

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет радиофизики и компьютерных технологий  
Кафедра интеллектуальных систем**

Аннотация к магистерской диссертации

**ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ  
УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫМ ДИСПЛЕЕМ**

**7-06-0533-08 Кибербезопасность (Технологии и аппаратно-  
программные средства кибербезопасности)**

ГУЛАКОВ Вадим Андреевич

Научный руководитель: А.И. Головатый, кандидат физ.-мат. наук, доцент

Минск, 2025

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Связь магистерской диссертации с научно-исследовательскими работами кафедры и факультета**

Магистерская диссертация выполнена в рамках научно-исследовательского направления кафедры «Интеллектуальных систем» и факультета «Радиофизики и Компьютерных Технологий», связанного с разработкой и применением человеко-машинных интерфейсов, а также технологий управления в системах виртуальной и дополненной реальности. Тематика работы соответствует стратегическим задачам цифровизации взаимодействия человека с компьютерными системами и отражает приоритетные направления научной деятельности кафедры.

### **Цель исследования**

Целью настоящего исследования является разработка и экспериментальная оценка системы управления виртуальным объектом на основе распознавания жестов руки с использованием библиотеки MediaPipe и графического движка Panda3D.

### **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Изучить существующие методы и технологии распознавания жестов руки.
2. Разработать систему управления виртуальным объектом на базе распознавания жестов.
3. Реализовать интерфейс приложения с визуализацией 3D-сцены и окна обработки видеопотока.
4. Провести экспериментальную оценку точности распознавания жестов, времени отклика системы и удобства взаимодействия.
5. Проанализировать результаты эксперимента и обосновать практическую применимость предложенного подхода.

### **Объект и предмет исследования**

Объектом исследования является процесс управления виртуальными объектами в трехмерной среде.

Предметом исследования выступают алгоритмы и программные решения для реализации бесконтактного управления виртуальным

объектом на основе анализа жестов руки.

### **Хронологические рамки исследования**

Исследование проводилось в течение 2023–2025 годов, что охватывает полный цикл разработки – от постановки задачи до реализации программного прототипа и проведения экспериментального тестирования. Указанный период включает активное развитие инструментов распознавания жестов, в том числе библиотеки MediaPipe, что делает выбор временных рамок обоснованным и актуальным.

### **Методология и методы исследования**

Методологическую основу исследования составляют современные методы проектирования человеко-машинных интерфейсов, а также экспериментальные подходы к оценке качества взаимодействия пользователя с системой. В работе использовались следующие методы:

- аналитический обзор научной литературы и существующих решений;
- программно-алгоритмическое моделирование;
- метод сравнительного анализа;
- метод наблюдения и экспертной оценки;
- методы статистической обработки результатов эксперимента.

### **Научная новизна**

Научная новизна работы заключается в интеграции распознавания жестов в процесс управления 3D-объектом в режиме реального времени с использованием библиотеки MediaPipe и Panda3D без применения дополнительных аппаратных устройств. Предложен оригинальный способ организации интерфейса, основанного исключительно на жестовом управлении, что повышает естественность взаимодействия и может быть применено в системах виртуальной реальности.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Программная архитектура системы управления виртуальным объектом с использованием распознавания жестов руки.
2. Методика оценки эффективности системы по параметрам точности распознавания, времени отклика и удобства использования.
3. Результаты экспериментального тестирования и их интерпретация.
4. Выводы о практической применимости предложенного решения в системах виртуальной и дополненной реальности.

### **Внедрение и публикации**

На момент подготовки диссертации элементы программного прототипа использовались в рамках курсового проектирования и демонстрационных стендов на кафедре. По теме магистерской диссертации опубликованы 2 научные публикации.

### **Структура магистерской диссертации**

Магистерская диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель, задачи, объект и предмет исследования. Первая глава содержит обзор литературы и существующих решений. Во второй главе описаны архитектура и реализация системы. В третьей главе рассмотрены особенности интерфейса и методика взаимодействия с пользователем. А также представлены результаты экспериментальной оценки и анализ эффективности предложенного подхода. В заключении сформулированы основные выводы по результатам исследований.

