

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ  
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ОЛИЙ ТАЪЛИМ ТИЗИМИ ПЕДАГОГ ВА РАҲБАР КАДРЛАРИНИ ҚАЙТА  
ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ МАЛАКАСИНИ ОШИРИШНИ ТАШКИЛ ЭТИШ  
БОШ ИЛМИЙ - МЕТОДИК МАРКАЗИ**

**ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ  
ҲУЗУРИДАГИ ПЕДАГОГ КАДРЛАРНИ ҚАЙТА ТАЙЁРЛАШ ВА УЛАРНИНГ  
МАЛАКАСИНИ ОШИРИШ ТАРМОҚ МАРКАЗИ**

**“ГЕОДЕЗИЯ, КАРТОГРАФИЯ ВА КАДАСТР”  
ЙЎНАЛИШИ**

**“ГЛОБАЛ НАВИГАЦИОН СУНЪИЙ  
ЙЎЛДОШЛИ ТИЗИМЛАР”  
модули бўйича  
Ў Қ У В – У С Л У Б И Й М А Ж М У А**

**Тошкент - 2016**

**Мазкур ўқув-услугий мажмуа Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2016 йил 6 апрелидаги 137-сонли буйруғи билан тасдиқланган ўқув режа ва дастур асосида тайёрланди.**

**Тузувчи:** ТАҚИ, т.ф.н., доц.Жўраев Д.О.

**Тақризчи:** Ying Hu Ph.D, professor of Civil Engineering. Choongqing University

*Ўқув -услугий мажмуа Тошкент архитектура қурилиш институти кенгашининг 2016 йил \_\_\_\_\_даги \_\_\_\_-сонли қарори билан тасдиққа тавсия қилинган.*

## **МУНДАРИЖА**

<b>I ИШЧИ ДАСТУР .....</b>	<b>4</b>
<b>II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТРЕФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ .....</b>	<b>11</b>
<b>III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ .....</b>	<b>13</b>
<b>VI. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ .....</b>	<b>69</b>
<b>V КЕЙСЛАР БАНКИ.....</b>	<b>87</b>
<b>VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ.....</b>	<b>90</b>
<b>VII. ГЛОССАРИЙ .....</b>	<b>91</b>
<b>VIII. АДАБИЁТЛАР.....</b>	<b>94</b>

# I ИШЧИ ДАСТУР

## Кириш

Замонавий жамият ўзининг тез ва чуқур ўзгарувчан тавсифига эга бўлиб, бундай ўзгаришлар жамоатчилик тузилмалари, жумладан, мустақил давлатлар, шахс ва жамият ўртасидаги муносабатлар, демографик сиёсат, урбанизация жараёнларида кўзга яққол ташланмоқда. Таълим ҳам глобал умум ҳам жамият тузилмасининг алоҳида таркибий қисми сифатида жамиятда бўлаётган барча ўзгаришларни ҳисобга олиши, ана шу асосда ўз тузилиши ва фаолият мазмунини ўзгартириши зарур. Бугунги кунда таълимнинг жамият ривожланиш суръатларидан ортда қолаётганлиги, таълим жараёнида қўлланилаётган технологияларнинг замонавий талабларга тўлиқ жавоб бермаслиги ҳақидаги масала дунё ҳамжамяти томонидан тез-тез эътироф этилмоқда. Чунки таълим ҳам ижтимоийлаштириш вазифасини бажарувчи сифатида жамиятдаги ўзгаришлар ортидан бориши ҳамда унинг ривожланишига ўз таъсирини ўтказиши керак. Бироқ жамият ривожланиши ва таълим тизими ўртасидаги муносабат мураккаб кўринишга эга бўлиб, юқори даражадаги жўшқинлик билан фарқланади. Таълим барча фаол ва суёт ўзгаришлар таъсирини қабул қилавермайди, жамиятда бўлаётган воқеаларга эса ўз таъсирини ўтказади. Ана шу нуқтаи назардан таълимдаги ўзгаришлар фақатгина натижа сифатида эмас, балки жамиятнинг келгусидаги ўзига хос ривожланиш шартидир.

Маълумки, фан ва техника жадал суръатлар билан ривожланаётган бугунги кунда кўплаб илмий билимлар, тушунча ва тасаввурлар ҳажми кескин ортиб бормоқда. Бу, бир томондан, фан-техниканинг янги соҳа ва бўлимларининг тараққий этиши туфайли унинг дифференциаллашувини таъминлаётган бўлса, иккинчи томондан, фанлар орасида интеграция жараёнини вужудга келтирмоқда.

Маълумки, бугун барча давлатлар таълимга имкон қадар кўп янгилик киритишга интиломоқда. Бугунги янгиликлар уларга уюшган, режали, оммавий ёндашувни талаб этади. Янгиликлар келажак учун узок муддатли инвестициялардир. Новаторликка қизиқиш уйғотиш, янгилик яратишга интилувчан шахсни тарбиялаш учун таълимнинг ўзи янгиликларга бой бўлиши, унда ижодкорлик руҳи ва муҳити ҳукм суриши лозим. Ана шундай долзарблиқдан келиб чиққан ҳолда, бугунги кунда педагогиканинг мустақил соҳаси – инновацион педагогика жадаллик билан ривожланиб бормоқда.

## I. Модулнинг мақсади ва вазифалари

“Глобал навигацион йўлдошли тизимлар” модулининг мақсади: педагог кадрларни қайта тайёрлаш ва малака ошириш курс тингловчиларини Глобал навигацион йўлдошли тизимларнинг турлари, тавсифи, ишлаш принципи ва қўлланиш жараёнлари ва улар билан ўлчанган натижаларни биргаликда математик қайта ишлаш ҳақидаги билимларини такомиллаштириш бўйича мутахассислик профилига мос билим, кўникма ва малакани шакллантиришдир.

“Глобал навигацион йўлдошли тизимлар” модулининг вазифалари:

- Глобал навигацион йўлдошли тизимлар билан танишиш, ишлаш ва геодезик ўлчашларни математик қайта ишлашнинг замонавий усуллари ҳақидаги тасаввурга эга бўлиши керак;

- Глобал навигацион йўлдошли тизимлар тузилиши, ишлаш принципи, назариясини ва амалиётини ишлатилиш кўлами ва уларни муайян шароитларга мос ҳолда танлашни билиши зарур;

- замонавий геодезик асбобда ЭҲМни қўллаган ҳолда геодезик ўлчаш натижаларини математик қайта ишлаш ва улардан самарали қўллаш кўникмаларига эга бўлиши лозим.

### **Модул бўйича тингловчиларнинг билими, кўникмаси, малакаси ва компетенцияларига қўйиладиган талаблар:**

“Глобал навигацион йўлдошли тизимлар” курсини ўзлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалалар доирасида:

Тингловчи:

– Топоцентрик ва орбитал координаталар тизими;

– Геодезик ва орбитал координаталар тизими;

– WGS-84 ва ПЗ-90 координаталар тизими;

– Баъзи координата тизимлари орасидаги ўтиш параметрлари;

– GPS ва ГЛОНАСС қўрилмалари ва унинг Республикамизда қўлланилиши;

– спутник технологиясига асосланган геодезик асос яратиш назарияси;

– Глобал навигацион йўлдошли тизимлар билан ўлчанган натижаларни математик қайта ишлаш усуллари бўйича **билимларга** эга бўлиши;

Тингловчи:

– GPS ва ГЛОНАСС асбоблари билан ишлаш, ўлчанган қийматларни ЭҲМга импорт қилиш ва натижаларни қайта ишлаш;

– GPS ва ГЛОНАСС билан ишлаш, қўйилган аниқликни таъминлаш ва натижаларни математик қайта ишлаш;

– GPS ва ГЛОНАСС ўлчашларни режалаш ва оптималлаштириш **кўникмаларини** эгаллаши;

Тингловчи:

- Спутник орбиталари ва борт аппаратуралари таркиби ва конфигурациясига қўйилган талаблар;
- Геодезик ЕСЙ ва спутник дастурлари;
- Космик навигацион геодезик тизим ва у ёрдамида ечиладиган геодезик масалалар;
- GPS ва ГЛОНАСС қўрилмалари ва унинг Республикамизда қўлланилиши;
- спутник технологиясига асосланган геодезик асос яратиш назарияси;
- Глобал навигацион йўлдошли тизимлар билан ўлчанган натижаларни математик қайта ишлаш усуллари бўйича *малакаларини* эгаллаши;

Тингловчи:

- GPS асбоблари билан ишлаш, ўлчанган қийматларни ЭҲМга импорт қилиш ва натижаларни қайта ишлаш;
- GPS асбоблари билан ишлаш, қўйилган аниқликни таъминлаш ва ва натижаларни математик қайта ишлаш;
- GPS ва ГЛОНАСС ўлчашларни режалаш ва оптималлаштириш *компетенцияларни эгаллаши лозим.*

### **Модулни ташкил этиш ва ўтказиш бўйича тавсиялар:**

“Глобал навигацион йўлдошли тизимлар” модулини ўқитиш жараёнида қуйидаги инновацион таълим шакллари ва ахборот-коммуникация технологиялари қўлланилиши назарда тутилган:

замонавий ахборот технологиялари ёрдамида интерфаол маърузаларни ташкил этиш;

виртуал амалий машғулотлар жараёнида кейс, лойиҳа ва ассисмент технологияларини қўллаш назарда тутилади.

### **Модулнинг ўқув режадаги бошқа модуллар билан боғлиқлиги ва узвийлиги**

Модул мазмуни ўқув режадаги “Геодезик ўлчашларни математик қайта ишлаш”, “Геодезик ишлаб чиқаришда компьютер графикаси” ўқув модуллари билан ўзаро боғлиқ ҳамда услубий жиҳатдан узвийдир.

Модулнинг олий таълимдаги ўрни

Модулни ўзлаштириш орқали тингловчилар Глобал навигацион йўлдошли тизимларда ишлаш, натижаларни компьютер орқали математик қайта ишлаш усуллари самарали қўлланилиши кўникмаларига эга бўладилар.

**Модул бўйича соатлар тақсимоти:**

№	Модул мавзулари	Тингловчининг ўқув юкلامаси, соат					
		Ҳаммаси	Аудитория ўқув юкلامаси				Мустақил таълим
			жами	жумладан			
				Назай	Амалий машғулот	Кўчма машғулот	
1	Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар (ГНСЙТ)да координаталар тизими.	6	6	2	2	2	
2.	Вақт санок тизими	4	2		2		2
3.	Сунъий йўлдошни кузатиш усуллари	2	2	2			
4.	Геодезик сунъий йўлдошлар	2	2		2		
5.	Ер сунъий йўлдошларининг харакатлари	2	2	2			
6.	ГНСЙТнинг геометрик масаларари	2	2		2		
7.	Геодезияда геодинамик масалалар	2	2			2	
8.	Бошланғич геодезик саналар	2	2		2		
9.	ЕСЙ кузатишдан олинган геофизик хулосалар	2					2
10.	ГНСЙТнинг ривожланиш келажаги	2	2	2			
11.	Ўзбекистонда ГНСЙТ методларидан фойдаланиш	4	4	2			
<b>Жами:</b>		<b>30</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

**НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

**1-Маъруза:** Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар (ГНСЙТ)да координаталар тизими. “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар (ГНСЙТ)” фанининг мазмуни, предмети ва методи. “ГНСЙТ” фанининг пайдо бўлиши ва ривожланиши. “ГНСЙТ” фанининг геодезия ва картография ишлаб чиқаришида ва кадастр хизматида ўрни. Фаннинг предмети ва объекти. Фаннинг методи ва унинг элементларининг қўлланилиши. Фаннинг “Геодезия”, “Олий геодезия”, “Сферик геодезия” ва бошқа геодезик фанлар билан ўзаро боғлиқлиги. ГНСЙТнинг илмий-амалий аҳамияти.

ГНСЙТда кординаталар системаси.

**2-Маъруза:** Геоцентрик координаталар системаси. Осмон координаталар системаси. Прецессия ва нутация. Ҳалқора осмон тизими саноғи ICRF. Умумер ва ҳақиқий осмон системаси координаталари орасида боғлиқлик. GRS80 умумер эллипсоиди. Сферик тригонометриянинг асосий формулалари. ГНСЙТда қўлланиладиган координата системалари. Вақт ўлчаш тизимларининг таҳлили. Осмон сферасининг асосий нуқталари, чизиқлари ва текисликлари тўғрисидаги маълумотлар таҳлили.

Локал референц координаталар тизими. СК-42 ва СК-95 тизимлари. Баландлик тизимларини аниқлаш. Болтиқ баландлик тизими. Топоцентрик координаталар тизими.

Вақт системаси. Спутник технологиясида вақтнинг функцияси. Астрономик вақт системаси. Атом вақти системаси. Динамик вақт системаси. Радионавигация системасидаги вақтлар.

**3-Маъруза: Ер сунъий йўлдошларининг ҳаракатлари. Сунъий йўлдошни кузатиш усуллари.** Ернинг сунъий йўлдош(ЕСЙ) кузатиш усуллари.

ЕСЙни кузатишнинг ер усти усуллари. Кузатиш учун асбоб ва анжомлар. Кузатишни лойиҳалаш. Кузатиш пунктидаги ЕСЙнинг кўриниш шартлари. Спутник кузатишлари натижаларини қайта ишлаш.

Геодезик Ернинг сунъий йўлдош(ЕСЙ)лари ва спутник дастурлари. Спутник орбиталари ва борт аппаратуралари таркиби ва конфигурациясига қўйилган талаблар. Геодезик ЕСЙ ва спутник дастурлари. Космик навигацион геодезик тизим ва у ёрдамида ечиладиган геодезик масалалар..

ГНСЙТнинг геометрик усуллари. Космик триангуляциянинг асосий элементлари ва элементлар орасидаги асосий муносабатлар. Космик триангуляцияни параметрик ва коррелата усулида тенглаштириш. Космик триангуляция усули билан геодезик тўрларни барпо қилиш. Геопотенциальнинг замонавий усуллари.

ГНСЙТнинг махсус (дифференциал) усуллари. Бортових спутник ўлчашларини бажариш асбоблари. Спутник альтиметрияси.

Ернинг геодезик параметрлари тизими ва уларни аниқлашнинг космик усуллари.

Ернинг геодезик параметрлари тизими. WGS-84 геодезик тизими. Геодезик параметр ПЗ-90. Геодезик координаталар тизимини ўзгартириш(преобразование). WGS-84 ва ПЗ-90 тизимлари параметрларининг узвий алоқаси. Бош геодезик берилганларни аниқлаш муаммолари. Ернинг геодезик параметрлари тизимини геодезияда, навигацияда, картографияда ва кадастр хизматида фойдаланиш.

**4-Маъруза: ГНСЙТнинг ривожланиш келажаги.** ГНСЙТнинг динамик усуллари. Динамик усуллар учун фундаментал тенгламалар. ЕСЙнинг



тўйилиш (возмущенное) ҳаракати. Ер тортиш кучининг бир хил бўлмаган туфайли ЕСЙнинг ҳаракати. Ньютон ва Лагранж тенгламалари.

Ернинг сунъий йўлдоши ҳаракатланиш назариясининг асоси. Ернинг сунъий йўлдоши орбиталарининг элементлари. Ернинг сунъий йўлдошларини ҳаракатланишида Кеплер назарияси. Сунъий йўлдошларнинг орбитал ҳаракатини таҳлил қилиш.

ГНСЙТнинг структураси. ГНСЙТнинг умумий структураси. GNS структураси. GPS NAVSTAR ва ГЛОНАСС тизими: космик сегмент, назорат сегменти ва фойдаланувчилар сегменти. Фойдаланувчилар категорияси.

### **5-Маъруза: Ўзбекистонда ГНСЙТ методларидан фойдаланиш.**

Замонавий спутник технологияларини геодезия, навигация, картография, кадастр, ахборот хизмати ва бошқа масалаларни ечишда ЎЗР худидида фойдаланиш.

## **АМАЛИЙ МАШҒУЛОТЛАР МАЗМУНИ**

**1-Амалий машғулот. Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар (ГНСЙТ)да координаталар тизими.**

Ерни сунъий йўлдошининг геоцентрик координатасини ҳисоблаш.

**2- Амалий машғулот. Вақт саноқ тизими.** Бутун жаҳон вақтини ҳисоблаш (UT).

Эйлер бурчакларидан фойдаланган ҳолда тўғри бурчакли координаталарни ҳисоблаш.

**3- Амалий машғулот. Геодезик сунъий йўлдошлар.** Ерни сунъий йўлдоши орбиталарининг кеплерли элементларини ҳисоблаш.

**4- Амалий машғулот. ГНСЙТнинг геометрик масаларари.** Ерни сунъий йўлдошининг невозмущенный координаталарини ҳисоблаш.

Лазерли дальномерлар ёрдамида ўлчаш орқали топоцентрик масофаларни ҳисоблаш.

Ерни сунъий йўлдошли кузатишлар орқали ер уринмаларинг узунлигини ҳисоблаш.

Ер уринмаларининг ориентирловчи бурчакларини ҳисоблаш. Координата системалари орасидаги ўтиш параметрларини ҳисоблаш.

### **5- Амалий машғулот. Бошланғич геодезик саналар**

Ерни сунъий йўлдошли геодезик тўрларининг лойихасини тузиш.

Ерни сунъий йўлдошли геодезик тўрларини таққослаш орқали таҳлил қилиш.

Координаталарнинг ўлчанган масофа, бурчак ва частота ўзгаришига қараб ҳисоблаш.

**6- Амалий машғулот. Ўзбекистонда ГНСЙТ методларидан фойдаланиш.**

Замонавий спутник технологияларини геодезия, навигация, картография, кадастр, ахборот тизими ва бошқа масалаларини ечишда ЎЗР худидида фойдаланиш.

## ЎҚИТИШ ШАКЛЛАРИ

Мазкур модуль бўйича қуйидаги ўқитиш шаклларидан фойдаланилади:

- маърузалар, амалий машғулотлар (маълумотлар ва технологияларни англаб олиш, ақлий қизиқишни ривожлантириш, назарий билимларни мустаҳкамлаш);

- давра суҳбатлари (кўрилаётган лойиҳа ечимлари бўйича таклиф бериш қобилиятини ошириш, эшитиш, идрок қилиш ва мантиқий хулосалар чиқариш);

- баҳс ва мунозаралар (лойиҳалар ечими бўйича далиллар ва асосли аргументларни тақдим қилиш, эшитиш ва муаммолар ечимини топиш қобилиятини ривожлантириш).

## БАҲОЛАШ МЕЗОНИ

№	Баҳолаш мезони	Баллар тақсимоти	Максимал балл
1	Мавзулар бўйича кейслар	1,2 балл	2.5
2	Мустақил иш топшириқлари	0,5 балл	
3	Амалий топшириқлар	0,8 балл	

## II. МОДУЛНИ ЎҚИТИШДА ФОЙДАЛАНИЛАДИГАН ИНТЕРФАОЛ ТАЪЛИМ МЕТОДЛАРИ

### “Блиц-ўйин” методи

**Методнинг мақсади:** ўқувчиларда тезлик, ахборотлар тизмини таҳлил қилиш, режалаштириш, прогнозлаш кўникмаларини шакллантиришдан иборат. Мазкур методни баҳолаш ва мустаҳкамлаш мақсадида қўллаш самарали натижаларни беради.

#### **Методни амалга ошириш босқичлари:**

1. Дастлаб иштирокчиларга белгиланган мавзу юзасидан тайёрланган топшириқ, яъни тарқатма материалларни алоҳида-алоҳида берилади ва улардан материални синчиклаб ўрганиш талаб этилади. Шундан сўнг, иштирокчиларга тўғри жавоблар тарқатмадаги «якка баҳо» колонкасига белгилаш кераклиги тушунтирилади. Бу босқичда вазифа якка тартибда бажарилади.

2. Навбатдаги босқичда тренер-ўқитувчи иштирокчиларга уч кишидан иборат кичик гуруҳларга бирлаштиради ва гуруҳ аъзоларини ўз фикрлари билан гуруҳдошларини таништириб, баҳслашиб, бир-бирига таъсир ўтказиб, ўз фикрларига ишонтириш, келишган ҳолда бир тўхтамга келиб, жавобларини «гуруҳ баҳоси» бўлимига рақамлар билан белгилаб чиқишни топширади. Бу вазифа учун 15 дақиқа вақт берилади.

3. Барча кичик гуруҳлар ўз ишларини тугатгач, тўғри ҳаракатлар кетма-кетлиги тренер-ўқитувчи томонидан ўқиб эшиттирилади, ва ўқувчилардан бу жавобларни «тўғри жавоб» бўлимига ёзиш сўралади.

4. «Тўғри жавоб» бўлимида берилган рақамлардан «якка баҳо» бўлимида берилган рақамлар таққосланиб, фарқ булса «0», мос келса «1» балл қуйиш сўралади. Шундан сўнг «якка хато» бўлимидаги фарқлар юқоридан пастга қараб кўшиб чиқилиб, умумий йиғинди ҳисобланади.

