



**МИРМАХМУДОВ Э.Р.  
АБДУЛЛАЕВ Т.М.  
ФАЗИЛОВА Д.Ш.**

# **КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ**

6  
8  
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ  
МИРЗО УЛУГБЕК НОМИДАГИ  
ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ

Э.Р. Мирмахмудов, Т.М. Абдуллаев, Д.Ш. Фазилова

# КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ

Ўқув кўлланима

---

Тошкент  
«Университет»  
2016

Ушбу қўлланмада космик геодезияда қўлланилаётган координаталар тизими, Ернинг сунъий йўлдошлари ва уларни кузатиш усуллари, геометрик ва геодинamik масалалари, датумлар, Ўзбекистонда сунъий йўлдошларни кузатиш натижалари асосида ечилаётган геодезия масалалари ёритилган.

Ўқув қўлланма олий таълим муассасаларининг 5A311502 — «Геодезия ва картография» таълим йўналиши магистрантларига мўлжалланган. Ўқув қўлланмадан геодезия, картография ва кадастр соҳасида фаолият олиб бораётган катта илмий ходим-изланувчилар, ёш олимлар ва олий ва ўрта махсус таълим муассасалари ўқитувчилари ҳам фойдаланишлари мумкин.

**Олий таълим муассасаларининг 5A311502 — «Геодезия ва картография» мутахассислиги бўйича таълим олаётган магистрантлари учун**

*Масъул муҳаррир: проф. Сафаров Э.Ю.*

*Тақризчилар: Жўраев Д.О. - Тошкент архитектура ва қурилиш институти доценти, т.ф.н.  
Мусаев И.М. - Тошкент ирригация ва мелиорация институти доценти, т.ф.н.*

Мирзо Улутбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети Ушбу Кенгашининг 2016 йил 9 январдаги мажлиси қарори билан нашрга тавсия этилган (баённома №4)

ISBN- 978-9943-4585-4-3

## СЎЗ БОШИ

Космик геодезия деб геодезия фанининг Ернинг ва бошқа планеталарнинг сунъий йўлдошларини кузатишдан илмий ва илмий-техник масалаларни ечишда фойдаланиш тadbирлари хақидаги бўлимига айтилади. Биринчи ва асосий масала Ер, Ой ва планеталарнинг шакли, катталиги ва суткалик айланишини характерловчи фундаментал ўзгармас катталикларини аниқлаш ва у катталикларнинг вақт давомида ўзгаришини аниқлашдан иборат. Иккинчи масала геодезик ва геоцентрик координаталар тизимини яратиш бўлиб, бу яққа координаталар тизимида таянч нуқталар тўртини куриш демакдир. Бу геофизика ва геодинамика масалаларини ечимида, табиий бойликлар ресурсларини аниқлашда ва космик картографияда Ернинг космик тасвири натижаларининг координата - вақт боғланишидан фойдаланиш демакдир. Кузатилаётган сунъий йўлдош баландлиги ниҳоятда юқори бўлгани сабабли томонлари 1500-2000 км даражасида бўлган космик триангуляция тўрларини яратиш мумкин бўлди. Ернинг барча материк ва ороллари ягона геодезик тўр билан боғлаш ёки глобал геодезик тўр яратиш имкони юзага келди. Энг умумий космик геодезия усули динамик метод ҳисобланиб, у сунъий йўлдош орбиталари ривожини вақт оралиғида ўрганишга асосланган.

Ушбу ўқув қўлланмада юқори аниқликдаги сунъий йўлдошлар орқали геодезик тўр ҳосил қилиш усул ва услублари хақида сўз боради. Қўлланмада сунъий йўлдош геодезиясининг қуйидаги асосий вазифалари кўрилган: космик геодезияда қўлланиладиган координатлар тизими, сунъий йўлдошни кузатиш усуллари, сунъий йўлдошни кузатишлар бўйича ердаги координаталарни аниқлашнинг геометрик ва динамик методлари, ҳамда замонавий йўлдош навигация тизимлари.

Қўлланма "Геодезия ва картография" йўналишида таълим олаётган магистрантларга мўлжалланган ва биринчи марта нашр этилмоқда. У Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети геодезии, картографии ва кадастр кафедрасида космик геодезия фанини ўқитиш жараёнида тўпланган тажрибаларга асосланган. Қўлланмани яратишда "Майданак" (Кашкадарё вилояти, Камаш тумани) обсерваторияси ва Китооб халқаро кенглик станция 1960-1995 йиллар мабойнида ўтказилган космик геодезия ва геодинамик тадқиқотлар натижаларидан фойдаланилган.

Қўлланманинг биринчи бобида космик геодезиянинг асоси ҳисобланган ва курсни ўзлаштириш учун зарур бўлган координата тизимлари назарияси ҳақида сўз юритилади. Иккинчи бобда космик геодезия ва навигацияда фойдаланиладиган вақт саноқ тизими таърифланган. Учинчи боб сунъий йўлдошларни кузатиш усулларига, аниқроғи, оптик ва радиотехник усулларга бағишланган. Тўртинчи бобда геодезияда фойдаланиладиган геодезик йўлдошлар хусусиятлари батафсил баён қилинган.

Бешинчи, олтинчи ва еттинчи боблар сунъий йўлдош геодезик тўрларни қуришда сунъий йўлдош ҳаракати йўлидан фойдаланишга бағишланган. Саккизинчи бобда дастлабки геодезик саналар берилган. Тўккизинчи, ўнинчи ва ўн биринчи бобларда сунъий йўлдошларни кузатишдан олинган геодезик натижалар, Ўзбекистонда космик геодезия усулларининг қўлланилиши ҳамда космик геодезиянинг ривожланиши ва келажаги батафсил кўрсатилган.

Космик геодезия ўқув қўлланмаси ўзбек тилида биринчи марта тайёрланганлиги сабабли, унда айрим хато ва камчиликлар бўлиши мумкин. Муаллифлар мазкур қўлланма ҳақидаги барча фикр ва мулоҳазаларни қуйидаги манзилда мамнуният билан қабул қиладилар: **Тошкент-100174, Талабалар шаҳарчаси, Ўзбекистон Миллий университети Бош ўқув биносининг “В” бўлими, геология ва география факультети, 3-кават, Геодезия, картография ва кадастр кафедраси.**

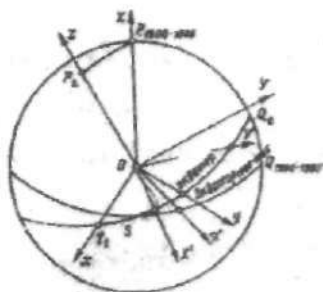
# І БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯДА КООРДИНАТАЛАР ТИЗИМИ

## 1.1. Инерциал санок тизими

Космик объектларни ўрганиш белгиланган вақтда, маълум координата тизимида осмон жисмларининг ҳолатини қатъий аниқлаш ва объектни кузатиш натижаларининг ҳисоб-китоби билан боғлиқ. Бундай масалани ечиш учун фақат осмон жисмлари ҳаракатлари қонунларининггина эмас, балки қабул қилинган координаталар тизимининг фазодаги йўналишининг ўзгаришини ҳам ҳисобга олиш зарур. Координаталарнинг ўзгаришларини ҳисобга олиб, объект ҳаракати формуласининг содда бўлган санок тизимини танлаш керак.

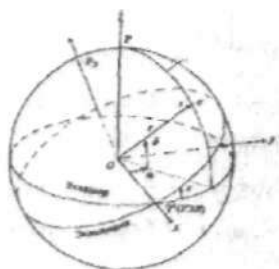
Астрометрия ёки позиция астрономиянинг асосий муаммоларидан бири - бу энг инерциал санок тизимини танлашдир. Бу масалани ҳал қилиш учун астрономик каталоглар тузилади - битта мутлоқ тизимдаги астрономик объектларнинг хусусий ҳаракати ва ягона аниқ ҳолати рўйхати. Астрономик координаталар тизимини кўрсатиб, маълум вақт давомида уни сақлаб туради.

Сунъий йўлдош ҳаракатини тасвирлаш учун инерциал геоцентриқ координаталар тизимидан фойдаланилади (1-расм). Бу тизимда координат боши  $O$  Ер массаси марказида жойлашган,  $Ox_0$  ўқи эса экватор текислигида ётади ва  $y$  баҳорги тенг кунлик нуқтаси  $\gamma$  (гамма) га томон йўналтирилган бўлади.  $Oz_0$  ўқи Ернинг айланиш ўқи билан мос тушиб, Ернинг шимолий қутбига томон йўналган,  $Oy_0$  ўқи эса тизимни ўнг томонгача тўлдирди.



1-расм. Инерциал геоцентриқ координата тизими

Фойдаланиладиган иккинчи координата тизими – бу тўғри бурчакли геоцентрик гринвич (айланувчи) тизимидир (2-расм). Координата боши  $O$  буида ҳам Ер массаси марказида жойлашган.  $Ox$  ўқи Гринвич меридианининг экватор билан кесишган нуқтасига йўналтирилган,  $Oz_0$  ўқи - Ернинг айланиш ўқи билан мос бўлиб, Ернинг шимолий кутбига томон йўналган.  $Oy_0$  ўқи тизимни ўнг томонгача тўлдирлади. Ер айлангани туфайли, бу координата тизими ҳам айланади.  $Ox_0$  ва  $Ox$  оралигидаги бурчак  $S$  билан белгиланади ва гринвич юлдуз вақтига тенг бўлади.



2-расм. Геоцентрик гринвич координата тизими

Инерциал геоцентрик координата тизими ва гринвич тизими сунъий йўлдош радионавигация тизимида қўлланилади. Инерциал ва гринвич координата тизимлари орасидаги боғлиқлик кўйидаги кўринишда бўлади:

$$\vec{r} = \frac{1}{\psi} \vec{R}, \dot{\vec{r}} = \frac{1}{\psi} \dot{\vec{R}} + \omega \begin{bmatrix} y \\ -x \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.1.1)$$

$$\vec{R} = \frac{1}{\psi} \vec{r}, \dot{\vec{R}} = \frac{1}{\psi} \dot{\vec{r}} + \omega \begin{bmatrix} Y \\ -X \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.1.2)$$

$$[\psi] = \begin{bmatrix} \cos(s) & -\sin(s) & 0 \\ \sin(s) & \cos(s) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.1.3)$$

$$s = S_0 + \omega(T - t_\lambda) \quad (1.1.4)$$

$S_0$ -гринвич юлдуз вақти;  $\omega$ -Ернинг айланиш тезлиги;  $\vec{R}$ -инерциал тизимдаги вектор ҳолати;  $\vec{r}$ -гринвич тизимидаги вектор ҳолати;  $\dot{\vec{R}}$

инерциал тизимдаги мос ўқлар бўйича тезлик вектори;  $\vec{r}$ -гринвич тизимидаги мос ўқлар бўйича тезлик вектори.

## 1.2. Геодезик координаталар тизими

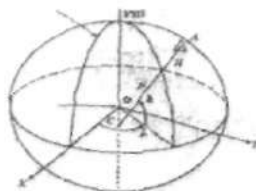
$B, L, H$  геодезик координаталар тизими билан геодезик кенглик, узоклик ва баландлик тушунчалари боғланади. Эллипсоид юзасига тушган нормалнинг экватор текислиги билан туташинидан ҳосил бўлган бурчак  $B$  геодезик кенгликдир. Берилган нуктадан ўтган меридиан текислиги ва ноль меридиан текислиги оралигидаги икки қиррали бурчак  $L$ -узоклик бўлади. Геодезик кенглик ва узоклик мос келадиган астрономик координаталардан фарқ қилади, чунки шовун чизиги эллипсоид нормали билан мос тушмайди.

Шовун чизигининг оғишини иккита текисликка проекциялаш мумкин: меридиан текислигига ва биринчи вертикал текислигига. Бундан кўриниб турибдики, бу икки ташкил этувчини астрономик ва геодезик координаталар фарқи билан аниқлаш мумкин. Чизикнинг оғиши ёйнинг бир неча секундга тенг. Шунини таъкидлаш жоизки, геодезик и геоцентрик узокликлар бир-бирига мос тушади.

$$\begin{aligned}\xi &= \varphi - B \\ \eta &= (\lambda - L) \cos \varphi\end{aligned}\quad (1.2.1)$$

Ҳар иккаласи ҳам берилган нукта ва айланиш ўқини ўзида мужассам қилган текислик ва ноль меридиан текислиги орасидаги икки қиррали бурчакдир. Геоцентрик кенглик геодезик кенгликдан фарқ қилади. Эллипсоид юзасига  $P$  нуктадан перпендикуляр туширамиз ва уни экватор текислиги билан кесишгунча давом эттирамиз (3-расм). Эллипсоид юзасидаги  $P$  нукта проекциясини  $Q$  билан белгилаймиз. Унда  $PQ$  кесим  $P$  нуктанинг геодезик баландлиги бўлади. Юқоридаги перпендикуляр экватор текислиги билан кесишиш нуктасидаги бурчак  $B$  геодезик кенглик бўлади. У  $P$  ва  $Q$  нукталарига бирдек тегишлидир. Бу икки нуктанинг геоцентрик кенгликлари 3-расмдан кўриниб турибдики фарқ қилади.  $Q$  нуктанинг геоцентрик кенглиги шу нуктанинг радиус вектори ва экватор текислиги орасидаги  $\Phi$  бурчакдир.





3 расм. Геодезик координата тизими

$Q$  нукта координаталари ва  $\alpha$  – эллипс сиқиклиги,  $B$  ва  $\Phi$  кенгликлар орасидаги боғлиқликни аниқлаймиз.  $Q$  эллипсоид юзасида ётганлиги туфайли унинг тўғри бурчакли координаталари  $x_0, y_0, z_0$  эллипсоиднинг айланиш тенгламаси бўйсунади:

$$\frac{x_0^2 + y_0^2}{a_0^2 + \frac{z_0^2}{b^2}} = 1.$$

$y=0$  қирқмани кўриб чиқамиз. Унда

$$\operatorname{tg} \Phi = \frac{z_0}{x_0}$$

$\operatorname{tg} B$  ни аниқлаш учун  $Q$  нуктадаги нормалнинг бурчак коэффициентини аниқлаш керак. Нормалнинг  $F(x, z) = 0$  эгри чизикка  $(x_0, y_0)$  нуктада тенгламаси.

$$\begin{aligned} F_x(x_0, y_0)(z - z_0) &= F_z(x_0, y_0)(x - x_0) \\ z &= z_0 + F_x(x_0, y_0) / F_z(x_0, y_0)(x - x_0) \end{aligned} \quad (1.2.2)$$

$$F(x, z) = (x_0^2/a^2 + z^2/b^2 - 1).$$

Шунинг учун  $F_z(x_0, y_0) = 2z_0/b^2, F_x(x_0, y_0) = 2x_0/a^2,$

$$\operatorname{tg} B = \frac{a^2 z_0}{b^2 x_0}. \quad (1.2.3)$$

Натижада

$$\operatorname{tg} B = \frac{a^2}{b^2} \operatorname{tg} \Phi \quad (1.2.4)$$

Эллипснинг иккинчи эксцентриситети қуйидагича аниқланади:

$$e^2 = (a^2 - b^2)/b^2 \quad (1.2.5)$$

Ер учун иккинчи эксцентриситет жуда кичик, шунинг учун сиклишга нисбатан иккинчи даражали кичик кийматни ҳисобга олмай қуйидаги ифодани оламиз:  $e^2 = 2\alpha^2$ .

Шунингдек,

$$\operatorname{tg}(B-\Phi) \approx B-\Phi \quad (1.2.6)$$

Геодезик ва геоцентрик кенгликларнинг энг катта фарқи  $45^\circ$  кенликда кузатилади ва у қуйидагига тенг бўлади:  $B-\Phi=11.8'$ . Глобал декарт координаталар тизимининг геоцентрик тизим билан боғлиқлиги қуйидаги формула билан аниқланди - 1.2.1. Энди декарт координаталар тизимини геодезик тизим билан боғланиш формулаларини аниқлаймиз. Бу дегани  $P$  нукта координаталарини эллипсоид параметрлари, геодезик кенлик ва узунлик орқали аниқлашимиз керак.  $\lambda=L$  бўлгани учун  $P$  нуктанинг  $x, y, z$ -координаталарини аниқлаш учун бошида фақат  $x$  ва  $z$  координаталарини аниқлаш kifоя, яъни фақат  $y=0$  бўлган ҳолат учун.

Эллипсоид юзасидан  $N$  баландликда жойлашган  $P$ -нуктанинг тўғри бурчакли координаталарини аниқлаймиз. Эллипсоид юзасига проекцияланган ( $O$ )  $P$  нукта координаталарини аниқлаймиз. Унинг Оху кесмадаги координаталари қуйидагига тенг:

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= r_0 \cos \Phi_0 \\ y_0 &= r_0 \sin \Phi_0 \end{aligned} \right\} \quad (1.2.7)$$

"0" индекси билан биз координатани эллипс юзидан ётган нуктага тегишли эканлигини белгиладик. Бундан кўринадики:

$$\operatorname{tg} \Phi_0 = \frac{a^2}{b^2} \operatorname{tg} B, \quad (B=B_0)$$

Шунинг учун,

$$\begin{aligned} \cos \Phi_0 &= (1 + \operatorname{tg}^2 \Phi_0)^{-1/2} = (1 + (b^4/a^4) \operatorname{tg}^2 B)^{-1/2} = a^2 \cos B (a^4 \cos^2 B + b^4 \sin^2 B)^{-1/2} \\ \sin \Phi_0 &= \cos \Phi_0 \operatorname{tg} \Phi_0 = b^2 \sin B (a^4 \cos^2 B + b^4 \sin^2 B)^{-1/2} \end{aligned}$$

$Q$  нукта радиус векторини аниқлаш қолди. Эллипс тенгламасидан фойдаланиб керакли ўзгаришни бажарамиз.

$$\begin{aligned} \frac{x_0^2}{a^2} + \frac{y_0^2}{b^2} &= 1, \quad \frac{r_0^2}{a^2} \cos^2 \Phi_0 + \frac{r_0^2}{b^2} \sin^2 \Phi_0 = 1 \quad (1.2.8) \\ r_0 &= ab (a^2 \sin^2 \Phi_0 + b^2 \cos^2 \Phi_0)^{-1/2} \end{aligned}$$

$\cos\Phi_0$  ва  $\sin\Phi_0$ ни  $\cos B$  ва  $\sin B$  оркали белгилаймиз, бунинг учун юқоридаги формулалардан фойдаланамиз.  $Q$  нукта радиус векторини аниқлаймиз.

$$r_0 = (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2} / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2}$$

Бундан:

$$\begin{aligned} x_0 &= a^2 \cos B / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2}, \\ y_0 &= b^2 \sin B / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2} \end{aligned} \quad (1.2.9)$$

Белгилаймиз:

$$\rho = a / (1 - e^2 \sin^2 B) \quad (1.2.10)$$

Энди:

$$\begin{aligned} x_0 &= \rho \cos B \\ z_0 &= \rho \left( \frac{b^2}{a^2} \right) \cos B \end{aligned} \quad (1.2.11)$$

Айланиш ўқи оркали ўтадиган хоҳлаган кесим учун ( $y=0$ )

$$\begin{aligned} x_0 &= \rho \sin B \cos L \\ y_0 &= \rho \sin B \sin L \\ z_0 &= \rho \left( \frac{b^2}{a^2} \right) \cos B \end{aligned} \quad (1.2.12)$$

Энди  $Q$  нуктани  $H$  баландиликка кўтарамиз ва  $P$  нукта билан устма-уст жойлаштирамиз. Тўғри бурчакли координаталар қуйидагича ўзгаради:

$$\begin{aligned} \Delta x &= H \cos B \cos L \\ \Delta y &= H \cos B \sin L \\ \Delta z &= H \sin B \end{aligned} \quad (1.2.13)$$

Энди геодезик координаталар  $B$ ,  $L$  ва  $H$ ни тўғри бурчаклига ўтказишда  $x, y, z$  қуйидаги кўринишни олади:

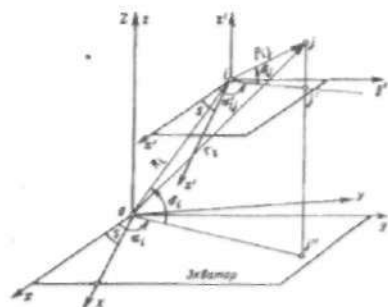
$$\begin{aligned} x &= (\rho + H) \cos B \cos L \\ y &= (\rho + H) \cos B \sin L \\ z &= \left( \frac{b^2}{a^2} + H \right) \sin B \end{aligned} \quad (1.2.14)$$

(1.2.9) формула билан аниқланган  $\rho$  оддий геометрик маънога эга: у  $Q$  нуктадан ўтадиган нормал кесимига тенг, яъни шу нуктадан то эллипсоид айланиш ўқи билан кесилиш нуктасигача.

### 1.3.Топоцентрик координаталар тизими

Топографик координата тизимларида координата боши Ернинг табиий юзаси нуктаси билан мос тушади, кўпинча бу сунъий йўлдошни кузатиш нуктаси бўлиб, ўқлари берилган геоцентрик тизимдаги мос ўқларга параллелдир. Кузатув пунктлари ўлчов натижаларига кўра сунъий йўлдош топоцентрик координаталар қийматларини олиши мумкин. Шундай қилиб йўлдошнинг фотографик кузатишлар негативлари ҳисоб-китобидан топографик тик чиқиш  $\alpha$  ва оғиш  $\delta$  аниқланади. Лазер кузатувларидан эса топоцентрик масофа  $\rho$  аниқланади.

Топоцентрик инерциал координата тизимининг  $ixuz$  координата боши  $i$  Ернинг табиий нуктасида бўлиб, ўқлари инерциал геоцентрик координата тизими ўқларига параллелдир.



4-расм.Топоцентрик координаталар тизими

Экватор текислигига параллел  $ixu$  текислик топоцентрик экватор дейлади. Топоцентрик тўғри чиқиш  $\alpha'$   $ix'$  ўқининг мусбат йўналишидан бошлаб, топоцентрик масофа  $\rho$  нинг топоцентрик экватори текислиги  $ij$  проекциясигача олинади.  $\delta'$  топоцентрик оғиш топоцентрик масофа  $\rho$  билан унинг топоцентрик экватор текислиги  $ij$  га проекцияси оралиғидаги бурчакдир.  $t$  нинг маълум бир пайт учун 4-расмда қуйидагилар тасвирланган:

- $\vec{r}$ - ЕСЙ геоцентрик вектори
- $\vec{\rho}$ - ЕСЙ топоцентрик вектори
- $\vec{R}$ -кузатиш пунктининг вектори

$Oij$ - векторлар учбурчагидан оламиз:

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{\rho} \quad (1.3.1)$$

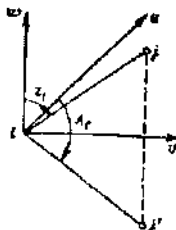
Бу муносабат космик геодезиянинг кўпгина масалаларини ечишда асосий ҳисобланади. Ундан кўришиб турибдики, сунъий йўлдош кузатув пункти геоцентрик координаталарини аниқлашда шу пайт учун сунъий йўлдошнинг геоцентрик ва топоцентрик координаталари аниқланиши лозим. Бунда сунъий йўлдош геоцентрик координаталари Ер массасининг нисбий ҳаракати назарияси асосида олинса, топоцентрик координаталар тизими пунктларидаги кузатув натижасида олинади.

(1.3.1) тенглама координата кўринишида қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned}x &= r \cos \alpha \cos \delta - p \cos \alpha \cos \delta \\y &= r \sin \alpha \cos \delta - p \sin \alpha \cos \delta \\z &= r \sin \delta - p \sin \delta\end{aligned}\quad (1.3.2)$$

(1.3.2) тенглама Гринвич координата тизими учун қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned}X &= r \cos(\alpha - S) \cos \delta - p \cos(\alpha - S) \cos \delta \\Y &= r \sin(\alpha - S) \cos \delta - p \sin(\alpha - S) \cos \delta \\Z &= r \sin \delta - p \sin \delta\end{aligned}\quad (1.3.3)$$

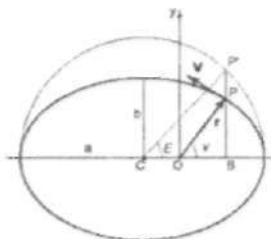


Брасм. Горизонт координата тизими

Кўпинча эллипсоид юзасига йўналган нормал  $N$  билан боғлиқ яна бир топоцентрик тизим—горизонт координата тизими  $uvw$  ишлатилади. Бу координата тизимининг боши  $i$  Ернинг табиий юзаси нуқтасида бўлиб,  $u$  ўқи геодезик координата меридианига урунма бўйича шимолга йўналган,  $v$  ўқи эса эллипсоид нормали бўйича йўналган,  $w$  ўқи эса эса геодезик текисликда ётиб,  $uvw$  боғламни ўнг томонгача тўлдиради. Координаталар  $u, v, w$ ,  $A$ —азимут билан ва  $z$ —зенит масофаси билан қуйидагича боғланган



икки параметр - катта ярим ўк ва  $e$  эксцентриситет орбита катталарини ва шаклини аниқлайди. Жисмнинг бошланғич моментидagi ҳолати  $T_0$  перигейдан ўтиш даври билан аниқланади. Сунъий йўлдошнинг  $t$  пайтдаги ҳолати  $v$  бурчак билан аниқланади ва у ҳақиқий аномалия дейилади.



7-расм. Кеплер орбитасининг аномалиясини аниқлаш

Космик геодезияда ҳақиқий аномалиядан ташқари эксцентрик аномалия  $E$  ва ўртача аномалия  $M$  қўлланилади. Маркази эллипс маркази  $C$  билан мос тушадиган, эллипснинг катта ярим ўкига тенг  $a$  радиусли айлана чизамиз.  $Ox$  ўкига  $PB$  перпендикуляр туширамиз, бунда унинг давоми айланани  $P$  нуқтада кесиб ўтади. Бурчак  $PCO = E$  эксцентрик аномалия дейилади. Ўртача аномалияга тенг бурчак ўртача ҳаракат билан аниқланади ва қуйидагига тенг бўлиб, ўртача узоқлик дейилади.

$$M = n(n - T_0) \quad (1.4.1)$$

Сунъий йўлдош ҳаракати кеплер ҳаракати текисликда юз бергани учун сунъий йўлдош ҳолати  $r$  радиус вектор проекцияси билан аниқланиб  $y, x, u$  га тенг.  $r$  нинг  $Oz$  ўқга проекцияси

$Oz$  нолга тенг:  $r = (x, y, \theta)$ .

$$\begin{aligned} x &= r \cos v \\ y &= r \sin v \end{aligned} \quad (1.4.2)$$

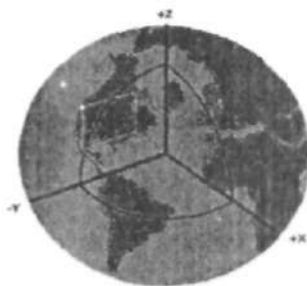
ЕСЙ инерциал геоцентрик координаталари формула қуйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} x &= r(\cos u \cos \Omega - \sin u \sin \Omega \cos i) \\ y &= r(\cos u \sin \Omega + \sin u \cos \Omega \cos i) \\ z &= r \sin u \sin i \end{aligned} \quad (1.4.3)$$

## 1.5. WGS-84 координаталар тизими

GPS ва ГЛОНАСС да ҳар хил бир-бирига боғлиқ бўлмаган умумер геоцентрик координаталар тизимидан фойдаланади. GPS WGS-84 (World Geodetic System, 1984) координаталар тизимида фаолият олиб боради. ГЛОНАСС – эса ПЗ-90 (Параметры Земли - *Ер ўлчамлари*, 1990) координаталар тизимидан фойдаланади. Иккала тизимдаги координаталарнинг бир-биридан фарқи 5 дан то 15 м гача бўлади. Истеъмолчиларга бериладиган йўлдош ҳаракати хақидаги навигацион маълумот геоцентрик координата тизимида шакилланади. Шу координата тизимида йўлдош приёмнигида истеъмолчи координаталари ҳам аниқланади.

Бугунги кунда WGS-84 ва ПЗ-90 дан ташқари янада аниқроқ ITRF координата тизими мавжуд.



8-расм. Фазовий тўғри бурчакли координаталар

WGS-84 – бутун дунё геодезик тизими-бу 1984 йил координата тизими (WGS-84) – умум ер тизимини ифодалаб, у АҚШ ХДК (ВМС США) ТРАНЗИТ сунъий йўлдош радарнавигацая тизимининг доплер ўлчовлари натижасининг доплер таянч тизими NSWC 9Z-2 ни аниқлаштириш орқали олинган.

WGS-84 - координата боши ўқлари қуйидагича аниқланади:

-координата боши – Ер маркази, Z ўқи – Халқаро вақт кенгаши ВИН қарорига кўра Халқаро шартли координата боши СИО га йўналган;

- X ўқи – бош меридиан WGS-84 текислиги ва экватор текислиги кесишиши нуктаси бўлиб, бош меридиан сифатида ВИН аниқлаган нуль меридиан олинади.



У ўқи-Ерга боғланган ва координата боши Ер марказида бўлган ўнг томонли ортогонал координата тизимини тўлдиради. у экватор текислигига Х ўқидан шарққа қараб ( $90^{\circ}$ ) бурчак остида жойлашган.

WGS-84 Ерга боғланган глобал таянч тизимидан ташкил топган бўлиб, унга Ер модели ҳам қиради ва асосий ҳамда ёрдамчи катталиклар билан аниқланади(1-жадвал).

Асосий кўрсаткичлари – Ер эллипсоиди шаклини, унинг бурчак тезлигини ва Ернинг массасини аниқлайди.

Ёрдамчи катталиклар даража ва тартиби  $n = m = 180$  га тенг – Ернинг тортиш моделини(EGFM) синчиклаб аниқлайди. Бу модель WGS-84 тизимида геоид юзасида баландликларни аниқлаш, тортиш компоненталарининг бузилишини ва сферик мос функцияларга ёйиш йўли билан WGS-84 да ўртача  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  гравитацион аномалияларини аниқлашда қўлланилади. Бу даража ва тартибда ёйиш Ер юзаси ва унга яқин жойларда гравитация майдонини аниқ моделлаштириш учун зарур.

1-жадвал.

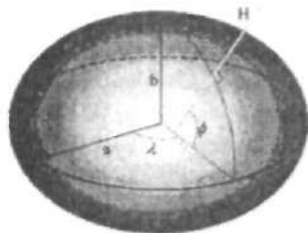
Параметрлари	Белгилари	Натижалар
Катга ярим ўқ	$a$	6378137м
Кутбий сикклик	$1/f$	1/298.257223563
Бурчак тезлиги	$\omega$	$7.292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с <sup>-1</sup>
Нур тезлиги	$c$	299792458 м/с
Гравитацион доимийси (Ернинг атмосферасини ҳисобга олишганда)	$GM (fM)$	$3398600.5$ км <sup>3</sup> /с <sup>-2</sup>
Нормаль потенциали	$U_0$	$62636861.074$ м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>
Иккинчи гармоник коэффициенти	$C_{20}$	$-484.16685 \cdot 10^6$

WGS-84 тизими координата боши ва ўқлари ориентацияси GPS нинг 5 та текширув станциялари координаталари орқали аниқланади: Колорадо-Спрингс, Гавайи, Асансьон, Диего Гарсия ва Кваджалейн.

Геодезик кенглик  $\phi$ , узоклик  $\lambda$ , баландлик  $h$  орқали ифодаланган (WGS-84)координаталар аниқлиги  $1(\sigma)$  горизонтал текисликда қуйидагига тенг:  $\sigma_p = \sigma_l = \pm 1$  м, вертикал текисликда эса  $\sigma_h = \pm 1.2$  м. WGS-84 тизими GPS нинг СЙ ўлчови натижалари орқали 2 маротаба аниқлаштирилди (1994 ва 1996 йилларда). WGS-84нинг янги қўлланилиши WGS-84 (G730) ва WGS-84 (G873) кўринишини олади. G-координаталар GPS усули билан олинганини кўрсатади. Гдан кейинги сон GPS ҳафталиги номери. СРНС GPS да WGS-84нинг аниқлаштирилган вариантлари 1994 йил 29 июндан ва 1997 йил 29 январдан қўлланилди.

### 1.6. ПЗ-90 координата тизими

ПЗ-90 фундаментал астрономик ва геодезик ўлчамас кийматларни, ягона геоцентрик координаталар тизимини (ЕСК), сферик функциялар орқали ёйилган геопотенциал ёйилма коэффициенти кўринишидаги Ер гравитация майдони модели ва нуқтавий массалар тизими, умумер эллипсоиди устидаги квазигеоид баланглик каталоги, ЕСК алоқа параметрларини 1942 йилги миллий референс координата тизимини ўз ичига олади.



9-расм. Красовский эллипсоиди

ПЗ-90 тизими геодезик йўлдошларнинг (доплер, узок ўлчамли радиотехник ва лазер) кузатув натижаларидан, йўлдошларнинг денгиз сатҳидан баланглигини ўлчашдан ва йўлдошларни юлдузли осмон қаърида суратга олиш орқали вужудга келган. Шунингдек, ГЛОНАСС ва ЭТАЛОН йўлдош тизимларигача бўлган масофани лазер ва радиотехник ўлчаш натижаларидан, Дунё океани ва курукликнинг гравиметрик маълумотларидан фойдаланилган.

ПЗ-90 тизимининг параметрлари 2-жадвалда кўрсатилган.

2-жадвал

Параметри	Белгиси	Қиймати
Кагга ярим ўк	$a$	6378136 м
Шимолий босқич	$1/f$	1/298.257839303
Бурчак тезлиги	$w$	$7,292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с <sup>1</sup>
Нур тезлиги	$c$	299792458 м/с
Гравитацион доимийси (Ернинг атмосфераси ҳисобга олинганда)	$GM (JM)$	$398600.44 \cdot 10^9$ м <sup>3</sup> /с <sup>2</sup>
Нормаль потенциали	$U_0$	$62636861.074$ м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>
Иккинчи гармоник коэффициенти	$C_{20}$	$-484164.953 \cdot 10^9$

ПЗ-90 маркази Ер массаси марказида бўлган тўғри бурчакли фазовий тизим бўлиб, Z ўқи IERS тавсиясига кўра аниқланган CIO га йўналган, X ўқи ВИН белгиланган экватор текислиги ва ноль меридиан кесилиш нуқтасига йўналган, унинг ўқи эса тизимни ўнгга

тўлдирди. ПЗ-90 тизими космик геодезия тўри (КГС) нинг 33 та пункти координаталари оркали Ер юзига маҳкамланган. ПЗ-90 ни Ер марказига силжиши ўрта квадрат хатолиги 1-2м. Пунктлар оралигининг 1.5-2 минг км. (нисбий ўлчаганда 7 чи белги бирлигида) ўртача масофасида уларнинг ўзаро ҳолати 0.3 м ҳисобланади.

### **1.7. Баъзи координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрлари**

Ракамли топографик картани тузиш мураккаб жараён бўлиб, у замонавий геонформацион технология ва классик ўлчовларни жалб қилишни талаб этади. Шунинг учун замонавий ГИС ва қозғоли карталар асосида карталарни яратиш учун уларни маълум координата тизимига боғлаш зарурати туғилади. Бу жараён мураккаб бўлмаса-да, у ҳисобга олиш зарур бўлган қутилмаган ҳолатларни пайдо қилади. Агар 1:1000000 ёки ундан майда масштабли карталардан фойдаланилса ёки битта координата тизими чегарасида ишланса, ҳеч қандай муаммо бўлмайди. Лекин йирик масштабли карталарга ўтилганда, проекциялар алмаштирилганда, жойлардаги координатадан глобал координаталарга ўтилганда, бундай муаммолар билан ҳисоблашишга тўғри келади. Бу муаммоларни тушуниш учун координата тизимининг шаклланиши ва ўзгаришини кўриб чиқиш керак.

