyektlarni - galaktikalar, kvazarlar, gravitatsion linzalarni topish va kuzatsa bo'ladi.

Teleskop umumiy holda $(140^{\circ})^2$ yuzani kuzatadi, shu jumladan $(70^{\circ})^2$ tasi past galaktik sohalarga to'g'ri keladi ($|b| > 30$). ILMT teleskopi osmon sohalarining tasvirlarini har tunda SDSS filtrlarida oladi. Osmonning bir xil sohalarini sistematik rejimda olib boriladigan kuzatuvlardan ko'p sonli tavirlar olinadi. Ulardan foydalanib, quyidagilarni qilsa bo'ladi:

- Tasvirlarni bir biriga qo'shish natijasida, ulardagi signalni shovqinga nisbatini ko'tarsa bo'ladi va shu bilan uzoq vaqtli kuzatishlarni modellashtirsa bo'ladi. Bu xira obyektlarni topishga imkon beradi.
- Yoki tasvirlarni bir-biridan ayirish yo'li bilan o'zgaruvchan obyektlarning qoldiqlarini aniqlasa bo'ladi va ular orqali obyektlarning fotometrik va astrometrik o'zgaruvchanligi topiladi.

Sanab o'tilgan ishlarning namunasi sifatida [9,10] maqolalarni ko'rsatsa bo'ladi. Unda fotometrik o'zgaruvchan obyektlarning tabiati o'rganilgan edi. Osmon sferasining ko'rsatilgan sohasidagi obyektlarning o'zgaruvchanligini tadqiqot qilish ILMT dasturning asosiy maqsadi hisoblanadi.

Qator ishlarda [4,5,7,8] SKT teleskoplarining ilmiy imkoniyatlari tahlil etilgan. SKT yagona chegirmasi - u faqat zenitni kuzatish mumkinligini - statistik kosmologik tadqiqotlarni olib borishda foydalansa bo'ladi. Ma'lumki, Koinot katta masshtablarda bir jinsli va izotrop, demak kuzutavlarda yo'nalish ahamiyatga

ega emas, chunki teleskop baland galaktik kenglamalarni kuzatishi mumkin. Demak, bu teleskop yordamida qator kuzatuv loyihalarini olib borsa bo'ladi:

- O'zgaruvchan bo'lgan kvazarlarni topish va ularni fotometrik tadqiqot etish;
- Karrali tasvirlarga ega bo'lgan gravitatsion linzalangan sistemalarni topish va kuzatish;
- Ia turidagi o'ta yangilarni topish va fotometrik kuzatuvlarini olib borish;
- Galaktikaning mikrolinzalarini o'rganish;
- Katta xususiy harakatga ega bo'lgan obyektlarni topish;
- Tasirlarni bir biriga qo'shish orqali yangi xira obyektlarni topish va boshqalar.

ILMT loyihasining eng asosiy maqsadlari bu gravitatsion linzalangan sistemalarni va Ia turidagi o'ta yangi yulduzlarni topish va tadqiq etishdan iborat. Bu obyektlar kosmologik parametrlarni, shu jumladan, Habbli doimiysini aniqlashda katta rol o'ynashadi. Buning ustiga o'ta yangi yulduzlar Koinotda masofa indikator sifatida ham ishlatiladi.

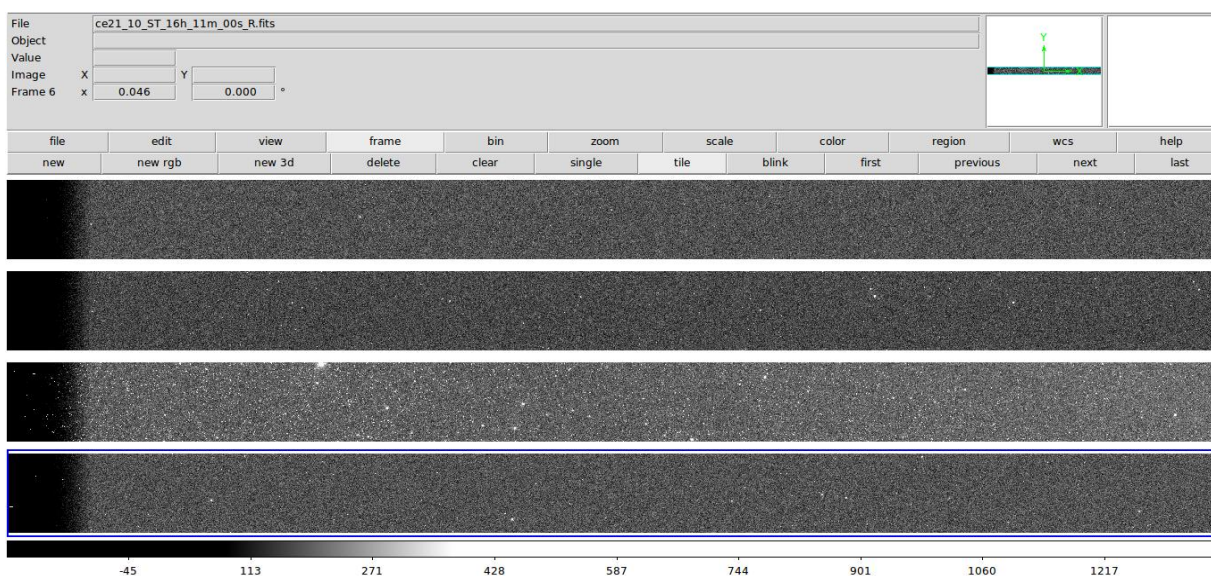
2 – BOB. OSMONNING TANLANGAN MAYDON TASVIRLARINING FOTOMETRIYASI VA TAHLILI

§ 2.1. Osmonning tanlangan maydonlari ZAQ tasvirlarining birlamchi tahlili

Tez fotometrik dasturi. ILMT teleskopi osmon fonining eni 0.5 gradus va uzunligi 24^h bo'lgan osmon sferasni tasmasining chuqur kuzatuvlarini olib borishga mo'ljallangan. Buning ustiga kuzatuvlar faqat zenit yo'nalishida olib boriladi. Nurlanish detektori sifatida kechikish vaqti bilan integrallash modasida ishlaydigan PZS qurilma qo'llaniladi.

Kuzatuvlar natijasida gorizontaal o'qi bo'yicha 30000 (M ta) piksel va vertikal o'qi bo'yicha 2048 (N ta) pikseldan iborat tasvirlar hosil bo'ladi. 10- rasmda shunday tasvirlarning namunasi ko'rsatilgan.

Demak kuzatuvlardan o'lchamlari M x N bo'lgan tasvirlar olinadi. Bu kadrlar osmonning tanlangan maydonining tasviridir. Nur qabul qilgichi shunday moslashtirilganki, uning vertikal o'qi tasvirlarda ekvatorial koordinatasining og'masi - δ ga to'g'ri keladi, kadrda gori zontaal o'qi esa ekvatorial sistemasining to'g'ri chiqish - α ga to'g'ri keladi.



10 - rasm. Kechikish vaqti bilan olingan rasvirlarning namunasi.

Shunda kadrning har bir elementi (i, j) ga osmondan tushgan nurlanishga va detector tomonidan qayd qilingan ma'lum qiymati $I(\alpha, \delta) = I(i, j)$ to'g'ri keladi.

11 - rasmda turli vaqtda olingan birlamchi tasvirlarning gorizontol va vertikal kesmalari ko'rsatilgan. Bu egri chiziqlarning barchasi berilgan o'qlar bo'yicha o'rtachalashtirish yo'li bilan olingan:

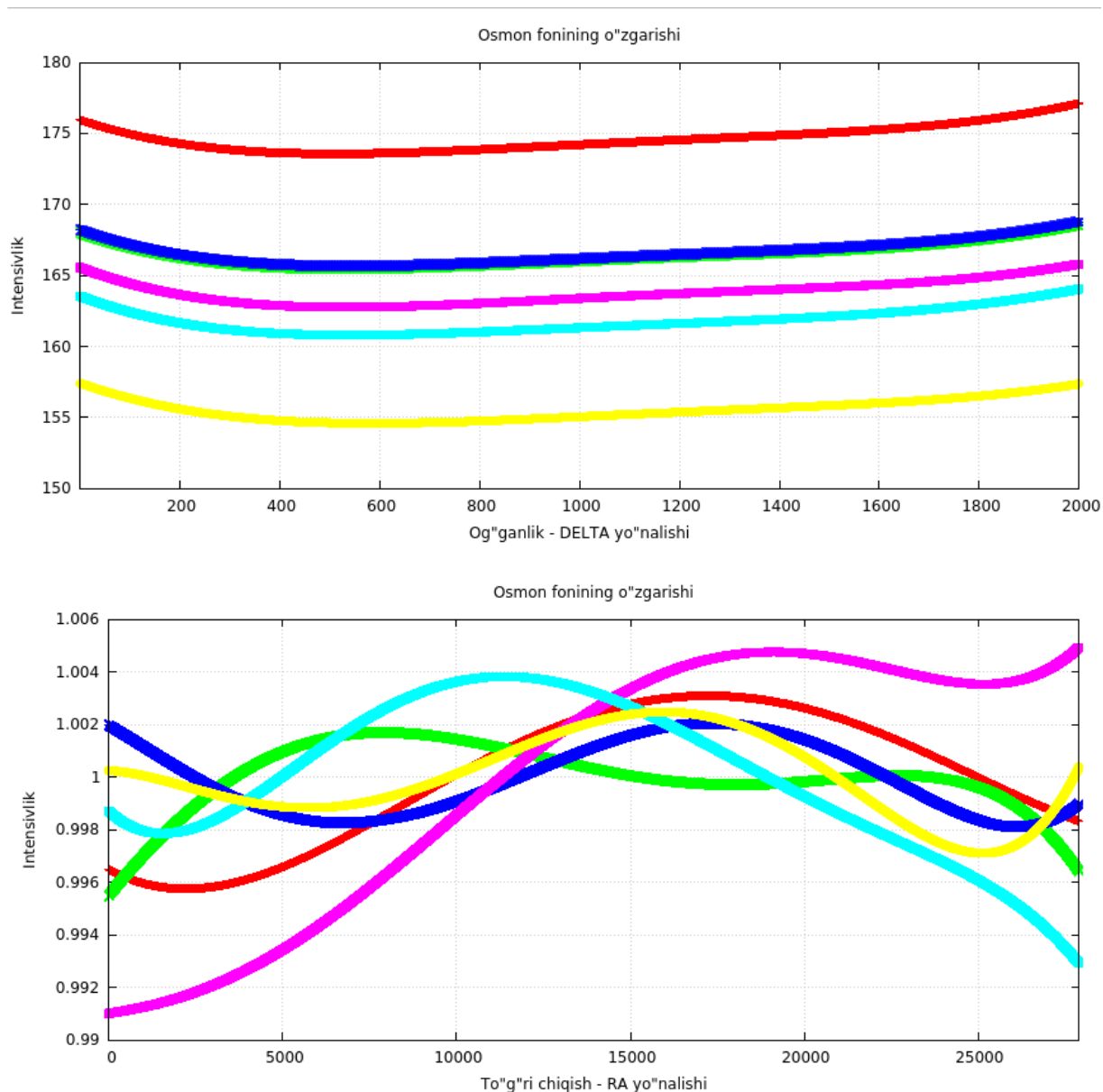
$$I(i') = \text{mean}[I(i_{\text{fixed}}, j)], I(j') = \text{mean}[I(i, j_{\text{fixed}})]$$