5. Худди шу тартибда «тўғри жавоб» ва «гуруҳ баҳоси» ўртасидаги фарқ чиқарилади ва баллар «гуруҳ хатоси» бўлимига ёзиб, юқоридан пастга қараб кўшилади ва умумий йиғинди келтириб чиқарилади.

6. Тренер-ўқитувчи якка ва гуруҳ хатоларини тўпланган умумий йиғинди бўйича алоҳида-алоҳида шарҳлаб беради.

7. Иштирокчиларга олган баҳоларига қараб, уларнинг мавзу бўйича ўзлаштириш даражалари аниқланади.

**«ГНСЙТда координаталар тизими» кетма-кетлигини жойлаштиринг.**

## Ўзингизни текшириб кўринг!

Харакатлар мазмуни	Якка баҳо	Якка хато	Тўғри жавоб	Гуруҳ баҳоси	Гуруҳ хатоси
Инерциал санок тизими					
Геодезик координаталар тизими					
Топоцентрик координатлар тизими					
Орбитал координаталар тизими					
WGS-84 координаталар тизим					
ПЗ-90 координаталар тизим					

### “Брифинг” методи

“Брифинг”- (инг. briefing-қисқа) бирор-бир масала ёки саволнинг муҳокамасига бағишланган қисқа пресс-конференция.

#### Ўтказиш босқичлари:

1. Такдимот қисми.
2. Муҳокама жараёни (савол-жавоблар асосида).

Брифинглардан тренинг яқунларини таҳлил қилишда фойдаланиш мумкин. Шунингдек, амалий ўйинларнинг бир шакли сифатида қатнашчилар билан бирга долзарб мавзу ёки муаммо муҳокамасига бағишланган брифинглар ташкил этиш мумкин бўлади. Талабалар ёки тингловчилар томонидан яратилган мобил иловаларнинг такдимотини ўтказишда ҳам фойдаланиш мумкин.

### “Портфолио” методи

“Портфолио” – ( итал. portfolio-портфель, ингл.хужжатлар учун папка) таълимий ва касбий фаолият натижаларини аутентик баҳолашга хизмат қилувчи замонавий таълим технологияларидан ҳисобланади. Портфолио мутахассиснинг сараланган ўқув-методик ишлари, касбий ютуқлари йиғиндиси сифатида акс этади. Жумладан, талаба ёки тингловчиларнинг модул юзасидан ўзлаштириш натижасини электрон портфолиолар орқали текшириш мумкин бўлади. Олий таълим муассасаларида портфолионинг қуйидаги турлари мавжуд:

Фаолият тури	Иш шакли	
	Индивидуал	Гуруҳий
Таълимий фаолият	Талабалар портфолиоси, битирувчи, докторант, тингловчи портфолиоси ва бошқ.	Талабалар гуруҳи, тингловчилар гуруҳи портфолиоси ва бошқ.
Педагогик фаолият	Ўқитувчи портфолиоси, раҳбар ходим портфолиоси	Кафедра, факультет, марказ, ОТМ портфолиоси ва бошқ.

### III. НАЗАРИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

#### 1 Маъруза ГНСЙТда координаталар тизими

##### Режа:

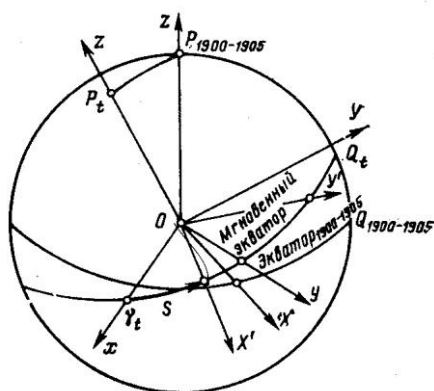
- 1.1. Инерциал саноқ тизими
- 1.2. Геодезик координаталар тизими
- 1.3. Топоцентрик координатлар тизими
- 1.4. Орбитал координаталар тизими
- 1.5. WGS-84 ва ПЗ-90 координаталар тизими

*Таянч иборалар:* Геоцентрик. Инерциал. Топоцентрик. Орбитал. Позицион. Экватор. Радионавигация. Эксцентриситет. Декарт. Лазер кузатувлари. Перигей. Апогей. Аномалия. Эллиптик.

##### 1.1.Инерциал саноқ 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 қонунларинигина эмас, балки қабул қилинган координаталар тизимининг фазодаги йўналишининг ўзгаришини ҳам ҳисобга олиш зарур. Координаталарнинг ўзгаришларини ҳисобга олиб, объект ҳаракати формуласининг содда бўлган саноқ тизимини танлаш керак.

Астрометрия ёки позицион астрономиянинг асосий муаммоларидан бири - бу энг инерциал саноқ тизимини танлашдир. Бу масалани ҳал қилиш учун астрономик каталоглар тузилади – битта мутлоқ тизимдаги астрономик объектларнинг хусусий ҳаракати ва ягона аниқ ҳолати рўйҳати. Астрономик координаталар тизимини кўрсатиб, маълум вақт давомида уни сақлаб туради<sup>1</sup>.

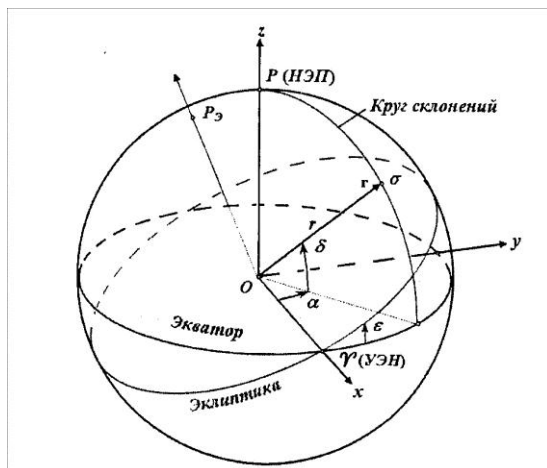


1-расм. Инерциал геоцентрик координата тизими

<sup>1</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

Сунъий йўлдош ҳаракатини тасвирлаш учун инерциал геоцентрик координаталар тизимидан фойдаланилади (1-расм). Бу тизимда координат боши  $O$  Ер массаси марказида жойлашган,  $Ox_0$  ўқи эса экватор текислигида ётади ва  $y$  баҳорги тенгкунлик 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 тўлдиради.

Фойдаланиладиган иккинчи координата тизими – бу тўғри бурчакли геоцентрик гринвич (айланувчи) тизимидир (2-расм). Координата боши  $O$  бунда 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 қутбига томон йўналган.  $Oy_0$  ўқи тизимни ўнг томонгача тўлдиради. Ер айлангани туфайли, бу координата тизими ҳам айланади.  $Ox_0$  ва  $Ox$  оралиғидаги бурчак  $S$  билан белгиланади ва гринвич юлдуз вақтига тенг бўлади.



2-расм. Геоцентрик гринвич координата тизими

Инерциал геоцентрик координата тизими ва гринвич (айланувчи) тизими (айланувчи) сунъий йўлдош радионавигация тизимида қўлланилади. Инерциал ва гринвич координата тизимлари орасидаги боғлиқлик қўйидаги кўринишда бўлади:

$$\vec{r} = \frac{1}{\psi} \vec{R}, \dot{\vec{r}} = \frac{1}{\psi} \dot{\vec{R}} + \omega \begin{bmatrix} y \\ -x \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

$$\vec{R} = \frac{1}{\psi} \vec{r}, \dot{\vec{R}} = \frac{1}{\psi} \dot{\vec{r}} + \omega \begin{bmatrix} Y \\ -X \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

$$[\psi] = \begin{bmatrix} \cos(s) & -\sin(s) & 0 \\ \sin(s) & \cos(s) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

$$s = S_0 + \omega(T - t_\lambda) \quad (1.4)$$

$S_0$ -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;

$\dot{\vec{r}}$ -гринвич тизимидаги мос ўқлар бўйича тезлик вектори.

## 1.2. Геодезик координаталар тизими

$B$ ,  $L$ ,  $H$  геодезик координаталар тизими билан геодезик кенглик, узоқлик ва баландлик тушунчалари боғланади. Эллипсоид юзасига тушган нормалнинг экватор текислиги билан туташидан ҳосил бўлган бурчак  $B$  геодезик кенгликдир. Берилган нуқтадан ўтган меридиан текислиги ва нулинчи меридиан текислиги оралиғидаги икки қиррали бурчак  $L$ -узоқлик бўлади. Геодезик кенглик ва узоқлик мос келадиган астрономик координаталардан фарқ қилади, чунки шовун чизиғи эллипсоид нормали билан мос тушмайди.

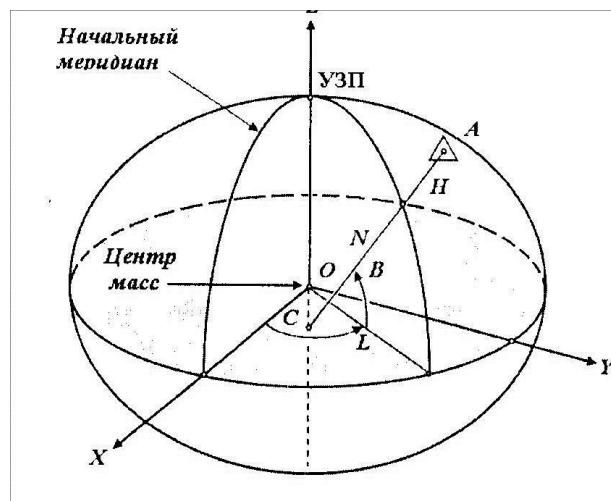
Шовун чизиғининг оғишини иккита текисликка проекциялаш мумкин: меридиан текислигига ва биринчи вертикал текислигига. Бундан кўриниб турибдики, бу икки ташкил этувчини астрономик ва геодезик координаталар фарқи билан аниқлаш мумкин. Чизиқнинг оғиши ёйнинг бир неча секундига тенг. Шунини таъкидлаш жоизки, геодезик и геоцентрик узоқликлар бир-бирига мос тушади<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} \zeta &= \varphi - B \\ \eta &= (\lambda - L) \cos \varphi \end{aligned} \quad (2.1)$$

Ҳар иккаласи ҳам берилган нуқта ва айланиш ўқини ўзида мужассам қилган текислик ва нулинчи меридиан текислиги орасидаги икки қиррали бурчакдир. Геоцентрик кенглик геодезик кенгликдан фарқ қилади. Эллипсоид юзасига  $P$  нуқтадан перпендикуляр туширамиз ва уни экватор текислиги билан кесишгунча давом эттирамиз (3-расм). Эллипсоид юзасидаги  $P$  нуқта проекциясини  $Q$  билан белгилаймиз. Унда  $PQ$  кесим  $P$  нуқтанинг геодезик баландлиги бўлади. Юқоридаги перпендикуляр экватор текислиги билан кесишиш нуқтасидаги бурчак  $B$  геодезик кенглик бўлади.  $U$   $P$  ва  $Q$  нуқталарига бирдек тегишлидир. Бу икки нуқтанинг геоцентрик кенгликлари 3-расмдан

<sup>2</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

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  $a$  – 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 буйсилади:

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

$y=0$  қирқмани кўриб чиқамиз. Унда

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

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

$$F_x'(x_0, y_0)(z - z_0) = F_z'(x_0, y_0)(x - x_0)$$

$$z = z_0 + F_x'(x_0, y_0) / F_z'(x_0, y_0)(x - x_0) \quad (2.2)$$

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

$$\text{Шунинг учун} \quad F_z'(x_0, y_0) = 2z_0/b^2, \quad F_x'(x_0, y_0) = 2x_0/a^2,$$

$$\operatorname{tg} B = \frac{a^2 z_0}{b^2 x_0}. \quad (2.3)$$

Натижада

$$\operatorname{tg} B = \frac{a^2}{b^2} \operatorname{tg} \Phi \quad (2.4)$$

Эллипснинг иккинчи эксцентриситети кўйидагича аниқланади:

$$e^2 = (a^2 - b^2) / b^2 \quad (2.5)$$

Ер учун иккинчи эксцентриситет жуда кичик, шунинг учун сиқилишга нисбатан иккинчи даражали кичик қийматни ҳисобга олмай кўйидаги ифодани



оламиз:  $e^2=2\alpha^2$ .

Шунингдек,

$$tg(B-\Phi) \approx B-\Phi \quad (2.6)$$

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

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

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= r_0 \cos \Phi_0 \\ y_0 &= r_0 \sin \Phi_0 \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

“0” индекси билан биз координатани эллипс юзида ётган нуктага тегишли эканлигини белгиладик. Бундан кўринадики:

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

Шунинг учун,

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

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

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

$$\frac{x_0^2}{a^2} + \frac{y_0^2}{b^2} = 1, \quad \frac{r_0^2}{a^2} \cos^2 \Phi_0 + \frac{r_0^2}{b^2} \sin^2 \Phi_0 = 1 \quad (2.8)$$

$$r_0 = ab(a^2 \sin^2 \Phi_0 + b^2 \cos^2 \Phi_0)^{-1/2}$$

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

$$r_0 = (a^4 \cos^2 B + b^4 \sin^2 B)^{1/2} / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2}$$

Бундан:

$$x_0 = a^2 \cos B / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2}, \quad (2.8)$$

$$y_0 = b^2 \sin B / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2},$$

Белгилаймиз:

$$\rho = a / (1 - e^2 \sin^2 B) \quad (2.9)$$

Энди:

$$x_0 = \rho \cos B$$

$$z_0 = \rho \left( \frac{b^2}{a^2} \right) \cos B \quad (2.10)$$

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

$$\begin{aligned} x_0 &= \rho \sin B \cos L \\ y_0 &= \rho \sin B \cos L \\ z_0 &= \rho \left( \frac{b^2}{a^2} \right) \cos B \end{aligned} \quad (2.11)$$

Энди Q нуқтани H баландликка кўтарамиз ва P нуқта билан устма-уст жойлаштирамиз. Тўғри бурчакли координаталар қуйидагича ўзгаради:

$$\begin{aligned} \Delta x &= H \cos B \cos L \\ \Delta y &= H \cos B \sin L \\ \Delta z &= H \sin B \end{aligned} \quad (2.12)$$

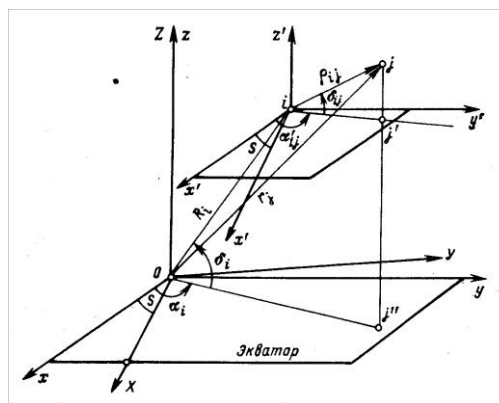
Энди геодезик координаталар  $B$ ,  $L$  ва  $H$ ни тўғри бурчаклига ўтказишда  $x, y, z$  қуйидаги кўринишни олади:

$$\begin{aligned} x &= (\rho + H) \cos B \cos L \\ y &= (\rho + H) \cos B \sin L \\ z &= \left( \frac{b^2}{a^2} + H \right) \sin B \end{aligned} \quad (2.13)$$

(2.9) формула билан аниқланган  $\rho$  оддий геометрик маънога эга: у Q нуқтадан ўтадиган нормал кесимига тенг, яъни шу нуқтадан то эллипсоид айланиш ўқи билан кесишиш нуқтасигача<sup>3</sup>.

### 1.3. Топоцентриқ координатлар тизими

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



4-расм. Топоцентриқ координаталар тизими

<sup>3</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

Топоцентрик инерциал координата тизимининг  $ix'y'z'$  координата боши  $i$  Ернинг табиий нуқтасида бўлиб, ўқлари инерциал геоцентрик координата тизими ўқларига параллелдир.

Экватор текислигига параллел  $ix'y'$  текислик топоцентрик экватор дейилади. Топоцентрик тўғри чиқиш  $\alpha'$   $ix'$  ўқининг мусбат йўналишидан бошлаб, то 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 қўйидагилар тасвирланган:

$\vec{r}$ - ЕСЙ геоцентрик вектори

$\vec{\rho}$ - ЕСЙ топоцентрик вектори

$\vec{R}$ -кузатиш пунктининг вектори

$Oij$ - векторлар учбурчагидан оламиз:

$$\vec{R} = \vec{r} - \vec{\rho} \quad (3.1)$$

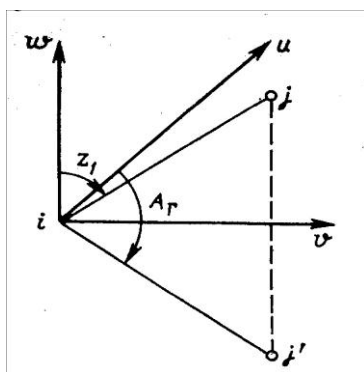
Бу муносабат ГНСЙТнинг кўпгина масалаларини ечишда асосий ҳисобланади. Ундан кўриниб турибдики, сунъий йўлдош кузатув пункти геоцентрик координаталарини аниқлашда шу пайт учун сунъий йўлдошнинг геоцентрик ва топоцентрик координаталари аниқланиши лозим. Бунда сунъий йўлдош геоцентрик координаталари Ер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

(1.3.1) тенглама координата кўринишида қўйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} x &= r \cos \alpha \cos \delta - \rho \cos \alpha' \cos \delta' \\ y &= r \sin \alpha \cos \delta - \rho \sin \alpha' \cos \delta' \\ z &= r \sin \delta - \rho \sin \delta' \end{aligned} \quad (3.2)$$

(1.3.2) тенглама Гринвич координата тизими учун қўйидагича бўлади:

$$\begin{aligned} X &= r \cos(\alpha - S) \cos \delta - \rho \cos(\alpha' - S) \cos \delta' \\ Y &= r \sin(\alpha - S) \cos \delta - \rho \sin(\alpha' - S) \cos \delta' \\ Z &= r \sin \delta - \rho \sin \delta' \end{aligned} \quad (3.3)$$



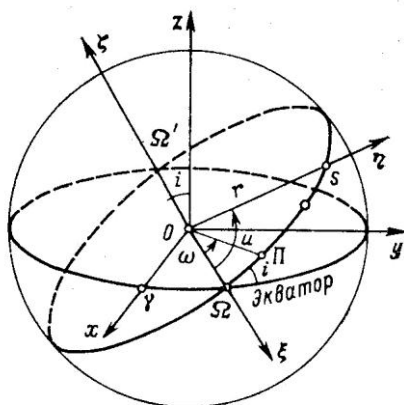
5 расм. Горизонт координата тизими

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 геодезик текисликда ётиб,  $uvw$  боғламни ўнг томонгача тўлдирди. Координаталар  $u, v, w, A_z$ -азимут билан ва  $z_z$ -зенит масофаси билан қуйидагича боғланган<sup>4</sup>

$$\begin{aligned} u &= \rho \sin z_z \cos A_z \\ v &= \rho \sin z_z \sin A_z \\ \omega &= \rho \cos z_z \end{aligned} \quad (3.4)$$

#### 4. Орбитал координаталар тизими

Сунъий йўлдошни ҳаракати кўрилганда фақат эллиптик ҳаракат билан чегараланади. Бунда сунъий йўлдош орбитаси бта параметр билан характерланади. Сунъий йўлдош орбитаси билан боғлиқ Охуз координата тизимини аниқлаймиз. Орбитанинг Ерга яқин нуқтаси перигей, Ердан энг узоқ нуқтаси апогей дейилади. Ох ўқини перигейга, Оз ни эса орбита текислигига перпендикуляр йўналтирамиз. Сунъий йўлдош орбитаси текислиги ва экваторнинг кесишиши чизиги орбита тугунлари дейилади, бунда чиқиши тугуни деб сунъий йўлдошнинг манфий кенгликдан мусбат кенгликка ўтиши нуқтасидаги тугунга айтилади. 6-расмда кеплер орбитасининг параметрлари ва графикли кўриниши келтирилган.



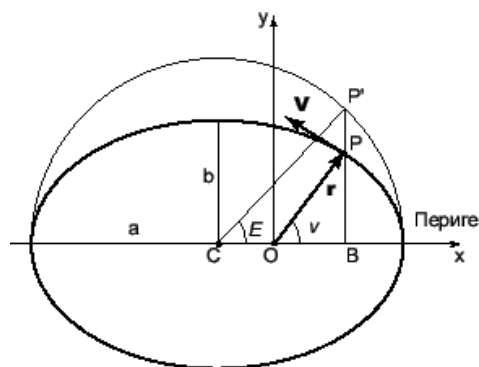
6-расм. Эллиптик орбита параметрларини аниқлаш

Орбитанинг фазодаги ориентирланганлиги (Охуз координата тизимининг OXYZ геоцентрик координата тизимига нисбатан ҳолати) учта бурчак билан тасвирланади. Баҳорги тенгкунлик нуқтаси йўналиши ва чиқиши тугуни нуқтаси орасидаги бурчак – чиқиши тугунини узоқлиги дейилади ва  $\Omega$  билан белгиланади. Орбита текислиги ва экватор оралигидаги икки қиррали бурчак

<sup>4</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

орбитанинг қиялиги дейилади ва  $i$  билан белгиланади.