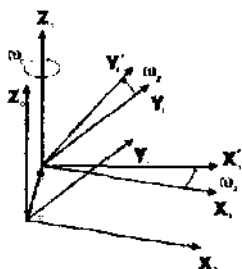
Сунъий йўлдош учирилганча референц-эллипсоид параметрлари давлат ва регионал геодезик тўрлари маълумотларини ҳисоблаш натижасида аниқланади. Бунда тўрлар турли катталикларда, турли воситалар оркали ва ҳар хил аниқлик даражасида тузилгани учун ҳозирги пайтда жаҳонда 20дан ортиқ референц-эллипсоидлар мавжуд, уларнинг ҳар бири Ернинг маълум бир қисми учун тўғридир. МДХ худуди учун, шу қаторда Ўзбекистон учун ҳам, 1940 йилда ҳисобланган Красовский эллипсоиди ишлатилади. Референц-эллипсоидлар параметрларини аниқлигини ошириш учун, йўлдош навигация тизимларидан фойдаланилади. Бу маълумотлар эллипс параметрларини аниқроқ ўлчашга имкон беради ва унинг марказини Ер маркази билан мослаштиришга, Ер юзасини аппроксимациялашга ёрдам беради. Натижада бутун Ер юзасини аппроксимация қиладиган умумер эллипсоиди вужудга келади.

Карта тузиш масаласига келсак, турли усулларда олинган эллипсоидлар орасида деярли фарқ йўқ, ҳар қандай ҳолда ҳам у ёки бу референц юза текисликда акс эттирилади. Эллипсоидни танлашда асосий фактор гравитация потенциалининг баландликка мослиғидир. Ракамли карталарнинг эллипсоидал координаталаридан санок боши

эллипсоид марказида бўлган уч ўлчамли тўғри бурчакли координата тизимига осонгина ўтиш мумкин, унда бир эллипсоиддан иккинчи эллипсоидга ўтиш шу икки эллипсоид геоцентрик координаталари боғлиқлиги билан аниқланади.

Умуман бундай боғлиқлик, еттита параметрли боғлиқлик билан кўрсатилиши мумкин: координата бошларининг ҳар бир ўқи бўйича сийжиши (учта чизикли параметрлар), ҳар бир ўқ атрофида бурилиш (учбурчак параметрлари) ва битта масштаб коэффициентини билан. Бу боғлиқликни Гельмерт ва Молоденский формулалари билан осонгина амалга ошириши мумкин.

Масштаблаштириш ва бурилиш ҳар доим ҳам керак бўлмагани учун, баъзи ҳолларда эллипсоидни ўзгартиришда мураккаб бўлган кўп ўлчамли регрессия тенгласидан фойдаланилади. Турли эллипсоидлардан фойдаланилганда шуни ҳисобга олиш керак-ки, ҳозирги вақтда боғлиқлиқнинг аниқ параметрлари эллипсоиднинг ҳамма комбинациялари учун ҳам мавжуд эмас. Масалан, СК-42 ва ПЗ-90 боғлиқлик параметрлари маълум. Шу билан бир вақтда ПЗ-90 ва WGS-84 нинг боғлиқлик параметрларининг бир неча вариантлари ҳам маълум. Ҳар хил вариантлар қўлланилганда объектларнинг Ер юзасида сийжиши 100м гача бўлиши мумкин, йирик масштаблар учун бу эса асло мумкин эмас. Боғлиқлик параметрларининг расмий эълон қилинишигача, фақат битта маълум вариантдан фойдаланиш билан бу масалани ҳал қилиш мумкин. Турли манбалардан маълумотлар олинганда, бир тизимдан иккинчи тизимга ўтадиган боғлиқлик параметрларини ҳам олиш керак.



10-расм. Бир тизимдан иккинчи тизимга ўтишни ҳар бир ўқ ( $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ ) атрофида айлангирилган ва масштабланган ( $dx, dy, dz$ ) векторига сийжиган координаталар боғлиқлигининг ифодиси сифатида тасаввур этиш мумкин (расмда Z ўқи атрофидаги айланмиш кўрсатилган)

$\vec{r}_{СК-42} = (X, Y, Z)^T_{WGS-84}$  векторини СК-42 тизимдан WGS-84 тизимга ўзгартириш учун урта операцияни амалга ошириш керак: кўчириш, буриш ва масштаблаштириш. СК-42 координата тизими боши WGS-84 да.

$$\vec{r}_{WGS-84} = \vec{r}_{СК-42} + \vec{T} \quad (1.7.1)$$

Бунда  $\vec{T} = (T_x, T_y, T_z)^T$  - 3x3 кўчиш матрицаси.

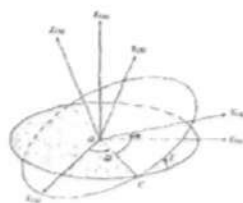
Бўрилиш вектори координаталарини ўзгартириш у координата тизимларининг бошини бирлаштиргач амалга оширилади.

$$\vec{r}_{WGS-84} = \vec{r}_{СК-42} \vec{R} \quad (1.7.2)$$

$\vec{R}$  - 3x3 ўлчамли бурилиш матрицаси.

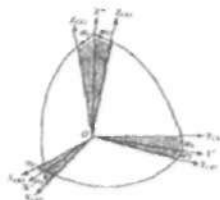
Кўпинча Эйлер (11-расм), ёки Кардано (12-расм), бурчакларини қўллаб бурилишлар учта айланишга бурилади. 11-расмда СК-42 ва WGS-84 нинг асосий текисликлари ОС чизиғи бўйича кесишади. Координаталарнинг ўзгаришида Эйлер бурчаги қўлланилганда куйидаги кўринишда бўлади:

$$\vec{r}_{WGS-84} = \vec{R}_3(\omega) \cdot \vec{R}_1(i) \cdot \vec{R}_3(\Omega) \vec{r}_{СК-42} \quad (1.7.3)$$



11-расм. Эйлер бурчаклари

Кичик айланиш векторлари  $\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T$  туфайли вужудга келган Кардано бурчаклари  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  билан координата тизимини ўзгартириш учта кетма-кет айланиш орқали амалга оширилади.



12-расм. Кардано бурчаклари

Уччала айланиш хосила сифатида ёзилади:

$$\vec{T}_{WGS-84} = \vec{R}_z(\omega_x) \cdot \vec{R}_y(\omega_y) \cdot \vec{R}_z(\omega_z) \cdot \vec{T}_{ck42} \quad (1.7.4)$$

Кичик айланиш бурчакларида  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$  тригонометрик функцияларини биринчи тартибдаги аъзоларни билиш ва матрицани кўпайтириш йўли билан Тейлор қаторига ёйиб қуйидагиларни оламиз

$$\vec{E} = \vec{R}_z(\omega_z) \cdot \vec{R}_y(\omega_y) \cdot \vec{R}_z(\omega_x) \cdot \vec{T}_{ck42} \quad (1.7.5)$$

Координаталар трансформациясида масштаблаштириш қуйидагидан иборат:

$$\vec{T}_{WGS-84} = (1 + \mu) \vec{T}_{ck42} \quad (1.7.6)$$

Битта эллипснинг узунлигини турли тизимларда бирлик нисбатини характерловчи кичик скаляр катталик  $\mu$  ёрдамида узунликнинг ҳамма йўналишида бир хил ўзгаришидан иборат.

Одатда  $\mu \leq 10^{-6}$  бирлигида берилади.

Тўғри бурчакли координаталарнинг кўчириш ёрдамида ўзгартирилиши, Кардано бурчагига бурилиши ва масштаблаштириш қуйидагича ёзилади:

$$\vec{T}_{WGS-84} = \vec{T} + (1 + \mu) \vec{E} \vec{T}_{ck42} \quad (1.7.7)$$

Бу ўзгариш Гельмерт ўзгариши ёки 7-параметрик ўзгариш ёки Евклид ўзгаришига ўхшаш ўзгариш дейилади, унга кирувчи трансформация параметрлари - вектор  $\vec{T}$  ва  $\vec{\omega}$  и скаляр  $\mu$  Гельмерт параметрлари дейилади.

3-жадвалда бир неча координата тизимлари орасидаги боғланишлар берилган бўлиб, улар турли муаллифлар томонидан ҳисобланган.

3-жадвал.

	$\Delta X, \text{м}$	$\Delta Y, \text{м}$	$\Delta Z, \text{м}$	$m$	$\omega_x, 0.001^\circ$	$\omega_y, 0.001^\circ$	$\omega_z, 0.001^\circ$
СК-42-WGS-84	-22.730	123.884	+83.807	$-4.24 \cdot 10^{-7}$	-0.108	-0.073	-0.019
ITRF90-WGS-84	0.060	0.517	-0.223	0.011	18.3	0.3	7.0
СК-42 - ПЗ-90	+25.0	+141.0	+80.0	0	0	-350.0	-660.0
СК-42 - WGS-84	-22.56	125.03	+87.20	0	0	0	0
ПЗ-90 - WGS-84	0	0	+1	0	0	0	-200.0
ITRF97 - ITRF93	0.006	-0.005	-0.015	0.0004	0.39	0.8	-0.96

Иккита қатор микдорлар 1-2 синф астроном-геодезик пунктлари (АГС) тенгламасига, космик (КГС) ва доплер (ДГС) геодезик турлар ва 136 умумер координата тизимлари пунктлари тенгламасига

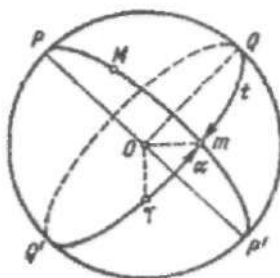
асослангандир. 3 жадвалда келтирилган ПЗ-90 ва WGS-84 орасидаги ўтиш параметрлари 1996 йил аниқланган бўлиб, улар жаҳон бўйича тан олинган ёки хал қилувчи ҳисобланмайди. Ҳозирги вақтда уларни аниқлаштириш ишлари олиб борилмоқда (GPS ва ГЛОНАССлардан биргаликда фойдаланишни ўрганувчи IGEX лойиҳаси чегарасида). WGS-84 (G730) WGS-84 (G873) ни амалга ошириш ITRF билан амалга оширилганда 10см аниқлик даражасида мос тушади. Буни амалга ошириш учун ҳеч қандай расмий ўзгариш параметрлари мавжуд эмас. ITRF координатлари WGS-84 да 10см аниқлик даражасида ифодаланган, деб тахмин қилиш мумкин.

### 1-боб бўйича назорат саволлари.

1. Инерциал координата тизими нимани англатади?
2. Астрономик ва геодезик координаталар орасидаги фарқ нималардан иборат?
3. Топоцентрик координата тизимининг маркази қаерда жойлашган?
4. Орбитал координата тизимининг маркази қаерда жойлашган?
5. Сунъий йўлдошларнинг орбитасида асосий элементлар нималардан иборат?
6. WGS-84 тизими қачон ишлаб чиқилган?
7. WGS-84 тизимининг параметрларини айтиб беринг.
8. ПЗ-90 тизими қачон ишлаб чиқилган?
9. ПЗ-90 тизимининг параметрларини айтиб беринг.
10. СК-42 тизими қачон ва ким томонидан ишлаб чиқилган?
11. Баъзи координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрлари номларини айтиб беринг.
12. Эйлер бурчакларини чизиб кўрсатинг.
13. Кардано бурчакларини чизиб кўрсатинг.
14. Масштаб коэффициенти деб нимага айтилади?

## II БОБ. ВАҚТ САНОҚ ТИЗИМИ

Осмон сферасининг ёрдамчи нуктасига нисбатан Ернинг ўз ўқи атрофида тўлик айланиб чиқиш вақти оралиги асосий вақт ўлчови бирлиги килиб олинади. Ёрдамчи нукталар сифатида  $\gamma$ -баҳорги тенг кунлик, Қуёшнинг кўринма диски маркази-ҳақиқий Қуёш ва ўртача экваториал Қуёш нукталари олинади. Вақт интервали ўлчовининг бошланиши килиб ҳақиқий астрономик меридиандаги осмон сферасининг ёрдамчи нуктасининг кульминация momenti олинади. Вақт интервали ўлчови – бу осмон сферасининг ёрдамчи нуктасини соат бурчаги  $t$  ни аниқлашдан иборат бўлиб, у ҳақиқий меридиан текислиги ва ёрдамчи нукта оғиш айланаси ўртасидаги икки қиррали бурчакка тенг.



13-расм. Юлдуз вақти  $s$  ва  $t$  ёритишнинг орасидаги боғлиқлик

Юлдуз вақти тизимини яратишда осмон сферасининг ёрдамчи нуктаси сифатида баҳорги тенг кунлик нуктаси  $\gamma$  олинади. Ўлчов бирлиги сифатида юлдуз суткаси олиниб, у кузатув жойи меридианидаги  $\gamma$  нуктасининг кетма-кет икки кульминацияси орасидаги вақт оралигидир. Юлдуз суткаси 24 юлдуз соатига тенг. Саноқ боши килиб  $\gamma$  нуктасининг юқори кульминация momenti олинади. Вақт интервали соат бурчаги  $\gamma$  билан ўлчанади.

$$s = t, \quad (2.1)$$

13-расмдан кўришиб турибди-ки, баҳорги тенг кунлик нуктасининг соат бурчаги қуйидагига тенг:

$$t_\gamma = s = \alpha + t \quad (2.2)$$



**Ёритгичнинг юқори кульминация momenti  $t=0$ , бунда**

$$s = \alpha \quad (2.3)$$

**Ёритгичнинг пастки кульминация momenti  $t=12$ , бунда**

$$s = \alpha + 12^h \quad (2.4)$$

Вақт ўлчови Куёшга нисбатан олинганда, ёрдамчи нукта сифатида Куёш дискининг маркази, яъни ҳақиқий Куёш олиниб, унда шу нуқтага нисбатан Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш саногли олинади. Кузатув жой меридианидаги ҳақиқий Куёш марказининг кетма-кет икки қуйи кульминацияси орасидаги вақт оралиғи олинади ва у Куёш суткаси дейилади. Ҳақиқий Куёш суткаси 24 ҳақиқий Куёш соатига тенг. Саноқ боши қилиб ҳақиқий ярим кеча- Куёш диски марказининг қуйи кульминация momenti олинади. Ҳақиқий Куёш вақти- Куёш марказининг соат бурчаги  $t_{\alpha}$  плус  $12^h$  билан ўлчанади. Ҳақиқий Куёш суткаси йил давомида Куёшнинг эклиптикада нотекис ҳаракати ва экваторга оғмалиги туфайли ўзгаради. Бундай ноқулайликни йўқотиш учун ўртача Куёш тушунчаси киритилади, яъни экватор бўйлаб текис ҳаракат қилувчи ва бир тропик йил давомида экваторни тўлиқ айланиб чикувчи ҳаёлий нукта олинади.

Тропик йил - ҳақиқий куёшнинг баҳорги тенгқунлик нуқтасидан икки марта кетма-кет ўтиш оралиғидаги вақтдир. Тропик йил 365.2422 ўртача куёш суткасига тенг. Ўртача куёш суткаси деб, берилган пункт меридианидан ўртача экваториал Куёшнинг икки марта кетма-кет қуйи кульминацияси оралиғида ўтган вақтга айтилади. Ўртача куёш суткаси 24 ўртача куёш соатиги тенг. Ўртача куёш суткаси бошланиши қилиб, ўртача ярим кеча олинган, у ўртача куёшнинг кульминация ҳолатидар. Ўртача куёш суткаси бошидан хоҳлаган пайггача ўтган ва ўртача куёш соатида берилган вақт соат, минут, секундларда берилса, ўртача куёш вақти дейилади ва  $m$  ҳарифи билан белгиланади. Ўртача куёш вақти шу берилган меридианда ўртача экваториал куёш соат бурчагига тенг бўлиб, у соатларда кўрсатилади ва  $12^h$  га оширилади.

$$m = t + 12^h \quad (2.5)$$

Юлдуз вақти  $s$ , ҳақиқий куёш вақти  $m_{\alpha}$  ва ўртача куёш вақти  $m$  Ер юзининг хоҳлаган нуқтасида мос равишда шу нуқтанинг маҳаллий

юлдуз, маҳаллий ҳақиқий қуёш, маҳаллий ўртача қуёш вақти дейилади.

Ернинг ҳар бир нуқтасида ўзининг маҳаллий вақти бор. Битта географик меридианда жойлашган нуқталарда бир хил физик пайтда аниқланган бир хил помли маҳаллий вақт бўлади. Турли географик меридианларда жойлашган бир хил физик моментларда аниқланган ер юзасидаги  $A$  ва  $B$  нуқталардаги бир хил маҳаллий вақт фарқини бир хил физик моментда кузатиш соат бурчаги ва ер юзи пунктидаги узоқлик фарқи боғлиқлигини жорий қилувчи теоремадан фойдаланиб олиш мумкин:

$$t_A - t_B = \lambda_A - \lambda_B \quad (2.6)$$

Вақтни ўлчашда ишлатиладиган нуқталарнинг соат бурчаги (2.7) формуласини қўллаб ва 2.2, 2.5 ва 2.6 формулаларини ҳисобга олиб қуйидаги формулани оламиз:

$$\left. \begin{aligned} S_A - S_B &= \lambda_A - \lambda_B \\ m_A - m_B &= \lambda_A - \lambda_B \end{aligned} \right\} (2.7)$$

Берилган меридиандаги маҳаллий юлдуз вақти ва маҳаллий ҳақиқий қуёш вақтини шу меридиандаги астрономик кузатиш натижаларидан оламиз. Гринвич меридиани географик узоқликлар санок боши бўлиб алоҳида мавқиега эга. Гринвич меридианидаги вақт катта ҳарф билан бошланиди:  $S_G$ -гринвич юлдуз вақти,  $M$  –гринвич ҳақиқий қуёш вақти,  $m$ -гринвич ўрта қуёш вақти. Гринвич ўрта қуёш вақти – дунё вақти дейилади ва у UT билан белгиланиди.

Ҳоҳлаган бошқа меридианда жойлашган пункт учун:

$$\left. \begin{aligned} s - S &= \pm \lambda \\ m - M &= \pm \lambda \\ m_0 - M_0 &= \pm \lambda \end{aligned} \right\} E_w \quad (2.8)$$

Ўзининг йиллик кўринма ҳаракати давомида Қуёш осмон сферасининг суткалик айланишига қарши юлдузларга нисбатан кучаяди. Юлдуз суткаси ўртача қуёш суткасидан  $4^m$  га кисқарок. Йил давомида ўртача экваториал Қуёшнинг кечикиши 24 юлдуз соатга, яъни 1 юлдуз суткасига тенг бўлади.

365.2422 ўртача қуёш суткаси = 366.2422 юлдуз суткасига

бундан: 1 ўртача куёш суткаси:  $365.2422 + 1/365.2422 =$  юлдуз суткасига ва 1 юлдуз суткаси  $366.2422 + 1/366.2422 =$  ўртача куёш суткасига тенг.

Куйидаги белгилашларни киргизамиз:

$$\frac{1}{365.2422} \mu \text{ ва } \frac{1}{366.2422} = \nu \mu = 0.0027379093, \nu = 0.00273043$$

Бунда 1 ўртача куёш суткаси  $= (1 + \mu)$  юлдуз суткасига 1 юлдуз суткаси  $= (1 - \nu)$  ўртача куёш суткасига тенг.

Бундан кўриниб турибди-ки, ўртача куёш суткаси юлдуз суткасидан тахминан 0.00274 юлдуз суткасига ёки  $3^m 56^s 555$  узунрок. Ўртача вақт бирлигидан юлдуз бирлигига ўтиш куйидагича бўлади:

$$s = m(1 + \mu) = m + t\mu \quad (2.9)$$

Бу ерда  $t\mu$  – ўртача куёш вақтидан юлдуз вақтига ўтиш редукцияси.

Юлдуз суткаси ўртача куёш суткасидан тахминан 0.00273 ўрта куёш суткасига ёки  $3^m 55^s 909$  га қисқа. Юлдуз бирлигини ўрта куёш бирлигига ўтказиш формуласи куйидагича бўлади:

$$m = s(1 - \nu) = s - s\nu \quad (2.10)$$

Бу ердас  $\nu$  - юлдуз бирлигидан ўрта куёш бирлигига ўтиш редукцияси.

Редукция  $t\mu$  ни ҳисоблашни енгиллаштириш учун «Астрономик йилнома»нинг (АЙ) IIa ва IIIa жадвалларидан фойдаланилади. АЙ да IIa жадвали 0.01, IIIa жадвали эса 0.001 аниқликкача тузилган.  $S\mu$ -редукция эса АЙ нинг IIb, IIIb, жадвалларидан 0.<sup>o</sup>01 и 0.<sup>o</sup>001–0.<sup>o</sup>0001 аниқликкача олинади.

Ўртача куёш суткасининг бошлангич пайтида  $0^h$  ўртача куёш суткаси юлдуз вақти  $0^h$  га тенг бўлмагани учун ўртача куёш вақтидан  $m$  дан юлдуз вақти  $s$  га ўтиш куйидаги формула билан ифодаланади

$$s = s_0 + m + t\mu \quad (2.11)$$

бу ерда  $s_0$  -  $0^h$  даги ўртача куёш вақтидаги юлдуз вақти ёки маҳаллий ўртача ярим кеча

$$s_0 = S_0 \pm \lambda\mu \quad (2.12)$$

$S_0$  - ўртача Гринвич ярим тундаги юлдуз вақти, яъни дунё вақтидаги АЙда «юлдуз вақти» жадвалда ҳар қуни учун берилади.

Гринвич меридиани учун ёзамиз:

$$S = S_0 + M + M\mu \quad (2.13)$$

$S$ – $M$  моментга мос гринвич юлдуз вақти,

$S_0$ –ўрта гринвич ярим кечасидаги юлдуз вақти,

$M$ –дунё вақти,

$M\mu$ –дунё вақтининг юлдуз вақтига редукцияси.

Маҳаллий юлдуз вақтини ўрта куёш вақтига ўтказилиши куйидаги формула билан амалга оширилади:

$$m = (s - s_0) - (s - s_0)v \quad (2.14)$$

$(s - s_0)$  маҳаллий ярим тундан  $s$  берилган моментгача ўтган вақт оралиғи бўлиб,  $v$  вақтининг юлдуз бирлигида ифодаланган,  $(s - s_0) \cdot v$  – вақтининг юлдуз бирлигидан ўртача бирлигига ўтиш редукцияси.  $s_0$ – 2.14 бўйича ҳисобланган маҳаллий ярим тундаги юлдуз вақти.

Гринвич меридиани учун ёзамиз:

$$m + (S - S_0) - (S - S_0)v \quad (2.15)$$

Маҳаллий куёш вақтининг қўлланилиши ҳар бир  $\lambda$  узунликдаги меридианда ўз вақти бўлишини таъминлайди. Амалда қулай бўлиши учун Ер шари ҳар  $15^\circ$  да географик узоклик бўйича 24 бўлакка бўлинади.  $n$  номерли ( $n$  0–23 гача ўзгаради) ҳар бир бўлак(пояс) ичида соат бир хил пояс вақтини- шу меридиан поясининг ўртасидан ўтувчи географик меридиан вақтини кўрсатади.

Ғарбдан шарққа қараб поясдан-поясга ўтганда чегарадан ўтиш билан вақт 1 соатга сакраб ўтади. Нуль пояс қилиб Гринвич меридианидан узоклик бўйича  $\pm 7,5^\circ$  бўлакда жойлашган пояс олинган. Бу поясининг вақти-Гринвич ёки Дунё вақти дейилади. 2 пунктнинг пояс вақтларининг фарқи, уларнинг соат пояслари фарқига тенг бутун сон бўлади.

$$T_{n2} - T_{n1} = n_2 - n_1 \quad (2.16)$$

Бундан бирор шарқий узоклик  $\lambda_E$  даги пунктнинг пояс вақти

$$\left. \begin{aligned} T_n &= M + n \\ T_n &= m - \lambda + n \end{aligned} \right\} \quad (2.17)$$

1930 йил 16 июлда собиқ Иттифокда соат миллари пояс вақтига нисбатан 1 соат олдинга сурилган. Бундай вақт декрет вақти деб олинган  $D_n$ .

$$D_n = T_n + 1^h = M + (n+1) = m - \lambda + (n+1) \quad (2.18)$$

1981 йилдан ёзги вақт тушунчаси киритилди. Бунда март ойининг охириг яқшанбасида соат миллари декрет вақтига нисбатан 1 соат олдинга сурилади. Октябрь ойининг охириг яқшанбасида эса яна 1 соат орқага қайтарилади. Буни ҳисобга олиб декрет вақтини қуйидаги формула билан ҳисоблаш мумкин:

$$D_n = T_n + k = M + (k+1) = m - \lambda_E + (n+k) \quad (2.19)$$

бу ерда  $k+1$ -агар қиш вақти бўлса ва  $k+2$  – агар ёз вақти бўлса. 2011 йилдан ёзги вақт Россияда бекор қилиниб, соат пояслари ўзгартирилди. Демак, бизнинг соатлар «ўртача куёш декрет вақтини мос соат поясларида кўрсатади».

Ўзбекистон Республикаси ҳудудида ягона вақт тизими-ўртача куёш вақти қабул қилинган, у Москва вақтидан 1 соат, Гринвич (GMT- Гринвич ўртача вақти) вақтидан 5 соат олдинда юради.

Сунъий йўлдош ўлчовларида вақт санок бирлиги 2 гуруҳга бўлинади: астрономик ва ноастрономик. Ернинг ўз ўқи атрофида тўлик айланиши вақт бирлиги суткаси 86400 сек, яъни асосий астрономик вақт бирлигини беради. Ернинг айланиши бирор юлдуз ёки Куёш марказига нисбатан ҳисобланади. Ернинг бирор юлдузга нисбатан ўз ўқи атрофида айланиб чиқиши юлдуз суткаси дейилади. Ер айланишларини бош санок индекси қилиб, юлдуз ўрнига баҳорги тенг кунлик нуктаси олинади. Санок нуктасидан ҳисобланган вақт юлдуз вақти дейилади. Аслида берилган меридианда ўлчанган вақт шу меридианнинг маҳаллий вақти дейилади.

Ернинг Куёш маркази йўналишига нисбатан ўз ўқи атрофида тўлик айланиб чиқиши ҳақиқий Куёш суткаси дейилади. Унинг ҳисоб боши қилиб ярим тун олинади. Ҳақиқий Куёш вақт ўлчов бирлиги асосий талабларидан бирига жавоб бермайди. Йил давомида Ернинг Куёш атрофида нотекис айланиши ва орбитасининг осмон экваторига нисбатан оғмалиги туфайли сутка турли узунликларда бўлади. Фарқ

50 сек гача бориши мумкин, шунинг учун асосий вақт бирлиги қилиб ўрта куёш вақти олинади. У «Ўртача Куёш» деб тасаввур қилинган-гипотетик нуктадан ҳисобланади ва орбита бўйлаб текис ҳаракат қилади, деб қабул қилинади. «Ўртача Куёш» экватор бўйлаб, ҳақиқий Куёш эклиптика бўйлаб айланиш вақтига тенг вақтда айланиб чиқади ва баҳорги тенг кунлик нуктасидан ҳақиқий куёш ўтган вақтда ўтади. «Ўртача Куёш»нинг жойдаги меридиандаги куйи кульминацияси оралиғидаги вақт шу жойнинг ўртача Куёш вақти ёки ўртача вақт дейилади. 24 соат юлдуз вақти тахминан 23с 56мин 4.09сек ўртача вақтга тенг. Гринвич меридианининг ўртача куёш вақти Дунё вақти UT (Universal Time) дейилади. Бу вақт йил, ой, сана, соат, минут ва секунддан иборат.

Биринчи учта катталик умумий (Григорян) календари бўйича ҳисобланади, қолганлари Гринвич меридианидаги маҳаллий ўртача вақт билан ўлчанади. Бу тизим 1928 йил Халқаро астрономик кенгашининг III Бош ассамблеяси томонидан киритилган. Дунё вақти «Ўртача Куёш»нинг 12 соатга оширилган соат бурчаги билан ўлчанади.

Қутблар ҳаракати меридиан ҳолатларини ўзгартиргани туфайли галактикувчи факторларнинг даражасини ҳисобга олиб куйидаги дунё вақти тизимлари фаркланади:

UT0-кундалик астрономик ўлчовлар натижасида олинган ва Гринвич меридиани тузатмаси билан аниқлаштирилган дунё вақти.

UT1- қутблар ҳаракати ҳисобга олинган Гринвич меридиани дунё вақти. Бу вақт кундалик ҳаётда асосий вақт ўлчовидир.

UT2 - UT1 дан мавсумий тузатмалари билан фарк қилади.

UT1R-UT2 дан сув кўтарилишлари тузатмаси билан фарк қилади.

Ернинг нотекс суткалик ҳаракати туфайли юлдуз ва куёш суткалари озгина ўзгаради. Аниқ ҳисоб-китоб учун текис ўтувчи вақт-эфемерид ET (ҳисоблаб чиқарилган) вақт киритилган, бунда вақт ўлчови бирлиги-эфемерид секунди – 1900 йилнинг 1 январь кунининг ўртача доимийлигининг  $1/86400$  қисми олинган.

Эфемерид вақти тизими UT ой кузатувларидан ҳисобланган тузатмаларни киритиш йўли билан олинган. 1986 йилдан бошлаб кўпинча Астрономик йилномаларда аргумент сифатида ер динамик вақти TDT қўлланилади. TDT вақт тизими Куёш, Ой ва планеталарнинг ҳаракати назариясига асосланган TDT йўлдошлар эфемеридани аниқлашда қўлланилади.

Барқарор атом частота(вақт) эталонларининг яратилиши ноастрономик вақт ўлчаш усулига ўтиш ва Ернинг айланишига боғлиқ бўлмаган, эфемерида вақтига яқин бўлган, сунъий вақт ўлчов бирлигини киритиш имконини берди. 1967 йилдан бошлаб ўлчов ва оғирлик XIII Бош конференцияси томонидан вақт бирлиги ўлчови қилиб Атом секунди қабул қилинди. Цезий-133 атомининг асосий ҳолатининг ўта назик тузилмалари босқичлари орасидаги энергетик ўтишлар резонанс частотасига мос бўлган ва 9192631 770 содир бўлган тебранишлар вақт оралиғи-Атом секунди дейилади.

Атом секунди атом вақти АТнинг асосий шкаласи бўлиб, ҳозирги СИ тизимида вақт бирлиги сифатида қабул қилинган (эфемерида секунди ўрнига). Турли атом вақти эталонларининг ўртача кўрсаткичлари Халқаро вақт бюросига ВНИ (Bureau International de l'Heure) халқаро атом вақти шкаласини (даражасини) ТАИ яратиш имконини берди.

АТ ва UT1 лар тизимининг фарқи катта бўлмаслиги учун, яъни 0.9 секунддан ошиб кетмаслиги учун АТ шкаласи даврий равишда тузатилади. Бундай тузатилган атом вақти тизими—дунё координировка қилинган вақт - UTC дейилади. UTC сигналлари радио хабарларида берилади. ТАИ ва UTC фарқи 1 январь 1990 йилда +25 с эди. UTC нинг афзаллиги атом вақтига хос бўлган шкаланинг юқори текислиги ва қуёш вақтига хос бўлган табиий жараёнга (қув чиқиши ва ботиши) осон боғланишидир.

Пояс вақти ZT дунё вақти UTга мос равишда йил, ой ва саналарни ўз ичига олади. Соат, минут ва секундлар эса  $ZT=UTC+\Delta n$ , ( $\Delta n$ -соат пояси номери) формуласи орқали кўрилатган соат пояси марказий географик меридианининг маҳаллий ўртача вақти каби ҳисобланади. Кўпгина мамлакатларда пояс вақти 1984 йилдан киритилган: Россияда-1919 йилдан. Бунда Ер шари 24 соат поясига бўлинган бўлиб, уларнинг марказий меридианлари узоклик бўйича  $15^\circ(1\text{соат})$  га фарққилади. Пояс вақтининг афзаллиги шундаки, кундалик ҳаётда фойдаланишга қулай бўлиб, параллел бўйича ҳаракатланганда вақтни қайта-қайта аниқлашнинг ҳожаги бўлмайди.

Кўриб чиқилган тизимларда вақтнинг берилган пайтларини тўлиқ белгилаш ҳар доим ҳам қулай эмас, чунки бунда камида тўртта сондан-йил, ой, сана ва соатлардан фойдаланилади ва улар ўн бутун аниқликкача кўрсатилади. Шунинг учун амалда юлиан даври деб аталувчи санок тизимидан фойдаланилади. Унинг қулайлиги шундаки, ўтаётган вақт кунларда ҳисобланади (ўртача қуёш суткаси; 0.1

аникликкача). Бу даврда барча кунлар қабул қилинган календардан, йилдан ва ойдан қатъий назар тартиб бўйича белгиланган.

Юлиан кунлари деб аталган JD (Julian Date) – кунлар ҳисоби, эрамыздан аввалги 4713 йил 1 январь кун ярмидан (юлиан даврининг боши) то берилган моментгача олинади. Юлиан даврининг умумий узунлиги 7980 йилдир. Юлиан юз йиллиги 36 525 ўртача қуёш суткасида иборат. Бу санок тизимидаги вақтнинг хоҳлаган моменти шундай сон билан ифодаланадики, бунда бутун қисм-охирги ўрта гринвич пешини (ярим кун) гача ўтган юлиан кунлари; қаср қисми эса шу пешиндан кўрилатган моментгача ўтган ўртача қуёш суткасини билдиради. Масалан, юлиан даврида  $9^{\circ} 48''$  1 январь 1985 йил Москва вақти 2446066.783 333 JD сони билан ифодаланади.

Янгиланган юлиан санаси MJD (Modified Julian Date) JD дан 2 400 000.5 суткани айириш билан олинган. Бунинг натижасида MJD да сонлар қамроқ ва санок ярим тундан бошланади.

Қабул қилинган календарнинг юлиан санасига ўтказилиши ҳисоблаш формуллари ёки справочник ва жадваллар орқали амалга оширилади.

GPS ва ГЛОНАСС ўзининг хусусий атом вақтига асосланган вақт тизимида иш олиб боради. Вақт шкаласининг санок боши тизимнинг инициализация пайтига боғланади. Масалан, GPS (вақт GPS-GPST) вақт тизими саногини 0<sup>h</sup> 6 январь 1980 дан бошланади ва TAI вақтидан 19<sup>s</sup> га кам. GPS учун қуйидаги бирликлар мавжуд:

GPS-ҳафта–тизимнинг инициализация моментидан ўтган ҳафталар сони. GPS-ҳафталар саногини шанба ярим кечасидан якшанбага ўтиш вақтидан бошланади. GPS-кун –GPS-ҳафта чегарасидаги кун номери (0 дан 6 гача). GPS-секунд – GPS-ҳафта чегарасидаги секундлар сони.

## 2-боб бўйича назорат саволлари.

1. Юлдуз вақти нима? Таърифини келтиринг.
2. Ўртача қуёш вақти деб нимани тушунамиз?
3. Вақт бурчаги деб нимага айтилади, таърифини келтиринг.
4. Балад ва паст кульминация- булар нима?
5. Ўрта гринвич ярим кечасидаги юлдуз вақти нимага тенг?
6. Маҳаллий ҳақиқий қуёш вақти нечага тенг?
8. Пояс вақтини қандай тушунасиз.
9. Дунё вақтлари UT,UTO,UT1,UT2,UTC нима?
10. Атом вақтини (AT) изоҳлаб беринг.



### III БОБ. СУНЬИЙ ЙЎЛДОШНИ КУЗАТИШ УСУЛЛАРИ

Бундан 50 йил аввал биринчи суний йўлдош Ер орбитасига чиқарилди, ҳозир уларнинг сони бир неча мингдан ошиб кетди, яна бир неча мингга бу вақтга келиб йўқ бўлиб кетди. Кўпчилик космик аппаратлар Куёш тизимини кесиб ўтувчи кометалар орбитасига ўхшаш орбиталарга чиқарилган.

