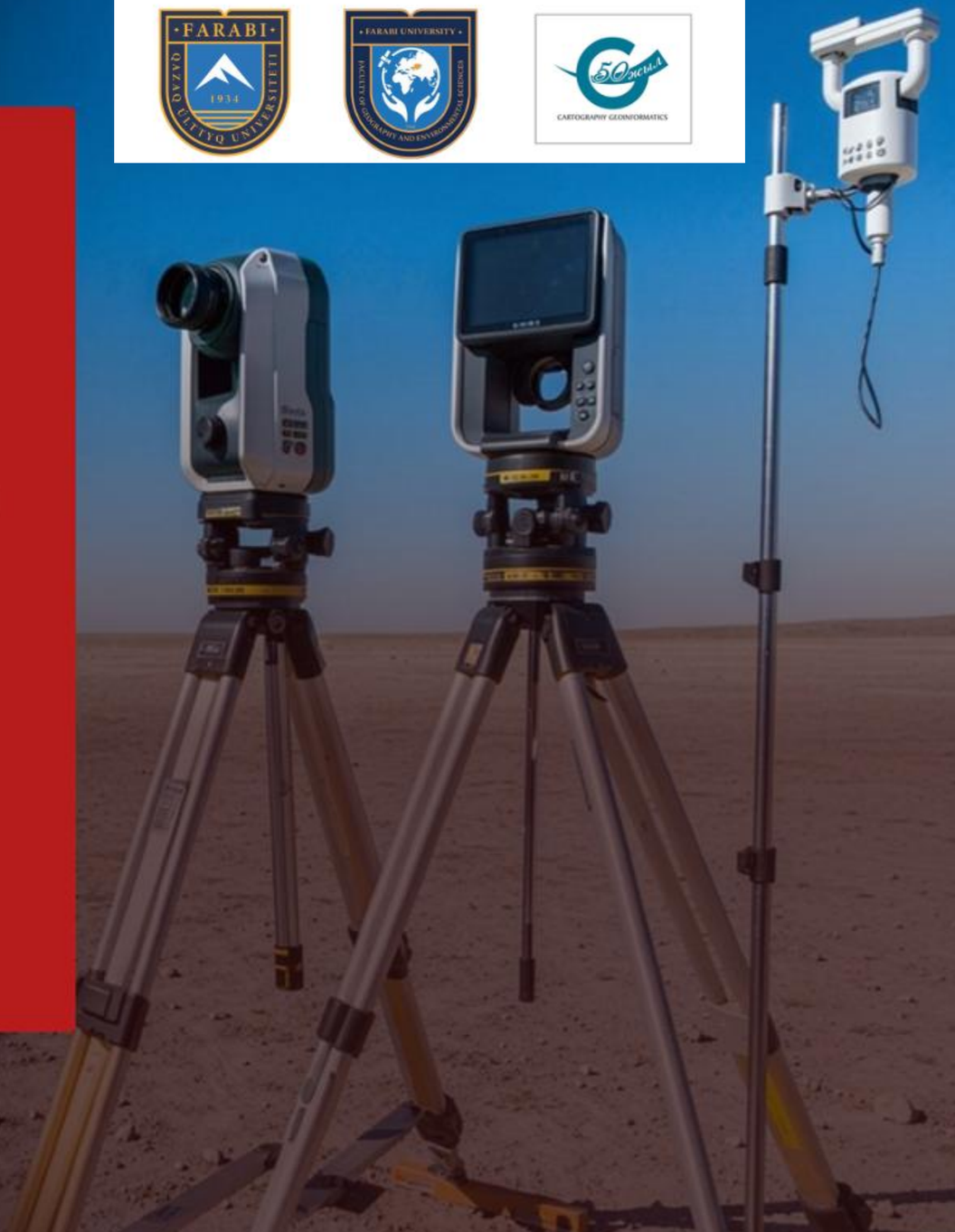
Скандарды сыртқы бағдарлаудың сызықтық және бұрыштық элементтерін анықтаудың тура әдістері

Алматы, 2026 жыл



Презентацияның мақсаты мен міндеттері

Мақсаты: *Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу нәтижелерін сыртқы бағдарлаудың сызықтық және бұрыштық элементтерін анықтаудың тура әдістерін зерттеу; геодезиялық өлшеулермен байланысын түсіндіру; скандарды бірыңғай координаталар жүйесіне келтірудің технологиялық ерекшеліктерін қарастыру.*

