

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра комп'ютерної інженерії



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему** Удосконалення технології реверс-інжинірингу для  
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)  
створення 3D віртуальних моделей

Здобувача Котлика Д.В.  
(прізвище, ініціали)

2 курсу 777а групи

Керівники: к.т.н., доц. Сахарова С.В.  
(посада, прізвище та ініціали)

ст. викл. Журнова Т. М  
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище та ініціали)

д.е.н., проф. Басюркіна Н.Й.  
(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 30.11 2023 р., протокол № 3

Завідувач кафедри комп. інженерії \_\_\_\_\_ Сергій АРТЕМЕНКО  
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерної інженерії, програмування та кіберзахисту  
Кафедра комп'ютерної інженерії  
Ступінь вищої освіти магістр  
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії  
Сергій АРТЕМЕНКО  
« 30 » листопада 2022 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

*Котлика Даниїла Володимировича*

1. Тема роботи Удосконалення технології реверс-інжинірингу для створення 3D віртуальних моделей

Затверджена наказом університету від « 30 » листопада 2022 р., наказ № 884-03

2 Термін здачі здобувачем закінченої роботи 28 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані роботи

*Технологія створення 3D моделей з використанням пристрою Kinect та їх друку*

4. Перелік питань, які потрібно розробити

*1. Сутність та переваги 3D друку в промисловості та в побуті 2. Технологія*

*3D сканування та її недоліки 3. Пристрій Kinect for Xbox та принципи його роботи*

*4. Технологія створення 3D моделей з використанням пристрою Kinect та їх друку*

*5. Загальні висновки. 6. Економічні розрахунки. 7. Охорона праці.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*Презентація Power Point – 10 слайдів*

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Економіка</i>	<i>д.е.н., проф. Басюркіна Н.Й.</i>		
<i>Охорона праці</i>	<i>Жуковецька С.Л., ст.викладач</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Сахарова С.В., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 30.11.2022

Керівники

Світлана САХАРОВА

Тетяна ЖИРНОВА

Завдання прийняв до виконання

Даніїл КОТЛИК

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Дослідження предметної області</i>	05.09.2023	Виконано
2.	<i>Дослідження питань створення 3D моделей</i>	05.10.2023	Виконано
3.	<i>Розробка технології сканування с Kinect</i>	07.11.2023	Виконано
4.	<i>Розробка технології створення та друку 3D моделей</i>	27.03.2023	Виконано
5.	<i>Підготовка техніко-економічної частини</i>	30.11.2023	Виконано
6.	<i>Підготовка розділу охорони праці</i>	30.11.2023	Виконано
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	30.11.2023	Виконано
8.	<i>Оформлення графічної частини та лістингу</i>	30.11.2023	Виконано

Здобувач - дипломник

Даніїл КОТЛИК

Керівники

Світлана САХАРОВА

Тетяна ЖИРНОВА

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник

Даніїл КОТЛИК \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню та аналізу використання технології реверс-інжинірингу для створення 3D віртуальних моделей за допомогою доступного обладнання, зокрема приладу Kinect, а також покращення використання технології друку моделі на 3D-принтерах, що друкують пластиком за технологією FDM.

В роботі наведено результати аналізу, який показав переваги сканування фізичних об'єктів перед іншими способами створення віртуальних математичних та комп'ютерних моделей, розібрані також типи та галузі застосування технологій сканування. Також проведено докладний аналіз можливості застосування сканування, сформульовано покрокову технологію сканування з використанням пристрою Kinect для отримання тривимірних моделей, показано результати обробки та друку на 3D-принтері тестової фігурки за цією технологією.

Наведені особливості застосування програмного забезпечення для сканування, визначені оптимальні параметри технології сканування з використанням пристрою Kinect на основі експериментів з використанням сучасного ПЗ 3D-сканування.

Проведено сканування тестового реального об'єкта з використанням пристрою Kinect та показані особливості підготовки 3D-моделі для печаті на 3D-принтері.

Результатом роботи є сформульована, перевірена на практиці та натурних експериментах, доступна та економічна технологія створення тривимірних комп'ютерних 3D-моделей на основі сканування з використанням пристрою Kinect.

**Ключові слова:** Kinect, 3D-принтер, FDM технологія, G-kod, слайсер, Anycubic Kossel, PLA-пластик, сканування

## ABSTRACT

The qualification work is dedicated to the research and analysis of the use of reverse engineering technology to create 3D virtual models using available equipment, in particular the Kinect device, as well as improving the use of model printing technology on 3D-printers that print plastic using FDM technology.

The paper presents the results of the analysis, which showed the advantages of scanning physical objects over other methods of creating virtual mathematical and computer models, and analyzed the types and fields of application of scanning technologies. A detailed analysis of the possibility of using scanning was also carried out, a step-by-step scanning technology was formulated using the Kinect device to obtain three-dimensional models, and the results of processing and printing a test figure using this technology on a 3D-printer were shown.

The peculiarities of the application of the scanning software are given, the optimal parameters of the scanning technology using the Kinect device are determined based on experiments using modern 3D-scanning software.

Scanning of a real test object using the Kinect device was performed and features of preparing a 3D-model for printing on a 3D-printer were shown.

The result of the work is a formulated, verified in practice and field experiments, affordable and economical technology for creating three-dimensional computer 3D-models based on scanning using the Kinect device.

Keywords: Kinect, 3D-printer, FDM technology, G-kod, slicer, Anycubic Kossel, PLA plastic, scanning

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ.....	12
1.1 Аналіз предметної області.....	12
1.2 Аналіз публікацій останніх років.....	14
1.3 Сучасні аналоги.....	17
1.4 Розробка технічного завдання.....	24
Висновки до першого розділу.....	25
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА / ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Використання технології сканування у різних галузях.....	26
2.2 Застосування Kinect для сканування моделей.....	30
2.3 Обладнання приладу Kinect.....	33
2.4 Схема використання Kinect для цілей сканування.....	39
2.5 Аналіз програмного забезпечення для Kinect.....	43
Висновки до другого розділу.....	48
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	49
3.1 Доступна технологія сканування за допомогою пристрою Kinect.....	49
3.2 Створення 3D-моделі торса людини.....	54
3.3 Друк моделі на 3D-принтері за технологією FDM.....	58
Висновки до третього розділу.....	61
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	62
4.1 Організаційно - економічне і маркетингове обґрунтування проекту.....	62
Висновок до четвертого розділу.....	76
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	77

					<b>KPM.KI.1. 884-03.2.8</b>			
<b>Змн.</b>	<b>Арк.</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>				
Розробив		Данііл КОТЛИК			<i>Удосконалення технології реверс-інжинірингу для створення 3D віртуальних моделей</i>	<b>Літ.</b>	<b>Арк.</b>	<b>Акрушів</b>
Перевіриє		Світлана САХАРОВА				6	104	
Рецензент						<b>ОНТУ, 123, гр.561</b>		
Нормоконтроль		Світлана САХАРОВА						
Затвердив		Сергій АРТЕМЕНКО						

Висновок до п'ятого розділу.....	80
Загальні висновки.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
Додаток А Лістинг.....	87
Додаток Б Презентація.....	99

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## ВСТУП

В останні десятиліття технологія 3D-модельовання та друку набула широкого застосування в різних галузях, від інженерії та виробництва до медицини та ентертейнменту. Однак однією з головних проблем, з якою стикаються фахівці в галузі 3D-модельовання, є складність створення високоякісних та точних 3D-моделей існуючих об'єктів [1, 2].

Технологія реверс-інжинірингу надає потужний інструмент для створення 3D-моделей, що базуються на існуючих об'єктах або виробках. Вона дозволяє відтворювати віртуальні 3D-моделі на основі фізичних об'єктів, використовуючи різні методи знімання даних, сканування та обробки інформації [3, 4].

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у дослідженні та аналізі використання технології реверс-інжинірингу для створення 3D віртуальних моделей за допомогою доступного обладнання, зокрема приладу Kinect.

Kinect є одним із найбільш перспективних інструментів для сканування об'єктів та створення точних 3D-моделей. Розроблена компанією Microsoft ця технологія надає можливість захоплення тривимірної інформації про фізичні об'єкти та їх перетворення на високоякісні 3D віртуальні моделі [22, 24].

В рамках даної кваліфікаційної роботи запропоновано технологію сканування предметів з використанням приладу Kinect для створення якісних 3D-моделей. У процесі досліджень було проаналізовано основні принципи роботи Kinect, його можливості та обмеження у контексті формування високоточних 3D-моделей.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основну увагу було приділено розробці алгоритмів та застосування програмного забезпечення, що дозволяють оптимізувати процес сканування та підвищити якість одержуваних моделей. Розглянуто різні техніки обробки даних, фільтрацію та злиття хмар точок, а також методи відновлення геометричної та текстурної інформації для створення реалістичних 3D-зразків.

Очікується, що результати цього дослідження зможуть покращити можливості використання приладу Kinect у контексті створення високоякісних 3D-моделей, а також сприяти розвитку та вдосконаленню існуючих методів та алгоритмів обробки даних, пов'язаних із цією технологією.

**Актуальність теми.** Технологія реверс-інжинірингу та створення 3D віртуальних моделей мають величезний потенціал та актуальність у різних галузях, таких як інженерне проектування, архітектура, медицина, розробка ігор та віртуальної реальності. Можливість створення точних та детальних 3D-моделей з реальних об'єктів чи існуючих виробів дозволяє покращити процеси проектування, модифікації та ремонту, а також надає нові можливості для візуалізації та взаємодії з об'єктами. Технологія реверс-інжинірингу з використанням приладу Kinect надає нові можливості для створення високоякісних 3D-моделей, що робить цю тему актуальною та затребуваною.

**Метою** даної кваліфікаційної роботи є розробка технології сканування предметів за допомогою приладу Kinect для створення якісних 3D-моделей. Головним завданням є дослідження та аналіз можливостей Kinect у контексті сканування та створення точних та реалістичних 3D-моделей.

**Об'єктом дослідження** є процес сканування предметів із використанням приладу Kinect та його застосування для створення якісних 3D моделей.

**Предметом дослідження** є методи та алгоритми обробки даних, отриманих за допомогою приладу Kinect, з метою оптимізації процесу сканування та створення високоякісних 3D-моделей.

У ході роботи були використані такі методи дослідження:

1. Аналіз наукової літератури та існуючих досліджень у галузі сканування та створення 3D-моделей з використанням Kinect.

					<b>KPM.KI.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2. Експериментальні дослідження із застосуванням приладу Kinect для сканування різних предметів та об'єктів.

3. Розробка та тестування алгоритмів обробки даних та створення 3D-моделей.

4. Порівняльний аналіз результатів сканування та створених 3D моделей з використанням різних методів та алгоритмів.

**Наукова новизна** цієї роботи полягає у розробці та оптимізації технології сканування предметів за допомогою приладу Kinect для створення якісних 3D-моделей. Очікується, що результати дослідження призведуть до підвищення точності та реалістичності створюваних 3D-моделей, а також оптимізації процесу сканування.

**Практичні результати** роботи можуть бути використані в різних галузях, включаючи промислове виробництво, архітектуру, медицину та дизайн, де потрібне створення високоякісних та точних 3D-моделей. Технологія сканування з використанням Kinect може бути застосована для швидкого та ефективного створення 3D-моделей реальних об'єктів із мінімальними витратами часу та ресурсів.

**Апробація результатів роботи та публікації.** Результати досліджень доповідалися на наступних конференціях [8-11]:

1. XX Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій» (Одеса, 21-22 квітня 2020 р.);

2. XXI Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій» (Одеса, 22-23 квітня 2021 р.);

3. XXII Всеукраїнська науково-технічна конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій» (Одеса, 21-22 квітня 2022 р.);

4. XVI Міжнародна науково-практична конференція "Інформаційні технології і автоматизація – 2023». Одеса, 19-20 жовтня 2023 р.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Основні результати досліджень були опубліковані в наступних наукових статтях та монографіях [12,13,14]:

1. Daniil Kotlyk, Iryna Muntian. Research and improvement of 3D printing with ABS plastic using FDM technology / Black Sea Science 2020: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works. Information Technology, Automation and Robotics. / Odessa National Academy of Food Technologies; V.Yegorov, M. Mardar, S.Kotlyk (editors-in-chief.) [et al.]. - Odessa: ONAFT, 2020. - p.160-169.

2. С. Котлик, О. Романюк, О. Соколова, Д. Котлик, Розробка доступної технології створення 3D комп'ютерних моделей на основі фотограмметрії. Частина I., Automation of technological and business processes, Volume 14, Issue 2, pp. 37-50, Сер 2022, DOI:<https://doi.org/10.15673/atbp.v14i2.2332>.

3. С. Котлик, О. Романюк, О. Соколова, Д. Котлик, Розробка доступної технології створення 3D комп'ютерних моделей на основі фотограмметрії. Частина II., Automation of technological and business processes, Volume 14, Issue 3, pp. 11-19, Сер 2022, DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v14i3.2348>.

Результати досліджень також представлялися на студентських конкурсах:

1. Міжнародний конкурс студентських наукових робіт Black Sea Science 2020 у номінації "Інформаційні технології, автоматизація та робототехніка". Daniil Kotlyk. «Research and improvement of 3D printing with ABS plastic using FDM technology», робота зайняла 16 місце із 49 учасників.

2. Міжнародний конкурс студентських наукових робіт Black Sea Science 2023 у номінації "Інформаційні технології, автоматизація та робототехніка". Daniil Kotlyk. «Improvement of photogrametry technology for creating 3D computer models», робота зайняла 30 місце із 120 учасників.

3. Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань та спеціальностей, 2022, спеціальність "Комп'ютерна інженерія", 1 етап,

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Котлик Данііл, «Дослідження нових можливостей фотограмметрії в створенні високоякісних 3D моделей для віртуальної реальності», робота зайняла друге місце у конкурсі.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ АНАЛОГІВ

#### 1.1 Аналіз предметної області

Сучасні технології створення 3D-моделей мають велике значення у різних галузях, таких як інженерне проектування, архітектура, медицина та розробка ігор [1, 2]. Одним з важливих аспектів успішного створення 3D-моделей є точність та якість даних, які отримуються під час сканування об'єктів. У цьому контексті технологія сканування з використанням приладу Kinect становить значний інтерес [3, 4, 7, 22].

При цьому слід відзначити важливе значення сканування, що відіграє важливу роль у створенні якісних 3D-моделей. Замість створення моделей з нуля, сканування дозволяє захопити реальні об'єкти і перетворити їх в точні цифрові дублікати [5, 6, 7]. Цей процес може захопити найдрібніші деталі об'єкта, включаючи текстури, форми та розміри. Таким чином, отримана модель буде максимально точною та реалістичною. Ця технологія заощаджує багато часу і зусиль при створенні 3D-моделі, оскільки замість того, щоб вручну моделювати кожну деталь, сканування дозволяє швидко захопити форму і структуру об'єкта (рис.1.1). Сканування забезпечує точне відтворення об'єкта, що дозволяє створювати та повторювати моделі з високим ступенем точності. Це корисно, наприклад, під час створення серійних продуктів чи реставрації історичних артефактів. Такі дії відкривають двері для різних інноваційних можливостей (наприклад, сканування тіла людини може використовуватись для створення персоналізованих протезів або індивідуального одягу).

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Прилад Kinect – це глибинний сенсор, розроблений компанією Microsoft, який використовується в ігрових консолях Xbox [15, 18, 19]. Однак, завдяки своїм можливостям розпізнавання рухів і створення тривимірної моделі користувачів, Kinect знайшов застосування в області 3D-сканування. Він дозволяє швидко і точно захоплювати дані про геометрію та текстури об'єктів, відкриваючи нові можливості для створення якісних 3D-моделей.



Рис.1.1 – Приклад створення 3D-моделі промислового зразка портативним сканером

Для розробки технології сканування предметів за допомогою Kinect необхідно провести аналіз існуючих методів і підходів до 3D-сканування. Існує кілька основних підходів до сканування, таких як структуроване світлове сканування, лазерне сканування, фотограмметрія та глибинне сенсорне сканування [3, 6, 7]. Кожен із цих підходів має свої переваги та обмеження, які слід враховувати при розробці технології сканування за допомогою Kinect.

Kinect має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і не вимагає спеціальних навичок або знань для роботи, використовує технологію розпізнавання рухів, дозволяючи вам керувати процесом створення моделей без необхідності у фізичному контакті з приладом. Це зручно і дозволяє зберегти чистоту та цілісність моделі. Також слід зазначити, що цей прилад має досить високу точність відтворення рухів та форм. Він здатний захоплювати дрібні деталі та текстури, створюючи реалістичні 3D-моделі [15].

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У літературі багато авторів свідчать про широкий спектр застосувань Kinect у різних галузях, таких як ігрова індустрія, медицина, архітектура та дизайн, він може використовуватися для створення анімацій, віртуальної реальності, моделювання та багато іншого.

Однією з його головних переваг є його доступність та розумна ціна. Це робить Kinect прийнятним для широкого кола користувачів, які бажають створювати 3D-моделі в домашніх умовах.

В цілому, прилад Kinect є чудовим вибором для створення 3D-моделей у домашніх умовах завдяки своїй простоті використання, високій точності та безлічі додатків.

Нижче буде показано можливості та обмеження, пов'язані з використанням приладу Kinect для сканування предметів. Такі фактори, як роздільна здатність, точність, швидкість сканування, можливість захоплення кольору та текстур, а також сумісність із програмним забезпеченням для обробки даних, є важливими при виборі даного приладу для створення якісних 3D-моделей.

Аналіз предметної області є основою розробки технології сканування предметів з використанням приладу Kinect. Він дозволяє визначити вимоги до ПЗ, вибрати оптимальні методи сканування та обробки даних, а також оцінити потенціал і обмеження даної технології [22, 26]. Розуміння предметної області є важливим кроком для успішної розробки технології сканування та створення якісних 3D-моделей за допомогою приладу Kinect.

## 1.2 Аналіз публікацій останніх років

У цьому розділі проведено аналіз актуальних публікацій, що стосуються розробки технології сканування предметів з використанням приладу Kinect та створення якісних 3D-моделей. У ході аналізу було виділено такі ключові аспекти:

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Принцип роботи приладу Kinect: дослідження підтверджують, що прилад Kinect використовує метод глибинного зору за допомогою інфрачервоного випромінювання та глибини камери для створення точних тривимірних моделей об'єктів. Це дозволяє досягти високої точності та деталізації моделей [15, 18, 19]

Алгоритми обробки даних: у літературі представлені різні алгоритми обробки даних, які використовуються для покращення якості та точності 3d моделей. Приклади таких алгоритмів включають фільтрацію шуму, сегментацію об'єктів, вирівнювання та злиття хмар точок [23, 24].

Застосування у різних галузях: однією з основних переваг розробленої технології є її багатофункціональність. Досліджено застосування Kinect у різних галузях, таких як комп'ютерний зір, медицина, ігрова індустрія, археологія та промисловість. Це підтверджує широкий спектр можливостей та потенціалу даного приладу [5, 6, 15, 24].

Обмеження та виклики: деякі публікації містять кілька обмежень і викликів, пов'язаних з розробкою технології сканування за допомогою Kinect. Це включає обмежену точність у певних умовах освітлення, складності в обробці великих обсягів даних та обмежену сумісність із деякими програмними платформами [23, 24].

Порівняння з іншими методами: у літературі проведено порівняльні аналізи між технологією сканування за допомогою Kinect та іншими методами, такими як лазерне сканування та стереозір. Ці дослідження показали переваги та недоліки кожного методу, а також можливі сфери їх застосування [6, 15, 18].

Також у деяких публікаціях зазначені специфічні моменти технології сканування та застосування для цих цілей приладу Kinect, на яких варто зупинитися через їх поширеність та фундаментальність.

У [16] автори представляють швидкий та точний метод 3D-сканування внутрішніх приміщень на основі інтегрованого використання структури руху та одночасної локалізації та картографування. Вони використовують техніку структури руху для вилучення точок ознак із зображень і одночасно оцінюють

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

позицію та орієнтацію камери. Експерименти показують високу швидкість і точність результатів.

У статті автори представляють високоточну систему 3D-сканування на основі сенсора фази Муара для одноразового знімання. Вони пропонують метод, який комбінує інформацію про фазу Муара та структуру об'єкта для відновлення 3D-поверхні. Експерименти показують високу точність та ефективність системи сканування.

Дослідження 3D-сканування та відновлення складних геологічних структур з використанням безпілотних літальних апаратів проведено у [20]. Автори пропонують метод, що ґрунтується на зйомці з різних ракурсів та подальшому об'єднанні отриманих даних для створення повної 3D-моделі. Експерименти показують ефективність запропонованого підходу сканування складних геологічних формацій.

Система 3D-сканування та відстеження об'єктів для інтерактивного роботизованого складання пропонується в [21]. Автори пропонують метод, який комбінує внутрішні світлодіодні датчики та маркери для сканування та відстеження об'єктів у режимі реального часу. Ця система дозволяє роботам взаємодіяти з навколишніми об'єктами під час збирання.

У [25] автори представляють портативну мобільну систему 3D-сканування для швидкої цифровізації реальних об'єктів на основі структурованого світла. Вони використовують проектор та камеру для зйомки об'єкта та подальшого відновлення його 3D-моделі. Експерименти показують високу швидкість та точність даної системи сканування.

Огляд публікацій останніх років показує, що розробка технології сканування предметів за допомогою приладу Kinect для створення якісних 3D-моделей є областю, що активно досліджується. Подальші дослідження та розробки в цій галузі можуть призвести до нових інновацій та застосування Kinect у різних сферах.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

### 1.3 Сучасні аналоги

Створення тривимірних моделей шляхом сканування на виробничих підприємствах часто асоціюється із значними витратами. Цей процес може включати використання спеціалізованого обладнання, оплату послуг професійних сканеристів, і витрати на програмне забезпечення для обробки та аналізу отриманих даних [5, 6, 22, 26].

Основні фактори, які роблять сканування для отримання 3D-моделей дорогим процесом, включають:

1. Спеціалізоване обладнання: високоточні 3D-сканери та обладнання для захоплення зображень потребують значних фінансових вкладень при купівлі та обслуговуванні.

