Дәріс № 5. Ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйелер (GNSS)

Дәріс жоспары:

1. Кіріспе
2. GNSS жүйесінің негіздері
3. GNSS жүйесінің негізгі компоненттері
4. Негізгі жерсеріктік жүйелер (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou)
5. Аймақтық жүйелер (QZSS, IRNSS/NavIC)
6. GNSS жұмыс принципі
7. Қателер және дәлдікті арттыру әдістері
8. GNSS қолдану салалары
9. Қазіргі заманғы трендтер мен болашағы
10. Қорытынды

Дәріс мақсаты: студенттерге ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйелердің (GNSS) негізгі түсініктері, құрылымы және жұмыс істеу принциптерін жан-жақты түсіндіру. Сонымен қатар, GNSS жүйелерінің түрлері, олардың мүмкіндіктері мен қолдану салалары туралы жалпы көзқарас беру.

1. КІРІСПЕ

Ғаламдық жерсеріктік навигациялық жүйелер (GNSS – Global Navigation Satellite Systems) – бұл Жердің орбитасында айналатын жерсеріктер арқылы нақты уақыт режимінде объектілердің орналасуын, жылдамдығын және уақытын анықтауға мүмкіндік беретін технологиялар жиынтығы.

Бүгінде GNSS жүйелері әскери, азаматтық, ғылыми, экономикалық, және күнделікті тұрмыста кеңінен қолданылады. Мысалы, смартфондар, көлік навигациясы, ауыл шаруашылығы, геодезия, құтқару жұмыстары, ұшу навигациясы осы технологияларға тәуелді.

2. GNSS ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗДЕРІ

GNSS жүйесі Жер орбитасындағы көптеген жасанды жерсеріктерден, жердегі басқару станцияларынан және пайдаланушы қабылдағыштарынан тұрады.

Негізгі мақсаттары:

- Координаталарды (ені, бойлығы, биіктігі) анықтау;
- Объектінің қозғалыс жылдамдығын өлшеу;
- Уақытты дәл анықтау (атомдық сағат негізінде).

3. GNSS ЖҮЙЕСІНІҢ КОМПОНЕНТТЕРІ

GNSS үш негізгі бөліктен тұрады:

3.1. Ғарыш сегменті:

- Жер орбитасында айналып жүретін жерсеріктерден тұрады.
- Әрбір жүйеде 20-дан астам спутник бар (толық шеңбер үшін 24+ қажет).
- Орбиталар: орта биіктіктегі орбиталар (MEO).

3.2. Жердегі басқару сегменті:

- Жерсеріктердің траекториясын, уақытты және жүйенің дұрыс жұмыс істеуін бақылайтын бақылау станциялары.

3.3. Пайдаланушы сегменті:

- GNSS қабылдағыштар – көлік, смартфон, дрон, әскери құралдарда орнатылған құрылғылар.

4. НЕГІЗГІ ЖЕРСЕРІКТІК ЖҮЙЕЛЕР

4.1. GPS (АҚШ):

- Global Positioning System – әлемдегі ең алғашқы әрі кең таралған жүйе.
- 1978 жылы басталды, 1995 жылы толық іске қосылды.
- 31-ге жуық жерсерік орбитада жұмыс істейді.
- 2 деңгейлі сигнал: L1 (азаматтық), L2 (әскери/қосымша дәлдік).

4.2. ГЛОНАСС (Ресей):

- Кеңес Одағы кезінде басталған, Ресей жалғастырды.
- 24-27 жерсерік жұмыс істейді.
- Географиялық әртүрлілікті ескеріп, Арктика аймағында жақсы жұмыс істейді.

4.3. Galileo (ЕО):

- Еуропалық Одақтың тәуелсіз GNSS жүйесі.
- Азаматтық мақсаттарға арналған.
- Толық іске қосу – 2020 жылдары.
- Жоғары дәлдіктегі коммерциялық қызметі бар (Commercial Service – CS).

4.4. BeiDou (Қытай):

- Бірінші фазасы – аймақтық жүйе (2000 ж.).
- BeiDou-3 толық жаһандық жүйеге айналды (2020).
- Қазіргі кезде 30+ жерсерік жұмыс істейді.
- Тәуелсіздік пен аймақтық басымдықты көздейді.

5. АЙМАҚТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР

5.1. QZSS (Жапония):

- Quasi-Zenith Satellite System – Жапония және Азия-Тынық мұхиты аймағына бағытталған.
- GPS жүйесін толықтырады.
- Географиялық жағынан таулы және қалааралық аудандарда дәлдік береді.

