

6 Дәріс

Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу технологиясы және әдістері

Презентацияның мақсаты мен міндеттері

Мақсаты: Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу технологиясының теориялық негіздерін, жұмыс істеу принциптерін және өлшеу әдістерін зерттеу, сондай-ақ алынған үшөлшемді кеңістіктік деректердің дәлдігін бағалау мен арттыру жолдарын қарастыру.

Міндеттері:

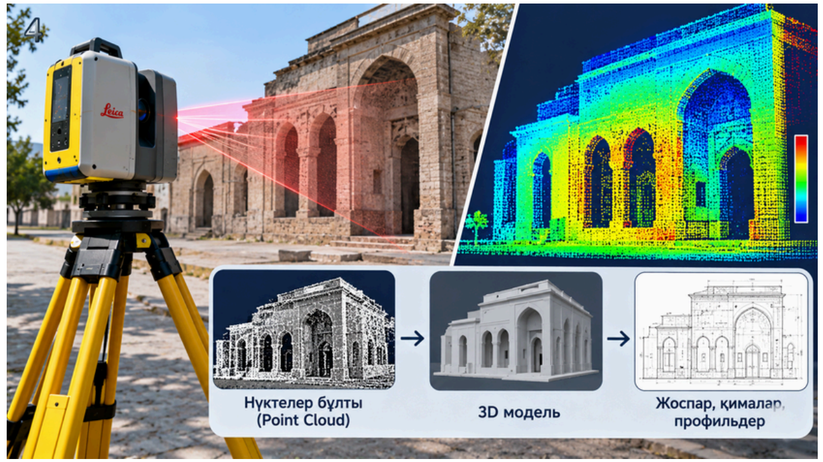
- Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу технологиясының мәнін түсіндіру.
- Лазерлік сканерлердің құрылымы мен жұмыс принциптерін сипаттау.
- Лазерлік өлшеулердің негізгі әдістерін қарастыру.
- Сканерлеу жұмыстарын ұйымдастыру және деректерді өңдеу кезеңдерін анықтау.
- Лазерлік сканерлеудің дәлдік көрсеткіштерін талдау.
- Өлшеу қателіктерінің көздерін анықтап, олардың әсерін бағалау.
- Нәтижелердің дәлдігін арттыру әдістерін қарастыру.

Жоспар

1. Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу туралы жалпы түсінік.
2. Лазерлік сканердің құрылымы және жұмыс істеу принципі.
3. Лазерлік сканерлеудің негізгі өлшеу әдістері.
4. Сканерлеу жұмыстарын жүргізу және деректерді өңдеу технологиясы.
5. Лазерлік сканерлеудің дәлдігі және негізгі техникалық көрсеткіштері.
6. Қорытынды және бақылау сұрақтары.
7. Пайдаланылған әдебиеттер.



Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу туралы жалпы түсінік



Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу (Terrestrial Laser Scanning — TLS) — жергілікті жердегі табиғи және жасанды нысандардың геометриялық параметрлерін лазер сәулесінің көмегімен қашықтан анықтауға мүмкіндік беретін заманауи геодезиялық технология.

Бұл технология лазерлік қашықтық өлшеу және бұрыштарды электрондық тіркеу жүйелеріне негізделеді. Сканер нысанның бетіне лазер сәулесін бағыттап, шағылған сигнал арқылы оның кеңістіктегі орналасуын анықтайды.

Сканерлеу нәтижесінде нысанның пішінін, өлшемін және кеңістіктік жағдайын сипаттайтын миллиондаған нүктеден тұратын үшөлшемді нүктелер бұлты (Point Cloud) қалыптасады.