2. Кваліфікований персонал: для забезпечення високої якості сканування потрібна наявність досвідчених фахівців, що може спричинити додаткові витрати на заробітну плату та підготовку персоналу.

3. Технічна підтримка та обслуговування: регулярне обслуговування та апгрейд обладнання, а також оновлення програмного забезпечення вимагають додаткових витрат.

4. Час та ресурси: процес сканування, обробки та аналізу даних вимагає значної кількості часу та людських ресурсів, що також відбивається на витратах.

5. Додаткові витрати: крім основних витрат, виникають і додаткові витрати на оренду приміщень, обладнання та інші супутні витрати.

Сьогодні на ринку існує безліч промислових 3D-сканерів, їхня вартість значно варіюється в залежності від технічних характеристик, продуктивності та функціональності [2, 3, 5, 6, 17]. Ось кілька прикладів відомих марок промислових 3D-сканерів, ціна яких зазвичай висока:

FARO: Компанія FARO пропонує широкий вибір високоточних 3D-сканерів, орієнтованих на використання у промисловості та інженерії [6]. Наприклад, сканер FARO FocusS 350, призначений для сканування великих

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

об'єктів, має високу точність і продуктивність, але його вартість може досягати декількох десятків тисяч доларів (рис.1.2).



Рис.1.2 - FARO Focus - потужний 3D лазерний сканер.

Hexagon: Компанія Hexagon, яка володіє такими брендами, як Leica Geosystems, виготовляє високоточні 3D-сканери для різних промислових застосувань (рис.1.3). Наприклад, Leica RTC360 – це сканер високої точності, але його вартість також може бути значною.



Рис. 1.3 - Лазерний сканер Leica RTC360

Artec 3D: Artec 3D спеціалізується на виробництві портативних 3D-сканерів для створення високоякісних 3D-моделей. Їхня продукція, така як

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Artec Eva або Artec Space Spider, має високу точність і призначена для інженерних та промислових додатків (рис.1.4).



Рис. 1.4 – Лінійка сканерів Artec Space Spider

Creaform: Компанія Creaform спеціалізується на розробці портативних 3D-сканерів високої роздільної здатності. Наприклад, сканери серії HandySCAN можуть використовуватися для сканування деталей та обробки поверхонь різних предметів, але їхня вартість також є значною (рис.1.5).



Рис. 1.5 – Лазерний сканер серії HandySCAN

EinScan: Компанія Shining 3D виробляє серію сканерів EinScan, включаючи EinScan Pro 2X та EinScan Pro 2X Plus, ціна яких варіюється від 5000 до 8000 доларів США (рис.1.6). Ці сканери призначені для широкого спектру програм, від сканування об'єктів до створення 3D-моделей для промислового, дизайнерського та освітнього використання.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Рис. 1.6 – Портативний сканер EinScan Pro 2X

Ці компанії пропонують високоякісні промислові 3D-сканери, які можуть бути використані для сканування об'єктів у промислових, інженерних, архітектурних та інших областях. Однак, варто відзначити, що крім вартості сканерів, додаткові витрати можуть виникнути при придбанні необхідного програмного забезпечення, навчанні персоналу та обслуговуванні обладнання. Нижче наводяться приблизні ціни на це обладнання (Laser Scanners, Structured Light):

- Artec Eva Lite: от \$5,000 до \$7,000.
- Artec Eva: от \$15,000 до \$18,000.
- FARO Focus S150: от \$30,000 до \$35,000.
- Einscan Pro 2X: от \$4,000 до \$5,000.
- FARO Focus S350: от \$50,000 до \$60,000.
- Leica BLK360: от \$15,000 до \$20,000.
- Leica RTC360: от \$50,000 до \$70,000.
- FARO Freestyle 3D: от \$15,000 до \$20,000.

Зрозуміло, що перераховане обладнання в домашніх умовах не застосовується насамперед із фінансових міркувань. У зв'язку з розвитком технологій та появою більш доступного обладнання (наприклад, приладу Kinect) сканування поступово має стати більш конкурентоспроможним, що зробить цей процес більш доступним для підприємств невеликих масштабів [15, 19, 22].

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Крім використання приладу Kinect для сканування предметів для створення 3D-моделей, аналогічні методи можуть бути реалізовані шляхом використання інших технологій та пристроїв. Сучасні методи 3D-сканування включають різні технології та підходи. Ось деякі з них зі своїми характеристиками [1, 4, 5].

1. Структурні світлові методи (Structured Light Scanning): проектується структуроване світло на об'єкт, зазвичай з допомогою проєктора, потім робляться фотографії чи відеозаписи об'єкта із захопленим структурованим світлом, з урахуванням спотворень від структурованого світла створюється 3D-модель (рис.1.7). Така технологія характеризується високою швидкістю сканування та точністю, особливо на поверхнях із високим рівнем відображення.

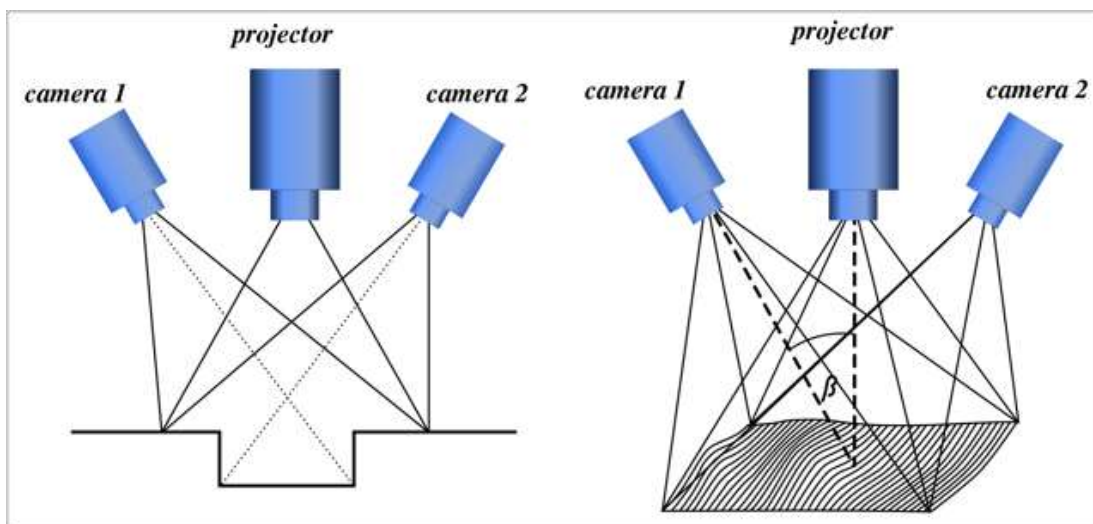


Рис. 1.7 – Ілюстрація технології Structured Light Scanning

2. Лазерне сканування (Laser Scanning): лазерний промінь сканує поверхню об'єкта та вимірює час відображення лазерного випромінювання, вимірювання комбінуються для створення хмари точок, що представляє форму об'єкта (рис.1.8). В цьому випадку може бути пасивне або активне сканування (з використанням часу польоту або фазового виміру), це зазвичай дає високу точність та надає детальні результати.

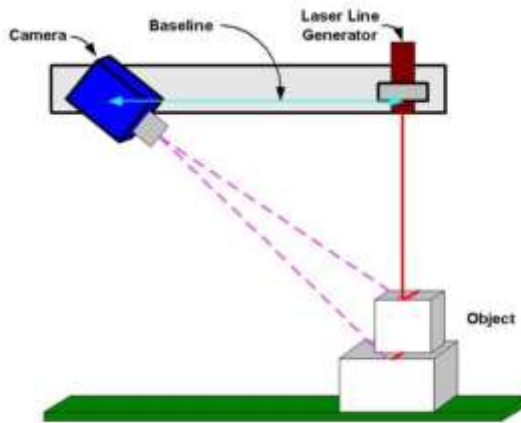


Рис. 1.8 – Схема лазерного сканування Laser Scanning

3. Фотограмметрія (Photogrammetry): тут використовуються фотографії з різних ракурсів, зроблені за допомогою фотоапарата або дрону, спеціальне програмне забезпечення аналізує текстури та особливості зображень для створення 3D-моделі, масштаб та розмір об'єкта визначаються шляхом аналізу перспективи та точок маркерів. Такий підхід часто використовується для створення прецизійних моделей на основі фотографій з високою роздільною здатністю (рис.1.9).

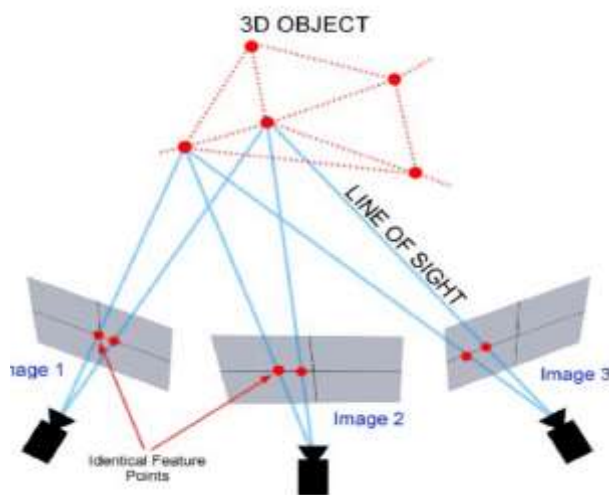


Рис. 1.9 – Схема photogrammetry

4. Технологія (Time-of-Flight, TOF): застосовується активне сканування з використанням часу прольоту лазерного сигналу в просторі, при цьому вимірювання відстаней засновані на вимірі часу, необхідного для відображення

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

променя лазера від об'єкта (рис.1.10). Технологія характеризується високою швидкістю сканування та великою дальністю дії.

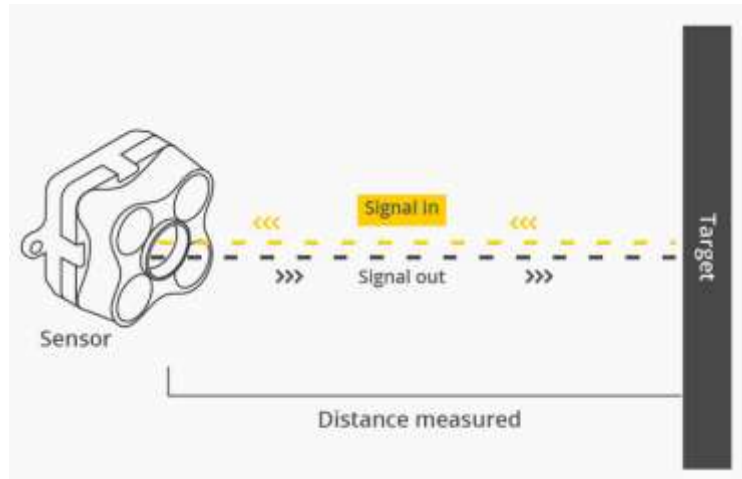


Рис. 1.10 – Схема технології Time-of-Flight

5. Стереоскопія (Stereoscopy): використовується дві або більше камери, розташовані з певним розривом, щоб захопити зображення об'єкта з трохі різними ракурсами, що схоже на зір людини, яка використовує два ока, дані зліва і справа поєднуються для створення тривимірної моделі (рис.1.11) .

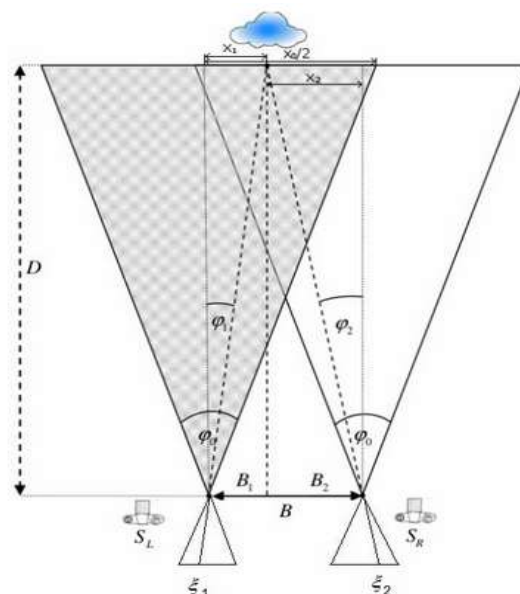


Рис. 1.11 – Схема використання Stereoscopy

Перелічені прилади та технології є альтернативою використанню Kinect для сканування предметів з метою створення 3D-моделей. Кожен з них має свої унікальні переваги та обмеження, однак у більшості випадків вартість таких альтернатив набагато більша за застосування приладу Kinect.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 1.4 Розробка технічного завдання

Ціль проекту: розробити доступну в домашніх умовах недорого технологію сканування предметів з використанням приладу Kinect з подальшим створенням якісних 3D-моделей.

Завдання проекту:

1. Вивчення існуючих методів сканування з використанням приладу Kinect, аналіз їх ефективності, точності та застосовності для створення 3D-моделей.

2. Використання спеціалізованого програмного забезпечення для приладу Kinect, що дозволяє обробку даних сканування та створення 3D-моделей з високою деталізацією та точністю.

3. Дослідження методів усунення шумів, спотворень та помилок, пов'язаних із процесом сканування (експерименти), з метою підвищення якості створюваних 3D-моделей.

4. Визначення оптимальних налаштувань та параметрів сканування, що забезпечують максимальну точність та деталізацію 3D-моделей.

5. Тестування розробленої технології на різних об'єктах з різною структурою та матеріалами для підтвердження її ефективності у різних умовах.

6. Оцінка ступеня точності та якості створених 3D-моделей порівняно з альтернативними методами сканування.

7. Створення інструкцій та посібників щодо використання розробленої технології для забезпечення її застосування у різних галузях.

Очікувані результати:

1. Розроблена та оптимізована технологія сканування за допомогою приладу Kinect.

2. Посібник із використання програмного забезпечення, що забезпечує обробку даних сканування та створення високоякісних 3D-моделей.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3. Інструкції щодо використання розробленої технології для кінцевих користувачів.

Рівень складності та інноваційність проекту. Проект орієнтований на високий рівень складності з акцентом на інноваційні методи сканування та створення 3D-моделей з використанням доступного та дешевого обладнання, що робить його значущим у сфері наукових досліджень та промислової практики.

Очікуваний результат – розроблена технологія, здатна застосовуватися у різних галузях для створення точних та детальних 3D-моделей об'єктів.

### **Висновки до першого розділу**

У розділі показано, що сучасні технології створення 3D-моделей мають велике значення у різних галузях, таких як інженерне проектування, архітектура, медицина та розробка ігор. Одним з важливих аспектів успішного створення 3D-моделей є точність та якість даних, які отримуються під час сканування об'єктів. У цьому контексті технологія сканування з використанням приладу Kinect становить значний інтерес.

Наводяться характеристики пристрою Kinect, описуються його можливості та сфери застосування.

Проведено аналіз публікацій останніх років, зроблено висновок про те, що розробка технології сканування предметів за допомогою приладу Kinect для створення якісних 3D-моделей є областю, що активно досліджується.

Проведено аналіз аналогів-сканерів, їх характеристик, показано, що більшість із них істотно дорожче за застосування Kinect.

Проведено порівняльний аналіз існуючих технологій сканування, відзначено їх позитивні сторони та недоліки. Показано, що кожна з них має свої унікальні переваги та обмеження, однак у більшості випадків вартість таких альтернатив набагато більша за застосування приладу Kinect.

Розроблено технічне завдання для виконання кваліфікаційної роботи.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2

### ПРОЕКТНА ЧАСТИНА / ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

#### 2.1 Використання технології сканування у різних галузях

Технологія 3D-сканування може бути використана в багатьох галузях знань і галузях [1, 4, 5, 7]. Нижче наведено деякі області, де 3D-сканування знаходить застосування:

**Архітектура та будівництво:** 3D-сканування допомагає створювати точні моделі будівель та місцевості, а також аналізувати просторові дані для проектування та планування будівництва (рис.2.1). Воно також може використовуватись для контролю якості та інспекції будівельних об'єктів.



Рис. 2.1 – Використання сканування у будівництві

**Проектування продуктів та промислове виробництво:** 3D-сканування дозволяє створювати точні цифрові моделі предметів та компонентів для проектування нових продуктів та перевірки їх сумісності та взаємодії у рамках виробничих процесів (рис.2.2).



Рис. 2.2 – Лазерне сканування та 3D моделювання трубопроводів нафтохімічного заводу

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Культурна спадщина та археологія:** 3D-сканування допомагає відновлювати та зберігати об'єкти мистецтва, архітектурні споруди, античні артефакти та археологічні знахідки (рис.2.3). Воно створює точні цифрові копії, які можуть бути використані для дослідження, візуалізації та освітніх цілей.



Рис. 2.3 – За допомогою 3D-сканування відтворюються археологічні артефакти

**Медицина та охорона здоров'я:** у медичних науках 3D-сканування застосовується для створення точних моделей органів, кісток та тканин для планування операцій, друку 3D-моделей для навчання та виготовлення індивідуальних медичних протезів (рис.2.4).



Рис. 2.4 – Цифрове 3D сканування зубів

**Реставрація та пам'ятники:** 3D-сканування використовується для реставрації старовинних будівель, монументів та пам'ятників, а також для відтворення втрачених чи пошкоджених частин чи елементів.

**Освіта та наукове дослідження:** 3D-сканування дозволяє створювати інтерактивні візуалізації та моделі для освітніх цілей та наукового дослідження

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

у різних дисциплінах, таких як історія, біологія, геологія, археологія та інші (рис.2.5).



Рис. 2.5 – Інновації в освіті: 3D-принтер, 3D-сканер та програмне забезпечення для майбутніх фахівців

**Робототехніка та автоматизація:** 3D-сканування застосовується для створення точних моделей об'єктів та середовища для розробки та програмування роботів, автоматичної навігації та позиціонування, а також для контролю та зворотного зв'язку в роботизованих системах (рис.2.6).



Рис. 2.6 – Застосування ручних 3D сканерів у ливарному виробництві

**Мистецтво та дизайн:** 3D-сканування використовується в мистецтві та дизайні для створення точних 3D-моделей об'єктів чи скульптур, створення цифрових колекцій моди, віртуальної стилізації та візуалізації, а також для створення інтерактивних інсталяцій чи віртуальних світів.

Це лише деякі приклади областей, де 3D-сканування знаходить застосування. Завдяки своїй багатофункціональності та точності, технологія

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3D-сканування продовжує знаходити все більше застосування у різних галузях та наукових областях.

Використання традиційних методів та пристроїв тривимірного сканування може зустріти ряд труднощів, які можуть обмежити та ускладнити процес сканування [5, 7, 13,14, 18]. Ось деякі з них:

**Складність налаштування:** традиційні методи тривимірного сканування часто вимагають складного налаштування та калібрування пристроїв перед використанням. Це може включати встановлення спеціального обладнання, визначення точок опори, налаштування параметрів сканування тощо. Це вимагає спеціалізованих знань і може тривати значний час.

**Обмеження у скануванні об'єктів:** деякі традиційні методи тривимірного сканування можуть мати обмеження щодо того, які об'єкти можуть бути успішно відскановані. Наприклад, певні поверхні, текстури або матеріали можуть ускладнити точне сканування або викликати спотворення даних. Це може обмежувати можливості сканування певних типів об'єктів.

**Обмежена точність:** традиційні методи тривимірного сканування, такі як стереофотограмметрія або структуроване світло можуть мати обмежену точність при захопленні тривимірної інформації. Це може призвести до неточностей та спотворень у результуючій моделі.

**Час та складність:** деякі традиційні методи вимагають багато часу та зусиль для отримання тривимірних даних. Наприклад, сканування з використанням стереофотограмметрії вимагає фотографування об'єкта з різних ракурсів, обробки зображень та обчислення точок відновлення. Це може бути трудомістким та витратним процесом.

**Обмежена мобільність:** деякі традиційні пристрої тривимірного сканування вимагають фіксації об'єкта або сканера у певному положенні. Це може обмежувати можливість сканування великих об'єктів або об'єктів, які знаходяться у важкодоступних місцях.

**Залежність умов навколишнього середовища:** традиційні методи тривимірного сканування можуть бути чутливі до умов освітлення та фону, що

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

може призвести до проблем із захопленням точних даних. Наприклад, використання структурованого світла може бути утруднено в яскравому сонячному світлі або за наявності поверхонь, що відбивають.

**Обмежений розмір області сканування:** деякі традиційні методи тривимірного сканування можуть мати обмеження розміру об'єкта або області сканування. Наприклад, сканування за допомогою стереофотограмметрії може бути обмежене розміром фотокамери або відстанню між камерами.

Проте технології тривимірного сканування постійно розвиваються, і сучасні пристрої, такі, як лазерне сканування або методи на основі фотограмметрії, можуть долати деякі з цих труднощів.

## 2.2 Застосування Kinect для сканування моделей

Пристрій Kinect, розроблений компанією Microsoft, спочатку призначений для використання в ігровій приставці Xbox. Він оснащений камерою глибини, інфрачервоним проектором та мікрофонами, що дозволяють розпізнавати рухи та голос користувача. У зв'язку з його можливостями розпізнавання простору виникає питання про його застосування для тривимірного сканування [18, 19, 22, 24, 26].

Хоча Kinect не був спеціально розроблений для тривимірного сканування, його функціональні можливості можуть бути використані в цій галузі. Камера глибини, що працює на основі принципу структурованого світла, дозволяє отримувати дані про геометрію об'єктів у просторі. Ці дані можна використовувати для створення тривимірних моделей об'єктів.

Ідея використання приладу Kinect для сканування предметів для створення 3D-моделей зустрічає широкий інтерес завдяки низці його особливостей:

**Доступність і вартість:** Kinect є відносно доступним і поширеним, що робить його привабливим як потенційний 3D-сканер для некомерційного використання і невеликих проектів.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Технічні можливості:** Kinect має високу роздільну здатність у поєднанні з камерою глибини, що робить його придатним для сканування тривимірних форм з високою деталізацією, включаючи обличчя, об'єкти та простори.

**Програмне забезпечення:** існують різні програмні рішення, що дозволяють користуватись Kinect як 3D-сканером. Програми, такі як Skanect, дозволяють перетворити Kinect на потужний інструмент для створення 3D-моделей.