Tasvirlardagi osmon fonining bunday murakkab va qiziqarli o'zgarishlariga bir nechta omillar sabab bo'lishi mumkin - masalan oyning kuchli ravshanligi, osmon fonining vaqt va fazo bo'yicha notekisligi, PZS detektorining hususiyatlari va boshqalar. PZS kechikish vaqti bilan integrallash modasida ishlaganida bu sabablarga ko'ra, notekis osmon fonini beradi. Klassik PZS tasvirlarida osmon foni oddiy usul bilan bartaraf etiladi - matritsa yuzasi bo'yicha uning o'rtacha qiymati topiladi va tasvirdan oddiy holda ayrib tashlanadi. Kechikish vaqti bilan olingan tasvirlarda bu usul qo'l kelmaydi. 11 - rasmdan ko'rinib turibdiki, osmon foni boshqalarga qaraganda murakkab o'zgaruvchan funkciyaga ega va uning o'rtacha qiymatini ayrib tashlanishi xech qanaqa ma'noli natijalarga olib kelmaydi.

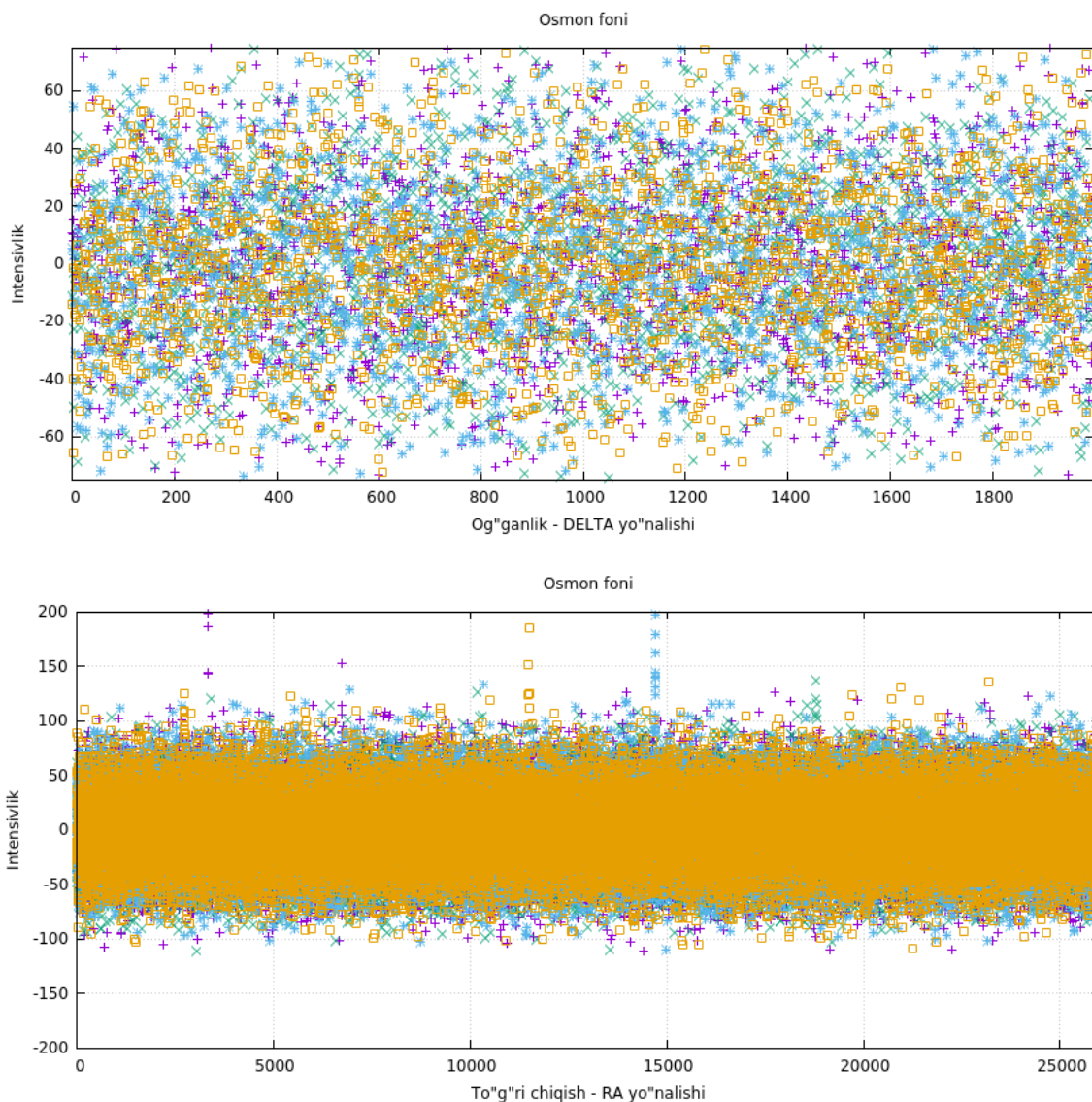
Bu muammoni yechish uchun qadamma - qadam algoritmi ishlab chiqilgan. Bu usul osmon fonini iloji boricha aniq ravishda inobatga olishga imkon beradi. Shunda biz osmon fonining lokal sohalaridagi qiymatlarini va o'zgarishlarini inobatga olgan bo'lamiz:

1. Boshlang'ich tasvirda vertikal (og'ma) o'qi bo'yicha har bir satrdagi $I(i, j)$ piksellarni o'zgartirish orqali o'lchami N ta piksellardan iborat vertikal matritsa $I(i')$ ko'rinishidagi osmon fonining o'zgarish egri chizig'ini olamiz.
2. Boshlang'ich tasvirning har bir ustunini mos holda elementlar bo'yicha $I(i')$ ga bo'lamiz va normallashtirilgan $I'(i, j)$ tasvirga ega bo'lamiz.
3. Piksellardagi intensivliklari $I'(i, j)$ bo'lgan yangi tasvirda endi to'g'ri

chiqish (α) koordinatasi bo'yicha $I(j')$ - osmon fonining o'zgarish egri chizig'ini olamiz. Bu egri chiziq endi har bir ustundagi $I(i, j)$ piksellarning o'rtachalashtirilgan qiymatlaridan iborat bo'lib, M pikseli o'lchamda va gorizontaal shakliga ega.



11-rasm. Bitta kuzatuv kechasi davomida olingan birlamchi kuzatuv tasvirlarining kesmalari. Tepada: DEC - og'ish (vertikal) o'qi bo'yicha intensivlik o'zgarishi. Pastda: RA – to'g'ri chiqish vaqt (gorizontaal) o'qi bo'yicha intensivlik o'zgarishi. Intensivlik qayd etilgan fotoelektronlar birligida berilgan, o'qlar pikselarda.

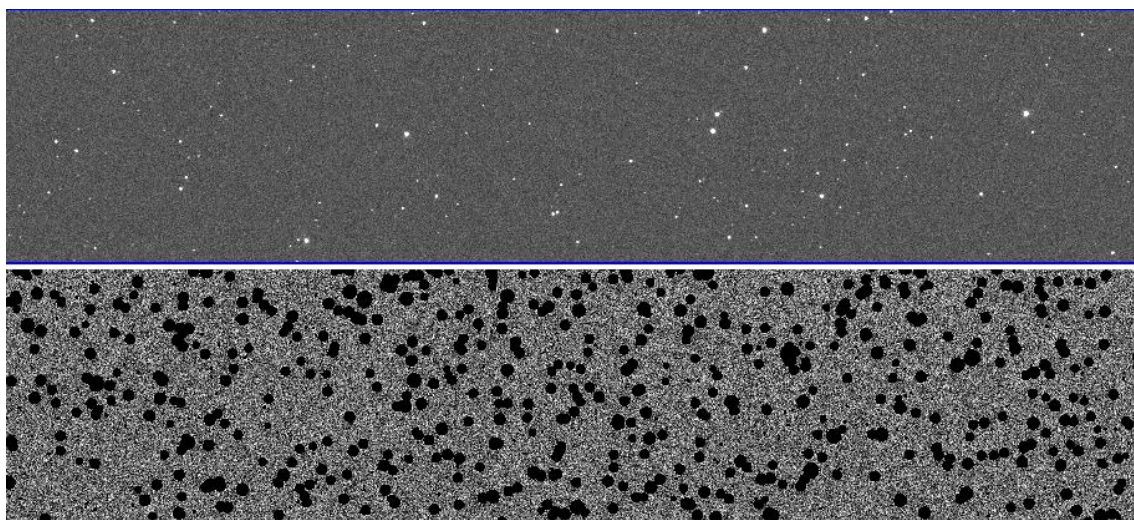


12 -rasm. Osmon foni ayrilib tashlangan tasvirlarning kesmalari. Tepada: vertikal (og'ish) o'qi bo'yicha intensivlik o'zgarishi. O'ngda: gorizonttal (to'g'ri chiqish vaqt) o'qi bo'yicha intensivlik o'zgarishi. Intensivlik qayd etilgan fotoelektronlar birligida berilgan, o'qlar pikselarda.