Геодезия ҳам илмий фан сифатида ўзининг илмий ва амалий масалаларини ечишда космик объектлардан фойдаланади, чунки геодезия геоцентризм давридаёқ Ерга Куёш тизимининг планетаси сифатида қараган. Ерни глобал ўрганиш ғояси Коперник таълимотидан аввалроқ бошланган эди. Шунинг учун Ер ҳақидаги фан энг қадимги фан бўлган геодезия, инсонни космосга чиқишидан аввал етилган фикр ва усулларини амалга оширишда бу билан катта имкониятларга эга бўлди.

1768 йилда буюк математик Л.Эйлернинг ўғли И.Эйлер бир меридианда жойлашган, маълум астрономик координаталарга эга пунктларда Ойнинг зенит масофасини бир вақтда ўлчаш орқали Ер эллипсоиднинг параметрларини аниқлаш назариясини ишлаб чиққан эди. У бу назариянинг устунлиги ва камчилигини ҳам кўрсатди, натижада Ердан Ойнинг узоклиги туфайли олинган ҳулосалар унчалик ишонарли эмаслигини таъкидлади. Шу билан бирга у агар Ой Ерга яқинроқ бўлганда, ёки Ерга яқинроқ бошқа объект бўлганда унинг Ер шаклини аниқлаш методи триангуляция методига нисбатан аниқроқ ва қулайроқ бўлишини айтиб ўтди.

И.Эйлернинг бу иши йўлдош геодезиясининг геометрик методларини мужассам этиб, геодезия масалаларида Ер атрофидаги осмон jismlарини кузатиш усули устунлигини кўрсатади. II.Ланкас йўлдош геодезиясининг асосий ғоясини жуда яхши тушуниб, уни аниқ ифодалагани ҳақида юқорида гапириб ўтилди.

Қандай қилиб бу ғояларнинг космик геодезия методларига айланганини кўришдан аввал, маълумот олиш учун кузатиладиган объектлар билан, шунингдек, табиий васунъий объектларни кузатиш методлари билан танишиб чиқишимиз керак. Бунда дастлаб ЕСЙлари орбиталари параметрлари ва йўлдошлар хусусиятлари диапазони жуда катта эътиборга эга. Ер сунъий йўлдошлари  $0^{\circ}$  (экватор)дан  $90^{\circ}$ гача ва ундан кўпроқ (кутб олди) оғинили орбиталарда ҳаракатланадилар. Йўлдош орбиталари эксцентриситети  $O$  дан (айлана орбитада)  $0,975$  гача ўзгаради. ЕСЙ Ер атрофини 80 минутдан

24 соатгача айланиб чиқади, демак уларнинг орбитасининг баландлиги 200 дан 35000 км гача ўзгаради.

Сунъий йўлдошлар бир-бирдан қандай мақсадларла учирилганлиги ва бортидаги аппаратлари параметрлари билан фарк қиладилар. Уларнинг кўриниши турли-туман бўлиб, хашоратларни эслатувчи (хар томонга тармоқланган Куёш батареялари туфайли) сунъий йўлдошлар, баллонга ўхшаш, 41,2 метр диаметрда 256 кг массага эга бўлган “Эхо-2” йўлдоши (ўртача кесишиш майдонининг йўлдош вазнига нисбати-муҳим параметр бўлиб, у бу йўлдошларда  $50 \text{ см}^2/\text{г}$ ), ёки пушка ядросига ўхшаш, оғирлигига нисбатан ўлчами кичик (Лагос –  $0.07 \text{ см}^2/\text{г}$ ) ЕСЙлари ажратилади.

Сунъий йўлдошларни геодезик мақсадларда кузатишдан ташқари, Ердан узоклашаётган аппаратларни кузатишда ҳам фойдаланилади (масалан, Венера, Маринер ва бошқ.). Геодезиянинг космик методлари ривожланишида Ойнинг юзасига ўрнатилган бурчакли кайтаргичлар ёрдамида лазер кузатишлари алоҳида ўрин тутди. Бунда Ойга Ердан бошқариладиган “Луноход”ларнинг чиқарилиши муҳим роль ўйнади. Ниҳоят, энг кизик объектлар бўлмиш квазарлар кузатуvidан ҳам геодезияда фойдаланилади.

Ҳозирги пайтда кузатиш методлари ўлчаш бажариладиган элекромагнит тебранишлар диапазониға қараб, оптик ва радиотехник усулларға бўлинади. Оптик методда йўлдошни юлдузлар фонида олинган суратиға қараб учиш йўналиши аниқланади. Оптик методға яна йўлдош узоклигини лазерли узокни ўлчагичлар билан аниқлаш ҳам қиради. Радиотехник методда геодезик масалаларни ечишда дифференциал ва интеграл доплер методлари ва узокликни фаза орқали ўлчаш методи қўлланилади. Доплер методи дастлаб сунъий йўлдош орбитасини унчалик аниқ бўлмаган ўлчашларда фойдаланган эди, ўлчашларнинг аниқлиги ошгани ва муқаммалашгани туфайли бу метод навигация ва геодезияда қўлланила бошланди.

Ернинг сунъий йўлдошини кузатиш ҳар бир методининг ўзига яраша камчилиги ва устиворлиги бор. Радиотехник методининг энг муҳим томони - ҳар қандай об-ҳавода ва куннинг хоҳдаган вақтида ўтказилиши мумкинлигидир. Оптик метод об-ҳавоға боғлиқ ва Ер сунъий йўлдошини фақат эрталаб ва кечкурун Ер юзи қоронғу бўлиб, йўлдош эса горизонтдан баландда бўлиб, Куёш нурлари билан ёритилган вақтда кузатиш мумкин. Аниқликни ошириш нуқтан назаридан қаралганда фотографик методнинг имкониятлари чегараланган, доплер методи эса фотографик методдан устунроқдир. Истикболли методлардан бири – бу лазер методи бўлиб, ниҳоятда

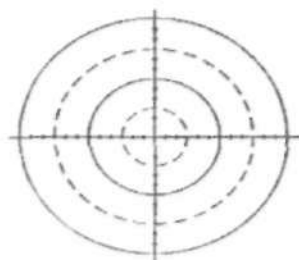
катта аниқлиги туфайли фойдаланилади. Ҳозирги вақтда барча медотлар бир-бирига ҳалакат бермайди, балки бир-бирини тўлдиради. Бундан ташқари, геодезик масалаларда бошқа космик объектлар – сунъий ва табиий объектларни кузатишда радиотехник ва шунингдек, лазер методларидан фойдаланилади. Ернинг сунъий йўлдошлари ва бошқа осмон жисмларининг ҳаракатини геодезия максалларида кузатиш методларини кенгрок кўриб чиқамиз.

### 3.1. Ер сунъий йўлдошларини кузатишнинг оптик усули

Ернинг сунъий йўлдошларини визуал кузатиш усулида қуйидаги асбоблар ишлатилади:



14-расм. АТ-1 (астрономик труба 1)



15-расм. АТ-1нинг кўриш трубаси иллари

АТ-1 унча катта бўлмаган кенг бурчакли, кўриш диаметри 50 мм бўлган телескоп бўлиб, кўринма майдони  $11^\circ$  ва у тасвири 6 марта катталаштириб беради. Кўриш майдонида  $1^\circ$  интервалли ҳалқалар тизими бўлиб, иллари  $20'$  бўлинмага эга.



16-расм. ТЗК



17-расм. БМГ110

ТЗК (Командир зенит трубаси) техник характеристикалари: 8 марта катталаштиради. Кўриш майдони бурчаги  $6^\circ$ , кўриш диаметри 3 мм, разрешениyasi  $8''$ , окулярнинг диоптрия қурилмаси +5; ўлчамлари  $-396 \times 423 \times 438$  мм, оғирлиги 16,5 кг.

БМТ-110 (Бинокляр денгиз трубаси) катталаштириши 20 марта, кўриш майдон бурчаги  $5^\circ$ , рухсат этиш қобилияти 2,6 секунд, чиқиш қорачиқ узоклиги 17 мм, чиқиш зрачоги диаметри  $5,5 \pm 0,3$  мм, окулярнинг диоптрияси  $\pm 3$ ; окулярлар орасида масофанинг ўзгариши 50 мм дан 72 мм гача. Ёруғли кўтказиш 50%, визирлаш горизонт бўйича чегарасиз  $-360^\circ$ , вертикал бўйича  $-20^\circ$  дан  $+85^\circ$  гача. Биноклярнинг горизонтал ҳолатида труба ўлчамлари узунлиги 700 мм, кенлиги 530 мм, баландлиги (ҳамма ҳолатлар учун) энг ками 1715, энг кўпи 2045.

### 3.2. Кузатишнинг фотографик усулари

Йўлдош фотографик камераси – Ернинг сунъий йўлдошларини кузатишнинг фотографик телескопи. Бошқа фотографик телескоплар туридан фарқ қилиб, йўлдош фотокамералари кузатиш пайтини аниқ регистрация қилиш ускунаси билан жиҳозланганлигидир. Йўлдошлар унча ёруғ бўлмаган объектлар бўлгани учун фотоэмульсия қорайиши учун экспозиция катта бўлиши керак (секунд, баъзида минутла). Тез ҳаракатланаётган йўлдошнинг тасвири фотоэмульсияда чўзилиб кетмаслиги учун йўлдош фотокамераларидаги фотоленкалаи кассета йўлдош тасвири кегидан ҳаракатланади. Бу фотокамераларнинг иккинчи хусусиятидир.

Йўлдош фотокамераларининг бошқа турларида йўлдош тасвири бутун камеранинг айланиши ҳисобига (кузатиб бориши) фотоэмульсияни бир жойида ушлаб турилади. Бунинг учун камера монтировка (штатив) билан таъминланади ва у 3-4 айланиш ўкига эга бўлиб, бундай монтировка камерани йўлдошга осонликча тўғирлаш имконини беради. Обсерваторияларда стационар шароитда ва экспедицияларда кузатишга мосланган турли конструкцияли йўлдош фотокамералари ишлаб чиқилган.

Объект йўналишини аниқлаш принциплари - йўлдошли ва классик фотографик астрометрияларда бир-бирига мос тушади. Ернинг сунъий йўлдошнинг йўналишини аниқлашда осмон координаталари аниқ бўлган таянч осмон юлдузларидан фойдаланилади. Ер сунъий йўлдошларини кузатишнинг асосий фарқи ва қийинлиги - уларнинг катта бурчак тезлигига эга эканлигида бўлиб, бу йўлдош астрометриясининг алоҳида фотографик

астрометрия шаҳобчасига бўлинишига сабаб бўлди. Шунинг учун объектнинг йўналишидан ташқари унинг суратдаги тасвирига мос вақт моментини аниқлаш зарурияти келиб чиқади.

Вақтни регистрацияси аниқлигига бўлган катта талаб (0,0005 с) фотография ускуналарига, уларни сақлаш усулларига ва Ер сунъий йўлдошини кузатиш стационаридаги вақтнинг аниқлинишига ўзгача талаб қўйишга мажбур қилади. Бу масалани мураккаблаштирмай шуни айтиш мумкин-ки, йўлдош фотокамераларининг уларга қўйилган узлуксиз ҳаракатланувчи обтуратор затвори ва фотопленкада хира Ер сунъий йўлдошини изловчи тизими мавжудлиги каби хусусиятлари борлигидир. Обтураторли затвор Ер сунъий йўлдошлари тасвирини катор нукталар кўринишида ёки Ер сунъий йўлдош ҳаракат йўлидаги қисқа ўзилишлар кўринишида олиш имконини беради. Хира сунъий йўлдош ҳаракати камеранинг ёки фотопленканинг орбита ўқиға нисбатан бурилиши Ерни сунъий йўлдоши ҳаракати бўйича изланади. Ер усти объектларида эса камера турғун бўлади ёки юздузларга нисбатан олинади. Фотографик методларни ривожланишида фаол Ерни сунъий йўлдошлари алоҳида ўрин тутади, уларга ўзига хос лампалар ўрнатилган бўлиб, белгиланган фаолиятга мувофиқ нур чакнашларининг маълум программаси бўйича амалга оширилади. Бундай “маяк”лар геодезик Ер сунъий йўлдошлари “Геос-1” ва “Геос-2”ларга ўрнатилган эди. Фаол Ер сунъий йўлдошларнинг суратга олиниши Ер сунъий йўлдошларнинг йўналишини аниқлашда энг катта аниқликни беради. Фотографик камералар устида узок олиб борилган тадқиқотлар натижасида Ер сунъий йўлдоши йўналишини аниқлайдиган энг катта аниқлик битта суратда ҳозирги вақтда 0,5” (кўпчилик камералар учун бу аниқлик 1-2” орасида), хира Ер сунъий йўлдоши учун эса 2-3” га тенг бўлди.

Регистрация пайтини қилиш аниқлиги техник сабабларга боғлиқ ва у кўпчилик камералар учун 0,1-0,5 мсга тенг. Яна шундай бир сабаб бор-ки, бу вақтнинг эталон тизими билан камера соатларининг бир-бирига мослашиши бўлиб, у кўпинча 1 мс ҳатоликда бўлиши мумкин.

Охириги кузатиш натижаларидан бундай ҳатолар Ер сунъий йўлдошининг орбитаси ҳолатини аниқлашда бир неча метрғача етиши мумкинлиги билинди. Ҳозирги геодезик талаблар учун бунга йўл қўйиш мумкин, лекин келгусида бунга йўл қўйиб бўлмайди. Шунинг учун йўлдош геодезиясининг фотографик методи классик метод

ҳисобланиб, асосан геометрик масалаларни ечишда, масалан, йўлдош триангуляция тўрларини куришда қўлланилади.



18-расм. АФУ-75 (Автоматлаштирилган фотографик асбоб)

АФУ-75 автоматик қидирув камераси фаол Ерни сунъий йўлдошлари чакнашларини регистратсия қилади ва 8-9 юлдуз катталигидаги хира Ер сунъий йўлдошларини юқори аниқликда суратга олади (объективи диаметри 210 мм, фокус масофаси 750 мм).

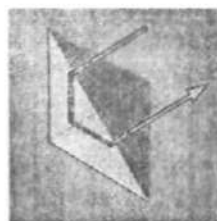
Собиқ Иттифоқда АФУ-75 йўлдош фотокамерасидан геодезик ва геофизик тадқиқотларда фойдаланилган. У тўрттўкли монтировка, хира йўлдошларни кузатувчи фотоплёнка, ҳаракатланувчи механизм-экваториал платформа билан таъмишланган бўлиб, бу механизм суратга олиш давомида камерани кутб ўқи атрофида айлантиради (бу нарса юлдузлар тасвирини нуқта сифатида олиш учун зарур). Камера объективи диаметри 210 мм, фокус масофаси 736 мм. АФУ-75 фотокамераси собиқ Иттифоқдаги фотографик станцияларида, шунингдек, собиқ Иттифоқ ФА дастури бўйича ишлаётган чет эл мамлакатларида ҳам ўрнатилган.



19-расм. ВАУ йўлдош камераси

Собик Иттифокда учўкли штативга ўрнатилган, юкори кўриш қобилиятига эга бўлган катта йўлдош камераси (ВАУ) яратилди. Унинг кўзгу-линзали объективи совет оптиги Д.Д.Максудов томонидан яратилган. Бош кўзгунинг диаметри 107 см, кириш тўйнуғи ва коррекция линзасининг диаметри-70 см, фокус масофаси 70 см. Сурат 6х36 см узун фотоленкада олинади. Суратга олишда бир нуктадан иккинчи нуктага ўтиш олдиндан берилган дастур бўйича автоматик равишда бажарилади. Хира объектлар учун камеранинг учинчи ўқ атрофида айланиш тезлиги 0" дан 6000" секундгача.

ВАУ дунёдаги энг катта фотокамера бўлиб, жуда хира йўлдошларни ва планеталараро станцияларни ўн минглаб км.дан суратга олиш имконини беради. Бундай камералар билан собик Иттифок ФА Астрономия иттифоқи Звенигород экспериментал йўлдошларни кузатиш станцияси ва Душанбадаги Тожикистон ФАнинг астрофизика институти обсерваториялари жиҳозланган. Йўлдошнинг лазерли узокни ўлчагичи-бу ЕСИҒача масофани ўлчайдиган астрономик асбобидир. Йўлдош лазерли узокни ўлчагичининг ишлаш принципи- ўлчагич юборган ёруғлик импульси йўлдошга бориб ва ундан яна ўлчагичга қайтишга асосланган (19-расм).



19а-расм. Узокни ўлчагичдан юборилган импульс

Ёруғлик тезлиги маълум бўлгани учун бу йўл билан ўлчанган йўлдошгача бўлган масофа аниқ топилади.

Кузатилаётган йўлдош тез ҳаракат қилади, шунинг учун жуда катта аниқликда ўлчанган ҳар бир масофага кузатув бажарилган вақт моменти ҳам аниқ ўрнатилиши керак (миллисекунд улушигача). Бу аниқ вақт кварц соатлари орқали амалга оширилади. Ингичка, жуда қисқа ёруғлик нури квант (лазер) генераторидан йўлдошга томон узатилади. У йўлдошнинг бурчак қайтаргичидан қайтади, призманинг 3та ички қиррасидан қайтган нур ўз йўналишини қарама-қарши томонга ўзгартиради. Бунинг натижасида йўлдошдан қайтган нур узокни ўлчагичда қабул қилинади. Лазерли ўлчагичда вақт интервали

хисоблагичи бўлиб, у асбобдан нур чиққанда ёқилиб, кайтганда ўчади. Лазер асбобида вақт оралиғи 1:1000000000 с (наносекунд) аниқликгача ўлчанадиган вақт хисоблагичи ишлатилади. Натижада йўлдошгача бўлган масофа 10–15 см аниқликгача ўлчанади.

Бу принцип оддийдек кўринса-да, аслида ўлчаш ишлари осонликча кечмайди. Йиллаб олиб борилган назарий тадқиқотлардан кейингина лазер ўлчагичларидан олинган масофа ҳозирда 1-2 дм аниқликни берди. Бунинг учун асосий хатоликлар манбаи – атмосфера таъсири, нур йўлидаги бузилишлар ва ускунадаги кечикишлар сабабларини топиш керак бўлди. Агар геодезистлар учун атмосфера рефракцияси ва ўлчанаётган масофа узоқлиги туфайли ҳисобга олинмаган сабаблар (рефракция коэффициентини ўзгариши, ёруғлик нурининг оғиши) киймати 1-2 см лиги маълум бўлса, дастлабки лазерлар қайтаётган нурининг сусайиши ва бузилиши туфайли хатолик 1 – 1,5 м гача бўлади. Бу аниқлик фотографик ва радиотехник методларга нисбатан юқори даражадаги аниқлик бўлсада, аммо бу натижалар геодезик (асосан геодинамик) мақсадларда яқин келажакда фойдаланиш учун қоникарли эмас. Факат лазернинг мукаммаллаштирилиши – унинг қувватини ошиши, янада мукаммалроқ қабул қилиш ускуналари (фото кўпайтиргичлар) яратилиши ва бошқа техник ишланмалар эвазига аниқлик дециметр даражасига чиқди.

Муҳандислик масаланинг ечимини талаб этадиган асосий масала–бу қабул қилгичга тушаётган нур объектдан қайтарилган нурми ёки бегона нурми? Бунинг учун юборилаётган импульс маълум амплитуда ва шаклга эга бўлиши керак, аммо нур объектга бориб қайтаётганида, бундай хусусиятини ўзгартиради. Шунинг учун лазерли ўлчашларда космик объектларнинг ҳолати импульс тушиши моментидан олдин ҳисоблаб чиқилиши муҳим роль ўйнайди. Космик объектнинг маълум элементлари орқали олдиндан ҳисобланган вақт ҳисоби “старт” (бошланиш) дан бошланиб “стоп” (тўхташ) моментиди тўхтайди.

Лазерли ўлчагичнинг аниқлигини оширишда қираётган нурни диафрагмалаш бошқа ёруғликларнинг зарарли таъсирини камайтиради. Асбобда кечикишлар ҳисобига бўладиган доимий ускуна хатони тўғирлаш учун қайтариш объектигача аниқ бўлган масофани ўлчаш йўли билан узоқни ўлчагич калибровка қилинади. Албатта ўлчанаётган масофа аниқлиги лазер нурининг объект юзасидан эмас (чунки юзанинг хоссалари маълум эмас) балки маълум бурчак қайтаргичларидан қайтарилишига ҳам боғлиқ.



Бурчак кайтаргичлари ўзига хос асбобдир, улар кайтариш хусусияти юқори бўлган призмалардан иборат бўлиб, ЕСЙ юзасига жойлаштирилади. 1976 йил 6000 км деярли айлана орбитага эга, геодезик маълумот тўплаш учун “Лагос” Ер сунъий йўлдоши учирилди. Унинг сферик юзасида 426 та кварцдан ишланган кайтаргичлар ўрнатилган. 1978 йилдан бери ўтказилаётган ўлчашларда хатолик 3-5 см, бу эса лазерли узокни ўлчагич учун чегара эмас.

Космик йўл билан геодезик масалаларни ечиш методларини геометрик ва динамик турга бўлиш қабул қилинган. Агар космик объект бизни маълум координатага эга кўринма нишон сифатида кизиқтирса, ҳисоблашда қўлланилган метод геометрик метод бўлади. Агар ҳисоблаш методида ҳаракатдаги космик объект олинса (чунки бу ҳаракат Ернинг гравитация майдонида юз беради ва у Ер майдони таъсирида бўлади) бу метод динамик метод бўлади. Бундай ажратиш шартлидир, албатта, чунки Ерни сунъий йўлдоши ёки бошқа космик объектнинг фазодаги ҳолатини билиш учун, шу объектни Ернинг гравитация майдонидаги ҳаракати назариясини билиш керак, яъни гравитация майдони хоссасини фазонинг ҳар бир нуқтасида билиш лозим. Шундай қилиб, космик геодезиянинг барча методлари динамикдир.



20-расм. “Интеркосмос” лазер узокни ўлчагичи

20-расмда “Интеркосмос” лазерли узокни ўлчагичи кўрсатилган бўлиб, у собиқ Иттифок, Чехословакия, Венгрия ва Польша давлатларининг олимлари илмий ҳамкорлигида яратилган. Собиқ Иттифок ФА ишлаб чиққан дастур бўйича бу ўлчагичларда Ерни сунъий йўлдошларини кузатувлари олиб борилади. Ойгача бўлган масофани ўлчашда ишлатиладиган ўлчагичлар ҳам шу принцип асосида қурилган. Улар кўпинча катта телескопларга уланади. Бунда Ойдаги ёруғлик нури совет луноходларига ўрнатилган бурчак кайтаргичларидан олинади.

### 3.3. ЕСЙларини кузатишнинг радиотехник усуллари

Доплер эффекти – кузатувчига нисбатан ҳаракат манбаи сигнали частотасининг ўзгаришидир. Бу ўзгариш (частотанинг доплер силжиши ёки доплер частотаси) қабул қилувчига нисбатан узатувчининг ҳаракат тезлиги ва узатувчи частотаси билан пропорционал боғланган. Нисбий тезликни нур тезлиги (чунки у кузатувчини кўриш нури йўналишида тарқалади) ёки радиал тезлик дейилади; чунки бу нур ҳаракатдаги объектнинг радиус векторидир.

Шундай қилиб доплер ўлчовлари бизга ҳар томонлама маълумот берувчи катталикини беради, яъни нур тезлиги узлуксиз графиги тасвирини маълум вақт интервали учун олсак, унда биз объектга бўлган масофани ва унинг тезланишини орбитанинг бирор нуктаси учун олишимиз мумкин.

Доплер тизимининг 3та варианты бор. Биринчиси бу қайтариксиз тизим бўлиб, у асосан космик геодезияда қўлланилади. Космик аппарат бортида юқори стабил генератор чиқараётган частотани узатувчи қурилма ўрнатилган. Ердаги станцияда ҳам таянч сигналлар генератори бор. Доплер частотаси ва таянч частоталарни солиштириш натижасидаги фарқ ўлчанаётган частотани беради. (таянч частота – бу ер ва йўлдош генераторлари частоталари орасидаги фарқ). Махсус аппарат маълум вақт орасида ўлчанаётган частотани доплер сигналлари циклига айлантиради (бу кўпинча 0,5 дан бир неча секундгача бўлади).

Қайтариксиз тизимдан фарқи ўлар оқ қайтарикли тизимда фақат битта – ердаги генератордан фойдаланилади. Космик объект бортида эса қабул қилувчи – қайтарувчи мослама ишлатилади, у станциядан қабул қилинган сигнални Ерга қайтаради. Ердаги станция юборилган ва қайтарилган сигналларни солиштириб, частота фарқини аниқлайди. Космик объект юзасидан қайтарилган сигнал билан ишлайдиган радиолокацион тизимлар ҳам борлигини эсда тутиш лозим. Бу тизимларнинг аниқлиги кам ва космик геодезияда улар қўлланилмайди. Аммо оптик диапазонда локация ғоясидан фойдаланиш жуда яхши натижаларни беради.

Узок муддатли дастурларда катнашувчи (масалан, Ер кутблари ҳаракатини ўрнатувчи) стационар доплер станциялари тўғридан-тўғри Ер сунъий йўлдошидан олинган частоталарни ўлчовчи аппарат билан таъминланади. Бундай станцияларда юқори аниқликдаги вақт стандарти бўлиши керак, уларнинг ишларини синхронизация қилиш лозим. Бундан ташқари, йўлдош горизонтдан ўтаётганда бир неча

юзлаб доплер частоталари кийматини бергани учун жуда катта сонли кийматларни ҳисоблаш муаммолари пайдо бўлади. Шунинг учун ҳозирда интеграл доплер қабул қилгичлар кенг қўлланилмоқда. Интеграл доплер ғояси – Ерни сунъий йўлдоши орбитадаги кетма-кет 2 та топографик ҳолати (кузатув пунктидан) масофалари фарқи вақт таянч частотаси– цикли сони учун 2 та кетма-кет ўлчовлар фарқидан иборат. Агар бортдаги генератор юқори аниқлик даражасида турғун бўлганда эди, таянч частотасини ўзгармас деб ҳисоблаш мумкин бўлар эди ва биз шунда доплер циклининг икки кетма-кет саноғи ва Ер сунъий йўлдоши топографик узоклигининг иккита кетма-кетлиги фарқи билан параллел боғлиқлигини олар эдик, яъни Ернинг сунъий йўлдошининг кузатиш пунктидан узоклигини. Аммо борт генератори частотаси вақт ўзгариши билан ўзгаради ва бу ўзгариш унчалик катта бўлмаган киймат бўлиб, бу частота қандай қону асосида ўзгариши ҳам маълум эмас. Шунинг учун таянч частотасини аниқланган катталиқлар ҳисобига қўшиб, Ер сунъий йўлдошининг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга 1 марта ўтишида частота ўзгармас деб ҳисобланади, аммо бошқа бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтишида ўзгаради деб ҳисобланади. ЕСЙни кузатишнинг интеграл доплер методи навигация масалаларини ечишга ёрдам беради. Геодезияда эса Ерни сунъий йўлдоши узок муддатли фаолиятда (“Транзит” навигация тизими каби) эффектив ҳисобланади ва Ернинг исалган пунктидан кузатишда ушбу пункт координаталарини олиш имконини беради.

Пунктлар координатаси радиотехник методда фотографик методга нисбатан аниқроқ олинади. Радиал тезликнинг ўртача аниқлиги секундига бир неча см ни ташкил этади. Бу орбитадаги Ер сунъий йўлдош ҳолатини ёки ер станцияси ҳолатини юқори аниқликда ҳисоблаш имконини беради (қандай масала қўйилишига боғлиқ; Ернинг сунъий йўлдоши орбитасини аниқлашми, ёки Ер юзасидаги координаталарни аниқлаш керакми?). Бу ерда асосий хатоликлар манбаи доплер станциялари синхронизацияси аниқмаслиги ва ўлчов асбобларининг шовқинидир.

Албатта радиосигналлар ўтишига атмосфера таъсири бор: тропосфера (атмосферанинг пастки нейтрал қисми) ва ионосфера таъсир қилади. Аммо тропосферанинг таъсири ишонarli формулалар билан ҳисобланиши мумкин, ионосфера таъсири эса иккита частотани қўллаш билан камайтирилади. Назариядан маълумки, агар учта частота қўллansa ионосфера рефракцияси йўққа чиқарилади. Амалда эса иккита частотадан фойдаланиш қулайроқ, рефракция қолдиги

кузатиш вақти танови билан йўқотилади. Релятивистик эффектни доплер частотасига таъсири ҳам қизик муаммо, аммо у ниҳоятда мураккаб бўлгани учун биз унга тўхталмаймиз.

Демак, радиотехник (айниқса, доплер) методлари космик геодезияда фотографик метод билан ёнма-ён ривожланиб борди ва ҳозирда кузатиш маълумотларни олиш бўйича олдинги ўринни эгалладилар. Аммо охири пайтда космик геодезия ривожланишининг бошида асосий натижаларни берган оптик метод яна ўзини кўрсатди. Бу метод аввал геодезияда Ойга нисбатан кузатув объекти сифатида қизиқиш уйғотган бўлса, кейинчалик йўлдош геодезиясининг воситасига кирди. Бу ерда гап лазерли узокни ўлчагичлари хақида кетяпти, улар космик геодезияда локация ҳоҳсини қўллаш имконини берди.

Охири йилларда космик геодезияда учта буюк воқеага сабаб бўлган радиотехник методга алоҳида диққат қилинмоқда: Ер гравитацион ўзгармас катталигини аниқлаш, Ойдаги масканиларнинг очилиш ва жуда узок баъзали радионтерферометрларни геодезияда фойдаланилиши бўйича.

Ернинг гравитация ўзгармас қиймати  $\mu$  абсолют гравитация ўзгармас катталигини Ер массасига кўлаймасига тенг. Абсолют гравитация ўзгармас катталиги-бу бутун дунё тортилиш қонунини пропорция коэффициентининг математик ифодасидир. Излаш натижаларига кўра КА учун  $\mu_0$  катталиқни аниқлашнинг умумий кўриниши қуйидагича: юқори аниқликдаги радиотехник тизим КА узоклигини ва нур тезлигини аниқлаб узликсиз кузатув олиб борилади. Бошида тахминий шароитга кўра ва  $\mu_0$  нинг қабул қилган қийматлари бўйича КАнинг орбитадаги ҳаракати сони аниқланади. Бу орбита геоцентрик эмас, балки гелиоцентрик, чунки КА ҳаракати Ер атрофида эмас, балки Қуёш атрофида бўлиб, у узок планеталарга йўналган.

Энг кичик квадратлар методига мувофиқ кузатиш ва ҳисобланган КА узоклиги ва нур тезлигига асосланиб, уни ҳаракатининг бошланғич шартлари ва  $\mu_0$  аниқлаштирилади. Бу аслида тортишиш майдонида оғирлик кучини жисмнинг эркин тушиш тезланиши методи билан аниқлашга ўхшашдир, фақат бунда ҳаракат тенгламасини сонли ечишнинг ҳоҳати йўқ, чунки эркин тушиш парабола графиги бўйича кечади, унинг шакли ва катталиги бошланғич шартларга асосан аниқланади.

$\mu$  катталиқни аниқлаш ишлари АҚШ ва Собик Иттифокда олиб борилган. Марсга ва бошқа планеталарга учирилган “Венера”,

“Маринер”, “Викинг” ва “Вояжер” КАлари кузатуvidан олинган *натига хайрон ҳолатли даражада мос тушган. 11 бир-бирига боғлиқ бўлмаган нисбий хатонинг ўртача қиймати –  $10^6$  дан кичик. Узоқдаги КАларни радиотехник кузатувлардан  $\mu$  қийматини аниқлаштиришдан ташқари Ер массасининг Ой массасига нисбати аниқлаштирилди ва Венера ва Марсни массалари ўлчамлари ва сиклиши аниқланди.*

“Луна” ва “Луна-Орбитр” серияли Ойнинг сунъий йўлдошларини (ОСЙ) юқори аниқликдаги радиотехник кузатишлар натижасида ОСЙ нур тезликлари катталикларида доимий “чакнаш”лар топилди. Синчиклаб текширилганда бу “чакнаш”лар асбобларнинг тасодифий хатоси эмаслиги аниқланди, чунки бу воқеа ОСЙ Ой юзасининг битта жойидан ўтаётганда юз берарди. Демак, бу жойда Ойнинг гравитация майдонининг каттагина аномалияси борлигидир.

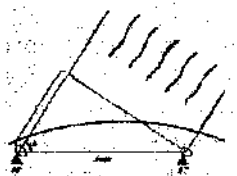
Ойда атмосфера бўлмагани учун ОСЙ ларини тормозлашни хожати йўқ, шунинг учун улар Ой юзига жуда яқин орбиталарга чиқарилади, яъни 50-100 км баландликка. Фотографиялардан Ойнинг кўринмас томони рельефининг ўзига хослиги маълум бўлган ҳолда, унинг гравитация майдонларининг кучайиши ой денгизлари устида рўй беради, масалан, Равшанлик денгизи, Ёмгирлар денгизи ва бошқалардир. Шуниси қизик-ки бу катта аномалиялар масканлар (“масса концентрацияси” сўзининг қисқартирилганидан олинган – massconcentration)ёки ой денгизлари билан боғлиқдир. Ерда ҳам аномал районлар (воҳалар) бор, аммо уларни тоғларда ёки денгизларнинг энг чуқур жойларида жойлашган. “Аполлон-15” дан учирилган ОСЙ ёрдамида Ойнинг кўринмайдиган томони гравиметрияси ўрганилди ва Ойнинг тесқари томонини гравиметрик картаси тузилди. Ундан кўриниб турибдики, Ойнинг тесқари томонида масконлар йўқ экан ва ҳамма мусбат аномалиялар фақат тоғлик районлар билан боғлиқ. Масконлар табиатини аниқлашда, келгусида Ойга Ердан бошқариладиган, гравиметр ўрнатилган аппарат юбориш билан боғлиқ, бунда оғирлик кучини традицион гравиметрик методдан (янги даражада) аниқлашда фойдаланилади.

1965 йида совет астрономлари узоқ базисли радиоинтерферометр методи ёки ўта узоқ базали (УУБР) радиоинтерферометр ғоясини (таълимотини) илгари суришди. Оддий (қиска базисли) радиоинтерферометр методи Ер сунъий йўлдошини ўрганишда кенг ёйилган эди. Бунда Ер сунъий йўлдошини аниқ масофага-1 км га жойлаштирилган икки антеннадан келаётган радиосигналларни бир вақтда кузатишдан Ер сунъий йўлдошига

Йўналишни аниқлаш мумкин. Антенналар орқали бу килинган сигналлар-фазасининг фарқи иккала антенна тўлқинининг fronti бўйлаб ўтиш вақти фарқини аниқлаш имконини беради.

Ёрулик тезлигини шу вақт фарқига ҳосиласи Ер сунъий йўлдошдан антеннагача ўтилган йўл фарқини характерловчи катталлик бўлагини беради (21-расм). Бу узунлиқнинг база узунлигига нисбати Ер сунъий йўлдошининг йўналишини аниқловчи бурчак косинусига тенг. Бу методда базанинг кичиклиги Ер сунъий йўлдошдан антеннага йўналишни амалга параллелиги шартидир. Оддий интерферометр техникасининг ривожланиши базани 5 км гача ошириш имконини беради ва бундан табиий радио манбаларни излашда фойдаланиш мумкин бўлади, чунки уларнинг аниқлиги 0,1" дан юқори эди.

Радиоинтерферометр методининг геодезик ва астрономик юқори аниқликдаги ўлчовларининг воситаси сифатида ривожланиши радиоинтерферометр методини яратиш давомида эришилди. Бу метод ҳам оддий интерферометрия методига асосланган, фақат бунда бир-биридан бир неча километр масофада жойлаштирилган икки радиотелескоп (РТ) нинг бир вақтда кузатиш магнитофон ёзувларини солиштириш натижасида антенналарнинг сигнални регистрация қилиш вақти фарқи олинishi асосий роль ўйнайди. Яна ҳар бир РТда бирор нарсага боғлиқ бўлмаган вақт стандарти мавжудлиги ҳам сезиларли роль ўйнайди.