**Простота використання:** Kinect завдяки своїй концепції датчика руху доступний для використання в домашніх умовах, що полегшує отримання тривимірних моделей для любителів та ентузіастів.

Незважаючи на свої переваги, слід зазначити, що якість сканування з використанням Kinect може відрізнятися від технологічно більш сучасних промислових сканерів. Тим не менш, для певних цілей та проектів Kinect може представляти економічне та доступне рішення для сканування 3D-моделей.

Однак важливо відзначити, що якість тривимірного сканування з використанням Kinect може бути обмежена [18, 23, 24]. Дозвіл і точність даних залежать від умов освітлення, віддаленості об'єкта, а також від самого пристрою. В результаті, сканування за допомогою Kinect може бути придатним для некритичних завдань, таких як створення простих тривимірних моделей для ігрових або освітніх цілей. В цілому, можна сказати, що пристрій Kinect має досить великий потенціал для використання у тривимірному скануванні, особливо для нескладних завдань та загальних цілей.

Пристрій Kinect доцільно використовувати для тривимірного сканування у таких випадках [19, 22, 24]:

**Прості тривимірні моделі:** якщо потрібно створити базові тривимірні моделі для ігрових, освітніх або простих візуалізаційних цілей, пристрій Kinect може бути корисним інструментом. Наприклад, можна використовувати його для створення тривимірної моделі людського тіла чи інших простих об'єктів.

**Інтерактивна розробка:** якщо йде робота над проектом, що вимагає швидкого та інтерактивного тривимірного сканування, пристрій Kinect може

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

бути зручним варіантом. Наприклад, для створення прототипів віртуальної реальності або ігрових середовищ із тривимірною взаємодією.

**Освітні цілі:** пристрій Kinect може бути корисним для навчання та практики тривимірного моделювання. Він може бути використаний в освітніх закладах для долучення студентів до основ тривимірного сканування та створення тривимірних моделей.

**Домашні проекти та хобі:** якщо потрібне доступне та ігрове рішення для вирішення проблеми, пристрій Kinect може бути підходящим вибором. Його можна також використовувати для створення тривимірних моделей для індивідуальних проектів або для забави та експериментів.

У цих випадках пристрій Kinect може бути зручним і доступним рішенням для тривимірного сканування. Однак, необхідно враховувати його обмеження в точності та дозволі даних, а також можливі обмеження у програмному забезпеченні та підтримці.

Технологія сканування для створення 3D-моделей з використанням приладу Kinect має деякі обмеження, які можуть перешкоджати досягненню високої якості результатів у певних сценаріях. Ось кілька причин, чому ця технологія може бути обмеженою у створенні якісних 3D-моделей [18, 24, 25]:

**Обмежена точність та деталізація:** вбудовані датчики Kinect можуть не завжди забезпечити досить високу точність сканування, особливо для об'єктів з дрібними деталями або складною текстурою. Це призводить до втрати деталей та якості в отриманих 3D-моделях.

**Обмежена роздільна здатність:** Kinect, як пристрій для ігрових консолей, був спроектований для інших цілей. Його здатність може бути недостатньою для сканування дрібних об'єктів або для відтворення тонких деталей з високою точністю.

**Обмежений динамічний діапазон:** Kinect, як правило, має обмеження динамічного діапазону, що може позначитися на якості сканування об'єктів з різними відтінками та яскравістю.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Ускладнення з підсвічуванням та оточенням:** Kinect може зазнати труднощів у скануванні в умовах слабкого освітлення, змінного підсвічування або складних фонових структурах, що може призвести до спотворень та помилок у створеній 3D-моделі.

Отже, залежно від потреб і стандартів якості, технологія сканування з використанням приладу Kinect може не завжди забезпечувати необхідний рівень точності та деталізації для певних програм та сценаріїв, що потребують високоякісних 3D-моделей.

### 2.3 Обладнання приладу Kinect

Прилад Kinect складається з декількох ключових компонентів, які працюють разом для забезпечення функціональності сканування простору, відстеження рухів і збору даних (рис.2.7). Ось основні частини пристрою Kinect [15, 18, 22]:

**Інфрачервоний проєктор:** Інфрачервоний проєктор Kinect випромінює інфрачервоні промені, які використовуються для створення глибинної карти навколишнього середовища. Це дозволяє пристрою визначати відстані до об'єктів у полі зору.

**Інфрачервона камера:** Kinect також оснащений інфрачервоною камерою, яка фіксує відбиті інфрачервоні промені. Ці дані використовуються для створення глибинної картки.

**RGB-камера:** Kinect також включає RGB-камеру, яка фіксує кольорове зображення об'єктів у поле зору пристрою. Це дозволяє пристрою отримувати інформацію про колір та текстуру об'єктів.

**Інфрачервоний сенсор переміщення:** Для відстеження рухів людського тіла та інших об'єктів у просторі, Kinect також включає інфрачервоний сенсор переміщення. Він забезпечує можливість визначення позиції та рухів у реальному часі.

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Мікрофони:** Kinect також зазвичай оснащений мікрофонами, які дозволяють зчитувати звукові дані та використовувати голосові команди для керування пристроєм.

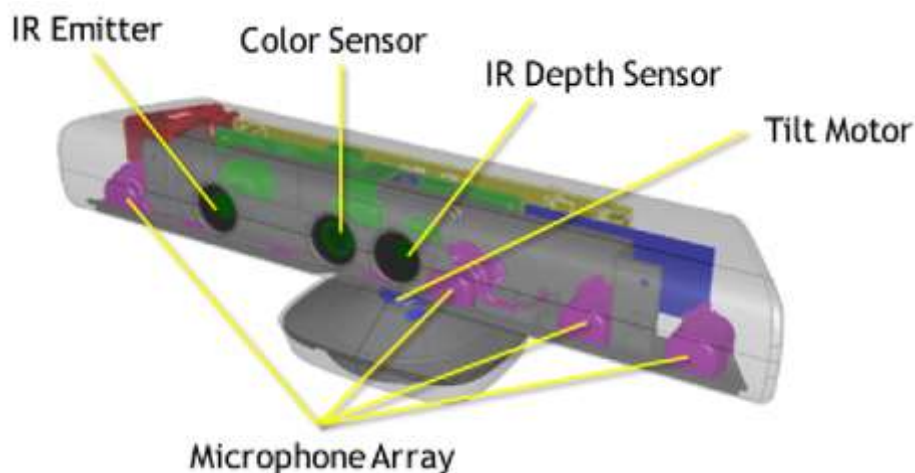


Рис. 2.7 – Обладнання приладу Kinect

Принцип роботи приладу Kinect. Його внутрішні пристрої працюють разом для зчитування інформації про форму, глибину, колір і рух об'єктів у просторі. Після отримання даних, вони обробляються програмним забезпеченням, яке перетворює ці дані на формат, що підходить для конкретних цілей, таких як віртуальна реальність, 3D-моделювання, ігри та багато інших програм.

При роботі Kinect збирає дані з інфрачервоної камери, інфрачервоного проектора та мікрофонів, а потім здійснює їх обробку з використанням спеціальних алгоритмів комп'ютерного зору та глибокого навчання. Результатом є тривимірна модель сцени, виявлення та відстеження рухів користувачів, а також розпізнавання голосових команд.

Використання цих пристроїв у сукупності дозволяє Kinectу збирати інформацію про навколишнє середовище та об'єкти в реальному часі, створювати глибинні карти, відстежувати рухи та надавати дані для різних програм та цілей, включаючи сканування для створення 3D-моделей (рис.2.8).

Незважаючи на те, що Kinect позиціонується як «датчик» для Xbox, він є чимось більшим, насправді він містить відеокамеру RGB з роздільною здатністю 640×480 пікселів; у поєднанні з додатковою відеокамерою з меншою

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

роздільною здатністю (равною 320×240 пікселів), тобто чутливою лише до інфрачервоного випромінювання. Ця друга відеокамера використовується для виявлення зображень, створених відображенням ІЧ-променів, що проєктуються на сцену, що спостерігається через спеціальний інфрачервоний проєктор, вбудований у передню панель пристрою (рис.2.8).

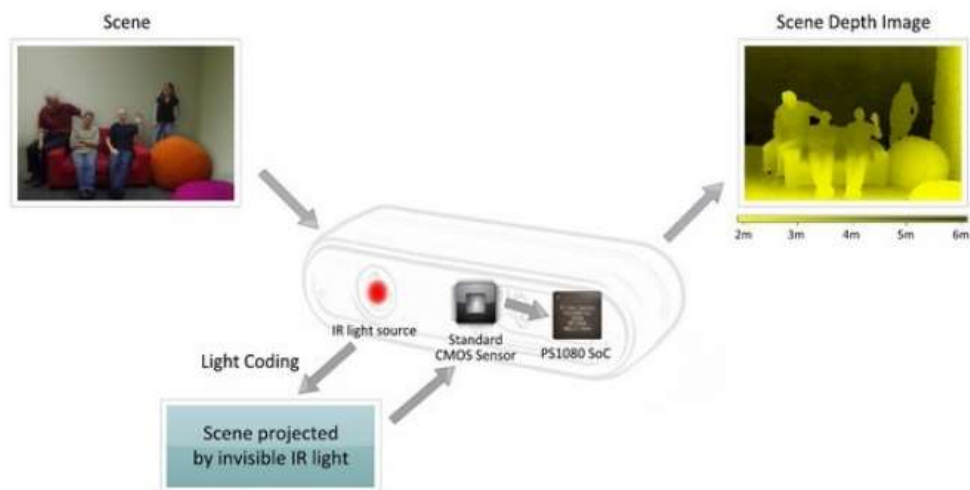


Рис.2.8 –Ілюстрація принципу роботи пристрою Kinect

На додаток до відеодатчиків у Kinect присутній тривісний акселерометр для виявлення можливих вібрацій і рухів, яким він схильний. Але це ще не все, оскільки Kinect пропонує чотири мікрофони: вони розташовані радіально, використовують, використовуючи відображення звукових хвиль у приміщенні, для калібрування середовища, в якому він знаходиться. Крім такої кількості датчиків, Kinect інтегрує механізм, що використовується для переміщення вгору і вниз, щоб краще відстежувати рухи гравців. Що стосується зв'язку із зовнішнім світом, Microsoft Kinect використовує кабель, аналогічний формою USB-кабелю, від якого відрізняється кількістю підключень. Насправді USB-кабель зазвичай складається з 4 проводів (два для живлення та два інших для послідовного зв'язку), а кабель Kinect складається з цілих 9 полюсів; тому для підключення до нього необхідно використовувати адаптер для забезпечення допоміжного джерела живлення на 12В на додаток до звичайних USB-з'єднань.

Kinect має унікальну здатність «бачити» в 3D. На відміну від більшості інших систем комп'ютерного зору, система Kinect здатна будувати карту

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

глибини області перед собою. Ця карта створюється повністю на сенсорній панелі, а потім передається по кабелю USB на хост так само, як передається звичайне зображення з камери, за винятком того, що замість інформації про колір кожного пікселя зображення датчик передає значення відстані [18, 23].

Можна подумати, що датчик глибини використовує якийсь радар або ультразвуковий передавач для вимірювання того, наскільки далеко предмети знаходяться від сенсорної планки, але це не так. Це було б важко зробити на короткій відстані. Натомість датчик використовує розумну техніку, що складається з інфрачервоного проектора та камери, яка може бачити крихітні точки, які створює проектор (рис.2.8).

Kinect працює так: інфрачервоний проектор відкидає в простір перед собою дуже точний малюнок, складений з безлічі рівновіддалених точок [7, 15, 16]. Аналізуючи зображення, отримане за допомогою камери, чутливої до таких ІЧ-променів, Kinect визначає відстані між різними точками, таким чином отримуючи відстань та нахил об'єкта, що освітлюється. Так як ІЧ-промінь виходить з обмеженої області і розширюється в міру збільшення відстані, де точки здаються дуже близькими, це означає, що об'єкт знаходиться близько до датчика, і навпаки, якщо відстань між точками значні, значить, об'єкт знаходиться далі. Підсумовуючи всю інформацію, можна одержати просторову конфігурацію оточення, тобто форму об'єкта.

У процесі роботи Kinect використовує метод, який називається «структурованим світлом» [18, 19, 23]. Ідея проста - якщо у вас є джерело світла, зміщене від детектора на невелику відстань, то пляма світла, що проектується, зміщується відповідно до відстані, від якої вона відображається. Таким чином, проєціюючи фіксовану сітку точок на сцену і вимірюючи, наскільки кожна точка змістилася під час перегляду за допомогою відеокамери, ви можете визначити, з якої відстані кожна точка відображалася. Реальні деталі складніші, тому що ІЧ-лазер у Kinect використовує голограму для проектування випадкового візерунка на сцену. Потім він вимірює зміщення кожної точки для

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

створення 11-бітної карти глибини. Спеціальний чіп виконує обчислення, пов'язані з перетворенням точкової картки на карту відстаней.

Загалом Kinect v1 та Kinect v2 – це лінійка приладів, розроблених компанією Microsoft, призначених для розпізнавання рухів та інтерактивної гри. Обидва пристрої пропонують унікальні можливості та відрізняються деякими характеристиками.

Kinect v1 був випущений у 2010 році і став першим комерційним продуктом, здатним виявляти рухи користувача без використання контролера. Він оснащений камерою, інфрачервоним проектором та мікрофоном, що дозволяє йому визначати положення та жести людини у тривимірному просторі. Kinect v1 був широко застосований в ігровій індустрії, надаючи унікальні можливості для ігор Xbox 360 (рис.2.9).



Рис. 2.9 – Вид приладу Kinect v1

Kinect v2, випущений у 2013 році, був значним поліпшенням порівняно з попередньою версією. Він мав більш високу роздільну здатність камери, покращену точність розпізнавання рухів та розширений набір функцій. Kinect v2 також підтримувався на платформі Xbox One, надаючи гравцям ще більший інтерактивний ігровий досвід (рис.2.10).



Рис. 2.10 – Вид приладу Kinect v2

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Обидва прилади Kinect пропонують унікальні можливості для ігор та розваг. Вони дозволяють користувачам керувати ігровими персонажами, взаємодіяти з віртуальними об'єктами та проводити різні фізичні тренування, не вимагаючи використання контролерів. Це привнесло нові можливості в ігрову індустрію та стало однією з важливих інновацій у сфері розваг.

Хоча Kinect 1 і Kinect 2 більше не виробляються та не підтримуються Microsoft, їх вплив на розвиток технологій розпізнавання рухів залишається значним. Основні відмінності між моделями Kinect v2 та Kinect v1:

**Роздільна здатність та якість зображення:** Kinect v2 має покращену роздільну здатність та якість зображення в порівнянні з Kinect v1. Kinect v2 має RGB камеру з роздільною здатністю 1920x1080 пікселів і може записувати відео з роздільною здатністю 1080р. У той час як Kinect v1 має роздільну здатність 640x480 пікселів і записує відео з роздільною здатністю 640x480.

**Точність 3D-сканування:** Kinect v2 забезпечує більш точне 3D-сканування порівняно з Kinect v1. Він використовує передову технологію глибини часу польоту (Time-of-Flight) з великою роздільною здатністю та вдосконаленою системою відстеження крапок.

**Підтримка скелетного трекінгу:** у Kinect v2 реалізовано більш просунуту технологію трекінгу скелета. Вона дозволяє точно визначити пози людини та розпізнавати її рухи в режимі реального часу з більш високою точністю, ніж це можливо у Kinect v1.

**Покращена система розпізнавання голосу:** Kinect v2 має більш просунуту систему розпізнавання голосу, що дозволяє покращити якість та точність команд, що розпізнаються пристроєм.

**Продуктивність:** Kinect v2 має більш потужні апаратні компоненти та покращену обробку даних, що забезпечує кращу продуктивність порівняно з Kinect v1.

В цілому, Kinect v2 є значним покращенням порівняно з Kinect v1 у технічних характеристиках, роздільній здатності та точності. Однак обидва пристрої мають свої переваги і можуть використовуватися в різних сферах,

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

включаючи ігри, дослідження, розробку додатків віртуальної та доповненої реальності, а також у медичних та промислових галузях. У цьому роботі буде використовуватися прилад Kinect v2.

## 2.4 Схема використання Kinect для цілей сканування

При використанні Kinect у 3D-скануванні, пристрій знімає дані про форму та глибину об'єктів, потім ці дані обробляються спеціальними програмами (наприклад, програми для сканування, згадані раніше, такі як Skannect, ReconstructMe та 3D Builder), які перетворюють ці дані на точкові хмари або тривимірні моделі об'єктів у цифровому вигляді (рис.2.11).

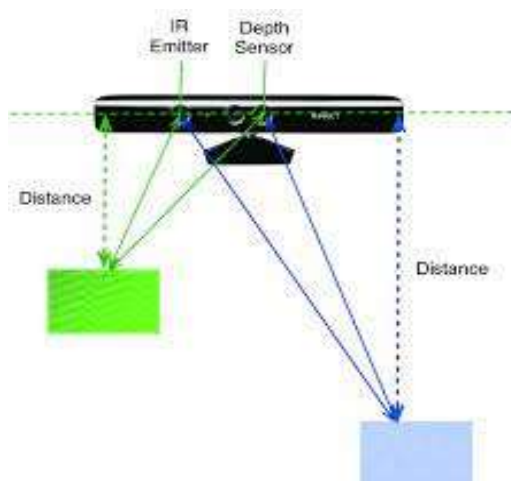


Рис. 2.11 – Схема використання Kinect для сканування

Завдяки своїй широкій функціональності та відносній доступності, Kinect став популярним інструментом для ентузіастів 3D-моделювання та сканування, а також знайшов широке застосування в академічних та професійних середовищах для різних цілей, включаючи студентські проекти, медичні дослідження, віртуальну реальність та розважальні програми.

Ось загальна докладна схема використання Kinect 2 [15, 23, 24] з метою сканування (рис.2.11):

**Ініціалізація:** прилад Kinect підключається до комп'ютера або іншого пристрою за допомогою кабелю USB.

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Визначення глибини:** Kinect використовує інфрачервоний проєктор та інфрачервону камеру для вимірювання глибини сцени. Проєктор проєктує сітку інфрачервоних точок на об'єкти в сцені, а камера реєструє їх спотворення, дозволяючи визначити відстань до кожної точки.

**Визначення кольору:** Kinect також використовує RGB-камеру для захоплення кольорової інформації про сцену. RGB камера реєструє колір кожної точки сцени.

**Синхронізація даних:** дані про глибину та колір синхронізуються, щоб створити тривимірну модель сцени. Кожна точка моделі має координати XYZ (глибина, ширина, висота) та колірну інформацію.

**Формування хмари точок:** отримані дані про глибину та колір об'єднуються в єдину хмару точок, що представляє тривимірну модель сцени.

**Обробка даних:** прилад Kinect може застосовувати алгоритми обробки даних для усунення шуму, вирівнювання та згладжування моделі.

**Експорт моделі:** оброблена модель може бути експортована до різних форматів файлів, таких як .obj або .stl, для подальшого використання в програмному забезпеченні для 3D-моделювання або друку.

Викладена схема являє собою загальні кроки для використання пристрою Kinect для 3D-сканування та розробки інтерактивних додатків, але конкретні кроки та вимоги можуть змінюватись в залежності від використовуваних програмних засобів та цілей використання [4, 5, 22, 23, 24]. Ось деякі із застосовуваних схем.

1. Схема використання Kinect для 3D-сканування в медицині (рис.2.4): лікар або медичний фахівець встановлює пристрій Kinect у необхідному місці в приміщенні або операційній, пацієнт позує перед Kinect, стоячи або сидячи у певному положенні, Kinect сканує пацієнта, збираючи дані про його тілесну структуру та формі, отримані дані передаються на комп'ютер або медичне обладнання для аналізу та інтерпретації, медичний фахівець використовує отримані 3D-скани для діагностики, планування операції або створення

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

моделей для проектування спеціалізованих медичних виробів, таких як протези або ортези.

2. Схема використання Kinect для 3D-сканування в архітектурі та будівництві (рис.2.1): архітектор або інженер встановлюють пристрій Kinect у потрібному місці, наприклад, на будівельному майданчику або всередині приміщення, Kinect сканує навколишнє середовище, збираючи дані про розміри, форму та текстуру об'єктів, отримані дані передаються на комп'ютер або CAD-програму для створення точної 3D-моделі, архітектор або інженер використовують 3D-модель для проектування та візуалізації будівлі або споруди, 3D-модель може бути використана для розрахунків або планування будівельних робіт.

3. Схема використання Kinect для 3D-сканування в розважальній індустрії: в розважальному центрі або ігровій студії встановлюються пристрої Kinect для створення інтерактивного ігрового досвіду, користувачі стоять або рухаються перед пристроєм Kinect, який сканує їх рух і форму тіла, отримані дані використовуються програмним забезпеченням для створення персонажів образів, які повторюють рухи та форму користувачів у режимі реального часу, гравці можуть взаємодіяти зі створеними персонажами чи образами, граючи в ігри, танцюючи чи беручи участь в інших розважальних активностях.

Для роботи зі скануванням об'єктів при використанні приладу Kinect можна скористатися кількома комп'ютерними програмами, що дозволяють обробляти дані, отримані за допомогою Kinect, та створювати тривимірні моделі. Ось кілька програм, які часто використовуються для роботи з Kinect під час сканування:

**Skannect:** Skannect є програмним забезпеченням, яке дозволяє використовувати Kinect для сканування об'єктів та створення тривимірних моделей. Програма має простий і інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, що дозволяє проводити сканування і обробку даних.

**ReconstructMe:** Це програма, яка дозволяє використовувати Kinect для сканування об'єктів та створення тривимірних моделей. Вона має широкі

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

функціональні можливості, включаючи можливість створення високоякісних 3D-моделей із сканованих даних.

**3D Builder:** 3D Builder - це безкоштовний додаток від Microsoft, який включає інструменти для роботи з 3D-моделями. За допомогою Kinect можна сканувати об'єкти та передавати отримані дані в 3D Builder для створення та редагування тривимірних моделей.

**MeshLab:** MeshLab є безкоштовним та відкритим програмним забезпеченням для обробки та редагування тривимірних сіток. Воно може бути використано для обробки даних, отриманих за допомогою Kinect, та для створення складних тривимірних моделей.