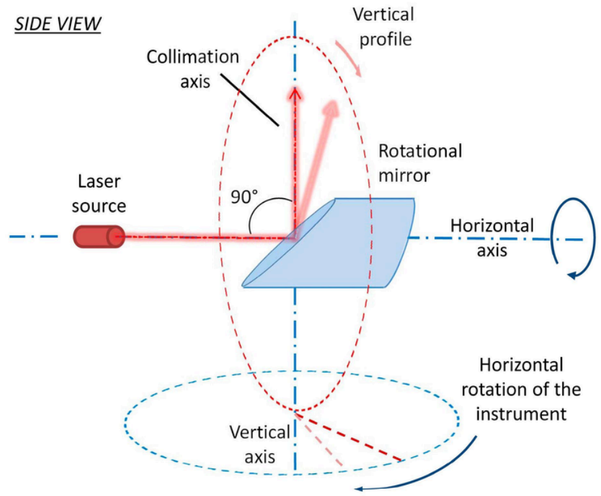
Лазерлік сканерлеудің басты артықшылықтары — өлшеудің жоғары жылдамдығы, күрделі геометриялық пішіндерді толық қамту, нысанмен тікелей жанаспай жұмыс істеу және үшөлшемді модель жасау мүмкіндігі. Алған технология инженерлік геодезияда, құрылыста, картографияда, сәулетте және инженерлік құрылымдардың деформацияларын бақылауда кеңінен пайдаланылады

Лазерлік сканердің құрылымы және жұмыс істеу принципі

- Жер бетіндегі лазерлік сканер — оптикалық, механикалық және электрондық жүйелерден тұратын жоғары технологиялық өлшеу аспабы. Оның негізгі қызметі — нысандарға дейінгі қашықтықты және лазер сәулесінің бағытын өлшеу арқылы кеңістіктік координаталарды анықтау.

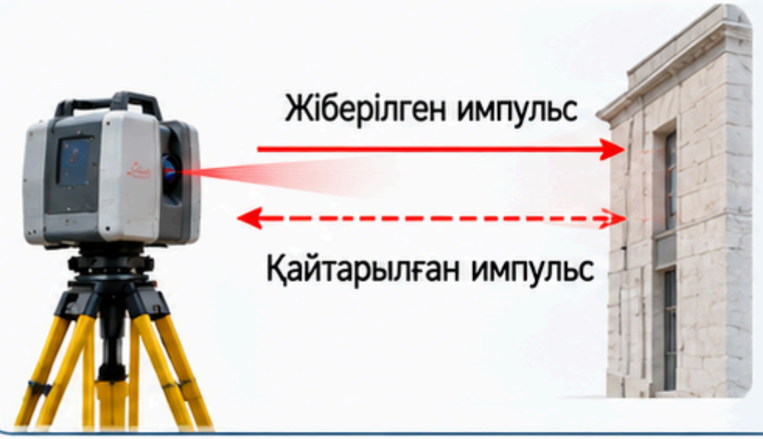
Лазерлік сканердің негізгі элементтері:

- Лазерлік сәуле таратқыш — өлшеуге қажетті оптикалық сигналды қалыптастырады.
- Оптикалық қабылдағыш — нысаннан шағылған сигналды қабылдайды.
- Айналмалы айна — лазер сәулесінің вертикаль бағытта қозғалуын қамтамасыз етеді.
- Бұрыштық энкодерлер — горизонталь және вертикаль бұрыштарды электрондық түрде тіркейді.
- Қашықтық өлшеу блогы — сканер мен нысан арасындағы арақашықтықты анықтайды.
- Басқару жүйесі — өлшеу нәтижелерін өңдеп, кеңістіктік координаталарды есептейді.



Лазерлік сканерлеудің негізгі өлшеу әдістері

Импульстік әдіс (Time of Flight, ToF)



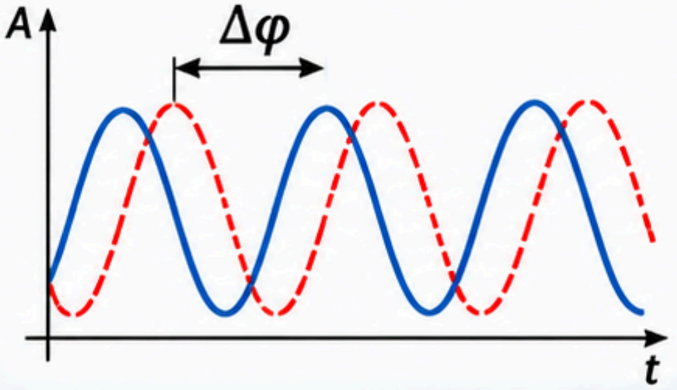
$$S = \frac{c \cdot t}{2}$$

S – қашықтық, м

c – жарық жылдамдығы ($\approx 3 \cdot 10^8$ м/с)

t – импульстің бару-қайту уақыты, с

Фазалық әдіс (Phase Shift)