МІНДЕТТЕРІ

1. *Скандарды сыртқы бағдарлау ұғымын және оның геодезиялық маңызын түсіндіру.*
2. *Сыртқы бағдарлаудың сызықтық және бұрыштық элементтерін сипаттау.*
3. *Сызықтық элементтерді анықтауда GNSS пен электрондық тахеометрлерді пайдалану әдістерін қарастыру.*
4. *Бұрыштық элементтерді тікелей анықтау тәсілдерін зерттеу.*
5. *GNSS және инерциялық өлшеу жүйелерін біріктіріп қолдану ерекшеліктерін түсіндіру.*
6. *Сыртқы бағдарлау параметрлерін есептеу және дәлдігін бағалау әдістерін қарастыру.*

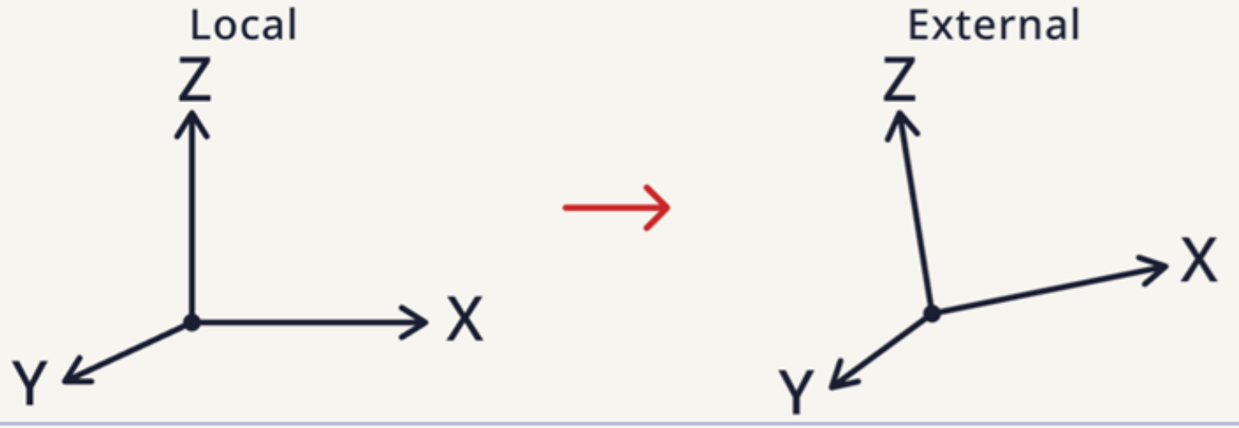
Жоспар

1. *Скандарды сыртқы бағдарлаудың жалпы түсінігі.*
2. *Сыртқы бағдарлаудың сызықтық элементтері.*
3. *Сызықтық элементтерді анықтаудың тура геодезиялық әдістері.*
4. *Сыртқы бағдарлаудың бұрыштық элементтері.*
5. *Бұрыштық элементтерді анықтаудың тура әдістері.*
6. *GNSS және инерциялық жүйелер арқылы кешенді сыртқы бағдарлау.*
7. *Сыртқы бағдарлау параметрлерін есептеу және дәлдігін бағалау.*

Скандарды сыртқы бағдарлаудың жалпы түсінігі

Сыртқы бағдарлау — лазерлік сканердің жергілікті координаталар жүйесінің сыртқы жүйеге қатысты кеңістіктік орны мен бағытын анықтау процесі.

Тура әдіс қосымша геодезиялық өлшеулер мен датчиктерге сүйенеді.



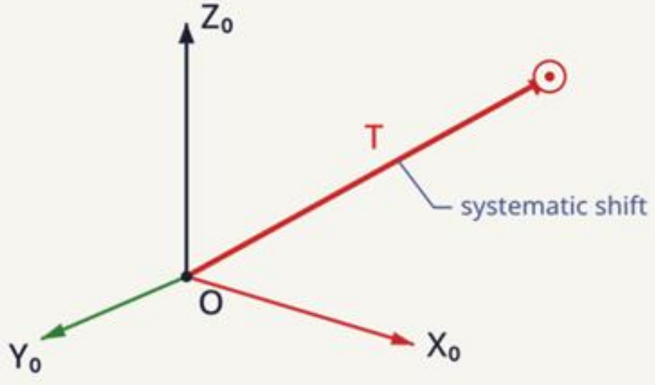
translation: $X_0\ Y_0\ Z_0$ rotation: $\omega\ \phi\ \kappa$

tools: GNSS Total station Known direction IMU

Сыртқы бағдарлаудың сызықтық элементтері

Сызықтық элементтер сканердің өлшеу орталығының сыртқы геодезиялық немесе жобалық жүйедегі орнын анықтайды.

