Дәріс №6.
Тақырыбы: **GPS ЖСРН жүйесінің құрылымдық ұстанымдары мен жұмыс істеу ерекшеліктері.**

Дәріс жоспары:

1. Кіріспе.
2. Жалпы түсінік: ЖСРН, GPS (GNSS).
3. GPS жүйесінің құрылымдық элементтері.
4. Жүйенің негізгі ұстанымдары (принциптері).
5. Жұмыс істеу ерекшеліктері.
6. Қолдану аймақтары мен тәжірибе.
7. Қорытынды.

---

1. Кіріспе

1.1 Тақырыптың өзектілігі

Қазіргі заманғы геодезия, картография, навигация және түрлі саладағы жүйелер спутниктік навигациялық жүйелерге (GNSS) тәуелді болып отыр. Дәлдігі жоғары орналасу (позициялау), уақыт синхронизациясы, қозғалыс жылдамдығы мен бағытын анықтау — барлығы GPS немесе GNSS жүйелері арқылы жүзеге асады. Қазақстанда да мемлекеттік геодезиялық желілерді дамыту, ЖСРН жүйелерін қолдану, координаталарды спутниктік айқындау нормативтерін бекіту — барлығы ғылыми және практикалық маңызы зор мәселе. Мысалы, 2024 жылы Қазақстанда «Жаһандық навигациялық спутниктік жүйелерді қолдана отырып, мемлекеттік геодезиялық желінің пассивті пункттерінің координаттарын спутниктік айқындауды жүргізу жөніндегі нұсқаулық» бекітілген.

1.2 Мақсаттар мен міндеттер

- GPS (GNSS) жүйелерінің құрылымдық ұстанымдарын, негізгі принциптерін көрсету.
- Жұмыс істеу ерекшеліктерін сипаттау
- Қателіктер мен шектеулерді талдау
- Қолдану аймақтары мен тәжірибелік аспектілерді баяндау
- Қазақстандағы жағдайды көрсету

2. Жалпы түсінік: ЖСРН, GPS (GNSS)

2.1 Спутниктік навигациялық жүйелер (GNSS) түсінігі

Спутниктік навигациялық жүйелер (Global Navigation Satellite Systems — GNSS) — бұл жерсеріктерден сигналдар жіберіп, солар арқылы жер бетіндегі немесе ғарыш объектілерінің орналасу координаталарын, жылдамдығын, қозғалыс бағытын және уақытты анықтайтын жүйелер. Жүйенің негізгі міндеттері:

- Позицияны (ендік, бойлық, биіктік) анықтау
- Қозғалыс жылдамдығы мен бағытын алу
- Далалық жүйелер үшін дәл уақыт сигналы беру.

2.2 GPS жүйесі: тарихы, даму кезеңдері

GPS (Global Positioning System) — АҚШ-тың NAVSTAR жобасы негізінде жасалған GNSS жүйесі. Бастапқы кезеңде әскерлік мақсатта ғана қолданылған, кейіннен азаматтық қолданысқа ашылды. 2000 жылдан бастап АҚШ үкіметі азаматтық қолданушыларға SA (Selective Availability) режимін алып тастады, бұл жүйенің дәлдігін елеулі түрде арттырды. Қазіргі кезде GPS жүйесі азаматтық қолданушыларға кең қол жетімді болып, көптеген салаларда пайдаланылады.

2.3 Басқа жүйелермен байланысы (GLONASS, Galileo, BeiDou)

ЖСРН жүйелері арасында GPS−ке балама немесе қосымша жүйелер бар:

- Ресейдің **GLONASS**
- Еуропаның **Galileo**
- Қытайдың **BeiDou**
  Осы жүйелердің қосындысы — мультисистемалық қабылдаушыларға үлкен сенімділік пен дәлдік береді (нақтырақ позиция, жеткілікті спутник саны).

3. GPS жүйесінің құрылымдық элементтері

3.1 Спутниктік сегмент

- Орбиталар: GPS спутниктері орта орбитаға орналастырылады (~20,200 км биіктікте)
- Орбиталық топ: 6 жазықтықта, әр жазықтықта 4–5 спутник
- Әр спутник навигациялық сигналдар мен эфемеридалық мәліметтер таратады

3.2 Жер үсті бақылау (контроль) сегменті

- Басқару станциялары (Master Control Station) және жерлік бақылау бекеттері
- Спутниктердің қозғалысын бақылау, орбиталық параметрлерді жаңарту, сағат түзету
- Эфемеридалар мен навигациялық хабарламаларды спутниктерге жүктеу

3.3 Қабылдағыш (пайдаланушы) сегменті

- GPS қабылдағыш (рецептор)
- Антенна
- Сигналды қабылдау және өңдеу жүйесі
- Алгоритмдер мен программалық қамтамасыз ету
  Қабылдағыш спутниктерден сигналдарды алып, уақыт кідірісін есептеп, трилатерация көмегімен позицияны анықтайды.