$\Omega$  билан белгиланган учинчи бурчак – перигей аргументи дейилади ва у чиқиши тугуни йўналиши билан перигей орасидаги бурчакдир.  $\omega$  бурчак ўзгармас бўлгани учун  $OX$  ўқи ҳолати орбита текислигида ҳам, фазода ҳам ўзгармас эканлигини кўрсатади. Кейинги икки параметр-катта ярим ўқ ва  $e$  эксцентриситет орбита катталикларини ва шаклини аниқлайди. Жисмнинг бошланғич моментидаги ҳолати  $T_0$  перигейдан ўтиши давр билан аниқланади. Сунъий йўлдошнинг  $t$  пайтдаги ҳолати  $v$  бурчак билан аниқланади ва у ҳақиқий аномалия дейилади.



7-расм. Кеплер орбитасининг аномалиясини аниқлаш

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

$$M = n(n - T_0) \quad (4.1)$$

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

тенг.  $r$  нинг  $Oz$  ўқга проекцияси

$Oz$  нолга тенг:  $r = (x, y, 0)$ .

$$x = r \cos v$$

$$y = r \sin v \quad (4.2)$$

ЕСЙ инерциал геоцентрик координаталари формула қуйидагича бўлади:

$$x = r(\cos u \cos \Omega - \sin u \sin \Omega \cos i)$$

$$y = r(\cos u \sin \Omega + \sin u \cos \Omega \cos i)$$

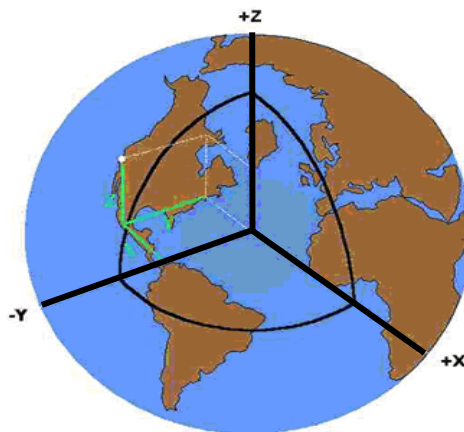
$$z = r \sin u \sin i$$

$$(4.3)$$

## 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 ҳақидаги навигацион маълумот геоцентрик координата тизимида шакилланади. Шу координата тизимида йўлдош приёмнигида истеъмолчи координаталари ҳам аниқланади<sup>5</sup>.

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) - умумер тизимини ифодалаб, у АҚШ ҲДК (ВМС США) ТРАНЗИТ Сунъий йўлдош радионавигация тизимининг доплер ўлчовлари натижасининг доплер таянч тизими NSWС 9Z-2 ни аниқлаштириш орқали олингандир.

WGS-84 - координата боши ўқлари қуйидагича аниқланади:

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

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

У ўқи-Ерга боғланган ва координата боши Ер марказида бўлганўнг томонли ортоғонал координата тизимини тулдиради,у экватор текислигига X ўқидан шарққа қараб ( $90^0$ ) бурчак остида жойлашган.

WGS-84 Ерга боғланган глобал таянч тизимидан ташкил топган бўлиб,унга Ер модели ҳам қиради ва асосий ҳамда ёрдамчи катталиклар билан

<sup>5</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

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
Катта ярим ўқ	$a$	6378137м
Қутбий сиқиклик	$1/f$	1/298.257223563
Бурчак тезлиги	$\omega$	$7.292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с <sup>-1</sup>
Нур тезлиги	$c$	299792458 м/с
Гравитацион доимийси (Ерни атмосферасини ҳисобга олинганда)	$GM$ ( $fM$ )	$3398600.5 \text{ км}^3/\text{с}^2$
Нормаль потенциали	$U_o$	62636861.074 м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>
Иккинчи гармоник коэффициенти	$C_{20}$	– 484.16685 * $10^{-6}$

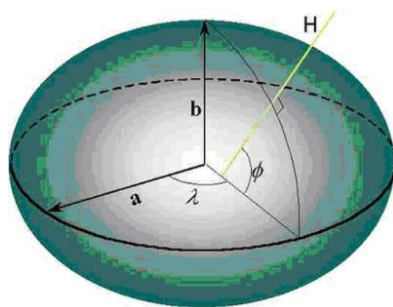
WGS-84 тизими координата боши ва ўқлари ориентацияси GPS нинг 5 та текширув станциялари координаталари орқали аниқланади: Колорадо-Спрингс, Гавайи, Асансьон, Диего Гарсия ва Кваджалейн.

Геодезик кенглик  $\phi$ , узоклик  $\lambda$ , баландалик  $h$  орқали ифодаланган (WGS-84) координаталар аниқлиги  $1(\sigma)$  горизонтал текисликда қуйидагига тенг:  $\sigma_\phi = \sigma_\lambda = \pm 1$  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. Сдан кейинги сон GPS ҳафталиги номери. СРНС GPS да WGS-84нинг аниқлаштирилган вариантлари 1994 йил 29 июндан ва 1997 йил 29 январдан қўлланилди<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

## ПЗ-90 координата тизими

Ернинг геодезик параметрлари ПЗ-90 тизимида. ПЗ-90 фундаментал астрономик ва геодези кўзгармас қийматларни, 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 баландлик каталоги, ЕСК алоқа параметрларини 1942 йилги миллий референц координата тизимини ўз ичига олади<sup>7</sup>.



9-расм. Красовский эллипсоиди

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

ПЗ-90 тизимининг параметрлари 2-жадвалда кўрсатилган.

2-жадвал

Параметри	Белгиси	Қиймати
Катта ярим ўқ	$a$	6378136 м
Шимолий босқич	$1/f$	1/298.257839303
Бурчак тезлиги	$w$	$7,292115 \cdot 10^{-5}$ рад/с <sup>-1</sup>
Нур тезлики	$c$	299792458 м/с
Гравитацион доимийси (Ернинг атмосфераси ҳисобга олинганда)	$GM (fM)$	$398600.44 \cdot 10^9$ м <sup>3</sup> /с <sup>-2</sup>
Нормаль потенциали	$U_o$	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 СИО га йўналган, X ўқи ВИН белгилаган экватор текислиги ва нуль меридиан кесишиш нуқтасиги йўналган, у ўқи эса тизимни ўнггача тулдиради. ПЗ-90 тизими ГНСЙТ тўри (КГС) нинг 33 та пункти координаталари орқали Ер юзига маҳкамланган.

ПЗ-90 ни Ер марказига силжиши ўрта квадрат хатолиги 1-2 м. Пунктлар оралиғининг 1.5-2 минг км.ли (нисбий ўлчаганда 7 чи белги бирлигида) ўртacha масофасида уларнинг ўзаро ҳолати 0.3 м ҳисобланади.

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

Рақамли топографик картанитузиш мураккаб жараён бўлиб, у замонавий геоинформацион технология ва классик ўлчовларни жалб қилишни талаб этади. Шунинг учун замонавий ГИС ва қоғозли карталар асосида карталарни яратиш учун уларни маълум координататизимига боғлаш зарурати туғилади. Бу жараён мураккаб бўлмаса-да, у ҳисобга олиш зарур бўлганкутилмаган 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 шакилланиши ва ўзгаришини кўриб чиқиш керак<sup>8</sup>.

Сунъий йўлдош учирилганча референц-эллипсоид параметрлари давлат ва регионал геодезик тўрлари маълумотларини ҳисоблаш натижасида аниқланади. Бунда тўрлар турли катталикларда, турли воситалар орқали ва ҳархил 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

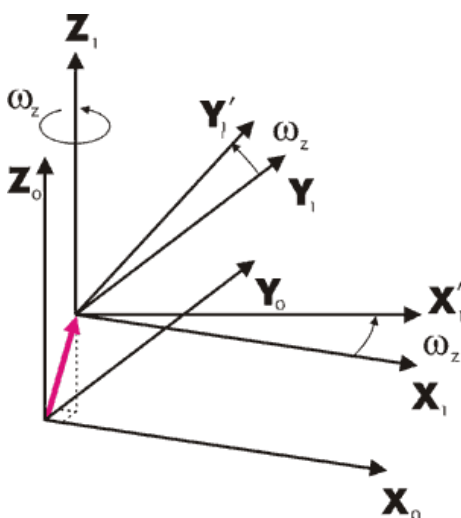
---

<sup>8</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

текисликда акс эттирилади.Эллипсоидни танлашда асосий фактор гравитация потенциалнинг баландликка мослигидир. Рақамли карталарнинг эллипсоидал координаталаридан санок боши эллипсоид марказида бўлган уч ўлчамли тўғри бурчакли координата тизимига осонгини 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 силжиши (учта чизиқли параметрлар), ҳар бир ўқ атрофида бурилиш (учбурчак параметрлари) ва битта масштаб коэффициентини билан. Бу боғлиқликни Гельмерт ва Молоденский формулалари билан осонгини амалга ошириши мумкин.

Масштаблаштириш ва бурилиш ҳар доим ҳам керак бўлмагани учун, баъзида оддийроқ уч параметр бўйича ўзгартиришдан фойдаланилади. Баъзи ҳолларда эллипсоидни ўзгартиришда мураккаб бўлган кўп ўлчамли регрессия тенгласидан фойдаланилади. Турли эллипсоидлардан фойдаланилганда шуни ҳисобга олиш керак-ки, ҳозирги вақтда боғланишнинг 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 силжиши 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 ҳалқилиш 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 айлантирилган ва масштабланган ( $dx, dy, dz$ ) векторига силжиган координаталар бошининг йиғиндиси сифатида тасавур этиш мумкин (расмда Z ўқи атрофидаги айланиш кўрсатилган).

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

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = \vec{r}_{\text{ck-42}} + \vec{T} \quad (7.1)$$

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

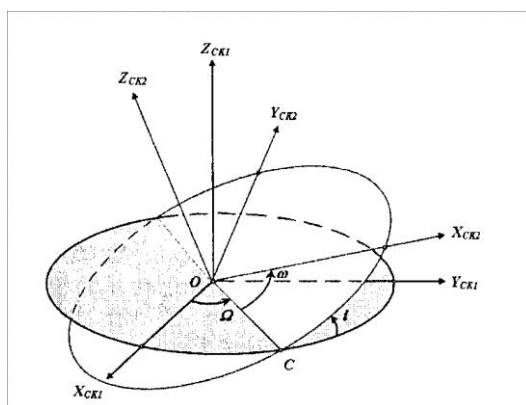
Бўрилиш вектори координаталарини ўзгартириш у координата тизимларининг бошини бирлаштиргач амалга оширилади.

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = \vec{r}_{\text{ck-42}} \vec{R} \quad (7.2)$$

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

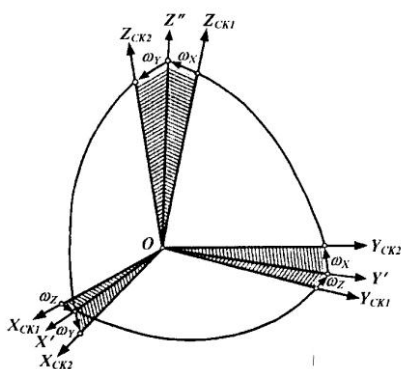
Кўпича Эйлер (11-расм), ёки Кардано (12-расм), бурчакларини қўллаб бурилишлар учта айланишга бурилади. 11-расмда СК-42 ва WGS-84 нинг асосий текисликлари ОС чизиғи бўйича кесишади. Координаталарнинг ўзгаришида Эйлер бурчаги қўлланилганда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = \vec{R}_3(\omega) \cdot \vec{R}_1(i) \cdot \vec{R}_3(\Omega) \vec{r}_{\text{ck42}} \quad (7.3)$$



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 ҳосила сифатида ёзилади:

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = \vec{R}_2(\omega_x) \cdot \vec{R}_1(\omega_y) \cdot \vec{R}_3(\omega_z) \vec{r}_{\text{ck42}} \quad (1.7.4)$$

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

$$\vec{E} = \vec{R}_3(\omega_z) \cdot \vec{R}_2(\omega_y) \cdot \vec{R}_3(\omega_x) \vec{r}_{\text{ck42}} \quad (7.5)$$

Координаталар трансформациясида масштаблаштириш қуйидагидан иборат:

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = (1 + \mu) \vec{r}_{\text{ck42}} \quad (7.6)$$

Битта эллипсинг узунлигини турли тизимларда birlik нисбатини ҳарактерловчи кичик скаляр катталиқ  $\mu$  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:

$$\vec{r}_{\text{WGS-84}} = \vec{T} + (1 + \mu) \vec{E} \vec{r}_{\text{ck42}} \quad (7.7)$$

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.**

	$\Delta X, \text{м}$	$\Delta Y, \text{м}$	$\Delta Z, \text{м}$	$m$	$\omega_x, 0,001^2$	$\omega_y, 0,001^2$	$\omega_z, 0,001^2$
СК-42-WGS-84	-22.730	123.884	+83.80 7	- $4.24 \cdot 10^{-7}$	-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 ҳалқилувчи

ҳисобланмайди. Ҳозирги вақтда уларни аниқлаштириш ишлари олиб борилмоқда (GPS ва ГЛОНАССлардан биргаликда фойдаланишни ўрганивчи 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.

### **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 коэффициентлари деб нимага айтилади?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

## 2 Маъруза Сунъий йўлдошни кузатиш усуллари

### Режа:

- 2.1. Ер сунъий йўлдошларини кузатишнинг оптик усули
- 2.2. Кузатишнинг фотографик усуллари
- 2.3. ЕСЙларини кузатишнинг радиотехник усуллари
- 2.4. Орбитал координаталар тизими

*Таянч иборалар:* Қуёш батареяси. Космик аппарат. Бинокуляр. Геоцентризм. Луноход. Генератор. Аномалия. Радиоинтерферометр.

### 2.1. Ер сунъий йўлдошларини кузатишнинг оптик усули

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

Геодезия ҳам илмий фан ситфтида ўзининг илмий ва амалий масалаларини ечишда космик объектлардан фойдаланади, чунки геодезия геоцентризм давридаёқ Ерга Қуёш тизимининг планетаси сифатида қараган. Ерни глобал ўрганиш ғояси Коперник таълимотидан аввалроқ бошланган эди. Шунинг учун Ер ҳақидаги энг қадимги фан бўлган геодезия, инсонни космосга чиқишидан аввал етилган фикр ва усуллари амалга оширишда бу билан катта имкониятларга эга бўлди<sup>9</sup>.

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 эллипсоидининг параметрларини аниқлаш назариясини ишлаб чиққан эди. У бу назариянинг устунлиги ва камчилигини ҳам кўрсатди, натижада Ердан Ойнинг узоклиги туфайли олинган хулосалар 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 қўлайроқ бўлишини айтиб ўтди.

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

Қандай қилиб бу ғояларнинг ГНСЙТ методларига айланганини кўришдан аввал, маълумот олиш учун кузатиладиган объектлар билан, шунингдек, табиий

<sup>9</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

васунъий объектларни кузатиш методлари билан танишиб чиқишимиз керак. Бунда дастлаб ЕСЙлари орбиталари параметрлари ва йўлдошлар хусусиятлари диапозони жуда катта эътиборга эга. Ер сунъий йўлдошлари  $O^\circ$  (экватор)дан  $90^\circ$ гача ва ундан кўпроқ (кутб олди) оғишли 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-биридан қандай мақсадларда учирилганлиги ва бортидаги аппаратлари параметрлари билан фарқиладилар. Уларнинг кўриниши турли-туман бўлиб, хашоратларни эслатувчи (ҳар 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 (Лагеос –  $0.07 \text{ см}^2/\text{г}$ ) ЕСЙлари ажратилади.

Сунъий йўлдошларни геодезик мақсадларда кузатишдан ташқари, Ердан узоқлашаётган аппаратларни кузатишда ҳам фойдаланилади (масалан, Венера, Маринер ва бошқ.). Геодезиянинг космик методлари ривожланишида Ойнинг юзасига ўрнатилган бурчакли қайтаргичлар ёрдамида лазер кузатишлари алоҳида ўрин тутди. Бунда Ойга Ердан бошқариладиган “Луноход”ларнинг чиқарилиши муҳим роль ўйнади. Ниҳоят, энг қизиқ объектлар бўлмиш квазарлар кузатувидан ҳам геодезияда фойдаланилади<sup>10</sup>.

Ҳозирги пайтда кузатиш методлари ўлчаш бажариладиган элекромагнит тебранишлар диапозонига қараб, оптик ва радиотехник усулларга бўлинади. Оптик методда йўлдошни юлдузлар фонида олинган суратига қараб учиш йўналиши аниқланади. Оптик методга яна йўлдош узоқлигини лазерли узоқни ўлчашчи билан аниқлаш ҳам киради. Радиотехник методда геодезик масалаларни ечишда дифференциал ва интеграл доплер методлари ва узоқликни фаза орқали ўлчаш методи қўлланилади. Доплер методи дастлаб сунъий йўлдош орбитасини унчалик аниқ бўлмаган ўлчашларда фойдаланган эди, ўлчашларнинг аниқлиги ошгани ва мукаммалашгани 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 хоҳлаган вақтида ўтказилиши мумкинлигидир. Оптик метод об-ҳавога 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

---

<sup>10</sup> Charles D. Ghilani and Paul R. Wolf. Elementary Surveying - An Introduction to Geomatics, 12th Edition \_ textbook. USA, New Jersey, 2013

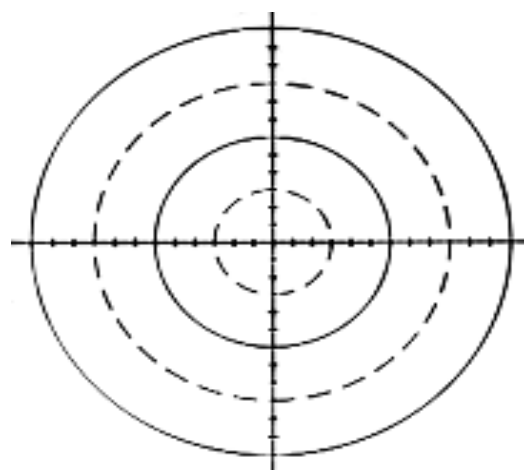
ошириш нуқтаи назаридан қаралганда фотографик методнинг имкониятлари чегараланган, доплер методи эса фотографик методдан устунроқдир. Истикболли методлардан бири – бу лазер методи бўлиб, ниҳоятда катта аниқлиги туфайли фойдаланилади. Ҳозирги вақтда барча методлар бир-бирига ҳалақит бермайди, балки бир-бирини тулдиради. 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 мақсадларида кузатиш методларини кенгроқ куриб чиқамиз.

### 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 иплари

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





16-расм. ТЗК



17-расм. БМТ110

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 -396x423x438 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 ўлчалари узунлиги 700 мм, кенлиги 530 мм, баландлиги (хамма ҳолатлар учун) энг ками 1715, энг кўпи 2045.

### 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 минутда). Тез ҳаракатланаётган йўлдошнинг тасвири фотоэмульсияда чўзилиб кетмаслиги учун йўлдош фотокамераларидаги фотопенкали кассета йўлдош тасвири кетидан ҳаракатланади. Бу фотокамераларнинг иккинчи хусусиятидир<sup>11</sup>.

Йўлдош фотокамераларининг бошқа турларида йўлдош тасвири бутун

<sup>11</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

камеранинг айланиши ҳисобига (кузатиб бориши) фотоэмульсияни бир жойида ушлаб турилади. Бунинг учун камера монтаж (штатив) билан таъминланади ва у 3-4 айланиш ўқиға эға бўлиб, бундай монтаж камерани йўлдошға осонликча тўғирлаш имконини беради. Обсерваторияларда стационар шароитда ва экспедицияларда кузатишға мосланган турли конструкцияли йўлдош фотокамералари ишлаб чиқилган.

Объект йўналишини аниқлаш принциплари - йўлдошли ва классик фотографик астрометрияларда бир-бирига мос тушади. Ернинг сунъий йўлдошининг йўналишини аниқлашда осмон координаталари аниқбўлган таянч осмон юлдузларидан фойдаланилади. Ер сунъий йўлдошларини кузатишнинг асосий фарқи вақийинлиги - уларнинг катта бурчак тезлигиға эға эканлигида бўлиб, бу йўлдош астрометриясининг алоҳида фотографик астрометрия шаҳобчасига бўлинишиға сабаб бўлди. Шунинг учун объектнинг йўналишидан ташқари унинг суратдаги тасвириға мос вақт моментини аниқлаш зарурияти келиб чиқади.