# **АГУЛЬНАЯ ХАРАКТЕРЫСТЫКА ПРАЦЫ**

## **Сувязь магістарскай дысертацыі з навукова-даследчымі работамі кафедры і факультэта**

Магістарская дысертацыя выканана ў рамках навукова-даследчага напрамку кафедры "Інтэлектуальных сістэм" і факультэта "Радыефізікі і Кампутарных Тэхналогій", а таксама кіравання ў сістэмах віртуальнай і дапоўненай рэальнасці. Тэматыка работы адпавядае стратэгічным задачам цыфравізацыі ўзаемадзеяння чалавека з камп'ютарнымі сістэмамі і адлюстроўвае прыярытэтныя напрамкі навуковай дзейнасці кафедры. Мэта даследавання.

### **Мэта даследавання**

Распрацоўка і эксперыментальная ацэнка сістэмы кіравання віртуальным аб'ектам на аснове распазнання жэстаў рукі з выкарыстаннем бібліятэкі MediaPipe і графічнага рухавічка Panda3D.

### **Задачы даследавання**

Для дасягнення пастаўленай мэты былі сфармуляваны наступныя задачы:

1. Вывучыць існуючыя метады і тэхналогіі распазнання жэстаў рукі.
2. Распрацаваць сістэму кіравання віртуальным аб'ектам на базе распазнання жэстаў.
3. Рэалізаваць інтэрфейс прыкладання з візуалізацыяй 3D-сцэны і вокны апрацоўкі відэастрому.
4. Правесці эксперыментальную адзнаку дакладнасці распазнання жэстаў, часу водгуку сістэмы і выгоды ўзаемадзеяння.
5. Прааналізаваць вынікі эксперыменту і абгрунтаваць практычную дастасавальнасць прапанаванага падыходу.

### **Аб'ект і прадмет даследавання**

Аб'ектам даследавання з'яўляецца працэс кіравання віртуальнымі аб'ектамі ў трохмерным асяроддзі.

Прадметам даследавання выступаюць алгарытмы і праграмныя рашэнні для рэалізацыі бескантактавага кіравання віртуальным аб'ектам на аснове аналізу жэстаў рукі.

## **Храналагічныя рамкі даследавання**

Даследаванне праводзілася на працягу 2023–2025 гадоў, што ахоплівае поўны цыкл распрацоўкі – ад пастаноўкі задачы да рэалізацыі праграмага прататыпа і правядзення эксперыментальнага тэсціравання. Указаны перыяд уключае актыўнае развіццё інструментаў распазнання жэстаў, у тым ліку бібліятэкі MediaPipe, што робіць выбар часовых рамак абгрунтаваным і актуальным.

## **Метадалогія і метады даследавання**

Метадалагічную аснову даследавання складаюць сучасныя метады праектавання чалавека-машынных інтэрфейсаў, а таксама эксперыментальныя падыходы да ацэнкі якасці ўзаемадзеяння карыстальніка з сістэмай. У рабоце выкарыстоўваліся наступныя метады:

- аналітычны агляд навуковай літаратуры і існуючых рашэнняў;
- праграмна-алгарытмічнае мадэляванне;
- метады параўнальнага аналізу;
- метады назірання і экспертнай ацэнкі;
- метады статыстычнай апрацоўкі вынікаў эксперыменту.

## **Навуковая навізна**

Навуковая навізна працы складаецца ў інтэграцыі распазнання жэстаў у працэс кіравання 3D-аб'ектам у рэжыме рэальнага часу з выкарыстаннем бібліятэкі MediaPipe і Panda3D без ужывання дадатковых апаратных прылад. Прапанаваны арыгінальны спосаб арганізацыі інтэрфейсу, заснаванага выключна на жэставым кіраванні, што павялічвае натуральнасць узаемадзеяння і можа быць ужыта ў сістэмах віртуальнай рэальнасці.

## **Палажэнні, якія выносяцца на абарону**

1. Праграмая архітэктара сістэмы кіравання віртуальным аб'ектам з выкарыстаннем распазнання жэстаў рукі.
2. Методыка ацэнкі эфектыўнасці сістэмы па параметрах дакладнасці распазнання, часу водгуку і зручнасці выкарыстання.
3. Вынікі эксперыментальнага тэсціравання і іх інтэрпрэтацыя.
4. Высновы аб практычнай дастасавальнасці прапанаванага рашэння ў сістэмах віртуальнай і дапоўненай рэальнасці.