5.2. IRNSS / NavIC (Үндістан):

- Indian Regional Navigation Satellite System.
- Үндістан мен оған жақын аймақтарға бағытталған.
- NavIC – "Navigation with Indian Constellation".

6. GNSS ЖҰМЫС ПРИНЦИПІ

GNSS қабылдағыш бір уақытта кем дегенде **төрт** жерсеріктің сигналын қабылдай отырып, үш координата (x, y, z) және уақытты (t) анықтайды.

Уақыт айырмасы – спутниктен сигналдың келу уақыты мен жіберілген уақытының айырмасына негізделеді. Радиосигнал жарық жылдамдығымен қозғалады, сондықтан осы уақыт айырмасынан арақашықтық есептеледі.

Төрт теңдеу арқылы:

- x,y,z,tx, y, z, t айнымалыларын анықтау.

7. ҚАТЕЛЕР ЖӘНЕ ДӘЛДІК АРТТЫРУ

GNSS жүйелерінде келесі негізгі **қателер көздері** бар:

- Ионосфера мен тропосфера әсері;
- Сағаттың дәл еместігі;
- Жерсеріктің орбиталық қателігі;
- Көпсәулелік (multipath) әсері.

Дәлдікті арттыру әдістері:

- **DGPS** – Differential GPS (айырмалық GPS);
- **RTK** – Real-Time Kinematic (нақты уақыттағы кинематикалық әдіс);
- **SBAS** – Satellite Based Augmentation Systems (WAAS, EGNOS, GAGAN).

8. GNSS ҚОЛДАНУ САЛАЛАРЫ

GNSS қазіргі таңда адам өмірінің көптеген салаларында қолданылады:

- **Көлік:** автокөлік, әуе, теңіз навигациясы.
- **Ауыл шаруашылығы:** дәл егіншілік, тракторларды автоматтандыру.
- **Геодезия мен картография:** координаттарды нақтылау.
- **Қалалық жоспарлау:** инфрақұрылымды тиімді басқару.
- **Құтқару қызметі:** апатты аудандарда іздеу.
- **Әскери мақсаттар:** зымыран бағыттау, позициялау.
- **Ғылым:** геофизика, жер сілкіністерін зерттеу.
- **Уақыт синхронизациясы:** қаржы, байланыс желілері.

9. ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТРЕНДТЕР ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ

- **Көпжиелі сигналдар** (multi-frequency): бір уақытта бірнеше жиілікпен жұмыс істеу дәлдікті арттырады.
- **Қос GNSS** қабылдағыштар: GPS+GLONASS немесе GPS+Galileo.
- **Дрондар мен автономды көліктер** үшін кең қолданылуы.
- **Кванттық сағаттар** және жоғары дәлдік.
- **GNSS-ке қарсы технологиялар**: spoofing, jamming – және оларға қарсы қорғаныс шаралары.

10. ҚОРЫТЫНДЫ

GNSS – бұл қазіргі заманның маңызды инфрақұрылымының бірі. Оның дәлдігі, қолжетімділігі және жаһандық қамтуы адам өмірінің әртүрлі салаларында төңкеріс жасады. Болашақта GNSS технологиялары тек қана жетіле түсіп, автономды жүйелер мен "ақылды" технологиялардың негізіне айналады.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ:

1. GNSS дегеніміз не? Оның негізгі мақсаты қандай?
2. GNSS жүйесінің қандай негізгі үш компоненті бар?
3. Жерсеріктер қандай орбиталарда орналасады?
4. Бір уақытта GNSS қабылдағыш неше жерсеріктің сигналын қабылдауы қажет?
5. GPS жүйесі алғаш қай елде және қашан іске қосылды?
6. Galileo жүйесінің қандай ерекшелігі бар?
7. ГЛОНАСС жүйесін қай ел басқарады?
8. BeiDou жүйесінің даму кезеңдері қандай?
9. QZSS жүйесі қай аймаққа арналған?
10. IRNSS / NavIC жүйесі қай елге тиесілі?

Пайдаланылған әдебиеттер (ұсынылатын):

1. Parkinson B.W., Spilker J.J. – “Global Positioning System: Theory and Applications”
2. Misra, P., Enge, P. – “Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance”
3. European GNSS Agency – https://www.euspa.europa.eu
4. GPS.gov – https://www.gps.gov
5. ROSCOSMOS – https://glonass-iac.ru
6. BeiDou – http://en.beidou.gov.cn/