21-расм. Радиоинтерферометрик ўлчовлар схемаси

Умуман олганда УУБР методи диаметри 25-30 м дан олган кучли радио антенналар ёрдамида галактикадан ташқаридаги 0,001" бурчак диаметри квазарлар очилгандан сўнг мумкин бўлиб қолади. Юқори частотаси турғунликка эга бўлган генераторларининг борлиги, ниҳоятда кўп ахборатлар оқимини ёзувчи магнитофонлар, шунингдек, ЭХМларнинг мавжудлиги туфайли қарама-қарши масалаларни ёзувчи УУБР методини амалда қўллашни ривожлантиришга ёрдам берди. Квазарга маълум бўлган йўналиш бўйича қуйидагиларни аниқлаш мумкин: 1)  $10^{-6}$  юқори нуқсон билан ер хордасини ёки база

узунлигини; 2) бурчак секундининг 0,01 аниқликдаги база йўналишини характерловчи бурчакни; 3) вақтнинг 0,001 аниқлигигача Ер айланиши тезлиги ёки сутка узунлиги ва уларнинг вариацияларини. УУБР методи билан Ойни локация қилиш аниқлиги ( $3 \cdot 10^{-9}$ ) гача аниқликка эришиш мумкин бўлса-да, унинг асосида амалда геодезик дастур яратишда бир қатор қийинчиликлар мавжуд, масалан, улардан бири радиотўлқинларнинг тропосферадан ўтишидаги тузатмаларни ҳисобга олиниши. Бу қийинчиликлар енгиб ўтилади ва УУБР методи космик геодезиянинг етакчи методларидан бўлиб қолади. Собиқ Иттифоқ олими И.Д.Жонголович Ер шарининг динамик тадқиқотлар учун координата тизимларини ҳисоблаш ва тутиб туришда энг яхши восита бўлиши мумкин деган фикрни айтган.

### 3-боб бўйича назорат саволлари.

1. Сунъий йўлдошларни кузатиш усулларини таърифланг.
2. ЕСЙ оптик усулларида кузатишда қандай асбоблардан фойдаланилади?
3. Оптик усуллари аниқлиги нималарга тенг?
4. Радиометрик усуллар қандай асбоблар ёрдамида бажарилади?
5. Радиометрик усулларнинг аниқлиги қандай?

#### IV БОБ. ГЕОДЕЗИК СУНЪИЙ ЙЎЛДОШЛАР

Геодезик Ернинг сунъий йўлдошлари, бу геодезия масалаларини ечиш учун кузатиш объекти сифатида учирилган йўлдошлардир. Бу масалани ечиш учун манба сифатида у ёки бу йўлдошга нисбатан йўналиш ўлчови (позицион кузатув) ва унгача бўлган масофа хизмат қилади. Ернинг бир-биридан бир неча минг км узокликдаги (масалан, континентлараро космик триангуляция) пунктларининг боғланиши 4-6 минг км баландликда ҳаракатланаётган йўлдошини бир ёки бир нечта нуктадан позицион фотографик кузатувидан олинади. Бундай кузатишларни ўртача катталиқдаги йўлдош фотокамералари билан таъминлаш учун шиширилган геодезик йўлдошлар – 30-40 см ли алюминий билан қопланган пласт массалардан ясалган баллонлар учурилади.



22-расм. Эхо-1 Ернинг сунъий йўлдоши.

Динамик йўлдош геодезиясида ҳаракати атмосферанинг бир хил жинсли эмаслигига боғлиқ бўлмаган ва фақат Ернинг тортиш кучи хусусиятлари билан аниқланадиган, массаси оғирроқ йўлдошлардан фойдаланилади ва бундай геодезик йўлдошлар 3 минг км баландликкача чиқарилади. Геодезик йўлдошларда бир вақтдаги позицион кузатишлар аниқлигини ошириш ва йўлдошгача масофани ўлчаш учун махсус ускуналар ўрнатилади. Ердан бошқариладиган ва иши бортидаги кварц соатлари билан текшириладиган кучли ёруғлик манбаалари позицион кузатувларни енгиллаштиради ва уларни бир неча станцияларда бир вақтнинг ўзида юқори аниқликда бир-бирига мослайди. Геодезик йўлдошга ердаги станциялардан юборилган радиосигналларни ретрансляция қилувчи – қабул қилиб олувчи кузатувчи асбоблар ўрнатилган ва юборилган сигналлар фазаларнинг сигнали фарқини ўлчаш орқали йўлдошгача масофа ўлчанади. Геодезик йўлдошларда ўрнатилган радиоузатувчи сигнали частоталарининг ўзгариши таҳлили асосида ҳам йўлдошгача бўладиган масофа аниқланади. Йўлдош лазерли узокни



ўлчачи-чларида ҳам масофани ўлчаш учун йўлдошларга бурчакли қайтаргичлар ўрнатилади. Биринчи импульсли лампалар ўрнатишга геодезик йўлдош – Америка йўлдоши “АННА-1В” (1962 йилда учирилган).

4-жадвал

Номи	NSSDC ID	Вақт (UTC)	Учирин жойи	Олиб чиқувчи ракета	Диаметри	Оғирлиги
		13.5.1960,9-16:05	Канавералб. LC17A	Thor Delta 144/D1	30,5 м	56кг
Эхо-1	1960-009A	12.8.1960,9:39:43	Канавералб. LC17A	Thor Delta 270/D2	30,5 м	76кг
Эхо-2	1964-004A	25.1.1964,13:59:04	Ванденбергбазиси 75-1-1	Thor SLV- 2/AgemaB397 (TA2)	41,1 м	256кг

Эхо сериясидаги Ер сунъий йўлдошлари йўлдош космик ретрансляторларидан фойдаланиш учун ишлаб чиқилган. Улар орбитадаги йўлдош радио тўлкинларни пассив рефлектор сифатида қайтариб, Ернинг икки станцияси орасидаги радиосигнални ретрансляциялар қилиб бериши керак эди. Йўлдошда қабул қилиб қайтарувчи асбоб йўқ бўлиб, у қайтаргич сифатида алюминий билан қопланган юпка (0,1270мм) сферик полуэфир парладан- баллондан иборат. Учирилаётганда йўлдош ракета ташувчисида тахланган ҳолда жойлаштирилади. Полимер сферанинг ичига орбитага чиққач йўлдош баллонни шишириш учун кимёвий кукун қўйилган бўлади.

1960 йил 13 майдаги йўлдошни орбитага чиқаришга бўлган уриниш 2 поғонали ракета ташувчининг ҳалокати туфайли муваффақиятсизликка учради. Иккинчи уриниш муваффақиятли бўлди ва 1960 йил 12 августда Эхо-1 Ер орбитасига чиқарилди. Йўлдош билан ишлаш жараёнида континентлараро радио ва телесалоқа (960 ва 239 Мгц диапазонда) тадқиқоти ҳам амалга оширилди.

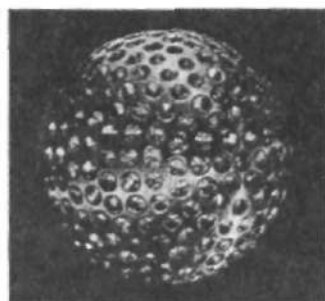
Дастурнинг муҳим вазифаси - Ер экзосфераси зичлигини тахлили бўлди. Ўзининг ўлчами ва елканлиги анчагина катталиги сабабли Эхо-1 Ер атмосферасининг юқори қатламларида тез тўхтади. Йўлдош орбитасининг деграляцияси унинг баландлигидаги муҳит ва қуёш шамоли (қуёш фаоллиги) таъсирида Ернинг юқори атмосфера зичлигини аниқлаш имконини беради. Йўлдошга Қуёш нури босимининг таъсири ҳам сезиларли бўлди.

Йўлдошларни оптик кузатиш ҳам аҳамиятга эга бўлади. Катталиги ва ойнали қоплами бўлгани туфайли Эхо-1 тунги осмонлиги энг ёруғ йўлдош бўлади. Эхо-1 нинг кўринма ва

фотографик кузатишларидан йўлдош геодезияси соҳасида яхши натижалар олинди.

1964 йил 25 январда Эхо-2 ЕСЙ учирилди. У собиқ Иттифок ва АҚШнинг биргаликдаги тадқиқот дастурида фойдаланилди, унинг кўринма ва фотографик кузатуви кенг кўламда олиб борилди. Ундан йўлдош геодезияси ва триангуляция, орбита эволюциясини кузатишда, Ер атмосферасининг юқори катлами вариацияси (ўзгариши) ўрганилди.

**Lageos-I** ва **Lageos-II** (Laser Geodynamic Satellite) – халқаро (NASA ва бошқа) тадқиқотчилар томонидан геодинмикани ўргатиш ва Ер гравитация майдонини параметрларини аниқлаш учун яратилган йўлдошлар. Lageos-I 1976 йил, Lageos-II 1992 йил учирилган. Булар суст йўлдошлар бўлиб, улар Ердан юборилган лазер нуруни қайтаришга мўлжалланган, шу туфайли йўлдошларнинг ҳолати аниқ ҳисобланган.

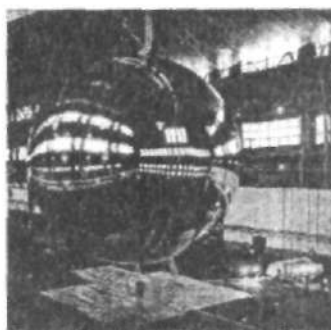


23-расм. Лагеос-1 ЕСЙ

Йўлдош диаметри 60 см ли мис шар бўлиб, массаси 410 кг. Унинг юпқа алюминий қобиғида 426 та ойнадек силлиқланган ботиқликлар мавжуд. 11 йил давомида натижаларнинг таҳлили шуни кўрсатди-ки, йўлдош орбиталари Ерга қараб 1 йилда 2 м сурилган. Бу қиймат умумий нисбийлик назарияси ҳисоби билан 99% мос тушади. Ҳисоб-китоб бўйича 5880 км баландликдаги орбитада бу йўлдош 8 млн. йил умр кўриши мумкин.

Лагеос-1 шарининг ичига келажакдаги авлодларга ёзилган пўлат пластинка қўйилган. Чап бурчак юқорисида йўлдош сурати бор, сўнг сонлар 1дан 10гача иккилик коди билан ёзилган, ёнида Ер Қуёш атрофидаги орбита. Пастроқда Ер континентларининг 225 млн йил

аввалги ҳолати кўрсатилган. Сураг тагида иккилик коди билан 225600000 сони ёзилган, чап томонга қаратилган стрелка “йўлдош учирилганга қадар” деган маънони билдиради. Ўртада материкларнинг ҳозирги кўриниши, йўлдошнинг ернинг қайси нуқтасидан чиққанлиги кўрсатилган. Пастда Ернинг йўлдош учирилгандан 8,4 млн йил ўтгандан сўнгги картаси. Сураг бу вақтга келиб йўлдош тўхташи ва Ерга тортилишини изоҳлайди. Бу хат-суратни яратган астроном Карл Саган айтиши бўйича, ўша пайтда планетамизда ким яшашидан қатъий назар бу хатни олиши уларга ёқимли бўлади.



24-расм. ПАГЕОС йўлдоши

PAGEOS (Passive Geodesic Earth Orbiting Satellite – Ернинг пассив сунъий геодезик йўлдоши) – бу йўлдош-баллон 1966 йил шомда NASA томонидан учирилган. Pageos юпка (0,0127 млн) алюминийли полимер пардадан иборат диаметри 31 м ли сферадир. Оғирлиги 56кг. АҚШ ва Швейцарияларнинг биргаликдаги 1969-73 йилда ишлаган йўлдош триангуляциясини кузатувчи дунё тармоғи дастуридан фойдаланилган. Бу тармоқ 46 станциядан иборат бўлиб, орасидаги масофа 3000-5000км дир. Станциялар ҳамма континентларда жойлашган. Йўлдошни кузатиш натижалари бўйича ўтказилган ҳисоб-китоб Ер юзидаги нуқталар координаталарини 3-5 м аниқликда топиш имконини беради (Ер юзи триангуляцияси аниқлигидан 20 марта ортиқ).

Pageos 4000 км балангликдаги орбитага катта оғиш бурчак (85-86°) билан чиқарилган эди. Йўлдош 1975 йилгача умр кўрди. Pageos дан олдинги баллонли йўлдошлар Эхо-1/Эхо-2 – суёт йўлдошлар

(Along Track Scanning Radiometer) -- инфрақизил радиометр ва микроўлқинлар чиқарувчи денгиз юзаси ҳароратини, булутларнинг температура ва намлигини ўлчовчи асбоб ва бошқалар.

PRARE (Precise Range and Range-rate Equipment) – геодезик фиксировка қилувчи, йўлдош координаталарини ва орбита параметрларини аниқ ўлчашда ишлатиладиган аппарат.

LRR (Laser Retro-reflectors) – Ердаги лазер станциялари орқали йўлдош ҳолатини ва орбитасини аниқлаш учун ишлатиладиган қайтаргич. Сенсорлар тўплами – Ернинг ҳар қандай оби-ҳавода ва вақтига боғлиқ бўлмагани ҳолда кузатиш учун мўлжалланган. ERSнинг хизмат қилиш вақтига қараб бир неча алоҳида этапдан ва сўнгги фазадан иборат тадқиқот дастури тузилган:

1. Учирилгандан сўнг 2 ҳафта давомида орбита параметрлари ҳақида маълумот йиғиш ва функционал контроль (текширув) тизими.
2. 1991 3 август-10 декабрь – экзамен фазаси, уч кундан сўнг трасса бўйлаб учишни қайтариш.
3. 1991 йил 28 декабрь-1992 йил 30 март – биринчи “муз” фазаси (уч кунлик цикл).
4. 1992 йил 15 апрель-1993 йил 15 декабрь-кўп масалали фаза (трасса бўйлаб учинч 35 суткадан кейин).
5. 1994 йил 1 январь-31 март – иккинчи “муз” фазаси, уч кунлик цикл билан.
6. 1994 йил 15 апрелдан – геодезик фаза, трассани қайта учиш 176 суткадан сўнг.

#### 4-боб бўйича назорат саволлари.

1. Сунъий йўлдошлар қандай тасифланади?
2. Ерга нисбатан сунъий йўлдошларнинг учиш баландликлари қандай?
3. Пассив ва актив сунъий йўлдошларга нималар кирди?
4. Пагеос йўлдошнинг диаметри нимага тенг?
5. Лагеос йўлдошнинг диаметри қанча?
6. Лагеоснинг геоцентриқ масофаси нима ва унинг қиймати нимага тенг?
7. ERS 1, 2 максаллари нималардан иборат?
8. Ер юзасидан йўлдошгача бўлган минимал масофа қанча?
9. Навигацион сунъий йўлдошлар деб нималарга айтилади?
10. Эхо йўлдошнинг параметрлари ҳақида маълумот беринг.

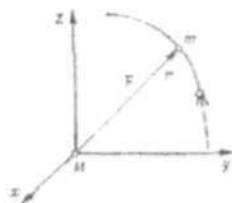
## V БОБ. ЕР СУНЬИЙ ЙЎЛДОШИННИНГ ХАРАКАТИ ЙЎЛИ

### 5.1. ЕСЙларининг ғалаёнмаган (кўзгатилмаган) ҳаракати

Ернинг сунъий йўлдошларининг Ер атрофидаги ҳаракати куйидаги факторлар билан аниқланади: Қуёш тизими планеталари ва Ер, Ой, Қуёшнинг тортиш кучи, атмосферанинг тормозлаши, ёрулик босими, Ернинг магнит майдони таъсири ва бошқалар. Юқорида кўрсатилган факторлардан асосийси Ернинг тортиш кучидир. колганлари иккинчи даражали ҳисобланади. Шунинг учун Ер сунъий йўлдоши ҳаракати масаласи ўрганилганда юқоридаги иккинчи даражали факторлар ҳисобга олинмайди.

Тассавур қиламиз-ки, Ер аниқ сферик шаклда ва молда  $M$  моддий нукта массаси Ер массасига тенг, тортиш кучи шунга мос. Бундай тасаввурда Ер сунъий йўлдошининг кўзгатилмаган ҳаракатини беради.

Агар йўлдош массаси  $m$  Ер массаси  $M$  дан ниҳоятда кичиклиги учун ҳисобга олинса кўзгатилмаган ҳаракат формуласи соддалашади. Унда йўлдош тортиш кучи билан вужудга келадиган Ер тезланишини ҳисобга олмаса ҳам бўлади.



26-расм. Йўлдошнинг кўзгатилмаган ҳаракати

Ньютонинг иккинчи қонуни асосида (5.1.1)

$$\vec{F} = m\ddot{\vec{r}}$$

бу ерда  $\ddot{\vec{r}}$  Ер сунъий йўлдошининг тезланиш вектори.  
 $\vec{F}$  – бўтун дунё тортилиш қонунига асосан куч модули.

$$|\vec{F}| = f \frac{mM}{r^2} \quad (5.1.2)$$

$f$  – тортишиш ўзгармас катталиги,  
 $r$  – йўлдош  $m$  дан Ер  $M$  гача бўлган масофа.

Бир неча ўзгартiriшлардан сўнг кўзгатилмаган ҳаракатнинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{\mu}{r^3} \vec{r} \quad (5.1.3)$$

$\mu = fM$  га тенг

## 5.2. Ер суний йўлдошининг ғалаёнли ҳаракати

Фараз қиламиз-ки йўлдошга марказий кучлардан ташқари ихтиёрий характерли куч таъсир қилаётган бўлсин, бунда йўлдош ҳаракати Кеплер қонуни бўйича ҳаракатдан фарқ қилади. Бундай ҳаракат кўзгатишган ёки ғалаёнли ҳаракат дейилади, орбитаси эса ғалаёнланган орбита дейилади. Бир хил параметрлар, масалан орбитанинг ғалаёнланган ва ғалаёнламаган (Кеплер) элементлари орасидаги фарқ бир хил вақт мобайнида ғалаёнлиниш дейилади.

Ғалаёнланган ҳаракат дифференциал тенгламаси ғалаёнланмаган ҳаракат тенгламасидан шу билан фарқ қиладики, ғалаёнланган ҳаракат формуласининг ўнг томонида ноллар ўрнида ғалаёнтираётган кучлар томонидан берилган тезланиш проекциялари туради.

$$\ddot{\vec{r}} + \frac{\mu}{r^3} \vec{r} = \vec{F} \quad (5.2.1)$$

Бу ерда  $F_x, F_y$ , ва  $F_z$  - ғалаёнтирувчи тезланиш. Ғалаёнтирилган ҳаракатнинг бундай шакли тезланиш вектор катталиқ эканлигидан келиб чиқади, чунки уларнинг проекцияси қўшилиши керак. Ғалаёнтирилган ҳаракат тенгламасини охириги шаклида ҳам, квадрат кўринишида ҳам интеграллаб бўлмайди, фақат баъзи деярли учрамайдиган хусусий ҳоллар бундан мустасно. Шунинг учун (5.2.1) тенгламани интеграллаш учун ҳар хил тахминий методларни қўллашга тўғри келади.

Фараз қилайликки, (5.2.1) формуласи бирор даражада тахминий метод билан интегралланган. У ҳолда йўлдош тезлигини ташкил этувчилари ҳуз геоцентрик координаталарнинг  $x, y, z$  дан ғалаёнган кийматларини ҳисоблаш мумкин бўлган ифода олинган бўлар эди. Агар  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ , ва  $x, y, z$  орқали ғалаёнган тезлик ва координаталарни белгиласак, ўтган вақт моменти учун қуйидагини ёзиш мумкин.

$$\dot{x} = \dot{x}_n + \delta\dot{x}; \quad \dot{y} = \dot{y}_n + \delta\dot{y}; \quad \dot{z} = \dot{z}_n + \delta\dot{z};$$

$$x = x_n + \delta x; \quad y = y_n + \delta y; \quad z = z_n + \delta z; \quad (5.2.2)$$

Бу ерда  $\delta x, \delta y, \delta z, \delta \dot{x}, \delta \dot{y}, \delta \dot{z}$  – вақт ва ўзгармас катталикларни интеграл қилишни ифодаловчи жуда мураккаб функциялар бўлиб, тезлик ва координатар галаёнланганлигидир. Галаёнланмаган ҳаракат кеплер орбитасининг элементларидан ўлароқ, интеграл қилинадиган ўзгармас катталиклар бўла олмайди, чунки галаёнтирувчи куч таъсирида улар вақт ўтиши билан тинмай ўзгаради.

Шундай қилиб, Ер суъый йўлдош галаёнланган ҳаракат назариясининг асосий масаласи ҳаракатнинг дефференциал тенгламасидан (5.2.1)  $\delta x, \delta y, \delta z, \delta \dot{x}, \delta \dot{y}, \delta \dot{z}$  – галаёниланиш катталикларини аниқроқ аниқлашдир.

Йўлдошлар ҳаракатида галаёнини аниқлайдиган асосий факторлар: Ер ташқи гравитация майдонининг галаёнтирувчи қисми, геопотенциал, Қуёш ва Ойнинг галаёнтирувчи ҳаракати, тўр босими, ер геопотенциал сатҳи, Қуёш ва Ой таъсирида кўтарилиши натижасида текисланиш деформацияси туфайли галаёнтирувчи ҳаракат, Ернинг Қуёш радиациясини қайта тарқатиши, инерциал координаталар тизимида сфероидал Ернинг прециссион-нутація бурилиши натижасида ҳосил бўлувчи галаёнтирувчи ҳаракат, атмосферанинг юқори қатламларида (2000 км баландликда) ҳаракатланувчи йўлдошлар учун атмосферанинг тормозлантириши ва бошқалар.

Санаб ўтилган галаёнтирувчи факторлар (5.2.1) тенгламага кирган  $F_x, F_y, F_z$  – галаёнтирувчи тезланишларининг аналитик шаклини аниқлайди. Тахминий интеграллаш методи 2 асосий синфга бўлинади: аналитик ва микдорли. Биринчиси Ер суъый йўлдоши галаёнланган ҳаракатини тасвирловчи тахминий аналитик формулалар олишни таъминлайди, иккинчиси эса берилган вақт моментида йўлдош ҳаракатидаги галаёнинг сон қийматини олиш имконини беради.

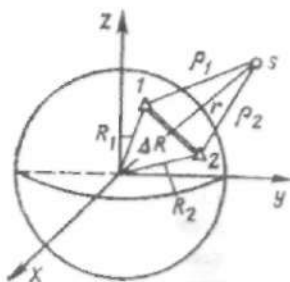
### 5-боб бўйича назорат саволлари.

1.  $m$  – йўлдош массаси нимага тенг
2.  $M$  – Ер массаси нимага тенг
3.  $\vec{F}$  – қайси қонунига асосланган.
4.  $f$  – ?
5.  $\mu$  – нимага тенг
6.  $F_x, F_y$ , ва  $F_z$  – галаёнтирувчи .....
7.  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ , ва  $x, y, z$  – галаёнган.....

## VI БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯНИНГ ГЕОМЕТРИК МАСАЛАЛАРИ

### 6.1. Сунъий йўлдош триангуляциясини куриш чизмаси

Космик геодезиянинг геометрик масалаларига ернинг гравитация майдони моделида, маълум координата тизимида, ер юзи нуктаси ёки ер атрофи фазосидаги нуктанинг ҳолатини аниқлаш масаласи киради. Ҳозирги пайтда геодезик масалаларни ечишда ЕСЙларидан фойдаланишнинг икки йўналиши мавжуд. Биринчи йўналиш-йўлдошнинг ҳаракати қонуниятларидан фойдаланиб, ердаги пункт координаталари ва Ернинг геофизик параметрларини биргаликда аниқлашнинг усуллари тўпламидан иборат. У кўпинча космик геодезиянинг динамик методи деб аталади. Иккинчи йўналишда йўлдошнинг ҳаракат қонуनларини аниқ билиш шарт эмас. Бунда ЕСЙни синхрон кузатишларидан фазовий тўр қурилади, бу йўналиш космик геодезияни геометрик методи дейилади.



27-расм. Ер сунъий йўлдоши ёрдаги геодезик тўрлар куриш принципи

Ер сунъий йўлдошнинг бирор ер пункти билан боғланиши куйидаги формула билан белгиланади:

$$\vec{R}_i = \vec{r}_i - \vec{\rho}_i \quad (6.1.1)$$

Бу ерда :  $\vec{\rho}_i$  -ўлчанган топографик вектор,  
 $\vec{r}_i$  -Ер сунъий йўлдошнинг радиус вектори,  
 $\vec{R}_i$  -ер пункти радиус-вектори.

(6.1.1) ифодадан агар,  $\vec{r}_i$  ва  $\vec{\rho}_i$  векторлар маълум бўлса, унда улар орқали  $\vec{R}_i$  ни топиш мумкин.



Ер пункти радиус-вектори ва бунга улар ўқи ер пункти координаталари ва ўлчанган вектор маълум бўлса, Ер сунъий йўлдошнинг ҳолатини аниқлаш мумкин. Шунинг учун (6.1.1) ифода космик геодезиянинг асосий тенгламаси дейилади. Оддийгина кўринган бу формуладан амалда фойдаланиш анча мураккаб ва у асосан иккита вариантда қўлланилади:

1. Ер сунъий йўлдошнинг ҳолати ердаги икки ёки ундан ортик пунктлардан кузатилади.

2. Ер сунъий йўлдошнинг ҳолати фақат битта пунктдан кузатилади.

Биринчи вариант учун:

$$\vec{R}_1 = \vec{r} - \vec{\rho}_1, \vec{R}_2 = \vec{r} - \vec{\rho}_2 \quad (6.1.2)$$

ёки

$$\Delta \vec{R} = \vec{R}_1 - \vec{R}_2 = \vec{\rho}_2 - \vec{\rho}_1$$

Бу ерда  $\Delta \vec{R}$ -икки ер пунктини боғловчи ватар вектори.

Бутун Ер юзаси ёки унинг катта қисмига ёйилган хорда векторларининг турини тасаввур қилиш қийин эмас. Бунда Ер сунъий йўлдошнинг ўрганишнинг геометрик методи амалда қўлланилмоқда. Бу метод нисбийдир, чунки бунда ер пунктларининг фақат ўзаро ҳолати аниқланади. У ҳолда координата тизимининг бирор ер пунктининг  $\vec{R}$  радиус-векторини бошланғич нуқта сифатида белгилаб, ихтиёрий координата тизими олинади. Бундан кўриниб турибди-ки, шу координата тизимидаги хоҳлаган бошқа пункт ҳолати шу ифода ватар векторлари орқали олинади.

$$\vec{R}_i = \vec{R}_0 - \sum \Delta \vec{R}_i \quad (6.1.3)$$

Агар бош пункт маълум референц-эллипсоидга таалуқли бўлса, унда ватар векторларининг ҳамма тизими унга (референц-эллипсоидга) боғлиқ бўлади. Космик объектларнинг синхрон кузатуvidан кўрилган геодезик тўрлар адабиётда космик триангуляция номини олган. Агар кузатиш объекти фақат СЙ бўлса, унда йўлдош триангуляцияси атамаси қўлланилади.

Агар Ернинг сунъий йўлдоши кузатуви синхрон бўлмаса ёки фақат битта ер юзаси пунктдан олиб борилса, хоҳлаганча ўзгаради. Бунда (6.1.1) тенгламани қўллаш учун геоцентриқ радиус векторини

билиш керак, у кўпгина ЕСЙ ҳаракат назариясидан аниқланади. Бирор моментда ўлчанган топографик вектор учун ушбу тузатиш тенгламасини келтириш мумкин.

$$d\vec{r} - d\vec{R} - [(\vec{r}_0 - \vec{R}_0) \cdot \rho_{изм}] = \vec{\delta} \quad (6.1.4)$$

Бу тенгламада  $d\vec{R}$  (тузатма векторининг ер пункти радиус-векторига нисбатан) – ўзгармас бўлади.  $d\vec{r}$ -вектори – Ер сунъий йўлдошнинг орбиталаги ҳаракати натижасида ҳар гал янги бўлади. Демак (6.1.4) тенгламалар тизимидан  $d\vec{R}$  ва  $d\vec{r}$  векторларини биргаликда аниқлаш масаласининг ечими йўқ. Шунинг учун керакли номаълум сифатида геоцентрик-векторининг координаталари эмас, балки орбита параметрлари қабул қилинади. Ҳаракатлар назариясидан маълумки, агар орбита элементлари ва вақт моментлари  $t$  берилган бўлса, геоцентрик-векторни аниқлаш мумкин. Орбита параметрларини умумийлаштириб қуйидагича белгилаймиз:  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$ , унда  $\vec{r}$  радиус-вектор бирор функция деб тасаввур қилиш мумкин.

$$\vec{r}^i = \vec{r}^i(q_i), \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (6.1.5)$$

ва

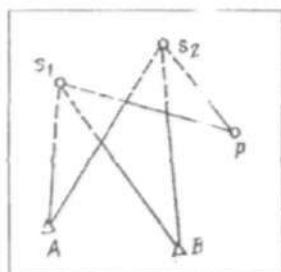
$$d\vec{r}^i = \sum_1^6 \frac{\partial \vec{r}^i}{\partial q_i} dq_i \quad (6.1.6)$$

(6.1.6) ифодани ҳисобга олиб (6.1.3) формула қуйидагича ўзлади:

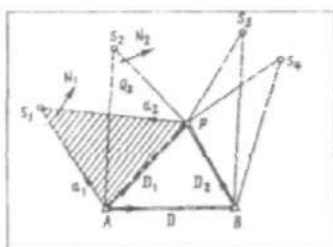
$$\sum_1^6 \frac{\partial \vec{r}^i}{\partial q_i} dq_i - d\vec{R} + \vec{1} = \vec{\delta} \quad (6.1.7)$$

Охириги ифодага 9 та номаълум параметрлар киради: орбита элементига 6 та тузатма ва ер пункти координатасига учта тузатма. Изланаётган параметрлар кийматини тенгламалар тизимини олиш учун тўққиз марта ёки кўпроқ кузатиш кифоядек кўринади. Турли ер станцияларидан синхрон кузатишган сферик координаталарни ЕСЙ йўналишидан элементлари олинган фазовий геодезик тўрға йўлдош триангуляцияси дейилади. Масштабни ва йўлдош триангуляцияси аниқлигини ошириш учун унинг турли қисмларида чизикли ўлчашлар бажарилиши лозим (масофа, масофалар фарқи ёки радиал тезликлар).

Йўлдош триангуляциясида  $AB$  бошланғич пунктлардан учта (28-расм) пунктга синхронлаш билан, бошқа ЕСЙ координаталари тўғри фазовий кестирмалари ечимидан аниқланади. Кейинчалик ЕСЙнинг  $S_1$  ва  $S_2$  ҳолатлари бошланғич пункт сифатида олиниб, уларнинг ёрдамида  $P$  пунктнинг ҳолати тескари кесиштириш билан олинади. Шунинг учун келтирилган усул кесиштириш усули дейилади.



28-расм. Кесиштириш методи

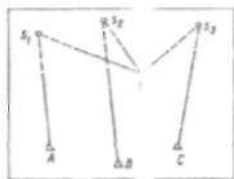


29-расм. Ватар усули

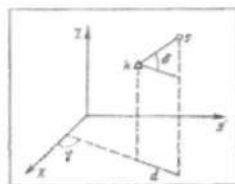
Синхрон гуруҳлар фақат иккита йўналишдан иборат бўлган йўлдош триангуляциясини кўриш варианти, ташкил этиш масаласида оддийдир. Бу ерда куйидаги ҳолатлар бўлиши мумкин:

1. Ўзи битта бошланғич битта аниқланувчидан иборат ҳар бир пункт жуфтлиги учун ЕСЙнинг икки ҳолати кузатилади (29-расм). Номатлум ҳолатли нуктани аниқловчи энг кам бошланғич пунктлар сони иккига тенг.

2. Ҳар бир пункт жуфтлиги учун Ернинг суъвий йўлдоши фақат битта ҳолати аниқланади. Бошланғич пунктлар энг кичик сони учга тенг.



30-расм. Ясси текислик усули

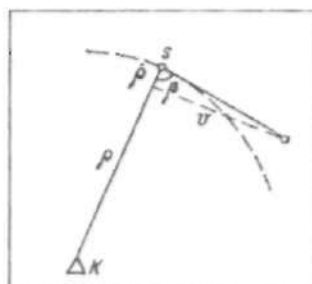


31-расм. Йўлдош триангуляцияси билан ўлчанадиган катталиқлар

Ватар усулида  $A$  ва  $P$  йўналишлар синхрон ўлчаниб, фазодаги  $Q$  текисликка фиксировка қилинади, бу текислик синхронлаш текислиги дейилади.  $S_2$  йўлдошида ўлчанган йўналиш фазода  $Q_2$  текислигини

беради. Бу икки текислик кесишган чизиқ AP(ватар) Ер юзида ётади ва бошланғич A пунктини аниқланувчи P пункти билан боғлайди. ЕСЙ ни B ва P пунктларидан олинган кузатувидан иккинчи ҳолда BP олинади. P пункти ҳолати AP ва BP ватарлари кестиришидан аниқланиши мумкин. Шунинг учун йўлдош триангуляциясини кўришнинг бундай усули ватар усули дейилади. 30-расмдаги йўлдош триангуляциясининг шаклидан бошланғич ва охири аниқланувчи пунктлардан ЕСЙ фақат битта ҳолати кузатилади. Бу кузатувлардан ясси текислик тенгламасини тузиш мумкин. Аниқланаётган пункт билан бошқа икки пунктлар кузатуви синхрондир (бир-бирига мосдир) ва у яна икки ясси текислик тенгламасини тузиш имконини беради. Пунктнинг фазодаги ҳолати учта текислик кесишган нукта сифатида аниқланади. Бу усул текисликлар усули деб ном олган.

Йўлдош триангуляциясини кўриш учун ўлчанган катталиклар сифатида ЕСЙларининг ер юзаси пунктлари кузатуви натижалари ва уларнинг баъзи бир функциялари олинади.



32-расм.Радиал тезлик

Бевосита ўлчанадиган катталиклар:

$\delta_{hs}$ - Ер сунъий йўлдошининг топографик оғиши

$\alpha_{hs}$ - Ер сунъий йўлдошининг юлдуз ёки умум ер тизимидаги тўғри чиқиши  $\gamma_{hs} = \alpha_{hs} - S$

$S$ -Гринвич юлдуз вақти

$k$  -ердаги пункт

$\rho_{hs}$  -топоцентриқик масофа

$s_1$  ва  $s_2$  Ер сунъий йўлдошининг икки ҳолатидан к пунктгача бўлган масофа ёки  $s$  йўлдошдан ва к ердаги пунктгача бўлган масофа фарқи.

Ер сунъий йўлдошининг радиал тезлиги ташкил этувчиси, яъни тезлик вектори модулининг  $ks$  йўлдошга проекцияси (32-расм).

Нс-Ер сунъий йўлдошнинг денгиз юзидан баландлиги, бу катталиқ аниқ бир пункт билан боғланмайди, аммо орбитани аниқлашга ёрдам беради.

