

ДОДАТОК А
Демонстраційний матеріал

Харківський національний університет радіоелектроніки
Кафедра фізичних основ електронної техніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Лазерні інформаційно-вимірювальні скануючі технології
Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
Освітня програма – «Лазерна і оптоелектронна техніка»

Розробив:
студент гр. ЛОЕТм-21-1
Пятенко М.Є

Керівник:
проф. каф. ФОЕТ
Курський Ю.С.

Зм.	Арк.	Прізвище	Підп.	Дата	<i>ГЮІК. 203625. 001 Д1</i> <i>Лазерні інформаційно-вимірювальні скануючі технології</i>
Розроб.		Пятенко			
Перевір.		Курський			
Н. контр.		Чернишова			
Затв.		Гнатенко			<i>ХНУРЕ каф. ФОЕТ</i>

Продовження додатку А

2

Мета роботи: Дослідження фізичних принципів конструкцій систем тривимірного лазерного сканування.

Завдання:

- 1) Проаналізувати фізичні та математичні дослідження тривимірного лазерного сканування.
- 2) Дослідити експлуатаційні характеристики лідара, як основи систем тривимірного лазерного сканування.
- 3) Дослідити технологію гіперспектральної лазерної візуалізації.

2

3

Лазерне 3D сканування – це сучасна технологія збору просторових даних. В результаті сканування формується тривимірна модель об'єкта – «хмара точок», що складається з набору вершин, положення кожної з яких визначається значеннями координат X, Y та Z. 3D сканування може здійснюватися двома способами – стаціонарним (скануються окремі будівлі та споруди, внутрішні приміщення) та мобільним (скануються великі території, лінійні об'єкти).

Технологія 3D сканування дозволяє одночасно проводити горизонтальну та висотну зйомку місцевості. В результаті роботи лазерного сканера формується «хмара точок», на основі якої будуються ортофотоплани. «Хмара точок» та ортофотоплани можуть бути представлені у різних системах координат.



фізичний об'єкт > хмара точок > полігональна 3D модель

Рисунок 1.1 – Приклад створення полігональної моделі з «хмари точок»

					<i>ГЮІК. 203625. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку А

4						
<p>Виділяють два основних методи тривимірного сканування.</p> <p><u>Контактний.</u> Пристрій зондує предмет за допомогою фізичного контакту, поки об'єкт знаходиться на прецизійній повірочній поверхні. Контактний 3D сканер відрізняється надточними результатами роботи. Правда, при скануванні можна пошкодити або змінити форму об'єкта.</p> <p><u>Безконтактний.</u> Застосовується випромінювання або особливе випромінювання (ультразвук, рентгенівські промені). В даному випадку предмет сканується через відображення світлового потоку.</p>						
5						
<p>Технологія лазерного сканування працює наступним чином. Перше – це польовий етап: сканер робить зйомку об'єктів. Друге – це камеральна обробка, де польові дані перетворюються на ті результати, які вам потрібні. У полі ставиться сканер в оптимальне, для зйомки об'єкта положення, натискаєте кнопку і чекаєте, поки сканер зробить свою роботу. На польовому етапі, якщо це необхідно, можна отримати панорамні знімки об'єкта і зробити дані ще більш реалістичними. Для отримання зйомки всього об'єкта виконується сканування з різних точок і виходить кілька сканів, які потім зшиваються і прив'язуються до системи координат під час сканування або пізніше. Пристрій 3D сканера займається детальним дослідженням фізичних об'єктів, після чого відтворюються їх точні моделі в цифровому форматі.</p> <p>3D сканування широко використовується в геодезії та картографії, в проектуванні, будівництві та експлуатації автошляхів, в архітектурі, в гірській та нафтогазовій промисловості, в судобудуванні та ін. ⁵</p>						
					ГЮІК. 203625. 001 Д1	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Продовження додатку А

6

LIDAR – (Light Detection And Ranging) – це технологія дистанційного зондування. LIDAR являється активним далекоміром оптичного діапазону, це активна сенсорна система, яка посилає дружній людському оку промінь із частотою випромінювання в межах інтервалу від 10 тис. до 70 тис. сигналів у секунду, звичайно за синусоїдою, у напрямку, перпендикулярному до руху носія скануючого пристрою. Скануючі “лідарзасоби” в системах машинного зору формують двовимірну або тривимірну картину навколишнього простору, що вдало коригується з можливостями ГІС-платформ надавати тривимірну візуалізацію у вигляді так званої 3D-Сцени.

