

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA**  
**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
**Facultatea Calculatoare Informatică și Microelectronică**  
**Departamentul Ingineria Software și Automatică**

**Admis la susținere**  
**Șef de departament:**  
**Fiodorov I. dr., conf. univ.**

„\_\_\_\_\_” *decembrie* \_\_\_\_\_ 2021

## **“Principiile de funcționare a sistemelor care utilizează tehnologia de scanare tridimensională”**

**Teza de master**

**Studentă:** \_\_\_\_\_ **Ciuchitu Ilie, TI-201M**  
**Conducător:** \_\_\_\_\_ **Romanenko Alexandr, dr., conf. univ.**  
**Consultant:** \_\_\_\_\_ **Cojocarul Svetlana, lect. univ.**

**Chișinău, 2022**

## **REZUMAT**

**Lucrarea cuprinde:** 3 capitole, 30 de figuri, 3 tabele, 38 de surse bibliografice.

**Cuvinte cheie:** scanare 3D, scanner 3D, scanner fără contact, scanner de contact, vârf, poligoane, margine.

**Scopul lucrării:** scopul acestei lucrări este de a analiza funcționarea tehnologiei de scanare tridimensională, algoritmi și caracteristicile sale tehnice.

**Sarcini generale:** analiza bibliografică în domeniul de studiu, analiza tehnologiilor de scanare 3D, analiza metodelor și tehnicilor de scanare 3D, analiza tehnologiei de pe piață și dezvoltarea potențială a scanării 3D.

**Subiectul cercetării:** subiectul cercetării tezei este utilizarea tehnologiei de scanare tridimensională.

**Originalitatea științifică:** analiza principiilor și particularităților funcționării tehnologiei de scanare tridimensională.

Teza constă dintr-o introducere, trei capitole, o concluzie și o bibliografie.

**Capitolul I** descrie elementele fundamentale ale tehnologiei și funcționării scannerelor.

**Capitolul II** descrie în detaliu cum funcționează procesul de scanare 3D și cum funcționează scanerul 3D.

**Capitolul III** descrie cum funcționează algoritmi în scanarea 3D.

**În Concluzie**, se observă că analiza a fost realizată cu succes și s-au obținut concluzii privind funcționarea algoritmilor și posibilul potențial al utilizării ulterioare a acestora.

## **АННОТАЦИЯ**

**Работа включает в себя:** 3 главы, 30 рисунков, 3 таблицы, 38 библиографических источников.

**Ключевые-слова:** трехмерное сканирование, 3D сканер, бесконтактный сканер, контактный сканер, вершина, полигоны, ребро.

**Цель работы:** целью данной работы является анализ работы технологии трехмерного сканирования, ее алгоритмов и технических особенностей.

**Общие задачи:** библиографический анализ в исследуемой области, анализ технологий трехмерного сканирования, анализ методов и способов трехмерного сканирования, анализ технологии на рынке и потенциальное развитие трехмерного сканирования.

**Предмет исследования:** предметом исследования дипломной работы является использование технологии трехмерного сканирования.

**Научная оригинальность:** анализ принципов и особенность работы технологии трехмерного сканирования.

Дипломная работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии.

**Глава I** описывает основы принципов работы технологии и сканеров.

**Глава II** описывает подробно как происходит процесс трехмерного сканирования и как работают трехмерные сканеры.

**Глава III** описывает работу алгоритмов при трехмерном сканировании.

**В Заключении** отмечается, что анализ был успешно проведен и получены выводы по работе и алгоритмов и возможном потенциале их дальнейшего использования.

## **ABSTRACT**

**The work includes:** 3 chapters, 30 figures, 3 tables, 38 bibliographic sources.

**Key words:** 3D scanning, 3D scanner, non-contact scanner, contact scanner, vertex, polygons, edge.

**Purpose of work:** the purpose of this work is to analyze the operation of three-dimensional scanning technology, its algorithms and technical features.

**General tasks:** bibliographic analysis in the field of study, analysis of 3D scanning technologies, analysis of 3D scanning methods and techniques, analysis of technology in the market and the potential development of 3D scanning.

**Subject of research:** the subject of research of the thesis is the use of three-dimensional scanning technology.

**Scientific originality:** analysis of the principles and peculiarities of the operation of three-dimensional scanning technology.

Thesis consists of an introduction, three chapters, a conclusion and a bibliography.

**Chapter I** describes the fundamentals of the technology and scanners operation.

**Chapter II** describes in detail how the 3D scanning process works and how 3D scanners work.

**Chapter III** describes how the algorithms work in 3D scanning.

**In the Conclusion,** it is noted that the analysis was successfully carried out and conclusions were obtained on the operation of the algorithms and the possible potential of their further use.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>8</b>
<b>1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Важность и описание предметной области.....	9
1.2 Принцип работы технологии трехмерного сканирования .....	10
1.2.1 Как трехмерный мир воспринимается человеком .....	11
1.2.2 Процесс получения 3D-модели с помощью САПР и других видов сканеров .....	13
1.2.3 Вершина, грань, полигон и как эти понятия связаны с 3D-сканированием.....	14
1.2.4 Понятие сетки в мире трехмерного сканирования.....	14
1.2.5 Описание технологии вокселей.....	16
1.2.6 Что такое текстура и как она применяется при 3D-сканировании.....	16
1.3. Основные виды трехмерных сканеров.....	17
1.3.1 Описание устройств для трехмерного сканирования.....	17
1.3.2 Контактные трехмерные сканеры .....	18
1.3.3 Бесконтактные активные трехмерные сканеры .....	19
1.3.4 Времяпролетные трехмерные сканеры .....	19
1.3.5 Лазерные импульсные 3D-сканеры.....	20
1.3.6 Ручные лазерные сканеры.....	21
1.3.7 3D-сканеры со структурированным светом .....	22
<b>2 ПОДРОБНЫЙ РАЗБОР И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССОВ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ .....</b>	<b>25</b>
2.1 Основные рабочие этапы процесса трехмерного сканирования .....	25
2.1.1 Этап предобработки.....	25
2.1.2 Этап получения цельной модели-копии.....	27
2.1.3 Этап обработки поверхности.....	29
2.2 Алгоритмы работы 3D-сканера на основе структурированного подсвета .....	31
2.2.1 Основа алгоритма структурированного подсвета .....	31