Ўлчанган бурчак катталиклари  $\eta$  ва  $\delta$  ни пункт координаталари ва Ер сунъий йўлдоши билан боғлиқлигини 31-расмдан осонгина аниқлаш мумкин.

$$\gamma_{ks} = \arctg \frac{y_s - y_k}{x_s - x_k} \quad (6.1.8)$$

$$\delta_{ks} = \arctg \frac{z_s - z_k}{\sqrt{(x_s - x_k)^2 + (y_s - y_k)^2}} \quad (6.1.9)$$

$\Delta$  ва  $\rho$  чизикли ўлчовлар учун қуйидаги ифодамиз бор.

$$\rho_{ks} = \sqrt{(x_s - x_k)^2 + (y_s - y_k)^2 + (z_s - z_k)^2} \quad (6.1.10)$$

$$\Delta \rho_{ks} = \rho_{ks1} - \rho_{ks2} \quad (6.1.11)$$

Радиал тезликнинг  $k$  координата пунктлари ва  $s$  йўлдош тезлиги ташкил этувчиси ва координаталари билан боғлиқлиги тенгламасини келтириб чиқариш учун 32-расмга мурожаат қиламиз, ундан кўришиб турибди-ки, модулниң радиал ташкил этувчиси ва гўла тезлик қуйидагича боғланган  $i, j, k$  -лар умум ер тизими ўқи ўргалигини ҳисобга олиб, қуйидагига эга бўламиз

$$\begin{aligned} |\dot{\vec{\rho}}| &= v \cos \beta \\ \vec{\rho} &= (x_s - X_k)\vec{i} + (y_s - Y_k)\vec{j} + (z_s - Z_k)\vec{k} \\ \dot{\vec{\rho}} &= |\dot{x}| \vec{i} + |\dot{y}| \vec{j} + |\dot{z}| \vec{k} \end{aligned} \quad (6.1.12)$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  - оғталар

$$|\dot{\vec{\rho}}| = \frac{1}{\rho} [(x_s - X_k)|\dot{x}| + (y_s - Y_k)|\dot{y}| + (z_s - Z_k)|\dot{z}|] \quad (6.1.13)$$

Йўлдош геодезик турининг ўлчовлари  $\gamma$  ва  $\delta$  шундай хусусиятга эга-ки, улар битта координата тизимида бир-бирига боғлиқ бўлмагани ҳолда олинади. Шунинг учун худди шу ўлчовлар орқали турининг ориентировкаси ўрганилади. Йўлдош геодезик тури масштаби чизикли берилади ( $\rho$ -лазерли,  $\rho, \Delta\rho, |\dot{\vec{\rho}}|$  - радиотехник ўлчовларда).

## 6.2. Йўлдош геодезик тўрларининг тенгламалари

Геометрик методда ўлчанган катталиклар сифатида топоцентрик радиус вектор  $\rho$ , синхронизация текисликларининг ватар векторлари  $\Delta\vec{R}$  ва уларнинг алоҳида компоненталаридан фойдаланилади.  $\rho$  ва унинг компоненталари  $\gamma$ ,  $\delta$  ва  $|\rho|$  ларни, шунингдек, масофалар фарқи ва радиал тезликларни ҳисоблашда бу бевосита ўлчанган катталиклар билан иш кўрамиз, шунинг учун тенглама кичик квадратлар методи билан ечилади. Ўлчанган катталиклар сифатида ватар компоненталари  $(A, \Phi, D)$  ва синхронизация текислиги векторлари нормаллари  $(A, B, C,)$  фойдаланилганда тенглама кичик квадратларнинг умумлаштирилган принципини ифодаловчи  $\vec{V}^T \vec{Q}^{-1} \vec{V}$  шarti бўйича олиниши керак. Геодезик турларни коррелят йўл билан тенглаштиришда (текисликда) шартли тенгламалар тизими, параметрик тенглаштиришда эса тузатмалар тенгламаси тизими асосий ҳисобланади.

Йўлдош триангуляцияси йўналиши битта координата тизимида (юлдуз ёки умум ер) бир-бирига боғлиқ бўлмаган равишда аниқланади. Шунинг учун бундай турда йиғиндилар шarti, фарқи ёки дирекцион бурчак каби шартлар пайдо бўлмайди. Бошқача қилиб айтганда, йўлдош геодезиясида оддий геодезияда бурчак шартлари деб аталадиган шартлар бўлмайди. Йўлдош геодезиясида базис, қутб ва координата шартлари тўла сакланади, фақат боғловчи бурчаклар фазодаги тўғричиликлар орасидаги бурчаклар билан алмаштирилганлиги, улар ўз навбатида сферик координата функциялари бўлганлиги учун бу тенглама коэффициентларини ҳисоблаш мураккабланади. Бундан ташқари, фазовий геодезик турларда ўзига хос геометрик шартлар пайдо бўлади-ки, ясси турларда бунга ўхшаш нарса йўқ.

Учта вектор компланарлиги шартини (текислик шarti) кўриб чиқамиз. Фазодаги текисликни учта нуқта орқали ўтказиш мумкин, яна бирор тўғри чизиққа параллел бўлган иккита нуқта ва ниҳоят берилган икки тўғри чизиққа параллел битта нуқта орқали ўтказиш мумкин. Уларга битта элемент (нуқта ёки тўғричилик) қўшилиши битта шартли тенглама пайдо бўлишига олиб келади. 1,2,3 нуқталарни бирлаштирувчи топоцентрик вектор компланарли шarti куйидагича ёзилади:

$$\Delta\vec{R}_{12} \Delta\vec{R}_{13} \Delta\vec{R}_{23}=0 \quad (6.2.1)$$

ёки

$$[(\vec{R}_1^0 + d\vec{R}_1) - (\vec{R}_2^0 + d\vec{R}_2)] \cdot [(\vec{R}_1^0 + d\vec{R}_1) - (\vec{R}_3^0 + d\vec{R}_3)] \cdot [(\vec{R}_2^0 + d\vec{R}_2) - (\vec{R}_3^0 + d\vec{R}_3)] = 0, \quad (6.2.2)$$

$\vec{R}_i^0$ -радиус векторнинг дастлабки қиймати,  $d\vec{R}_i$ -тенгламадан аниқланган тузатма. Агар  $\Delta\vec{R}_{ij}$  вектор охири ва боши ( $d\vec{R}_i = 0$ ) фазола маҳкамланган бўлса, нормировкадан сўнг (6.2.2) қуйидаги ифодани оламиз:

$$\vec{F} = \vec{a}_{12}\vec{a}_{13}\vec{a}_{23} \quad (6.2.3)$$

Бу ерда

$$\vec{a}_{ij} = \frac{\vec{R}_i^0 - \vec{R}_j^0}{|\vec{R}_i^0 - \vec{R}_j^0|}$$

(6.2.3) тенглама учта эркин векторнинг компланарлик шартини деб аталса мақсадга мувофиқ бўлади. У координата кўринишида қуйидагича бўлади

$$\vec{F} = \begin{bmatrix} l_{12} & m_{12} & n_{12} \\ l_{13} & m_{13} & n_{13} \\ l_{23} & m_{23} & n_{23} \end{bmatrix} = 0 \quad (6.2.4)$$

$l, m, n - \Delta\vec{R}$ - векторнинг йўналтирувчи косинуслари. Биринчи қатор элементлари бўйича аниқловчини тақсимласак ва

$$\begin{aligned} A &= m_1 n_2 - m_2 n_1, \\ B &= n_1 l_2 - n_2 l_1, \\ C &= l_1 m_2 - l_2 m_1, \end{aligned}$$

ни ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз.

$$F = l_{12}A + m_{12}B + n_{12}C = 0, \quad (6.2.5)$$

A, B, C- текислик тенгламаси коэффицентлари бўлиб,  $\Delta\vec{R}_{13}$  ва  $\Delta\vec{R}_{23}$  га параллел. R вектори ердаги пунктларни бирлаштирганда (6.2.5)  $D, D_1, D_2$  ватарларининг компланарлик шартини ифодалайди (31-расм).

$$F = LA + MB + NC = 0, \quad (6.2.6)$$

$L, M, N-D$  ватарнинг йўналтирувчи косинуслари  $A, B, C$ -

$$\begin{aligned} A &= \tan \Phi_2 \sin \Lambda_1 - \tan \Phi_1 \sin \Lambda_2 \\ B &= \tan \Phi_1 \sin \Lambda_2 - \tan \Phi_2 \sin \Lambda_1 \\ C &= \sin (\Lambda_2 - \Lambda_1) \end{aligned} \quad (6.2.7)$$

формула билан ҳисобланадиган  $D_1$  ва  $D_2$  ватарлар пайдо қилган текислик тенгلامаси коэффициенти. Агар битта  $\Delta R$  вектори ердаги пунктларни бирлаштира, иккита бошқаси ер пунктларини йўлдош билан бирлаштира, у ҳолда тенглама (6.2.6) даги кўринишни олади, фақат  $A, B, C$  коэффициентлари юқоридаги формуладагидек бўлади. Йўлдош триангуляциясини тенглаштириш учун шартли тенгламаларни ўлчанган кийматга нисбатан (ёки ўлчанган сифатида танлаб олинган) чизиқли кўринишга келтириш лозим. Учта ватарнинг компланарлик тузатмаси шартли тенгламаси учун охирида қуйидагига эга бўламиз:

$$\sum a_i v_{a_i} + \sum b_i v_{b_i} + W = 0. \quad (6.2.8)$$

### 6.3. Йўлдош геодезик тўрларини қуриш методларининг таққосланиш таърифлари

Геодезик тўрлар орбитал ёки геометрик методда қурилишидан қатъий назар, уларнинг мақсади ердаги пунктлар координаталарини олишдир. Шунинг учун тўрни қуришнинг ҳар қандай методида ҳам асосий номаълумлар шу тўр пункти ҳолатларининг векторлари бўлади. Асосий номаълумларни аниқлашга ёрдам берадиган оралиқ маълумотлар қуйидагилар: орбитал методда ЕСИ ҳаракатининг бошланғич шартли векторлари  $q_0$  ( $t_0$  – вақт ҳолатида), геометрик методда эса  $x$  - ЕСИнинг алоҳида ҳолат вектори. Ҳар иккала методда ҳам бевосита ўлчаш усулларидан фойдаланилади, шунинг учун кичик квадратлар методи нуқта назаридан бу икки методда олинган тўрлар ҳисоб-китобида принципал фарқ йўқ. Фарқ шунда-ки, қайси оралиқ номаълум: бошланғич шарт вектори  $q$  ва ЕСИ ҳолати координатаси тузатмаси вектори  $x$  ни орбитал ва геометрик методда мақсадга мувофиқ равишда чиқариб юборишга боғлиқ. Пунктлар координатаси олиннадиган координата тизимлари ҳам турличадир. Натижада орбитал метод билан тўр қурилганда, у Ер массаси марказига қўйилган координата тизимида бўлади, тизим апликация ўқи Ернинг айланиш ўқи билан мос тушади. Демак фақат шу методгина



геодезиянинг асосий масалаларидан бирини тўлиқ еча олади, геометрик метод билан қурилган тўр эса референц-эллипсоид бошланғич пунктлари тизимида қолади.

Орбитал ва геометрик методларни солиштирганда, орбитал метод билан олинган натижалар ЕСЙ ҳаракат дифференциал тенгламасининг ўнг томонини ҳисоблашда бошланғич қийматлар сифатида олинган геофизик параметрлар хатосига боғлиқдир. У ЕСЙ ҳаракат қонунини тасвирловчи параметрлар аниқлиги қандай бўлишига боғлиқ бўлмаган пунктлар ўзаро ҳолатининг йўлдош триангуляцияси аниқлигидан кичик экан. Шунинг учун бошланғич пунктлар билан аниқланадиган берилган координата тизимини сақлаш керак бўлганда тўр қуришнинг геометрик методи ёки қисқа ёй методи қўлланилади. Орбитал методни қўллаш учун ЕСЙ кузатилаётган ҳолатини ҳисоблашда вақт моментини аниқ билниш, бошланғич нуқтадан шу моментгача ҳаракат тенгламасини интеграллаш шартидир. Орбитал метод учун ЕСЙнинг синхрон бўлган ва синхрон бўлмаган кузатувлари (ўлчаш ёйига тушадиган) яроқли эканлиги кўриниб турибди.

Шунинг учун орбитал метод кўп ўлчашларни талаб қилади. Шу билан бирга геометрик методда орбитал метод учун яроқсиз бўлган кузатув натижаларидан фойдаланиш мумкин. Биринчи навбатда бу энгил йўлдош-баллонларнинг синхрон кузатувига боғлиқлиги. Бундан ташқари геометрик методдан, жуда кам кузатув материаллари сабабли ўлчам ёйига кўриш имконини бермайдиган оғир ЕСЙларининг алоҳида гуруҳи учун ҳам фойдаланиш мумкин. Йўлдош геодезик тўрини қуришда геометрик ҳамда орбитал методлардан, уларнинг комбинацияларидан фойдаланилади.

#### **6.4. Йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш асослари**

Геодезик тўрларни лойиҳалаш - хоҳлаган тўр учун тўғри бўлган умумий талабларга риоя қилинган ҳолда Ер юзасидаги пунктларнинг ўрнини аниқлашдан иборатдир. Булардан асосийлари: тўр пунктлари зичлиги мўлжалланган мақсадга мувофиқ ва унинг кейинги нишлатилишига мос келишлиги; пунктларнинг ўзаро жойлашиши (тўр шакли) тўр элементларини белгиланган даражада аниқлашни таъминлаши керак. Тўр қуришда энг кам меҳнат ва моддий ҳарajat сарфланиши лозим.

ЕСЙни кузатиш ёрдамида қурилган геодезик тўрлар-йўлдош триангуляцияси тўрлари ўзига хосдир. Биринчидан, йўлдош

триангуляциясининг яхлит тўрларининг ердаги пунктлари ва ЕСЙни орбитадаги белгиланган ҳолатлари киради, яъни бир неча ер пунктларидан кузатишган фазодаги нукталар синхрондир. Ердаги пунктларга тегишли ўлчанаётган катталиклар сони у ёки бу ЕСЙнинг шу ҳолатига тегишли гуруҳ ташкил қилган ўлчанаётган катталиклар сонидан фарқ қилади. Кейинги катталиклар сони йўлдошнинг берилган ҳолати кузатиладиган ер пунктлари сони билан чегараланган. Бирор ердаги пунктда йиғилган ўлчашлар сони эса чегарасиз.

Йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш фақат жой танлашдан иборат эмас. Ердаги пунктлар жойланиши ва ЕСЙ ҳолатларининг бир-бирига мувофиқлиги ҳам муҳимдир. Бу шуни кўрсатади-ки, йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш ЕСЙ орбитаси параметрларини ҳам танлашни ўз ичига олади. Йўлдош триангуляциясининг бошқа хоссаси - ер пунктлари билан бевосита алоқанинг йўқлигидир. Улар орасидаги алоқа йўлдош ҳолати орқали амалга оширилади. Йўлдош триангуляцияси шакли аниқлик характеристикалари бўйича яхши бўлса-да, ЕСЙ кўриниши шартлари бузилгани учун амалда қўллаш мумкин бўлмай қолади.

Барча пунктларда кузатишда куйидаги шартларни бажариш лозим:

-йўлдошнинг бурчак баландлиги горизонтдан белгиланган чегарадан кам бўлмаслиги керак;

-кузатув пунктлари ва ЕСЙ орасида тўғри (геометрик) кўриниш бўлиши керак;

-Куёш, Ер, йўлдош ва ердаги нукталарнинг ўзаро жойлашуви йўлдошни юлдузлар фонидан кузатиш имконини бериши керак.

Шундай қилиб, йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш, кузатишнинг энг яхши шартлари билан реал шартларни солиштириш натижаларини кам ҳисобга олади. Йўлдош триангуляциясини лойиҳалашнинг илмий асоси ушбу тўрда ўрганилган катталиклар ҳаракати қонуниятлари ва уларнинг тўр шаклларидаги хусусиятидир. Аниқ лойиҳалаш бир мунча чегараланган шароитда тўр куришнинг энг яхши вариантини танлаб олиш билан боғлиқдир. Улар куйидагилардир: физик-географик шароитлар, тўрнинг берилган баъзи катталиклари, чиқарилган ЕСЙларидан фойдаланиш зарурияти. Лойиҳалаш натижасида; ердаги станциялар кўрсатилган, ЕСЙ орбитаси параметрлари берилган, тўр элементлари априорлари ҳисобланган ва ЕСЙ кузатуви бажарилаётган йўлдошности нукталари кўрсатилган сонди ёки график кўринишдаги натижалар олинади.

Йўлдош триангуляциясини лойihalашни икки гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳ аниқликни кўрсатади:

- $m, m, m, m$  - бевосита ўлчашлар хатолиги,

-йўлдош тўри элементлари хатоликлари, масалан,  $m$  -- хорд йўналиши хатолиги,

- $M$ -Ер пунклари хатолиги,

Иккинчи гуруҳ лойihalашнинг геометрик хусусиятларидан иборат:

-пунктлар орасидаги ўртача масофа ва пунктларнинг зичлиги;

-ЕСЙ баландлиги;

-ЕСЙ кузатишнинг максимал зениг масофаси;

-ЕСЙнинг пунктлардан зоналарнинг синхрон кўриши катталиклари ва шакли;

-ватарларни аниқлаш учун синхронлаш текисликларининг жойлашиши ва сони;

-ЕСЙга йўналиш, ватар ва текисликлар орасидаги бурчак;

-охирги пунктлар ва базисларнинг жойлашиши.

Лойиҳа ишларининг мазмуни лойиҳа бошланишида қандай характеристикалар маълумлигига боғлиқ. Одатда иккита масала кўйилади. Баъзи бир тузилган лойиҳа бўйича тўрдаги пунктлар ҳолати аниқлигининг априор ҳисоби. Берилган пунктлар ҳолати аниқлигининг лойиҳа учун оптимал характеристикаларини танлаш.

#### **6-боб бўйича назорат саволлари.**

1. ЕСЙ йўналишларидан қайси бири геодезик ишларда қўлланади?
2. ЕСЙ ёрдамида яратилган геодезик тармоқни чизиб беринг.
3. Космик геодезиянинг асосий тенгламасини келтиринг.
4. Космик ва йўлдош триангуляциялари орасида қандай фарқ бор?
5. Кесиштириш усулини қандай тушунасиз?
6. Ясси ва хорда усуллари нима?
7. Учта векторни компланар шартлигига изоҳ беринг.

## VII БОБ. ГЕОДЕЗИЯДА ГЕОДИНАМИК МАСАЛАЛАР

### 7.1. Геодинамика

Геодинамика «Ер планетаси» тизимида бўладиган динамик жараёнлар ва бу жараёндаги куч майдонлари ҳақидаги фандир.

Геодинамиканинг асосий назарий вазифаси шу майдонларни билган ҳолда, жисм, литосфера ва Ер атмосферасидаги куч таъсирида бўладиган жараён характерини аниқлашдир. Геодинамика Ер динамикасини ўрганиш билан қисман куч майдонлари характерини ва уларнинг вақт мобойинида ўзгаришини аниқлайди.

Ер динамикасини ўрганишда қуйидаги ер шакли тўғрисидаги - физик, гравитацион ва динамик маълумотлар, ички тузилиши, литосфера, гидросфера ва атмосфера, қуёш-ер ва ой-ер боғлиқликлари, гравитацион, геомагнит, геометрик ва бошқа геофизик куч майдонлари, Ернинг йиллик ва суткалик айланишига тегишли маълумотлар керак бўлади.

Геодинамика мустақил фан сифатида астрометрия, геодезия, геология, геофизика, океанология ва Ер ҳақидаги бошқа фанлар билан биргаликда ривожланади. Ҳозирги вақтга келиб, шу нарса маълум бўлди-ки, Ернинг қаттиқ, сувли ва ҳаво қобиклари ва Космос-Ер вақт давомида ўзгарувчи ягона Ер-Космос динамик тизими сифатида қаралиши лозим. Ернинг энг барқарор қобиғи-қаттиқ қобиғи ҳам вақт ўтиши билан ўзининг шаклини, айниқса Дунё океани қаърида ўзгартираётган экан.

ЕСИлар ва бошқа космик объектлардан фойдаланиш, астро-геодезик ва гравиметрик материаллар Ер шакли ва унинг ташқи гравитация майдони муаммоларини ечимини сезиларли равишда олдинга сурди. Охириги 20 йилда Ер шакли ва унинг ташқи гравитация майдони потенциалининг асосий параметрлари жуда аниқ ва қониқарли аниқланди. Энди фақат уларнинг вақт давомида ўзгаришини баҳолаб, Ернинг ҳамма фундаментал ўзгармас қийматларини уйғунлигини мустаҳкамлаш ҳақида сўз боради. 1979 йил декабрда Канберрида ўтган Халқаро геодезия ва геофизика XII Бош ассамблеяси таклифи қуйидагича бўлди: икки ўқли эллипсоид қатталиги  $a=6378137\text{м}$ ,  $a=1:298.257$ , ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги  $c=299792458\text{+}1,2\text{ м/с}$ ; Ер айланишининг бурчак тезлиги  $\omega=0.7292115 \cdot 10^{-4}\text{ рад/с}$ . Геоцентрик гравитацион ўзгармасни  $fM$  ( $\text{км}^3, \text{с}^{-2}$ ) атмосферани ҳисобга олган ҳолда аниқланган охириги қийматлари қуйида келтирилган.

Космик аппаратлар ёрдамида:

Маринер 9	398 600.55±0.2
Маринер 10	398 600.45±0.2
Викинг 1	398 600.50±0.1
Викинг 2	398 600.65±0.2
Вояджер 1	398 600.57±0.2
Вояджер 2	398 600.52±0.1
Ойни лазер локация ёрдамида	398 600.49±0.1
Ойни лазер локация ёрдамида	398 600.46±0.03
Ойни лазер локация ёрдамида	398 600.51±0.03
Ойни лазер локация ёрдамида	398 600.46±0.03
Йўлдош-Йўлдош кузатув ёрдамида	398 600.35±0.15
Тенглатирилган натижа	398 600.48±0.03

Космик аппаратлар кузатуvidан XII Бosh Ассамблеяси (МСГТ) таклиф қилади:  $fM=398600.50 \text{ км}^3/\text{с}^2$  атмосфера учун  $fM=035+0.03\text{км}^3/\text{с}^2$ , Ер массасининг атмосферага нисбати  $fM/fM=0.878072 \times 10^{-6}$ , 1970 йил М.Бурша уч ўкли эллипсоид параметрини киргизди:

Ўрта экваториал радиуси $a_e$	6 378139м.
Ўрта поляр сиқиклиги $a_p$	1: 298.257
Максимал поляр сиқиклиги $a_p^{\text{max}}$	1:297.787
Экваториал сиқиклик	1: 90 000
Энг ката меридиан узоклиги	14.8 <sup>0</sup> г.у.

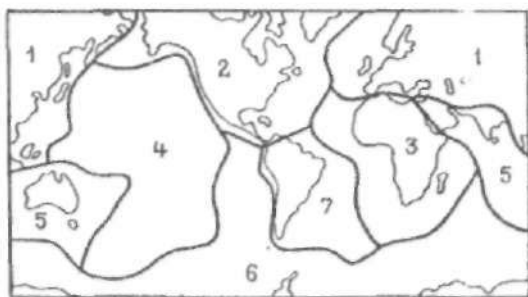
Ернинг замонавий гравитация моделлари Ер шаклининг динамик параметрларини ишонarli баҳолайди.

$$\begin{aligned}
 A_0 &= 8.01602055298 \cdot 10^{44} \text{ г} \cdot \text{см}^2; \\
 B_0 &= 8.01619595712 \cdot 10^{44} \text{ г} \cdot \text{см}^2; \\
 C_0 &= 8.04242790440 \cdot 10^{44} \text{ г} \cdot \text{см}^2; \\
 a_p &= 0.0016376320; \\
 a_e &= 0.0000109407; \\
 \lambda_0 &= 14.9^0 \text{ з.д.}
 \end{aligned}$$

Ташки гравитация майдони моделининг аниқлиги за ишонarliлиги охириги йилларда қўшлаб йўлдош кузатувлари ҳисобига ва биринчи навбатда йўлдош янвирилиши ҳисобига ошиди.

## 7.2. Ер динамикаси

Ҳозирги замон фани Ер литосферасини Ер қобиғи ва негизи(субстрат) билан биргаликда олти йирик плитага ажратади: Евросиё, Америка, Африка, Тинч океани, Ҳинд океани, Антарктика. Атмосферанинг ўзаро силжиши уларнинг чегараларида Ер силкинишини ҳосил қилади. Ер силкинишларидаги ҳаракат йўлини кузатиб, ҳар бир йирик плита ичида катор микроплиталарни ажратиш мумкин. Океандаги плиталар чегарасига ўргалик океан тоғ тизмаларининг рифт зоналари тўғри келади. Континентларда континентал рифтлар тизими тўғри келади, масалан, шарқий Африкада 33-расмда кўрсатилган: 1-Евросиё; 2-Шимолий Америка; 3-Африка, 4-Тинч океани, 5-Ҳинд океани, 6-Антарктика,7-Жанубий Америка плиталари ўзаро жойлашиши кўрсатилган.



33-расм.Литосфера плиталарининг чегаралари

Литосфера плиталарининг планетар ҳаракати уларнинг потенциал энергиялари ва ўрта океан тизмалари тағида ҳамда континентларининг фаол четларида аномал мантя борлиги ҳисобига бўлади. Янги материал оқимлари пайдо бўлиши литосферадаги кучланишни ва литосфера плиталарининг горизонтал силжишини йўналишини ўзгартиради.

Плиталар дрейфи уларни қизиган мантя аномалияси билан ўзаро таъсири ва ер массасини минимал потенциал энергия катталигида ўз мувозонатини сақлашга ҳаракат қилиши билан изоҳланади. Қобик ва аномал мантя кўтарилган жойда бирор томонга ҳаракат қилади, яъни потенциал энергияни камайтиришга ҳаракат қилади. Ер қаъридан даврий равишда аномал мантя ўрта океан тизимлариги келиб турса улар ҳамма вақт кенгайиши мумкин.

Аномал мантия кўтарилган рифт воҳасидан литосфера плиталари симметрик равишда узоклашади. Бунда атмосфера ёпиш қоклиги ниҳоятда кичик бўлиб, литосфера плиталарининг силжишига қаршилик қила олмайди. Плиталарнинг ўзаро ҳаракатига нишонarli баҳони плита чегараларидаги ёрилиш зоналаридаги қайта геодезик ўлчашлар беради. Америка плитасининг Тинч океани плитасига нисбатан силжиши 4см/йил. Бу натижа катор ёрилиш тизимларини (Энг каттаси Сан-Андерс) геодезик ўлчашлар орқали аниқланган. Тожикистондаги Гарм полигониди Помирнинг Тянь-Шанга нисбатан сижши ўлчанган бўлиб, у 1.7 см/йил га тенг. Алл-Химолай тоғ минтақасида сиқилиш ғарбдан шарққа томон ошади. Гибралтарда 1.5 дан 2 см/йил, Химолайда 5.6-6.0 см/йил. Ассиметрик маълумотларга кўра Шимолий Американи Евросиё билан яқинлашуви 1 см/йил.

Турли полигонларда қайта нивилирлаш ва сатҳ кузатувлари ер қобиғининг вертикал ҳаракатини нишонarli баҳолайди. Бундай ишлар МДХда Тошкент, Бишкек, Душанба, Ашхабод ва Олма-ота сейсмик зоналарида олиб борилади. Энг кўп силжиш 10 см/йил Олма-ота райониди ҳисобга олинган. Қайта нивилирлаш билан Олма-ота геодинамик полигониди 2-5 см/йил кўтирилиш аниқланган. Марказий Тургай платасида кўтарилиш ҳаракати 1.2-1.6 см/йил. Қизилқумнинг марказий қисмида вертикал ҳаракат 1.6-2.0 см/йил бўлган жойлар аниқланган.

Замонавий тадқиқотлар шуни кўрсатади-ки, техник жараёнларни ер қобиғининг ўзига хос ҳаракатини келтириб чиқаради. Ер юзси артезиан ва окава сувлари олиниши натижасида чўқади. Охирги йил Токио-4см, Мехико эса 90 йил давомида 8.5 см чўқди. Жаҳон ишлаб чиқаришининг ривожини Ер юзиди глобал ўзгаришларни келтириб чиқарди. Яқин 10 йилларда техноген ўзгаришлар, Ер остидан фойдаланиш лойиҳалари, континент ва регионларда сув тақсимоти, денгиз шельфлари ва Дунё океанидан фойдаланиш ҳисобига анчагина бўлди. Бу техноген ўзгаришлар Ер қобиғининг табиий ҳаракатини йўналиши ва тезкорлигини (интенсивлигини) ўзгартиради.

Ер динамикаси ер қутбларининг ҳаракати ва айланишининг текис эмаслигида намоён бўлади. Фазодаги Ер ўқи айланишининг ўзгариши жуда катта. Бу ўзгаришни асрий прецессия ташкил этувчиси бўлиб, уни эрамиздан аввалги 2 асрда Гиппарх очган. ЕСЙ ва бошқа космик объектлардан кузатув, қутблар ҳаракатини ўрганишда янада имкониятлар яратилди. ЕСЙ ҳамма ҳаракат тенгламаларида қутб матрицаси иштирок этади. Координаталарининг

тизимли таркибини ЕСЙнинг лазер, доплер ва фотографик кузатувларида кўриш мумкин. Кенг ва тезкор маълумотларни доплер кузатувларни беради.

Обсерваторияларнинг маълум вақтда геоцентрик координаталарини билган ҳолда ва Ойнинг лазер кузатувлари, космик аппарат ва радиоинтерферометр кузатувлари йиғиндисидан Ер айланиш ўқининг хоҳлаган эпохадаги ҳолатини аниқлаш мумкин. Шимолий ва Жанубий ярим шарларда обсерваторияларни маълум тартибда жойлаштириб, халқаро дастур бўйича кузатувлар олиб бориб, кутблар масаласини муваффақиятли ечиш мумкин. Кутблар ҳаракатини ўрганишда ЕСЙ ва бошқа космик аппаратларнинг сезиларли ҳиссаси бор. Халқаро кутб ҳаракатлари станциялари, ЕСЙ ва бошқа космик аппаратлардан кузатув Ер кутби масаласини шукадар тўлиқ ечади-ки, бу фундаментал астрометрия, геодезия, геофизика ва қатор сайёра жараёнларини энг юқори талабларини ҳам тўлиқ қондиради.

Ер сутка давомийлигини ўзгартириб, нотекис айланади. Сутка ўзгариши давоми йилга ниҳоятда кичик бўлса-да, бу нарса жуда катта илмий ва амалий аҳамиятга эга. Ер айланиши тезлигининг ўзгариши 3 турда бўлади: асрий секинлашув, Ой ва Кутбнинг тортиш ва итариш кучлари таъсирида юз беради. Ҳозирги пайтда сутка узунлиги охириги 2000 йил ичида 0.0023 сек.га ошган. Аммо охириги 250 йилдаги астрономик маълумотлар шунини кўрсатади-ки, асрий секинлашувлар 100 йил учун 0.0014 сек.ни ташкил этади, бу эса 0.0023 сек. Нагжижа билан мос тушмайди. Н.Н.Парийский ҳисобига кўра Ер ўқи айланиши тезлиги 100 йилда 0.01 секга ошар экан.

$$\Delta T = a \sin(t + \mu_1) + b \sin(2t + \mu_2)$$

Ернинг йиллик ва ярим йиллик даврий айланиши тезлигининг тебраниши, Ер инерция моментининг даврий ўзгариши, атмосфера динамикаси ва ёғинларнинг тақсимланиши билан изоҳланади. Замонавий натижаларга кўра Ер суткасининг йил давомида узунлиги 0.001 сек.га ўзгаради. Ернинг айланиши июнь-августда тезроқ бўлиб, маргда секинроқ бўлади. Одатда сутканинг даврий тебраниши йиллик ва ярим йиллик ташкил этувчилардан иборат бўлади. Параметрлари  $a, \mu, b, \mu$  узоқ кузатувлардан топилади. Амплитуда  $a=0.0005c$ ,  $b=0.0003c$ .

Ер айланиш тезлигининг тасодифий ўзгариши нотекс вақт оралиғида деярли 11 йилда содир бўлиши мумкин. Бурчак



тезлигининг мутлоқ ўзгариши 1898 йилда  $3.9 \times 10^{-6}$  га, 1920 йилда -  $4.5 \times 10^{-8}$  га тенг бўлади. Ер айланишининг тасодифий тебраниши табиати ҳам ўрганилган. Ер айланиши тезлигини флукутациясига унинг юз йиллик сув кўтарилиши амплитудаси бўйича фақат механик нуктаи-назардан тушунтириш мумкин. Бунчалик катта ва тез тебранишларни эантия ва ядронинг ўзаро таъсири натижасида юзага келадиган  $2 \times 10^{-7}$  га тенг умумий Ер ҳаракати моментига тенг импульс моментини билан изоҳлаш мумкин.

Геодинамикада Ер шакли динамикасини геодезик методлар асосида ўрганиш масаласи биринчи ўринга қўйилади. Ер шаклининг ҳар бир эпоха учун динамик параметрлар Ер шаклининг асрлик ўзгаришини ўрганишга керакли маълумотларни бериши мумкин. Масалан, Ернинг кутбий сиқилиши ва аср давомида ҳажмининг ўзгариши Ернинг асосий инерция моментини вақт давомида ўзгаришида намоён бўлади. Шу сабабли, инерция моментлари фарқининг абсолют қиймати Ернинг экваториал ва кутб ўқларига нисбатан аста секин камаяди.

#### VII-боб бўйича назорат саволлари.

1. Геодинамика фани ҳақида тушунча беринг.
2. Геодинамика алоҳида илмий йўналиш бўлиб қайси йўналишлар асосида пайдо бўлган?
3. Литосфера плиталарининг чегараларини чизиб кўрсатинг?
4. Қайта нивелирлаш ва нисбий кузатувлар қандай натижалар беради?
5. Ер айланишининг бурчак тезлиги  $\omega =$
6. Помирининг Тянь-Шанга сиқилиши нимага тенг?

## VIII БОБ. БОШЛАНГИЧ ГЕОДЕЗИК САНАЛАР (ДАТУМлар)

Географик координаталарни аниқлаш учун Ер шаклини аниқ ифодаловчи математик модель яратиш керак. Энг аниқ модель- бу геонд. Аммо бу модель амалий ҳисоб-китоб учун жуда мураккаб. Кулайроғи - айланиш эллипсоидидир. ДАТУМ деганда эллипсоидни аниқ ифодалайдиган параметрлар тўплами назарда тутилади. "Датум" термини инглизча «datum» бўлиб, унинг аниқроқ маъноси «бошланғич геодезик саналар»дир. "Датум" сўзи геодезистлар, картографлар ва навигаторлар орасида оммалашиб кетган ва халқаро терминга айланди. Датумнинг номи одатда ҳарфли белги ва ишлаб чиқилган йилни кўрсатувчи сондан иборат бўлади. GPS тизимида асосий датум-WGS-84 (Дунё геодезик системаси, 1984 й.). WGS-84датуми асосида GPS-80 эллипсоиди ётади. ГЛОНАСС тизимида ПЗ-90 датумидан фойдаланилади (1990 йил Ер параметрлари). МДХ мамлакатлари учун асосан СК-42 (Пулково, 1942 й.) датуми ва ундан коғоз карталарда фойдаланилган. Бу ном Пулково астрономик обсерваториясида геонднинг эллипсоид тепасидаги баландлиги 0 га тенглигини кўрсатади. Бу датум Россия ва МДХ худудида ер юзининг энг яхши аппроксимациясини таъминлади. 5-жадвалда асосий геодезик саналар келтирилган.