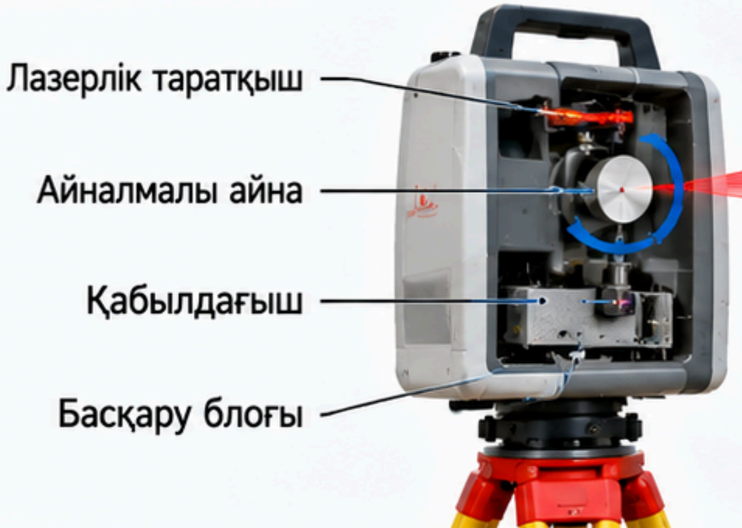


$$S = \frac{\lambda \cdot \Delta\varphi}{4\pi}$$

λ – лазер сәулесінің толқын ұзындығы, м

$\Delta\varphi$ – фазалық айырмашылық, рад

Лазерлік сканердің жұмыс сызбасы





Лазерлік сәуле жіберіледі → Нысаннан шағылған сигнал қабылданады → Қашықтық және бұрыштар өлшенеді → Нүктелер бұлты қалыптасады

Сканерлеу жұмыстарын жүргізу және деректерді өңдеу технологиясы

Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу бірнеше өзара байланысты кезеңнен тұрады. Әр кезең алынатын кеңістіктік ақпараттың толықтығы мен дәлдігіне әсер етеді.

Дайындық кезеңінде зерттелетін аумақ қарастырылып, сканерлеу станцияларының орналасуы, қажетті өлшеу дәлдігі және аспаптың жұмыс параметрлері анықталады. Қажет жағдайда геодезиялық тірек және бақылау нүктелері дайындалады.

Далалық өлшеу кезеңінде лазерлік сканер тұрақты орынға орнатылып, нысанның беткі қабаты сканерленеді. Әртүрлі станциялардан алынған мәліметтер нысанды толық қамту үшін пайдаланылады.

Камералдық өңдеу кезеңінде алынған нүктелер бұлттары біріктіріліп, қажетсіз нүктелер сүзгіленеді және бірыңғай координаталар жүйесіне келтіріледі. Соңында үшөлшемді модельдер, жоспарлар, қималар және басқа геодезиялық материалдар дайындалады.