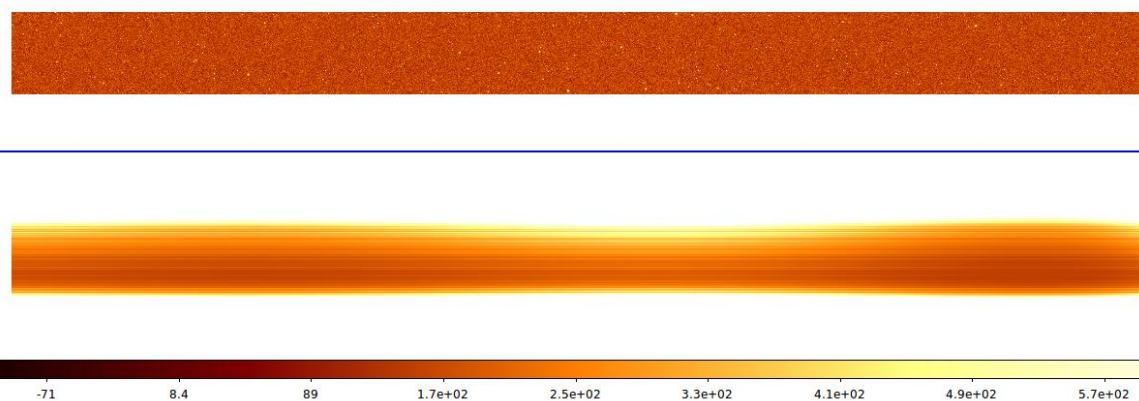
1. 1- va 3- punktlarda statistik tahlildan piksellarning qiymatlari $I(i, j) = I(i', j) \pm 3\sigma$ qiymatdan katta bo'lganlarni olib tashlash kerak. Bu yerda $I(i', j)$ – kadr bo'yicha intensivlikning o'rtacha qiymati, σ – o'rta kvadratik og'ma. Bunday piksellarning mavjudligi kadrlarda o'rta ravshan obyektlarning mavjudligi bilan bog'liq. Ular o'rtachalashtirilgan $I(i')$ va $I(j')$

matritsalarining xato qiymatlariga olib keladi. Ular yuqorida aytilgan piksellarning to'yinganligidan kelib chiqadi.

2. $I(j')$ vektorini polynomial moslashtirish va o'rtachalashtirish yo'li bilan yangi sillig'lashtirilgan $I(j'')$ vektorini qo'lga kiritamiz.
3. Endi $I(i')$ va $I(j'')$ vektorlarini o'zaro ko'paytirish orqali $M \times N$ o'lchamlariga ega bo'lgan yangi ikki o'lchamli $I'(i, j)$ tasvirni hosil qilamiz. Bu bizda osmon fonining yuza bo'yicha umumiy o'zgarishini ifodalaydi.
4. $I'(i, j)$ matritsani $I(i, j)$ matritsadan elementlar bo'yicha ayirib tashlaymiz. Natijada osmon fonidan ayirilgan keng maydonning tasviri qo'limizda bo'ladi. Shunda osmon fonining local o'zgarishlari ham inobatga olingan bo'ladi.



13-rasm. Yorqin yulduzlarning maskasi



14 - rasm. Osmon fonini hisoblash namunasi.

Bu usul va ishlab chiqilgan kompyuter dasturi yordamida 2015-yilning 16-may va 24-may kunlarida olingan 27 ta tasvir tahlil etildi. 12-rasmda tahlil etilgan tasvirlarning o'rtachalashtirilgan kesmalarining namunalari ko'rsatilgan. 12-rasmdagi egrilardan farqi shundan iboratki, ular endi nol atrofida taqsimlangan bo'lib, o'qlar bo'ylab o'zgarishmayapti. Osmon fonini hisoblash paytida yorqin yulduzlarni ta'sirini minimallashtirish maqsadida ularning maskalari ham tayyorlanadi (13-rasm).

Osmon fonidan tozalangan tasvirlar (14-rasm) keyingi bosqichda ishlatiladi, ya'ni ularda qayd etilgan obektlarning astrometrik va fotometrik tahlilini o'tkazishga tayyor.

Tez fotometrik dastur. Raqamli tasvirlarda qayd etilgan obyektlarni tez va katta ishonarlilik bilan fotometriyasini o'tkazish va ularning kadrda koordinatalarini aniqlash uchun ko'p sonli kompyuter dasturlari ishlab chiqilgan: IRAF, IDL, FINDSTARS va boshqalar. Biz bu ishda astronomlar orasida keng qo'llaniladigan Source Extractor (SE) dasturidan foydalanamiz. U tadqiqotchilarga ko'p va ishlatilishi qulay bo'lgan imkoniyatlarni beradi.

SE dasturi raqamli rasvirlardagi obyektlarni avtomatik ravishda qayd etish va fotomeriyalashga mo'ljallangan. SE dasturida ham kuchli, ham kuchsiz tomonlari mavjud. Agarda uning afzalliklarida to'xtasak, unda quyidagilarni aytishimiz kerak bo'ladi:

1. Tezlik. SE fotometriyani katta maydonlarda ham o'ta tezlik bilan bajaradi;
2. Katta hajmga ega bo'lgan fayllarni ham tahlil eta oladi;
3. U har qanaqa fits fayllari bilan ishlaydi. PZSdan yoki plastinkalarni skanerlashdan olinganmi - farqi unga yo'q;
4. Standartga mos fotometriyalarni bajaradi;
5. Ishonalilik;
6. Tahlil etish jarayonini va natijalarni boshqarish mumkin;
7. Chiqish parametrlari va uning tartibi tadqiqotchi tomonidan belgilanadi;

8. Chiqish tasvirlarda qo'llanilgan aperturalar, belgilar va boshqalar qayd etilishi mumkin;

9. Bir tasvirda manbalarni aniqlab, ularni boshqa tasvirlarda fotometrik va astrometrik o'lchashlarini olib borish mumkin;

10. Galaktikalarning profillari qayta tiklanishi mumkin.

Shu bilan birga SE ning ham bir qancha kamchiliklari mavjud. Ushbu dasturning maqsadi tezlik bo'lganligi sababli, uning aniqlik darajasida bir oz kamchiliklar bor:

- U faqat berilgan parametrlar bilan ishlaydi;
- Parametrlarni aniqlashda va natijalarni tahlil etishda qo'l ishi talab etiladi;
- Chegaralangan aniqlik;
- Obyektlarning tasniflari chegaralangan;
- Zich maydonlarda fotometriya bajarilishi cheklangan;
- Obyektlarning qanotlarida fotometrik o'lchashlar ancha katta xatoliklar bilan bajariladi.

Ammo bu kamchiliklar oldimizga qo'yilgan vazifalarga katta ta'sir o'tkazmaganligi sababli, biz bu dasturdan foydalandik. SE dasturi qadamma-qadam ishlaydi. U birinchi navbatda osmon fonini belgilaydi va osmon foniga va obyektlarga tegishli piksellarni qayd etadi. Keyin u osmon foniga tegishli bo'lmagan piksellarni ajratib olib, undagi obyektlarning tasniflarini aniqlaydi va tekst ko'rinishidagi chiquvchi katalogga yozadi. Obyektlarga tegishli piksellar berilgan chegaradan yuqori bo'lsagina aniqlanadi.

Osmon fonining xaritasini tuzish uchun SE dasturi birinchi navbatda barcha piksellarni ko'rib chiqib, matritsaning lokal guruhlarini (ular oldindan matritsani bo'lish orqali topiladi) uchun mahalliy fonning qiymatlarini topadi. Osmon fonini topishda kesish va moda orqali aniqlash usullarining kombinatsiyasidir. Qisqacha qilib aytganda, fonning lokal qiymatlari gistogrammalari iterativ yo'li bilan atrofida mediana orqali topiladi. Agarda iterativ jarayoni davomida 20% dan kam

o'zgarsa, unda hisob-kitoblar to'xtatilib, lokal sohadagi mediana qiymati fonning asli qiymati sifatida qabul qilinadi. Boshqa holda modaning qiymati qidiriladi:

$$Moda = 2.5 * Mediana - 1.5 * O'rta .$$

Bu odatda ishlatiladigan

$$Moda = 3 * Mediana - 2 * O'rta$$

formuladan farqlanadi.

Ammo birinchi formula sigma-kesish usullarida yaxshi ishlashi aniqlandi. Osmon fonidan tozalangan tasvirlarni endi fotometrik va astrometrik hisob-kitoblarini bajarish kerak.