5-жадвал

№	Эллипсоид номи	Катта ярим ўқ (а, м)	Сиккилик маъражи
1	Airy	6377563.396	299.3249646
2	Australian National	6378160.0	298.25
3	Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
5	Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
6	Clarke 1880	6378249.145	293.465
7	Everest	6377276.345	300.8017
9	Fischer 1968	6378150.0	298.3
10	GRS 1967	6378160.0	298.247167427
11	GRS 1980	6378157	298.257222101
12	Helmer 1966	6378200.0	298.3
13	Hough	6378270.0	297.0
14	International	6378388.0	297.0
15	Krassovsky	6378245.0	298.3
16	Modified Airy	6377340.189	299.3249646
17	Modified Everest	6377304.063	300.8017
18	Modified Fischer 1960	6378155.0	298.3
19	South American 1969	6378160.0	298.25
20	WGS 60	6378165.0	298.3
21	WGS 66	6378145.0	298.25
22	WGS-72	6378135.0	298.26
23	WGS-84	6378137.0	298.257223563

Турли геодезик датумлар ер юзинидаги нукталарнинг турли географик координаталарга эга бўлишига олиб келади. Фарқ бир неча 10м бўлиши мумкин, бу кўп масалаларда хатоликларга олиб келади. Геодезик датумлар координата тизимлари трансформациясида ва картографик проекцияларда фундаментал бўлиб хизмат қилади. Турли датумларни ишлаб чиқиш ва улардан фойдаланиш аниқ картография ва географик ахборат тизимлари (ГИС) учун зарурдир. Датумлар турли картография манбаларини, GPS йўлдош тизими ва навигация боғлиқлигини, ер тектоникаси тадқиқотларини ва ГИСларни бирлаштиради. Датумларни фарқи ва нотўғрилиги ГИСга йўлдош маълумотларини киргизилаётганда ва фойдаланилаётганда катта хатоликларга олиб келиши мумкин. Энг кўп тарқалган хато-фақат референс эллипсоид горизантал датумни аниқлайди деган фикрдир. Хатто иккита геодезик датумни битта эллипсоидда қўлласа ҳам, кенглик ва узоклик сезиларли фарқ килиши мумкин. Одатда бу янглишиш WGS-84 ва NAD-83 лар орасидадир. WGS-84/GRS-80 эллипсоидлари амалда бир хил (фарқ 0.1мм), кўпгина картографлар берилган нукта WGS-84/NAD-83 ларда бир хил деб ўйлашади. Аммо ҳақиқатда бундай эмас. WGS-84 асосида референс тизим International Rotation Service Terrestrial Reference Frame (ITRF) га ўхшаш тўғри бурчакли координата тизими ётади. NAD-83 координата тизимининг боши 2м.га сурилган ва ITRF бошига нисбатан озгина бурилгандир. Натижада WGS-84 даги нукталар NAD-83 даги координаталардан 2м.га фарқ қилади. Буларни ҳисобга олмаслик аниқликни сезиларли камайтиради.

Математик нуктаи-назардан геодезик горизантал датум референс-эллипсоид бўйича ердаги референс Earth Centered Earth Fixed System (ECEF) асосида унинг жойи ва ориентацияси билан аниқланади. Замонавий таянч пунктларнинг датумларни аниқлашда фойдаланадиган ердаги таянч тўри таянч станциялар глобал тўрининг координаталари орқали амалга оширилади.

Табиий нуктаи-назардан геодезик датум ер ва йўлдош ўлчовларининг йиғиндиси билан аниқланади. Чунки ер қобиғи ва мантиянинг юқори қисмида рўй бераётган жараёнлар таянч нукталар координатасига таъсир қилади. Баъзан, ер қобиғининг маълум бир блоклари чегараси зоналарида намоён бўладиган йирик масштабли ва регионал ҳодисалар маҳаллий ҳудудаги ҳодисалардан ажратиш қийин бўлади. Кўпинча турли ҳодисалар Ернинг битта параметрида намоён бўлади. Масалан, оғирлик кучи вариациясига Ернинг гравитация майдони ва ер қобиғининг вертикал ҳаракати таъсир этади. Нукталар

баландлиги ер қобигининг вертикал ҳаракати туфайли ўзгаради. Ер юзаси бўйлаб кенгликни ўзгариши кутблар ҳаракатини, сатҳий юза оғишини ўзгаришига ва ер қобигининг горизонтал ҳаракатига сабаб бўлади. Бу ҳодисаларнинг ҳаммаси датумнинг амалда қўлланишига таъсир этади. СК-42, Эри, NAD-27 каби эски геодезик саналар учун таянч пунктларининг координата динамикаси муҳимдир.

Йўлдош ўлчов методи GPS, лазер ва интерферометрик ўлчовлари асосида ўрнатилган датумлар жойларда кичик хатоликни беради. Натижада глобал датумлар орасидаги координаталар ўзгаришини тавсифлайдиган математик тенгламалар тизими юзага келади. Масалан, ПЗ-90 датумини WGS-84 га трансформацияси оддийгина олти параметрли ўзгариш билан тасвирланади (34-расм). Агар Ер юзасида алоҳида бўлак ва регионлар олинса, унда координаталарининг бир тизимдан иккинчи тизимга ўтишдаги аниқ тенгламаларини ҳисобга олиш лозим. Бунда ПЗ-90 ва WGS-84 глобал датумларидан фойдаланилади ва улар аниқлиги бўйича геоцентрик ҳамда ишга анча мос келувчан ҳисобланади.

Бошқа томондан кўпгина жойлардаги геодезик эски датумлар аънанавий планга олиш йўли билан ўрнатилган. Референц-эллипсоиднинг ҳолати Ер юзига нисбатан астрономик кузатувлар бўйича аниқланган. Эллипсоид ориентацияси астрономик азимутнинг бошқа нуктада ўлчаниши ва вертикалдан оғиши билан аниқланар эди. Референц-эллипсоиднинг ҳолати ва ориентацияси шундай танланганки, у Ер юзидаги олинган бўнакка аниқ мос келиши керак. Натижада локал датумлар геоцентрик бўлмайди. Ўлчов методларининг хатоликлари туфайли референц-эллипсоид ориентирланиши ECEF тизими ўқларига мос бўлмайди. Бундан ташқари эски планга олиш методларининг аниқлиги чегараланган бўлгани учун, СК-42 га беvosита аниқланадиган датумлар ўртасида сезиларли локал фарк бўлади. Шунинг учун локал датумлар орасидаги ўзгариш фарқини ҳисобловчи математик тенгламалар тизими чекланган аниқликка эга, чунки улар локал датумларнинг хатосини ҳисобга олмайди. Йўлдошни позициялаш методи билан аниқланган глобал геоцентрик датумлар бошланғич ва натижавий бўлса, уларнинг трансформацияси бир хил, чунки иккала датум аниқлига бир турда ва уларнинг ITRF билан боғлиқлиги маълумдир. Агар бошланғич ва натижавий датумлар астрономик кузатувлардан традицион методда планга олинган локал датум бўлса, унда датумнинг геодезик репер нукталарини аниқлашдан келиб чиқган.

Шундай қилиб, бошланғич геодезик саналар аниқлигини сақлашда, бошқа горизонтал геодезик датумга ўтказишда, датумлар ўзгаришининг юқори аниқликдаги усулларидан фойдаланиш лозим. Кўпгина картографик ишлар учун геодезик датумларни танлаш муҳим аҳамиятга эга.

6-жадвал. Референц-эллипсоидлар марказлари координаталари(м)

Геодезик тизим	$X_{cp}$	$m_{AX}$	$Y_{cp}$	$m_{AY}$	$Z_{cp}$	$m_{AZ}$
Шимолий Америка	-21.3	0.91	+157.8	1.40	+176.0	0.93
Еуропа	-82.7	1.34	-111.0	6.88	-126.2	2.63
Австралия	-122.6	0.40	-42.8	1.93	+137.4	4.58
Токио	-142.6	1.72	+514.2	3.32	+675.2	1.11
Жанубий Америка	-78.5	4.11	+2.3	2.06	-42.6	2.95

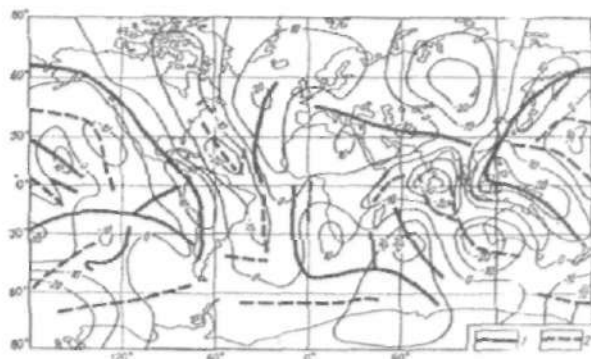
ЕСЙларининг кузатуви геоцентрик координаталар тизимига нисбатан турли геодезик тизимлар ориентация элементларини аниқлаш имконини берди. 6-жадвалда  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  ва  $\Delta Z$  ҳар бир геодезик тизим учун координаталарнинг ўртача қиймати,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  ва  $\Delta Z$  алоҳида қийматлари ўртачасидан оғиши бўйича ҳисобланган  $\Delta X_{cp}$ ,  $\Delta Y_{cp}$ ,  $\Delta Z_{cp}$  катталикларнинг ўртача квадрат хатоликлари келтирилган. Кўп ҳолларда бу хатолик 3м. дан ошмайди, бу қўлланилаётган усул тўғрилигини кўрсатади. Яна шунини назарда тутиш керакки, шу вақтда эришилган кузатувларнинг аниқлик даражаси билан Ер маркази моделининг ҳолатини масса марказига нисбатан хатолиги 5-10 м дан кам бўлмайди. 6-жадвалда референц-эллипсоид марказлари координаталари берилган.

### VIII-боб бўйича назорат саволлари.

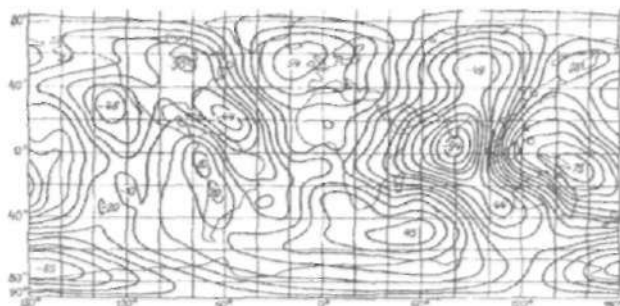
1. Ерни аниқ модели деб нимага айтилади?
2. Датум нима?
3. NAD83 координат тизим ITRF координат тизимдан неча метрга фарк қилади?
4. Геодезик датумнинг асосий параметрларини келтиринг.
5. WGS-84-глобал ёки локал датум нималар?
6. ПЗ-90-нима?
7. СК-42- глобал ёки референц датум?
8. ITRF- нима?
9. Пулково-бу локал ёки глобал датум?

## IX БОБ. ЕСЇ КУЗАТУВИДАН ОЛИНГАН ГЕОФИЗИК ХУЛОСАЛАР

Геофизик хулосалар учун йўлдошларни кузатишдан олинган гравитация майдони характеристикалари асос бўлиб хизмат қилди. Бошланғич маълумотлардан фойдаланишда изоаномал карталар, геоиднинг баландлиги ва ондуляциясида фойдаланиш кулайдир. 34-расмда узлуксиз чизиклар (1) кайнозой вулкан ва тектоник активлиги райониға тўғри келади, узликли (пунктир) чизиклар (2) эса океан котловиналарига тўғри келади. Кўриш мумкин-ки, узлуксиз чизиклар учун мусбат аномалиялар мувофиқ бўлса, океан котловиналари учун манфий аномалиялар характерлидир.



34-расм. Йўлдошлар маълумотларидан олинган оғирлик кучининг аномалиси картаси (n=8 гача бўлган гармоникалар ишлатилган)



35-расм. Геоид баландлиги

Аномал гравитация майдоннинг ўзига хослиги Ер зичлигининг бир хилда эмаслиги туфайлидир. SE-III модели гармоник коэффицентлари орқали текшириш шуни кўрсатадики, 1000 км чуқурликкача зичлик нотекислигининг чегараси бўлиб, уларга учинчи даражали геопотенциал коэффицентларида сезилади. Иккинчи даражали геопотенциал гармоникаси пайдо бўлиш сабаби 2000 км гача бўлган пастки мантиядаги зичликнинг нотекслигидир. Юқори даражали гармоникалар ( $n > 4$ ) мантиянинг юқори қатламларида (1000 км дан юқори) ва литосферадаги кичика тўлкили зичлик аномалияси билан изоҳланади.

Аномал майдоннинг статистик интерпретацияси учун ўртача қийматдан фойдаланиб, оғирлик кучи аномалияси гравитация майдонининг Ернинг дисперсияси бўйича стационар бўлган олтыга региони аниқланди. Тадқиқотларга кўра аномал гравитация майдон ( $5 \times 5$  ли бўлақларга бўлинганда) ностационар ва анизотроп экан. Ернинг катта қисми учун (84%) майдон дисперсияси 400 м<sup>2</sup> л. Жанубий ярим шарда шимолий ярим шарга нисбатан турли регионлар учун ер юзининг майдон бўйича тақсимланиши текисроқ. Оғирлик кучининг аномал майдон дисперсияси материкларда океанга нисбатан фарқи сезиларли.

#### XIX-боб бўйича назорат саволлари.

1. Аномал гравитация майдонининг структурасининг ўзгариши сабабларини келтиринг.
2. Аномал гравитация майдонини қандай тушунасиэ.
3. 1 мгал = .....гал.
4. 1 мкгал = .....гал.
5. Геоид баландлиги - нима?

## **Х БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯНИНГ РИВОЖЛАНИШИ**

Космик геодезиянинг келажакда ривожланиши биринчи навбатда ЕСЙларини кузатишларнинг аниқлик даражасига боғлиқ. Кузатишлар аниқлигининг ошиши аппаратларнинг мукаммаллашуви, ташқи муҳит таъсирини ҳисобга олиш методларининг ва аппаратларни калибровка (созлаш) қилишнинг ишонарли йўлларини ишлаб чиқиш билан боғлиқ.

Назарий асосларнинг ривожланиши ва амалда космик геодезиянинг янги методларини қўлланилиши муқим аҳамиятга эга: йўлдош альтиметрияси, йўлдош градиентометрияси, йўлдош-йўлдош чизиги бўйича ўлчаш, РСДБ ва Ойнинг лазер локацияси ва бошқалар.

Космик геодезиянинг кейинги ривожда ва шу соҳада ечиладиган масалаларда муқим бўлган яна баъзи бир йўналишларни санаб ўтамиз:

-пунктлар координаталарини аниқлаш йўлларини геометрик ва динамик методлар билан мукаммаллаштириш;

-Ер массаси маркази ва геоцентрик координата тизимига нисбатан референц-эллипсоид координата тизимининг элементлари ориентировкасини аниқлаш;

-геопотенциал параметрларини ердаги гравиметрик ва геодезик маълумотларни жалб қилган ҳолда ҳар хил космик воситалар ва методлардан фойдаланиб аниқлаштириш;

-геопотенциал параметрлар вариациясини вақт давомида ўрганиш;

-Ер майдонини бошқа физик майдонлар билан боғлиқлигини кўрсатиш: масалан, гравитация майдони ва рельеф, гравитацион ва иссиқлик майдонлари;

- гравитацион майдон аномалиясига сабаб бўлган Ер қаъридаги бир жинсли бўлмаган зичликнинг фазовий тақсимланишини аниқлаш;

- Ернинг эгилувчанлигини, океан ва Ернинг қаттиқ қисмидаги кўтарилиш ва қайтиш ҳодисаларини ўрганиш;

- геодинамика ҳодисаларини мониторинг қилиш масаласини ўрганиш. Халқаро лайиҳаларни ўтказишда мақсадга мувофиқ бўлган РСДБ, Ой ва ЕСЙ локациясидан фойдаланиб, Ернинг айланиш параметрларини аниқлаш. Бир вақтнинг ўзида космик геодезия методларини, континентлар дрейфини ва ер силкиниши механизминини ўрганиш ишларини ривожлантириш;

-Қуёш системаси ва Ойнинг ички тuzилишини ўрганиш учун йўлдош маълумотларидан кенг фойдаланиш йўлларини;



-астрономик ва геодезиянинг фундаментал катталикларини аниқлаштириш;

-йўлдош маълумотларидан фойдаланиб кузатишда зарур бўлган ва ЕСЙ ҳаракати галаёнашнинг ҳисобга олувчи атмосфера моделини куриш;

-ресурс йўлдошларини орбитал ҳисоби ва космик сьемка натижаларини координата-вақт боғлиқлигини таъминлаш;

-йўлдош кузатувлари ҳажми билан ердаги традицион методда бажарилган кузатувлар нисбатини мувофиқлаштириш. Бу бирдек геометрик метод ва ҳам, динамикага ҳам тегишли;

-пунктларнинг абсолют ва нисбий координаталарини аниқлаш мақсадида экспедицияда ЕСЙ йўлдошлари кузатуви методларини ва асбобларини мукамаллаштириш;

-тенгламалар масаласи бўйича космик геодезик қурилмаларни тадқиқ қилиш;

-йўлдош альтиметрия амалиёти жараёнида олинган катта ахборат массани тезкор ҳисоб-китобини таъминлаш;

-космик геодезия қурилмаларини лойиҳалаш методларини ишлаб чиқиш. Ишлаб чиқилаётган лойиҳалар сифатини янада яхшилаш, ва бошқалар.

#### **X-боб бўйича назорат саволлари.**

1. Космик геодезиянинг энг муҳим йўналишларининг ривожланишини таърифланг.
2. Космик геодезиянинг ривожланиши нималарга боғланган?
3. Пунктлар координаталарининг аниқлаш йўлларини таърифланг.
4. Пунктларнинг абсолют ва нисбий координаталарини аниқлаш мақсади нималардан иборат?

## XI БОБ. ЎЗБЕКИСТОНДА КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ МЕТОДЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ

### 11.1. ЎзР ФА Астрономия институтида Ернинг сунъий йўлдошларини кузатиш

1957 йил 4 октябрда Ернинг биринчи сунъий йўлдошининг учирилиши астрономлар олдига осмон сферасида катта кўринма тезликка эга бўлган объектни кузатишни ташкил этиш вазифасини кўйди. Бу масала Тошкент астрономик обсерваториясида (ТАО) ҳам ҳал қилиниши керак эди. 1957 йил М.Ф.Быков ва А.А.Латыповлар иккинчи сунъий йўлдошининг тасвирини олишди. Йўлдош тасвири ТАОда тайёрланган «Тессер» объективли Монин кичик камерасида суратга олинди (объектив диаметри-70мм, фокус масофаси – 250 мм). 1958 йил баҳорида ТАО да фотографик астрометрия лабораторияси ташкил этилди ва унга ЕСЙларининг мунтазам кузатиш вазифаси кўйилди. Шу вақтда собиқ Иттифок ФА Астрономия кенгашидан аэрофотографик суратга олиш камераси НАФА-Зс/25 (объектив диаметри-100 мм, фокус масофаси-250 мм) олинди ва ЕСЙ кузатиш майдони яратилди. 1958 йилни ТАО да ЕСЙларини оптик кузатишни станциясини ташкил этиш йили дейиш мумкин. НАФА-Зс/25 камераси ёруғ йўлдошларни суратга олишга мўлжалланган бўлиб, тез ҳаракатланувчи затвор билан жиҳозланган, унинг очилиш ва ёпилиш пайтлари хронографда керакли аниқликда регистрация қилинади. Шунини айтиш жоизки, ТАО да вақт бўлимида кварц соатларининг бўлиши ЕСЙларнинг бир вақт кузатувида кузатиш ҳолатларини регистрациясида юқори аниқликни таъминлади.

1958 йил иккинчи сунъий йўлдошини 12 та сурати олинди, шундан 9 таси НАФА-Зс/25 камерасида ва 3 таси кичик камерада олинди. Яна учинчи сунъий йўлдошини 5 сурати, унинг ракета-ташувчисининг 53 та сурати НАФА-Зс/25 камерасида олинди. Сурат сони космик сунъий объектларининг ёруғлиги ва ёркинлигининг ўзгариши билан аниқланди. Станцияда олинган дастлабки кузатувлар эфемеридида хизматида фойдаланилган, шунинг учун улар тезда ҳисобланиб, ЕСЙнинг ҳолатлари, уларнинг вақт пайтлари билан тезда координация марказларига юборилган.

Шу билан бир вақтда ўлчов асбобларининг аниқлигани ошириш мақсадида уларнинг таҳлили ҳам амалга оширилди ва ЕСЙнинг аниқ ҳолатини аниқлаш билан боғлиқ бўлганишлар нашр қилинди. Дастлабки вақтда барча суратларнинг ўлчовлари КИМ-3 да қилинди,

аниқ ҳолатларнинг ҳисоб-китоби А.Н.Дейч методи бўйича А.Қодиров томонидан бажарилди. 1962 йил «Урал-1» ЭҲМда ЕСЙларининг аниқ координаталарини ҳисоблаш методикаси ўзлаштирилди.

1961 йил Пулково астрономларининг ташаббуси билан «Эхо-1» йўлдошининг бир вақтда фотографик кузатувиининг тажриба сеанси ўтказилди. Унда Пулково, Харьков ва Николаев станциялари билан биргаликда Тошкент станцияси ҳам қатнашди. Бу сеанс ЕСЙ кузатувларига асосланган космик триангуляция методи  $\pm 80\text{м}$  аниқлик бериши кўрсатилди. Шундан бошлаб ТАО даги станция бошқа чет эл станциялари билан биргаликда ЕСЙнинг ҳамма синхрон кузатувларида қатнашиб борди.

1963 йил май ойида «Эхо-1» станцияси ЕСЙнинг биринчи синхрон кузатувида қатнашди. Бунда бошқа чет эл мамлакатлари фаоллар академияси станциялари ҳам қатнашган эди.

Бу сеанс учун катта тайёргарлик ишлари олиб борилди: янги павильон кўрилди; станцияда иккинчи НАФА-3с/25 камераси ўрилатилди, унинг затвори очилиш ва ёпилиш вақтини ва хронографга келаётган жавоб сигнали кечикишини камаййтириш мақсадида затвори реконструкция қилинди; ходимлар кузатиш ишларга ўргатилди.

Бунинг натижасида 1963 йил 600 та суратлар олинди. Кейинчалик А.Г.Рахимов станцияда контактли дастур ускунасини курди, бу нарса кузатувчиларнинг ишларини енгиллаштирди ва олинаётган суратларнинг сифатини ва стандартлигини оширди.

1966 йил собиқ Иттифоқ ФА Астрономия кенгашининг ташаббуси билан станцияга НАФА-3с/25 асосида ишлаб чиқилган УФИС3-25-2 асбоби ўрилатилди. Янги асбоб ўрилатилгани муносибати билан станциянинг ишлаш қобилияти ошди ва 1966 йил сентябрь-октябрь ойларидаги «Гагос» ЕСЙининг синхрон кузатувларида бошқа станцияларга нисбатан кўпроқ натижа олинди. Кузатувларда станция ходимларидан Ю.М.Иванов, М.Эшматов, А.Қадиров ва фотографик астрометрия бўлими ходимлари қатнашдилар.

1968 йил ЎзФА АИда кузатувларни геодезик ҳисоблаши бўйича Халқаро семинар бўлди, унда космик геодезия мақсадлари учун сунъий осмон jismlарини оптик кузатувларини геодезик ҳисоблаш методлари асосий йўналишлари ишлаб чиқилди.

1968 йилдан бошлаб станциянинг асосий асбоби АФУ-75 бўлиб, у фаол геодезик ЕСЙларини чақнашини ва фаол бўлмаган 8-9 юлдуз катталагидаги ЕСЙларини юқори аниқликда ўлчади. 1969 йилда тезкор пассив хира ЕСЙларининг жуда кўп суратлари олинди.

## 11.2. ЕСЙ координаталарини телевизион тизим ёрдамида ўлчаш

Кейинги пайтда CCD камералари пайдо бўлди ва осмон jismlарининг координаталарини тез ва аниқ ўлчаш имкони яратилди. Одатда CCD камералар осмонда тор майдонни ҳамраб олгани учун осмон jisминини таянч юлдузларига боғлашга бу етарли эмас. Шунинг учун телевизион метод CCD-камера методига nisбатан афзалроқдир. Координата аниқлаш методининг хатолиги манбаи электромагнит оптикасининг мукаммал эмаслигидир. Телевизион тизимнинг дисторсияси майдон марказидан узоклашган сари ошиб, четларида кўриш майдонининг диаметрида 10% га етади. Уни ҳисобга олиш методлари ҳам камчиликлардан холи эмас ва масалани охиригача ҳал қилмайди. Координаталарнинг аниқлиги ўрганилаётган осмон майдонини электрон усулда кучайтирилган фотографик йўл билан суратга олишда, тасвирнинг ҳисобга олинмаган бузулишлари бўйича чегараланади. Аниқланаётган объектнинг ўрни аниқлигини ошириш учун уни камера майдони марказига жойлаштириб, таянч юлдузларни объектга яқинроқ олиб, уларни симметрик жойлаштириш лозим. Бунинг учун объектни юлдузлар орасидан топиб олиш керак.

Электрон техника белгиланган объектни суратга олмасдан ҳам аниқлаши мумкин. Аниқланаётган объектнинг ва таянч юлдузнинг координаталари фарқи ёйилиш нурунининг бир иккинчи тасвирга ҳаракати вақтида ёки объектлар орасидаги тўрнинг штрихларини санап йўли билан ўлчаниши мумкин. Бунда ўлчаш нагижалари керакли редукицион ҳисоблашларни бажариш учун тўғридан-тўғри компьютерга тушиши мумкин.

Ҳозирги вақтда телевизион метод ҳали мукаммал бўлмай, куйидаги камчиликларга эга:

- 1) Телевизион тизимнинг дисторсияси катта ва координаталар ўлчаш аниқлиги паст.
- 2) Телевизион тизимнинг кабул қилиш ойналарининг чизикли ўлчашлари кичик.

Юқорида қайд қилинган камчиликларга карамай, телевизион метод катта аҳамиятга эга, чунки классик методларга nisбатан маълум даражада устунлиги бор. Бу нарса «Майданак» ўлчаш комплексида текшириб кўрилган. Куйида «Майданак» ўлчаш комплексида объект координаталарини ўлчаш принципи берилган. Космик объектларнинг бурчак координаталарини ўлчаш принципи объект ҳолатини телескопнинг визир ўқиға nisбатан ҳолатини аниқлашдан иборат. Телескоп визир ўқининг ҳолати юқори

аникликдаги тескари алокали ракамли датчик билан аниқланиб, SAO ёки бошқа каталог таянч юлдузларига боғланиши мумкин. Ўлчаш комплексининг асосий телескоплари кузатиш жараёнини энгилаштирувчи телевизион тизим билан жиҳозланган бўлиб, 16.1 юлдуз катталигидаги объектларнинг координаталарини юкорианикликда ўлчаш имконини беради. Ўлчаш асоси кузатилаётган объект тасвири ва таянч юлдузни, оптик кузатувларни электрон регистрация қилувчи асбобнинг хотирасида бир моментда регистрация қилишдан иборатдир.

Объект координатаси таянч юлдузининг каталогдаги координаталарига кузатилаётган объект ва таянч юлдузининг телевизион координаталарини қўшиш билан олинади. Бунда телевизион растрнинг чизиқли эмаслиги туфайли тасвир координаталарини аниқлигидаги хатолик ҳисобга олинади. Ўлчаш комплексида 1950.0 эпохали юлдуз каталоги фойдаланилгани учун координата объектлари ҳам 1950.0 тизимида аниқлади. Ўлчашларнинг афзаллиги ташувчи машинадаги юлдуз каталогидан фойдаланиб, ГСЙ (геостационар йўлдош) координаталарини тез ва аниқ олинишидандир. Бу асбобда баъзи бир ГСЙ ҳолатлари ўлчови ўтказилган. ГСЙ координаталари ҳисоблаш натижалари 2.0 аникликда бўлган. 7-жадвалда ўлчаш комплексидаги ГСЙ кузатувларининг натижалари аниқлиги кўрсатилган, 8-жадвалда эса 22880 объект учун тўғри чиқиш кўринишидаги бурчак координаталари берилган.

7-жадвал. ГСС бурчак координаталарини ўлчаш натижаларининг аниқлиги

Сана	Йўлдош раками	Кузатиш лар сони	$\sigma_a$ (//)	$\sigma_b$ (//)	$T$ бошланди	$T$ тугалди
21.07.1995	22880	25	1.54	0.60	$21^h 08^m 23^s$	$21^h 11^m 35^s$
	22880	25	0.77	0.98	22 43 35	22 46 47
	22880	25	0.74	1.08	23 09 29	23 12 51
22.07.1995	22880	23	1.35	1.22	20 38 20	20 41 28
	22880	19	2.18	1.18	23 20 39	23 23 51
23.07.1995	22880	20	1.73	0.80	22 34 28	22 37 40
	22880	22	1.78	1.30	21 01 28	21 04 47
28.08.1995	22880	21	2.26	1.91	22 45 37	22 48 50
29.08.1995	22880	21	1.91	2.20	21 50 38	21 53 50
	20263	25	1.49	0.88	22 36 04	2 40 25
30.08.1995	22880	25	2.05	0.99	21 55 18	21 58 36
31.08.1995	22880	20	2.34	1.64	19 40 22	19 43 26
	28880	18	2.02	2.41	21 38 51	21 42 04
02.09.1995	20263	22	2.02	2.03	22 06 11	22 15 39
	20263	7	2.48	0.39	22 43 20	22 56 03
03.09.1995	20263	28	1.13	0.56	21 16 03	21 20 15
	20263	25	2.13	0.77	22 42 22	1 47 03

7-жадвалдан кўришиб турибди-ки, кузатувларнинг телевизион методи аниқлиги фотографик метод даражасида бўлса ҳам, унга nisbatan тезкордир. Агар кузатувни катта массаси билан ишланса, аниқлик ҳам шунга мос равишда ортади.

8-жадвал

БОШЛАНГИЧ МАЪЛУМОТЛАР  
Координаталар ва тезлик(Гринвич координата тизимида)

№ С/Й	Сана	UT hh mm ss.ss	X,км V <sub>x</sub> , км/с	Y,км V <sub>y</sub> , км/с	Z,км V <sub>z</sub> , км/с
10365	14.05.1995	14 46 39.04	4433.892 0.036355268	41528.100 0.086458273	5848.354 -0.572269299
13177	14.05.1995	14 45 28.61	7778.151 -0.016494208	40895.226 0.049401589	6676.505 -0.287246483
14728	14.05.1995	14 44 49.19	6364.118 -0.009484801	41341.409 0.033812059	5232.993 -0.251460169
16199	14.05.1995	14 46 58.60	4195.293 -0.002669188	41771.655 0.020730451	4259.079 -0.200166143
20263	14.05.1995	14 47 38.34	-4769.793 -0.000441424	41860.655 0.005729689	1981.603 -0.105516069
22880	14.05.1995	14 45 43.14	-253.789 0.000278349	42165.114 0.000406854	-216.688 -0.009412119

№ 22880 АЗТ-24Э

№	Сана dd mm гггг	Вакт hh mm ss.sss	α <sub>1950</sub>		δ <sub>1950</sub>		σ <sub>α</sub> (//)	σ <sub>δ</sub> (//)
			hh mm ss.sss	hh mm ss.sss	hh mm ss.sss	hh mm ss.sss		
1	21 07 1995	21 08 23 550	20 14 58 705	06 07 01 13				
2	21 07 1995	21 08 31 540	20 15 06 721	06 07 02 66				
3	21 07 1995	21 08 39 550	20 15 14 768	06 07 01 94				
4	21 07 1995	21 08 47 530	20 15 23 149	06 07 03 03				
5	21 07 1995	21 08 55 560	20 15 30 832	06 07 02 12				
6	21 07 1995	21 09 03 540	20 15 38 788	06 07 02 32				
7	21 07 1995	21 09 11 570	20 15 46 835	06 07 02 52				
8	21 07 1995	21 09 19 550	20 15 54 800	06 07 02 02				
9	21 07 1995	21 09 27 550	20 16 02 821	06 07 03 40				
10	21 07 1995	21 09 35 560	20 16 11 153	06 07 02 44				
11	21 07 1995	21 09 43 580	20 16 18 949	06 07 03 11				
12	21 07 1995	21 09 51 580	20 16 26 949	06 07 03 31				
13	21 07 1995	21 09 59 560	20 16 34 863	06 07 03 82				
14	21 07 1995	21 10 07 540	20 16 42 911	06 07 04 26	1.54	0.6		
15	21 07 1995	21 10 15 590	20 16 51 009	06 07 04 70				
16	21 07 1995	21 10 23 590	20 16 58 996	06 07 03 74				
17	21 07 1995	21 10 31 600	20 17 07 023	06 07 03 71				
18	21 07 1995	21 10 39 600	20 17 15 064	06 07 04 15				

19	21 07 1995	21 10 47 600	20 17 23 093	06 07 03 17		
20	21 07 1995	21 10 55 610	20 17 31 115	06 07 02 60		
21	21 07 1995	21 11 03 620	20 17 39 142	06 07 03 11		
22	21 07 1995	21 11 11 630	20 17 47 142	06 07 04 02		
23	21 07 1995	21 11 19 620	20 17 55 089	06 07 04 45		
24	21 07 1995	21 11 27 640	20 18 03 150	06 07 03 24		
25	21 07 1995	21 11 35 640	20 18 11 222	06 07 03 69		
26	21 07 1995	23 09 29 580	22 16 24 268	06 05 08 26		
27	21 07 1995	23 09 47 070	22 16 41 790	06 05 00 78		
28	21 07 1995	23 09 55 090	22 16 49 850	06 05 08 35		
29	21 07 1995	23 10 03 100	22 16 57 879	06 05 07 33		
30	21 07 1995	23 10 11 110	22 17 05 835	06 05 07 86		
31	21 07 1995	23 10 19 110	22 17 13 868	06 05 04 80		
32	21 07 1995	23 10 27 100	22 17 21 849	06 05 08 08		
33	21 07 1995	23 10 35 100	22 17 29 919	06 05 06 89		
34	21 07 1995	23 10 43 130	22 17 37 948	06 05 05 63		
35	21 07 1995	23 10 51 130	22 17 45 975	06 05 06 88		
36	21 07 1995	23 10 59 160	22 17 54 034	06 05 07 73		
37	21 07 1995	23 10 07 160	22 18 02 135	06 05 06 15	0°74	1°08
38	21 07 1995	23 11 15 180	22 18 10 102	06 05 05 12		
39	21 07 1995	23 11 23 170	22 18 18 161	06 05 06 36		
40	21 07 1995	23 11 31 160	22 18 26 179	06 05 04 40		
41	21 07 1995	23 11 39 170	22 18 34 206	06 05 04 62		
42	21 07 1995	23 11 47 150	22 18 42 173	06 05 04 45		
43	21 07 1995	23 11 55 180	22 18 50 273	06 05 04 67		
44	21 07 1995	23 12 03 190	22 18 58 266	06 05 02 48		
45	21 07 1995	23 12 11 200	22 19 06 277	06 05 02 70		
46	21 07 1995	23 12 19 190	22 19 14 377	06 05 01 20		
47	21 07 1995	23 12 27 200	22 19 22 362	06 05 02 75		
48	21 07 1995	23 12 35 220	22 19 30 194	06 05 01 80		
49	21 07 1995	23 12 43 240	22 19 38 448	06 05 01 78		
50	21 07 1995	23 12 51 260	22 19 46 466	06 05 01 30		
51	22 07 1995	20 38 20 680	19 48 48 268	06 07 04 88		
52	22 07 1995	20 38 24 340	19 48 52 451	06 07 04 89		
53	22 07 1995	20 38 32 980	19 49 00 616	06 07 07 09		
54	22 07 1995	20 38 37 570	19 49 04 884	06 07 04 77		
55	22 07 1995	20 38 41 560	19 49 09 232	06 07 05 03		
56	22 07 1995	20 38 49 590	19 49 17 063	06 07 06 74		
57	22 07 1995	20 39 02 530	19 49 30 334	06 07 04 61		
58	22 07 1995	20 39 10 760	19 49 38 357	06 07 09 55		
59	22 07 1995	20 39 14 950	19 49 42 587	06 08 00 50		
60	22 07 1995	20 39 19 530	19 49 47 039	06 07 06 46		
61	22 07 1995	20 39 52 000	19 50 19 698	06 07 08 76	1°35	1°22
62	22 07 1995	20 40 00 200	19 50 27 958	06 07 08 08		
63	22 07 1995	20 40 08 390	19 50 36 150	06 07 08 56		
64	22 07 1995	20 40 16 400	19 50 44 238	06 07 08 33		
65	22 07 1995	20 40 24 380	19 50 52 245	06 07 08 80		
66	22 07 1995	20 40 28 630	19 50 56 460	06 07 07 88		