Лазерлік сканерлеудің дәлдігі және негізгі техникалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Мәні
Өлшеу диапазоны	0,5–130 м
Өлшеу жылдамдығы	2 000 000 нүкте/сек дейін
Горизонталь сканерлеу өрісі	360°
Вертикаль сканерлеу өрісі	300°
Бұрыштық дәлдігі	18"
Қашықтық дәлдігі	1,0 мм + 10 ppm
Бір нүктенің 3D дәлдігі (10 м)	1,9 мм
Бір нүктенің 3D дәлдігі (20 м)	2,9 мм

Лазерлік сканерлеудің дәлдігі — өлшенген нүктелер координаталарының олардың нақты немесе эталондық мәндеріне жақындығын сипаттайтын маңызды метрологиялық көрсеткіш.
Сканерлеу дәлдігі қашықтық өлшеу дәлдігіне, бұрыштық өлшеу дәлдігіне, сканердің геометриялық мұрақтылығына және нәтижелерді өңдеу сапасына тәуелді.
Негізгі техникалық көрсеткіштерге қашықтық және бұрыштық дәлдік, үшөлшемді нүкте дәлдігі, нүктелер аралығы, өлшеу жылдамдығы және сканерлеу өрісі жатады.

Leica RTC360 лазерлік сканерінің техникалық сипаттамалары:

Қорытынды және бақылау сұрақтары

Қорытынды

Жер бетіндегі лазерлік сканерлеу — кеңістіктік деректерді жоғары жылдамдықпен жинауға және нысандардың дәл үшөлшемді модельдерін құрастыруға мүмкіндік беретін заманауи геодезиялық технология.
Лазерлік сканерлер қашықтық пен бұрыштық өлшеулерді біріктіру арқылы нысандардың кеңістіктік координаталарын анықтайды. Алынған нүктелер бұлты инженерлік жобалау, топографиялық түсіріс, құрылыс мониторингі және деформацияларды бақылау жұмыстарында қолданылады.
Лазерлік сканерлеудің дәлдігі аспаптың техникалық сипаттамаларына гана емес, өлшеу жағдайларына, сканерлеу геометриясына және деректерді өңдеу әдістеріне де байланысты.
Сондықтан дәл және сенімді нәтижелер алу үшін аспапты дұрыс пайдалану, бақылау өлшеулерін орындау және алынған деректердің сапасын жүйелі түрде бағалау маңызды.

Бақылау сұрақтары

1. Жер бетіндегі лазерлік сканерлеудің негізгі жұмыс істеу принципі қандай?
2. Лазерлік сканерлеуде қашықтықты өлшеудің қандай әдістері қолданылады және олардың ерекшеліктері неде?
3. Лазерлік сканерлеудің дәлдігіне қандай факторлар әсер етеді және оларды қалай азайтуға болады?

Преимущества для роста бизнеса

Технологии приносят важные изменения, которые могут способствовать процветанию бизнеса.



Взаимодействие потребителей

Благодаря технологиям люди могут лучше связываться с брендом через социальные сети и другие онлайн-каналы.



Персонализированный опыт покупок

Персонализированные под каждого покупателя товары более привлекательны. Это приносит незабываемые впечатления от шопинга, которыми покупатели всегда рады поделиться с другими.



Поведение клиентов

Позволяет владельцам бизнеса узнавать, что работает, а что нет, побуждая их немедленно вносить улучшения для удовлетворения потребностей клиентов.



- Пайдаланылған әдебиеттер
- 1. Muralikrishnan B. (2021). Performance Evaluation of Terrestrial Laser Scanners — A Review. Measurement Science and Technology. Ғылыми мақала
- 2. ISO 17123-9:2018. Optics and Optical Instruments — Field Procedures for Testing Geodetic and Surveying Instruments — Part 9: Terrestrial Laser Scanners. Халықаралық стандарт
- 3. Leica Geosystems. Leica RTC360 Product Specifications. Техникалық сипаттамалар
- 4. Soudarissanane S., Lindenbergh R., Menenti M., Teunissen P. (2011). Scanning Geometry: Influencing Factor on the Quality of Terrestrial Laser Scanning Points. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Ғылыми мақала
- 5. A Comprehensive Review of Mathematical Error Characterization and Mitigation Strategies in Terrestrial Laser Scanning. Remote Sensing, 2025. Ғылыми мақала
- 6. Shi S., Muralikrishnan B., Sawyer D. (2020). Terrestrial Laser Scanner Calibration and Performance Evaluation Using the Network Method. Optics and Lasers in Engineering. Ғылыми мақала