**Blender:** Blender - потужний та безкоштовний інструмент для 3D-моделювання та анімації. За допомогою плагінів або доповнень до Blender можна інтегрувати дані, отримані за допомогою Kinect, та використовувати їх для створення 3D-моделей та анімації.

Ці програми надають можливості обробки даних, отриманих за допомогою Kinect, і створення високоякісних 3D-моделей. Кожна з них має свої унікальні функції та можливості, тому вибір програми залежить від конкретних потреб та вимог проекту.

Використання приладу Kinect для сканування має кілька потенційних недоліків, які слід враховувати при виборі пристрою для створення 3D-моделей. Ось кілька основних недоліків:

**Обмежена точність та деталізація:** Вбудовані датчики Kinect можуть не завжди забезпечити досить високу точність сканування, особливо для об'єктів з дрібними деталями або складною текстурою. Це може призвести до втрати деталей та якості в отриманих 3D-моделях.

**Обмежена роздільна здатність:** Kinect, як пристрій для ігрових консолей, був спроектований для інших цілей. Його здатність може бути недостатньою для сканування дрібних об'єктів або для відтворення тонких деталей з високою точністю.

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**Обмежений динамічний діапазон:** Kinect, як правило, має обмеження динамічного діапазону, що може позначитися на якості сканування об'єктів з різними відтінками та яскравістю.

**Ускладнення з підсвічуванням та оточенням:** Kinect може зазнати труднощів у скануванні в умовах слабкого освітлення, змінного підсвічування або складних фонових структурах, що може призвести до спотворень та помилок у створеній 3D-моделі.

**Обмежений розмір сцени, що сканується:** Kinect має обмеження на розмір сканованої сцени, що означає, що для сканування великих об'єктів може знадобитися безліч сканувань і їх подальше об'єднання, що може ускладнити процес.

**Обмеження в роботі з прозорими об'єктами:** Kinect має труднощі при скануванні прозорих об'єктів або об'єктів із дзеркальною поверхнею через відображення та непрозорість.

Всі ці фактори можуть вплинути на якість та точність отриманих 3D-моделей, особливо у разі вимогливих до деталізації та точності проєктів. У таких випадках можливо кращим буде використання спеціалізованих промислових 3D-сканерів з високою точністю та роздільною здатністю для досягнення необхідного рівня якості.

## 2.5 Аналіз програмного забезпечення для Kinect

Як уже зазначалося в підрозділі 2.4, для обробки даних, що надходять із приладу Kinect, можна використовувати низку програм: Skannect, ReconstructMe, 3D Builder, MeshLab, KScan3D. Порівняльний аналіз їх призводить до висновку, що найбільш прийнятною для цілей сканування є програма KScan3D [22, 23, 26]. KScan3D є програмним забезпеченням, призначеним для сканування об'єктів за допомогою 3D-сканера та створення тривимірних моделей. Ось кілька способів використання програми KScan3D:

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Створення цифрових моделей об'єктів: KScan3D дозволяє користувачам сканувати фізичні об'єкти та створювати високоякісні 3D-моделі цих об'єктів. Це може бути корисно в таких областях, як інженерне проектування, медичне моделювання, прототипування та створення анімаційних персонажів.

Відтворення об'єктів для віртуальної реальності та анімації: За допомогою KScan3D можна сканувати реальні об'єкти для подальшого відтворення та використання у віртуальних середовищах та анімаційних проектах. Це може бути корисним для віртуальних музеїв, комп'ютерних ігор, анімаційного кіно та візуалізації проектів.

Створення скульптур та дослідження анатомії: KScan3D дозволяє створювати цифрові моделі скульптур та вивчати анатомію різних об'єктів, включаючи людське тіло. Це може бути корисним для художників, студентів та освітніх закладів.

Реставрація та збереження культурної спадщини: У сфері культурної спадщини KScan3D може використовуватися для реставрації та документування історичних артефактів, пам'яток та архітектурних структур з метою збереження та дослідження історичних об'єктів.

Освіта та навчання: Програма може бути використана в освітніх цілях для навчання студентів основ 3D-моделювання, сканування та візуалізації. Студенти можуть використовувати KScan3D для створення навчальних проектів та досліджень.

Крім того, KScan3D може використовуватися в комбінації з іншими програмними та апаратними засобами для подальшого аналізу, візуалізації та розробки проектів, що потребують використання 3D-моделей та сканування об'єктів. KScan3D - це програма для сканування тривимірних об'єктів за допомогою кількох Kinect-датчиків. Ось деякі з її можливостей:

Множинні Kinect-датчики: KScan3D підтримує використання кількох Kinect-датчиків одночасно, що дозволяє отримати більш повну та точну 3D-модель об'єкта.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Сканування в реальному часі: програма дозволяє сканувати об'єкти в режимі реального часу, що дозволяє бачити результати сканування безпосередньо в процесі роботи.

Автоматична реконструкція: KScan3D має функцію автоматичної реконструкції, яка дозволяє швидко та легко створювати 3D-моделі без необхідності вручну налаштовувати параметри сканування.

Редагування та оптимізація моделей: програма пропонує інструменти для редагування та оптимізації створених моделей, включаючи видалення шуму, заповнення дірок, згладжування поверхні та інші операції.

Експорт даних: можна експортувати дані сканування у форматах, таких як PLY, STL та OBJ, що дозволяє використовувати результати сканування в інших програмах та програмних середовищах.

Імпорт та ф'южн хмар точок: KScan3D дозволяє імпортувати хмари точок з інших програм або сканувань, а потім об'єднувати їх в одну модель, щоб отримати більш повне представлення об'єкта, що сканується.

Калібрування та налаштування: програма пропонує інструменти для калібрування та налаштування Kinect-датчиків, щоб отримати найкращі результати сканування.

Це лише деякі з можливостей програми KScan3D, яка надає інструменти для точного та високоякісного сканування тривимірних об'єктів за допомогою Kinect-датчиків.

Вигляд основного екрану програми KScan3D наведено на рис.2.12.

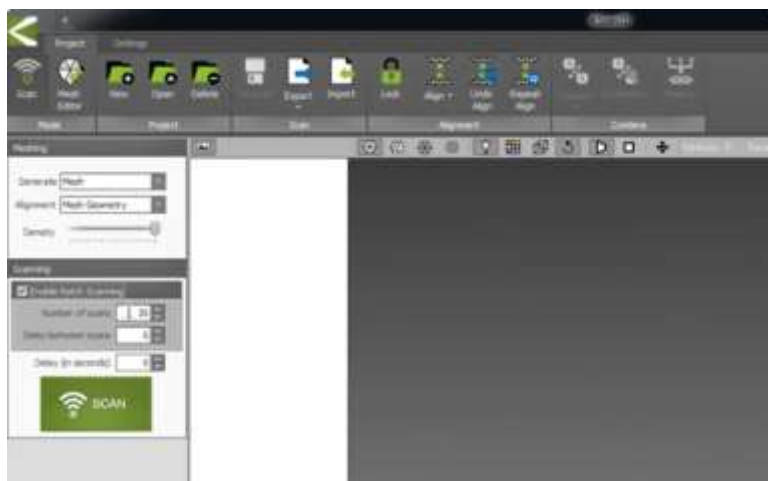


Рис. 2.12 – Основний екран програми KScan3D

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Наступні пункти меню надають доступ до різних функцій та налаштувань у програмі KScan3D, що дозволяє користувачам керувати пристроями сканування, обробляти дані та ефективно керувати проектами.

У меню "Файл" знаходяться такі опції, як "Відкрити", "Зберегти" та "Експорт". Вони дозволяють керувати обробленими проектами та експортувати моделі до різних форматів файлів для використання в інших програмах або для обміну.

Меню «Правка» може містити інструменти, пов'язані з редагуванням оброблених моделей, такі як оптимізація або додаткові корекції оброблених даних. Воно може надавати варіанти покращення 3D-моделі після етапів сканування та початкової обробки.

Варіанти меню "Вид" можуть дозволяти візуалізувати оброблені 3D-моделі з різних ракурсів, регулювати налаштування візуалізації або дослідити модель, використовуючи спеціалізовані параметри перегляду.

У меню «Тривимірна модель» можуть бути варіанти, пов'язані з постобробкою 3D-сітки, такі як спрощення сітки, згладжування або інші модифікації для покращення якості та деталізації обробленої моделі.

Меню "Інструменти" може включати різні інструменти постобробки, такі як інструменти вирівнювання та реєстрації, вимірювання або інші утиліти, які допомагають удосконалити оброблені 3D-моделі.

Меню «Довідка» зазвичай забезпечує доступ до посібника користувача програми, технічної підтримки або інших ресурсів, що пропонують посібник з ефективного використання інструментів та функцій обробки.

Використовуючи ці пункти меню, користувачі можуть ефективно обробляти відскановані дані, покращувати 3D-моделі та готувати їх для використання в різних програмах, включаючи 3D-друк, візуалізацію або інтеграцію до інших робочих процесів над дизайном.

Для ефективного використання програми KScan3D та виконання процесу сканування та обробки 3D-моделей рекомендується, щоб комп'ютер відповідав

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

певним мінімальним та рекомендованим характеристикам [23, 24]. Ось загальні вимоги до характеристик комп'ютера під час використання програми KScan3D:

***Мінімальні вимоги:***

1. Процесор: Багатоядерний процесор, такий як Intel Core i5 або еквівалент.
2. Пам'ять: 8 ГБ оперативної пам'яті (RAM).
3. Жорсткий диск: 25 ГБ вільного місця на жорсткому диску.
4. Графічний процесор: Дискретний графічний процесор (GPU) із підтримкою DirectX 11 або вище.
5. Порти: USB порти для підключення пристрою сканування.
6. Операційна система: Windows 7, Windows 8, Windows 10.

***Рекомендовані вимоги:***

1. Процесор: Intel Core i7 або потужніший.
2. Пам'ять: 16 ГБ оперативної пам'яті (RAM) чи більше.
3. Жорсткий диск: SSD для прискорення завантаження та обробки даних.
4. Графічний процесор: Дискретний графічний процесор (GPU) з більш високою продуктивністю та більшим обсягом пам'яті, наприклад, NVIDIA GeForce або AMD Radeon серії професійного рівня.
5. Монітор: Рекомендується використовувати монітор з високою роздільною здатністю для більш зручного перегляду 3D-моделей та даних сканування.
6. Порти: USB 3.0 порти для швидшої передачі даних у разі використання більш сучасних пристроїв сканування.
7. Операційна система: Windows 10 для оптимальної сумісності та продуктивності.

Адаптація технічних вимог може бути потрібна в залежності від конкретної конфігурації програми KScan3D, версії та вимог конкретного проекту сканування.

					<b>KPM.KI.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Висновки до другого розділу

Наведено області використання технології сканування, показано її переваги. Проаналізовано проблеми та труднощі, які можуть обмежити та ускладнити процес сканування традиційними технологіями.

Показано переваги застосування пристрою Kinect для сканування виробів у середньому ціновому розділі. Наведено його технічні можливості, а також можливе обмеження якості застосування.

Перераховані області, в яких застосування сканування за допомогою Kinect виправдане та є зручним варіантом, перераховані обмеження цієї технології.

Докладно розібрано пристрій Kinect, показаний принцип його роботи. Наведено традиційну схему використання Kinect та області її застосування, показано її недоліки та переваги.

Проаналізовано програмне забезпечення, що застосовується в роботі з Kinect, зроблено вибір про перевагу програми KScan3D. Для вибраної програми показано її пункти меню, їх призначення, показано схему роботи з приладом Kinect. Наведено вимоги щодо характеристик комп'ютера під час використання програми KScan3D.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 3

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1 Доступна технологія сканування за допомогою пристрою Kinect

Для перевірки запропонованої доступної технології сканування об'ємних моделей за допомогою пристрою Kinect у даній кваліфікаційній роботі була зроблена спроба створення 3D-моделі бюста автора роботи та її друку на принтері. При цьому було здійснено низку експериментів для визначення найкращих параметрів роботи Kinect, супутньої програми обробки зображень та програми-слайсера (для встановлення оптимальних властивостей 3D-друку пластиком). Також було вироблено рекомендації щодо створення об'ємних 3D-моделей тіла людини, які згодом можна використовувати у виробничих цілях (наприклад, для створення індивідуального одягу).

Як було показано в розділі 2, основною перевагою 3D-сканування є збір та отримання даних про об'ємний об'єкт за короткий час і з гарною якістю опрацювання деталей, особливо якщо сканер, що використовується, обладнаний високоякісними скануючими модулями з високою роздільною здатністю і швидкістю аналізу. В результаті сканування виходить об'єднана в єдину форму хмара точок, з якою можна проводити маніпуляції у вбудованому найпростішому 3D-редакторі або в будь-якому зовнішньому додатку.

Для отримання об'ємних комп'ютерних 3D-моделей (в основному великих об'єктів, наприклад тіла людини) пропонується доступна технологія сканування:

- На комп'ютері встановлюється одна з програм отримання зображень, сумісних з Kinect, а також відповідні драйвери (в даній роботі використовувалася програма Kscan3d v1.2 x64 bit);
- Пристрій Kinect жорстко встановлюється на висоті 1-1,5 м, відстань до людини при скануванні має бути не менше ніж 1,5 м. (рис.3.1);

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- Досліджувана людина повертається навколо своєї осі, асистент робить знімки до різних кутів обертання його тела;
- У результаті сканування у програмі всі дані вимірювань у вигляді хмари точок аналізуються і виводяться на екран у вигляді тривимірного зображення;
- Отримане зображення можна трохи покращити за допомогою пунктів меню програми;
- Зображення у вигляді файлу передається до графічного редактора (наприклад, Blender) для подальшої чистової обробки;
- Результат у вигляді файлу stl передається на слайсер (наприклад, Cura), де зображення переводиться в G-код для керування друком на 3D-принтері;
- Друк об'єкта на недорогому принтері, що працює за технологією FDM (наприклад, як у даній роботі, на принтері Anycubic Kossel).

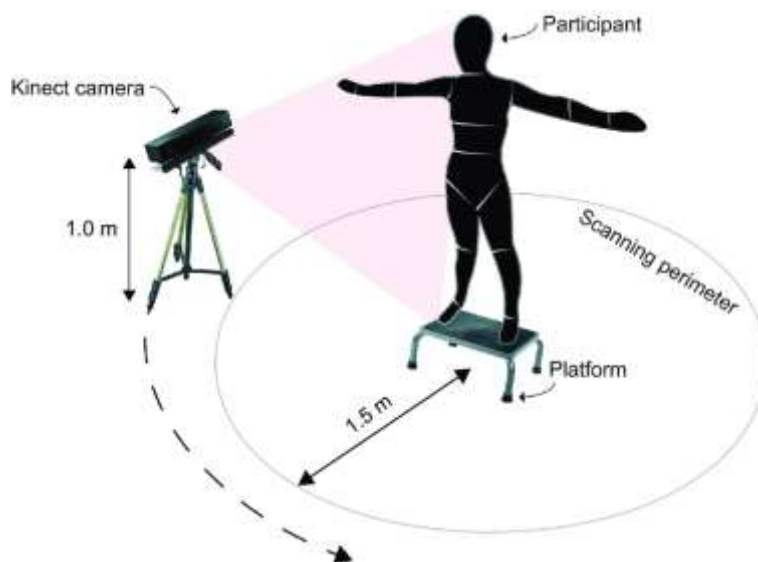


Рис. 3.1 – Схема розташування пристрою Kinect та людини під час сканування

Застосування Kinect як сканера описано досить різноманітно [15, 18, 19, 22, 24], його можна використовувати за допомогою різних прийомів та технологій. У цій кваліфікаційній роботі зроблено спробу модифікації досить дешевої технології створення 3D-моделей з використанням пристрою Kinect та умовно-безкоштовних доступних програм. Виклад супроводжуватиметься прикладом сканування бюста людини, створення відповідної 3D-моделі, та друку її на 3D-принтері. Слід звернути увагу, що Kinect як сканер

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

використовується досить великих предметів, тобто. отримати тривимірне якісне зображення ручки або брелока буде важко.

Оскільки Kinect був розроблений для захоплення всієї фігури для виявлення її рухів, оптика та прошивка, що виробляють дані про глибину, були калібровані для обсягу. Kinect дозволяє розпізнавати вираз обличчя, а не одну з характеристик особи, враховуючи, що роздільна здатність карти глибини становить 320×240 пікселів. Однак це дуже вимогливий підхід з точки зору обчислень, і насправді розробники програм, що супроводжують сканування, подумали про те, щоб використовувати переваги графічних процесорів на платі відеокарт, і отримати результат, який міг би бути прийнятним з точки зору кількості кадрів в секунду. Програмне забезпечення, по суті, повинно мати справу з відстеженням об'єктів, додаванням нових точок до хмари точок та зв'язуванням їх із попередніми. На практиці, коли об'єкт обертається, програма розпізнає вже отриману структуру поверхні, навіть у новій карті глибини, і тому встигає «з'єднати» спільні точки, а ті, що ще не були складені, відкладаються.

Щоб одержати хороші скани, необхідно змонтувати «локацію» з певними характеристиками. Kinect потрібно поставити на стійкий штатив так, щоб він стояв на висоті обличчя або принаймні бюста. Сама людина повинна обертатися навколо своєї осі (або повертатись) так, щоб отримати знімки тіла з усіх боків (рис.3.1). Сканування фігури може реалізовуватися двома способами: обертанням її перед Kinect або рухом разом із контролером навколо нерухомого об'єкта, дотримуючись інструкцій програми.

Загальна схема сканування за допомогою Kinect в результаті експериментів була доповнена деякими рекомендаціями, наведеними нижче

При скануванні об'єкта за запропонованою технологією важливо враховувати певні вимоги до розташування об'єкта та самого пристрою Kinect. Це допоможе забезпечити точність і якість отриманих даних.

Об'єкт повинен знаходитися в полі зору пристрою Kinect, це означає, що його необхідно розмістити таким чином, щоб весь об'єкт був видимий та

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

доступний для сканування. Важливо, щоб об'єкт був добре освітлений, переважно природним або рівномірним джерелом світла. Це полегшить процес сканування та забезпечить більш якісні результати. При скануванні потрібно уникати сильного відбиття від поверхні об'єкта або наявності тіней, так як це може позначитися на точності сканування та якості даних.

Пристрій Kinect має бути встановлений у стійкому положенні, щоб забезпечити стабільне сканування та мінімізувати потенційні спотворення даних. Відстань між пристроєм Kinect та об'єктом сканування також важлива, рекомендоване число 1,5 – 2 м. Також потрібно переконатися, що Kinect розташований у відповідному кутку та висоті, щоб охопити об'єкт сканування повністю та з різних ракурсів.

Дотримання цих вимог щодо розташування об'єкта та пристрою Kinect допоможе забезпечити ефективне та точне сканування, що зрештою призведе до отримання високоякісних 3D-моделей об'єктів.

Для успішного сканування об'єктів за допомогою пристрою Kinect особливого освітлення не потрібно, але є певні рекомендації, які допоможуть забезпечити більш ефективний і точний процес сканування. Бажано, щоб об'єкт був освітлений рівномірним світлом без сильних тіней, оскільки нерівномірне освітлення або сильні тіні можуть призвести до спотворень на отриманих сканах та погіршити якість даних. Крім тіней, сильні відблиски або відображення на об'єкті можуть створювати проблеми для пристрою Kinect, оскільки він використовує інфрачервоне світло для створення глибинних карт, тому потрібно уникати використання об'єктів з блискучими поверхнями або за наявності сильного відображення світла. Також використання природного освітлення може полегшити процес сканування, оскільки природне світло часто забезпечує рівномірне, приємне освітлення без прямих відблисків. В цілому, добре освітлене приміщення з мінімумом сильних тіней і відблисків може суттєво полегшити та покращити процес сканування з використанням пристрою Kinect.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При скануванні об'єктів за пропонованою технологією кількість необхідних знімків залежить від декількох факторів, включаючи розмір об'єкта, бажану деталізацію сканування та специфічні вимоги процесу.

Зазвичай пристрої Kinect забезпечують сканування в реальному часі, що означає, що в процесі руху пристрою та об'єкта збираються дані про форму та глибину навколишнього середовища, створюючи тривимірну модель. Тому конкретну кількість знімків може бути важко визначити точно.

Однак, якщо розглядати більш традиційний підхід, то зазвичай для створення точної та деталізованої 3D-моделі об'єкта за допомогою пристрою Kinect рекомендується зібрати дані з різних ракурсів та кутів. Це може включати обертання об'єкта або об'єкта навколо об'єкта, щоб забезпечити повне покриття об'єкта з усіх боків.

Підсумкова кількість знімків може змінюватись в залежності від специфіки об'єкта, вимог до деталізації та особливостей програмного забезпечення для обробки даних. У більшості випадків кількість знімків визначатиметься в процесі сканування, щоб забезпечити отримання достатньої кількості даних для створення високоякісної 3D-моделі. Як правило, рекомендується провести сканування з різних ракурсів та кутів, щоб забезпечити отримання достатньо даних для створення повної та точної 3D-моделі об'єкта.

Після сканування об'єкта з використанням пристрою Kinect та програми KScan3D, можливо, потрібно виконати деякі додаткові кроки для покращення якості отриманої 3D-моделі. Ось кілька можливих доробок, які можуть знадобитися.

- Дані сканування можуть містити шуми або небажані артефакти, особливо якщо сканування проводилося в умовах з обмеженою видимістю або освітленням. Для покращення якості моделі може знадобитися використання спеціалізованого програмного забезпечення для видалення шуму, згладжування поверхні та усунення небажаних елементів.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- У випадку, якщо сканування було проведено з різних ракурсів або в кількох частинах, можливо, знадобиться процедура об'єднання даних та вирівнювання окремих фрагментів сканування. Це дозволить створити єдину та повну 3D-модель об'єкта.

- Іноді отримана модель може мати надмірну кількість полігонів (трикутників), що може сповільнити обробку та створення візуалізацій. В цьому випадку знадобиться процес ретопології, який дозволить оптимізувати геометрію моделі, зменшивши кількість полігонів, зберігаючи при цьому її форму та деталі.

- Якщо в процесі сканування були захоплені дані про текстуру або колір об'єкта, можливо буде потрібна додаткова обробка цих даних для покращення якості текстурування та завершення зовнішнього вигляду моделі.