67	22.07.1995	20 40 36 630	19 51 04 507	06 07 08.35		
68	22.07.1995	20 40 44 620	19 51 12 381	06 07 07.64		
69	22.07.1995	20 40 52 890	19 51 20 761	06 07 08.13		
70	22.07.1995	20 40 57 080	19 51 25 001	06 07 08.38		
71	22.07.1995	20 44 05 800	19 51 33 071	06 07 08.85		
72	22.07.1995	20 41 20 000	19 51 47 982	06 07 08.39		
73	22.07.1995	20 41 28 010	19 51 56 004	06 07 08.39		
74	22.07.1995	23 20 39 390	22 31 31 806	06 04 05.43		
75	22.07.1995	23 20 47 410	22 31 39 804	06 04 04.61		
76	22.07.1995	23 20 55 390	22 31 47 869	06 04 04.26		
77	22.07.1995	23 21 03 380	22 31 55 828	06 04 04.07		
78	22.07.1995	23 21 11 410	22 32 03 836	06 04 03.01		
79	22.07.1995	23 21 19 440	22 32 11 917	06 04 02.96		
80	22.07.1995	23 21 27 440	22 32 19 945	06 04 02.54		
81	22.07.1995	23 21 43 460	22 32 36 012	06 04 09.71		
82	22.07.1995	23 21 51 460	22 32 44 021	06 04 01.94		
83	22.07.1995	23 21 59 450	22 32 52 054	06 04 09.31	2.18	1.18
84	22.07.1995	23 22 07 489	22 33 00 584	06 04 03.50		
85	22.07.1995	23 22 39 480	22 33 33 430	06 04 01.54		
86	22.07.1995	23 22 55 460	22 33 49 529	06 04 09.74		
87	22.07.1995	23 23 11 560	22 34 05 688	06 04 09.42		
88	22.07.1995	23 23 19 560	22 34 13 298	06 04 09.59		
89	22.07.1995	23 23 27 570	22 34 21 163	06 04 09.78		
90	22.07.1995	23 23 35 560	22 34 29 160	06 04 09.27		
91	22.07.1995	23 23 43 560	22 34 37 213	06 04 08.98		
92	22.07.1995	23 23 51 550	22 34 45 196	06 04 08.00		
93	23.07.1995	22 34 28 710	21 49 13 262	06 06 07.72		
94	23.07.1995	22 34 36 730	21 49 21 909	06 06 07.09		
95	23.07.1995	22 35 08 710	21 49 53 681	06 06 07.10		
96	23.07.1995	22 35 16 710	21 50 01 688	06 06 04.88		
97	23.07.1995	22 35 24 680	21 50 09 665	06 06 05.71		
98	23.07.1995	22 35 40 700	21 50 25 746	06 06 05.89		
99	23.07.1995	22 35 56 680	21 50 41 771	06 06 05.74		
100	23.07.1995	22 36 04 720	21 50 49 821	06 06 04.31		
101	23.07.1995	22 36 12 710	21 50 57 859	06 06 06.93		
102	23.07.1995	22 36 20 710	21 51 05 897	06 06 05.41	1.73	0.80
103	23.07.1995	22 36 28 700	21 51 13 863	06 06 04.28		
104	23.07.1995	22 36 36 700	21 51 21 864	06 06 03.62		
105	23.07.1995	22 36 44 680	21 51 29 851	06 06 03.20		
106	23.07.1995	22 36 52 680	21 51 37 869	06 06 03.47		
107	23.07.1995	22 37 00 670	21 51 45 907	06 06 03.05		
108	23.07.1995	22 37 08 650	21 51 53 914	06 06 03.25		
109	23.07.1995	22 37 16 690	21 52 01 923	06 06 02.81		
110	23.07.1995	22 37 24 660	21 52 09 971	06 06 03.25		
111	23.07.1995	22 37 32 660	21 52 17 983	06 06 02.36		
112	23.07.1995	22 37 40 670	21 52 26 037	06 06 04.04		
113	24.07.1995	21 01 28 820	20 19 56 400	06 08 07.29		
114	24.07.1995	21 01 36 850	20 20 04 381	06 08 07.02		



115	24.07.1995	21 01 44 850	20 20 12 434	06 08 06 28		
116	24.07.1995	21 01 52 840	20 20 20 466	06 08 07 26		
117	24.07.1995	21 02 00 820	20 20 28 402	06 08 06 99		
118	24.07.1995	21 02 08 870	20 20 36 504	06 08 08 29		
119	24.07.1995	21 02 16 890	20 20 44 593	06 08 06 84		
120	24.07.1995	21 02 55 790	20 21 23 603	06 08 08 17		
121	24.07.1995	21 03 03 790	20 21 31 599	06 08 00 40		
122	24.07.1995	21 03 11 800	20 21 39 678	06 08 00 59	1.78	1.30
123	24.07.1995	21 03 19 820	20 21 47 705	06 08 01 26		
124	24.07.1995	21 03 27 810	20 21 55 712	06 08 09 19		
125	24.07.1995	21 03 35 840	20 22 03 739	06 08 06 55		
126	24.07.1995	21 03 43 830	20 22 11 734	06 08 08 25		
127	24.07.1995	21 03 51 840	20 22 19 741	06 08 06 26		
128	24.07.1995	21 03 59 890	20 22 27 881	06 08 07 01		
129	24.07.1995	21 04 07 900	20 22 35 878	06 08 06 04		
130	24.07.1995	21 04 15 900	20 22 43 874	06 08 05 76		
131	24.07.1995	21 04 23 900	20 22 51 880	06 08 06 19		
132	24.07.1995	21 04 31 890	20 22 59 957	06 08 09 75		
133	24.07.1995	21 04 39 860	20 23 07 955	06 08 06 35		

### 11.3.Китобда геосинхрон йўлдошларни фотографик усулларда кузатиш

1970 йилдан бошлаб геосинхрон орбитага айланиш даври Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш даврига деярли тенг бўлган йўлдошлар чиқарила бошланди. Улар Ер юзидан 36000 км масофада жойлашган. Йўлдош жойини аниқлашда фотографик методдан фойдаланилди, лекин маълумот олиш оперативлиги кўпроқ вақтни олади (2-3соат). Бунда аниқлик радиотехник методдан қолишмайди. Қуйида ЕСЙларининг Цейсс астрографида кузатиш методи ва бурчак координаталарини аниқлаш натижалари кўрсатилган.

Стационар йўлдошларни аниқ жойини аниқлаш учун Цейсс астрографида фотографик кузатишлар олиб борилди. Бу стационарларни кузатиш методи кичик сайёраларни кузатуvidан фарк қилади, стационарлар осмон сферасида юлдузлар ҳаракатига қарама-қарши ҳаракат қилади. Натижада фотопластинкада юлдузлар чўзинчоқ бўлиб, стационар эса экспозиция вақтига қараб чизикчалар кўринишида бўлади. Юлдузни экспозициялар оралигида ўлчаш ва солиштириш учун труба конюги бир неча секунда ёпилади. Йўлдош изининг ўртасида бўш жой пайдо бўлади ва уни асбобда ўлчаса бўлади. Бу метод фотосуратда объектни жойини аниқ ўлчаб ҳисоблаш имконини беради. Биринчи марта бу методика Джакобинни-Циннер ва Галилей кометаларини кузатиш пайтида синалди ва кейин бошқа ҳаракатдаги объектларга ҳам қўлланилди.

1989 йили баъзи стационарлар аниқ жойларини аниқлаш ва эфемерида маълумотларини яхшилаш учун Цейсс астрографида кузатилади. Бошланғич шартга биноан эфемерида декрет вақти билан ҳар 5 минутда ҳисобланади. Эфемерида маълумотига қараб телескоп осмоннинг керакли жойига йўналтирилади ва эфемерида майдони суратга олинади. Экспозиция объект ёруғлигига қараб 3 минутдан 6 минутгача берилар эди. Бу методнинг камчилиги - хусусий ҳаракати (дрейф) ҳисобга олинмаслигидир. Агар бу нарса ҳисобга олинса, унда юлдузнинг изи тўғри бўлмай, илон изи бўлиб чиқар эди. Комета ва сайёралар йўлдошлари кузатиш уларнинг осмондаги хусусий ҳаракати ҳисобга олинган. Геостационарлар тасвири туширилган 9 та фотопластинка олинган. Таянч юлдузлар АГК-3 каталогидан олинган. Юлдузларнинг энг кичик сони 3 та эди. Координата редукцияси Шлэзингер методи билан ҳисобланади. 9-жадвалда стационарларнинг аниқ ҳолатлари ҳисоби келтирилган. 1 чи бўлимда геостационар номери, 2 чида кузатув санаси, 3 чида Москва вақти билан кузатиш моменти, 4 ва 5 ҳисда - 1950.0 эпохасида тўғри чиқиш ва оғиш бурчаклари кўрсатилган.

9-жадвал. Йўлдошларнинг геосинхрон топоцентрик координаталари

ЕСИ тартиб рақами	Сана	Кузатиш вақти	$\alpha_{1950.0}$	$\delta_{1950.0}$
772	2.10.1989	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	21 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 21. <sup>s</sup> 91	-6 <sup>o</sup> 23'29.3 <sup>o</sup>
772	2.10.1989	19 30 00	21 13 23.99	-6 26 56.9
772	3.10.1989	20 00 00	22 47 37.48	-6 27 34.6
638	3.10.1989	20 15 00	22 31 15.42	-6 48 36.0
772	4.10.1989	20 25 00	23 16 21.67	-6 29 27.5
772	5.10.1989	18 40 00	21 29 24.00	-7 43 06.0
772	11.05.1990	20 00 00	12 54 07.59	-7 20 49.9
769	19.05.1990	20 55 00	16 35 00.00	-6 05 00.0
772	10.07.1990	20 55 00	17 49 56.70	-6 50 35.8

Шундай қилиб, геосинхрон йўлдошларнинг фотографик кузатиш методи уларнинг бурчак координаталарини 0.5-1.0 аниқликда ўлчаш имконини бериб, фотометрик ўлчашлар ўтказишда ва орбита элементларини ҳисоблашда муҳим роль ўйнайди.

#### 11.4. Ернинг зонал гармоник геопотенциали $J_{19}$ ва атмосфера таъсирини ERS-2 ЕСЙнинг координаталарини ўлчашда ҳисобга олиш

Космик аппаратнинг (КА) кўринма ҳолатини телескоп майдонида ёки телевизор тизимда топиш учун ҳаракат йўлини аниқлашда албатта юқори даражадаги Ер геопотенциали таъсирини ҳисобга олиш лозим. Геопотенциал коэффициентини таъсири КА Ер юзидан узоқлашиши билан камаяди. Пастроқда, баландлик 500-1000 км бўлганда, КА ҳаракат йўлига таъсир килувчи иккинчи асосий фактор атмосфера зичлиги бўлиб, у ҳам баландлик ошган сари камаяди.

Космик аппарат ҳаракати тенгламаси 4 даражали Рунге-Кутта метод билан интегралланди, ҳаракат тенгламасини сонли интеграллаш методи йўлдош ҳаракатига таъсир қилаётган барча кучларни ҳисобга олади. КАнинг ғалаёнланган ҳаракати йўлининг сонли ечимни экстраполяция қилиш кетма-кетлиги орқалиқ урилади. Бунда КА ҳаракат йўлининг интеграл эгрилиги синик чизик билан алмаштирилади, танлаб олинган интеграллаш қадами шундай олинади-ки, сонли методи билан олинган синик чизик билан ҳақиқий интеграл эгрилиги орасидаги фарқ энг кичик бўлиши керак. Бунда ҳаддан ташқари кичик қадам машина вақтининг ортикча сарфланишидан ташқари, ҳар бир қадамда йигилиши натижасидаги хатоликлар туфайли ечимни ёмонлаштиради. Шунинг учун интеграллаш қадами ҳар бир йўлдош учун синчковлик билан танлаб олинади. ERS-2 йўлдош учун Рунге-Кутта методи бўйича қадам 4га тенг. Ғалаёнланган ҳаракатни интеграллаш геопотенциал  $J_{19}$  ва атмосфера ғалаёнини ҳисобга олган ҳолда суткалик интервалда ўтказилди. 10-жадвалда ва 35-расмда ERS-2 гача ҳисобланган масофаси ҳақиқий масофа орасидаги фарқдан зонал гармоник коэффициентини боғлиқлиги сутка ўтгандагиси атмосфера таъсири ва таъсирсиз берилган.

17.02.01	X		Y		Z		X <sub>исп</sub>		Y <sub>исп</sub>		Z <sub>исп</sub>		Фарс	Фарс атм. б.дан
	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий	Сухсий		
ийинида	3364024	-2345026	5865355	3364024	-2345026	5865355	0	0						
J2	3363609	-2344748	5865526	3363387	-2344710	5865608	610	751						
J3	3364602	-2345114	5865003	3364480	-2345077	5865085	682	532						
J4	3364366	-2345189	5865116	3364243	-2345152	5865198	448	297						
J5	3364339	-2345184	5865149	3364217	-2345147	5865231	408	259						
J6	3364268	-2345110	5865216	3364146	-2345073	5865298	293	143						
J7	3364273	-2345098	5865259	3364101	-2345061	5865341	232	86						
J8	3364234	-2345117	5865255	3364102	-2345079	5865334	243	97						
J9	3364232	-2345119	5865248	3364110	-2345082	5865330	252	106						
J10	3364202	-2345127	5865262	3364080	-2345090	5865344	225	86						
J11	3364169	-2345112	5865287	3364047	-2345080	5865369	184	60						
J12	3364152	-2345123	5865294	3364030	-2345086	5865376	172	64						
J13	3364154	-2345123	5865286	3364032	-2345086	5865368	176	62						
J14	3364149	-2345118	5865290	3364027	-2345080	5865372	168	57						
J15	3364160	-2345121	5865286	3364038	-2345084	5865368	180	61						
J16	3364155	-2345119	5865290	3364033	-2345082	5865372	173	59						
J17	3364127	-2345109	5865303	3364005	-2345072	5865384	142	58						
J18	3364135	-2345112	5865297	3364013	-2345075	5865379	152	56						
J19	3364141	-2345115	5865295	3364019	-2345077	5865377	159	56						



### 11.5. Энке усулда оралиқ орбита

Энке методиди координаталар тўғридан-тўғри олинмайди, чунки интеграллаш - ҳақиқий координаталар ва таянч орбитасидаги координаталар фарқи бўлмиш оралиқ натижани беради. Таянч орбитасидан отиш галаёиланиш деб аталади ва у оскуляция эпохасида нолга тенг бўлади. Энке методининг афзаллиги шунда-ки, оскуляция эпохаси яқинидаги моментлар учун галаёиланиш кичкина бўлиб, бир неча сондан ошмайди. Бу нарса интеграллашнинг кадами Коуэлл методига нисбатан каттароқ олиш имконини беради. Энке методининг камчилиги вақт ўтиши билан галаёиланиш киймати анчага ошади, бунинг натижасида вақти-вақти билан таянч орбиталарининг оскуляциясини ўзгартириб туришга тўғри келади.

Бунда интеграллаш бошидан бошланади. Координаталар ва тезлик янги эпоха учун аниқланади. Умуман олганда биринчи яқинлашув сифатида вақт бошида оскуляция қиладиган кеплер орбитасидан кўра ҳақиқий ҳаракатни катта векторлигида алпроксимация қиладиган таянч орбитасини олиб бу қийинчиликни четлаб ўтиш мумкин эди, аммо бу амалда қўлланилмайди, чунки бундай оралик орбиталарни кўриш учун маълумотлар етишмайди. Энке методи тенгласи таянч орбиталари модификацияси асосида фиктив марказ ва фиктив массадан фойдаланиб олинган модификация элементларини ишлатиб олинади.

$$\ddot{\rho} + \frac{k^2 m^* \bar{\rho}}{\rho^3} = 0 \quad (11.5.1)$$

$$\ddot{\bar{r}} + \frac{k^2 m \bar{r}}{r^3} = \bar{F} \quad (11.5.2)$$

тенгламадан (11.5.1) тенгламани чиқариб ташлаб қуйидагини оламиз

$$\ddot{\bar{r}} - \ddot{\rho} + \frac{k^2 m \bar{r}}{r^3} - \frac{k^2 m^* \bar{\rho}}{\rho^3} = \bar{F} \quad (11.5.3)$$

Мураккаб бўлмаган ўзгаришлардан сўнг модификация қилинган таянч орбиталари асосида Энке тенгласини оламиз.

$$\Delta \ddot{\bar{r}} + \frac{k^2 m \Delta \bar{r}}{r^3} - \frac{k^2 \bar{\rho}}{\rho^3} \left[ m^* - m + \frac{2m^* (\bar{\rho} \Delta \bar{r}) + \Delta \bar{r}^2}{\rho^2} \cdot Q \right] = \bar{F} \quad (11.5.4)$$

Агар (11.5.4)  $m^*$  га тенг  $m$ , қўйилса, (11.5.4) тенгласи Энке методнинг оддий формуласига айланади. (11.5.4) формулани исталган метод билан интеграллаш мумкин. Ҳар доим (11.5.4) ни интеграллаётганда Қуёшнинг ўзгартирилган, яъни фиктив массаси ишлатилади, оскуляцияда ҳам масса қиймати ишлатилиши лозим. Исталган метод-Энке ёки Коуэллдами доимий интеграллаш қиймати оскуляция эпохасидаги координата ва тезликдан олинади.

Умуман олганда ҳисоб-китоб ишлари ЭХМда бажарилганда иккала методнинг ҳам бир-биридан устунлиги йўқ. Энке методи интеграллаш қадамни каттарок олиш имконини беради, аммо ҳар бир кадам Коуэлл методига нисбатан кўп вақт талаб қиладди. Кометалар Қуёш яқинида бўлганда кўпинча классик Энке методи қўлланилади, Қуёшдан узоклашганда эса Коуэлл методи қўлланилади. Объектлар жуда яқинлашганда классик методда ҳисобланган ғалаёнлиниш қиймати тез ортиб кетади, у ҳолда кадам

кичик одиини шарт. Бунда ушбу метод ўзининг устуңлигини йўқотади. Бу икки методдан бир-бирига ўтиш кийин эмас, бунда координата ва тезлик компонентларини оскуляциянинг янги эпохаси учун ҳисоблаш лозим ва интеграллашни шу янги эпоха учун қилиш керак. Кенг имкониятли ЭХМ бўлса ва интеграллаш жараёни бутунлай автоматлаштирилганда Коуэлл методи Энке методидан афзалроқ бўлади. Бунда  $Q$  функцияси учун қайси формуладан фойдаланишни тўғри ҳал қилиш керак ва ғалаёнианиш орган сари орбитани даврий равишда янгилаб туриш керак. Агар модификация қилинган таянч орбиталари асосида Энке методи қўлланилса бу кийинчиликлар унча билинмайди.

Фақат тигиз яқинлашишда Энкенинг модификация қилинган методи Энкенинг оддий ва Коуэлл методидан анча устуңликка эга. Катта планеталардан кўнроқ ғалаёнианиш бўлганда фиктив масса мос равишда танлаб олинади ва модификацияли таянч орбита оскуляр орбитага нисбатан ҳақиқий орбитага яқин бўлади.

### 11.6 Ҳаракат параметрларини яхшиловчи оралиқ орбита

Классик методларда орбитани яхшиловчи шартлар тенгламаларнинг дифференциал коэффицентлари Эккерт–Брауэр типидagi ғалаёнланмаган ҳаракат формуласи билан аниқланади. Бу формулалар ғалаёнианиш кичик бўлганда ўринли, агар ғалаёнианиш катта бўлса, унда элемент тузатмаси ва координата ўсиши орасидаги алоқани аналитик кўрсатиш мумкин эмас. Шунинг учун дифференциал тенгламалар коэффицентларини ҳисоблашда сөнли методдан фойдаланилади. Дифференциал коэффицентларда орбиталарни яхшилаш ва ғалаёнианишни ҳисобга олиш масаласига бу ишда аҳамият берилган.

Орбиталарни яхшилашда фақат яхшиланиш жараёни мослиги эмас, балки ковариация матричаси иложи борича тенгламаларни интеграллаш вариациясини таъминловчи ҳолатларга яқин бўлиши керак. Айниқса бу нарса кузатувлар орбита бўйича яхши тақсимланмаганда ва нормал тенглама матрицалари шартлари яхши бўлмаган шароитда аҳамиятга эга. Дифференциал коэффицентларда ғалаёнианишни ҳисобга олиш фақат керак бўлиб қолмай, балки у ниҳоятда зарур. Ўзгарган ёки қайта тикланган массадан фойдаланиб, орбиталарни яхшилаш дифференциал коэффицентларда

галактиканин қисман кўшиш имконини беради. Оралик орбитада ҳолат вектори қуйидагига тенг бўлади.

$$\vec{r} = \vec{r}(\vec{r}_0, d\vec{r}_0, \kappa^2 m^*, t) \quad (11.6.1)$$

11.6.1 ни дифференциаллаш қуйидагини беради

$$\Delta \vec{r} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial \vec{r}_0} \Delta \vec{r}_0 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial d\vec{r}_0} \Delta d\vec{r}_0 + \frac{\partial \vec{r}}{\partial \kappa^2 m^*} \kappa^2 \Delta m^* \quad (11.6.2)$$

11.6.1 даги коэффициентлар  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial \vec{r}_0}$ ,  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial d\vec{r}_0}$  икки жисм масаласидан яхши маълум бўлган классик кўринишдан шу билан фарқ қилади-ки, унда Қуёш массаси  $m$  ўрнига  $m^*$  қўйилади.  $\frac{\partial \vec{r}}{\partial \kappa^2 m^*}$  коэффициенти классик формулаларда йўқ. Унинг аниқ ифодасини олиш учун шунга аҳамият беришимиз керак-ки,  $\kappa m^*$  учун  $n$  орқали киради, у эса  $M$  (астеронднинг ўртача аномалияси) орқали киради. Кеплернинг 3 қонунидан қуйидагини оламиз

$$\frac{2\Delta n}{n} + 3 \frac{\Delta a}{a} = \kappa^2 \Delta m^*; \quad (11.6.3)$$

Бундан

$$\frac{\partial n}{\partial \kappa^2 m^*} = \frac{n}{2}, \quad (11.6.4)$$

$$\frac{\partial \vec{r}}{\partial \kappa^2 m^*} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial \kappa^2 m^*} = \frac{\partial \vec{r}}{2\partial n} n = \frac{1}{2} \frac{\partial \vec{r}}{\partial n} n(t-t_0) = \frac{1}{2} d\vec{r}(t-t_0), \quad (11.6.5)$$

Бундан кўришиб турибди-ки (11.6.1) коэффициентлари осонгина ҳисобланади.  $\Delta \vec{r}_0$  га мураккаб равишда боғланган

$\kappa^2 \Delta m^*$  кўпайтувчиси асосий қийинчиликни туғдиради.

(11.6.1) нинг аъзоси  $\kappa^2 \Delta m^*$  ни ҳисобга олишни икки хил йўл билан амалга ошириш мумкин. Шартлар бажарилганда  $\kappa^2 \Delta m^*$  тузатма  $\Delta \vec{r}_0$ ,  $\Delta d\vec{r}_0$  компоненталари билан биргаликда аниқланадиган еттинчи тузатма деб қаралади, иккинчиси  $\kappa^2 \Delta m^*$  (11.6.2)га киргизилади ва  $\Delta \vec{r}$  фақат  $\Delta \vec{r}_0$ ,  $\Delta d\vec{r}_0$  орқали ифодаланеди, унда фақат 6 тузатма аниқланади.

### 11.7. Иккинчи ва учинчи даражали урунмали оралик орбита

Бизнинг вазифамиз Энке методи самарасини учунчи даражали урунмали орбита билан солиштиришдир. Қуйидаги белгилашларни киритамиз:  $\Delta \vec{r}_0, \Delta \vec{dr}_0$  оралик орбитадаги ғалаёнланган ҳаракат йўлдаги ҳолат вектори,  $\vec{\Delta}$  - жисмнинг ғалаёнланган ва оралик орбитадаги бир-бирдан огиш вектори,  $\vec{R}$  - фиктив марказ ҳолат вектори,  $\vec{r}^*$  - оралик орбитада фиктив марказга nisbatan жисмнинг ҳолат вектори,  $m, m^*$  - Қуёш ва фиктив марказ массаси. У ҳолда,

$$\vec{r} = \vec{r}^* + \vec{\Delta} = \vec{R} + \vec{\rho} + \vec{\Delta} \quad (11.7.1)$$

бу ерда  $\vec{R}, m^*$  - иккинчи даражали урунмали орбита бўлгандаги  $\vec{R}_0 = \vec{R}, \dot{R}_0 = 0, \vec{\rho}_0 = \vec{r}_0 - \vec{R}_0, \dot{\rho}_0 = \dot{r}_0 - \dot{R}_0$  бошланғич шартли формула билан аниқланади

$$\begin{aligned} \vec{R} &= \vec{r}_0 - \vec{\rho}_0, \\ \vec{\rho}_0 &= -\alpha \vec{r} \end{aligned} \quad (11.7.2)$$

$$fm^* = \rho_0^2 \left| \ddot{\vec{r}} \right|$$

$$\alpha = \frac{[3(\ddot{r}_0 - \dot{r}_0)^2 + \ddot{r}_0^2 \dot{r}_0^2]}{[3(\ddot{r}_0 \dot{r}_0)(\ddot{r}_0 \dot{r}_0) - (\ddot{r}_0 \dot{r}_0) \ddot{r}_0^2]}$$

$$\ddot{\vec{\rho}} + \frac{\kappa^2 m^* \vec{\rho}}{\rho^3} = 0 \quad (11.7.3)$$

$\vec{\Delta}$  - учун қуйидаги тенгламага эга бўламиз,

$$\ddot{\vec{\Delta}} = \vec{F} - \frac{fm}{r^3} \left[ \vec{\Delta} + \vec{R} - \vec{\rho} \left[ \left( \frac{m^* - m}{m} \right) \frac{r^3}{\rho^3} - Q \frac{2\rho(\vec{R} + \vec{\Delta}) + (\vec{R} - \vec{\Delta})^2}{\rho^4} \right] \right] \quad (11.7.4)$$

бу ерда  $Q$  - навбатдаги

$$Q = \frac{(1 + \frac{r}{\rho} + \frac{r^2}{\rho^2})}{(1 + \frac{r}{\rho})}$$

формула билан аниқланади. Бу формула оралик орбита таянч орбита бўлгандаги Энке методи тенгласидир. Агар  $m^* = m, R = 0$



ларни алмаштираш таянч орбитаси сифатида оскулир килинаётган эллипси Энке методи классик формуласини оламиз.

11-жадвал. 2-даражали уринмали оралик ҳолатидан астероидларнинг ғалаёнланган ҳаракатдан огиши

$T^a$	$(\bar{r} - \bar{\rho})10^{-12}$	$(\bar{r} - \bar{\rho}') \cdot 10^{-12}$
0.5	445	000
1.0	1859	000
1.5	4199	000
2.0	7464	000
2.5	11660	000
3.0	16786	000
3.5	22843	000
4.0	29830	000
4.5	37745	000
5.0	46588	000
5.5	56359	000
6.0	67056	171
6.5	78680	204
7.0	91228	240
7.5	104701	280
8.0	119098	324
8.5	134418	372
9.0	150660	456
9.5	167824	517
10.0	185907	584

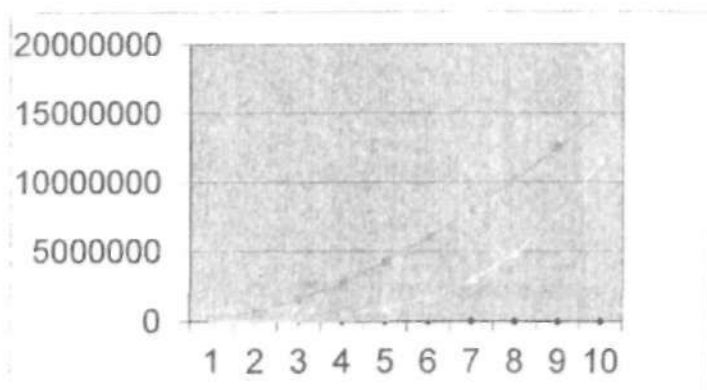
Энке усули самарасини турли таянч орбиталари билан солиштиришни моделлар мисолида келтирдик. Унда ҳаракатланаётган жисм сифатида Икар астероиди олинган.

Ғалаёнланиш фақат Юпитердан ҳисобга олинган. Дифференциал тенглама 0,5 суткалик доимий қадам билан 4-даражали Рунге-Кутт методи билан интегралланди. 10-суткалик давр орасидаги сонли интеграллаш хатоси  $5 \cdot 10^{-12} a.e.$  дан ошмади. Бу аниқликка эришиш учун оралик орбитадаги астероид ҳолати иккиламчи аниқликда ҳисобланди.

12 жадвал.

Астероиднинг галаёнланган ҳаракат йўлда оралик орбитадаги ҳолатидан оғиши.  $(\bar{r} - \bar{\rho}') \cdot 10^{-12}$ ,  $(\bar{r} - \bar{\rho}'') \cdot 10^{-12}$ ,  $(\bar{r} - \bar{\rho}''') \cdot 10^{-12}$  2- ва 3- даражали урунмали оралик орбитадаги ҳолатидан галаёнланган ҳаракат йўлдаги астероид ҳолатининг оғиши. Т-суткадан интеграллаш интервали

T <sup>d</sup>	$(\bar{r} - \bar{\rho}') \cdot 10^{-12}$	$(\bar{r} - \bar{\rho}'') \cdot 10^{-12}$	$(\bar{r} - \bar{\rho}''') \cdot 10^{-12}$
10	177931	5949	584
20	706067	50171	3982
30	1573297	179106	15970
40	2764374	450772	46727
50	4258791	938890	110938
60	6029079	1689888	228358
70	8038159	2978929	424654
80	10235133	4834220	732718
90	12548408	7559314	1195125
100	14874556	11546316	1870047



37-расм. Галаёнланган орбитадаги астероид ҳолатининг оралик орбитадан оғиши. «катордаги эгри чизик 1-даражали урунмали оралик орбитадан оғишини кўрсатади, 3-катордаги 2-даражали, 4-катордаги 3-даражали оғишини кўрсатади.

12-жадвал. ва 37-расмдан кўриниб турибди-ки, оралик орбита уринмаси даражаси оғиши билан галаёнланган ҳаракат йўлнинг ораликдан оғиши сезиларли камаяди. Юқорида келтирилган натижалар 2- ва 3-даражали уринмали оралик орбиталардан фойдаланилганда Энке усули таянч тинч ҳаракат қиладиган эллипсели классик методидан самаралироқ.

### **XI-боб бўйича назорат саволлари.**

1. Тошкентда сунъий йўлдош биринчи марта қачон кузатишган?
2. 1958-1970йилларда Тошкентда сунъий йўлдош қайси асбоблар ёрдамида кузатишган?
3. Сунъий йўлдошнинг координатаси телевизион усул билан қандай аниқланади?
4. Геосинхрон йўлдошларнинг координатаси фотографик усул билан қандай аниқланади?
5. Сунъий йўлдошларнинг ҳаракат йўлига геопотенциал ва атмосфера қандай таъсир қилади?
6. Оралик орбита - нима?
7. Бошланғич маълумотлар нималардан иборат?
8. 1 а.е. - қанча?

## “КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ” ФАНИДАН АМАЛИЙ ИШЛАР РЎЙХАТИ

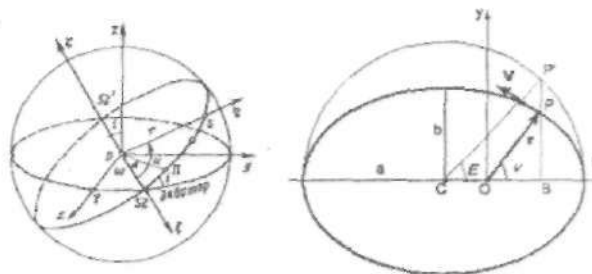
### 1-амалий иш

**Маъзу:** Ер сунъий йўлдошининг асосий элементларини ўрганиш.

**Топшириқдан мақсад:** Ер сунъий йўлдошининг асосий элементларини график шаклда чизиб бериш ва тасавур қилиш.

#### Топшириқни бажариш тартиби:

1. Ер сунъий йўлдошини орбитасини,  $a$  катта ярим ўқини ва  $e$  эксцентриситетини текисликда чизиб бериш.
2. Баҳорги тенг кунлик нуқтаси йўналиши  $\Omega$  ва орбитанинг киялиги  $i$  ни чизиб бериш.
3. Перигей аргументи  $\omega$  ва кенглик аргументи  $u$  ни чизиб бериш.



#### Топшириқни бажариш учун вариантлар

Вариант №	$a$	$e$	$\Omega^0$	$\omega^0$	$i^0$	$u^0$
1	10	0	90	0	90	0
2	5	0.5	45	90	0	45
3	2	0.9	0	45	45	90
4	7	0.3	30	60	0	90
5	8	0.7	1	135	60	0
7	4	0.4	60	180	120	60
8	12	0.01	75	0	30	90
9	14	0.8	180	90	45	30
10	3	0	135	45	90	0
11	6	0.99	0	75	0	90

#### Адабиёт ва қўлланмалар

1. Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. М.: "Недра", 1986.
2. Бойко Е.Г. и др. Использование ИСЗ для построения геодезических сетей. - М., "Недра", 1977.

## 2-амалий иш

**Мавзу:** Ер сунъий йўлдошининг  $x, y, z$  геоцентрик координаталарини ҳисоблаш.

**Топшириқдан мақсад:** Ер сунъий йўлдошини  $x, y, z$  геоцентрик координаталарини маълум бир вақтга ҳисоблаш.

**Топшириқни бажариш тартиби:**

$$R=r-\rho$$

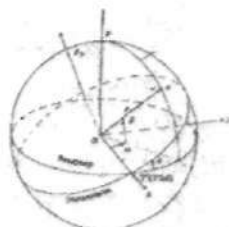
$X, Y, Z$ - кузатиш нуқтасининг геоцентрик координаталари.

$$X=x-\rho_x$$

$$Y=y-\rho_y$$

$$Z=z-\rho_z$$

$\rho_x, \rho_y, \rho_z$  - Ер сунъий йўлдошининг топоцентрик координаталари



$$x = r \cos \alpha \cos \delta$$

$$y = r \sin \alpha \cos \delta$$

$$z = r \sin \delta$$

Топшириқни бажариш учун вариантлар

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$\alpha$	$10^{\text{h}} 12^{\text{m}} 12.0^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 13^{\text{m}} 00.5^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 14^{\text{m}} 20.4^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 15^{\text{m}} 10.8^{\text{s}}$
$\delta$	$+30^{\circ} 19' 40''$	$+30^{\circ} 20' 10''$	$+30^{\circ} 21' 53''$	$+30^{\circ} 22' 48''$
$r$	12000км	12000км	12000км	12000км
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
$\alpha$	$10^{\text{h}} 15^{\text{m}} 45.0^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 19^{\text{m}} 00.5^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 14^{\text{m}} 20.4^{\text{s}}$	$10^{\text{h}} 15^{\text{m}} 10.8^{\text{s}}$
$\delta$	$+45^{\circ} 28' 40''$	$+60^{\circ} 00' 18''$	$+23^{\circ} 51' 29''$	$+37^{\circ} 29' 30''$
$r$	12000км	12000км	12000км	12000км

Топшириқни бажариш намунаси

Вариант №		COS	SIN		
$10^{\text{h}} 14^{\text{m}} 20.4^{\text{s}}$	153,3506	0,895595324	0,44486966	$X=r \cos \alpha \cos \delta$	
30,2153	30,2153	0,862825077	0,505502607	$Y=r \sin \alpha \cos \delta$	
12000				$Z=r \sin \delta$	
				R	12000

### Адабиёт ва қўлланмалар

1.Аксёнов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. - М., "Наука", 1977.

2.Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра",1986.