Існує два основних види наземних лідарів: мобільний і стаціонарний. Мобільна зйомка відбувається безпосередньо під час руху і встановлюється на транспортний засіб. При стаціонарній зйомці система лідару зазвичай встановлюється на штатив або інший нерухомий об'єкт. Обидві установки обладнані безпечними для очей лазерними установками.

7

Лідар працює на довжинах хвиль 905 нм та 1550 нм, кожна з яких має свої переваги та недоліки:

- 905 нм має кращу оптичну проникність в атмосфері, дозволяє використання недорогих кремнієвих детекторів
- 1550 нм краще для безпеки очей, менше залежить від перешкод спричинених дією сонячного світла, але потребує більш дорогих детекторів на основі арсеніду галію.

Відстань до точки поверхні об'єкта, в якій сталося відображення лазерного променя, може бути обчислено за формулою 1.1:

$$D = 0,5ct$$

де c – швидкість світла;

t – повний час проходження світлом шляху до точки відображення і назад (раундтрип);

D – шукана відстань до точки відображення. У системах з безперервною хвилею лазер випромінює безперервний сигнал, до якого потім застосовується синусоїдальна амплітудна модуляція. В цьому випадку час проходження світлом повного шляху від передавача до приймача буде прямо пропорційно зсуву фаз в випромінюваному і прийнятому сигналах:

$$t = \frac{\varphi}{2\pi} T,$$

де φ – фазовий зсув;

T – період сигналу.

					<i>ГЮОК. 203625. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку А

8

Стосовно наземного лазерного сканування методичні похибки можна розділити на такі:

- а) похибки, викликані навколишнім середовищем (атмосферною рефракцією, загасанням електромагнітних хвиль, вібрацією приладу тощо);
- б) похибки, зумовлені характеристиками об'єкта сканування (розміром, орієнтацією, кольором, текстурою тощо).

Для визначення та обліку методичних похибок у результатах наземного лазерного сканування існує два основні підходи. Сутність першого полягає у роздільному оцінюванні впливу кожного фактора. Другий підхід заснований на комплексному обліку впливу всіх факторів, аналогічно до того, як виконується виключення систематичних похибок у координатах точок знімків при їх фотограмметричній обробці. За допомогою першого підходу усувають основну (велику) частину систематичних похибок з результатів вимірювання кутів та відстаней сканером, причому такий виняток виконують на так званому етапі попередньої обробки сканів. Решту систематичних похибок усувають за допомогою комплексного підходу, для чого зазвичай використовують поліноміальні моделі. Виняток спотворень у координатах точок сканів за допомогою комплексного підходу є найбільш універсальним.

9

Спектроскопія – фізичний метод дослідження закономірностей взаємодії електромагнітного випромінювання (світла) із хімічною речовиною. Такі взаємодії можуть супроводжуватися: поглинанням, випромінюванням або розсіюванням електромагнітного випромінювання. Взаємодія електромагнітного коливання з хімічною речовиною призводить до переходів між енергетичними рівнями речовини (атома чи молекули).

Основні завдання спектроскопії:

1. Ідентифікація з'єднань – встановлення будови.
2. Визначення якісного та кількісного складу сумішей неорганічних та органічних речовин.
3. Визначення енергетичних та геометричних характеристик атомів та молекул.
4. Вивчення внутрішньо- та міжмолекулярних взаємодій.
5. Дослідження кінетичних властивостей хімічних реакцій.
6. Візуалізація об'єктів.