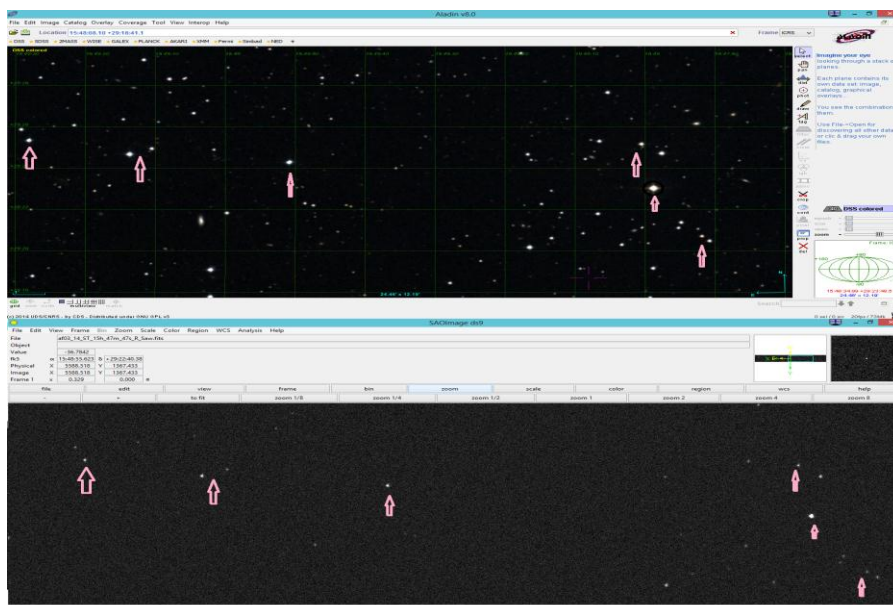
§ 2.2. Fotometrik va astrometrik tahlil etish natijalari

Bu paragrafda biz fotometrik va astrometrik tahlilimiz natijalarini beramiz. Astrometrik tahlil etish, yana boshqacha qilib, kalibrovka debiladi. Bunda ihtiyoriy tasvirlarda kuzatuv vaqti uchun ma'lum bo'lgan to'g'ri chiqish RA_T va og'ganlik DEC_T asosida kataloglardagi RA_{2000} va DEC_{2000} koordinatalarga o'tish koeffitsiyetlarni topishni tushunamiz.

Tasvirlarda qayd etilgan obyektlarning to'g'ri chiqishi RA_T va og'ganligi DEC_T ni topish uchun bizga tasvirning birinchi ustunidagi yulduz vaqti ST va teleskop joylashgan joyning geografik kenglamasi φ ma'lum bo'lishi kerak. Yulduz vaqti ST kuzatuv paytida doimo qayd etib borilgan va tasvirlarning nomida yozilgan. Observatoriyaning geografik kenglamasi $29^{\circ}21'42''$ ga teng. Teleskop zenitga qarab turganini inobatga olsak, observatoriyaning kenglamasi kuzatuv nuqtasining og'ganligiga teng deb olishimiz mumkin, ya'ni: $\varphi = \delta_{markaz} = 31.3617^{\circ}$ deb yozishimiz mumkin. Ikkinchidan, bizga tasvirlarda qayd etilgan obyektlarning X va Y koordinatalari kerak bo'ladi. Ularni biz Source Extactor dasturidan foydalanib olamiz:

$$RA_T = ST + X * pix_X$$

$$DEC_T = \delta_{markkaz} + (1024 - Y) * pix_Y$$



15-rasm. Kuzatuvlarda qayd etilgan obyektning ALADIN katalogdagi obyektlar bilan solishtirish misoli.

Bu yo'l bilan olgan natijalarimizni katalogda keltirilgan koordinatalari bilan solishtirish uchun biz ALADIN dasturidan foydalandik. Bu katalogda oxirgi yillarda qo'lga kiritilgan astrometrik va fotometrik ma'lumotlar jamlangan (15-rasm).

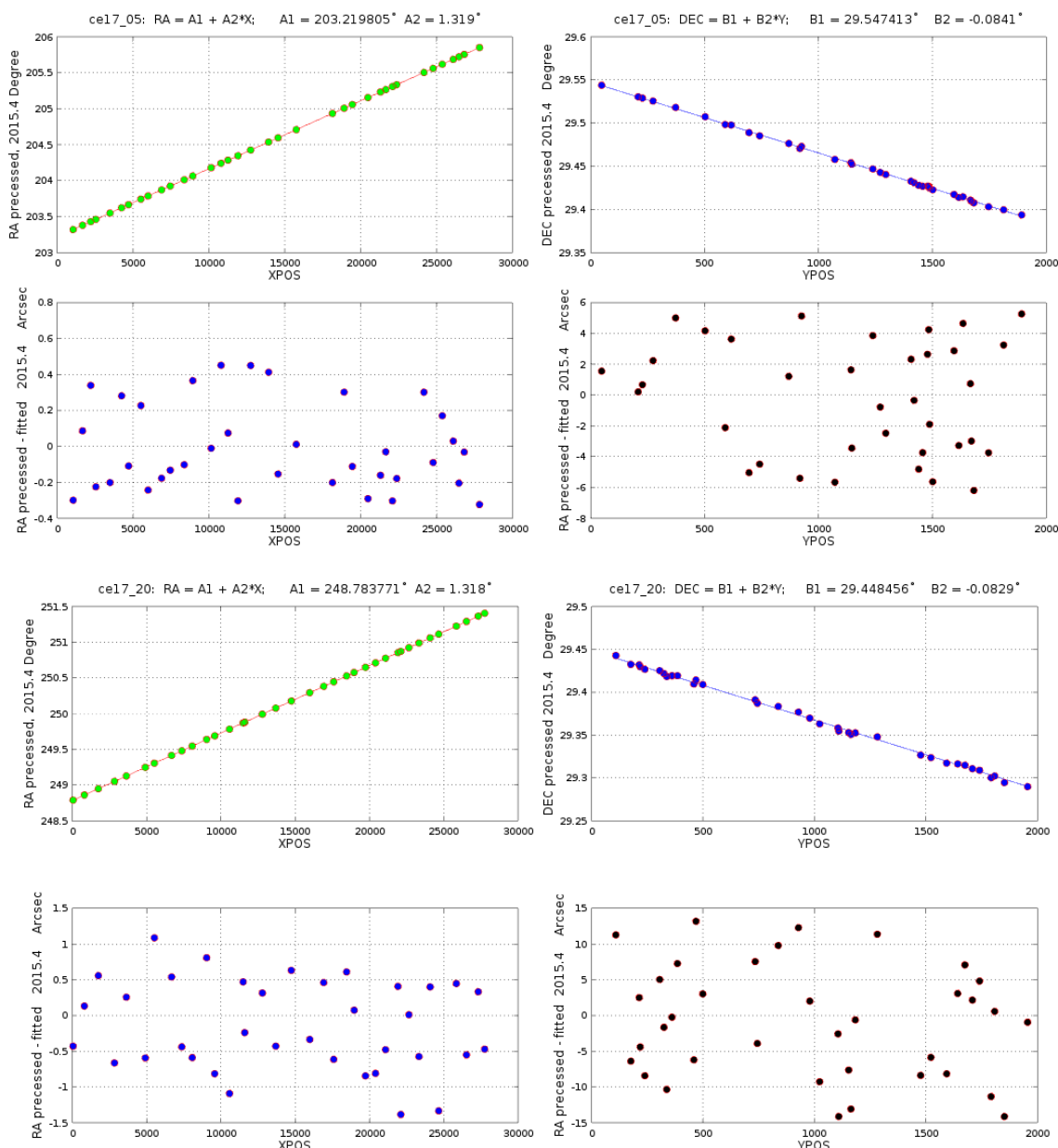
Biz bunda har bir tasvirda bir nechta nizbatan yorqin yulduzlarning koordinatalarini bir-biri bilan solishtirdik. Bunday solishtirishda biz GAIA hamda SDSS-DR9 kataloglardagi ma'lumotlardan foydalandik.

Shunda pix_X va pix_Y kattaliklari uchun $0.365''/\text{pixel}$ qiymatini qo'ydik. Berilgan vaqtdan kataloglarda keltirilgan 2000 yiliga o'tish uchun biz sodda ko'rinishdagi pretsessiya formulasidan foydalandik:

$$RA_{2000} = RA_T + (3.075^S + 1.336^S \sin RA_T \tan DEC_T) * (2000 - T)$$

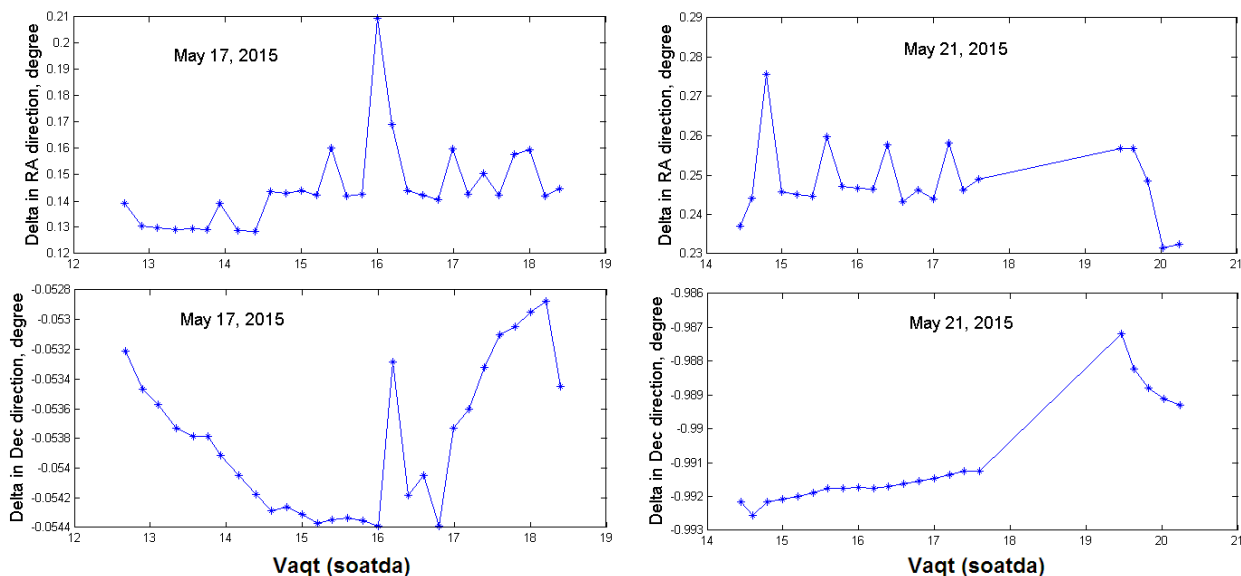
$$DEC_{2000} = DEC_T + 20.043'' \cos DEC_T * (2000 - T) .$$

Endi bu formuladan hisoblangan RA_{2000} va DEC_{2000} larni katalogdagi α_{00} va δ_{00} bilan solishtirdik va ular orasidagi ayirmani 16-rasm (tepa qismi)da ko'rsatdik. Ko'rib turganimizdek, natija qoniqarli emas. Aslida bu ayirma chiziq tekis bo'lib, 0 atrofida bo'lishi kerak. Demak, RA_{2000} va DEC_{2000} hisoblashda qo'llanilgan piksellarning masshtabi doimiy emas ekan. Buni e'tiborga olsak, 16-rasm (quyi qismi) dagi ayirma kelib chiqadi.



