Дәріс № 8. Навигациялық өлшеулердің дәлдігіне әсер ететін әртүрлі факторлар.

Дәріс жоспары:

1. Кіріспе
2. Навигациялық өлшеулердің негізгі ұғымдары
3. Жерсеріктік навигациялық жүйелердегі дәлдік тұжырымдамасы
4. Дәлдікке әсер ететін ішкі факторлар
5. Атмосфералық факторлар (ионосфера, тропосфера)
6. Орбиталық және сағаттық қателіктер
7. Көпсәулелі әсер (Multipath) және радиокедергілер
8. Қабылдағыш құрылғысының сапасы мен алгоритмдері
9. Дәлдікті арттыру әдістері мен түзету жүйелері
10. Қорытынды және болашақ бағыттар

Дәріс мақсаты: навигациялық өлшеулердің дәлдігіне әсер ететін негізгі факторларды жан-жақты таныстыру және олардың өлшеу нәтижелеріне қалай ықпал ететінін түсіндіру. Сонымен қатар, навигациялық жүйелердің сенімділігін арттыру және өлшеу қатесін азайту үшін қолданылатын негізгі әдістер мен технологиялар туралы білім беру.

1. Кіріспе

Навигациялық өлшеулердің дәлдігі – объектілердің орналасуын, жылдамдығын және уақытын анықтаудағы ең маңызды параметр. Жерсеріктік навигациялық жүйелер (GNSS) қазіргі заманғы геодезия, көлік, авиация, әскери сала, ауыл шаруашылығы және тағы басқа көптеген салаларда кеңінен қолданылады.

Өлшеулердің дәлдігі түрлі факторларға тәуелді және бұл факторларды түсіну, басқару навигация сапасын арттыруға мүмкіндік береді.

2. Навигациялық өлшеулердің негізгі ұғымдары

- **Дәлдік (Accuracy):** нақты мәнге жақындық.
- **Ауытқу (Precision):** өлшеулердің өзара ұқсастығы.
- **Қателік (Error):** өлшеу мен нақты мән арасындағы айырмашылық.
- **Шулы сигнал (Noise):** өлшеуді бұрмалайтын кездейсоқ факторлар.

3. Жерсеріктік навигациялық жүйелердегі дәлдік тұжырымдамасы

GNSS өлшеулерінде дәлдік бірнеше деңгейде қарастырылады:

- Спутниктік сигналдардағы қателіктер;
- Қабылдағыштың есептеу алгоритмдері;
- Орбиталық модельдер;
- Атмосфералық әсерлер;
- Радиокедергілер.

4. Дәлдікке әсер ететін ішкі факторлар

- Спутниктердің сағаттары мен олардың синхрондалуы.
- Орбитаның дәлдігі (спутниктердің нақты орналасуы).
- Жердегі бақылау және басқару станцияларының жұмыс сапасы.
- Қабылдағыштың техникалық сипаттамалары мен бағдарламалық жасақтамасы.

5. Атмосфералық факторлар

5.1 Ионосфералық әсер

- Жоғарыдағы иондағыш қабаттың қасиеттері спутниктен шыққан радиосигналдарға әсер етеді, сигналдың жылдамдығын өзгертеді.
- Бұл әсер жылдамдықты азайтып, өлшеудің қателігін тудырады.
- Ионосфералық түзету әдістері мен моделдері қолданылады.

5.2 Тропосфералық әсер

- Тропосферадағы ылғалдылық пен температура өзгерістері радиосигналдардың таралуын тежейді.
- Бұл әсерлер көбінесе спутниктен қабылдағышқа дейінгі жолда байқалады.

6. Орбиталық және сағаттық қателіктер

- Спутниктің орбиталық позициясының дәл емес болуы өлшеу дәлдігіне тікелей әсер етеді.
- Сағаттардың дәлсіздігі спутниктің және қабылдағыштың уақыт синхронизациясына кедергі жасайды.
- Уақыт қателігі позиция қателігіне айналады.