					<i>ГЮОК. 203625. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку А

10

Мультиспектральне зображення (МЗ) це технологія отримання зображення, в якому дані фіксуються у певних діапазонах довжин хвиль в електромагнітному спектрі. Довжини хвиль можуть розділятися за допомогою оптичних фільтрів або із використанням сенсорів, що чутливі до конкретних довжин хвиль, в тому числі світло УФ та ІЧ діапазонів. Спектральна візуалізація дозволяє отримати додаткову інформацію, яку не можна побачити людським оком. МЗ вимірює світло в невеликій кількості (зазвичай від 3 до 15)

Гіперспектральне зображення (ГЗ), як і інші методи спектрального зображення, збирає і обробляє інформацію про електромагнітний спектр. Для ГЗ доступними є сотні неперервних спектральних смуг. Задачею ГЗ є отримати спектр для кожного пікселя зображення сцени, з метою:

- а) знаходження об'єктів;
- б) визначення матеріалів;
- в) здійснення процесів розпізнавання.

10

11

Технологія ГЗ набула обертів в останні десятиліття, оскільки як ширококугове генерування світла, так і світлочутливі компоненти (гіперспектральні камери) зробили значний стрибок вперед. Новітні технічні розробки призвели до створення мініатюрних датчиків, керованих MEMS (мікроелектрична та мікромеханічна система), для використання в смартфонах, дронах та CubeSats (Nano-satellite). Ці та інші розробки відкрили можливості дистанційного зондування та вимірювання, починаючи від моніторингу лісу до розпізнавання обличчя за допомогою штучного інтелекту (ШІ).

Гіперспектральні камери доповнені однохвильовим лідаром стають зрілою технологією. Це порівняно проста комбінація має кілька переваг: відносно низька вартість, хороша доступність компонентів і, у більшості випадків, безпечна для очей операція. Точність приладу, однак має тенденцію до масштабування з витратами. І технологія все ще стикається з низкою проблем, у тому числі: обмежена роздільна здатність камери, точна реєстрація між зображенням з камери та даних лідара, а також неоднчасне захоплення спектральних даних відносно просторових даних

					<i>ГЮІК. 203625. 001 ДІ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку А

12

Мультиспектральні лідари мають дві або більше довжин хвиль (зазвичай через використання кількох лазерів), що дозволяє отримувати різні цільові характеристики в залежності від довжини хвилі. Одним із найперших завдань для таких інструментів було у морській батиметрії — картографування глибин океану. У цих приладах імпульси від 532-нм лазера використовуються для проникнення в товщу води та картографування морського дна, тоді як імпульси від лазера 1064 нм вимірюють висоту до водної поверхні (рис. 1.2).



Рисунок 1.2– Titan ALTM - перший комерційний мультиспектральний лідарний датчик з трьома активними каналами довжини хвилі (1550, 1064, і 532 нм)

13

Можна реалізувати мультиспектральну лідарну технологію у спосіб, який дозволяє одночасне захоплення цільових спектральних характеристик на кожній довжині хвилі, що використовується. Ця здатність долає багато проблем із реєстрацією даними. На практиці, однак реалізація багатоспектрального лідара, що використовує кілька дискретних лазерів, може бути складною з точки зору оптики, і точності вимірювання, які вимагають ретельного вирівнювання лазерних променів

Проблеми. Всі методи, що використовують лідар, страждають від деяких загальних проблем: обмежений діапазон вимірювання (зазвичай кілька сотень метрів для безпечних для очей систем); низька частота пульсації; погана кутова роздільна здатність. Фундаментальна проблема полягає в оптичному фокусуванні. Лідари, як правило, працюють у широкому діапазоні відстаней, і реалізація автофокусування є складним якщо не неможливим завданням.

13

					<i>ГЮІК. 203625. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Продовження додатку А

14

Гіперспектральний лідар – лідарні прилади, які намагаються надати повну спектральну інформацію в кожній точці тривимірної хмари точок — це остання розробка, спрямована на об'єднання спектральних і просторових даних (рис. 1.3). Слово гіперспектральний означає використання широкосмугового джерела світла та здатність фіксувати широкосмуговий спектральний відгук цілі, навіть якщо збір даних не може бути безперервним. Є декілька прототипів гіперспектрального лідара. Наприклад, лідар з широкосмуговим лазером, коли світло генерується джерелами суперконтинууму. Ця техніка спектрального сканування вимагає ряд послідовних лазерних імпульсів для покриття повного діапазону довжин хвиль. Поки цей метод не забезпечує спектральні дані високої роздільної здатності в нестационарних системах, так як кожен імпульс і, отже, кожне вимірювання довжини хвилі може бути взяті в дещо інших точках мішені.