3.4 Қосымша түзету жүйелері (DGPS, SBAS, RTK)

- **DGPS (Differential GPS)** — жерлік референц станциялардан түзетулер алып, қателіктерді азайтады
- **SBAS (Space Based Augmentation System)** — ғарыштық түзету жүйелері (мысалы WAAS, EGNOS), GPS сигналдарын түзетуші хабарламаларды береді.
- **RTK (Real-Time Kinematic)** — нақты уақытта фазалық өлшеулерге негізделген түзетулер, сантиметрлік дәлдік.

4. Жүйенің негізгі ұстанымдары (принциптері)

4.1 Трилатерация (үшбұрыштық өлшеу)

Позицияны анықтау үшін әр спутникпен ара қашықтық өлшенеді, сол арқылы нүктенің координаттары есептеледі. Қарапайым теориялық түрде үш спутниктен арақашықтық алған кезде екі өлшемді координат (ендік, бойлық) алынады, төртіншісі — биіктік (немесе уақыт теңсіздігін шешу үшін) қажет.

4.2 Уақыт синхронизациясы

Қабылдағыш және спутниктер сағаттары синхронды болуы керек. Қателіктерді болдырмау үшін өте дәл атомдық сағаттар қолданылады. Уақыт қателіктері позицияны анықтауда үлкен қателік көзін болады.

4.3 Эфемеридалар мен орбиталық модельдер

Спутниктердің орналасуына қатысты эфемеридалық ақпарат қабылдағышқа беріледі, ол спутниктің сол сәттегі орбиталық параметрлерін анықтайды және позицияны есептеуге мүмкіндік береді.

4.4 Қателіктер мен әсерлер

- **Ионосфералық әсер**: сигналдардың таралу жылдамдығына әсер етеді
- **Тропосфералық әсер**
- **Мультипатһ (жаңғыру, шағылысу)**
- **Сағат қателіктері (спутник / қабылдағыш)**
- **Орбиталық қателер, эфемеридалардың қателігі**
- **Антеннаның фазалық ортасы мен мультипатһ әсері**

4.5 Қатені түзету әдістері

- Қос жиілікті өлшеулер
- Дифференциалды түзетулер (DGPS, RTK)
- Моделдеу (ионосфералық модельдер, тропосфералық модельдер)
- Постөңдеу және фильтрация (Калман сүзгісі, статистикалық әдістер)

5. Жұмыс істеу ерекшеліктері

5.1 Сигналдар: жиіліктер, кодтар, форматтар

GPS жүйесі бірнеше жиілік диапазондарын қолданады (L1, L2, т.б.). Әр спутник навигациялық код (C/A, P(Y), фазалық кодтар) мен навигациялық хабарламалар таратады.

5.2 Қабылдау және өңдеу алгоритмдері

Қабылдағыш сигналдарды декодтап, әрбір спутникпен арақашықтықты өлшейді, содан кейін трилатерация орындап, позицияны шешеді. Кейде фазалық өлшеулер қолданылады (RTK режимінде).

5.3 Құрылғылар мен антенналар

Антенналар мультипатһ әсерін азайту, фазалық ортаны анықтау үшін арнайы конструкцияда болады. Қабылдағыштың сапасы (субсантиметрлік, геодезиялық) маңызды рөл атқарады.

5.4 Дәлдікті арттыру әдістері

- Қос жиілік қолдану
- Дифференциалды түзету
- Постөңдеу (постпроцессинг)
- Бақылау станциялар желісі
- Мультисистемалы жүйелер (GPS + GLONASS + Galileo)

5.5 Шектеулер мен тәуекелдер

- Қаралау: ғимараттар, ағаштар
- Сигнал әлсіреуі, көпжолды әсер
- Жұмыстан тыс қалу (жарық кедергілер, электромагниттік кедергілер)
- Қағаз режимінің шектеулері (SA режимі, саяси шектеулер)
- Жүйе бұзушылықтары, кедергі, жалған сигналдар (spoofing, jamming)

6. Қолдану аймақтары мен тәжірибе

6.1 Геодезия, картография

GPS техникалық жұмыстарда, жер учаскелерін жобалау, мемлекеттік геодезиялық желілерді толықтыруда кең қолданылады.