7. Көпсәулелі әсер (Multipath) және радиокедергілер

- **Multipath** – сигналдың жердегі объектілерден (құрылыс, таулар, су) шағылуы, бұрмалануы.
- Бұл сигнал қабылдағышқа кешігіп немесе өзгерген түрде жетеді, өлшеу дәлдігін төмендетеді.
- Радиокедергілер – электромагниттік толқындардың басқа сигналдармен араласып, шу тудыруы.

8. Қабылдағыш құрылғысының сапасы мен алгоритмдері

- Қабылдағыштың антеннасының сапасы, сүзгілеу әдістері, цифрлық өңдеу алгоритмдері маңызды.
- Көп жиілікті қабылдағыштар атмосфералық әсерлерді азайтуға мүмкіндік береді.
- RTK және DGPS әдістері нақты уақыт режимінде түзету жасап, дәлдікті арттырады.

9. Дәлдікті арттыру әдістері мен түзету жүйелері

- **Дифференциалды GPS (DGPS):** жердегі станциялардан түзету сигналдарын қабылдау.
- **Реал уақыттағы кинематикалық (RTK) әдіс:** сантиметрлік дәлдік береді.
- **SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS):** спутниктік түзету жүйелері.
- **Қосарлы және көп жүйелік GNSS қабылдағыштар:** GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou біріктіру.

10. Қорытынды және болашақ бағыттар

Навигациялық өлшеулердің дәлдігі әртүрлі ішкі және сыртқы факторларға тәуелді. Оларды кешенді түрде ескеру және түзету әдістерін пайдалану қазіргі және болашақта навигацияның сенімділігін арттырады.

Болашақта жасанды интеллект, машиналық оқыту және жаңа спутниктік технологиялар дәлдікті жаңа деңгейге көтереді.

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Навигациялық өлшеулердің дәлдігі дегеніміз не және оның маңызы неде?
2. Навигациялық өлшеулердің дәлдігіне қандай ішкі факторлар әсер етеді?
3. Ионосфералық әсерлер навигациялық сигналдарға қалай ықпал етеді?
4. Тропосфералық әсерлер мен олардың навигациялық өлшеулердің дәлдігіне әсері қандай?
5. Спутниктің орбиталық қателігі дегеніміз не және ол қалай пайда болады?
6. Сағаттық қателіктердің навигациялық өлшеулердің дәлдігіне тигізетін әсерін түсіндіріңіз.
7. Көпсәулелі әсер (Multipath) деген не және ол қалай пайда болады?
8. Радиокедергілердің навигациялық жүйелерге әсері қандай?
9. Қабылдағыштың сапасы мен алгоритмдерінің дәлдікке әсері қалай жүзеге асады?
10. DGPS және RTK әдістері дәлдікті қалай жақсартады?

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kaplan E. D., Hegarty C. J.
   Understanding GPS: Principles and Applications, 2nd Edition. Artech House, 2006.
   — GNSS жүйелерінің негіздері және дәлдікке әсер ететін факторлар.
2. Misra P., Enge P.
   Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance. Ganga-Jamuna Press, 2006.
   — GPS навигациясының техникалық аспектілері.
3. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D.
   GPS Satellite Surveying, 4th Edition. Wiley, 2015.
   — Спутниктік өлшеулер және қателіктер.
4. Раевский И. В.
   Основы спутниковой навигации. Москва: Радио и связь, 2019.
   — Спутниктік навигация негіздері мен дәлдікке әсер ететін факторлар.
5. Официальный сайт ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS
   https://www.glonass-iac.ru, https://www.gps.gov
   — Актуальная информация по спутниковым системам и их характеристикам.
6. Teunissen P. J. G., Montenbruck O.
   Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Springer, 2017.
   — Кешенді GNSS технологиялары мен дәлдік арттыру әдістері.