Вақтни регистрацияси аниқлигиға бўлган катта талаб ( $0,0005$  с) фотография ускуналарига, уларни сақлаш усулларига ва Ер сунъий йўлдошини кузатиш стационаридаги вақтнинг аниқлинишиға ўзгача талаб қўйишға мажбур қилади. Бу масалани мураккаблаштирамай шуни айтиш мумкин-ки, йўлдош фотокамераларининг уларға қўйилган узлуксиз ҳаракатланувчи оператор затвори ва фотопенкада хира Ер сунъий йўлдошини изловчи тизими мавжудлиги каби хусусиятлари борлигидир. Обтюраторли затвор Ер сунъий йўлдошлари тасвирини қатор нуқталар кўринишида ёки Ер сунъий йўлдош ҳаракат йўлидаги қисқа ўзилишлар кўринишида олиш имконини беради. Хира сунъий йўлдош ҳаракати камеранинг ёки фотопенканинг орбита ўқиға нисбатан бурилиши Ерни сунъий йўлдоши ҳаракати бўйича изланади. Ер усти объектларида эса камера турғун бўлади ёки юздузларға нисбатан олинади. Фотографик методларни ривожланишида фаол Ерни сунъий йўлдошлари алоҳида ўрин тўтади, уларға ўзига хос лампалар ўрнатилган бўлиб, белгиланган фаолиятға мувофиқ нур чакнашларининг маълум программаси бўйича амалға оширилади. Бундай “маяк”лар геодезик Ер сунъий йўлдошлари “Геос-1” ва “Геос-2”ларға ўрнатилган эди. Фаол Ер сунъий йўлдошларнинг суратға олиниши Ер сунъий йўлдошларнинг йўналишини аниқлашда энг катта аниқликни беради. Фотографик камералар устида узоқ 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 хатоликда бўлиши мумкин.



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



19-расм. ВАУ йўлдош камераси

Охирги кузатиш натижаларидан бундай хатолар Ер сунъий йўлдошининг орбитаси ҳолатини аниқлашда бир неча метргача етиши мумкинлиги билинди. Ҳозирги геодезик талаблар учунбунга йўл қўйишмумкин, лекин келгусида бунга йўл қўйиб бўлмайди. Шунинг учун йўлдош геодезиясининг фотографик методи классик метод ҳисобланиб, асосан геометрик масалаларни ечишда,масалан, йўлдош триангуляция тўрларини қуришда қўлланилади.

АФУ-75 автоматик қидирув камераси фаол Ерни сунъий йўлдошлари чакнашларини регистрация қилади ва 8-9 юлдуз катталигидаги хира Ер сунъий йўлдошларини юқори аниқликда суратга олади (объективи диаметри 210 мм, фокус масофаси750 мм).

Собиқ Иттифоқда АФУ-75 йўлдош фотокамерасидан геодезик ва геофизик тадқиқотларда фойдаланилган. У тўртўқкли монтировка, хира йўлдошларни кузатувчи фотоплёнка, ҳаракатланувчи механизм-экваториал платформа билан таъминланган бўлиб, бу механизм суратга олиш давомида камерани кутбўқи 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.

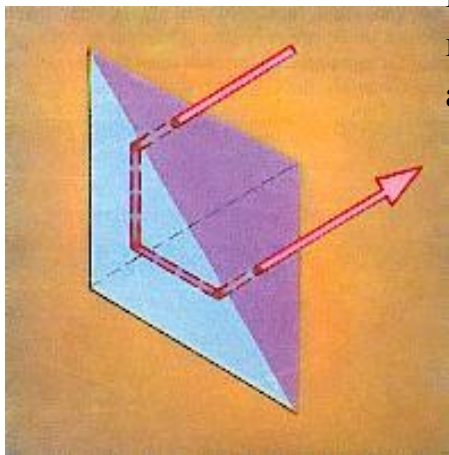
Собиқ Иттифоқда уч ўқли штативга ўрнатилган, юқори кўриш қобилиятига

эга бўлган катта йўлдош камераси (ВАУ) яратилди. Унинг кўзгу-линзали объективи совет оптиги Д.Д.Максудов томонидан яратилган. Бош кўзгунинг диаметри 107 см, кириш туйнуги ва коррекция линзасининг диаметри 70 см, фокус масофаси 70 см. Сурат 6х36 см узун фотопленкада олинади. Суратга олишда бир нуқтадан иккинчи нуқтага 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 кмдан суратга олишимконини беради. Бундай камералар билан собиқ Иттифоқ ФА Астрономия иттифоқи Звенигород экспериментал йўлдошларни кузатиш станцияси ва Душанбадаги Тожикистон ФАнинг астрофизика институти обсерваториялари жиҳозланган.

Йўлдошнинг лазерли узоқни ўлчагичи-бу ЕСЙгача масофани ўлчайдиган астрономик асбобидир. Йўлдош лазерли узоқни ўлчагичининг ишлаш

принципи- ўлчагич юборган ёруғлик импульси йўлдошга бориб ва ундан яна ўлчагичга қайтишга асосланган (19-расм).



19а-расм. Узоқни 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 momenti ҳаманиқ 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 узоқни ўлчагичда қабул қилинади. Лазерли ўлчагичда вақт интервали ҳисоблагичи бўлиб, у асбобдан нур чиққанда ёкилиб, қайтганда ўчади. Лазер асбобида вақт оралиғи 1:1000000000 с (наносекунд) аниқликгача ўлчанадиган вақт ҳисоблагичи 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 бўзилишлар ва

ускунадаги кечикишлар сабабларини топиш керак бўлди. Агар геодезистлар учун атмосфера рефракцияси ва ўлчанаётган масофа узоқлиги туфайли ҳисобга олинмаган сабаблар (рефракция коэффициентини ўзгариши, ёруғлик нурунинг оғиши) қиймати 1-2 см лиги маълум бўлса, дастлабки лазерлар қайтаётган нурунинг сусайиши ва бўзилиши туфайли хатолик 1 – 1,5 м гача бўлади. Бу аниқлик фотографик ва радиотехник методларга нисбатан юқори даражадаги аниқлик бўлсада, аммо бу натижалар геодезик (асосан геодинamik) мақсадларда яқин келажакда фойдаланиш учун қониқарли эмас. Фақат лазернинг мукаммаллаштирилиши – унинг қувватини ошириши, янада мукаммалроқ қабул қилиш ускуналари (фотокўпайтиргичлар) яратилиши ва бошқа техник ишланмалар эвазига аниқлик дециметр даражасига чиқди<sup>12</sup>.

Мухандислик масаланинг ечимини талаб этадиган асосий масала–бу қабулқилгичга тўшаётган нур объектдан қайтарилган нурмиёки 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) моментидан тўхтайд.

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

Бурчак қайтаргичлари ўзига хос асбобдир, улар қайтариш хусусияти юқорибўлган призмалардан иборат бўлиб, ЕСЎ юзасига жойлаштирилади. 1976 йил 6000 км деярли айлана орбитага эга, геодезик маълумот тўплаш учун “Лагеос” Ер сунъий йўлдоши учирилди. Унинг сферик юзасида 426 та кварцдан ишланган қайтаргичлар ўрнатилган. 1978 йилдан бери ўтказилаётган ўлчашларда хатолик 3-5 см, бу эса лазерли узоқни 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 қизиқтирса, ҳисоблашда қўлланилган метод геометрик метод бўлади. Агар ҳисоблаш методида ҳаракатдаги космик объект олинса (чунки бу ҳаракат Ернинг гравитация

---

<sup>12</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013



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, ГНСЙТнинг барча методлари динамикдир.

20-расмда “Интеркосмос” лазерли узокни ўлчагичи кўрсатилган бўлиб, у собиқ Иттифоқ, Чехословакия, Венгрия ва Польша илмий ҳамкорлигида яратилган. Собиқ Иттифоқ ФА ишлаб чиққан дастурбўйича 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 қайтаргичларидан олинади.



20-расм. “Интеркосмос” лазер узокни ўлчагичи

### **ЕСЙларини кузатишнинг радиотехник усуллари**

Доплер эффементи – кузатувчига нисбатан ҳаракат манбаи сигнали частотасининг ўзгаришидир. Бу ўзгариш (частотанинг доплер силжишиёки 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 катталиқни беради, яъни нур тезлиги узлуксиз графиги тасвирини маълум вақт интервали учун олсак, унда биз объектгача бўлган масофани ва унинг тезланишини орбитанинг бирор нуқтаси учун олишимиз мумкин.

Доплер тизимининг 3та варианты бор. Биринчиси бу қайтариқсиз тизимбўлиб, у асосан ГНСЙТда қўлланилади. Космик аппарат бортида юқори стабил генератор чиқараётган частотани узатувчи қурилмаўрнатилган. 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).

Қайтариқсиз тизимдан фарқи ўлароққайтариқли тизимда фақат битта – ердаги генератордан фойдаланилади. Космик объект бортида эса қабулқилувчи – қайтарувчи мослама ишлатилади, у станциядан қабулқилинган сигнални Ерга қайтаради. Ердаги станция юборилган ва қайтарилган сигналларни солиштириб, частота фарқини аниқлайди. Космик объект юзасидан қайтарилган сигнал билан ишлайдиган радиолокацион тизимлар ҳам борлигини эса тутиш лозим. Бу тизимларнинг аниқлиги кам ва ГНСЙТда улар қўлланилмайди. Аммо оптик диапазонда локация ғоясидан фойдаланиш жуда яхши натижаларни беради<sup>13</sup>.

Узоқ муддатли дастурларда қатнашувчи (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 қийматини бергани учун жуда катта сонли қийматларни 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 цикллариининг икки кетма-кет саноғи ва Ер сунъий йўлдоши топографик узоқлигининг иккита кетма-кетлиги фарқи билан параллел боғлиқлигини олар эдик, яъни Ернинг сунъий йўлдошининг кузатиш пунктидан узоқлигини. Аммо борт генератори частотаси вақтўзгариши билан ўзгаради ва бу ўзгариш унчалик катта бўлмаган қийматбўлиб, бу частота қандайқонун асосида ўзгариши ҳаммаълум эмас. Шунинг учун таянч частотасини аниқланган катталиклар ҳисобига қўшиб, Ер сунъий йўлдошнинг бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга 1 марта ўтишида частота ўзгармас деб ҳисобланади, аммо бошқабир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтишида ўзгаради деб ҳисобланади. ЕСЙни кузатишнинг интеграл доплер методи навигация масалаларини ечишга ёрдам беради. Геодезияда эса Ерни сунъий йўлдоши узоқ муддатли фаолиятда (“Транзит” навигация тизими каби) эффектив ҳисобланади ва Ернинг исталган пунктидан кузатишда ушбу

---

<sup>13</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

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 ишонарли формулалар билан ҳисобланиши мумкин, ионосфера таъсири эса иккита частотаниқўллаш билан камайтиради. Назариядан маълумки, агар учта частота қўлланса ионосфера рефракцияси йўққа чиқарилади. Амалда эса иккита частотадан фойдаланиш қулайроқ, рефракция қолдиғи кузатиш вақти танлови билан йўқотилади. Релятивистик эффектни доплер частотасига таъсири ҳамқирик муаммо, аммо у ниҳоятда мураккаб бўлгани учун биз унга тўхталмайсиз.

Демак, радиотехник (айниқса, доплер) методлари ГНСЙТда фотографик метод билан ёнма-ён ривожланиб борди ва ҳозирда кузатиш маълумотларни олишбўйича олдинги ўринни эгалладилар. Аммо охириги пайтда ГНСЙТ 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 ГНСЙТда локация ғоясини қўллаш имконини берди.

Охириги йилларда ГНСЙТда учта буюк воқеага сабаб бўлган радиотехник методга алоҳида диққат қилинмоқда: Ер гравитационўзгармас катталигини аниқланиш, Ойдаги масканларнинг очилиш ва жуда узок баъзали радиоинтерферометрларни геодезияда фойдаланилиши бўйича.

Ернинг гравитация ўзгармас қиймати  $\mu$  абсолют гравитация ўзгармас катталигини Ер массасига кўпайтмасига тенг. Абсолют гравитация ўзгармас катталиги-бу бутун дунё тортилиш қонунини пропорция коэффицентининг математик ифодасидир. Изланиш натижаларига кўра КА учун  $\mu_0$  катталиқни аниқлашнинг умумий кўриниши қуйидагича: юқори аниқликдаги радиотехник тизим КА узоклигини ва нур тезлигини аниқлабузликсиз 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 кузатилган ва ҳисобланган КА



узоқлиги 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 хожати йўқ, чунки эркин тушиш парабола графиги бўйича кечади, унинг шакли ва катталиги бошланғич шартларга асосан аниқланади.

$\mu$  катталиқни аниқлаш ишлари АҚШ ва СССРда олиб борилган. Марсга ва бошқа планеталарга учирилган “Венера”, “Маринер”, “Викинг” ва “Вояжер” КАлари кузатувидан олинган натижа хайрон қоларли даражада мос тушган. 11 бир-бирига боғлиқ бўлмаган нисбий хатонинг ўртачақиймати –  $10^{-6}$ дан кичик. Узоқдаги КАларни радиотехник кузатувлардан  $\mu$  қийматини аниқлаштиришдан ташқари Ер массасининг Ой массасига нисбати аниқлаштирилди ва Венера ва Марсни массалар иўлчамлари ва сиқилиши аниқланди.

“Луна” ва “Луна-Орбитр” серияли Ойнинг сунъий йўлдошларини (ОСЙ) юқори аниқликдаги радиотехник кузатишлар натижасида ОСЙ нур тезликлари катталиқларида доимий “чақнаш”лар топилди. Синчиклаб текширилганда бу “чақнаш”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<sup>14</sup>.

Ойда атмосфера бўлмагани учун ОСЙ ларини тормозлашни хожати йўқ, шунинг учун улар Ой юзига жуда яқин орбиталарга чиқарилади, яъни 50-100 км баландликка. Фотографиялардан Ойнингкўринма томони рельефининг ўзига хослиги маълум бўлган ҳолда, унинг гравитация майдонларининг кучайиши ой денгизлари устида рўй беради, масалан, Равшанлик денгизи, Ёмғирлар денгизи ва бошқалардир. Шуниси қизиқ-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. “Апаллон-15” дан учирилган ОСЙ ёрдамида Ойнинг кўринмайдиган томони гравиметрияси ўрганилди ва Ойнинг тескари томонини гравиметрик картаси тузилди. Ундан кўриниб турибдики, Ойнинг тескари томонида масконлар йўқ экан ва ҳамма мусбат аномалиялар фақаттоғлик 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 йилда совет астрономлари узоқ базисли радиоинтерферометр методи ёки ўта узоқ базали (УУБР) радиоинтерферометр ғоясини (таълимотини) илгари суришди. Оддий (қисқа базисли) радиоинтерферометр методи Ер

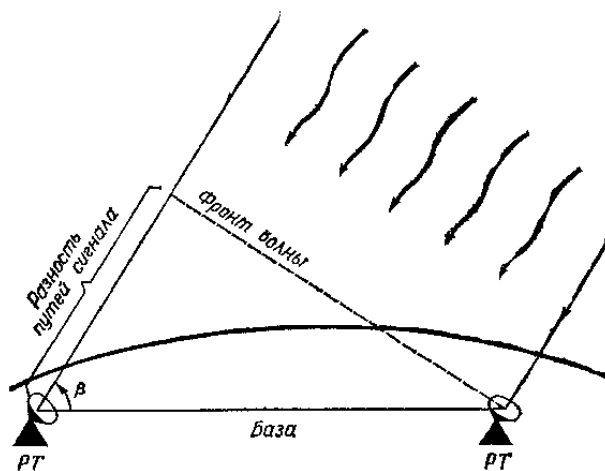
---

<sup>14</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

сунъий йўлдошини ўрганишдакэнг 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 орқалиқа бу қилинган сигналлар-фазасининг фарқи иккала антенна тўлқиннинг фронти бўйлаб ўтиш вақти фарқини аниқлаш имконини беради.

Ёруғлик тезлигини шу вақтфарқига ҳосиласи Ер сунъий йўлдошдан антеннагача ўтилган йўлфарқини характерловчи катталлик бўлагини беради (21-расм). Бу узунликнинг база узунлигига нисбати Ер сунъий йўлдошининг йўналишини аниқловчи бурчак косинусига тенг. Бу методда базанинг кичиклиги Ер сунъий йўлдошидан антеннага йўналишни амалга параллелиги шартидир. Оддий интерферометр техникасининг ривожланиши баъзани 5 км гача ошириш имконини беради ва бундан табиий радиоманбаларни 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 олиними асосий роль ўйнайди. Яна хар 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 ошган кучли радиоантенналар ёрдамида галактикадан ташқаридаги 0,001" бурчак диаметри квазарлар очилгандан сўнг мумкин бўлиб қолди. 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 бўйичақ уйдагиларни аниқлаш мумкин: 1)  $10^{-6}$  юқори нуқсон билан ер хордасини ёки база узунлигини; 2) бурчак секундининг 0,01 аниқликдаги баъза йўналишини характерловчи бурчакни; 3) вақтнинг 0,001 аниқлигигача Ер айланиши тезлиги ёки сутка узунлиги ва уларнинг вариациаларини. УУБР методи билан Ойни локация қилишаниқлиги ( $3 \cdot 10^{-9}$ ) 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 ГНСЙТнинг етакчи методларидан бўлибқолади. Совет олими И.Д.Жонголович Ер шарининг динамик тадқиқотлар учун координата тизимларини ҳисоблаш ва тутиб туришда энг яхши восита бўлиши мумкин.

### **Назорат соволлари**

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?

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### 3 Маъруза Ер сунъий йўлдошининг ҳаракати йўли

#### Режа:

- 3.1. ЕСЙларининг ғалаёнмаган (қўзғатилмаган) ҳаракати
- 3.2. Ер сунъий йўлдошининг ғалаёнли ҳаракати
- 3.3. Топоцентрик координатлар тизими
- 3.4. Орбитал координаталар тизими

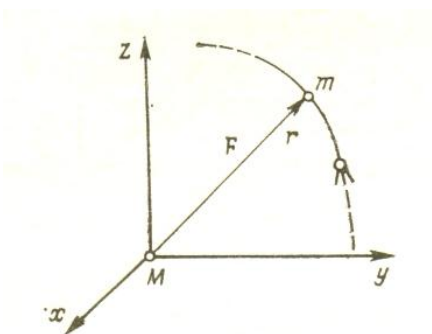
*Таянч иборалар: Геопотенциал. Интеграллаш. Дефференциал. Ғалаёнланиш. Проекция.*

#### 3.1. ЕСЙларининг ғалаёнмаган (қўзғатилмаган) ҳаракати

Ернинг сунъий йўлдошларининг Ер атропоидаги ҳаракати қуйидаги факторлар билан аниқланади: Қуёш тизими планеталари ва Ер, Ой, Қуёшнинг тортиш кучи, атмосферанинг тормозлаши, ёруғлик босими, Ернинг магнит майдони таъсири ва бошқалар. Юқорида кўрсатилган факторлардан асосийси Ернинг тортиш кучидир, қолганлари 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 модда  $M$  моддий нуқта массаси Ер массасига тенг, тортиш кучи шунга мос. Бундай тасаввурда Ер сунъий йўлдошининг қўзғатилмаган ҳаракатини беради.

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



26-расм. Йўлдошнинг қўзғатилмаган ҳаракати. Ньютонинг иккинчи қонуни асосида

$$\vec{F} = m\ddot{\vec{r}} \quad (1.1)$$

бу ерда  $\ddot{\vec{r}}$  Ер сунъий йўлдошининг тезланиш вектори.

$\vec{F}$  – бўтун дунё тортилиш қонунига асосан куч модули.

$$|\vec{F}| = f \frac{mM}{r^2} \quad (1.2)$$

$f$  – тортилиш ўзгармас катталиги,

$r$  – йўлдош  $m$ дан Ер  $M$  гача бўлган масофа.

Бир неча ўзгартиришлардан сўнг кўзғатилмаган ҳаракатнинг дифференциал тенгламасини оламиз:

$$\ddot{\vec{r}} = -\frac{\mu}{r^3} \vec{r} \quad (1.3)$$

$$\mu = fM \text{ га тенг}$$

## 2. Ер сунъий 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 кўзғатилган 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 ғалаёнланиш дейилади.

Ғалаёнланган ҳаракат дифференциал тенгламаси ғалаёнланмаган ҳаракат тенгламасидан шу билан фарқ қилади-ки, ғалаёнланган ҳаракат формуласининг ўнг томонида нуллар ўрнида ғалаёнтираётган кучлар томонидан берилган тезланиш проекциялари туради.

$$\ddot{\vec{r}} + \frac{\mu}{r^3} \vec{r} = \vec{F} \quad (2.1)$$

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 охирги 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 геоцентриқ координаталарнинг  $x, y, z$  дан ғалаёнланган қийматларини ҳисоблаш мумкин бўлган ифода олинган бўлар эди. Агар  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ , ва  $x, y, z$  орқали

ғалаёнланган тезлик ва координаталарни белгиласак, ўтган вақт моменти учун қуйидагини ёзиш мумкин.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \dot{x}_n + \delta\dot{x}; \quad \dot{y} = \dot{y}_n + \delta\dot{y}; \quad \dot{z} = \dot{z}_n + \delta\dot{z}; \\ x &= x_n + \delta x; \quad y = y_n + \delta y; \quad z = z_n + \delta z; \end{aligned} \quad (2.2)$$

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 ғалаёнланганлигидир. Ғалаёнланмаган ҳаракат кеплер орбитасининг элементларидан ўлароқ, интеграл қилинадиган ўзгармас катталиклар бўла олмайди, чунки ғалаёнлантирувчи куч таъсирида улар вақт ўтиши билан тинмай ўзгаради.