6.2 Көлік және навигация

Автомобиль, кеме, авиация, логистика — GPS арқылы навигациялық бағыттарды және қозғалыс мониторингін жүргізеді.

6.3 Қауіпсіздік, армия, авиация

Тактикалық навигация, ұшақтардың навигациялық жүйелері GPS–ке сүйенеді.

6.4 Жерді бақылау, аграрлық қолданбалар

Ауыл шаруашылығында, дрондар мен жерді бақылау жүйелерінде GPS қолданылады.

6.5 Қазақстандағы тәжірибе: мемлекеттік геодезиялық желі, нормативтік база

Қазақстанда 2024 жылы спутниктік айқындауды жүргізу жөніндегі нұсқаулық бекітілген. Сонымен бірге, Қазақстан «Қазақстан Ғарыш Сапары» Ұлттық компаниясы арқылы EUPOS жүйесінде стандарттарға сәйкес навигациялық қызмет көрсетуді жоспарлайды.

7. Қорытынды

7.1 Негізгі қорытындылар

- GPS (және жалпы GNSS) жүйесі қазіргі заманның маңызды техникалық жүйесі
- Құрылымдық элементтері: спутниктік сегмент, басқару сегменті, қабылдағыш сегменті
- Жұмыс істеу негіздері: трилатерация, уақыт синхронизациясы, эфемеридалар
- Қателіктер мен коррекция әдістері — жүйенің нақты әрі сенімді қызметін қамтамасыз етеді
- Қолдану аясы өте кең
- Қазақстанда жүйенің нормативтік және институттық базасы дамып келеді

7.2 Болашақ даму бағыттары

- Мультисистемалық навигация (GPS + GLONASS + Galileo + BeiDou)
- Құрылғылар мен алгоритмдерді жетілдіру
- Жоғары дәлдікті жерүсті және ғарыштық түзету жүйелерін дамыту
- Антижоқары жүйелер (jamming, spoofing-ке қарсы)
- Жаңа навигациялық жүйелер мен толықтырулар

Бақылау сұрақтары:

1. GPS жүйесі қай елде және қай мақсатпен алғаш жасалды?
2. GNSS ұғымы нені білдіреді?
3. GPS жүйесінің құрылымдық сегменттері қандай және олардың әрқайсысының қызметі неде?
4. Пайдаланушы сегментіне не жатады?
5. GPS жүйесінің жұмыс істеу принциптерін сипаттаңыз.
6. Трилатерация әдісі арқылы позицияны қалай анықтайды?
7. GPS жүйесінде уақыт синхронизациясы не үшін маңызды?
8. Эфемеридалар дегеніміз не және олар қандай мақсатта қолданылады?
9. GPS сигналдарына қандай факторлар әсер етіп, қателік туғызады?
10. GPS жүйесіндегі қателіктерді түзету әдістерін атаңыз.
11. Дифференциалды GPS (DGPS) дегеніміз не және оның артықшылығы қандай?
12. RTK әдісі қалай жұмыс істейді?
13. GPS сигналдарының жиіліктері мен кодтары қандай?
14. Қазақстанда GPS (ЖСРН) жүйелері қай салаларда кеңінен қолданылады?
15. Қазақстанда GPS/ЖСРН жүйесін қолдануға байланысты қандай нормативтік құжаттар бар?

Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. **GPS: Global Positioning System – Theory and Practice** / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collins. – Springer, 2001.
2. **Kaplan, E.D., Hegarty, C.J.** – Understanding GPS: Principles and Applications. – Artech House, 2006.
3. **Kazakhstan's Navigation Satellite Systems Regulation** – adilet.zan.kz
4. «Қазақстан Республикасында геодезиялық жұмыстарды орындау қағидалары» – ҚР Үкіметі қаулысы №1277, 2020 ж.
5. **Жаһандық навигациялық спутниктік жүйелер туралы ақпарат** – stud.kz және referat.kz
6. Смагулов А.З., "Спутниктік навигация және геодезия", Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2021.
7. **Сапаров Қ.Ж.** – Геодезия және картография негіздері: Оқулық. – Астана: Фолиант, 2020.
8. **Михаилов В.А.** – Глобальные навигационные спутниковые системы. – М.: Транспорт, 2018.
9. **ITU & GNSS Standards** – International Telecommunication Union, www.itu.int
10. **European GNSS Agency (GSA)** – Reports and user guides. www.euspa.europa.eu