X_0 — *X осі бойынша координата;* **Y_0** — *Y осі бойынша координата;* **Z_0** — *Z осі бойынша координата;* **$T = (X_0, Y_0, Z_0)$** — *кеңістіктік орын ауыстыру векторы.*



Белгілі пункт үстіндегі орнатуда пункт координаталары, аспап биіктігі және центрлеу ығысулары ескеріледі. Қате анықталса, барлық нүктелерде жүйелік ығысу пайда болады.

Сызықтық элементтерді анықтаудың тура геодезиялық әдістері

1 *GNSS*

RTK немесе статикалық өлшеулер арқылы станция координаталары.

2 *Тахеометр*

Белгілі геодезиялық пункттерге сүйеніп кеңістіктік орынды өлшеу.

3 *Белгілі пункт*

Пунктке орнату, биіктігі мен центрлеуін өлшеу.



GNSS қабылдағышы



Электрондық тахеометр

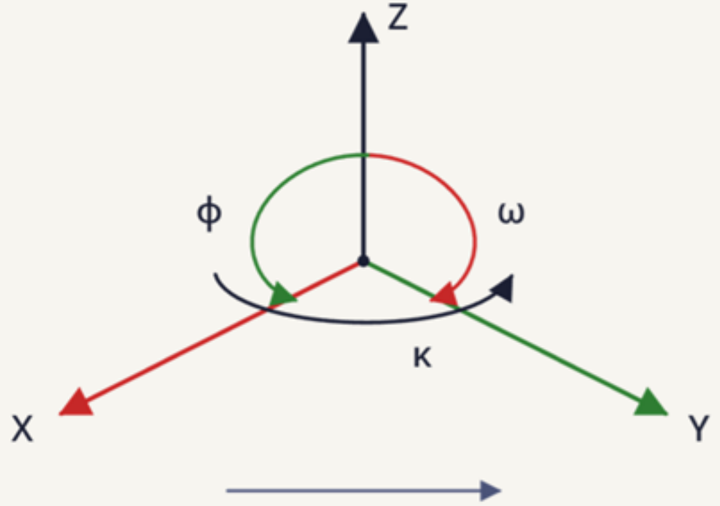


TLS сканері

Сыртқы бағдарлаудың бұрыштық элементтері

Бұрыштық элементтер сканер координаталар жүйесінің сыртқы жүйеге қатысты бағытталуын сипаттайды.

Нақты мағынасы айналу реті мен координаталар жүйесіне тәуелді.



ω — *X осінің айналасындағы бұрылу;* **ϕ** — *Y осінің айналасындағы бұрылу;* **κ** — *Z осінің айналасындағы бұрылу.*

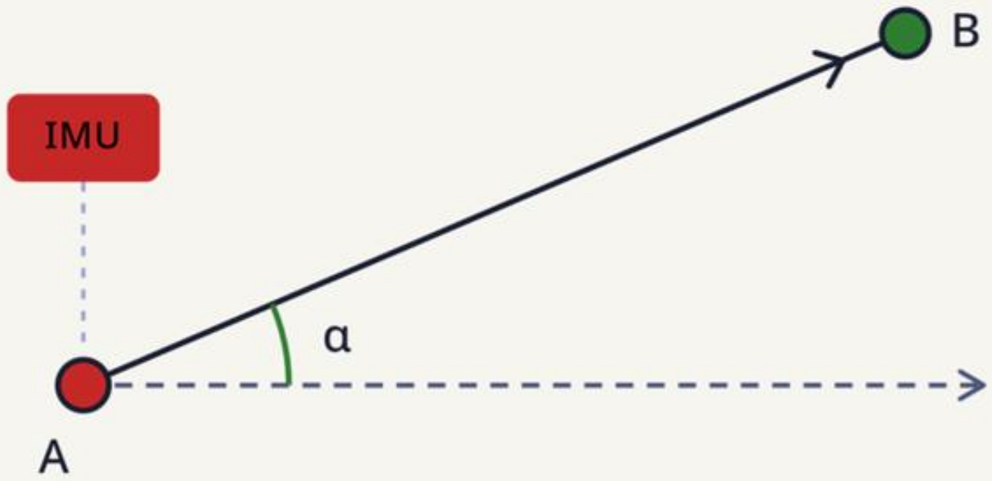
Горизонтталған сканерде екі еңкею бұрышы нөлге жақын, ал горизонталь бағдар белгілі бағытпен анықталады. Бұрыштық қателік қашықтық артқан сайын нүктелер координаталарына көбірек әсер етеді.

Бұрыштық элементтерді анықтаудың тура әдістері

Бұрыштық бағдар тура геодезиялық бағыттар және аспап датчиктері арқылы анықталады.

$$\alpha = \operatorname{atan2}(Y^B - Y^A,\ X^B - X^A)$$

A — сканер станциясы, B — белгілі бағдарлау нүктесі.