Шундай қилиб, Ер сунъий йўлдош ғалаёнланган ҳаракат назариясининг асосий масаласи ҳаракатнинг дефференциал тенгламасидан (2.1)  $\delta x, \delta y, \delta z, \delta\dot{x}, \delta\dot{y}, \delta\dot{z}$  – ғалаёнланиш катталикларини аниқроқ аниқлашдир.

Йўлдошлар ҳаракатида ғалаённи аниқлайдиган асосий факторлар: Ер ташқи гравитация майдонининг ғалаёнтирувчи қисми, геопотенциал, Қуёш ва Ойнинг ғалаёнтирувчи ҳаракати, тўр босими, ер геопотенциал сатҳи, Қуёш ва Ой таъсирида кўтарилиши натижасида текисланиш деформацияси туфайли ғалаёнтирувчи ҳаракат, Ернинг Қуёш радиациясини қайта тарқатиши, инерциал координаталар тизимида сфероидал Ернинг прециссион-нутаия бурилиши натижасида ҳосил бўлувчи ғалаёнтирувчи ҳаракат, атмосферанинг юқори қатламларида (2000 км баландликда) ҳаракатланувчи йўлдошлар учун атмосферанинг тормозлантириши ва бошқалар<sup>15</sup>.

Санаб ўтилган ғалаёнтирувчи факторлар (2.1) тенгламага кирган  $F_x, F_y, F_z$  – ғалаёнтирувчи тезланишларининг аналитик шаклини аниқлайди. Тахминий интеграллаш методи 2 асосий синфга бўлинади: аналитик ва миқдорли. Биринчиси Ер сунъий йўлдоши ғалаёнланган ҳаракатини тасвирловчи тахминий аналитик формулалар олишни таъминлайди, иккинчиси эса берилган вақт моментида йўлдош ҳаракатидаги ғалаённинг сон қийматини олиш имконини беради.

### Назорат соволлари

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  $F_z$  - ғалаёнтирувчи .
7.  $\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}$ , ва  $x, y, z$  – ғалаёнланган.

<sup>15</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### **4 Маъруза ГНСЙТнинг геометрик масалалари**

#### **Режа:**

4.1. Сунъий йўлдош триангуляциясини қуриш чизмаси

4.2. Йўлдош геодезик тўрларининг тенгламалари

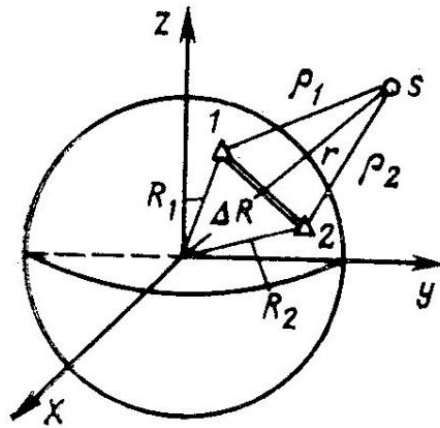
4.3. Йўлдош геодезик тўрларини қуриш методларининг таққосланиш таърифлари

4.4. Йўлдош триангуляциясини лойиҳалаш асослари

*Таянч иборалар: Динамик. Синхронизация. Ватар вектори. Референц – эллипсоид. Радиал. Фиксировка.*

#### **4.1.Сунъий йўлдош триангуляциясини қуриш чизмаси**

ГНСЙТнинг геометрик масалаларига ернинг гравитация майдони моделида, маълум координата тизимида, ер юзи нуқтаси ёки ер атрофи фазосидаги нуқтанинг 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 ГНСЙТнинг динамик методи деб аталади. Иккинчи йўналишда йўлдошнинг ҳаракат қонунларини аниқ билиш шарт эмас. Бунда ЕСЙни синхрон кузатишларидан фазовий тўр қурилади, бу йўналиш ГНСЙТни геометрик методи дейилади.



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

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

$$\vec{R}_i = \vec{r}_i - \vec{\rho}_i \quad (1.1)$$

Бу ерда :  $\vec{\rho}_i$  -ўлчанган топографик вектор,

$\vec{r}_i$ -Ер сунъий йўлдошининг 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 ўқ ер пункти координаталари ва ўлчанган вектор маълум бўлса, Ер сунъий йўлдошнинг ҳолатини аниқлаш мумкин. Шунинг учун (6.1.1) ифода ГНСЙТнинг асосий тенгламаси дейилади. Оддийгина кўринган бу формуладан амалда фойдаланиш анча мураккаб ва у асосан иккита вариантда қўлланилади:

1. Ер сунъий йўлдошининг ҳолати ердаги икки ёки ундан ортиқ пунктлардан кузатилади.

2. Ер сунъий йўлдошининг ҳолати фақат битта пунктдан кузатилади.

Биринчи вариант учун:

$$\vec{R}_1 = \vec{r} - \vec{\rho}_1, \quad \vec{R}_2 = \vec{r} - \vec{\rho}_2 \quad (1.2)$$

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 холда векторларининг турини тасаввур қилиш қийин эмас. Бунда Ер сунъий йўлдошини ўрганишнинг геометрик методи амалда қўлланилмоқда. Бу метод нисбийдир, чунки бунда ер пунктларининг фақат ўзаро ҳолати аниқланади. У холда координата тизимининг



бирор ер пунктининг  $\vec{R}$  радиус-векторини бошланғич нукта сифатида белгилаб, ихтиёрый координата тизими олинади. Бундан кўриниб турибди-ки, шу координата тизимидаги хоҳлаган бошқа пункт ҳолати шу ифода ватар векторлари орқали олинади.

$$\vec{R}_i = \vec{R}_0 - \sum \Delta \vec{R}_i \quad (1.3)$$

Агар бош пункт маълум референц-эллипсоидга тааллуқли 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, холаганча ўзгаради. Бунда (6.1.1) тенгламани қўллаш учун геоцентрик радиус векторини билиш керак, у кўпгина ЕСЙ ҳаракат назариясидан аниқланади. Бирор моментда ўлчанган топографик вектор учун ушбу тузатиш тенгламасини келтириш мумкин;

$$d\vec{r} - d\vec{R} - [(\vec{r}_0 - \vec{R}_0) - \rho_{изм} = \vec{\vartheta} \quad (1.4)$$

Бу тенгламада  $d\vec{R}$  (тузатма векторининг ер пункти радиус-векторига нисбатан) – ўзгармас бўлади.  $d\vec{r}$ -вектори – Ер сунъий йўлдошнинг орбитадаги 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 килинади. 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.

$$\vec{r} = \vec{r}(q_i), \quad i = 1, 2, \dots, 6 \quad (1.5)$$

ва

$$d\vec{r} = \sum_1^6 \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} dq_i \quad (1.6)$$

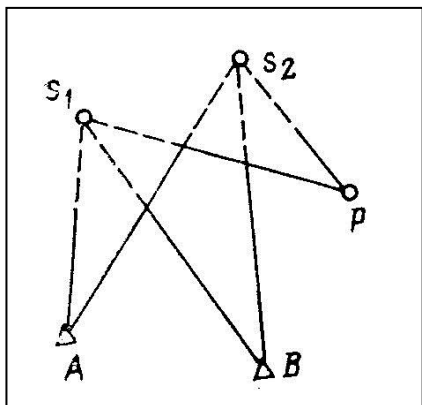
(6.1.6) ифодани ҳисобга олиб (6.1.3) формула қуйидагича ёзилади:

$$\sum_1^6 \frac{\partial \vec{r}}{\partial q_i} dq_i - d\vec{R} + \vec{l} = \vec{\vartheta} \quad (1.7)$$

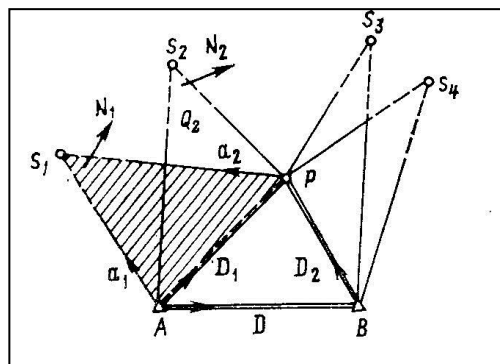
Охирги ифодага 9 та номаълум киради: орбита элементига 6 та тузатма ва ер пункти координатасига учта тузатма. Изланаётган параметрлар қийматини тенгламалар тизимини олиш учун тўққиз марта ёки кўпроқ кузатиш кифоядек кўринади. Турли ер станцияларидан синхрон кузатилган сферик

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<sup>16</sup>.



28-расм. Кесиштириш методи



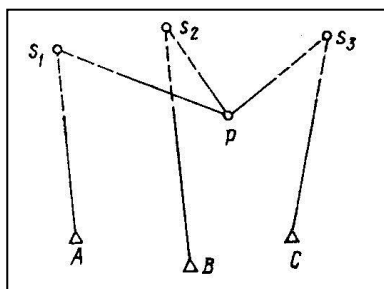
29-расм. Ватар усули

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

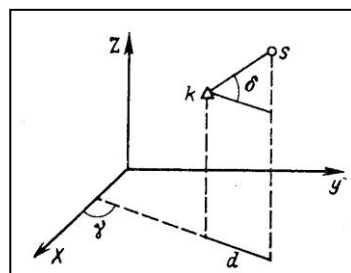
1. Ўзи битта бошланғич битта аниқланувчидан иборат ҳар бир пункт жуфтлиги учун ЕСЙнинг икки ҳолати кузатилади (29-расм). Номальум ҳолатли нуқтани аниқловчи энг кам бошланғич пунктлар сони иккига тенг.

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

<sup>16</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013



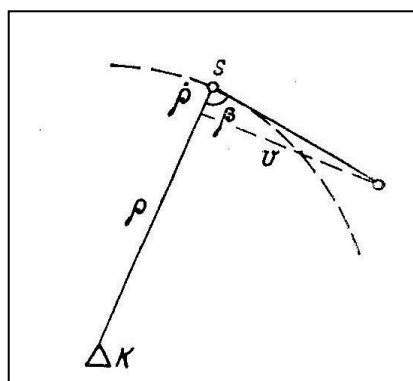
30-расм. Ясси текислик усули



31-расм. Йўлдош триангуляцияси билан ўлчанадиган катталиклар

Ватар усулида А ва Р йўналишлар синхрон ўлчаниб, фазодаги Q текисликка фиксировка қилинади, бу текислик синхронлаш текислиги дейилади. S<sub>2</sub> йўлдошида ўлчанган йўналиш фазода Q<sub>2</sub> текислигини беради. Бу икки текислик кесишган чизиқ AP (ватар) ер юзасида ётади. Бу икки текислик кесишган чизиқ AP(ватар) Ер юзида ётади ва бошланғич А пунктини аниқланувчи Р пункти билан боғлайди. ЕСЙ ни В ва Р пунктларидан олинган кузатувидан иккинчи ҳолда ВР олинади. Р пункти ҳолати AP ва ВР ватарлари кестиришидан аниқланиши мумкин. Шунинг учун йўлдош триангуляциясини кўришнинг бундай усули ватар усули дейилади. 30-расмдаги йўлдош триангуляциясининг шаклидан бошланғич ва охириги 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 нуқта 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 умумер тизимидаги тўғри чиқиши

$$\gamma_{hs} = \alpha_{hs} - S$$

$S$ -Гринвич юлдуз вақти

$k$  -ердаги пункт

$\rho_{hs}$  -топоцентрик масофа

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

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

$hs$ -Ер сунъий йўлдошнинг денгиз юзидан баландлиги, бу катталик 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.

$$\gamma_{ks} = \arctg \frac{y_s - Y_k}{x_s - X_k} \quad (1.8)$$

$$\delta_{ks} = \arctg \frac{z_s - Z_k}{\sqrt{(x_s - X_k)^2 + (y_s - Y_k)^2}} \quad (1.9)$$

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

$$\rho_{ks} = \sqrt{(x_s - X_k)^2 + (y_s - Y_k)^2 + (z_s - Z_k)^2} \quad (1.10)$$

$$\Delta \rho_{ks} = \rho_{ks1} - \rho_{ks2} \quad (1.11)$$

Радиал тезликнинг  $k$  координата пунктлари ва  $s$  йўлдош тезлиги ташкил этувчиси ва координаталари билан боғлиқлиги тенгламасини келтириб чиқариш учун 32-расмга мурожаат қиламиз, ундан кўриниб турибди-ки, модулнинг радиал ташкил этувчиси ва тўла тезлик қуйидагича боғланган  $i, j, k$  – лар умумер тизими ўқи ўрталигини ҳисобга олиб, қуйидагига эга бўламиз

$$\begin{aligned} |\dot{\rho}| &= v \cos \beta \\ \rho &= (x_s - X_k)\vec{i} + (y_s - Y_k)\vec{j} + (z_s - Z_k)\vec{k} \end{aligned} \quad (1.12)$$

$$\vec{v} = |\dot{x}|\vec{i} + |\dot{y}|\vec{j} + |\dot{z}|\vec{k}$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  - ортлар

$$|\dot{\rho}| = \frac{1}{\rho} [(x_s - X_k)|\dot{x}| + (y_s - Y_k)|\dot{y}| + (z_s - Z_k)|\dot{z}|] \quad (1.13)$$

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 турнинг ориентировкаси ўрганилади. Йўлдош геодезик тури масштаби чизикли берилади ( $\rho$ -лазерли,  $\rho, \Delta\rho, |\dot{\rho}|$  - радиотехник ўлчовларда).

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  $|\vec{\rho}|$  ларни, шунингдек, масофалар фарқи ва радиал тезликларни ҳисоблашда бу бевосита ўлчанган катталиклар билан иш кўрамиз, шунинг учун тенглама кичик квадратлар методи билан ечилиди. Ўлчанган катталиклар сифатида ватар компоненталари ( $\Lambda, \Phi, D$ ) 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 тенграмалар тизими, параметрик тенглаштиришда эса тузатмалар тенграмаси тизими асосий ҳисобланади.

Йўлдош триангуляцияси йўналиши битта координата тизимида (юлдуз ёки умумер) 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, кутб ва координата шартлари тўласақланади, фақат боғловчи бурчаклар фазодаги тўғричизиклар орасидаги бурчаклар билан алмаштирилганлиги, улар ўз навбатида сферик координата функциялари бўлганлиги учун бу тенглама коэффициентларини ҳисоблаш мураккаблашади. Бундан ташқари, фазовий геодезик турларда ўзига хос геометрик шартлар пайдо бўлади-ки, ясси турларда бунгаўхшаш нарса йўқ<sup>17</sup>.

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

$$\Delta\vec{R}_{12} \Delta\vec{R}_{13} \Delta\vec{R}_{23} = 0 \quad (2.1)$$

ёки

$$[(\vec{R}_1^0 + d\vec{R}_1) - (\vec{R}_2^0 + d\vec{R}_2)] [(\vec{R}_1^0 + d\vec{R}_1) - (\vec{R}_3^0 + d\vec{R}_3)] [(\vec{R}_2^0 + d\vec{R}_2) - (\vec{R}_3^0 + d\vec{R}_3)] = 0, \quad (2.2)$$

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

$$\vec{F} = \vec{a}_{12} \vec{a}_{13} \vec{a}_{23} \quad (2.3)$$

<sup>17</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

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 комплиментарлик шартини деб аталса мақсадга мувофиқ бўлади. У координата кўринишида қуйидагича бўлади

$$\vec{F} = \begin{bmatrix} l_{12} & m_{12} & n_{12} \\ l_{13} & m_{13} & n_{13} \\ l_{23} & m_{23} & n_{23} \end{bmatrix} = 0 \quad (2.4)$$

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

$$A = m_1 n_2 - m_2 n_1,$$

$$B = n_1 l_2 - n_2 l_1,$$

$$C = l_1 m_2 - l_2 m_1,$$

ни ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз.

$$F = l_{12}A + m_{12}B + n_{12}C = 0, \quad (2.5)$$

$A, B, C$ - текислик тенгламаси коэффициентлари бўлиб,  $\Delta \vec{R}_{13}$  ва  $\Delta \vec{R}_{23}$  га параллел.  $R$  вектори ердаги пунктларни бирлаштирганда (2.5)  $D, D_1, D_2$  ватарларининг компланарлик шартини ифодалайди (31-расм).

$$F = LA + MB + NC = 0, \quad (2.6)$$

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

$$\left. \begin{aligned} A &= \tan \Phi_2 \sin \Lambda_1 - \tan \Phi_1 \sin \Lambda_2 \\ B &= \tan \Phi_1 \cos \Lambda_2 - \tan \Phi_2 \sin \Lambda_1 \\ C &= \sin(\Lambda_2 - \Lambda_1) \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

формула билан ҳисобланадиган  $D_1$  ва  $D_2$  ватарлар пайдо қилган текислик тенгламаси коэффициентлари. Агар битта  $\Delta R$  вектори ердаги пунктларни бирлаштира, иккита бошқаси ер пунктларини йўлдош билан бирлаштира, у ҳолда тенглама (2.6) даги кўринишни олади, фақат  $A, B, C$  коэффициентлари юқоридаги формуладагидек бўлади. Йўлдош триангуляциясини тенглаштириш учун шартли тенгламаларни ўлчанган қийматга нисбатан (ёки ўлчанган сифатида танлаб олинган) чизиқли кўринишга келтириш лозим. Учта ватарнинг компланарлик тузатмаси шартли тенгламаси учун охирида қуйидагига эга бўламиз:

$$\sum a_i v_{\Lambda_i} + \sum b_i v_{\Phi_i} + W = 0. \quad (2.8)$$

### 4.3. 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 ЕСЙ ҳаракатининг бошланғич шартли векторлари  $q_0$  ( $t_0$  – вақт ҳолатида), геометрик методда эса  $x$  -ЕСЙнинг алоҳида ҳолат вектори. Ҳар иккала методда ҳам бевосита ўлчаш усулларида фойдаланилади, шунинг учун кичик квадратлар методи нуқтаи назаридан бу икки методда олинган тўрлар ҳисоб-китобида принципиал фарқ йўқ. Фарқ шунда-ки, қайси оралиқ номаълум: бошланғич шарт вектори  $q$  ва ЕСЙ ҳолати координатаси тузатмаси вектори  $x$  ни орбитал ва геометрик методда мақсадга мувофиқ равишда чиқариб юборишга боғлиқ. Пунктлар координатаси олинган координата тизимлари ҳам турличадир. Натижада орбитал метод билан тўр қурилганда, у Ер массаси марказига қўйилган координата тизимида бўлади, тизим аппликат ўқи Ернинг айланиш ўқи билан мос тушади. Демак фақат шу методгина геодезиянинг асосий масалаларидан бирини тўлиқ еча олади, геометрик метод билан қурилган тўр эса референтц-эллипсоид бошланғич пунктлари тизимида қолади<sup>18</sup>.

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 ўзоро 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 билиш, 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-

<sup>18</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

баллонларнинг синхрон кузатувига боғлиқлиги. Бундан ташқари геометрик методдан, жуда кам кузатув материаллари сабабли ўлчам ёйига кўриш имконини бермайдиган оғир ЕСЙларнинг алоҳида гуруҳи учун ҳам фойдаланиш мумкин. Йўлдош геодезик тўрини қуришда геометрик ҳамда орбитал методлардан, уларнинг комбинацияларидан фойдаланилади.

#### **4.4. 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 ишлатилишига мос келишлиги; пунктларнинг ўзаро жойлашиши (тўр шакли) тўр элементларини белгиланган даражада аниқлашни таъминлаши керак. Тўр қуришда энг кам меҳнат ва моддий ҳаражат 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 кузатилган фазодаги нуқталар синхрондир. Ердаги пунктларга тегишли ўлчанаётган катталиқлар сони у ёки бу ЕСЙнинг шу ҳолатига тегишли гуруҳ ташкил қилган ўлчанаётган катталиқлар сонидан фарқ қилади. Кейинги катталиқлар 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 парметрларини 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 қуйидаги шартларни бажариш лозим:

-йўлдошнинг бурчак баландлиги горизонтдан белгиланган чегарадан кам бўлмаслиги керак;

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

-Қуёш, Ер, йўлдош ва ердаги нуқталарнинг ўзаро жойлашуви йўлдошни юлдузлар фонида кузатиш имконини берши 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 хатоликлар ҳаракати қонуниятлари ва уларнинг тўр шаклларидаги хусусиятидир. Аниқ лойиҳалаш бир мунча чегараланган шароитда тўр куришнинг энг яхши вариантыни танлаб олиш билан боғлиқдир. Улар қуйидагилардир: 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 йўлдошости нуқталари кўрсатилган сонли ёки график кўринишдаги натижалар олинади. Йўлдош триангуляциясини лойиҳалашни икки гуруҳга бўлиш мумкин. Биринчи гуруҳаниқликни кўрсатади:

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

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

- $M$ -Ер пунктлари хатолиги,

Иккинчи гуруҳ лойиҳалашнинг геометрик хусусиятларидан иборат:

-пунктлар орасидаги ўртача масофа ва пунктларнинг зичлиги;

-ЕСЙ баландлиги;

-ЕСЙ кузатишнинг максимал зенит масофаси;

-ЕСЙнинг пунктлардан зоналарнинг синхрон кўриниши 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 қўйилади. Баъзи бир тузилган лойиҳа бўйича тўрдаги пунктлар ҳолати аниқлигининг априор ҳисоби. Берилган пунктлар ҳолати аниқлигининг лойиҳа учун оптимал характеристикаларини танлаш.