- Іноді сканування може призвести до дефектів, таких як відсутність частини об'єкта або спотворення. У таких випадках знадобиться перевірка моделі на наявність дефектів та їх подальша корекція з використанням спеціалізованих інструментів.

Важливо розуміти, що кожен випадок сканування може мати унікальні особливості, і не всі ці додаткові кроки будуть необхідні. Однак, враховуючи потенційні артефакти, шуми та недосконалості в процесі сканування, ці додаткові доробки можуть значно покращити якість та точність отриманої 3D-моделі об'єкта.

### 3.2 Створення 3D-моделі торса людини

Як уже вказувалося, у даній кваліфікаційній роботі з метою перевірки результатів сканування із застосуванням пристрою Kinect склали спробу створення 3D-моделі торса автора.

Для сканування використовувалася програма KScan3D, автор робив знімки, обертаючись навколо осі перед пристроєм Kinect (рис.3.2). Автор при

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

цьому сидів на стільці, повертаючи навколо своєї осі, а помічник за допомогою пристрою робив знімки.

При зйомці слід пам'ятати, що глибина керується проектуванням дуже складної та щільної точкової матриці за допомогою інфрачервоного світла. Коли щось не відображено чітко, матриця створить проблеми зі збором даних (це пояснює, чому не потрібно на одязі мати відбивні та яскраві предмети).



Рис. 3.2 – Розташування об'єкта та пристрою Kinect під час сканування

В експериментах для отримання тестових даних скануючий пристрій Kinect було встановлено жорстким чином за допомогою штативу на рівні голови людини (рис.3.3), на висоті приблизно 1,4 м, з нахилом приблизно 10 градусів (коли Kinect стоїть трохи під кутом, хмара точок виходить більш деталізованою).



Рис. 3.3 – Жорстке закріплення пристрою Kinect за допомогою штатива

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Після запуску сканування використовуваною програмою KScan3D необхідно почати повільно повертатися, доки обертання не буде завершено: програма виявить це і видасть комбінацію різних нот, щоб повідомити, що вона обстежила всю поверхню. Найважливіше цьому етапі — знайти становище, у якому датчик працює найкраще і може відтворювати розумні деталі те, що було у кадрі. Для того, щоб знайти найкраще положення Kinect, довелося робити кілька серій знімків за різних положень датчика, вибираючи найкращий ракурс. Під час сканування автор повертався навколо своєї осі – за один поворот на 18 градусів, таким чином за повний оборот вийшло 20 знімків. Всі ці рухи фіксувалися за допомогою знімків у програмі KScan3D (рис.3.4).



Рис. 3.4 – Фіксація кадрів у програмі KScan3D під час сканування

Після отримання задовільного результату (рис.3.5) модель можна відредагувати, виходячи з можливостей використовуваної програми KScan3D. Для цього після сканування необхідно виділити всі знімки і перейти у вкладку meshbuilder, трохи, відсотків на 30, підтягнути бігунок holefilling, щоб при побудові моделі закрилися всі відкриті поверхні (рис.3.5).

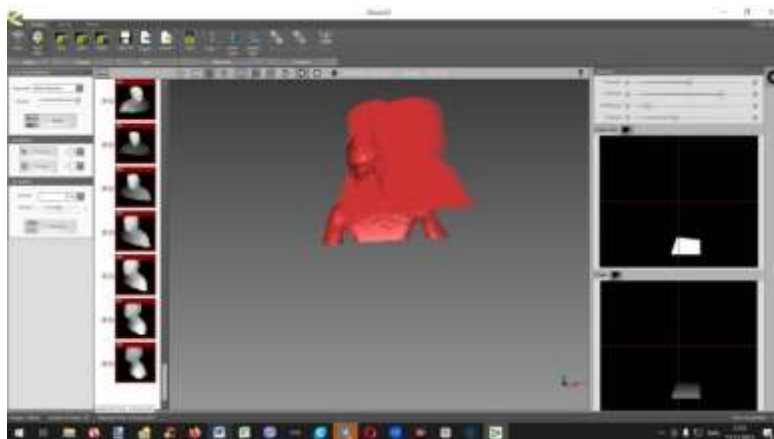


Рис. 3.5 – Створення 3D-моделі з хмари точок у програмі KScan3D

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

В результаті роботи програми KScan3D отримано тривимірну модель торсу людини, представлену на рис.3.6.

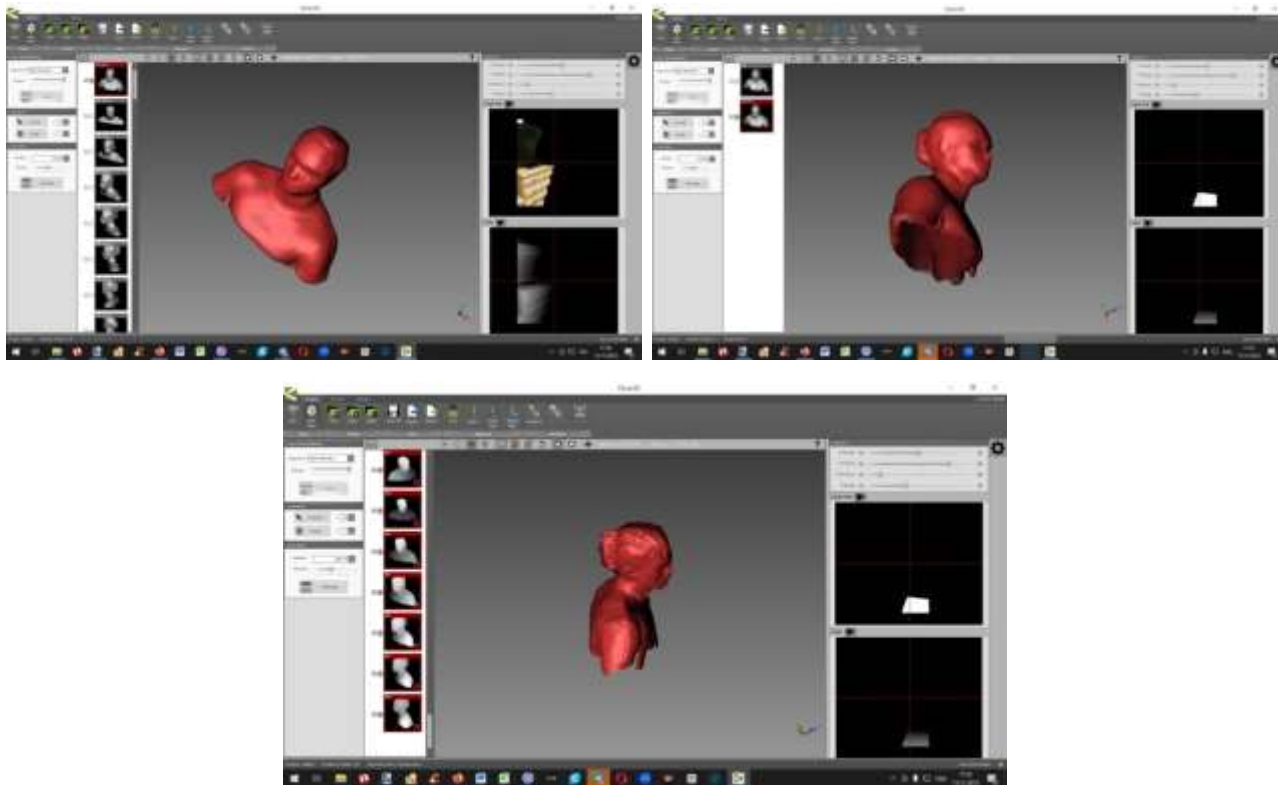


Рис.3.6 – Отримана у програмі KScan3D тривимірною 3D-моделью людини

Отриману 3D-модель людини (рис.3.6) можна запам'ятати у вигляді, доступному іншим графічним програмам (у разі, як файлу з розширенням stl). Її можна також відредагувати, прибрати зайві деталі, зробити дно фігури, все це робиться в програмі Блендер. У програмі "Засіб 3D перегляду" тривимірних зображень у Windows 10 результуюча модель виглядає так, як на рис.3.7.

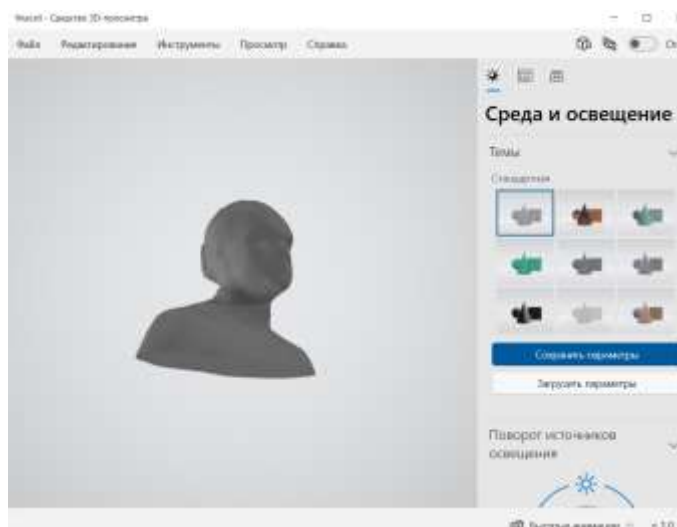


Рис.3.7 – Вигляд збудованої 3D-моделі людини в програмі «Засіб 3D перегляду»

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

### 3.3 Друк моделі на 3D-принтері за технологією FDM

У цьому підрозділі наводяться результати друку одержаної моделі на 3D-принтері Anycubic Kossel за допомогою пластику PLA.

FDM принтер влаштований так, що він повинен для своєї роботи одержувати програму у вигляді спеціального G-коду, який представляє собою послідовність інструкцій для пересування екструдера принтера і видавлювання пластику в певні проміжки часу. G-Code - це стандартна мова друку, що використовується багатьма 3D-принтерами для управління процесом друку. G-Code можна створити в програмі-слайсері, наприклад CURA.

Залежно від використовуваної технології пошарового або поверхневого формування деталі результатом роботи слайсера CURA можуть бути файли, що містять в собі дані про способи формування шарів - векторні лінії, растрові плашки, шляхи переміщення, нормалі до поверхні і інші визначальні або керувальні дані.

Зручність, надійність і відкритий програмний код - причина популярності слайсера Cura в багатьох країнах. Багато виробників 3D-принтерів, такі як LulzBot, Intamsys і SolidPrint, використовують програму Cura для створення власного програмного забезпечення.

Програма CURA - це потужний та популярний додаток для підготовки моделей 3D для 3D-друку, основні її можливості:

- CURA дозволяє імпортувати 3D-моделі у різних форматах (наприклад, STL, OBJ) та готувати їх для подальшого 3D-друку. У рамках цього процесу CURA надає широкий спектр інструментів для налаштування орієнтації моделі, масштабування, розміщення кількох моделей на одній друкованій платформі та інших параметрах.

- CURA підтримує багато моделей 3D-принтерів, що робить його універсальним інструментом для власників різних пристроїв. Це включає підтримку не тільки офіційно підтримуваних виробників, але і можливості ручного налаштування параметрів для неофіційних принтерів.

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



Для друку моделі використовується принтер Anycubic Kossel, який є у лабораторіях нашого університету, Фото роботи його наведено на рис.3.9.



Рис.3.9 – Покроковий друк розробленої моделі на 3D-принтері Anycubic Kossel

В результаті застосування технології сканування за допомогою пристрою Kinect, застосування програми обробки даних KScan3D, слайсера CURA та 3D-принтера Anycubic Kossel отримано модель торсу автора даної кваліфікаційної роботи, представлену на рис.3.10.

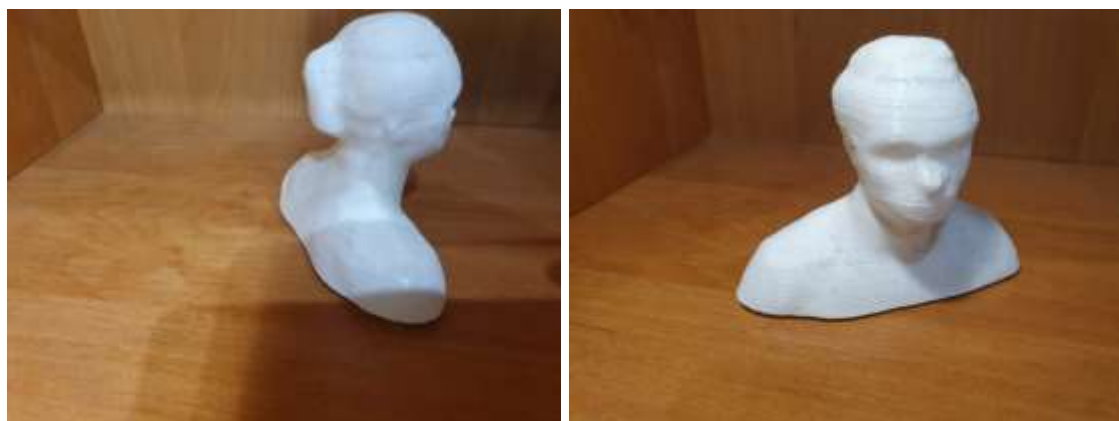


Рис.3.10 – Надрукована фігурка людини, модель якої отримана після сканування

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Висновки до третього розділу

Запропоновано доступну технологію сканування з використанням пристрою Kinect, наведено рекомендації щодо покращення схеми сканування, зокрема, особливості встановлення світла, розташування датчика та сканованого об'єкта, кількості знімків, виключення блискучих предметів і т.д.

Наведено можливість опрацювання отриманої після сканування моделі - видалення шуму, нерівностей, надлишкової кількості полігонів.

З метою перевірки результатів сканування із застосуванням пристрою Kinect було зроблено спробу створення 3D-моделі торса автора з урахуванням усіх зроблених раніше рекомендацій та пропозицій.

Для експерименту вибрано оптимальну схему розташування об'єкта і приладу Kinect, за запропонованою доступною технологією сканування зроблено знімки, які оброблені в програмі KScan3D, в результаті чого отримано тривимірну модель людини. сканування та друку пластиком PLA.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						61
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## РОЗДІЛ 4

### ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

#### 4.1 Організаційно - економічне і маркетингове обґрунтування проекту

##### Порівняльний техніко - економічний аналіз

3D друк - це швидке створення реальної моделі по її віртуальному образу (комп'ютерна модель). Технологічно 3D-процес друку являє собою пошарове створення майбутнього предмета без використання форм або додаткового оснащення. Проте створення 3D-моделі є саме собою нетривіальним завданням, якщо як еталон виступає якась реальна деталь. Застосування для цього найвідомішої програми об'ємного моделювання Autodesk 3ds Max ускладнюється тим, що користувач повинен мати досить високу інженерну кваліфікацію та досвід розробки таких моделей. Виходом із цієї ситуації є розробка та використання технології спеціального сканування, яке дозволяє по реальній деталі створити з найменшими витратами її віртуальну модель, яка найбільшою мірою повторює характерні риси початкового зразка.

Вирішенню цієї проблеми присвячена ця кваліфікаційна робота «Дослідження програмно-апаратних методів підвищення ефективності створення об'ємних 3D моделей». У процесі реалізації завдань кваліфікаційної роботи необхідно було відпрацювати досить нескладну та доступну технологію сканування натурального реального прототипу, обробку його за допомогою відомого ПЗ, а також друку отриманої віртуальної моделі на 3D принтері

Дана кваліфікаційна робота присвячена вивченню та вдосконаленню технології сканування за допомогою Kinect. Його застосування дозволяє на порядок зменшити витрати на процес сканування та створення адекватної віртуальної комп'ютерної 3D-моделі.

Розробка методики вирішення проблем, пов'язаних з 3D-скануванням за допомогою Kinect, дає економічний ефект, пов'язаний зі зменшенням втрат пластика, та витраченого часу на роботу. Розробка такої методики є комп'ютерним проектом, для виконання якого необхідно: комп'ютер з

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

відеокартою Nvidia, та зі встановленими програмами Autodesk 3ds Max, Agisoft photoscan, RealityCapture.

Організаційне обґрунтування проекту

Класифікаційна оцінка проекту:

клас: монопроект;

тип: змішаний;

вид: комбінований;

тривалість: короткостроковий;

за ступенем складності: проект середньої складності;

рівень: галузевий.

1. Метою даної кваліфікаційної роботи є вивчення та вдосконалення технології підготовки віртуальних 3D-моделей за допомогою сканування з використанням пристрою Kinect в побутових умовах, а також покращення використання технології друку моделі на 3D-принтерах, що друкують пластиком за технологією FDM.

Об'єктом дослідження є технологія розробки віртуальних 3D-моделей за допомогою сучасних комп'ютерних програм та методів сканування.

2. Предметом дослідження є розробка та друк 3D-моделей за допомогою комп'ютерних програм з використанням пристрою Kinect.

Етапи виконання розділів кваліфікаційної роботи:

- постановка технічного завдання: В цьому розділі представлені: проведення дослідження щодо технологій створення 3D моделі за допомогою Kinect; детально розглянута FDM-технологія 3D-друку; розглянуті додатки для роботи з Kinect, що впливають на якість виготовлених моделей – 14 днів;

- розробка ескізного та робочого проекту: розглянуті особливості технології створення 3D моделей за допомогою Kinect; зроблено огляд основних комп'ютерних програм тривимірної графіки; проаналізовано основні проблеми, що виникають під час створення фотографії для фотограмметрії, запропоновано шляхи їх вирішення; розглянуто особливості функціонування програм 3Ds Max, KScan3D, Cura та Agisoft photoscan, які застосовуються для

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

створення віртуальних моделей, узагальнені основні правила їх створення, що дозволяє уникнути проблем при подальшому друку пластиком; наведено приклад розробки 3D-моделі програмою KScan3D з урахуванням розроблених рекомендацій. – 53-59 днів;

- техніко-економічна частина: проведення розрахунків собівартості даного програмного продукту. Орієнтовний термін виконання – 14-20 днів;

У кваліфікаційні роботі представлений наступний склад робіт:

- технічне завдання. Термін виконання – 12-14 днів;
- розробка ескізного проекту. Термін виконання – 23-26 днів;
- розробка робочого проекту. Термін виконання – 30-33 днів;
- впровадження проекту. Термін виконання – 14-20 днів.

#### Побудова структури проекту

За структуру розроблювального проекту прийнята структура, орієнтована на результати проекту. Така структура заснована на побудові мережного графіка. Мережний графік – це графічне зображення мережевої моделі комплексу взаємопов'язаних робіт, спрямованих на досягнення певної заздалегідь наміченої мети.

#### Життєвий цикл проекту

##### Фаза концепції проекту:

- збір даних і аналіз існуючого положення;
- встановлення потреби в результатах;
- затвердження концепцій.

##### Фаза розробки:

- встановлення необхідних ділових контактів та вивчення цілей, мотивів та вимог;
- розвиток концепцій, планування предметної області та інших елементів проекту;
- розробка зведеного плану.

##### Фаза реалізації:

- організація виконання робіт;

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- детальне моделювання;
- інформаційний контроль за виконанням робіт;
- керівництво і координація робіт, регулювання основних показників проекту;
- підтвердження закінчення робіт.

Фаза завершення:

- експлуатаційні випробування остаточного продукту проекту;
- підготовка звітів;
- оцінка результатів проекту та підбиття підсумків;
- підготовка підсумкових документів та закриття проекту.

Таблиця 4.1

Склад робіт по життєвому циклу проекту

№ код роботи	Назва роботи	T (дні)
1	2	3
1-2	Збір даних і аналіз існуючих положення	15
2-3	Встановлення потреби в результатах	14
2-4	Затвердження концепцій	3
3-5	Встановлення необхідних ділових контактів та вивчення цілей, мотивів та вимог замовника та власника	21
4-5	Розвиток концепцій, планування предметної області та інших елементів проекту	8
5-6	Розробка та затвердження зведеного плану	7
5-7	Організація виконання робіт	12
6-8	Інформаційний контроль за виконанням робіт	8
7-9	Детальне моделювання	20
7-8	Керівництво і координація робіт, регулювання основних показників проекту	26

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		





- керівник проекту;
- команда проекту – програміст;
- споживач (тому що проект створюється в тісному співробітництва з побажаннями споживача).

#### Маркетингове обґрунтування проекту

Завершальним етапом обґрунтування доцільності розробки методики проблем 3D моделювання є розробка рекомендацій по використанню програми Blender для підготовки віртуальних об'ємних об'єктів.

Об'єктом роботи є організації по розробці 3D-моделей.

Область застосування розробки – розробка 3D-моделі за замовленням та вказівками замовника.

Потенційні споживачі - користувачі 3D-принтерів.

Очікувані конкурентні переваги – зменшення часу на розробку моделі та покращення якості моделі.

## 4.2 Економічні розрахунки проекту

Визначення трудомісткості розробки 3D моделі.

Трудомісткість розробки моделі повинна включати розробку наступних етапів:

- технічного завдання – ТЗ;
- технічного проекту – ТП;
- робочого проекту – РП;
- впровадження – ВП.

Трудомісткість розроблювальної моделі визначається на кожному етапу окремо на підставі трудомісткості аналога з урахуванням складності розробки, ступеня новизни і ступеня використання в розробці стандартних модулів на підставі формул:

$$T_{ТЗ} = T_p * L_1 * K_n$$

$$T_{ТП} = T_p * L_2 * K_n$$

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_{рп} = T_p * L_3 * K_H * K_T$$

$$T_{вн} = T_p * L_4 * K_H$$

$T_p$  – укрупнення норма часу на розробку аналога, чол/год, що коректується поправочним коефіцієнтом, що враховує умови розробки моделі, тобто в умовах комп'ютера,  $K_H=0,7$ . У даному проєкті  $T_p=262*0,7=183$  чол/год

$L_j$  - питома вага і-го етапу розробки. У даному проєкті залежно від ступеня новизни проєкту (В):  $L_1=0,12$ ;  $L_2=0,11$ ;  $L_3=0,61$ ;  $L_4=0,16$ .

$K_H$  - поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь новизни, у нашому випадку (В) $K_H=0,7$ .

$K_T$  - поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь використання в розробці типових програм,  $K_T=0,6$ .