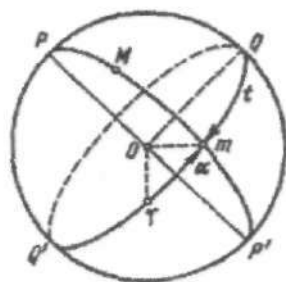
3.Бойко Е.Г. и др. Использование ИСЗ для построения геодезических сетей. - М., "Недра", 1977.

### 3-амалий иш

**Мавзу:** Тошкент меридианида юлдуз вақтини ҳисоблаш.

**Тошшириқдан мақсад:** Бирон бир меридиан учун юлдуз вақтини ҳисоблаш.

**Тошшириқни бажариш тартиби:**



$S_0$  — ўртача Гринвич ярим тунидаги юлдуз вақти ёки дунё вақтидаги АЙда «юлдуз вақти» жадвалида ҳар кун учун берилади.

Гринвич меридиани учун:

$$S = S_0 + M + M\mu$$

$S$ - $M$  ҳолатга мос гринвич юлдуз вақти,

$S_0$ - ўрта гринвич ярим кечасидаги юлдуз вақти,

$M$ -дунёвақти,

$\mu$ -дунё вақтининг юлдуз вақтига редукцияси

Тошкент меридиани учун

$$S = S_0 + M + M\mu + \lambda$$

$\lambda$  - Тошкент учун меридиан узоклиги

$$(\lambda = 4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.476^{\text{s}})$$

### Топширикни бажариш учун вариантлар

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$\lambda$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.525^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.876^{\text{s}}$
$M$	$12^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$13^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$14^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$15^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$
$S_0$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
$\lambda$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.525^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.876^{\text{s}}$
$M$	$16^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$17^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$19^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$
$S_0$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$	$18^{\text{h}} 00^{\text{m}} 00^{\text{s}}$

### Топширикни бажариш намунаси

$$S = S_0 + UTC + UTC * \mu + \lambda$$

$S_0$	$8^{\text{h}} 20^{\text{m}} 15^{\text{s}}$
UTC	$10^{\text{h}} 50^{\text{m}} 35^{\text{s}}$
UTC * $\mu$	$0^{\text{h}} 01^{\text{m}} 46.87^{\text{s}}$
T	$15^{\text{h}} 50^{\text{m}} 35^{\text{s}}$
$\mu$	9,856
$\lambda$	$4^{\text{h}} 31^{\text{m}} 10.5^{\text{s}}$
S	$23^{\text{h}} 43^{\text{m}} 47.37^{\text{s}}$

### Адабиёт ва қўлланмалар

- 1.Абалакин В.К. и др. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. - М., "Наука". 1971.
- 2.Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра", 1986.
- 3.Белгиланган йил учун собиқ Иттифок астрономик йилномаси.

### 4-амалий иш

**Мавзу:** Ердаги асосий станциялар координаталарини WGS-84 тизими асосида аниқлаш.

**Топшириқдан мақсад:** Нукта координатасини бир тизимдан СК-42 дан WGS-84 тизимига ўтишини ҳисоблаш.

#### Топширикни бажариш тартиби:

1. Геодезик координаталарни СК-42 тизимидан WGS-84 тизимига Молоденский усулида ўтишни ҳисоблаш.

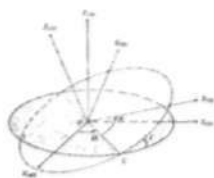
$$\left. \begin{aligned} B_{84} &= B_{42} + \Delta B \\ L_{84} &= L_{42} + \Delta L \\ H_{84} &= H_{42} + \Delta H \end{aligned} \right\}, \text{ ГДЕ } \Delta \alpha = \alpha_{84} - \alpha_{42}, \quad \Delta \alpha = \alpha_{84} - \alpha_{44}, e^2 = 2\alpha - \alpha^2$$

$$\Delta B = \frac{\rho^2}{M + H} [-T_X \sin B \cos L - T_Y \sin B \sin L + T_Z \cos B + \Delta \alpha_E (N e^2 \sin B \cos B) / a_E +$$

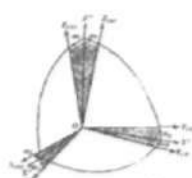
$$+ \frac{N \Delta \alpha_E^2}{2} \left( \frac{N^2}{a_E^2} + 1 \right) \sin B \cos B] + (1 + e_E^2 \cos 2B) \chi_{\alpha_X} \sin L - e_Y \cos L - \rho^2 e_E^2 \mu \sin B \cos B,$$

$$\Delta L = \frac{\rho''}{(N+H)\cos B} (-T_X \sin L + T_Y \cos L) - \mu \theta (1 - e_1^2) \chi \omega_X \cos L + \omega_Y \sin L + \omega_Z$$

$$\Delta H = T_X \cos B \cos L + T_Y \cos B \sin L + T_Z \sin B - \frac{a_E \Delta \alpha_E}{N} + \frac{e_1^2 N \sin^2 B}{2} + e_2^2 N \sin B \cos B \left( \frac{\omega_X}{\rho''} \sin L - \frac{\omega_Y}{\rho''} \cos L \right) + \mu (N + H - e_1^2 \sin^2 B)$$



Эйлер бурчаклар



Кардано бурчаклари

Эллипсоид параметрлари: WGS-84:  $a=6378137.000\text{м}$ ,  $e^2=0.00669438$ . СК-42:  $a=6378245.000\text{ м}$ ,  $e^2=0.00669342$ .

Эйлер бурчак вектори  $\vec{\omega} = (\omega_x, \omega_y, \omega_z)^T = (0.0'', 0.35'', 0.66'')^T$ . Бошлангич вектор ўзгариши  $\vec{T} = (23.0\text{м.}, -125.0\text{м.}, -87.0\text{м.})^T$ . Ҳар хил масштабда эканлигини ҳисобга олиш шарт эмас.

### Тошширкини бажариш учун вариантлар

№	Станция	Белгиси	$B_{WGS84}$	$L_{WGS84}$	H, м
1	Джанкара	DJAN	38°20'16" 1	66°06'21" 7	790.5
2	Китаб	KITB	39°08'05" 2	66°53'07" 6	622.6
3	Октом	OKTO	40°17'25" 7	67°40'11" 3	334.5
4	Денау	DENA	38°14'06" 7	67°52'48" 8	477.5
6	Санзар	SANZ	39°41'37" 7	68°14'46" 1	1942.5
9	Чирчиқ	CICR	41°34'20" 8	69°39'39" 0	771.2
10	Алмалық	ALMA	40°49'42" 9	69°43'49" 0	737.9
16	Сарық-сув	SARY	40°46'25" 2	71°42'02" 3	351.0
40	Майданак	MADA	38°41'04" 1	66°56'29" 3	2690.7
54	Ангрен	ANGR	41°06'07" 7	70°04'53" 7	1307.3
55	Адрасман	ADRA	40°48'01" 3	70°01'21" 6	1556.0
56	Бешарих	BESH	40°21'24" 0	70°31'25" 2	421.7
58	Бойсун	BAYS	38°10'31" 0	67°02'45" 6	1061.3
59	Кафирниган	KFIR	37°50'17" 3	67°52'05" 5	590.9
79	Бозбутау	BOZB	41°28'44" 6	71°47'07" 9	1758.7



Гоиширикни бажариш намунаси

	СК-42		WGS84		
$\varphi$	39 08 05.3	B	39 08 05.2		
$\lambda$	66 53 10.9	L	66 53 10.9		
$H^P$	592.5	$H^T$	622.5		
a	6378245	a	6378137		
b	6356863.0188	b	6356752,37		
c	0,081819045	c	0,081819085		
$1/\alpha$	1/298 3	$1/\alpha$	1/298 258		
$\alpha$	0,00335232986925913	$\alpha$	0,003352802		
X	1944895,029	X	1944942,694		
Y	4556736,567	Y	4556652,441		
Z	4004378,278	Z	4004327,001		
N	6386766,398	N	6386658,252		
M	6360973 757	M	6360866,002		
$T_x$					25
$T_y$					-141
$T_z$					-90
$W_x$		$W_x$		0	0
$W_y$		$W_y$		0,35	1,69685E-06
$W_z$		$W_z$		0,66	3,19977E-06
$\mu$		$\mu$		0	
$\Delta a$				-108	
$\Delta u$				4,72067E-07	
$\Delta e^2$				6,46762E-09	
$\Delta e$				3,95239E-08	
$(\Delta e^2)$				9,4097E-07	
$\Delta B$				0,178007689	8,63006E-07
$\Delta L$				-3,261624496	-1,58128E-05
$\Delta H$				-148,583261	
		B84	0,683032072	39,134855	<b>39 8 5.48</b>
		L84	1,167371413	66,8854551	<b>66 53 07.64</b>
		H84	443,916739		

### Адабиёт ва қўлланмалар

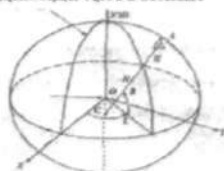
1. Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра", 1986.
2. Бойко Е.Г. и др. Использование ИСЗ для построения геодезических сетей. - М., "Недра", 1977.
3. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш. О преобразовании геодезических систем координат Узбекистана // Узбекистон география жамияти. - Тошкент, 2010, №36. 197-200 б.
4. Mirmakmudov E., Fazilova D. Converting between CS42 and WGS84. New Technologies and Education. Taskent-2013. P.89-104.

### 5-амалий иш

**Мавзу:** Таянч станциянинг координатасини СК-42 тизимида аниқлаш.

**Тошшириқдан мақсад:** Нуқталарни координаталарини СК-42 тизимида ҳисоблаш.

**Тошшириқни бажариш тартиби:** СК-42 тизими асосида X, Y, Z координаталарни қуйидаги формула ёрдамида ҳисоблаш:



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H) \cos \varphi \cos \lambda \\ (N+H) \cos \varphi \sin \lambda \\ [N(1-e^2) + H] \sin \varphi \end{bmatrix},$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 \varphi}}$$

Эллипсоид параметрлари: СК-42:  $a=6378245.000\text{м}$ ,  $e^2=0.00669342$ .

### Тошшириқни бажариш учун вариантлар

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$\lambda$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 10.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 12.525^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 14.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 15.876^{\text{s}}$
$\varphi$	$+41^{\circ} 19' 30.39''$	$+41^{\circ} 19' 35.86''$	$+41^{\circ} 19' 33.3''$	$+41^{\circ} 19' 36.3''$
H	477.378м	477.806м	476.100м	476.500м
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
$\lambda$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 17.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 18.525^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 19.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}} 37^{\text{m}} 20.876^{\text{s}}$
$\varphi$	$+41^{\circ} 19' 37.39''$	$+41^{\circ} 19' 38.86''$	$+41^{\circ} 19' 39.3''$	$+41^{\circ} 19' 40.3''$
H	477.378м	477.806м	476.100м	476.500м

### Тошширикни бажариш намунаси

a	6378245	$e^2$	0,00669438		
		SIN	COS	SIN <sup>2</sup>	COS <sup>2</sup>
B	41,34208	0,660553244	0,750779203	0,4363306	0,563669412
L	69,3939	0,936022072	0,351941304	0,8761373	0,123862682
H	771,2				

N	6387472,607			
X	1687967,014	X <sup>2</sup>	2 849 232 639 443,80	
Y	4489312,174	Y <sup>2</sup>	20 153 923 798 334,60	
Z	4191529,804	Z <sup>2</sup>	17 568 922 093 699,60	
R	6369621,538			

### Адабиёт ва қўлланмалар

1. Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра", 1986.
2. Бойко Е.И. и др. Использование ИСЗ для построения геодезических сетей. - М., "Недра", 1977

### 6-амалий иш

**Мавзу:** ЕСЙ кузатишда тектоник силжилишини ҳисобга олиш

**Тошширикдан мақсад:** ITRF 2000 ҳисоблаш  $t_0$  давридан  $t$  кузатувлар даврига NNR-NUVELLA тектоник плиталар ҳаракатлари моделидан фойдаланиб икки пункт координатларини ҳосил қилиш.

### Тошширикни бажариш тартиби:

ITRF 2000 ҳисоблаш  $t_0$  давридан  $t$  кузатувлар даврига NNR-NUVELLA тектоник плиталар ҳаракатлари моделидан фойдаланиб икки пункт координатларини ҳосил қилиш. Бир пунктнинг иккинчи пунктга нисбатан силжиш катталигини баҳолаш.

1. WGS-84 эллипсоиди параметрлари билан  $t_0$  даврига ITRF 2000 тизимдаги X, Y, Z фазовий координатларда B, L, H пунктлар геодезик координатларини ҳосил қилиш.

$$R(t_0) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H) \cos B \cos L \\ (N+H) \cos B \sin L \\ [N(1-e^2) + H] \sin B \end{bmatrix}$$

WGS-84 эллипсоид параметрлари:  $a=6378137.000\text{м}$ ,  $e^2=0.00669438$ .

2. Пункт жойлашган  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  плиталарнинг айланиш бурчаклари пунктнинг у ёки бошқа тектоник плитага карашли эканлигига биноан 1-жадвалдан танлаб олинади. Олинган тезликларнинг м/йил ўлчамлилиги.

$$\mathbf{V} = 10^{-6} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix} \mathbf{R}(t_0)$$

3.  $t_0$  даврдан  $t$  даврига йилларда вақт оралигини ҳисоблаш.  
4. Пунктнинг тўғри бурчакли координаталарида плиталарнинг ҳаракатланиши устидан тузатишлар киритиш.

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}(t_0) + \mathbf{V}(t - t_0)$$

5.  $t_0$  ва  $t$  даврларида тўғри бурчакли координаталар бўйича пунктлар оралигидаги масофани ҳисоблаш ва масофадаги ўзгаришни топиш.  
6. Геодезик В, L, Н пунктга тўғри бурчакли тизимдан пунктлар ҳаракатланиш тезлигининг векторларни ҳосил қилиш.

$$\begin{bmatrix} V_L \\ V_B \\ V_H \end{bmatrix} = \mathbf{R}(B, L) \cdot \begin{bmatrix} V_X \\ V_Y \\ V_Z \end{bmatrix} \quad \mathbf{R}(B, L) = \begin{bmatrix} -\sin L & \cos L & 0 \\ -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix}$$

7. 3-формулага ўхшаш формула бўйича геодезик координаталарга плиталарнинг ҳаракатланиш тезлиги устидан тузатишлар киритиш.  
8. 1-формула билан тузатилган геодезик координаталар бўйича тўғри бурчакли координаталар ҳосил қилиб, ўзгаришларнинг тўғрилигига ишонч ҳосил қилиш.  
9. Олинган тезликларни NUVEL-NNR1A модели бўйича МГС даги ишлов берилган маълумотлар билан таққослаш.

Коинот кузатувлари услубларининг доимо ортиб бораётган аниқлиги координат тизимларини белгилаш аниқлигини тегишли даражада оширишни талаб этади. Ернинг айланиши ва референс

тизимлар Халқаро хизмати «Conventions 1996» ва «Conventions 2000» да назарий тизимларни ажрагиб беради. Улар учун тизим концепцияси, фундаментал назария ва стандартлар, ҳамда тизимни нукталар координата тўпламлари орқали амалга оширилади. Биринчи турдаги тизимлар учун «ҳисоблар тизими», «тизим конференцияси» (Reference System) атамалари қўлланилади. Иккинчи турдаги тизимлар ҳисоблаш асоси (Reference Frame) ҳисобланади.

Ер ҳисоби асоси (TRF) – бу Terrestrial Reference System (TRF) ер референцияси тизими билан боғлиқ бўлган бирор координата тизимида (Декарт, эллипсоид, картографик) аниқ белгиланган координаталарига эга бўлган физикавий нукталар тўпламидир. Бундай ер ҳисоби асослари ер референц тизимини амалга ошириш ҳисобланади. Ушбу ер ҳисоби асослари концепцияси ер референц тизимини амалга ошириш ҳисобланади. Ушбу концепциялар 1980 йилларнинг охириларида астрономлар ва геодезистлар томонидан ишлаб чиқилган.

Ҳозирги вақтда ITRF ҳисоб асослари умумер тизимини аниқ амалга оширилиши ҳисобланади. ITRF у номи International Terrestrial Reference – Халқаро ер ҳисоби асоси маъносини билдиради, у – тизим ташкил топган йилнинг икки охири рақами. ITRF ҳулосаси коинот геодезиясининг қуйидаги, яъни РСБД, Ой ва ер сунъий йўлдошларининг лазерли локацияси, (1991 йилдан бошлаб), DORIS доплер орбитографик радиолокацион интеграцияланган йўлдошли тизими (1994 йилдан бошлаб) ва PRARE микротулқинли тизим каби воситалари билан кузатишлардан олинган 200дан ортиқ МСВЗ станциялари ва уларнинг тезлиги координаталарини бирлаштиришга асосланган. ITRS тизимини қуйидаги талабларни қондиради:

- тизимларнинг бошланиши Ернинг бутун массаси марказида, океан ва атмосферани ўз ичига олган ҳолда;

- релятивистик гравитация назарияси маъносида маҳаллий ер тизимида белгиланган узунлик бирлиги метр (SI) ҳисобланади;

- ўқларни мўлжаллаш 1984.0 даврига МБВ маълумотларига кўра берилади;

- ўқларни мўлжаллашнинг вақтинчалик эволюцияси шундай: у ерда қобилига нисбатан горизонт юзасида қолдиқли айланиш тезлигига эга эмас. ITRF координата тизимларининг тезлик майдони тектоник плиталар ҳаракатланиш геофизик моделига нисбатан айланишга эга эмас. ITRF 88 – ITRF 91 тизимлари учун

абсолют ҳаракатланувчи AMO-2 моделидан, ITRF91 ва ITRF92 учун – NNR –NUVEL1 моделидан, ITRF93 дан бошлаб эса NNR –NUVEL1A моделидан фойдаланилган.

t давридан каттик ер юзасидаги пункт R (t) ҳолатининг вектори ITRS тизимида куйидагича берилган:

$$\mathbf{R}(t) = \mathbf{R}_0 + \mathbf{V}_0(t - t_0) + \sum_i \Delta_i \mathbf{R}(t)$$

$\mathbf{R}_0$  -  $t_0$  давридаги ҳолат,  $\mathbf{V}_0$  -  $t_0$  давридаги тезлик,  $\Delta_i \mathbf{R}(t)$  – юқори частотали геофизик самаралар учун ҳисоб амалга оширилиши лозим бўлган тузатишлар. Уларга куйидагилар киради:

- 0,5 м.гача кўзғалишга олиб келадиган, каттик ердаги даврий ой-кўёшнинг тўвланиши;

- континентал шельф яқинидаги станциялар учун ўнлаб миллиметрларга етиши мумкин бўлган океаник тупланиш юкланишлари туфайли деформацияланишлар;

- атмосфера босими ракамланадиган вақтда узгарадиган эластик қобик реакцияси ҳисобланадиган атмосфера юкланишлари. Сўнгги тадқиқотлар шуни кўрсатди-ки, бу самара станциянинг вертикал силжишида бир неча миллиметр катталиққа эга бўлиши мумкин;

- муз даврининг оқибатлари сифатида шимолий кенгликларида купроқ кузатиладиган музликдан сўнгги қайтиш. Таъсири баландлиги бўйича бир неча миллиметрларгача етиши мумкин;

- эластик ер қобиғининг айланиш қутбнинг силжишига реакцияси ҳисобланган қутбнинг қайтиши. Қутб ҳаракати компонентларида 10 м тартибда энг юқори силжиш 10-20 мм бўлади.

Кайд этиб ўтилган тузатишлар модели [IERS 1996; IERS2003] да берилган. Бошқа тузатишлар, агар улар 1 мм ортик бўлса ва баъзи моделларига биноан ҳисоблаш имконияти мавжуд булганда қўшилади.

Тектоник ҳаракатлар тезлиги 10 см/йилга етиши мумкин. Агар баъзи станциялар учун ITRF да  $\mathbf{V}_0$  тезлиги кўрсатишлардан аниқланмаган бўлса, у тезликлар йиғиндиси сифатида аниқланиши керак, ва бунда:

$$\mathbf{V}_0 = \mathbf{V}_{plate} + \mathbf{V}_r$$

$\mathbf{V}_{plate}$  - NNR –NUVEL1A тектоник плиталарнинг ҳаракатланиши модели бўйича ҳисобланадиган, плиталарнинг горизонтал тезлиги,  $\mathbf{V}_r$  эса – қолдиқ тезлиги. Плиталар чизикли тезликнинг вектори  $\mathbf{V}_{plate}$  эса плиталарнинг декарт координаталарда (1-жадвал),

плитанинг у ёки бошқа тектоник плитага тегишлилигига қараб айланиш тезликлари  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  бўйича олинади.

$$V_{plate} = 10^{-6} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -\omega_y & \omega_x \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix} \cdot R_0$$

#### NNR NUVELIA плиталарни айланиш тезлиги

Название плиты	$\omega_x$	$\omega_y$	$\omega_z$
Pacific	-0.001510	0.004840	-0.009970
Cocos	-0.010425	-0.021605	0.010925
Nazca	-0.001532	-0.008577	0.009609
Caribbean	-0.000178	-0.003385	0.001581
South America	-0.001038	-0.001515	-0.000870
Antarctica	-0.000821	-0.001701	0.003706
India	0.006670	0.000040	0.006790
Australia	0.007839	0.005124	0.006282
Africa	0.000891	-0.003099	0.003922
Arabia	0.006685	-0.000521	0.005760
Eurasia	-0.000981	-0.002395	-0.003153
North America	0.000258	-0.003599	-0.000153
Juan de Fuca	0.005200	0.008610	-0.005820
Philippine	0.010090	-0.007160	-0.009670
Rivera	-0.009390	-0.030960	0.012050
Scotia	-0.000410	-0.002660	-0.001270



Тектоник плиталарни картаси

1988 йилда ташкил этилган МСВЗ хизмати ITRF ning доимий қарорларини декарт координаталар ва тезликлар шаклида Интернет орқали ижро этади. 88,89,90,91,92,93,94,95,96,97 ва 2000 рақамлари билан ўнлаб версиялар олинган бўлиб, уларнинг ҳар бири аниқлиги бўйича ўзидан олдингисидан устун турар эди. ITRF88 ҳисоб асоси

100 пунктлар бўйича ҳосил қилинган, улардан 22 та пунктда бир неча асбоб ўрнатилган эди. ITRF2000 амалга ошириш учун РСБД нинг уч йиллик кузатувларидан, GPS ва DORIS, йўлдошлар ва ойнинг лазерли локациясидан фойдаланилган.

Асоснинг алоҳида тавсифларини аниқлаш учун турли кузатув услублари турлича ёндошганлиги сабабли, миқёсини белгилаш учун РСБД ва йўлдошларнинг лазерли локацияси комбинацияси танлаб олинган. Асоснинг мўлжали аввалги амалга оширилган ITRF97 билан келишилган эди, мўлжалини ўзгартириш тезлиги эса ҳисобот асосининг ер литосферасига нисбатан айланмайдиган шароити бўйича танланган эди. Бунинг учун айланиш тезлиги NNR–NUVEL-1A геологик тектоник модели билан келишилган эди, қўшма қарорда эса мулжални ўзгартириш параметрларини аниқлаш тектоник плиталар ва деформация зонаси чегараларидан узоққа жойлашган пунктлар бўйича амалга оширилган. ITRF2000 ни геомарказга боғлаб қўйиш учун Lageos йўлдошининг лазерли кузатувларидан фойдаланилди. Ишлов беришда геомарказнинг фақат чизикли эволюцияси моделлантирилди, булажак амалиётларида эса унинг даврий ўзгаришларини ҳам киритиш режалаштирилган.

МСВЗ геодезик координаталарга ўтиш учун, деярли WGS-84 эллипсоиди параметрларига мос келадиган GRS-80 эллипсоидининг параметрларини куллагани тавсия этади.

#### Топпириқни бажариш учун вариантлар

№вар		$B_{\text{WGS84}}$	$L_{\text{WGS84}}$	Н,м
1	DJAN	38°20'16".1	66°06'21".7	790.5
2	KITB	39°08'05".2	66°53'07".6	622.6
3	OKTO	40°17'25".7	67°40'11".3	334.5
4	DENA	38°14'06".7	67°52'48".8	477.5
5	SANZ	39°41'37".7	68°14'46".1	1942.5
6	CICR	41°34'20".8	69°39'39".0	771.2
7	ALMA	40°49'42".9	69°43'49".0	737.9
8	SARY	40°46'25".2	71°42'02".3	351.0
9	MADA	38°41'04".1	66°56'29".3	2690.7
10	ANGR	41°06'07".7	70°04'53".7	1307.3
11	ADRA	40°48'01".3	70°01'21".6	1556.0
12	BESH	40°21'24".0	70°31'25".2	421.7
13	BAYS	38°10'31".0	67°02'45".6	1061.3
14	KFIR	37°50'17".3	67°52'05".5	590.9
15	BOZB	41°28'44".6	71°47'07".9	1758.7



**Топширикни бажариш намунаси  
Бузбугау (WGS84)**

B	41 28 44.6			
L	71 47 7.9			
H	1758.7			
B	-1.47905556	X	1496244.814	
L	-1.78552778	Y	4546983.3	
B	0.72394609	Z	4203594.711	
L	1.252893815	N	6387523.444	
$\omega_x$	-0.000981			
$\omega_y$	-0.002395			
$\omega_z$	0.003153			
Vx	-0.024404248	VL	0.027802931	
Vy	0.014785269	VB	0.001776827	
Vz	0.008044097	VH	0.010135034	
Rtx2014	3496245.426	<b>V</b>	0.029645893	
Rty2014	4546983.339	A	90°-	
Rtz2014	4203594.934	VB/VL	$ro \cdot \arctg(VB/VL)$	
			0,063907916	3,661654
		<b>A</b>	86° 21'	



**Адабиёт ва қўлланмалар**

1. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. 2003.
2. Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра", 1986.
3. Бойко Е.Г. и др. Использование ИСЗ для построения геодезических сетей. - М., "Недра", 197

## ГЛОССАРИЙ – ИЗОҲЛИ ЛУҒАТ

1. АГС - астрономик-геодезик пунктлари
2. АЗТ- астрономик ойналик телескоп
3. АТ1- астрономик турбин
4. АФУ- астрономик фотографик асбоб
5. БМТ-110 -- катта денгизли турбин
6. ВАУ- астрономик асбоб
7. ГИС- географик информация системаси
8. ГЛОНАСС –глобал навигацион спутник системаси
9. ДГС-доплер геодезик системаси
10. ЕСЙ –ер сунъий йўлдон
11. Инерциал санок тизими-
12. КА --космик аппарати
13. КГС-космик геодезик тармоқ
14. ПЗ-90-параметр Земли
15. СК42-система координат
16. СРНС-спутниковая радионавигационная система
17. ТАО –Тошкент астрономик обсерватория
18. ТЗК –труба зрительная командирская
19. DORIS-Доплер орбитографик системаси
20. GPS –глобал навигацион тизими
21. IGS-халқаро GPS тизими
22. ITRF --халқаро ер референц тизими
23. S-юлдуз вақти
24. S<sub>0</sub>-куёш вақти
25. UT- универсал вақти
26. UTC-универсал вақти
27. WGS-84 –халқаро геодезик системаси

## АДАБИЁТЛАР

1. Абалакин В.К. и др. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике. - М., "Наука", 1971.
2. Аксёнов Е.П. Теория движения искусственных спутников Земли. - М.: "Наука", 1977.
3. Антонович К.М. Использование спутниковых радио навигационных систем в геодезии. 2003.
4. Арсланов Р.А., Мирмахмудов Э.Р., Расулов А.А. Измерение координат ИСЗ с помощью телевизионной системы. Тезисы докладов. "Космические исследования, технологии и конверсия- II". стр.29-30. Ташкент-1997.
5. Астрономический ежегодник. - Ташкент., 1991.
6. Баранов В.Н. и др. Космическая геодезия. - М.: "Недра", 1986.
7. Батраков Ю.В. Промежуточные орбиты, аппроксимирующие начальный участок возмущенного движения //Бюлл. ИТА, 1981. т. 15, №1.- С.1-5.
8. Бойко Е.Л. и др. Использование искусственных спутников Земли для построения геодезических сетей. - М.: "Недра", 1977.
9. Бордовицына Т.В. Современные численные методы в задачах небесной механики. - М.: "Наука", 1984
10. Кубанцев К.К., Мирмахмудов Э.Р. Разработка программного обеспечения для движения ИСЗ "Лагос-2" и "ERS-2" с учетом геопотенциала J2. Санкт-Петербург.2000.с.300
11. Кубанцев К.К., Мирмахмудов Э.Р. Численное интегрирование дифференциального уравнения движения космического аппарата " Лагос-1" и "ERS-2" с учетом геопотенциала J2. Проблемы механики. Ташкент. "Фан"2000.т.2.стр.54-58.
12. Кубанцев К.К., Мирмахмудов Э.Р. Об учете влияния зональных гармоник геопотенциала Земли  $J_{19}$  и сопротивления атмосферы при вычислении координат ИСЗ ERS2. Сб. тезисов докладов региональной конференции " Космические исследования, технологии и конверсия. Ташкент.2001.с.123.
13. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. - М.: Изд-во КДУ, 2008. - 428 с.
14. Массвич А.Г., Словохотова Н.П. 10 лет международного сотрудничества в области оптических наблюдений ИСЗ, Бюлл. СОН ИСЗ, № 6, М, 1967.

15. Микиша А.М. Космические методы в геодезии //Серия Космонавтика, Астрономия. №9,1983.
16. Мирмахмудов Э.Р., Хусаинова Г.М. О повышении точности измерения объекта. Всесоюзное совещание "Эфемеридная астрономия и позиционные наблюдения", ИТА АН, Ленинград,1991,с.19.
17. Мирмахмудов Э.Р. и др. Особенности наблюдений космических объектов средствами измерительного комплекса "Майданак". Тезисы докладов на Международной конференции по Астероидной опасности. г.С.-Петербург, ИТА РАН, МИПАО, 1996.
18. Мирмахмудов Э.Р., Фазилова Д.Ш. К вопросу о создании опорной точки геодезической сети Центральноазиатского региона. Международная научно-техническая конференция." Современные проблемы геодезии и оптики". Сб. материалов конференции. Новосибирск,2003,стр.182-185.
19. Таратынова Г.П. Методы численного решения уравнений в конечных разностях //Искусственные спутники Земли.т. 4, 1960.
20. Щеглов В.П. Астрономическому институту 100 лет. Изд. "Фан".1973.
21. Ярмухамедов А. Мирмахмудов Э., Фазилова Д. Определение геофизических параметров станции Kitab. Геология и минеральные ресурсы. Ташкент, 2004,4, с. 24.
22. Mirmakhmudov E. et al. On the Program Ensuring On Classical and Intermediate Orbit Determination by Observations. Space Flight Mechanic Meeting. AAS/AIAA. Monterey, California, USA, 1998, p. 39.
23. Fazilova D, Mirmakhmudov E. On the use of Kitab GPS station for Creation of the Local Geodetic Network .p.41. International Seminar " On the Use of Space Techniques for Asia-Pacific Regional Crustal Movements Studies" 5-10, August, 2002. Irkutsk, Russian Federation.p.41.
24. Fazilova D., Mirmakhmudov E. WGS-84 and SC-42: current realizations of geodetic network of Uzbekistan and transformation parameters. Proceeding of conference. France. 2002.
25. Fazilova D., Mirmakhmudov E. On the initial investigation of Kitab station measurement for creation of local geodetic network . Proceeding of the international seminar " On the Use of Space Techniques for Asia-Pacific Regional Crustal Movements Studies" 2002, Moscow.p.97-99.

## МУНДАРИЖА

<b>СЎЗ БОШИ</b> .....	3
<b>I БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯДА КООРДИНАТАЛАР ТИЗИМИ</b> .....	5
1.1 Инерциал санок тизими.....	5
1.2 Геодезик координаталар тизими .....	7
1.3 Топоцентрик координаталар тизими .....	11
1.4 Орбитал координаталар тизими.....	13
1.5 WGS-84 координаталар тизими .....	15
1.6 ПЗ-90 координата тизими .....	17
1.7 Баъзи координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрлари .....	18
<b>II БОБ. ВАҚТ САНОҚ ТИЗИМИ</b> .....	24
<b>III БОБ. СУНЪИЙ ЙЎЛДОШНИ КУЗАТИШ УСУЛЛАРИ</b> .....	33
3.1 Ернинг сунъий йўлдошларини кузатишнинг оптик усули.....	35
3.2 Кузатишнинг фотографик усуллари .....	36
3.3 ЕСЙларини кузатишнинг радиотехник усуллари .....	42
<b>IV БОБ. ГЕОДЕЗИК СУНЪИЙ ЙЎЛДОШЛАР</b> .....	48
<b>V БОБ. ЕР СУНЪИЙ ЙЎЛДОШИНИНГ ҲАРАКАТИ ЙЎЛИ</b> .....	53
5.1 ЕСЙларининг галаёлмаган (кўзгатилмаган) ҳаракати.....	53
5.2 Ер сунъий йўлдошининг галаёдли (кўзгатилган) ҳаракати.....	54
<b>VI БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯНИНГ ГЕОМЕТРИК МАСАЛАЛАРИ</b> .....	56
6.1 Сунъий йўлдош триангуляциясини куриш чизмаси .....	56
6.2 Йўлдош геодезик тўрларининг тенгламалари .....	62
6.3 Йўлдош геодезик тўрларини куриш методларининг такқосланиш тарифлари .....	64
6.4 Йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш асослари.....	65
<b>VII БОБ. ГЕОДЕЗИЯДА ГЕОДИНАМИК МАСАЛАЛАР</b> .....	68
7.1 Геодинамика .....	68
7.2 Ер динамикаси .....	70
<b>VIII БОБ. БОШЛАНҒИЧ ГЕОДЕЗИК САНАЛАР (DATUMлар)</b> .....	74
<b>IX БОБ. ЕСЙ КУЗАТУВИДАН ОЛИНГАН ГЕОФИЗИК ХУЛОСАЛАР</b> .....	78
<b>X БОБ. КОСМИК ГЕОДЕЗИЯНИНГ РИВОЖЛАНИШИ</b> .....	80
<b>XI БОБ. ЎЗБЕКИСТОНДА КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ МЕТОДЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ</b> .....	82

11.1	ЎзР ФА Астрономия институтида Ернинг суъъий йўлдошларини кузатиш .....	82
11.2	ЕСЙ координаталарини телевизион тизим ёрдамида ўлчаши.....	84
11.3	Китобда геосинхрон йўлдошларни фотографик усулларда кузатиш.....	89
11.4	Ернинг зонал гармоник геопотенциали $J_{19}$ ва атмосфера таъсирини ERS-2 ЕСЙни координаталарини ўлчашида ҳисобга олиш .....	91
11.5	Энке усулида оралик орбита .....	92
11.6	Ҳаракат параметрларини яхшиловчи оралик орбита .....	94
11.7	Иккинчи ва учинчи даражали урунмали оралик орбита .....	96
	<b>“Космик геодезия” фанидан амалий ишлар рўйхати .....</b>	<b>100</b>
	<b>Глоссарий— изоҳли лугат .....</b>	<b>114</b>
	<b>Адабиётлар .....</b>	<b>115</b>

**Мирмахмудов Эркин Рахимжанович,  
Абдуллаев Тулқин Мансурович,  
Фазилова Дилбар Шомурадовна**

## **КОСМИК ГЕОДЕЗИЯ**

**Ўқув қўлланма**

**Мухаррир И. Мамадова**

Босишга рухсат этилди 09.03.2016. Бичими 60x84 1/16. Оффсет усулида  
босилди. Напир ҳисоб табоғи 7,3. Шартли босма табоғи 12,6. Адади 100 нуска.  
Баҳоси шартнома асосида. Буюртма № 20.

“Университет” наприёти. Тошкент – 100174. Талабалар шаҳарчаси,  
М.Улугбек номидаги ЎзМУ ининг маъмурий билоси.

ЎзМУ босмаҳонасида босилди.