## **Укараненне і публікацыі**

На момант падрыхтоўкі дысертацыі элементы праграмага прататыпа выкарыстоўваліся ў рамках курсавога праектавання і дэманстрацыйных стэндаў на кафедры. Па тэме магістарскай дысертацыі апублікаваны 2 навуковыя публікацыі.

## **Структура магістарскай дысертацыі**

Магістарская дысертацыя складаецца з увядзення, чатырох кіраўнікоў, заключэння, спісу выкарыстаных крыніц і прыкладанняў. Ва ўводзінах абгрунтавана актуальнасць тэмы, сфармуляваны мэта, задачы, аб'ект і прадмет даследавання. Першы раздзел змяшчае агляд літаратуры і існуючых рашэнняў. У другім раздзеле апісаны архітэктара і рэалізацыя сістэмы. У трэцім раздзеле разглядаюцца асаблівасці інтэрфейсу і метадыка ўзаемадзеяння з карыстачом. А таксама прадстаўлены вынікі эксперыментальнай адзнакі і аналіз эфектыўнасці прапанаванага падыходу. У заключэнні сфармуляваны асноўныя высновы па выніках даследаванняў.

## **GENERAL CHARACTERISTICS OF THE WORK**

### **The relationship of the master's thesis with the research papers of the department and faculty**

The master's thesis was completed within the framework of the scientific research direction of the Department of Intelligent Systems and the Faculty of Radiophysics and Computer Technology, related to the development and application of human-machine interfaces, as well as control technologies in virtual and augmented reality systems. The topic of the work corresponds to the strategic objectives of digitalization of human interaction with computer systems and reflects the priority areas of scientific activity of the department.

### **The purpose of the study**

The purpose of this study is to develop and experimentally evaluate a virtual object management system based on hand gesture recognition using the MediaPipe library and the Panda3D graphics engine.

### **Research objectives**

To achieve this goal, the following tasks were formulated:

1. To study existing methods and technologies for recognizing hand gestures.
2. To develop a virtual object management system based on gesture recognition.
3. Implement an application interface with visualization of a 3D scene and a video stream processing window.
4. To conduct an experimental assessment of the accuracy of gesture recognition, system response time and ease of interaction.
5. Analyze the experimental results and substantiate the practical applicability of the proposed approach.

### **Object and subject of research**

The object of the research is the process of managing virtual objects in a three-dimensional environment.

The subject of the research is algorithms and software solutions for the implementation of contactless control of a virtual object based on the analysis of hand gestures.

### **Chronological framework of the study**

The study was conducted during 2023-2025, which covers the full development cycle – from setting a task to implementing a software prototype and

conducting experimental testing. This period includes the active development of gesture recognition tools, including the MediaPipe library, which makes the choice of time frame reasonable and relevant.

### **Methodology and research methods**

The methodological basis of the research consists of modern methods of designing human-machine interfaces, as well as experimental approaches to assessing the quality of user interaction with the system. The following methods were used in the work:

- analytical review of scientific literature and existing solutions;
- software and algorithmic modeling;
- the method of comparative analysis;
- the method of observation and expert assessment;
- methods of statistical processing of experimental results.

### **Scientific novelty**

The scientific novelty of the work is the integration of gesture recognition into the process of controlling a 3D object in real time using the MediaPipe and Panda3D libraries without the use of additional hardware devices. An original way of organizing an interface based solely on gesture control is proposed, which increases the naturalness of interaction and can be applied in virtual reality systems.

### **Provisions to be defended**

1. Software architecture of a virtual object management system using hand gesture recognition.
2. The methodology for evaluating the effectiveness of the system based on the parameters of recognition accuracy, response time and ease of use.
3. The results of experimental testing and their interpretation.
4. Conclusions about the practical applicability of the proposed solution in virtual and augmented reality systems.

### **Implementation and publications**

At the time of dissertation preparation, the elements of the software prototype were used as part of course design and demonstration stand at the department. 2 scientific publications have been published on the topic of the master's thesis.

## **The structure of the Master's thesis**

The Master's thesis consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of sources used, and appendices. The introduction substantiates the relevance of the topic, formulates the purpose, objectives, object and subject of the study. The first chapter provides an overview of the literature and existing solutions. The second chapter describes the architecture and implementation of the system. The third chapter discusses the interface features and the methodology of user interaction. The results of an experimental evaluation and an analysis of the effectiveness of the proposed approach are also presented. In conclusion, the main conclusions based on the research results are formulated.