### Назорат соволлари

1. ЕСЙ йўналишларидан қайси бири геодезик ишларда қўлланади?
2. ЕСЙ ёрдамида яратилган геодезик тармоқни чизиб беринг.
3. ГНСЙТнинг асосий тенгламасини келтиринг.
4. Космик ва йўлдош триангуляциялари орасида қандай фарқ бор?
5. Кесиштириш усулини қандай тушунасиш?
6. Ясси ва хорда усуллари нима?
7. Учта векторни компланар шартлигига изоҳ беринг.
8. Йўлдош геодезик тармоғини тенглаштириш ҳақида тушунча беринг.
9. Геодезик тармоқни оптимал вариантыни қандай тушунасиш?

## Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил
3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### 5 Маъруза Ўзбекистонда ГНСЙТ методларидан фойдаланиш

#### Режа:

- 5.1. ЎзР ФА Астрономия институтида Ернинг сунъий йўлдошларини кузатиш
- 5.2. ЕСЙ координаталарини телевизион тизим ёрдамида ўлчаш
- 5.3. Китобда геосинхрон йўлдошларни фотографик усулларда кузатиш
- 5.4. Ернинг зонал гармоник геопотенциали  $J_{19}$  ва атмосфера таъсирини ERS-2 ЕСЙнинг координаталарини ўлчашда ҳисобга олиш
- 5.5. Энке усулида оралик орбита
- 5.6. Ҳаракат параметрларини яхшиловчи оралик орбита

*Таянч иборалар: Обсерватория. Фотографик астрометрия. Затвор. Хронограф. CCD камералар.*

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

1957 йил 4 октябрда Ернинг биринчи сунъий йўлдошининг учирлиши астрономлар олдида 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 Иттифоқ ФА Астрономия кенгашидан аэрофотографик суратга

олиш камераси НАФА-3с/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-3с/25 камераси ёруғ йўлдошларни суратга олишга мўлжалланган бўлиб, тез ҳаракатланувчи затвор билан жиҳозланган, унинг очилиш ва ёпилиш пайтлари хронографда керакли аниқликда регистрация қилинади. Шуни 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 сурат олинди, шундан 9 таси НАФА-3с/25 камерасида ва 3 таси кичик камерада олинди. Яна учинчи сунъий йўлдошини 5 сурати, унинг ракета-ташувчисининг 53 та сурати НАФА-3с/25 камерасида олинди. Сурат сони космик сунъий объектларининг ёруғлиги ва ёрқинлигининг ўзгариши билан аниқланди. Станцияда олинган дастлабки кузатувлар эфемерида 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 тахлили ҳам амалга оширилди ва ЕСЙнинг аниқ ҳолатини аниқлаш билан боғлиқ бўлган ишлар 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» ЭХМда ЕСЙларининг аниқ экваториал координаталарини ҳисоблаш методикаси ўзлаштирилди.

1961 йил пулково астрономларининг ташаббуси билан «Эхо-1» йўлдошининг бир вақтда фотографик кузатувининг 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 совет ва чет эл станциялари билан биргаликда ЕСЙнинг ҳамма синхрон кузатувларида қатнашиб борди.

1963 йил май ойида «Эхо-1» станцияси ЕСЙининг биринчи синхрон кузатувида қатнашди. Бунда бошқа социалистик мамлакатлар ФА станциялари ҳам қатнашган эди.

Бу сеанс учун катта тайёргарлик ишлари олиб борилди: янги павильон қурилди; станцияда иккинчи НАФА-3с/25 камераси ўрнатилди, унинг затвори очилиш ва ёпилиш вақтини ва хронографга келаётган жавоб сигнали кечикишини камайтириш мақсадида затвори реконструкция қилинди; ходимларга синхрон кузатиш ишлари ўргатилди<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation,

Бунинг натижасида 1963 йил 600 та суратлар олинди. Кейинчалик А.Г.Рахимов станцияда контактли дастур ускунасини қурди, 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 УФИСЗ-25-2 асбоби ўрнатилди. Янги асбоб ўрнатилгани муносабати билан станциянинг ишлаш қобилияти ошди ва 1966 йил сентябрь-октябрь ойларидаги «Пагеос» ЕСЙининг синхрон кузатувларида бошқа станцияларга нисбатан кўпроқ натижа олинди. Кузатувларда станция ходимларидан Ю.М.Иванов, М.Эшматов, А.Кадиров ва фотографик астрометрия бўлими ходимлари қатнашдилар.

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

1968 йилдан бошлаб станциянинг асосий асбоби АФУ-75 бўлиб, (объектив диаметри-210мм, фокус масофаси-750мм) у фаол геодезик ЕСЙларини чакнашини ва фаол бўлмаган 8-9 юлдуз катталагидаги ЕСЙларини юқори аниқликда ўлчади. 1969 йилда тезкор пассив хира ЕСЙларининг жуда кўп суратлари олинди.

## **5.2. ЕСЙ координаталарини телевизион тизим ёрдамида ўлчаш**

Кейинги пайтда CCD камералари пайдо бўлди ва осмон жисмларининг координаталарини тез ва аниқ ўлчаш имкони яратилди. Одатда CCD камералар осмонда тор майдонни қамраб олгани учун осмон жисмини таянч юлдузларига боғлашга бу етарли эмас. Шунинг учун телевизион метод CCD-камера методига нисбатан афзалроқдир. Координата аниқлаш методининг хатолиги манбаи электромагнит оптикasinинг мукамал 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 ҳалқилмайди. 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<sup>20</sup>.

Электрон техника белгиланган объектни суратга олмасдан ҳаманиқлаши

---

and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

<sup>20</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

мумкин. Аниқланаётган объектнинг ва таянч юлдузнинг координаталари фарқи ёйилиш нурунинг бир иккинчи тасвирга ҳаракати вақтида ёки объектлар орасидаги тўрнинг штрихларини санаш йўли билан ўлчаниши мумкин. Бунда ўлчаш натижалари керакли редукицион ҳисоблашларни бажариш учун тўғридан-тўғри компьютерга тушиши мумкин.

Ҳозирги вақтда телевизион метод ҳали мукамал бўлмай, қуйидаги камчиликларга эга:

Телевизион тизимнинг дисторсияси катта ва координаталар ўлчаш аниқлиги паст.

Телевизион тизимнинг қабул қилиш ойналарининг чизиқли ўлчамлари кичик.

Юқорида қайд қилинган камчиликларга қарамай, телевизион метод катта аҳамиятга эга, чунки классик методларга нисбатан маълум даражада устунлиги бор. Бу нарса «Майданак» ўлчаш комплексида текшириб кўрилган. Қуйида «Майданак» ўлчаш комплексида объект координаталарини ўлчаш принципи берилган. Космик объектларнинг бурчак координаталарини ўлчаш принципи объект ҳолатини телескопнинг визир ўқиға нисбатан ҳолатини аниқлашдан иборат. Телескоп визир ўқининг ҳолати юқори аниқликдаги тескари алоқали ракамли датчик билан аниқланиб, SAO ёки бошқа каталог таянч юлдузларига боғланиши мумкин. Ўлчаш комплексининг асосий телескоплари кузатиш жараёнини енгиллаштирувчи телевизион тизим билан жиҳозланган бўлиб, 16.1 юлдуз катталигидаги объектларнинг координаталарини юқорианиқликда ўлчаш имконини беради. Ўлчаш асоси кузатилаётган объект тасвири ва таянч юлдузни, оптик кузатувларни электрон регистрация қилувчи асбобнинг хотирасида бир момента регистрация қилишдан иборатдир.

### **5.3. Китобда геосинхрон йўлдошларни фотографик усулларда кузатиш**

1970 йилдан бошлаб геосинхрон орбитаға айланиш даври Ернинг ўз ўқи атрофида айланиш давриға 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<sup>21</sup>.

Стационар йўлдошларни аниқ жойини аниқлаш учун Цейсс астрографида фотографик кузатишлар олиб борилди. Бу стационарларни кузатиш методи кичик сайёраларни кузатувидан фарқ қилади, стационарлар осмон сферасида юлдузлар ҳаракатиға қарама-қарши ҳаракат қилади. Натижада фотопластинкада

---

<sup>21</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

юлдузлар чўзинчоқ бўлиб, стационар эса экспозиция вақтига қараб чизикчалар кўринишида бўлади. Юлдузни экспозициялар оралиғида ўлчаш ва солиштириш учун труба копкоғи бир неча секунда ёпилади. Йўлдош изининг ўртасида буш 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 кузатилди. Бошланғич шартга биноан эфемерида декрет вақти билан ҳар 5 минутда ҳисобланди. Эфемерида маълумотига қараб телескоп осмоннинг керакли жойига йўналтирилди ва эфемерида майдони суратга олинди. 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 бўлибчиқар эди. Комета ва сайёралар йўлдошлари кузатилган 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 ҳисобланди. 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 чисида – 1950.0 эпохасида тўғри чиқиш ва оғиш бурчаклари кўрсатилган.

9-жадвал. Йўлдошларнинг геосинхрон топоцентриқ координаталари

ЕСЎ 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''
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.

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

Космик аппаратнинг (КА) кўринма ҳолатини телескоп майдонида ёки телевизион тизимда топиш учун ҳаракат йўлини аниқлашда албатта юқори даражадаги Ер геопотенциали таъсирини ҳисобга олиш лозим. Геопотенциал коэффиценти таъсири КА Ер юзидан узоқлашиши билан камаяди. Пастроқда, баландлик 500-1000 км бўлганда, КА ҳаракат йўлига таъсир қилувчи иккинча 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 ечими экстраполяция қилиш кетма-кетлиги орқалиқурилади. Бунда КА ҳаракат йўлининг интеграл эгрилиги синиқчизик билан алмаштирилади, танлаб олинган интеграллаш қадами шундай олинади-ки, сонли методи билан олинган синиқчизик билан ҳақиқий интеграл эгрилиги орасидаги фарқ энг кичик бўлиши керак. Бунда ҳаддан ташқари кичик кадам машина вақтининг ортиқча сарфланишидан ташқари, ҳар бир кадамда тақрибийлаштириш натижасидаги хатоликлар туфайли ечимни ёмонлаштиради. Шунинг учун интеграллаш қадами ҳар бир йўлдош учун синчковлик билан танлаб олинади. ERS-2 йўлдош учун Рўнге-Кўтта методи бўйича кадам 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 коэффиценти бoғлиқлиги сутка ўтгандагиси атмосфера таъсири ва таъсирисиз берилган<sup>22</sup>.

---

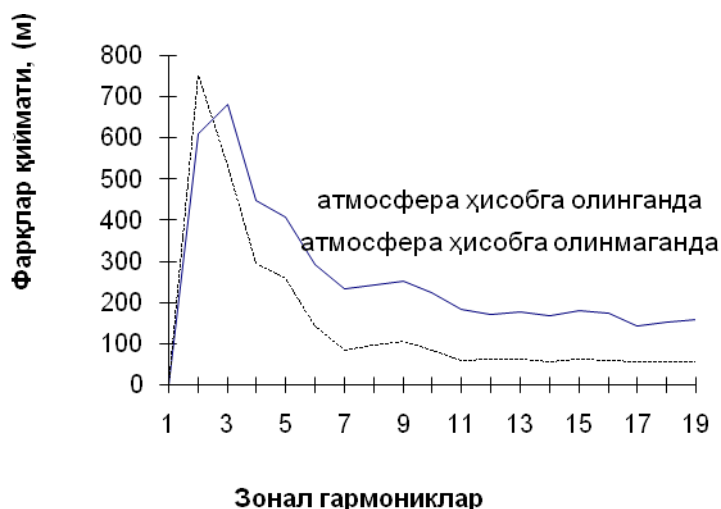
<sup>22</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

10-жадвал.

ERS-2 НУ от 16.02.2001 г. 0.00

17.02.01	X Cyclon	Y Cyclon	Z Cyclon	Хатм Cyclon	Үатм Cyclon	Затм Cyclon	Фарк	Фарк атм. билан
Ййғинди	3364024	-2345026	5865355	3364024	-2345026	5865355	0	0
J2	3363609	-2344748	5865526	3363387	-2344710	5865608	610	755
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	3364223	-2345098	5865259	3364101	-2345061	5865341	232	86
J8	3364224	-2345117	5865252	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	-2345117	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 усулида оралик орбита

Энке методиди координаталар тўғридан-тўғри олинмайди, чунки интеграллаш - ҳақиқий координаталар ва таянч орбитасидаги координаталар фарқи бўлмиш оралик натижани беради. Таянч орбитасидан оғиш ғалаёнланиш деб аталади ва у оскуляция эпохасида нолга тенг бўлади. Энке методининг афзаллиги шунда-ки, оскуляция эпохаси яқинидаги моментлар учун ғалаёнланиш кичкина бўлиб, бир неча сондан ошмайди. Бу нарса интеграллашнинг қадамни Коуэлл методига нисбатан каттароқ олиш имконини беради. Энке методининг камчилиги вақт ўтиши билан ғалаёнланиш қиймати 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 векторлиғида аппроксимация қиладиган таянч орбитасини олиб бу қийинчиликни четлаб ўтиш мумкин эди, аммо бу амалда қўлланилмайди, чунки бундай оралик орбиталарни кўриш учун маълумотлар етишмайди. Энке методи тенгламаси таянч орбиталари модификацияси асосида фиктив марказ ва фиктив массадан фойдаланиб олинган модификация элементларини ишлатиб олинади.

$$\ddot{\bar{\rho}} + \frac{k^2 m^* \bar{\rho}}{\bar{\rho}^3} = 0 \quad (5.1)$$

$$\ddot{\bar{r}} + \frac{k^2 m \bar{r}}{r^3} = \bar{F} \quad (5.2)$$

тенгламадан (11.5.1) тенгламани чиқариб ташлаб қуйидагини оламиз

$$\ddot{\bar{r}} - \frac{\ddot{\bar{\rho}}}{\bar{\rho}} + \frac{k^2 m \bar{r}}{r^3} - \frac{k^2 m^* \bar{\rho}}{\rho^3} = \bar{F} \quad 5.3$$

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

$$\Delta \ddot{\bar{r}} + \frac{k^2 m \Delta \bar{r}}{r^3} - \frac{k^2 \bar{\rho}}{\rho^3} \left[ m^* - m + \frac{2m^* (\bar{\rho} \Delta \bar{r}) + \Delta \bar{r}^2}{\rho^2} \cdot Q \right] = \bar{F} \quad 5.4$$

Агар 11.5.4  $m^*$  га тенг  $m$ , қўйилса, 11.5.4 тенгламаси Энке методининг 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 қадамлари каттароқ олиш имконини беради, аммо ҳар бир қадам Коуэлл методига нисбатан кўп вақт талаб қилади. Кометалар Қуёш яқинида бўлганда кўпинча классик Энке методи қўлланилади, Қуёшдан узоқлашганда эса Коуэлл методи қўлланилади. Объектлар жуда яқинлашганда классик методда ҳисобланган ғалаёнланиш қиймати тез ортиб кетади, у ҳолда қадам кичик олиниши шарт. Бунда ушбу метод ўзининг устунлигини йўқотади. Бу икки методдан бир-бирига ўтиш қийин 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 хал қилиш керак ва ғалаёнланиш ортган сари орбитани даврий равишда янгилаб туриш керак. Агар модификация қилинган таянч орбиталари асосида Энке методи қўлланилса бу қийинчиликлар унча билинмайди<sup>23</sup>.

Фақат тиғиз яқинлашишда Энкенинг модификация қилинган методи Энкенинг оддий ва Коуэлл методидан анча устунликка эга. Катта планеталардан кўпроқ ғалаёнланиш бўлганда фиктив масса мос равишда танлаб олинади ва модификацияли таянч орбита оскуляр орбитага нисбатан ҳақиқий

<sup>23</sup> Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

орбитага яқин бўлади.

## 5.6 Ҳаракат параметрларини яхшиловчи оралик орбита

Классик методларда орбитани яхшиловчи шартлар тенгламаларнинг дифференциал коэффициентлари Эккерт–Брауэр типигаги ғалаёнланмаган ҳаракат формуласи билан аниқланади. Бу формулалар ғалаёнланиш кичик бўлганда ўринли, агар ғалаёнланиш катта бўлса, унда элемент тузатмаси ва координата ўсиши орасидаги алоқани аналитик кўрсатиш мумкин эмас. Шунинг учун дифференциал тенгламалар коэффициентларини ҳисоблашда сонли методдан фойдаланилади. Дифференциал коэффициентларда орбиталарни яхшилаш ва ғалаёнланишни ҳисобга олиш масаласига бу ишда аҳамият берилган.

Орбиталарни яхшилашда фақат яхшиланиш жараёни мослиги эмас, балки ковариация матрицаси иложи борича тенгламаларни интеграллаш вариациясини таъминловчи ғояларга яқин бўлиши керак. Айниқса бу нарса кузатувлар орбита бўйича яхши тақсимланмаганда ва нормал тенглама матрицалари шартлари яхши бўлмаган шароитда аҳамиятга эга. Дифференциал коэффициентларда ғалаёнланишни ҳисобга олиш фақат керак бўлиб қолмай, балки у ниҳоятда зарур. Ўзгарган ёки қайта тикланган массадан фойдаланиб, орбиталарни яхшилаш дифференциал коэффициентларда ғалаёнланишни қисман қўшиш имконини беради. Оралик орбитада ҳолат вектори қуйидагига тенг бўлади.

$$\bar{r} = \bar{r}(\bar{r}_0, d\bar{r}_0, k^2 m^*, t) \quad 6.1$$

11.6.1 ни дифференциаллаш қуйидагини беради

$$\Delta \bar{r} = \frac{\partial \bar{r}}{\partial \bar{r}_0} \Delta \bar{r}_0 + \frac{\partial \bar{r}}{\partial d\bar{r}_0} \Delta d\bar{r}_0 + \frac{\partial \bar{r}}{\partial k^2 m^*} k^2 \Delta m^* \quad 6.2$$

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

$$\frac{2\Delta n}{n} + 3 \frac{\Delta a}{a} = k^2 \Delta m^*; \quad 6.3$$

Бундан

$$\frac{\partial n}{\partial k^2 m^*} = \frac{n}{2}, \quad 6.4$$

$$\frac{\partial \bar{r}}{\partial k^2 m^*} = \frac{\partial \bar{r}}{\partial n} \frac{\partial n}{\partial k^2 m^*} = \frac{\partial \bar{r}}{2 \partial n} n = \frac{1}{2} \frac{\partial \bar{r}}{\partial n} n(t - t_0) = \frac{1}{2} d\bar{r}(t - t_0), \quad 6.5$$

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

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

11.6.1 нинг аъзоси  $k^2 \Delta m$  ни ҳисобга олишни икки хил йўл билан амалга ошириш мумкин. Шартлар бажарилганда  $k^2 \Delta m$  тузатма  $\Delta \vec{r}_0, \Delta \vec{d}r_0$  компоненталари билан биргаликда аниқланадиган еттинчи тузатма деб қаралади, иккинчиси  $k^2 \Delta m$  11.6.2га киргизилади ва  $\Delta \vec{r}$  фақат  $\Delta \vec{r}_0, \Delta \vec{d}r_0$  орқали ифодаланади, унда фақат 6 тузатма аниқланади.