При розрахунках прийняті наступні об'єми розробленої документації() по етапах проєкту:

$N_{тз} = 10$  - кількість сторінок технічного завдання;

$N_{тп} = 50$  - кількість сторінок технічного проєкту;

$N_{рп} = 70$  – кількість сторінок робочого проєкту;

$N_{інстр}=20$  – кількість сторінок інструкції по налагодженню та впровадженню;

$N_{пр} = 100$  – кількість сторінок пояснювальної записки.

Розрахунок трудомісткості розробки моделі:

1.Технічне завдання

$$T_{тз} = T_p * L_1 * K_H = 183 * 0,12 * 0,7 = 15,38$$

$$T_{кк} = 0,7 * N_{тз} = 0,15 * 10 = 1,5$$

2.Розробка технічного проєкту (алгоритму й блок-схеми)

$$T_{тз} = T_p * L_1 * K_H = 183*0,11*0,7 = 14,09$$

$$T_{кк} = 0,7* N_{тп} = 0,7 * N_{тп} = 0,7 * 50 = 35$$

$$T_{нк} = 0,15* N_{тп} = 0,15*50 = 7,5$$

3. Розробка робочого процесу

$$T_{тз} = T_p * L_3 * K_H * K_T = 183*0,61*0,7*0,6 = 46,88$$

$$T_{кк} = 0,7* N_{тп} = 0,7 * 70 = 49$$

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_{HK} = 0,15 * N_{TP} = 0,15 * 70 = 10,5$$

#### 4. Налагодження і впровадження

$$T_{T3} = T_p * L_4 * K_H = 183 * 0,16 * 0,7 = 20,5$$

$$T_{KK} = 0,7 * N_{iHCT} = 0,7 * 20 = 14$$

$$T_{HK} = 0,15 * N_{iHCT} = 0,15 * 20 = 3$$

#### 5. Пояснювальна записка

$$T_{T3} = 1,5 * N_{ПЗ} = 1,5 * 100 = 150$$

$$T_{KK} = 0,7 * N_{ПЗ} = 0,7 * 100 = 70$$

$$T_{HK} = 0,15 * N_{ПЗ} = 0,15 * 100 = 15$$

Усього:

$$T_p = 15,38 + 14,09 + 46,88 + 20,5 + 150 = 246,85$$

$$T_{KK} = 7 + 35 + 49 + 14 + 70 = 175$$

$$T_{HK} = 1,5 + 7,5 + 10,5 + 3 + 15 = 37,5$$

$$T_{общ} = 246,85 + 175 + 37,5 = 459,35$$

Тривалість розробки моделі у днях визначається за формулою

$$T_{III} = \sum T_{ij} / (8 * 0,73) = 78,656 \text{ (дні.)},$$

Де  $\sum T_{ij}$  – сумарна тривалість розробки, г;

8 – тривалість робочого дня (коефіцієнт переказу в робочі дні), ч;

0,73 – коефіцієнт переведення в календарні дні;

$T_{ij}$  – трудомісткість j-го виду робіт по i-му етапу.

$$T_{III} = 459,35 / 5,84 = 78,656 \text{ (дні.)}$$

Порівнюючи отримані результати з розрахунками тривалості розробки моделі за допомогою мережевої моделі, вибираємо для подальших розрахунків останнє значення, так як воно, на наш погляд, ближче до фактичної тривалості розробки моделі.

Визначення вартості програмного продукту

Якщо модель розглядається і створюється як продукція виробничо-технічного призначення, допускаються багаторазове тиражування та відчуження від безпосередніх розробників, то її ціна визначається за формулою:

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



$\tau_i$  - трудомісткість робіт ( $\tau_i=138$ )

$K_0$  – коефіцієнт обліку окладу керівників і консультантів проекту ( $K_0 = 0,1$ )

Основна заробітна плата:

$$C_{30} = 12000/22 * 30 * 0,1 + 6500/22 * 138 * 0,9 = 38331 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{зд} = C_{30} * K_d$$

$K_d$  – коефіцієнт відрахувань на заробітну плату ( $K_d = 0,1$ )

$$C_{зд} = 38331 * 0,1 = 3833 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальне страхування

$$C_{cc} = K_{cc} * (C_{30} + C_{зд})$$

$K_{cc}$  – коефіцієнт відрахувань на соціальне страхування ( $K_{cc} = 37\%$ )

$$C_{cc} = 0,22 * (38331 + 3833) = 9276 \text{ грн}$$

Накладні витрати

Накладні витрати визначають у відсотковому співвідношенні до основної заробітної плати, тобто

$$C_n = K_n * C_{30}$$

$K_n$  – коефіцієнт накладних витрат ( $K_n = 30\%$ )

$$C_n = 38331 * 0,3 = 9699 \text{ грн}$$

Таблиця 4.4

Кошторисна вартість продукту

Найменування матеріалів	Кошторисна собівартість, грн.	Питома вага %
Матеріали	210	1
Спеціальне устаткування	920	2
Основна заробітна платня	38331	37
Додаткова заробітна платня	3833	4
Відрахування на соціальне страхування	9276	9
Накладні витрати	9699	11

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Виробнича собівартість	51440	64
Загальновиробничі витрати	10829	36
Усього (повна собівартість)	62269	100

Нормативний прибуток:

$$P_p = (62269 - 65) \times 0,25 = 15551 \text{ грн}$$

Ціна інформаційної системи складе:

$$C = 1,1 \times 62269 + 15551 = 84046 \text{ грн.}$$

### 4.3 Визначення капітальних витрат

Капітальні витрати, пов'язані з впровадженням (вдосконаленням) методики друку моделі дорівнюють ціні інформаційної системи з додаванням додаткових витрат.

$$K = C + K_{\text{кко}}$$

$$K = 84046 + 3200 = 87246 \text{ грн.}$$

Розрахунок поточних (експлуатаційних) витрат

$$C = C_{\text{опл}} + C_a + C_{\text{ел}} + C_{\text{п}} + C_p + C_{\text{всп}}$$

$C_{\text{опл}}$  – річний фонд основної і додаткової оплати праці персоналу;

$C_a$  – сума річних амортизаційних відрахувань від вартості основного і допоміжного устаткування;

$C_{\text{ел}}$  - вартість витрат на енергію за рік;

$C_p$  - вартість річного ремонту ( $6\% K_{\text{кко}} = 178 \text{ грн}$ );

$C_{\text{всп}}$  - річна вартість допоміжних матеріалів, пов'язаних з експлуатацією ІС ( $2\% K_{\text{кко}} = 60 \text{ грн}$ );

$C_{\text{п}}$  – вартість утримання приміщень ( $C_{\text{п}} = 8000 \text{ грн}$ )

Річний фонд заробітної плати до и після:

$$Z_{\text{очн}} = 12000 * 12 = 144000 \text{ грн}$$

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фонд додаткової заробітної плати:

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{осн}} * K_{\text{доп}}$$

де  $K_{\text{доп}}$  – коефіцієнт додаткової заробітної плати (визначається в розмірі  $K_{\text{доп}} = 0,1$ )

$$З_{\text{доп}} = 144000 * 0,1 = 14400 \text{ грн}$$

Нарахування на заробітну плату:

$$З_{\text{нач}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) * K_{\text{отч}}$$

де  $K_{\text{отч}}$  – коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби ( $K_{\text{отч}} = 0,22$ )

$$З_{\text{нач}} = (144000 + 14400) * 0,22 = 34848 \text{ грн}$$

Загальні витрати на оплату праці:

$$C_{\text{опл}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{нач}}$$

Разом,

$$C_{\text{опл}} = 144000 + 14400 + 34848 = 193248 \text{ грн}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань визначається за формулою:

$$C_a = K_{\text{кко}} * N_a / 100$$

де  $N_a$  – норма амортизаційних відрахувань ( $N_a = 25\%$ )

$$C_a = 3200 * 0,25 = 800 \text{ грн}$$

Річна вартість сповивальної електроенергії, визначається за формулою:

$$C_{\text{ел}} = M_y * T_{\text{ко}} * Ц_{\text{э}} * K_{\text{и}}$$

$M_y$  – установлена сумарна потужність комп'ютерного устаткування

( $M_y = 0,6$  кВт);

$T_{\text{ко}}$  – річний фонд роботи Internet;  $E_{\text{ко}} = 2400$ ;

$Ц_{\text{э}}$  – вартість 1 кВт – години ел. енергії (3.22 грн);

$K_{\text{и}}$  – коефіцієнт інтенсивного використання потужності ( $K_{\text{и}} = 0,9$ )

$$C_{\text{ел}} = 0,6 * 2400 * 3.22 * 0,9 = 4173 \text{ грн}$$

Разом,

$$C = C_{\text{опл}} + C_a + C_{\text{ел}} + C_p + C_{\text{п}}$$

$$C = 193248 + 800 + 4173 + 178 + 60 + 8000 = 206459 \text{ грн.}$$

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Розрахунок експлуатаційних витрат для користувача виконаємо по змінним статтями витрат:

- 1) Економія часу на приготування одиниці продукції приблизно на 20%.
- 2) Витрата матеріалу і сировини для приготування однієї одиниці продукції

Припустимо що приготування умовного виробу займало 40 хв., А після впровадження проекту - 32 хв. (На 20% мен.)

Кількість виробів до впровадження проекту 3168. Тоді після впровадження

$$3168 * 1,25 = 3960 \text{ шт./рік.}$$

Розрахунок показників економічної ефективності проекту.

$$\mathcal{E}_o = \mathcal{E}_r - E_n * K_n$$

$\mathcal{E}_r$  – річна економія на поточних витратах;

$K_n$  – одноразові витрати на проект ( $K_n = 29527$  грн);

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ( $E_n = 0,25$ )

$$\mathcal{E}_r = (C/V1 - C/V2) * V2$$

$V1$ - Кількість виробів до впровадження проекту ( $V1 = 3168$ )

$V2$ - Кількість виробів після впровадження проекту ( $V2 = 3960$ )

$$\mathcal{E}_r = (206459/3168 - 206459/3960) * 3960 = 51614 \text{ грн}$$

$$\mathcal{E}_o = 51614 - 0,25 * 87246 = 29802 \text{ грн}$$

Коефіцієнт ефективності одноразових витрат:

$$E = \mathcal{E}_r / K_n$$

$$E = 51614 / 87246 = 0.59$$

$0.59 > 0,25$  проект ефективний

Строк окупності одноразових витрат проекту:

$$T = 1 / E = 1 / 0.59 = 1.69 \text{ роки}$$

$$T = 20.28 \text{ місяця}$$

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Техніко-економічні показники

Показники	Значення показника
Термін розробки проекту, дні	138
Об'єм виробництва, шт./рік	3168
-до впровадження проекту	3960
-після впровадження проекту	
Ціна проекту, грн.	62269
Капітальні витрати, грн.	87246
Поточні витрати, грн./рік	206459
Строк окупності, міс.	20,28
Економічна ефективність	0,58

**Висновок до четвертого розділу**

Виконавши економічні розрахунки, можна зробити висновок про те, що впровадження розробленої технології сканування за допомогою пристрою Kinect є досить вигідним, про що свідчить коефіцієнт економічної ефективності 0,58 та строк його окупності 20,28 міс.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Небезпечні фактори, що існують на робочих місцях, це ті, які становлять загрозу для життя чи здоров'я людини. Прикладом небезпечного фактору є змінний електричний струм напруги 220 В. Комп'ютер, як і будь-який електричний прилад, особливо при його неправильному підключенні, може бути джерелом ураження користувача ПК електричним струмом [29].

Шкідливі фактори, що існують на робочих місцях, це ті фактори які здатні викликати професійні захворювання, або взагалі недуги. Шкідливими факторами при роботі з персональним комп'ютером є неіонізуюче випромінювання промислової частоти, збільшене нервово-емоційне навантаження на оператора, збільшення навантаження на органи зору та дрібні стереостатичні рухи кінцівок [29].

До шкідливих виробничих факторів відносяться:

- наявність шуму та вібрації;
- м'яке рентгенівське випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- відсутність або недолік природного світла
- пряма та відбита блискіть;
- наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації;
- показники мікроклімату: температура повітря  $T$ , відносна вологість  $W$ , швидкість руху повітря  $V$ .

Ці фактори можуть викликати у працівника певні розлади здоров'я, зокрема підвищення артеріального тиску, кон'юктивіти, тендовагініти та інші захворювання.

За ступенем пожежної безпеки дане приміщення із візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) відноситься до категорії В [30]. Це приміщення, в яких є горючі гази (ГГ),

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

легкозаймисті, горючі і важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини і матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не відносяться до категорій А, Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше  $10 \text{ м}^2$  кожна перевищує  $180 \text{ МДж/м}$  [30].

Розміщення робочих місць ВДТ ЕОМ в підвальних і цокольних поверхах забороняється [31]. Робоче місце знаходиться у комп'ютерному класі. Приміщення знаходиться на першому поверсі 3-поверхової будівлі Приміщення з ВДТ має природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через світлові отвори, орієнтовані переважно на північ, північний захід. На робочих місцях з ВДТ КПО (коефіцієнт природного освітлення) складає понад 1.5%. Приміщення з ВДТ обладнане системами опалювання, вентиляції і кондиціонування повітря. Віконні отвори обладнані регульованими пристосуваннями: це жалюзі, фіранки і зовнішні козирки [31].

Задане приміщення розміром:

- довжина -  $A = 12 \text{ м}$ ;
- ширина -  $B = 15 \text{ м}$ ;
- висота -  $H = 3,2 \text{ м}$ .

Площа приміщень, в яких розташовують персональні комп'ютери (ПК), визначають згідно з діючими нормативними документами з розрахунку на одне робоче місце: площа – не менше  $6,0 \text{ м}^2$ , об'єм – не менше  $20,0 \text{ м}^3$ , з урахуванням максимальної кількості осіб, що одночасно працюють в зміні. У нашому випадку площа –  $180 \text{ м}^2$ , а об'єм –  $576 \text{ м}^3$ . З цього виходить, що максимальна кількість робочих місць рівна двадцять вісім.

Лінія електромережі для ЕОМ виконана як окрема групова трьохпровідна мережа, шляхом прокладки фазового, нульового робочого, нульового захисного проводів.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Нульовий захисний провід використовується тільки для занулення електроприймача. Використання нульового робочого проводу в якості нульового захисного заборонено. Штепсельні з'єднання й розетки мають спеціальні контакти для підключення нульового захисного проводу.

ПЕОМ не підключено до звичайної двохпровідної мережі, у тому числі з використанням перехідних пристосувань. Експлуатація кабелів і проводів з ушкодженою ізоляцією, саморобних подовжувачів не проводиться.

Згідно з [32], всі приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом діляться на три класи:

1. Приміщення без підвищеної небезпеки.
2. Приміщення з підвищеною небезпекою.
3. Особливо небезпечні приміщення.

Приміщення з ПК відноситься до приміщення з підвищеною небезпекою, тому що існує можливість одночасного дотику людини до будь яких з'єднання з землею, металоконструкціями будинків, технологічними апаратами, механізмами і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електрообладнання з іншого.

Згідно з правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), все електрообладнання ділиться на два класи [32, 33]:

- з напругою до 1000 В;
- з напругою понад 1000 В.

Електрообладнання приміщень з ПК відноситься до першого класу, з напругою до 1000 В.

ЕОМ, периферійні пристрої та інше обладнання (апарати управління світильники і тому подібне), електропроводи і кабелі по виконанню і ступеню захисту повинні відповідати класу зони по ПУЕ [33].

Лінія електромережі для живлення ЕОМ, периферійних пристроїв ЕОМ і устаткування для обслуговування, ремонту і наладки ЕОМ виконана як окрема групова трьохдротова мережа.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Приміщення, в якому розташовані ПК, має першу ступінь вогнестійкості згідно [34].

1 ступінь вогнестійкості – це будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних матеріалів або штучного каменю, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів.

Як засоби пожежогасіння на даному об'єкті застосовуються вуглекислотні вогнегасники, призначені для гасіння спалахів установок напругою до 1000 В.

Приміщення категорії В з площею 180 м<sup>2</sup> має 4 вуглекислотні вогнегасника с заряд вогнегасної речовини 6 кг.

Приміщення з ПК має загальне рівномірне освітлення. При роботі з документами загальне рівномірне доповнене місцевим. Джерелами світла для загального рівномірного освітлення є газорозрядні лампи низького тиску, а для місцевого дозволяється використовувати лампи розжарювання.

При роботі за дисплеєм освітленість визначається мінімальним об'єктом розрізнення шириною лінії рукописного або друкарського тексту, який читає користувач з листа. Освітлення на робочому місці становить 425 Лк [35].

### ***Висновок до п'ятого розділу***

Розглянуто питання охорони праці стосовно місця перебування, де виконується безпосередньо робота по скануванню предметів з використанням приладу Kinect для створення 3D-моделей. Також визначені норми виробничої санітарії та пожежної безпеки при роботі за комп'ютером.

					<b><i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i></b>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Загальні висновки

В результаті виконання роботи отримані наступні основні результати:

- проаналізована наукова література, інтернет-ресурси і практичний досвід для виявлення сучасного стану проблеми дослідження і позначені способи її вирішення;
- проведено аналіз існуючих технологій та ПЗ для 3D моделювання та сканування;
- проведено експерименти з використанням сучасного ПЗ 3D-сканування для виявлення найкращої технології створення 3D-моделей у побутових умовах сканування з використанням пристрою Kinect;
- вивчені особливості застосування програмного забезпечення для сканування, оптимальні параметри технології сканування, запропонована недорога доступна технологія сканування з використанням пристрою Kinect;
- проведено сканування тестового реального об'єкта сканування (людина) з використанням пристрою Kinect та створена відповідна 3D-модель;
- проведено покращення 3D -моделі у програмі Blender, обрані відповідні параметри друку за допомогою програми-слайсера Cura та роздрукована модель у пластику за допомогою 3D-принтера фірми Anycubic Kossel.

Метою роботи було вивчення та вдосконалення технології підготовки віртуальних 3D-моделей за допомогою сканування з використанням пристрою Kinect в побутових умовах, а також покращення використання технології друку моделі на 3D-принтерах, що друкують пластиком за технологією FDM. Цю мету у кваліфікаційній роботі досягнуто повною мірою.

У роботі автором пропонується недорога доступна технологія сканування у побутових умовах з використанням пристрою Kinect (на прикладі тіла людини). Kinect від Microsoft описується як "ігровий та розважальний пристрій без контролера", однак цілком може використовуватися для операцій сканування та створення віртуальної 3D-моделі. Автором роботи зроблено

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

численні експерименти, за результатами яких знайдено оптимальні параметри процесу сканування та налаштування супутньої програми KScan3D.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						82
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Advantages of 3D Printing [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.makerbot.com/stories/engineering/advantages-of-3d-printing/>
2. 10 Advantages of 3D Printing [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.makerbot.com/stories/engineering/advantages-of-3d-printing/>
3. 3D scanning [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_scanning](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_scanning)
4. An Introduction of 3D Scanning and 3D scanners [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.revopoint3d.com/an-introduction-of-3d-scanning-and-3d-scanners/>
5. The Real Value of 3D Scanning and its Applications [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://weareprintlab.com/blog/the-real-value-of-3d-scanning-and-its-applications>
6. FARO ScanArm HD [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.faro.com.ua/oborudovanie/faro-laser-scanarm/faro-laser-line-probe-hd/>
7. Types of 3D scanning technologies: comparison, advantages and applications [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://bitfab.io/blog/types-of-3d-scanning/>
8. Котлик Д.В., Мунтян І.В. Система управління 3D принтера Smartprint НВ-8, для створення 3D моделей будь-якої складності // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій / Матеріали XX Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів. Частина І. Одеса, 21-22 квітня 2020 р. - Одеса, Видавництво ОНАХТ, 2020 р. - С.106 - 108.
9. Котлик Д.В., Соколова О.П., Котлик С.В. Утиліта калібрування 3D принтерів, зібраних на базі ARDUINO MEGA / Матеріали XXI Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій», (Одеса, 22-23 квітня 2021 р.) / Одеса: ОНАХТ, 2021, с.190 – 193.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

10. Стоянов В.А., Котлик Д.В. Створення комп'ютерних тривимірних моделей за їхнім графічним зображенням. / Матеріали XXII Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів «Стан, досягнення та перспективи інформаційних систем і технологій», (Одеса, 21-22 квітня 2022 р.) / Одеса: ОНАХТ, 2022, с.197 – 199.

11. Соколова О.П., Котлик Д.В. Особливості застосування пристрою KINECT для тривимірного сканування / Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційні технології і автоматизація – 2023». Одеса, 19-20 жовтня 2023 р. - Одеса, Видавництво ОНТУ, 2023, с.438-441.

12. Daniil Kotlyk, Iryna Muntian. Research and improvement of 3D printing with ABS plastic using FDM technology / Black Sea Science 2020: Proceedings of the International Competition of Student Scientific Works. Information Technology, Automation and Robotics. / Odessa National Academy of Food Technologies; V.Yegorov, M. Mardar, S.Kotlyk (editors-in-chief.) [et al.]. - Odessa: ONAFT, 2020. - p.160-169.

13. С. Котлик, О. Романюк, О. Соколова, Д. Котлик, Розробка доступної технології створення 3D комп'ютерних моделей на основі фотограмметрії. Частина I., Automation of technological and business processes, Volume 14, Issue 2, pp. 37-50, Сер 2022, DOI:<https://doi.org/10.15673/atbp.v14i2.2332>.

14. С. Котлик, О. Романюк, О. Соколова, Д. Котлик, Розробка доступної технології створення 3D комп'ютерних моделей на основі фотограмметрії. Частина II., Automation of technological and business processes, Volume 14, Issue 3, pp. 11-19, Сер 2022, DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v14i3.2348> .

15. Kinect as a 3D Scanner - An Easy Beginner's Tutorial [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://all3dp.com/2/kinect-3d-scanner-easy-beginner-tutorial/>

16. Zhang, Q., Huang, Z., Xu, W., Li, Q., & Li, B. (2021). A Fast and Accurate Indoor 3D Scanning Method Based on Integrated Structure from Motion and Simultaneous Localization and Mapping. Sensors, 21(10), 3343.