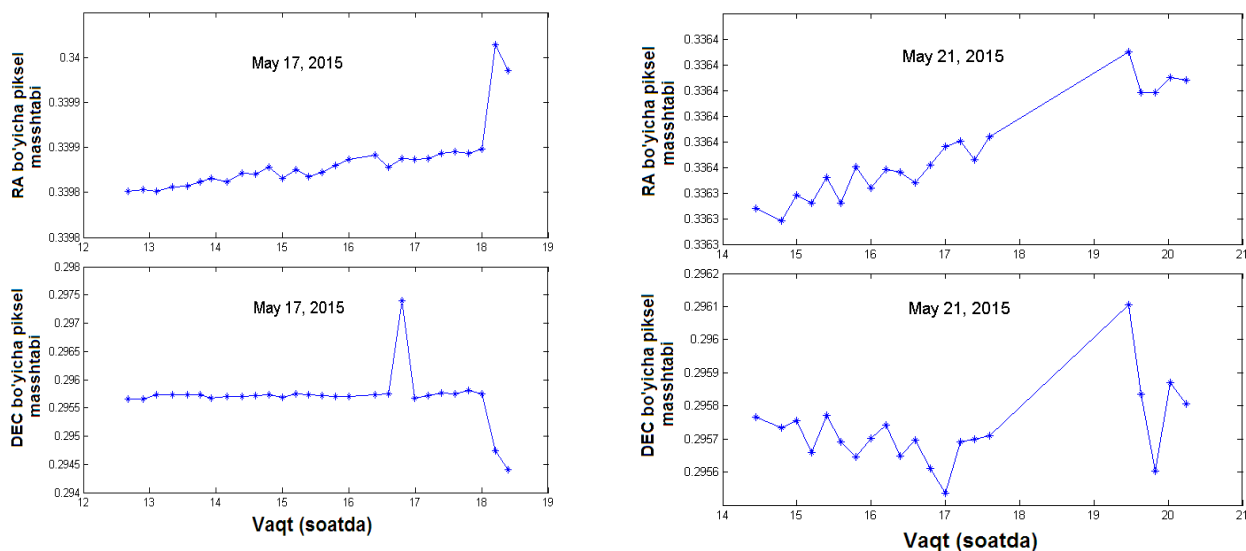
16-rasm. Ikkita tasvir uchun $RA_{2000} - \alpha_{00}$ va $DEC_{2000} - \delta_{00}$ ayirmalarining namunalari. Tepada qismlarida – piksel masshtabi aniq 0.365'' ga teng deb olingan holatlar, pastki qismlari – bu kattalik har bir tasvirga alohida topilgan holdagi ayirmalar.

Piksel masshtabini topish uchun biz ‘Oltin Kesim’ [11] usulidan foydalandik. Shunda piksellarning masshtabi vaqt davomida o’zgarishi ham aniqlandi (17-rasm).



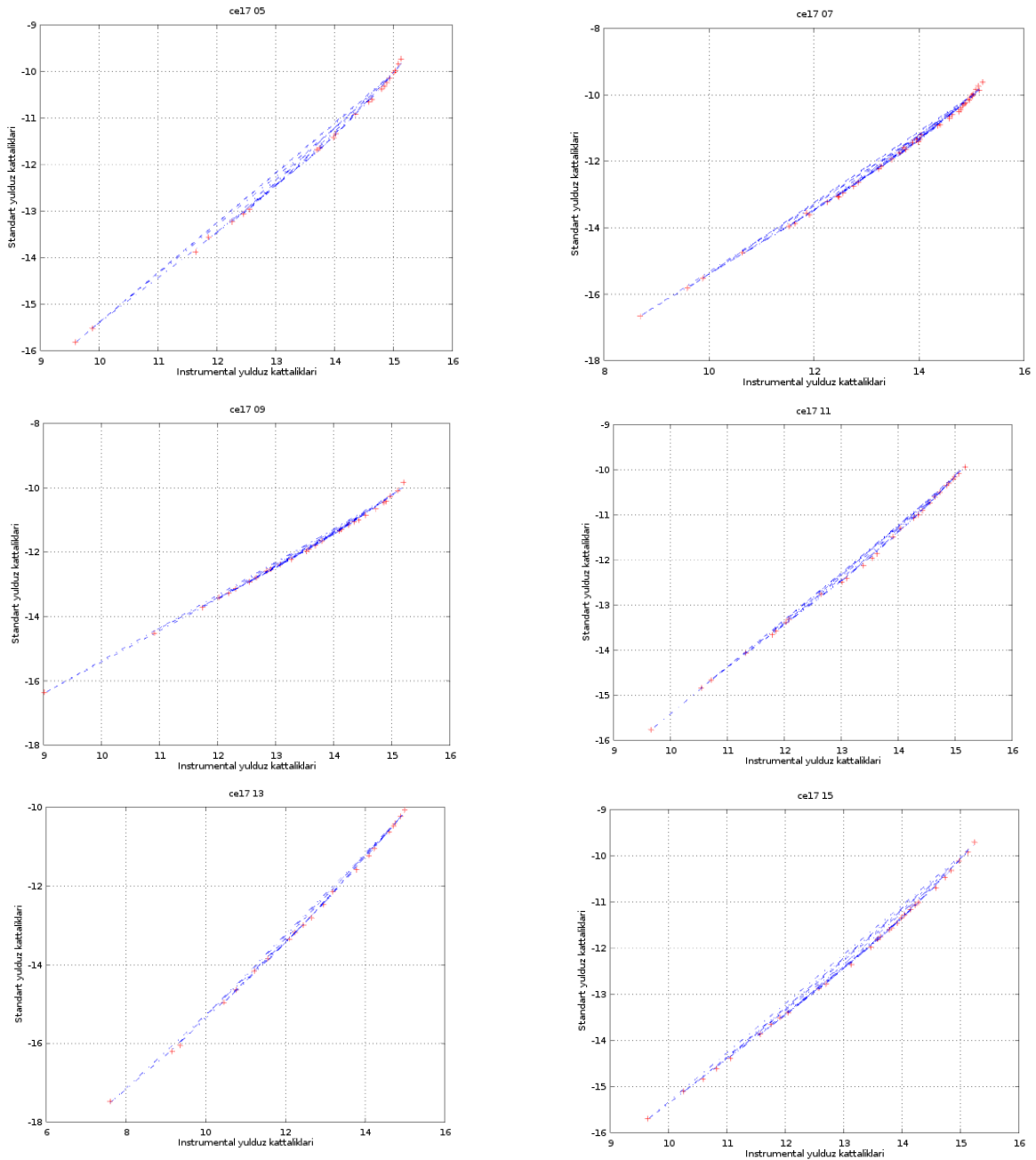
17-rasm. Tasvirlardagi piksellarning masshtabi 2015 yil 17- va 21- may kunlaridagi o’zgarishlari

Bu rasmda piksel masshtabining vaqt bo’yicha o’zgarishini ko’rishimiz mumkin. Tepasida X o’qi bo’yicha, pastdagida Y o’qi bo’yicha o’zgarishlar ko’rinyapti. Masshtab vaqtga bog’langan holda o’zgaryapti deyishimiz mumkin. Buni 18-rasmdagi grafiklar tasdiqlaydi.



18-rasm. RA (X) o’qi bo’yicha o’zgarishi alohida 2ta kuzatuv kuni uchun.

18-rasmda RA (X) o'qi bo'yicha o'zgarishi alohida 2ta kuzatuv kuni uchun berilgan. Ko'rishimiz mumkinki, vaqt oshgani sari, piksellarning masshtabi ham oshyapti. Buni yon atrof-muhit harorati hamda unga bog'liq teleskopning asosiy ko'zgusi harorati o'zgarishi bilan tushuntiriladi. O'zgarishlar amplitudasi taxminan 10^{-4} , tashkil etadi.

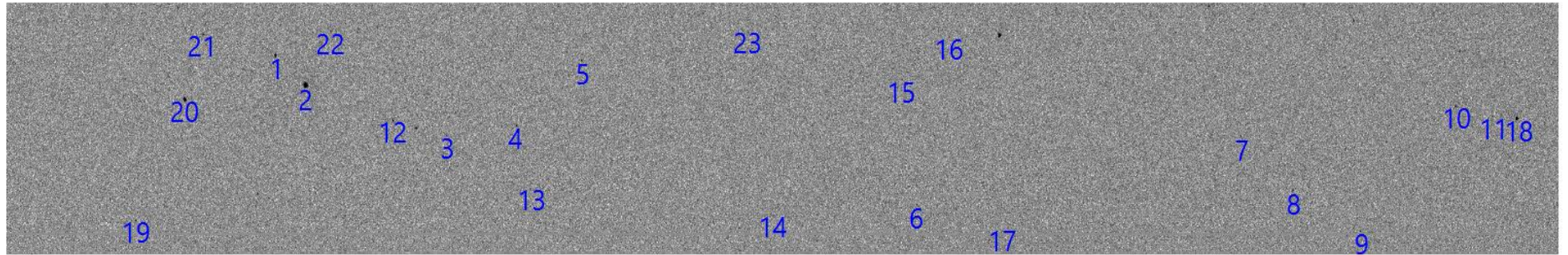


19-rasm. SDSS-DR9 katalog va instrumental yulduz kattaligi solishtirilishi natijasida fotometrik tayanch yulduzlar aniqlandi.