2.2.2 Принцип построения трехмерной модели на основе результатов сканирования...	33
2.2.3 Точность 3D-сканирования объектов .....	34
<b>3 ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ТРЕХМЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ.....</b>	<b>36</b>
3.1 Основные алгоритмы применяемые на рынке .....	36
3.2 Развертки при трехмерном сканировании .....	38
3.3 Динамическое разбиение и масштабирование пространства облаков точек .....	40
3.4 Разработка модели представления пространственных объектов .....	45
3.5 Программная реализация системы сжатия пространственных объектов .....	48
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>51</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>52</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Технологическое развитие всевозможных видов обработки данных постоянно растет, причем в таком темпе, что отследить весь путь и спрогнозировать его дальнейшее развитие становится все сложнее в наших реалиях. Технологические аспекты становятся столь сложны, хоть и состоят из множества простых, но все же огромных по количеству алгоритмов, комбинируясь в сложные системы, позволяющие решить проблему с максимальной эффективностью и скоростью, что для того, чтобы получить нужные выводы для потенциального применения и развития, приходится вникать во все эти технические аспекты. В этом и состоит главная задача данной работы.

Трехмерное сканирование с точки зрения информатики и инженерии довольно старая технология и давно себя зарекомендовала, однако рост ее области применения не может не удивлять. К примеру, в играх эта технология позволяет воссоздавать объекты из реальной жизни в высоком качестве с переносом мельчайших деталей в игровой мир, причем этот процесс значительно быстрее происходит чем “ручной” вариант, зачастую даже качественнее и более детализировано. Причина этому то, что воссоздание объекта в трехмерном виде является крайне нетривиальной задачей для работника даже с большим стажем. Необходимо учитывать множество особенностей модели, чтобы передать ее реалистичность, необходимо измерить такие параметры, как преломление, степень отражения света, неровности, углубления и подобное, также определить тип материала.

Эту технологию можно реализовать посредством разных устройств и алгоритмов, простой набор фотографий с разных углов вокруг объекта с последующей обработкой данных и пропуская их через алгоритм является вполне приемлемым вариантом для трехмерного сканирования объекта. Однако все же стоит отметить, что с технологической эволюцией появился значительно более широкий инструментарий, который позволил подойти к вопросу трехмерного сканирования значительно более серьезно. Появилось огромное множество профессионального, и главное, доступного оборудования для сканирования объектов, посредством всевозможных технологий вроде звука, цифровых камер, специальных датчиков, которые проецируют тысячи точек на объект, лазеров и тому подобное.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Декарт, Рене. Геометрия. С приложением избранных работ П. Ферма и переписки Декарта, М.: Ленанд 2018 г
2. Монж Г. Начертательная геометрия, М.: Издательство АН СССР, 1947
3. Дегтярев В.М. Компьютерная геометрия и графика: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования М.: Издательство “Академия” 2011 г
4. Александрова В.В., Симонова И.В., Тарасова О.А. Компьютерное моделирование пространственных форм. В среде – 3D Studio MAX. Спб.: Издательство «Анатолия», 2003 г
5. Willard L. Eastman, Abraham Lempel, Jacob Ziv, Martin Cohn. Apparatus and method for compressing data signals and restoring the compressed data signals. U.S. Patent 4 464 650
6. Miller, Victor S., Mark N. Wegman. Data compression method. U.S. Patent 4 s814 746
7. Сэломон Д. Сжатие данных, изображения и звука. — М.: Техносфера, 2004 г
8. 3D Scanning [прочитано 2021/09/21] Режим доступа:  
[https://ru.abcdef.wiki/wiki/3D\\_scanning](https://ru.abcdef.wiki/wiki/3D_scanning)
9. 3D сканирование [прочитано 2021/09/23] Режим доступа:  
[https://hmong.ru/wiki/3D\\_data\\_acquisition\\_and\\_object\\_reconstruction](https://hmong.ru/wiki/3D_data_acquisition_and_object_reconstruction)
10. Обзор: времяпролетные 3D-сканеры [прочитано 2021/09/21] Режим доступа:  
<https://top3dshop.ru/blog/obzor-vremjaproletnye-3d-skanery.html#lazernye-impulsnye-3d-skanery>
11. Триангуляционный лазерный сканер – Все о 3D-сканерах: от разновидностей до применения [прочитано 2021/09/21] Режим доступа:  
<https://sargorstroy.ru/raznoe-2/triangulyacionnyj-lazernyj-skaner-vse-o-3d-skanerax-ot-raznovidnostej-do-primeneniya.html>
12. Все о 3D сканерах: от разновидности до применения [прочитано 2021/09/21] Disponibil:  
<https://can-touch.ru/vse-o-3d-skanerax/>