### Назорат саволлари

1. Тошкентда сунъий йўлдош биринчи марта қачон кузатилган?
2. 1958-1970 йилларда Тошкентда сунъий йўлдош қайси асбоблар ёрдамида кузатилган?
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. Оралиқ орбита - нима?
7. Бошланғич маълумотлар нималардан иборат?
8. 1 *a.e.* - канча

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил
3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

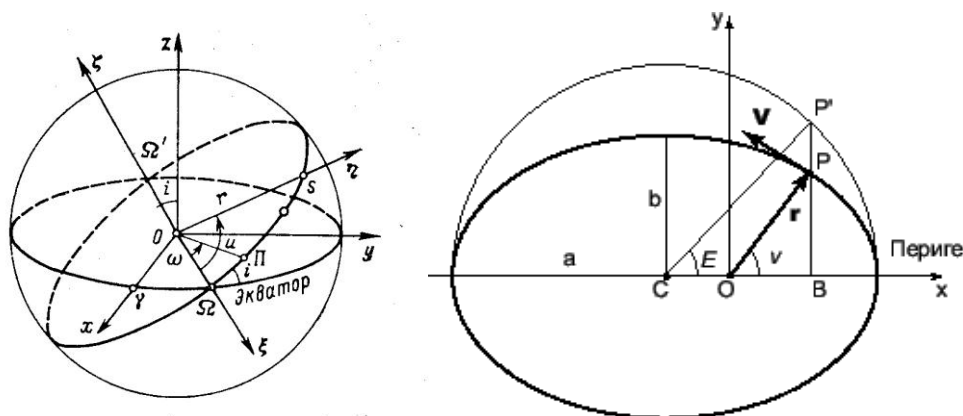
## VI. АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ МАТЕРИАЛЛАРИ

### 1-Амалий машғулот. Ер сунъий йулдошининг асосий элементларини ўрганиш.

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

#### Топшириқни бажариш тартиби:

1. Ер сунъий йулдошини орбитасини,  $a$  катта ярим ўқини ва  $e$  эксцентриситетини текисликда чизиб беринг.
2. Баҳорги тенгкунлик нуқтаси йўналиши  $\Omega$  ва орбитанинг қиялиги  $i$  ничизиб беринг.
3. Перигей аргументи  $\omega$  ва кенглик аргументи  $u$  ни чизиб беринг.



#### 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

#### Назорат саволлари

1. Ер сунъий йулдошини орбитасини тушинтиринг?
2.  $a$  катта ярим ўқини ва  $e$  эксцентриситетини текисликда чизиб беринг.

3. Баҳорги тенгкунлик нуқтаси йўналиши  $\Omega$  ва орбитанинг қиялиги  $i$  ни чизиб беринг.

4.Перигей аргументи  $\omega$  ва кенглик аргументи  $u$  ни чизиб беринг.

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил
3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.:Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### 2-Амалий машғулот. Ер сунъий йўлдошининг $x, y, z$ геоцентрик координаталарини ҳисоблаш.

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

*Топшириқни бажариш тартиби:*

$R = r - \rho$  ҳисобланг

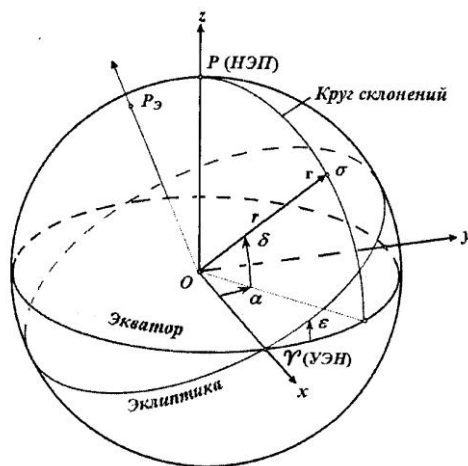
$X, Y, Z$ - кузатиш нуқтасининг геоцентрик координаталари,

$X = x - \rho_x$  ҳисобланг

$Y = y - \rho_y$  ҳисобланг

$Z = z - \rho_z$  ҳисобланг

$\rho_x, \rho_y, \rho_z$ — 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	Вариант4
	10 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 12.0 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 00.5 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 20.4 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 10.8 <sup>s</sup>
	+30 <sup>o</sup> 19' 40//	+30 <sup>o</sup> 20' 10//	+30 <sup>o</sup> 21' 53//	+30 <sup>o</sup> 22' 48//
	12000км	12000км	12000км	12000км
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант8
	10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 45.0 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 00.5 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 20.4 <sup>s</sup>	10 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 10.8 <sup>s</sup>
	+45 <sup>o</sup> 28' 40//	+60 <sup>o</sup> 00' 18//	+23 <sup>o</sup> 51'29' /	+37 <sup>o</sup> 29'30//
	12000км	12000км	12000км	12000км

Топшириқни бажариш намунаси

Вариант №		COS	SIN		
10 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 20,4 <sup>s</sup>	153, 3506	0,89559 5324	0,44486 966	$X=rCOS\alpha C$ $OS\delta$	
30,215 3	30,2 153	0,86282 5077	0,50550 2607	$Y=rSIN\alpha C$ $OS\delta$	
12000				$Z=rSIN\delta$	
				R	1 2000

Назорат саволлари

1.  $R=r-\rho$  ҳисоблашни тушинтириг
2.  $X,Y,Z$ - кузатиш нуктасининг геоцентрик координаталари,
3.  $X=x-\rho_x$  ҳисоблашни тушинтириг
4.  $Y=y-\rho_y$  ҳисоблашни тушинтириг
5.  $Z=z-\rho_z$  ҳисоблашни тушинтириг
6.  $\rho_x, \rho_y, \rho_z$ — Ер сунъий йўлдошининг топоцентрик координаталари қандай аниқланади.

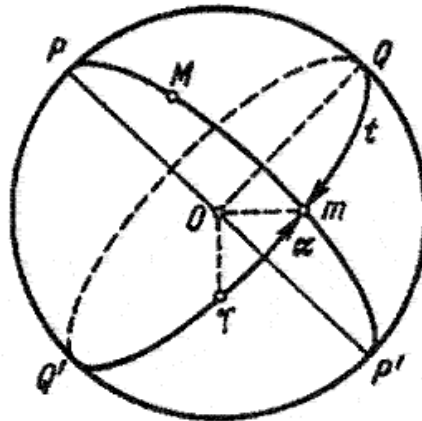
### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил
3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### 3-Амалий машғулот. Тошкент меридианида юлдуз вақтини ҳисоблаш.

Топшириқдан мақсад: Бирон бир меридиан учун юлдуз вақтини ҳисоблаш.

Топшириқни 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,

$M$ –дунё вақти,

$\mu$ –дунё вақтининг юлдуз вақтига редукцияси.

Тошкент меридиани учун

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

$\lambda$  - Тошкент учун меридиан узоклиги

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



Топшириқни бажариш учун вариантлар

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
$\lambda$	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.470 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.525 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.476 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.876 <sup>s</sup>
$M$	12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	13 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	14 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	15 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
$S_0$	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
$\lambda$	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.470 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.525 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.476 <sup>s</sup>	4 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 10.876 <sup>s</sup>
$M$	16 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	17 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	19 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>
$S_0$	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>	18 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup>

Топшириқни бажариш намунаси

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

$S_0$	8 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>
UTC	10 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>
UTC* $\mu$	0 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 46,87 <sup>s</sup>
T	15 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup>
$\mu$	9,856
$\lambda$	4 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 10,5 <sup>s</sup>
S	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 47.37 <sup>s</sup>

**Назорат саволлари**

1. Гринвич меридиани учун вақт қандай ҳисобланади?
2.  $S-M$  ҳолатга мос гринвич юлдуз вақти қандай ҳисобланади?
3.  $S_0$ – ўрта гринвич ярим кечасидаги юлдуз вақт қандай ҳисобланади?
4.  $\mu$ –дунё вақтининг юлдуз вақтига редукцияси.
5. Тошкент меридиани учун вақт қандай ҳисобланади?

**Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.:Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

#### 4-амалий машғулот. Ердаги асосий станцияларкоординаталарини WGS-84 тизими асосида аниқлаш

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

Топшириқни бажариш тартиби:

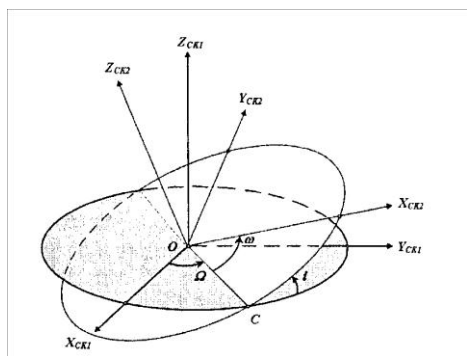
Геодезик координаталарни СК-42 тизимидан WGS-84 тизимига Молоденский усулида ўтишни ҳисоблаш.

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

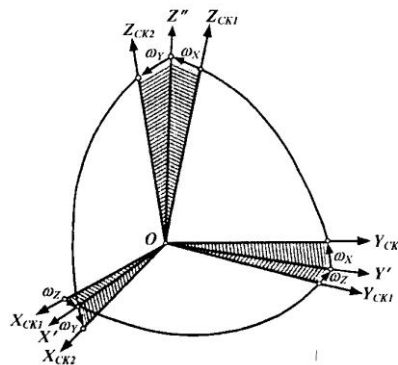
$$\Delta B = \frac{\rho''}{M + H} [-T_X \sin B \cos L - T_Y \sin B \sin L + T_Z \cos B + \Delta a_E (N e^2 \sin B \cos B) / a_E + \\ + \frac{N \Delta e_E^2}{2} \left( \frac{N^2}{a_E^2} + 1 \right) \sin B \cos B] + (1 + e_E^2 \cos 2B) (\omega_X \sin L - \omega_Y \cos L) - \rho'' e_E^2 \mu \sin B \cos B;$$

$$\Delta L = \frac{\rho''}{(N + H) \cos B} (-T_X \sin L + T_Y \cos L) - \operatorname{tg} B (1 - e_E^2) (\omega_X \cos L + \omega_Y \sin L) + \omega_Z;$$

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



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.

Топшириқни 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	Сариқ-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	Бешариқ	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

Топшириқни бажариш намунаси

Географик координаталар (СК 42)			
$\varphi=$	39	8	5,3
$\lambda=$	66	53	10,9
$H^y=$	592,5		
Геодезик координаталар (WGS 84)			
$B=$	39	8	5,2
$L=$	66	53	7,7
$H^y=$	622,5		

Крассовский эллипсоиди элементлари			
$a=$	6378245		
$b=$	6356863,0188		
$e=$	0,081819045		
$1/\alpha=$	1/298.3		
$\alpha=$	0,00335232986925913000		

a=	6378137		
b=	6356752,37		
e=	0,081819085		
1/α=	1/298.258		
α=	0,003352802		

WGS84			
X=	1944942,694		
Y=	4556652,441		
Z=	4004327,001		
N=	6386658,252		
M=	6360866,002		
		Tx=	25
		Ty=	-141
		Tz=	-90
		Wx=	0            0
		Wy=	0,35        1,69685E-06
		Wz=	0,66        3,19977E-06
		μ=	0

		CK42	
		X=	1944895,029
		Y=	4556736,567
		Z=	4004378,278
		N=	6386766,398
		M=	6360973,757
	Δa=	-108	
	Δα=	4,72067E-07	
	Δe^2=	6,46762E-09	
	Δe=	3,95239E-08	
	(Δe^2)=	9,4097E-07	

Молоденский усули					
-------------------	--	--	--	--	--

$\Delta B =$	0,178007689		8,63006E-07			
$\Delta L =$	-3,261624496		-1,58128E-05			
$\Delta H =$	-148,583261					
$B_{84} =$	0,683032072		39,134855	39	8	5,48
$L_{84} =$	1,167371413		66,8854551	66	53	7,64
$H_{84} =$	443,916739					

### Назорат саволлари

1. Геодезик координаталар СК-42 тизими тушинтиринг?
2. WGS-84 тизимини тушинтиринг?
3. Геодезик координаталарни СК-42 тизимидан WGS-84 тизимига утишни тушинтириг?
4. Молоденский усулида ўтишни ҳисоблаш.

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

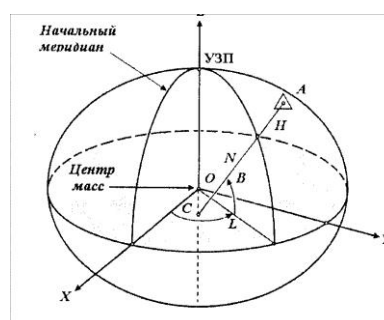
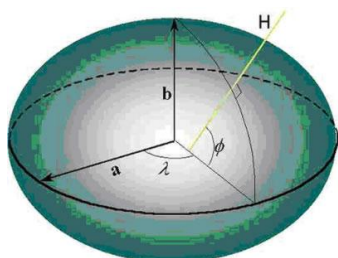
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### 5-амалий машғулот. Таянч станциянинг координатасини СК-42 тизимида аниқлаш.

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

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



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

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

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

Топшириқни бажариш учун вариантлар

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант4
	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}10.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}12.525^{\text{s}}$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}14.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}15.876^{\text{s}}$
	$+41^{\circ}19'30.39''$	$+41^{\circ}19'35.86''$	$+41^{\circ}19'33.3''$	$+41^{\circ}19'36.3''$
	477.378м.	477.806м.	476.100м.	476.500м.
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант8
	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}17.470^{\text{s}}$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}18.525''$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}19.476^{\text{s}}$	$4^{\text{h}}37^{\text{m}}20.876^{\text{s}}$
	$+41^{\circ}19'37.39''$	$+41^{\circ}19'38.86''$	$+41^{\circ}19'39.3''$	$+41^{\circ}19'40.3''$
	477.378м.	477.806м.	476.100м.	476.500м.

Топшириқни 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	0,12386268 2	
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			

### Назорат саволлари

1. СК-42 тизими асосида X ни ҳисоблашни тушинтиринг?
2. СК-42 тизими асосида Y ни ҳисоблашни тушинтиринг?,
3. СК-42 тизими асосида Z ни ҳисоблашни тушинтиринг?

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

### **6-Амалий машғулот. ЕСЙ кузатишда тектоник силжилишини хисобга олиш**

**Топшириқдан мақсад:** ITRF 2000 хисоблаш  $t_0$  давридан  $t$  кузатувлар даврига NNR-NUVELLA тектоник плиталар харакатлари моделидан фойдаланиб икки пункт координатларини хосил қилиш.

**Топшириқни бажариш тартиби:** ITRF 2000 хисоблаш  $t_0$  давридан  $t$  кузатувлар даврига NNR-NUVELLA тектоник плиталар харакатлари моделидан фойдаланиб икки пункт координатларини хосил қилиш. Бир пунктнинг иккинчи пунктга нисбатан силжиш катталигини баҳолаш.

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

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

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

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

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

$t_0$  давридан  $t$  даврига йилларда вақт оралигини хисоблаш.

Пунктнинг тугри бурчакли координатларида плиталарнинг харакатланиши устидан тузатишлар киритиш.

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

$t_0$  ва  $t$  даврларида тугри бурчакли координаталар буйича пунктлар оралигидаги масофани ҳисоблаш ва масофадаги узгаришни топиш.

Геодезик  $B, L, H$  пунктга тугри бурчакли тизимдан пунктлар ҳаракатланиш тезлигининг векторларни ҳосил қилиш.

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

3-формулага ухшаш формула буйича геодезик координаталарга плиталарнинг ҳаракатланиш тезлиги устидан тузатишлар киритиш.

1-формула билан тузатилган геодезик координатлар буйича тугри бурчакли координаталар ҳосил қилиб, узгаришларнинг тугрилигига ишонч ҳосил.

Олинган тезликларни NUVEL-NNR1A модели буйича МГС даги ишлов берилган маълумотлар билан такқослаш.

Коинот қузатувлари услубларининг доимо ортиб бораётган аниқлиги координат тизимларини белгилаш аниқлигини тегишли даражада оширишни талаб этади. Ернинг айланиши ва референц тизимлар Халқаро хизмати «Conventions 1996» ва «Conventions 2000» да назарий тизимларни ажратиб беради. Улар учун тизим концепцияси, фундаментал назария ва стандартлар, ҳамда тизимни нукталар координата тупламлари орқали амалга оширилади. Биринчи турдаги тизимлар учун «ҳисоблар тизими», «тизим конференцияси» (Reference System) атамалари қулланилади. Иккинчи турдаги тизимлар ҳисоблаш асоси (Reference Frame) ҳисобланади.

Ер ҳисоби асоси (TRF) – бу Terrestrial Reference System (TRF) ер референцияси тизими билан боғлиқ булган бирор координата тизимида (Декарт, эллипсоид, картографик) аниқ белгиланган координаталарига эга булган физикавий нукталар тупламидир. 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 охирларида 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, уу – тизим ташкил топган йилнинг икки охирги рақами. ITRF ҳулосаси коинот геодезиясининг қуйидаги, яъни РСБД, Ой ва ер сунъий йулдошларининг лазерли локацияси, (1991 йилдан бошлаб), DORIS доплер орбитографик радиопозицион интеграцияланган йулдошли тизими (1994 йилдан бошлаб) ва PRARE микротулқинли тизим каби



воситалари билан кузатишлардан олинган 200дан ортик МСВЗ станциялари ва уларнинг тезлиги координаталарини бирлаштиришга асосланган. ITRS тизимини куйидаги талабларни кондиради:

- тизимларнинг бошланиши Ернинг бутун массаси марказида, океан ва атмосферани уз ичига олган холда;

- релятивистик гравитация назарияси маъносида махаллий ер тизимида белгиланган узунлик бирлиги метр (SI) хисобланади;

- уқларни мулжаллаш 1984.0 даврига МБВ маълумотларига кура берилади;

- уқларни мулжаллашнинг вактинчалик эволюцияси шундай: у ерда кобигига нисбатан горизонт юзасида колдикли айланиш тезлигига эга эмас. ITRF координата тизимларининг тезлик майдони тектоник плиталар харакатланиш геофизик моделига нисбатан айланишга эга эмас. ITRF 88 – ITRF 91 тизимлари учун абсолют харакатланувчи АМО-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) холатининг 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 холат,  $\mathbf{V}_0$  -  $t_0$  давридаги тезлик,  $\Delta \mathbf{R}(t)$  – юкори частотали геофизик самаралар учун хисоб амалга оширилиши лозим булган тузатишлар. Уларга куйидагилар киради:

- 0,5 м.гача кузгалишга олиб келадиган, каттик ердаги даврий ой-куёшнинг тупланиши;

- континентал шельф якинидаги станциялар учун унлаб миллиметрларга етиши мумкин булган океаник тупланиш юкланишлари туфайли деформацияланишлар;

- атмосфера босими ракамланадиган вактда узгарадиган эластик кобик реакцияси хисобланадиган атмосфера юкланишлари. Сунгги тадқиқотлар шуни курсатди-ки, бу самара станциянинг вертикал силжишида бир неча миллиметр катталиқка эга булиши мумкин;

- муз даврининг окибатлари сифатида шимолий кенгликларида купрок кузатиладиган музликдан сунгги кайтиш. Таъсири баландлиги буйича бир неча миллиметрларгача етиши мумкин;

- эластик ер кобигининг айланиш кутбининг силжишига реакцияси хисобланган кутбнинг кайтиши. Кутб харакати компонентларида 10 м тартибда энг юкори силжиш 10-20 мм булади.

Кайд этиб утилган тузатишлар модели [IERS 1996; IERS2003] да берилган. Бошка тузатишлар, агар улар 1 мм ортик булса ва баъзи моделларига биноан хисоблаш имконияти мавжуд булганда кушилади.

Тектоник харакатлар тезлиги 10 см/йилга етиши мумкин. Агар баъзи

станциялар учун ITRF да  $V_0$  тезлиги курсатишлардан аникланмаган булса, у тезликлар йигиндиси сифатида аникланиши керак, ва бунда:

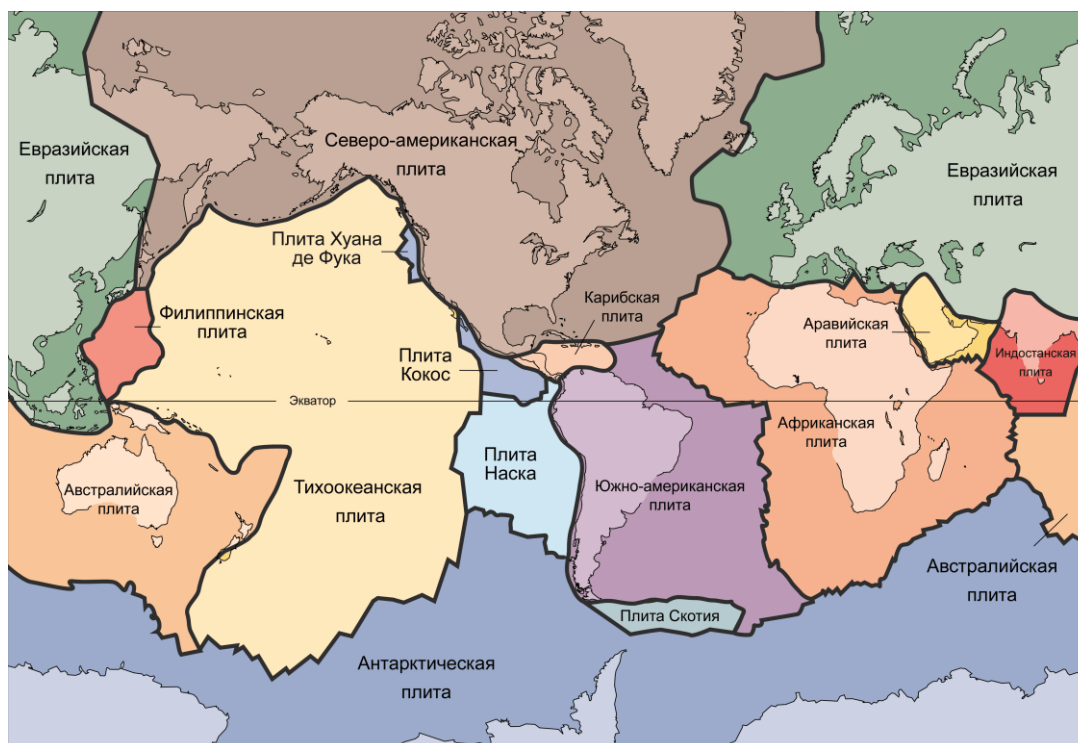
$$V_0 = V_{plate} + V_r$$

$V_{plate}$  - NNR –NUVEL1A тектоник плиталарнинг харакатланиши модели буйича хисобланадиган, плиталарнинг горизонтал тезлиги,  $V$  эса – колдик тезлиги. Плиталар чизикли тезлигининг вектори  $V_{plate}$  эса плиталарнинг декорт координаталарда (1-жадвал), плитанинг у ёки бошка тектоник плитага тегишлилигига караб айланиш тезликлари  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$  буйича олинади.