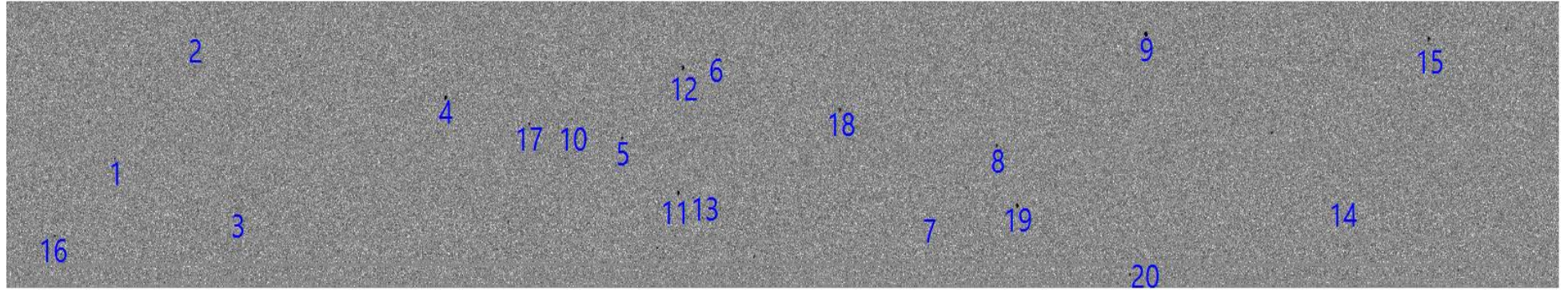
Endi fotometrik tayanch yulduzlarni topishimiz mumkin. Bunda biz SDSS katalogidagi yulduz kattaliklarini bizdagi tasvirlarda qayd etilgan yulduzlarning instrumental ravshanliklari bilan solishtirdik (19-rasm). Buning usuli [12] ishda batafsil yoritilgan. Bu usulni endi biz o'zimizning tasvirlarimizga ko'lladik. Shunda 19-rasm va quyidagi jadvallardagi natijaga ega bo'ldik.

19-rasmda keltirilgan grafiklarda aynan diagonal chiziqda, boshqacha qilib aytganda, "bosh ketma-ketligida" yotgan yulduzlar fotometrik tayanch yulduzlar deb hisoblanadi. Shu usul bilan biz 2015 yilning 17-may kunida osmonning 6ta tasvirlari uchun fotometrik tayanch yulduzlarni R filtr uchun aniqladik. Bularni quyidagi jadvallar ko'rinishida berishimiz mumkin.

CE17_05

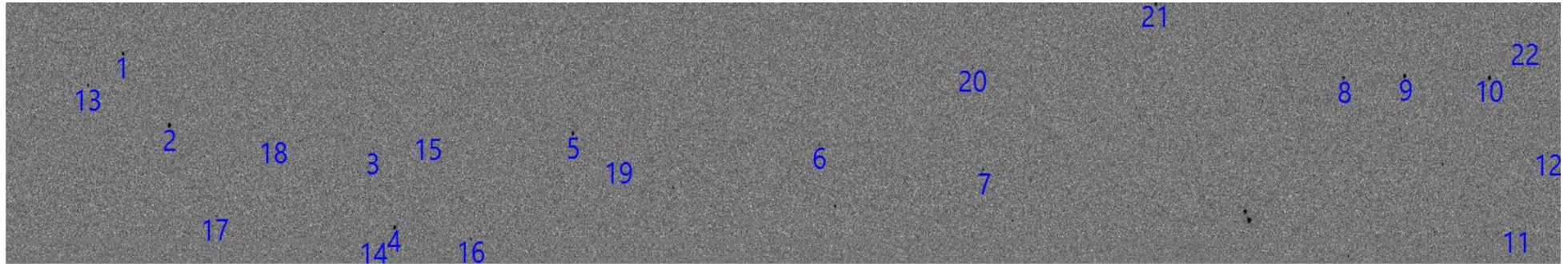


No	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ °:':"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237662752866435133	220.239301	14 40 57.4	29.372955	29 22 22.6	13.367	0.003	12.633	0.002	12.538	0.002
2	1237665128020312087	220.265252	14 41 3.7	29.392707	29 23 33.7	9.946	0.001	9.021	0.001	8.688	0.001
3	1237662752866500740	220.385391	14 41 32.5	29.425682	29 25 32.5	16.215	0.003	14.804	0.003	13.872	0.003
4	1237662752866500767	220.444524	14 41 46.7	29.419711	29 25 11.0	16.306	0.003	14.892	0.003	13.942	0.003
5	1237662752866566239	220.499290	14 41 59.8	29.376085	29 22 33.9	16.118	0.003	14.939	0.003	14.427	0.003
6	1237665102213546212	220.784398	14 43 8.3	29.472039	29 28 19.3	16.758	0.004	15.494	0.004	14.940	0.004
7	1237665102213677086	221.059551	14 44 14.3	29.426297	29 25 34.7	15.773	0.004	14.886	0.004	14.581	0.004
8	1237665102213677103	221.104117	14 44 25.0	29.462284	29 27 44.2	15.013	0.007	13.217	0.002	12.906	0.002
9	1237662753403633773	221.161380	14 44 38.7	29.489589	29 29 22.5	15.405	0.003	14.313	0.003	13.993	0.003
10	1237665102213742625	221.241831	14 44 58.0	29.406306	29 24 22.7	15.997	0.007	16.054	0.017	13.509	0.004
11	1237665102213742675	221.273416	14 45 5.6	29.412546	29 24 45.2	15.630	0.004	15.187	0.004	15.108	0.004
12	1237662752866500636	220.339474	14 41 21.5	29.416226	29 24 58.4	14.082	0.002	13.746	0.003	13.627	0.003
13	1237665128020377612	220.455952	14 41 49.4	29.461916	29 27 42.9	16.251	0.004	15.503	0.004	15.263	0.004
14	1237665102213546005	220.662637	14 42 39.0	29.479428	29 28 45.9	15.246	0.003	14.852	0.004	14.736	0.004
15	1237665102213546048	220.771484	14 43 5.2	29.388418	29 23 18.3	16.014	0.004	15.495	0.004	15.332	0.004
16	1237665128020508688	220.811750	14 43 14.8	29.359919	29 21 35.7	15.539	0.004	15.111	0.004	14.958	0.004
17	1237665102213611530	220.846023	14 43 23.0	29.495841	29 29 45.0	15.438	0.004	14.824	0.004	14.602	0.004
18	1237665102213742679	221.294101	14 45 10.6	29.413911	29 24 50.1	12.689	0.001	11.774	0.001	11.437	0.001
19	1237662752866369584	220.121215	14 40 29.1	29.483199	29 28 59.5	14.574	0.003	13.916	0.003	13.717	0.003
20	1237662752866435088	220.162592	14 40 39.0	29.402202	29 24 7.9	11.950	0.001	11.606	0.001	11.523	0.001
21	1237662752866435112	220.177891	14 40 42.7	29.358734	29 21 31.4	14.349	0.003	13.572	0.003	13.276	0.003
22	1237665128020312147	220.286560	14 41 8.8	29.356677	29 21 24.0	15.295	0.004	14.648	0.004	14.401	0.004
23	1237662752866631690	220.640604	14 42 33.7	29.356791	29 21 24.4	15.577	0.003	15.152	0.003	15.014	0.003