GNSS және инерциялық жүйелер арқылы кешенді сыртқы бағдарлау

Кешенді бағдарлау GNSS, IMU және TLS өлшеулерін біріктіріп, сканердің орнын әрі бағытын анықтайды.

1. *GNSS арқылы сканердің немесе антеннаның координаталарын анықтау.*
2. *Антенна мен сканер орталығы арасындағы геометриялық ығысуды есепке алу.*
3. *IMU немесе компенсатор арқылы еңкеюді анықтау.*
4. *Белгілі бағыт немесе екі антенналы GNSS арқылы горизонталь бағдарды есептеу.*
5. *Параметрлерді бір координаталық жүйеде біріктіру.*
6. *Сканерлеу нәтижелерін сыртқы жүйеге түрлендіру.*

Артықшылығы: *далалық жұмыстарды автоматтандыру, өлшеу жүйелерін біріктіру және деректерді жылдам кеңістіктік байланыстыру.*

Сұлба: GNSS + IMU + TLS өзара байланысы.

Сыртқы бағдарлау параметрлерін есептеу және дәлдігін бағалау

P = R · p + T

P — сыртқы жүйе; p — жергілікті жүйе; R — айналу матрицасы; T — сызықтық элементтер векторы.

RMSE = $\sqrt{[\Sigma(\Delta_i^2)/n]}$

Мұнда Δ_i — координаталар айырмашылығы, n — бақылаулар саны.



X_0=1000 m

Y_0=2000 m

Z_0=120 m

rotation=30°

p=(10;0;0) m

X=1008,66 m

Y=2005,00 m

Z=120,00 m

P=(1008,66;2005,00;120) m

Дәлдікке әсер ететін факторлар: GNSS сапасы, центрлеу, антенна ығысуы, датчик калибрленуі және бағдарлау нүктелерінің орналасуы.

Қорытынды

Скандарды сыртқы бағдарлаудың сызықтық және бұрыштық элементтерін тура анықтау — лазерлік сканерлеу нәтижелерін бірыңғай координаталар жүйесіне келтірудің маңызды геодезиялық кезеңі.

Сыртқы бағдарлаудың сызықтық элементтері сканердің кеңістіктік орнын, ал бұрыштық элементтері оның бағытталуын анықтайды. Бұл параметрлер GNSS қабылдағыштары, электрондық тахеометрлер, белгілі геодезиялық бағыттар және инерциялық өлшеу жүйелері арқылы анықталуы мүмкін.

Тура әдістерді қолдану далалық өлшеулер барысында сканердің орналасуы мен бағдарын анықтауға, кейінгі өңдеу жұмыстарын жеңілдетуге және үшөлшемді модельдердің кеңістіктік сәйкестігін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Осылайша, сызықтық және бұрыштық параметрлерді дұрыс анықтау лазерлік сканерлеудің геодезиялық дәлдігі мен алынған деректердің сенімділігін арттырады.

Бақылау сұрақтары

1.Скандарды сыртқы бағдарлаудың сызықтық және бұрыштық элементтері қандай?

2.Сызықтық элементтерді анықтауда GNSS және электрондық тахеометр қандай қызмет атқарады?

3.Бұрыштық элементтерді тура анықтаудың қандай әдістері қолданылады?

4.GNSS және IMU жүйелерін біріктірудің артықшылықтары қандай?

5.Сыртқы бағдарлау параметрлерінің дәлдігіне қандай факторлар әсер етеді?

Пайдаланған әдебиеттер:

1. Мотуз В. О., Сарычев Д. С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – Вып. 1 (2). – С. 12–15. 5. Комиссаров А.В., Системное представление лазерного сканирования // Геодезия и картография. – 2015. – № 7. – С. 18-23. DOI: 10.22389/0016-7126-2015-901-7-18-23

2. Середович В. А. Наземное лазерное сканирование. – Новосибирск, СГГА, 2009 – 176 с. 2. Мозер Д., Омарова А. Применение систем лазерного сканирования при изучении ландшафтов: моногр. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. - 100 с. 3. Шульц Р., Наземное лазерное сканирование в задачах инженерной геодезии / Роман Шульц. - М.: Palmarium Academic Publishing, 2013. - 348 с.

Paffenholz J.-A., Kutterer H. (2008). Direct Georeferencing of Static Terrestrial Laser Scans. FIG Working Week. Ғылыми еңбек

3. A Direct Georeferencing Method for Terrestrial Laser Scanning Using GNSS Data and the Vertical Deflection from Global Earth Gravity Models. Sensors, 2017. Ғылыми мақала

4. Conceptualizing Georeferencing for Terrestrial Laser Scanning and Improving Point Cloud Metadata. Journal of Surveying Engineering. Ғылыми мақала