17. Liu, S., Zheng, J., & Su, F. (2021). High-precision 3D Scanning System Based on a Single-shot Moiré Phase Sensor. Measurement Science and Technology, 32(11),

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

115405.

18. An Introduction to the Kinect Sensor [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.microsoftpressstore.com/articles/article.aspx?p=2201646>

19. Introduction To Kinect [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.i-programmer.info/ebooks/practical-windows-kinect-in-c/3738-introduction-to-kinect.html>

20. Yang, M., Fan, Q., Chen, Y., Wang, L., & Hu, Y. (2020). 3D Scanning and Reconstruction of Complex Geological Structures Based on Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Sensors*, 2020, 1715350.

21. Schlosser, P., & Jung, C. (2019). In-Drilling 3D Scanning and Object Tracking System for Interactive Robotic Assembly. *Procedia CIRP*, 81, 871-876

22. Microsoft Kinect V2 vision system in a manufacturing application [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/316218750\\_Microsoft\\_Kinect\\_V2\\_vision\\_system\\_in\\_a\\_manufacturing\\_application](https://www.researchgate.net/publication/316218750_Microsoft_Kinect_V2_vision_system_in_a_manufacturing_application)

23. Running Kinect for Windows applications on Windows 10 – Things you should verify [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://dailydotnettips.com/running-kinect-for-windows-applications-on-windows-10-things-you-should-verify/>

24. Kinect Fusion looks to make 3D modeling easier [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://newatlas.com/kinect-fusion-3d-modeling/26569/>

25. Liu, Y., Zhang, Z., Tang, Y., Jin, S., Zhang, L., & Xing, Y. (2019). A Handheld Mobile 3D Scanning System for Fast Digitization of Real Objects Based on Structured Light. *Journal of Sensors*, 2019, 9180406.

26. Real-time collection and analysis of 3-Kinect v2 skeleton data in a single application [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2945078.2945131>

27. Шестопалов С.В., Жуковецька С.Л. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт для здобувачів освіти СВО «Магістр» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія». Одеський національний технологічний університет, 2023. – 46 с.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

28. Вігуржинська С.Ю., Колесник В.І. Дипломне проектування економічної частини проекту / Методичні вказівки для студентів, що навчаються за спеціальностями 05010101- "Інформаційні управляючі системи та технології"; 05010102- "Інформаційні технології проектування", 05010201- "Комп'ютерні системи та мережі"; 05010203- "Спеціалізовані комп'ютерні системи". Одеса: Одеська національна академія харчових технологій, видавничий центр «Технолог», 2016. – 23 с.

29. Катренко Л. А., Катренко А. В. Охорона праці в галузі комп'ютерингу: підручник. Львів: Магнолія – 2006, 2012. 544 с.

30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: МІНРЕГІОНБУД України, 2016. 66 с.

31. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. – Чинний з 10.12.1998. – К.: Держспоживстандарт України, 1998. 25 с.

32. НПАОП 40.00-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001. 78 с.

33. Правила улаштування електроустановок. К.: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

34. ДБН В.1.1.7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ, 2017. 47 с.

35. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018. 137 с.

					<i>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		



G1 X46.482 Y-11.193 E4.08072  
 G1 X46.505 Y-10.598 E4.11043  
 G1 X46.505 Y-8.148 E4.23266  
 G1 X46.651 Y-8.274 E4.24228  
 G1 X47.299 Y-8.725 E4.28167  
 G1 X47.99 Y-9.109 E4.32111  
 G1 X48.715 Y-9.421 E4.36049  
 G1 X49.468 Y-9.658 E4.39987  
 G1 X50.242 Y-9.817 E4.43929  
 G1 X51.027 Y-9.898 E4.47867  
 G1 X51.429 Y-9.908 E4.49873  
 G1 X52.947 Y-9.908 E4.57446  
 G1 X53.736 Y-9.868 E4.61388  
 G1 X54.516 Y-9.749 E4.65324  
 G1 X55.281 Y-9.551 E4.69266  
 G1 X56.021 Y-9.277 E4.73203  
 G1 X56.73 Y-8.929 E4.77144  
 G1 X57.401 Y-8.511 E4.81088  
 G1 X58.025 Y-8.028 E4.85024  
 G1 X58.598 Y-7.485 E4.88963  
 G1 X59.113 Y-6.886 E4.92904  
 G1 X59.564 Y-6.238 E4.96843  
 G1 X59.948 Y-5.547 E5.00787  
 G1 X60.26 Y-4.822 E5.04724  
 G1 X60.497 Y-4.069 E5.08663  
 G1 X60.656 Y-3.295 E5.12605  
 G1 X60.737 Y-2.51 E5.16542  
 G1 X60.747 Y-2.108 E5.18548  
 G1 X60.747 Y5.305 E5.55532  
 G1 X60.707 Y6.094 E5.59473  
 G1 X60.588 Y6.874 E5.6341  
 G1 X60.39 Y7.639 E5.67352  
 G1 X60.116 Y8.379 E5.71289  
 G1 X59.768 Y9.088 E5.75229  
 G1 X59.35 Y9.759 E5.79173  
 G1 X58.867 Y10.383 E5.8311  
 G1 X58.324 Y10.956 E5.87049  
 G1 X57.725 Y11.471 E5.9099  
 G1 X57.077 Y11.922 E5.94928  
 G1 X56.386 Y12.306 E5.98872  
 G1 X55.661 Y12.618 E6.0281  
 G1 X54.908 Y12.855 E6.06749  
 G1 X54.134 Y13.014 E6.10691  
 G1 X53.349 Y13.095 E6.14628  
 G1 X52.947 Y13.105 E6.16634  
 G1 X51.705 Y13.105 E6.22831  
 G1 X50.916 Y13.065 E6.26772  
 G1 X50.136 Y12.946 E6.30708  
 G1 X49.371 Y12.748 E6.34651  
 G1 X48.631 Y12.474 E6.38588  
 G1 X47.922 Y12.126 E6.42528  
 G1 X47.251 Y11.708 E6.46472  
 G1 X46.627 Y11.225 E6.50409  
 G1 X46.505 Y11.109 E6.51249  
 G1 X46.505 Y13.66 E6.63976  
 G1 X47.373 Y13.594 E6.68319  
 G1 X50.861 Y13.553 E6.85721  
 G1 X51.677 Y13.562 E6.89793

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X52.465 Y13.611 E6.93732  
 G1 X53.244 Y13.739 E6.9767  
 G1 X54.007 Y13.946 E7.01614  
 G1 X54.744 Y14.228 E7.05551  
 G1 X55.449 Y14.583 E7.09489  
 G1 X56.115 Y15.008 E7.13431  
 G1 X56.734 Y15.498 E7.1737  
 G1 X57.201 Y15.942 E7.20584  
 G1 X57.315 Y16.06 E7.21403  
 G1 X57.834 Y16.655 E7.25342  
 G1 X58.29 Y17.3 E7.29283  
 G1 X58.679 Y17.987 E7.33222  
 G1 X58.997 Y18.71 E7.37162  
 G1 X59.239 Y19.462 E7.41104  
 G1 X59.405 Y20.234 E7.45043  
 G1 X59.491 Y21.019 E7.48983  
 G1 X59.505 Y21.48 E7.51284  
 G1 X59.505 Y24.948 E7.68586  
 G1 X59.465 Y25.737 E7.72527  
 G1 X59.346 Y26.517 E7.76464  
 G1 X59.148 Y27.282 E7.80406  
 G1 X58.874 Y28.022 E7.84343  
 G1 X58.526 Y28.731 E7.88283  
 G1 X58.108 Y29.402 E7.92227  
 G1 X57.625 Y30.026 E7.96164  
 G1 X57.201 Y30.486 E7.99285  
 G1 X56.624 Y31.025 E8.03224  
 G1 X55.996 Y31.503 E8.07162  
 G1 X55.322 Y31.916 E8.11106  
 G1 X54.61 Y32.258 E8.15046  
 G1 X53.868 Y32.526 E8.18982  
 G1 X53.102 Y32.718 E8.22922  
 G1 X52.32 Y32.832 E8.26865  
 G1 X51.669 Y32.866 E8.30117  
 G1 X50.867 Y32.874 E8.34118  
 G1 X47.402 Y32.834 E8.51406  
 G1 X46.614 Y32.785 E8.55345  
 G1 X46.329 Y32.738 E8.56786  
 G1 X46.148 Y33.439 E8.60398  
 G1 X45.874 Y34.179 E8.64335  
 G1 X45.526 Y34.888 E8.68276  
 G1 X45.108 Y35.559 E8.7222  
 G1 X44.625 Y36.183 E8.76156  
 G1 X44.22 Y36.62 E8.79129  
 G1 X44.103 Y36.737 E8.79954  
 G1 X43.517 Y37.267 E8.83896  
 G1 X42.881 Y37.734 E8.87833  
 G1 X42.201 Y38.135 E8.91771  
 G1 X41.483 Y38.465 E8.95714  
 G1 X40.736 Y38.72 E8.99652  
 G1 X39.967 Y38.899 E9.03591  
 G1 X39.183 Y38.999 E9.07534  
 G1 X38.588 Y39.022 E9.10505  
 G1 X-50.588 Y39.022 E13.55406  
 G1 X-51.377 Y38.982 E13.59347  
 G1 X-52.157 Y38.863 E13.63283  
 G1 X-52.922 Y38.665 E13.67226  
 G1 X-53.662 Y38.391 E13.71163

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X-54.371 Y38.043 E13.75103  
 G1 X-55.042 Y37.625 E13.79047  
 G1 X-55.666 Y37.142 E13.82984  
 G1 X-56.103 Y36.737 E13.85956  
 G1 X-56.22 Y36.62 E13.86782  
 G1 X-56.75 Y36.034 E13.90724  
 G1 X-57.217 Y35.398 E13.9466  
 G1 X-57.618 Y34.718 E13.98599  
 G1 X-57.948 Y34 E14.02541  
 G1 X-58.203 Y33.253 E14.06479  
 G1 X-58.382 Y32.484 E14.10418  
 G1 X-58.482 Y31.7 E14.14361  
 G1 X-58.505 Y31.105 E14.17332  
 G1 X-58.505 Y-10.598 E16.25389  
 G1 X-58.465 Y-11.387 E16.2933  
 G1 X-58.346 Y-12.167 E16.33267  
 G1 X-58.148 Y-12.932 E16.37209  
 G1 X-57.874 Y-13.672 E16.41146  
 G1 X-57.526 Y-14.381 E16.45086  
 G1 X-57.108 Y-15.052 E16.4903  
 G1 X-56.625 Y-15.676 E16.52967  
 G1 X-56.22 Y-16.113 E16.5594  
 G1 X-56.103 Y-16.23 E16.56765  
 G1 X-55.517 Y-16.76 E16.60707  
 G1 X-54.881 Y-17.227 E16.64644  
 G1 X-54.201 Y-17.628 E16.68582  
 G1 X-53.483 Y-17.958 E16.72525  
 G1 X-52.736 Y-18.213 E16.76463  
 G1 X-51.967 Y-18.392 E16.80402  
 G1 X-51.183 Y-18.492 E16.84345  
 G1 X-50.588 Y-18.515 E16.87315  
 G1 X-47.613 Y-18.515 E17.02158  
 G1 X-47.786 Y-19.019 E17.04816  
 G1 X-47.965 Y-19.788 E17.08755  
 G1 X-48.066 Y-20.571 E17.12694  
 G1 X-48.088 Y-21.36 E17.16632  
 G1 X-48.029 Y-22.148 E17.20574  
 G1 X-47.891 Y-22.925 E17.24512  
 G1 X-47.805 Y-23.321 E17.26533  
 G1 X-47.95 Y-23.529 E17.27798  
 G1 X-48.334 Y-24.22 E17.31742  
 G1 X-48.646 Y-24.945 E17.3568  
 G1 X-48.883 Y-25.698 E17.39618  
 G1 X-49.087 Y-26.817 E17.45293  
 G1 X-49.41 Y-29.793 E17.60228  
 G1 X-49.456 Y-30.582 E17.64171  
 G1 X-49.421 Y-31.371 E17.68111  
 G1 X-49.307 Y-32.152 E17.72049  
 G1 X-49.114 Y-32.918 E17.7599  
 G1 X-48.845 Y-33.66 E17.79927  
 G1 X-48.503 Y-34.372 E17.83868  
 G1 X-48.09 Y-35.045 E17.87807  
 G1 X-47.928 Y-35.257 E17.89138  
 G1 X-47.928 Y-36.407 E17.94876  
 G1 X-47.888 Y-37.196 E17.98817  
 G1 X-47.769 Y-37.976 E18.02754  
 G1 X-47.571 Y-38.741 E18.06696  
 G1 X-47.297 Y-39.481 E18.10633

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X-46.949 Y-40.19 E18.14573  
 G1 X-46.531 Y-40.861 E18.18517  
 G1 X-46.048 Y-41.485 E18.22454  
 G1 X-45.505 Y-42.058 E18.26392  
 G1 X-44.906 Y-42.573 E18.30334  
 G1 X-44.258 Y-43.024 E18.34272  
 G1 X-43.567 Y-43.408 E18.38216  
 G1 X-42.842 Y-43.72 E18.42154  
 G1 X-42.089 Y-43.957 E18.46092  
 G1 X-41.315 Y-44.116 E18.50035  
 G1 X-40.53 Y-44.197 E18.53972  
 G1 X-40.128 Y-44.207 E18.55978  
 G1 X-38.889 Y-44.207 E18.62159  
 G1 X-38.1 Y-44.167 E18.66101  
 G1 X-37.32 Y-44.048 E18.70037  
 G1 X-36.555 Y-43.85 E18.7398  
 G1 X-35.815 Y-43.576 E18.77916  
 G1 X-35.106 Y-43.228 E18.81857  
 G1 X-34.435 Y-42.81 E18.85801  
 G1 X-33.811 Y-42.327 E18.89738  
 G1 X-33.238 Y-41.784 E18.93676  
 G1 X-32.723 Y-41.185 E18.97617  
 G1 X-32.272 Y-40.537 E19.01556  
 G1 X-31.888 Y-39.846 E19.055  
 G1 X-31.576 Y-39.121 E19.09438  
 G1 X-31.339 Y-38.368 E19.13376  
 G1 X-31.18 Y-37.594 E19.17318  
 G1 X-31.099 Y-36.809 E19.21255  
 G1 X-31.089 Y-36.407 E19.23262  
 G1 X-31.089 Y-35.259 E19.28989  
 G1 X-30.745 Y-34.765 E19.31992  
 G1 X-30.361 Y-34.074 E19.35936  
 G1 X-30.049 Y-33.349 E19.39874  
 G1 X-29.812 Y-32.596 E19.43812  
 G1 X-29.653 Y-31.822 E19.47755  
 G1 X-29.572 Y-31.037 E19.51692  
 G1 X-29.6 Y-29.871 E19.57511  
 G1 X-29.893 Y-26.895 E19.7243  
 G1 X-30.01 Y-26.114 E19.7637  
 G1 X-30.205 Y-25.349 E19.80308  
 G1 X-30.477 Y-24.607 E19.84251  
 G1 X-30.822 Y-23.897 E19.88189  
 G1 X-31.199 Y-23.287 E19.91767  
 G1 X-31.023 Y-22.504 E19.95771  
 G1 X-30.929 Y-21.72 E19.9971  
 G1 X-30.915 Y-20.93 E20.03652  
 G1 X-30.981 Y-20.143 E20.07592  
 G1 X-31.127 Y-19.367 E20.11532  
 G1 X-31.389 Y-18.515 E20.15979  
 G0 F3600 X-31.79 Y-18.57  
 G1 F1500 X-31.962 Y-18.115 E20.18405  
 G1 X38.588 Y-18.115 E23.70381  
 G1 X39.356 Y-18.075 E23.74218  
 G1 X40.116 Y-17.956 E23.78055  
 G1 X40.859 Y-17.758 E23.81892  
 G1 X41.578 Y-17.484 E23.8573  
 G1 X42.264 Y-17.137 E23.89566  
 G1 X42.911 Y-16.721 E23.93403

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X43.511 Y-16.24 E23.9724  
 G1 X43.938 Y-15.831 E24.0019  
 G1 X44.452 Y-15.259 E24.04026  
 G1 X44.905 Y-14.637 E24.07865  
 G1 X45.291 Y-13.972 E24.11701  
 G1 X45.606 Y-13.27 E24.1554  
 G1 X45.846 Y-12.539 E24.19379  
 G1 X46.009 Y-11.788 E24.23213  
 G1 X46.093 Y-11.023 E24.27052  
 G1 X46.105 Y-10.598 E24.29173  
 G1 X46.105 Y-7.234 E24.45956  
 G1 X46.445 Y-7.578 E24.4837  
 G1 X47.04 Y-8.066 E24.52209  
 G1 X47.682 Y-8.489 E24.56044  
 G1 X48.365 Y-8.844 E24.59885  
 G1 X49.08 Y-9.125 E24.63717  
 G1 X49.822 Y-9.331 E24.67559  
 G1 X50.58 Y-9.459 E24.71394  
 G1 X51.429 Y-9.508 E24.75637  
 G1 X52.947 Y-9.508 E24.83211  
 G1 X53.715 Y-9.468 E24.87047  
 G1 X54.475 Y-9.349 E24.90885  
 G1 X55.218 Y-9.151 E24.94721  
 G1 X55.937 Y-8.877 E24.9856  
 G1 X56.623 Y-8.53 E25.02396  
 G1 X57.27 Y-8.114 E25.06233  
 G1 X57.87 Y-7.633 E25.1007  
 G1 X58.417 Y-7.092 E25.13908  
 G1 X58.905 Y-6.497 E25.17747  
 G1 X59.328 Y-5.855 E25.21583  
 G1 X59.683 Y-5.172 E25.25423  
 G1 X59.964 Y-4.457 E25.29256  
 G1 X60.17 Y-3.715 E25.33098  
 G1 X60.298 Y-2.957 E25.36933  
 G1 X60.347 Y-2.108 E25.41176  
 G1 X60.347 Y5.305 E25.78159  
 G1 X60.307 Y6.073 E25.81996  
 G1 X60.188 Y6.833 E25.85834  
 G1 X59.99 Y7.576 E25.8967  
 G1 X59.716 Y8.295 E25.93509  
 G1 X59.369 Y8.981 E25.97344  
 G1 X58.953 Y9.628 E26.01182  
 G1 X58.472 Y10.228 E26.05018  
 G1 X57.931 Y10.775 E26.08857  
 G1 X57.336 Y11.263 E26.12696  
 G1 X56.694 Y11.686 E26.16531  
 G1 X56.011 Y12.041 E26.20372  
 G1 X55.296 Y12.322 E26.24204  
 G1 X54.554 Y12.528 E26.28046  
 G1 X53.796 Y12.656 E26.31882  
 G1 X52.947 Y12.705 E26.36124  
 G1 X51.705 Y12.705 E26.42321  
 G1 X50.937 Y12.665 E26.46157  
 G1 X50.177 Y12.546 E26.49995  
 G1 X49.434 Y12.348 E26.53831  
 G1 X48.715 Y12.074 E26.5767  
 G1 X48.029 Y11.727 E26.61506  
 G1 X47.382 Y11.311 E26.65343

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X46.782 Y10.83 E26.6918  
 G1 X46.235 Y10.289 E26.73018  
 G1 X46.105 Y10.13 E26.74043  
 G1 X46.105 Y14.126 E26.93979  
 G1 X46.701 Y14.033 E26.96988  
 G1 X47.378 Y13.994 E27.00371  
 G1 X50.857 Y13.953 E27.17729  
 G1 X51.673 Y13.962 E27.21801  
 G1 X52.44 Y14.011 E27.25635  
 G1 X53.199 Y14.139 E27.29475  
 G1 X53.94 Y14.345 E27.33312  
 G1 X54.655 Y14.626 E27.37145  
 G1 X55.338 Y14.981 E27.40985  
 G1 X55.98 Y15.404 E27.44821  
 G1 X56.575 Y15.892 E27.4866  
 G1 X57.027 Y16.338 E27.51828  
 G1 X57.532 Y16.919 E27.55669  
 G1 X57.974 Y17.548 E27.59504  
 G1 X58.348 Y18.22 E27.63341  
 G1 X58.651 Y18.927 E27.67178  
 G1 X58.878 Y19.662 E27.71016  
 G1 X59.028 Y20.416 E27.74852  
 G1 X59.105 Y21.48 E27.80174  
 G1 X59.105 Y24.948 E27.97476  
 G1 X59.065 Y25.716 E28.01313  
 G1 X58.946 Y26.476 E28.0515  
 G1 X58.748 Y27.219 E28.08987  
 G1 X58.474 Y27.938 E28.12825  
 G1 X58.127 Y28.624 E28.16661  
 G1 X57.711 Y29.271 E28.20498  
 G1 X57.027 Y30.09 E28.25822  
 G1 X56.913 Y30.208 E28.26641  
 G1 X56.351 Y30.732 E28.30474  
 G1 X55.737 Y31.196 E28.34314  
 G1 X55.078 Y31.593 E28.38152  
 G1 X54.382 Y31.92 E28.41988  
 G1 X53.655 Y32.172 E28.45827  
 G1 X52.906 Y32.348 E28.49666  
 G1 X52.143 Y32.445 E28.53503  
 G1 X51.665 Y32.466 E28.5589  
 G1 X50.863 Y32.474 E28.59891  
 G1 X47.406 Y32.434 E28.7714  
 G1 X46.639 Y32.385 E28.80974  
 G1 X46.002 Y32.278 E28.84196  
 G1 X45.946 Y32.633 E28.85989  
 G1 X45.748 Y33.376 E28.89826  
 G1 X45.474 Y34.095 E28.93664  
 G1 X45.127 Y34.781 E28.975  
 G1 X44.711 Y35.428 E29.01337  
 G1 X44.23 Y36.028 E29.05174  
 G1 X43.821 Y36.455 E29.08124  
 G1 X43.249 Y36.969 E29.1196  
 G1 X42.627 Y37.422 E29.15799  
 G1 X41.962 Y37.808 E29.19635  
 G1 X41.26 Y38.123 E29.23474  
 G1 X40.529 Y38.363 E29.27313  
 G1 X39.778 Y38.526 E29.31147  
 G1 X39.013 Y38.61 E29.34986