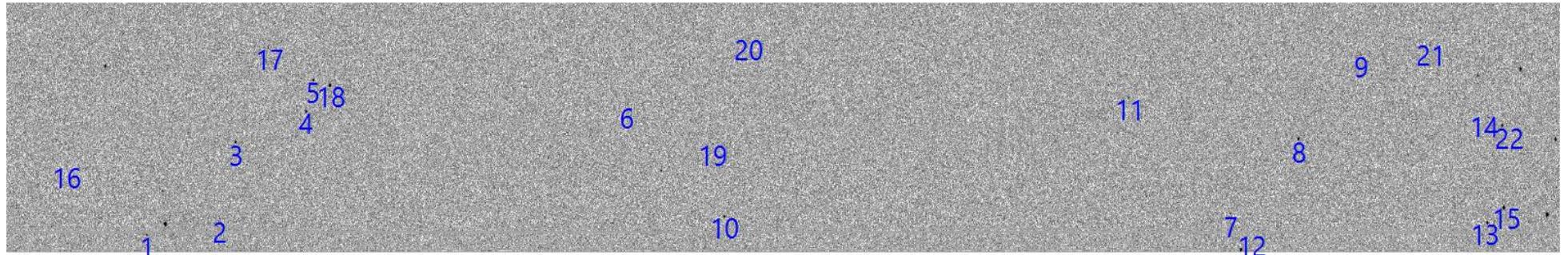
No	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ °:':"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237662753403895813	221.789601	14 47 9.5	29.428468	29 25 42.5	14.761	0.003	14.225	0.003	14.081	0.003
2	1237662753403895839	221.858193	14 47 26.0	29.355565	29 21 20.0	14.768	0.003	14.351	0.003	14.201	0.003
3	1237662753403895836	221.895173	14 47 34.8	29.456914	29 27 24.9	16.076	0.003	14.920	0.003	14.507	0.003
4	1237662753403961374	222.070792	14 48 17.0	29.392602	29 23 33.4	12.825	0.002	12.020	0.001	11.803	0.001
5	1237665102750941290	222.220956	14 48 53.0	29.416146	29 24 58.1	15.289	0.006	13.225	0.002	12.641	0.001
6	1237665102751006762	222.301741	14 49 12.4	29.366942	29 22 1.0	16.232	0.004	15.193	0.004	14.760	0.004
7	1237665102751072266	222.482729	14 49 55.9	29.461527	29 27 41.5	15.870	0.004	15.327	0.004	15.158	0.004
8	1237665102751072300	222.539433	14 50 9.5	29.420342	29 25 13.2	13.653	0.002	13.002	0.002	12.775	0.001
9	1237665102751137838	222.665815	14 50 39.8	29.354972	29 21 17.9	11.577	0.001	10.969	0.001	10.759	0.001
10	1237665102750941261	222.178325	14 48 42.8	29.404967	29 24 17.9	14.662	0.004	14.626	0.012	15.962	0.014
11	1237665102750941323	222.268834	14 49 4.5	29.448332	29 26 54.0	11.868	0.001	11.407	0.001	11.295	0.001
12	1237665102751006740	222.272418	14 49 5.4	29.374832	29 22 29.4	13.024	0.001	12.432	0.001	12.236	0.001
13	1237665102751006736	222.286576	14 49 8.8	29.448119	29 26 53.2	15.312	0.003	14.843	0.004	14.724	0.004
14	1237662753941094463	222.834034	14 51 20.2	29.448287	29 26 53.8	14.894	0.003	14.272	0.003	14.036	0.003
15	1237665102751203361	222.906508	14 51 37.6	29.357421	29 21 26.7	12.340	0.001	12.048	0.001	11.945	0.001
16	1237665128557707274	221.738677	14 46 57.3	29.474116	29 28 26.8	14.479	0.004	14.621	0.012	14.008	0.001
17	1237665102750941235	222.141954	14 48 34.1	29.408158	29 24 29.4	15.687	0.012	13.470	0.003	13.262	0.001
18	1237665102751006778	222.406238	14 49 37.5	29.399497	29 23 58.2	12.939	0.001	12.505	0.001	12.334	0.001
19	1237665102751072309	222.557188	14 50 13.7	29.455421	29 27 19.5	12.291	0.001	11.654	0.001	11.445	0.001
20	1237662753941028891	222.652798	14 50 36.7	29.495790	29 29 44.8	14.317	0.003	14.351	0.008	13.761	0.003

CE17_09



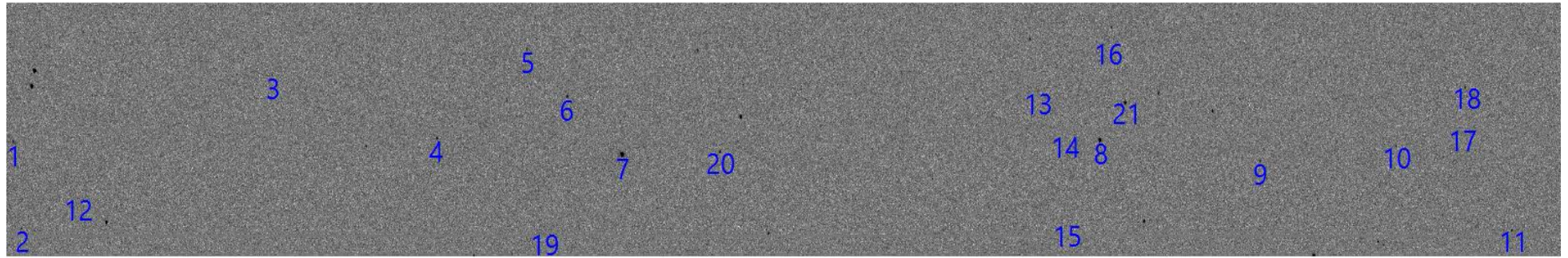
No	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ o.'"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237665129095037014	223.107329	14 52 25.8	29.367937	29 22 4.6	12.917	0.001	12.407	0.001	12.308	0.001
2	1237662753941225526	223.146797	14 52 35.2	29.414053	29 24 50.6	11.219	0.001	10.540	0.001	10.478	0.001
3	1237662753941291023	223.319785	14 53 16.7	29.428876	29 25 44.0	15.425	0.003	15.315	0.003	15.298	0.003
4	1237665103288205355	223.338596	14 53 21.3	29.479431	29 28 46.0	11.151	0.001	10.340	0.001	10.170	0.001
5	1237665103288270946	223.489535	14 53 57.5	29.418917	29 25 8.1	12.033	0.001	11.640	0.001	11.597	0.001
6	1237665103288336435	223.698740	14 54 47.7	29.425935	29 25 33.4	15.897	0.004	14.923	0.009	14.557	0.005
7	1237665103288401934	223.838149	14 55 21.2	29.442095	29 26 31.5	15.761	0.015	15.519	0.012	13.170	0.003
8	1237665103288533017	224.144180	14 56 34.6	29.382633	29 22 57.5	13.231	0.001	12.613	0.001	12.455	0.002
9	1237665103288533042	224.195994	14 56 47.0	29.381420	29 22 53.1	12.085	0.001	11.494	0.001	11.372	0.001
10	1237662695957594201	224.267958	14 57 4.3	29.382656	29 22 57.6	12.354	0.001	11.273	0.001	10.926	0.001
11	1237662754478489648	224.290855	14 57 9.8	29.479951	29 28 47.8	15.464	0.003	14.995	0.003	14.828	0.003
12	1237662695957594224	224.317282	14 57 16.1	29.430689	29 25 50.5	14.294	0.003	13.961	0.008	13.788	0.004
13	1237662753941225500	223.077574	14 52 18.6	29.388036	29 23 16.9	14.130	0.002	14.244	0.007	13.656	0.003
14	1237665103288205337	223.310926	14 53 14.6	29.496371	29 29 46.9	15.524	0.004	15.083	0.008	14.728	0.005
15	1237662753941291091	223.367153	14 53 28.1	29.420429	29 25 13.5	15.748	0.003	15.401	0.003	15.278	0.003
16	1237665103288270860	223.402738	14 53 36.7	29.477508	29 28 39.0	16.637	0.004	16.158	0.004	15.957	0.005
17	1237662753941225551	223.187081	14 52 44.9	29.472665	29 28 21.6	15.499	0.003	15.041	0.003	14.893	0.003
18	1237662753941291017	223.235261	14 52 56.5	29.422984	29 25 22.7	16.132	0.003	15.312	0.003	15.009	0.003
19	1237665103288270974	223.528135	14 54 6.8	29.435608	29 26 8.2	15.369	0.004	14.972	0.009	14.738	0.005
20	1237665103288401942	223.828924	14 55 18.9	29.376331	29 22 34.8	15.348	0.004	14.838	0.009	14.533	0.005

CE17_11



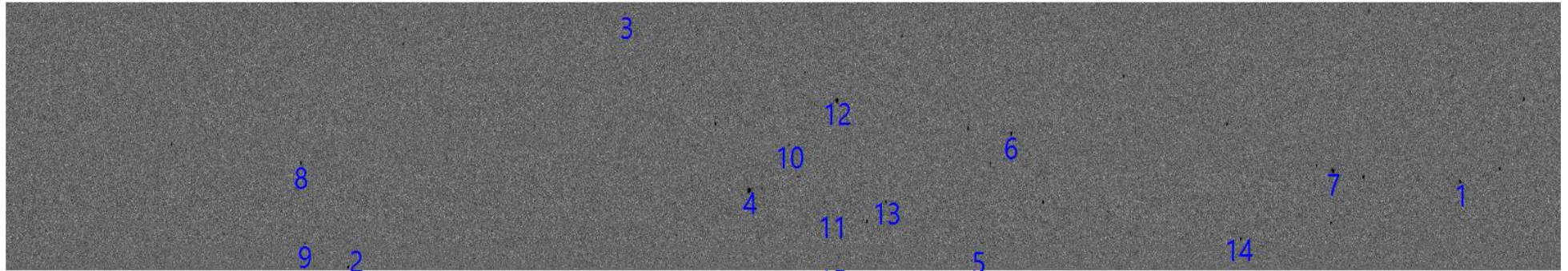
No	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ °:':"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237664852037468182	224.817033	14 59 16.1	29.489995	29 29 24.0	14.725	0.004	14.421	0.004	14.308	0.004
2	1237665103825666144	224.879258	14 59 31.0	29.479314	29 28 45.5	16.698	0.004	15.428	0.004	14.966	0.004
3	1237662713140805742	224.891907	14 59 34.1	29.427052	29 25 37.4	15.088	0.012	12.997	0.002	12.913	0.001
4	1237665103825666087	224.951898	14 59 48.5	29.406794	29 24 24.5	13.796	0.003	13.203	0.002	13.071	0.002
5	1237664852037533724	224.958078	14 59 49.9	29.385406	29 23 7.5	13.818	0.003	13.284	0.003	13.193	0.001
6	1237664852037599305	225.225201	15 0 54.0	29.401392	29 24 5.0	14.942	0.004	14.580	0.004	14.453	0.005
7	1237662696494989333	225.738056	15 2 57.1	29.474608	29 28 28.6	14.860	0.004	14.452	0.004	14.282	0.004
8	1237662696494989346	225.795607	15 3 10.9	29.424225	29 25 27.2	15.345	0.013	12.407	0.001	12.190	0.002
9	1237662696495054921	225.848498	15 3 23.6	29.367022	29 22 1.3	14.461	0.003	13.977	0.003	13.795	0.004
10	1237662696494858279	225.307960	15 1 13.9	29.477181	29 28 37.9	12.731	0.001	12.384	0.001	14.059	0.010
11	1237662696494989319	225.651223	15 2 36.3	29.396633	29 23 47.9	15.097	0.004	13.939	0.003	13.504	0.003
12	1237664852574666768	225.747233	15 2 59.3	29.498870	29 29 55.9	11.693	0.001	11.513	0.001	11.417	0.001
13	1237662713678069777	225.956561	15 3 49.6	29.480774	29 28 50.8	13.665	0.002	12.775	0.002	12.547	0.001
14	1237664852574732350	225.957323	15 3 49.8	29.409659	29 24 34.8	15.411	0.004	14.906	0.005	14.721	0.005
15	1237662713678069789	225.970536	15 3 52.9	29.470339	29 28 13.2	12.232	0.001	11.217	0.001	10.908	0.001
16	1237662713140740219	224.749307	14 58 59.8	29.441310	29 26 28.7	16.338	0.004	14.953	0.004	14.250	0.005
17	1237664852037533707	224.919508	14 59 40.7	29.363831	29 21 49.8	14.752	0.004	14.294	0.004	14.127	0.004
18	1237665103825666107	224.972284	14 59 53.3	29.388818	29 23 19.7	12.538	0.001	11.944	0.001	11.735	0.001
19	1237665103825797171	225.297881	15 1 11.5	29.428095	29 25 41.1	14.628	0.004	13.904	0.005	13.680	0.002
20	1237664852037664797	225.327947	15 1 18.7	29.356963	29 21 25.1	14.890	0.004	14.478	0.004	14.344	0.005