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

NNR NUVEL1A 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	0.006760
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

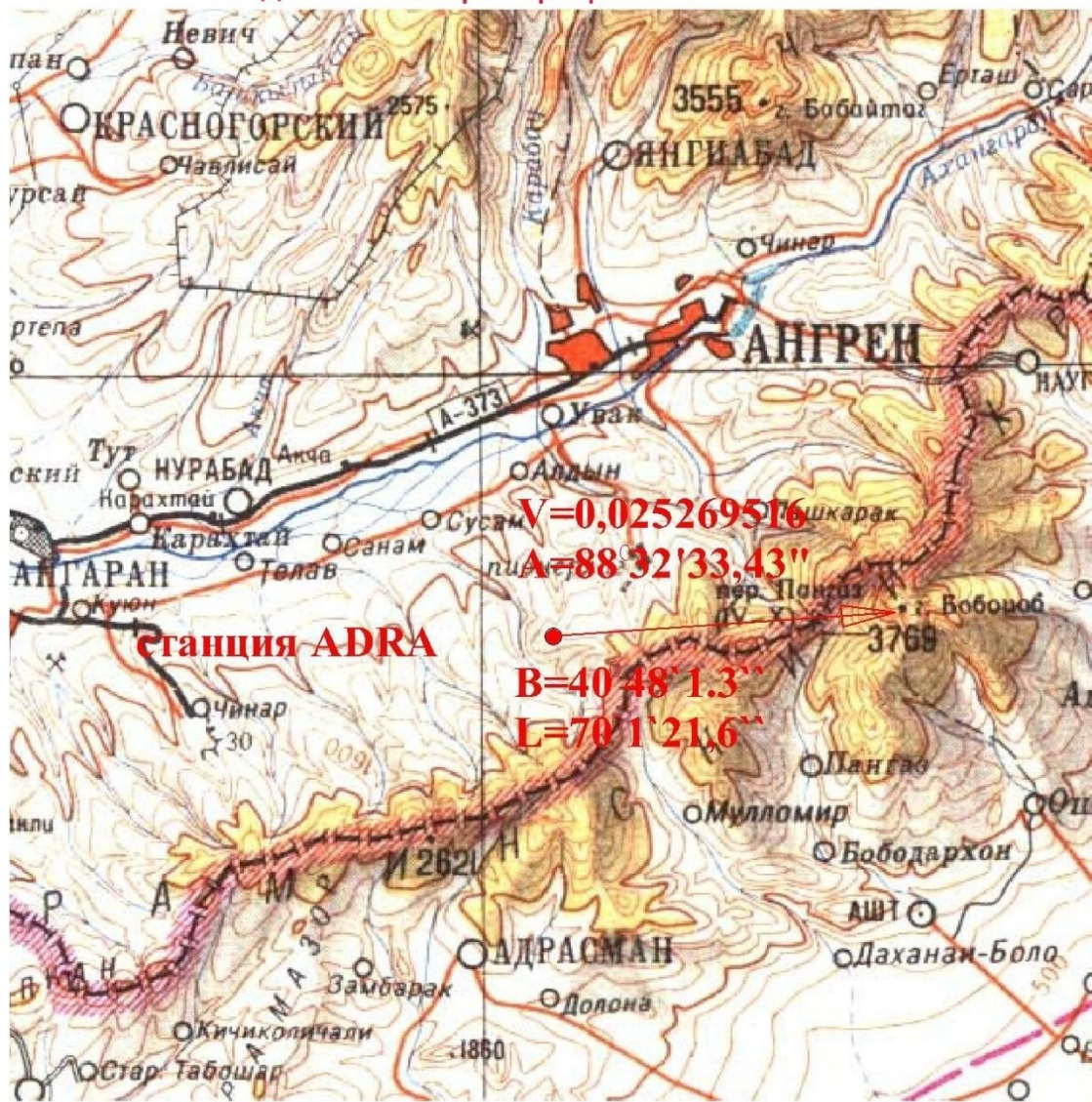
1988 йилда ташкил этилган МСВЗ хизмати ITRF нинг доимий қарорларини декарт координаталар ва тезликлар шаклида Интернет орқали ижро этади. 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97 ва 2000 рақамлари билан унлаб версиялар олинган бўлиб, уларнинг ҳар бири аниқлиги бўйича узидан олдингисидан устун турар эди. ITRF88 ҳисоб асоси 100 пунктлар бўйича ҳосил қилинган, улардан 22 та пунктда бир неча асбоб урнатилган эди. ITRF2000 амалга ошириш учун РСБД нинг уч йиллик кузатувларидан, GPS ва DORIS, йулдошлар ва ойнанинг лазерли локациясидан фойдаланилган.

Асоснинг алоҳида тавсифларини аниқлаш учун турли кузатув услублари турлича ёндошганлиги сабабли, микёсини белгилаш учун РСБД ва йулдошларнинг лазерли локацияси комбинацияси танлаб олинган. Асоснинг мулжали аввалги амалга оширилган ITRF97 билан келишилган эди, мулжалини узгартириш 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 узгартириш параметрларни аниқлаш тектоник плиталар ва деформация зонаси чегараларидан узоққа жойлашган пунктлар бўйича амалга оширилган. ITRF2000 ни геомарказга боғлаб қуйиш учун Lageos йулдошининг лазерли кузатувларидан фойдаланилди. Ишлов беришда геомарказнинг фақат чизикли эволюцияси моделлантирилди, булажак амалиётларида эса унинг даврий узгаришларини ҳам қиритиш режалаштирилган.

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

**Топширикни бажариш учун вариантлар**

№вар		$B_{wgs84}$	$L_{wgs84}$	H, 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



### Назорат саволлари

1. ITRF 2000 хисоблаш  $t_0$  давридан  $t$  кузатувлар даврига NNR-NUVELLA тектоник плиталар харакатлари моделидан фойдаланиб икки пункт координатларини хосил килишни тушинтиринг?
2. Бир пунктнинг иккинчи пунктга нисбатан силжиш катталигини бахолаш гапириб беринг?
3. WGS-84 эллипсоиди параметрлари билан  $t_0$  даврига ITRF 2000 тизимдаги X, Y, Z фазовий координатларда B, L, H пунктлар геодезик координатларини хосил килишни тушунтиринг?

### Фойдаланилган адабиётлар:

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2013
2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная

геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.



## V КЕЙСЛАР БАНКИ

### 1-Кейс Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар(ГНСЙТ)да координаталар тизими: Буюк Британия, АҚШ, Австралия

#### I. Педагогик аннотация

Ўқув фани: “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар(ГНСЙТ)”.

**Мавзу:** Модуль мақсади ва вазифалари. Назария таърифлари. Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар назариялари: Буюк Британия, АҚШ, Австралия.

Берилган case study мақсади: “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар(ГНСЙТ)”га умумий тавсиф беради, талабаларга баҳо бериш мезонлари тушунтирилади, гуруҳчалар ташкил қилади, кейс стадининг индивидуал босқичида бажариш учун мавзу берилади. Талабаларга кейс дафтарчалари таркатадилади. Мавжуд адабиёт билан таништирилади.

**Кутилаётган натижалар:** Талабалар ушбу мавзунини ўрганиш жараёни орқали “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар” фанининг асосий вазифалари, ютуқлари, бошқа фанлар билан боғланиш даражалари, жамиятдаги аҳамияти ҳамда бугунги Ўзбекистандаги тараққиёт даражалари ҳақида тушунчаларга эга бўладилар.

**Case study-ни муваффақиятли бажариш учун ўқувчи қуйидаги билимларга эга бўлиши лозим:**

**Ўқувчи билиши керак:**

Модуль мақсади ва вазифаларини. Назария таърифларини. **Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар:** Буюк Британияда, АҚШда, Австралияда.

**Ўқувчи амалга ошириши керак:** мавзунини мустақил ўрганади, муаммонинг моҳиятини аниқлаштиради; ғояларни илгари суради, мустақил қарор қабул қилишни ўрганади, ўз нуқтаи назарига эга бўлиб, мантикий хулоса чақаради, маълумотларни таққослайди, танқидий хулоса чиқаради, таҳлил қилади ва умумлаштиради.

**Case study-нинг объекти:** Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар таърифлари, вазифалари.

**Case study-да ишлатилган маълумотлар манбаи:**

“Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар” фани бўйича адабиётлар.

**Case study-нинг типологик хусусиятларга кўра характеристикаси:**

Case study кабинетли тоифага кириб сюжетсиз хисобланади, case study маълумотларни тақдим қилишга, уларни ҳал этишга, ҳамда таҳлил қилишга қаратилган.

#### Биринчи маърузани таҳлил қилиш учун саволлар

- 1.Инерциал координата тизими нимани англатади?
- 2.Астрономик ва геодезик координаталар орасидаги фарқ нималардан

ибораг?

3. Топоцентрик координата тизимининг маркази қаерда жойлашган?
4. Орбитал координата тизимининг маркази қаерда жойлашган?
5. Сунъи йўлдошларнинг орбитасида асосий элементлар нималардан иборат?
6. WGS-84 тизимиқачон ишлаб чиқилган?
7. WGS-84 тизимининг параметрларини айтиб беринг.
8. ПЗ-90 тизимиқачон ишлаб чиқилган?
9. ПЗ-90 тизимининг параметрларини айтиб беринг.
10. СК-42 тизимиқачон 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?

## 2-Кейс Сунъий йўлдошли кузатиш усуллари

### I. Педагогик аннотация

**Ўқув фани:** “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар(ГНСЙТ)”

**Мавзу:** Сунъий йўлдошли кузатиш усуллари

**Берилган case study мақсади:** “Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар”га умумий тавсиф беради, талабаларга баҳо бериш мезонлари тушунтирилади, гуруҳчалар ташкил қилади, кейс стадининг индивидуал босқичида бажариш учун мавзу берилади. Талабаларга кейс дафтарчалари таркатадилади. Мавжуд адабиёт билан таништирилади.

**Кутилаётган натижалар:** Талабалар ушбу мавзунини ўрганиш жараёни орқали “Сунъий йўлдошли кузатиш усуллари” фанининг асосий вазифалари, ютуқлари, бошқа фанлар билан боғланиш даражалари, жамиятдаги аҳамияти ҳамда бугунги Ўзбекистандаги тараққиёт даражалари ҳақида тушунчаларга эга бўладилар.

**Case study-ни муваффақиятли бажариш учун ўқувчи қуйидаги билимларга эга бўлиши лозим:**

**Ўқувчи билиши керак:**

Сунъий йўлдошли кузатиш усуллари.

**Ўқувчи амалга ошириши керак:** мавзунини мустақил ўрганади, муаммонинг моҳиятини аниқлаштиради; ғояларни илгари суради, мустақил қарор қабул қилишни ўрганади, ўз нуқтаи назарига эга бўлиб, мантикий хулоса чақаради, маълумотларни таққослайди, танқидий хулоса чиқаради, таҳлил қилади ва умумлаштиради.

**Case study-нинг объекти:** Сунъий йўлдошли кузатиш усуллари

**Case study-да ишлатилган маълумотлар манбаи:**

“Глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимлар(ГНСЙТ)” фани бўйича адабиётлар.

**Case study-нинг типологик хусусиятларга кўра характеристикаси:**



Case study кабинетли тоифага кириб сюжетсиз хисобланади, case study маълумотларни тақдим қилишга, уларни ҳал этишга, ҳамда таҳлил қилишга қаратилган.

### **Иккинчи маърузани таҳлил қилиш учун саволлар**

1. Сунъий йўлдошларни кузатиш усуллари 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?

## VI. МУСТАҚИЛ ТАЪЛИМ МАВЗУЛАРИ

1. Тингловчи мустақил ишининг асосий мақсади – глобал навигацион сунъий йўлдошли тизимни қўлланиладиган турли усуллар ва услубиятларни таҳлили асосида уларни такомиллаштириш ва қўшимча услубиятлар яратиш.

2. Тингловчи мустақил ишни ташкил этишда қуйидаги шакллардан фойдаланади:

3. Дарслик ва ўқув қўлланмалар бўйича фан боблари ва мавзуларини ўрганиш.

4. Тарқатма материаллар бўйича маърузалар қисмини ўзлаштириш.

5. Автоматлаштирилган ўргатувчи ва назорат қилувчи тизимлар билан ишлаш.

6. Махсус адабиётлар бўйича фанлар бўлимлари ёки мавзулари устида ишлаш.

7. Янги техникаларни, геодезик GPS асбоб-ускуналарни жараёнларни ва технологияларни ўрганиш.

8. Тингловчининг ўқув-илмий-тадқиқот ишларни бажариш билан боғлиқ бўлган фанлар бўлимлари ва мавзуларни чуқур ўрганиш

9. Масофавий таълим

10. Тавсия этилаётган мустақил ишларнинг мавзулари:

11. Координати системалари ва уларни ҳосил бўлиши.

12. Марказий куч. Тортишиш кучи ва унинг динамикаси.

13. Ер сунъий йўлдошнинг эфемеридларини аниқ талаб қиладиган фазовий геодезия масалалари.

14. Динамик усул билан ечиладиган фазовий геодезия масалалари.

15. Тессориал ва секториал гармоник коэффициентларни аниқлашнинг хусусийлиги.

16. Доплер коэффициентини ишлатилиши.

## VII. ГЛОССАРИЙ

Термин	Ўзбек тилидаги шарҳи	Инглиз тилидаги шарҳи
<p>Гринвич меридиани</p> <p><b>Greenwich meridian</b></p>	<p>1884 йилда халқаро шартнома билан асосий меридиан 0 градусли меридиан сифатида қабул қилинган. Қолган барча узокликлар ундан бошлаб ҳисобланади. Меридиан Гринвичдаги, Англия Гринвич Қироллик обсерваториясидан ўтган.</p>	<p>The meridian adopted by international agreement in 1884 as the prime meridian, the 0-degree meridian from which all other longitudes are calculated. The Greenwich prime meridian runs through the Royal Observatory in Greenwich, England.</p>
<p>Астрономо-геодезик пунктлари</p>	<p>Астрономо-геодезик пунктлари</p>	<p>astronomical and geodetic point</p>
<p>глобал навигацион спутник системи</p>	<p>глобал навигацион спутник системи</p>	<p>Global navigation satellite system</p>
<p>космик геодезик тармоқ,</p>	<p>космик геодезик тармоқ,</p>	<p>Space geodetic network</p>
<p>ITRF –халқаро ер референц тизими</p>	<p>ITRF –халқаро ер референц тизими</p>	<p>ITRF is an international Earth system</p>
<p>СРНС-спутниковая радионавигационная система</p>	<p>СРНС-спутниковая радионавигационная система</p>	<p>GNSS-satellite radio navigation system</p>
<p>ПЗ-90-параметр Земи</p>	<p>ПЗ-90-параметр Земи</p>	<p>ПЗ-90Earth option</p>
<p>Допплер орбитографик системаси</p>	<p>Допплер орбитографик системаси</p>	<p>Doppler orbital system</p>
<p>Элемент ёки аннотация</p> <p><b>Element or Annotation:</b></p>	<p>Фрейм маълумотларига қўшилган белги, сарлавҳа ёки шу тарзда қўшилган графика (масалан, хар бир функция учун белги). Алоҳида элементлар танланиши ва силжитилиши, йўқотилиши, ўзгартирилиши ва х.к. қилиниши мумкин.</p>	<p>A label, title, or other such graphic added to the data frame (e.g., the labels to each feature). Individual elements can be selected and moved, deleted, resized, etc.</p>
<p>Атрибут</p> <p><b>Attribute</b></p>	<p>(маълумотлар модели) ГАТда географик объект тўғрисида фазовий бўлмаган ахборот, одатда жадвалда</p>	<p>[data models] Nonspatial information about a geographic feature in a GIS, usually</p>

	<p>сақланади ва фазовий объектга ноёб идентификаторлар ёрдамида боғланади.</p> <p>(маълумотлар модели)</p> <p>Растрлар маълумотлар тўпламида растр ячейкасининг ҳар бир ноёб қийматиغا боғлиқ ахборот.</p> <p>(графика (картанинг акс этиши)) ўзига хос хусусиятларнинг картада қандай акс этиши ва белгиланишини аниқладиган ахборот.</p> <p>(ESRI дастурий таъминоти)</p> <p>ГАТда географик объектлар тўғрисида фазовий ахборот, одатда жадвалда сақланади ва фазовий объектга ноёб идентификаторлар ёрдамида боғланади.</p>	<p>stored in a table and linked to the feature by a unique identifier.</p> <p>[data models] In raster datasets, information associated with each unique value of a raster cell.</p> <p>[graphics (map display)] Information that specifies how features are displayed and labeled on a map.</p> <p>[ESRI software] In MOLE, a spatial information about a geographic feature in a GIS, usually stored in a table and linked to the feature by a unique identifier.</p>
<p>Атрибут маълумотлар</p> <p><b>Attribute data</b></p>	<p>Ўзига хос хусусиятларнинг географик характеристикаларини таърифловчи текстли ва жадвалли маълумотлар.</p>	<p>Tabular or textual data describing the geographic characteristics of features.</p>
<p>Гаусс-Крюгер проекцияси</p> <p><b>Gauss-Krüger projection</b></p>	<p>Дунёни 6 градуслик стандарт зоналарга ажратиш учун Меркаторнинг кўндаланг проекциясидан фойдаланиладиган координаталар тизими проекцияси. Кўпинча Европа ва Осиёда фойдаланилади. Гаусс Крюгер координаталар тизими Меркатор координаталар тизимининг кўндаланг проекциясига ўхшаш. Гаусс Крюгер проекцияси немес математиги ва олими Карл Фридрих Гаусс ва герман геодезисти ва математиги Иоганн Генрих Луи Крюгер шарафига аталган.</p>	<p>A projected coordinate system that uses the transverse Mercator projection to divide the world into standard zones 6 degrees wide. Used mainly in Europe and Asia, the Gauss-Krüger coordinate system is similar to the universal transverse Mercator coordinate system. The Gauss-Krüger projection is named for the German mathematician and scientist Karl Friedrich Gauss and the German geodesist and mathematician Johann</p>

		Heinrich Louis Krüger.
Геокодлаш <b>Geocoding</b>	Кўчалар манзилларини картада фазовий объектлар сифатида акс эттира олиши мумкин бўлган фазовий маълумотларга конвертация қилиш учун ГАТ операциялари.	A GIS operation for converting street addresses into spatial data that can be displayed as features on a map.

## **VIII. АДАБИЁТЛАР**

### **Махсус адабиётлар.**

1. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews, Chris G. Bartone. Global navigation satellite systems, inertial navigation, and integration. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA,

2. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. В 2 томах. ГОУ ВПО «Сибирская государственная геодезическая академия». - М.: ФГУП «Картгеоцентр», Т 1: 2005. - 334 е.: ил., Т 2: 2006. - 360 с.: ил

3. Генике А.А., Побединский Г.Г. Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и её применение в геодезии. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1999г.

4. Мирмахмудов Э.Р., Абдуллаев Т.М., Фазилова Д.Ш. ГНСЙТ. Тошкент, ЎзМУ, 2016.

### **Интернет ресурслар:**

1. [www.trimble.com](http://www.trimble.com)
2. [www.global.topcon.com](http://www.global.topcon.com)
3. [www.lieca-geosystems.com](http://www.lieca-geosystems.com)
4. [www.sokkia.co.kr](http://www.sokkia.co.kr)
5. [gsi@gsi2000.ru](mailto:gsi@gsi2000.ru)
6. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz);
7. [www.lex.uz](http://www.lex.uz);
8. [www.bilim.uz](http://www.bilim.uz);
9. [www.gov.uz](http://www.gov.uz);