14

15



Рисунок 1.3 – Отримання гіперспектральних даних від імпульсів лідара

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	ГЮОК. 203625. 001 Д1				

Продовження додатку А

16

Призначення оптичної гребінки – вимірювання абсолютних частот лазерного випромінювання. На рисунку представлена схема синтезатора фемтосекундної лазерної гребінки. Кожен колір, кожен поділ є частотою як випромінювання, так і частотою для виміру. утворюється своєрідна лінійка (рис. 1.5).

Оптична частотна гребінка

Рисунок 1.5 – Схема синтезатора фемтосекундної лазерної гребінки

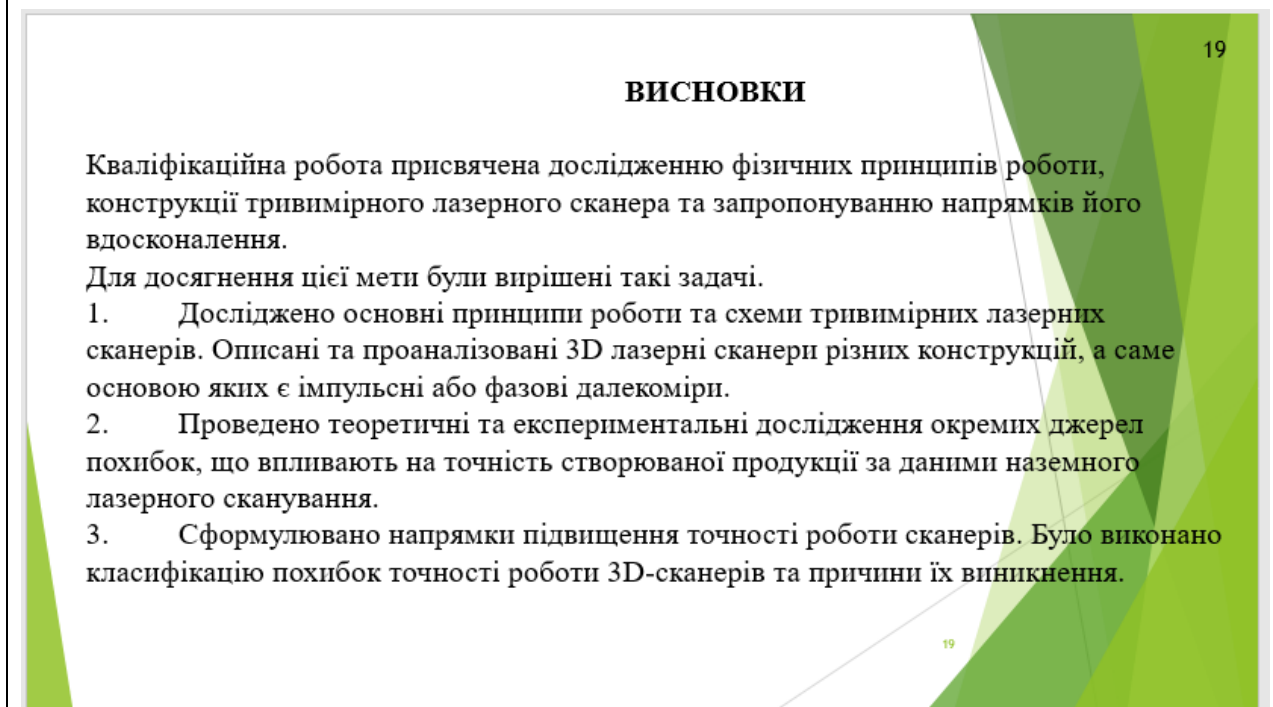
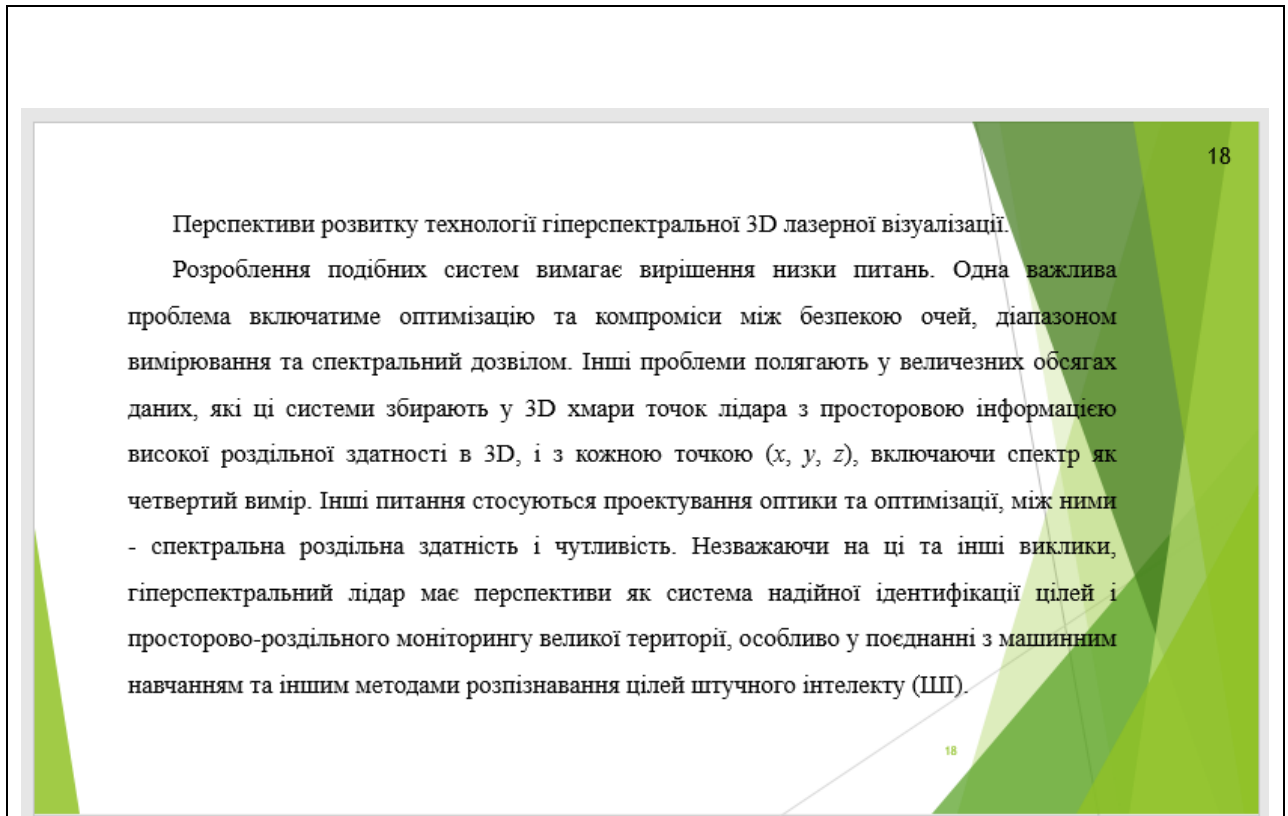
17

Звичайно, відтворюваність частоти (довжини хвилі) важлива характеристика, але для лінійних вимірів необхідно знати абсолютне значення довжини хвилі випромінювання (абсолютну частоту). Для виміру абсолютних оптичних частот створювалися радіочастотні мости й з їхньою допомогою дотепер вимірювали частоту лазерів в оптичному діапазоні. Сучасна техніка для виміру оптичних частот заснована на технології з використанням фемтосекундних лазерів.

Оптична гребінка в чомусь подібна лінійці. З її допомогою можна вирішувати складні метрологічні і спектроскопічні завдання: вимірювати інтервали між двома різними оптичними частотами, визначати невідомі частоти в тих діапазонах, в яких іншим способом їх виміряти важко, якщо взагалі можливо.

					<i>ГЮІК. 203625. 001 Д1</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

Кінець додатку А



					<i>ГЮОК. 203625. 001 Д1</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		