CE17_13



№	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ °:':"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237664852574732412	226.014187	15 4 3.4	29.424421	29 25 27.9	13.216	0.001	12.766	0.001	12.664	0.001
2	1237662713678069858	226.021267	15 4 5.1	29.482248	29 28 56.1	15.810	0.007	15.985	0.014	13.601	0.003
3	1237662713678200841	226.233938	15 4 56.1	29.379836	29 22 47.4	14.992	0.004	14.660	0.004	14.548	0.005
4	1237664852574863428	226.374517	15 5 29.9	29.421866	29 25 18.7	15.601	0.015	12.524	0.001	12.308	0.001
5	1237662713678266406	226.450851	15 5 48.2	29.362661	29 21 45.6	15.571	0.007	13.678	0.002	13.367	0.003
6	1237662713678266414	226.485205	15 5 56.4	29.394116	29 23 38.8	13.459	0.002	12.632	0.001	12.467	0.002
7	1237662697032122453	226.532048	15 6 7.7	29.432442	29 25 56.8	9.331	0.001	9.074	0.001	9.014	0.001
8	1237662697032253557	226.938211	15 7 45.2	29.422533	29 25 21.1	11.362	0.001	10.975	0.001	10.884	0.001
9	1237664853111996461	227.074273	15 8 17.8	29.436348	29 26 10.9	14.345	0.003	13.674	0.002	13.524	0.002
10	1237664853112061957	227.190159	15 8 45.6	29.426364	29 25 34.9	15.573	0.008	16.573	0.020	14.094	0.005
11	1237664853112062016	227.288556	15 9 9.3	29.481621	29 28 53.8	14.101	0.002	13.657	0.002	13.566	0.001
12	1237662713678069918	226.069577	15 4 16.7	29.462201	29 27 43.9	15.923	0.004	15.394	0.005	15.209	0.005
13	1237662697032253536	226.885410	15 7 32.5	29.390249	29 23 24.9	14.227	0.004	13.966	0.005	15.987	0.014
14	1237662697032253540	226.909687	15 7 38.3	29.419054	29 25 8.6	15.591	0.003	15.132	0.004	14.970	0.004
15	1237662697032253530	226.910737	15 7 38.6	29.477317	29 28 38.3	16.219	0.004	15.819	0.004	15.681	0.005
16	1237662697032319042	226.945084	15 7 46.8	29.358005	29 21 28.8	15.699	0.004	15.283	0.004	15.115	0.004
17	1237662714215399472	227.245492	15 8 58.9	29.413097	29 24 47.1	15.889	0.004	15.428	0.005	15.266	0.005
18	1237664853112062032	227.248482	15 8 59.6	29.387123	29 23 13.6	14.899	0.005	14.413	0.004	14.313	0.003
19	1237662697032122401	226.455908	15 5 49.4	29.491843	29 29 30.6	15.707	0.004	15.112	0.004	14.895	0.004

CE17_15



№	SDSS-DS7 ID	α (grad)	α h:m:s	δ (grad)	δ °:':"	g	g_err	r	r_err	i	i_err
1	1237662698106716254	228.951750	15 15 48.4	29.442087	29 26 31.5	12.537	0.001	12.070	0.001	11.999	0.002
2	1237662697569517624	228.007226	15 12 1.7	29.496581	29 29 47.7	13.203	0.001	12.733	0.001	12.526	0.001
3	1237662697569648655	228.243063	15 12 58.3	29.337202	29 20 13.9	14.774	0.004	14.359	0.003	14.657	0.002
4	1237664853649326098	228.348092	15 13 23.5	29.448142	29 26 53.3	10.258	0.001	12.477	0.011	12.328	0.011
5	1237662714752663795	228.537036	15 14 8.9	29.492232	29 29 32.0	14.920	0.005	14.052	0.006	13.936	0.001
6	1237662714752729152	228.570385	15 14 16.9	29.412215	29 24 44.0	12.458	0.001	12.015	0.001	11.892	0.001
7	1237662698106716167	228.843843	15 15 22.5	29.435572	29 26 8.1	10.654	0.001	10.117	0.001	9.997	0.001
8	1237662697569517610	227.967167	15 11 52.1	29.431306	29 25 52.7	13.630	0.002	12.901	0.001	12.617	0.001
9	1237662697569517598	227.970691	15 11 53.0	29.481865	29 28 54.7	15.533	0.004	14.797	0.004	14.560	0.004
10	1237662714752663695	228.381847	15 13 31.6	29.419482	29 25 10.1	14.104	0.003	13.585	0.001	13.437	0.001
11	1237662714752663701	228.419064	15 13 40.6	29.463327	29 27 48.0	15.481	0.004	15.053	0.004	14.903	0.005
12	1237664853649326260	228.422475	15 13 41.4	29.391556	29 23 29.6	11.869	0.001	13.987	0.008	10.712	0.001
13	1237664853649326282	228.464182	15 13 51.4	29.455078	29 27 18.3	13.887	0.002	13.125	0.001	12.862	0.001
14	1237662698106650674	228.765558	15 15 3.7	29.478029	29 28 40.9	15.423	0.013	12.365	0.001	12.229	0.001

Xulosa

Bajarilgan ushbu bitiruv malakaviy ishimda suyuq ko'zguli teleskoplar yordamida olib boriladigan kuzatuv usullari, olinadigan natijalar va ularni tahlil etish usullari o'rganildi. Asosiy natija sifatida 2015-yildagi 17- va 21 - may kunlarida zenit yo'nalishida olib borilgan kuzatuv natijalari uchun topilgan fotometrik tayanch yulduzlarni ko'rsatishimiz mumkin.

Ushbu bitiruv malakaviy ishni bajarish davomida biz quyidagi natijalarni qo'lga kiritdik:

1. 2015 yilning 17- va 21- may kunlari olib borilgan kuzatuv natijalari - ZAQ tasvirining dastlabki tahlili bajarildi. Shunda tasvirlardagi osmon foni ta'siri hisoblanib, tasvirlardan ayrilib tashlandi.
2. Source Extractor dasturi yordamida tasvirlarning dastlabki fotometrik tahlili bajarildi.
3. ALADIN elektron atlas yordamida tasvirlarda qayd etilgan yulduzlarning GAIA va SDSS kataloglaridagi koordinatalari va standart yulduz kattaliklari aniqlandi.
4. Yulduzlarning instrumental yulduz kattaliklari va SDSS katalogidagi standart yulduz ravshanliklari orasida chiziqli bog'lanish borligi ko'rsatildi.
5. 6ta tasvirlarda fotometrik tayanch yulduzi bo'lishi mumkin bo'lgan obyektlarning ro'yhati tuzildi.

Adabiyotlar ro'yhati.

1. Branch, D. and Tammann, G.A. // *Ann.Rev. of A&A*, 30:359–389, 1992.
2. Миронов А.В., Основы астрофотометрии. Практические основы высокоточной фотометрии и спектрофотометрии звёзд, Учебное пособие. Москва - 2005, 193 с.
3. Johnson H.L., Morgan W.W., 1951. // *ApJ*, 114. 522.
4. Hickson, P., Borra, E.F., Cabanac, R., Content, R., Gibson, B.K., and Walker, G.A.H. UBC/Laval 2.7 meter liquid mirror telescope // *Astrophysical Journal*, Part 2 - Letters, 436:L201–L204, 1994.
5. Borra, E.F., Content, R., Girard, L., Szapiel, S., Tremblay, L.M., and Boily, E. // *Astrophysical Journal*, 393:829–847, 1992.
6. Finet F. // The International Liquid Mirror Telescope project: optical quality tests and prospective detection of multiply imaged quasars // Dissertation presented for the acquisition of the grade of Doctor of Philosophy in Space Science, Université de Liège, 2014.
7. Surdej J., Hickson P., Borra E., Swings J.-P., Habraken S., Akhunov T., et al., The 4-m International Liquid Mirror Telescope // *Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege*, Vol. 87, Actes de colloques, 2018, p. 68 - 79
8. Pradhan B., Delchambre L., Hickson P., Akhunov T., Bartczak P., Kumar B., Surdej J. Present status of the 4-m ILMT data reduction pipeline: application to space debris detection and characterization // *Bulletin de la Societe Royale des Sciences de Liege*, Vol. 87, Actes de colloques, 2018, p. 88 – 91
9. Alard, C. and Lupton, R.H. // *Astrophysical Journal*, 503:325, 1998.
10. Alard, C. Image subtraction using a space-varying kernel // *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 144:363–370, 2000.
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Golden-section_search
12. Umrzoqov O. X, Narimanova D, Axunov T. A // Osmonning tanlangan sohalarida tayanch fotometrik yulduzlarni aniqlash // T.: “Fizika fanining

rivojida iste'dodli yoshlarning o'rni” - RIAK-2015, Ilmiy-amaliy konferensiya maqolalari to'plami, b. 339, Toshkent, 2015.