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X38.588 Y38.622 E29.37107  
 G1 X-50.588 Y38.622 E33.82008  
 G1 X-51.356 Y38.582 E33.85845  
 G1 X-52.116 Y38.463 E33.89683  
 G1 X-52.859 Y38.265 E33.93519  
 G1 X-53.578 Y37.991 E33.97358  
 G1 X-54.264 Y37.644 E34.01193  
 G1 X-54.911 Y37.228 E34.05031  
 G1 X-55.511 Y36.747 E34.08867  
 G1 X-55.938 Y36.338 E34.11817  
 G1 X-56.452 Y35.766 E34.15654  
 G1 X-56.905 Y35.144 E34.19493  
 G1 X-57.291 Y34.479 E34.23329  
 G1 X-57.606 Y33.777 E34.27168  
 G1 X-57.846 Y33.046 E34.31006  
 G1 X-58.009 Y32.295 E34.3484  
 G1 X-58.093 Y31.53 E34.3868  
 G1 X-58.105 Y31.105 E34.40801  
 G1 X-58.105 Y-10.598 E36.48858  
 G1 X-58.065 Y-11.366 E36.52695  
 G1 X-57.946 Y-12.126 E36.56533  
 G1 X-57.748 Y-12.869 E36.60369  
 G1 X-57.474 Y-13.588 E36.64208  
 G1 X-57.127 Y-14.274 E36.68043  
 G1 X-56.711 Y-14.921 E36.7188  
 G1 X-56.23 Y-15.521 E36.75717  
 G1 X-55.821 Y-15.948 E36.78667  
 G1 X-55.249 Y-16.462 E36.82504  
 G1 X-54.627 Y-16.915 E36.86342  
 G1 X-53.962 Y-17.301 E36.90179  
 G1 X-53.26 Y-17.616 E36.94017  
 G1 X-52.529 Y-17.856 E36.97856  
 G1 X-51.778 Y-18.019 E37.0169  
 G1 X-51.013 Y-18.103 E37.05529  
 G1 X-50.588 Y-18.115 E37.07651  
 G1 X-47.035 Y-18.115 E37.25377  
 G1 X-47.158 Y-18.421 E37.27022  
 G1 X-47.407 Y-19.148 E37.30856  
 G1 X-47.579 Y-19.898 E37.34695  
 G1 X-47.672 Y-20.662 E37.38534  
 G1 X-47.686 Y-21.431 E37.42372  
 G1 X-47.619 Y-22.197 E37.46208  
 G1 X-47.474 Y-22.952 E37.50043  
 G1 X-47.405 Y-23.178 E37.51222  
 G1 X-47.405 Y-23.444 E37.52549  
 G1 X-47.714 Y-23.912 E37.55347  
 G1 X-48.069 Y-24.595 E37.59187  
 G1 X-48.35 Y-25.31 E37.6302  
 G1 X-48.556 Y-26.052 E37.66862  
 G1 X-48.69 Y-26.861 E37.70953  
 G1 X-49.013 Y-29.837 E37.85888  
 G1 X-49.056 Y-30.604 E37.8972  
 G1 X-49.019 Y-31.373 E37.93561  
 G1 X-48.903 Y-32.133 E37.97397  
 G1 X-48.708 Y-32.877 E38.01234  
 G1 X-48.437 Y-33.597 E38.05072  
 G1 X-48.093 Y-34.285 E38.0891  
 G1 X-47.68 Y-34.933 E38.12743

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X-47.528 Y-35.124 E38.13961  
 G1 X-47.528 Y-36.407 E38.20362  
 G1 X-47.488 Y-37.175 E38.24199  
 G1 X-47.369 Y-37.935 E38.28037  
 G1 X-47.171 Y-38.678 E38.31873  
 G1 X-46.897 Y-39.397 E38.35712  
 G1 X-46.55 Y-40.083 E38.39547  
 G1 X-46.134 Y-40.73 E38.43385  
 G1 X-45.653 Y-41.33 E38.47221  
 G1 X-45.112 Y-41.877 E38.51059  
 G1 X-44.517 Y-42.365 E38.54899  
 G1 X-43.875 Y-42.788 E38.58734  
 G1 X-43.192 Y-43.143 E38.62575  
 G1 X-42.477 Y-43.424 E38.66407  
 G1 X-41.735 Y-43.63 E38.70249  
 G1 X-40.977 Y-43.758 E38.74084  
 G1 X-40.128 Y-43.807 E38.78327  
 G1 X-38.889 Y-43.807 E38.84509  
 G1 X-38.121 Y-43.767 E38.88345  
 G1 X-37.361 Y-43.648 E38.92183  
 G1 X-36.618 Y-43.45 E38.96019  
 G1 X-35.899 Y-43.176 E38.99858  
 G1 X-35.213 Y-42.829 E39.03694  
 G1 X-34.566 Y-42.413 E39.07531  
 G1 X-33.966 Y-41.932 E39.11368  
 G1 X-33.419 Y-41.391 E39.15206  
 G1 X-32.931 Y-40.796 E39.19045  
 G1 X-32.508 Y-40.154 E39.22881  
 G1 X-32.153 Y-39.471 E39.26721  
 G1 X-31.872 Y-38.756 E39.30554  
 G1 X-31.666 Y-38.014 E39.34396  
 G1 X-31.538 Y-37.256 E39.38231  
 G1 X-31.489 Y-36.407 E39.42474  
 G1 X-31.489 Y-35.128 E39.48855  
 G1 X-31.404 Y-35.024 E39.49525  
 G1 X-30.981 Y-34.382 E39.5336  
 G1 X-30.626 Y-33.699 E39.57201  
 G1 X-30.345 Y-32.984 E39.61033  
 G1 X-30.139 Y-32.242 E39.64875  
 G1 X-30.011 Y-31.484 E39.68711  
 G1 X-29.962 Y-30.716 E39.7255  
 G1 X-29.998 Y-29.91 E39.76575  
 G1 X-30.291 Y-26.934 E39.91494  
 G1 X-30.406 Y-26.173 E39.95334  
 G1 X-30.599 Y-25.429 E39.99169  
 G1 X-30.869 Y-24.709 E40.03005  
 G1 X-31.212 Y-24.02 E40.06845  
 G1 X-31.61 Y-23.393 E40.1055  
 G1 X-31.61 Y-23.246 E40.11283  
 G1 X-31.554 Y-23.071 E40.122  
 G1 X-31.398 Y-22.318 E40.16036  
 G1 X-31.32 Y-21.553 E40.19873  
 G1 X-31.322 Y-20.784 E40.23709  
 G1 X-31.404 Y-20.019 E40.27548  
 G1 X-31.565 Y-19.267 E40.31385  
 G1 X-31.79 Y-18.57 E40.35039  
 G0 F3600 X-32.164 Y-18.711  
 G1 F1500 X-32.527 Y-17.753 E40.4015

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

G1 X-32.531 Y-17.715 E40.4034  
 G1 X38.588 Y-17.715 E43.95155  
 G1 X39.335 Y-17.675 E43.98887  
 G1 X40.073 Y-17.556 E44.02616  
 G1 X40.795 Y-17.358 E44.06351  
 G1 X41.491 Y-17.085 E44.10081  
 G1 X42.154 Y-16.738 E44.13815  
 G1 X42.777 Y-16.323 E44.17549  
 G1 X43.538 Y-15.665 E44.22568  
 G1 X43.655 Y-15.548 E44.23394  
 G1 X44.155 Y-14.991 E44.27128  
 G1 X44.592 Y-14.385 E44.30855  
 G1 X44.963 Y-13.735 E44.34589  
 G1 X45.262 Y-13.049 E44.38323  
 G1 X45.486 Y-12.335 E44.42056  
 G1 X45.633 Y-11.602 E44.45786  
 G1 X45.705 Y-10.598 E44.50808  
 G1 X45.705 Y-6.123 E44.73134  
 G1 X45.821 Y-6.297 E44.74177  
 G1 X46.3 Y-6.871 E44.77907  
 G1 X46.837 Y-7.392 E44.8164  
 G1 X47.427 Y-7.851 E44.85369  
 G1 X48.063 Y-8.246 E44.89104  
 G1 X48.737 Y-8.57 E44.92835  
 G1 X49.442 Y-8.82 E44.96567  
 G1 X50.17 Y-8.994 E45.00301  
 G1 X50.912 Y-9.089 E45.04033  
 G1 X51.429 Y-9.108 E45.06614  
 G1 X52.947 Y-9.108 E45.14188  
 G1 X53.694 Y-9.068 E45.1792  
 G1 X54.432 Y-8.949 E45.21649  
 G1 X55.154 Y-8.751 E45.25384  
 G1 X55.85 Y-8.478 E45.29114  
 G1 F1500 E1220.46189  
 G1 F600 X24.705 Y3.421 E1220.46443  
 G1 X24.564 Y3.361 E1220.46697  
 G1 X24.507 Y3.222 E1220.46947  
 G1 X24.566 Y3.083 E1220.47198  
 G1 X24.705 Y3.024 E1220.47428  
 G1 X24.844 Y3.081 E1220.47656  
 G1 X24.904 Y3.222 E1220.4789  
 G1 X24.846 Y3.363 E1220.48122  
 G0 F7200 X24.705 Y3.421  
 G0 X24.661 Y3.403  
 G1 F1500 E1213.98122  
 G0 F7200 X24.701 Y3.311  
 G0 X24.705 Y4.286  
 G0 X24.705 Y16.159  
 G0 X24.705 Y17.044  
 G0 X24.846 Y17.363  
 G1 F1500 E1220.48122  
 G1 F600 X24.705 Y17.421 E1220.48375  
 G1 X24.564 Y17.361 E1220.4863  
 G1 X24.507 Y17.222 E1220.4888  
 G1 X24.566 Y17.083 E1220.49131  
 G1 X24.705 Y17.024 E1220.4936  
 G1 X24.844 Y17.081 E1220.49589  
 G1 X24.904 Y17.222 E1220.49822

					<b>КРМ.КІ.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```

G1 X24.846 Y17.363 E1220.50054
G0 F7200 X24.705 Y17.421
G0 X24.661 Y17.403
G1 F1500 E1214.00054
G0 F7200 X24.701 Y17.311
G0 X23.642 Y17.222
G0 X-35.642 Y17.285
G0 X-36.527 Y17.285
G0 X-36.564 Y17.424
G1 F1500 E1220.50054
G1 F600 X-36.705 Y17.484 E1220.50309
G1 X-36.846 Y17.426 E1220.50563
G1 X-36.904 Y17.285 E1220.50816
G1 X-36.847 Y17.145 E1220.51067
G1 X-36.705 Y17.087 E1220.51301
G1 X-36.563 Y17.147 E1220.51536
G1 X-36.507 Y17.285 E1220.51762
G1 X-36.564 Y17.424 E1220.51991
G0 F7200 X-36.705 Y17.484
G0 X-36.748 Y17.467
G1 F1500 E1214.01991
G0 F7200 X-36.708 Y17.375
G0 X-36.705 Y16.222
G0 X-36.705 Y4.349
G0 X-36.705 Y3.464
G0 X-36.564 Y3.424
G1 F1500 E1220.51991
G1 F600 X-36.705 Y3.484 E1220.52246
G1 X-36.846 Y3.426 E1220.525
G1 X-36.904 Y3.285 E1220.52753
G1 X-36.847 Y3.145 E1220.53005
G1 X-36.705 Y3.087 E1220.53238
G1 X-36.563 Y3.147 E1220.53473
G1 X-36.507 Y3.285 E1220.53699
G1 X-36.564 Y3.424 E1220.53928
G0 F7200 X-36.705 Y3.484
G0 X-36.748 Y3.467
;TIME ELAPSED:29507.902574
G1 F1500 E1214.03928
M140 S0
M107
M400 ;Free buffer
G91 ;relative positioning
G1 E-1 F300 ;retract the filament a bit before lifting the
nozzle, to release some of the pressure
G1 F120 Z+1 E-5 ;move Z up a bit and retract filament even
more
G90 ;absolute positioning
M104 S0 ;extruder heater off
M140 S0 ;heated bed heater off
M107 ;fan off
M84 ;steppers off
G28 ;move to endstop
M84 ;steppers off
M82 ;absolute extrusion mode
M104 S0
;End of Gcode

```

						<i>Арк.</i>
						<b>KPM.KI.1. 884-03.2.8</b>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		<b>97</b>

```

;SETTING_3 {"global_quality": "[general]\\nversion = 4\\nname =
Normal #2\\ndefi
;SETTING_3 nition =
anycubic_kossel_linear_plus\\n\\n[metadata]\\ntype = quality
;SETTING_3 _changes\\nquality_type = fast\\nsetting_version =
16\\n\\n[values]\\n
;SETTING_3 nadhesion_type = brim\\nlayer_height =
0.1\\nnsupport_enable = True\\n
;SETTING_3 support_type = buildplate\\n\\n", "extruder_quality":
["[general]\\nv
;SETTING_3 ersion = 4\\nname = Normal #2\\ndefinition =
anycubic_kossel_linear_p
;SETTING_3 lus\\n\\n[metadata]\\ntype =
quality_changes\\nquality_type = fast\\n
;SETTING_3 setting_version = 16\\nposition =
0\\n\\n[values]\\nbottom_thickness
;SETTING_3 = 1\\nspeed_print = 50\\nnsupport_angle =
80\\nnsupport_infill_rate = 1
;SETTING_3 0\\nnsupport_line_distance = 5\\nnsupport_pattern =
lines\\nnsupport_top
;SETTING_3 _distance = 0.3\\ntop_bottom_thickness = 1\\n\\n"]}

```

					<b>KPM.KI.1. 884-03.2.8</b>	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ДОДАТОК Б ПРЕЗЕНТАЦІЯ

Одеський національний технологічний університет

Кафедра комп'ютерної інженерії

1

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### Удосконалення технології реверс-інжинірингу для створення 3D віртуальних моделей

ВИКОНАВ: КОТЛИК Д.В.,  
КЕРІВНИКИ: ДОЦЕНТ САХАРОВА С.В.,  
СТ.ВИКЛАДАЧ ЖИРНОВА Т.М.

Рис. Б.1 – Тема кваліфікаційної роботи

### Завдання дослідження

2

Проаналізувати наукову літературу, інтернет-ресурси і практичний досвід для виявлення сучасного стану проблеми дослідження і визначити способи її вирішення;  
Провести аналіз існуючих технологій та ПЗ для 3D моделювання;  
Провести експерименти з використанням сучасного ПЗ 3D-сканування для виявлення найкращої технології створення 3D моделей у побутових умовах.  
Вивчити особливості застосування програмного забезпечення для сканування, визначити оптимальні параметри технології сканування з використанням пристрою Kinect.  
Провести сканування тестового реального об'єкта з використанням пристрою Kinect та створити відповідну 3D модель.  
Провести покращення 3D моделі у програмі Blender, вибрати відповідні параметри друку за допомогою програми-слайсера CURA та роздрукувати її у пластику за допомогою 3D принтера фірми Anycubic Kossel.

Рис. Б.2 – Завдання дослідження

### Поняття 3D моделювання та 3D друку

3

Тривимірний або 3D друк є пошаровим створенням фізичного об'єкта на базі віртуальної тривимірної моделі.  
3D-моделювання — це процес розробки математичного представлення будь-якої тривимірної поверхні об'єкта за допомогою спеціалізованого ПЗ.



Рис. Б.3 – Поняття 3D-моделювання та 3D-друку

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## 3D сканування Основні технологій:

4

1. Безконтактне сканування
2. Активні сканери
3. Лазерна триангуляція
4. Використання методу Час польоту
5. Фазовий зсув
6. Пасивні сканери
7. Стереоскопічні сканери
8. Фотометричні сканери
9. Контактне 3D-сканування



Рис. Б.4 – 3D-сканування

## Приклади професійних 3D сканерів

5



3D сканір Peel 3D  
Peel1



3D сканір EINSKAN-SE



3D сканір  
CREAFORM HANDYSCAN 700

Рис. Б.5 – Прилади професійних 3D-сканерів

## Вигляд пристрою Kinect та його основні елементи

6

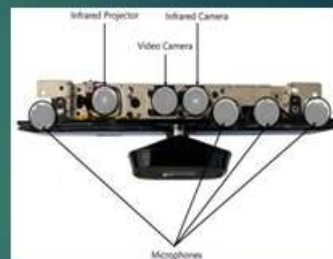


Рис. Б.6 – Вигляд пристрою Kinect

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРМ.КІ.1. 884-03.2.8

Арк.

100

## Ілюстрація принципу роботи пристрою Kinect

7

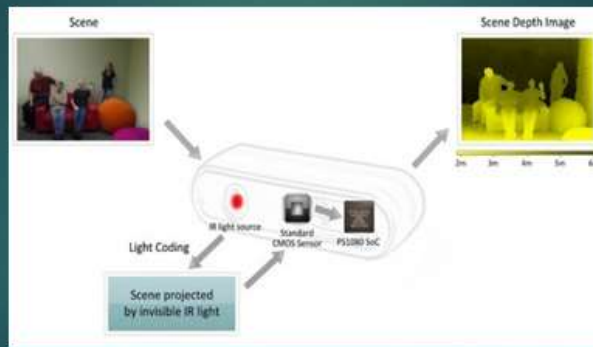


Рис. Б.7 – Принцип роботи пристрою Kinect

## Встановлення пристрою Kinect для сканування

8



Рис. Б.8 – Встановлення пристрою Kinect для сканування

## Розташування об'єкта та пристрою Kinect під час сканування

9



Рис. Б.9 – Розташування об'єкта та пристрою Kinect під час сканування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРМ.КІ.1. 884-03.2.8

Арк.

101

## Обробка моделі у програмі KScan3D 10

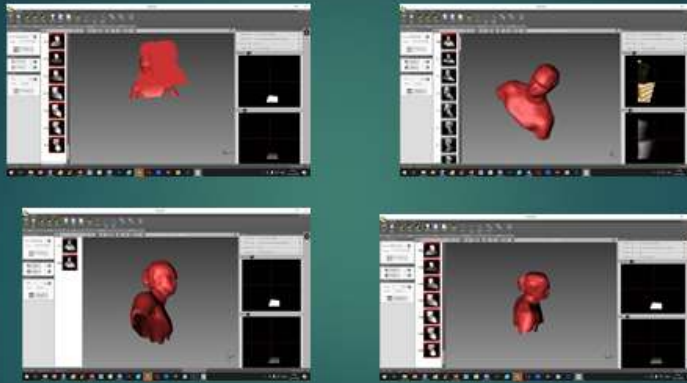


Рис. Б.10 – Обробка моделі у програмі Kscan3D

## Вигляд збудованої 3D-моделі людини в програмі «Засіб 3D перегляду» 11

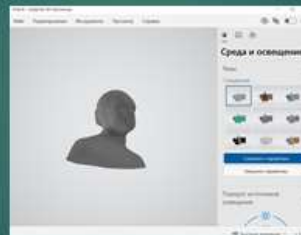


Рис. Б.11 – Вигляд моделі у програмі «Засіб для перегляду»

## Обробка моделі у слайсері Cura 12



Рис. Б.12 – Обробка моделі у слайсері Cura

					КРМ.КІ.1. 884-03.2.8	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## Друк моделі на 3D принтері Anycubic Kossel

13



Рис. Б.13 – Друк моделі

## Збудована 3D-модель людини

14



Рис. Б.14 – Збудована 3D-модель людини

## Технічно-економічні показники

15

Показники	Значення показника
Термін розробки проекту, дні	135
Об'єм виробництва, шт./рік до впровадження проекту після впровадження проекту	3165 3960
Ціна проекту, грн.	62269
Капітальні витрати, грн.	87246
Поточні витрати, грн./рік	206459
Строк окупності, міс.	20,28
Економічна ефективність	0,55

Рис. Б.15 – Техніко-економічні показники

## Загальні висновки

16

- проаналізована наукова література, інтернет-ресурси і практичний досвід для виявлення сучасного стану проблеми дослідження і позначені способи її вирішення;
- проведено аналіз існуючих технологій та ПЗ для 3D моделювання та сканування;
- проведено експерименти з використанням сучасного ПЗ 3D-сканування для виявлення найкращої технології створення 3D моделей у побутових умовах сканування з використанням пристрою Kinect;
- вивчені особливості застосування програмного забезпечення для сканування, оптимальні параметри технології сканування, запропонована недорога доступна технологія сканування з використанням пристрою Kinect;
- проведено сканування тестового реального об'єкта сканування з використанням пристрою Kinect та створена відповідна 3D модель;
- проведено покращення 3D моделі у програмі Blender, обрані відповідні параметри друку за допомогою програми-слайсера Cura та роздрукована модель у пластику за допомогою 3D принтера фірми Anycubic Kossel.

Рис. Б.16 – Загальні висновки

## Наукова новизна отриманих результатів

17

- Поліпшення методики сканування об'ємних об'єктів без допомоги дорогих сканерів дає змогу створити нову технологію отримання віртуальних 3D моделей.
- Прилад Kinect створювався для управління ігровими програмами, проте технологія визначення відстані до окремих точок об'єкта, яка в ньому реалізована, дозволяє використовувати його функціонал для роботи як сканер. У пропонуваній технології сканування з використанням недорогого пристрою Kinect поєднується порівняльна якість одержуваної моделі та достатня дешевизна її використання. Знаходження оптимальних параметрів процесу сканування та налаштування супутньої програми KScan3D є безперечним науковим результатом.

Рис. Б.17 – Наукова новизна

## Практичне значення отриманих результатів

18

- Удосконалено недорога технологія створення комп'ютерних 3D моделей за допомогою сканування реального об'єкта з використанням пристрою Kinect та подальшого друку їх на 3D принтері, яку можна буде використовувати в побутових умовах для отримання точних пластикових копій предметів.
- Також можливе використання одержаних віртуальних моделей для вивчення властивостей реальних об'єктів, їх зміна в часі, для визначення оптимальних об'ємних параметрів. Наприклад, у швейній промисловості така технологія могла б дозволити налагодити виробництво індивідуального одягу на підставі віртуальної моделі після сканування тіла конкретної людини.

Рис. Б.18 – Практичне значення

					<i>KPM.KI.1. 884-03.2.8</i>	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		