

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Практикум по компьютерной графике и искусственному интеллекту

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки / специальность

02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Искусственный интеллект

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Практикум по компьютерной графике и искусственному интеллекту относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-8: Способен к разработке новых алгоритмических, методических и технологических решений в конкретной сфере профессиональной деятельности	ПК-8.1: Знать основы ИТ в области КС и иметь навыки анализа современного состояния науки и информационных технологий в области КС ПК-8.2: Иметь навыки проектирования и разработки и развития ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области КС ПК-8.3: Иметь навыки управления разработкой и развитием ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области КС	ПК-8.1: Знает основы ИТ в области КС и КГ и иметь навыки анализа современного состояния науки и информационных технологий в этой области. ПК-8.2: Имеет навыки проектирования и разработки и развития ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области КС и КГ. ПК-8.3: Имеет навыки управления разработкой и развитием ИТ-решений на основе анализа современного состояния науки и информационных технологий в области КС и КГ.	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2

Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Библиотека OpenVINO и решение практических задач компьютерного зрения с привлечением библиотеки OpenCV. Общее знакомство.	6	1	1	2	4
Deep Learning Model Optimizer - Оптимизатор моделей глубокого обучения: A. Model Optimizer – компонент для конвертации предварительно обученных моделей из формата какого-либо обучающего фреймворка в промежуточный формат (Intermediate Representation, IR); Поддерживаемые форматы моделей: ONNX, TensorFlow, Caffe, MXNet, Kaldi; B. Inference Engine – компонент для реализации эффективного вывода глубоких моделей.	6	1	1	2	4
Deep Learning Inference Engine - API для высокопроизводительного инференса (инференс- запуск натренированной сети как готовой программы) с помощью подготовленной модели.	8	2	2	4	4
Open Model Zoo - открытый репозиторий обученных моделей для решения различных задач, набор широко известных публичных моделей (более 20) и моделей, решающих различные задачи компьютерного зрения (более 100) и обученных в Intel.	8	2	2	4	4
Deep Learning Workbench - веб-графическая среда, позволяющая легко использовать различные сложные компоненты набора инструментов OpenVINO™ toolkit	8	2	2	4	4
Post-training Optimization tool - инструмент для калибровки модели и последующего ее выполнения с точностью INT8 (int8- преобразование в однобайтное представление целого числа)	8	2	2	4	4
Библиотеки и инструменты компьютерной графики: Visualization Toolkit (VTK) – для 3D компьютерной графики, обработки изображений и визуализации (www.vtk.org)	9	2	2	4	5
Разделы VTK: а) Ускоряющие структуры. kd и BVH деревья; б) Классическая трассировка лучей; в) Оптическое излучение и его характеристики; г) Взаимодействие света с поверхностями;	9	2	2	4	5

Разделы VTK: д) Основные аналитические модели материалов; е) Основное уравнение визуализации; ж) Стохастическая трассировка пути; з) Оптимизация стохастической трассировки пути; и) Метод фотонных карт.	9	2	2	4	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Библиотека OpenVINO и решение практических задач компьютерного зрения с привлечением библиотеки OpenCV. Общее знакомство.
2. Deep Learning Model Optimizer - Оптимизатор моделей глубокого обучения: A. Model Optimizer – компонент для конвертации предварительно обученных моделей из формата какого-либо обучающего фреймворка в промежуточный формат (Intermediate Representation, IR); Поддерживаемые форматы моделей: ONNX, TensorFlow, Caffe, MXNet, Kaldi; B. Inference Engine – компонент для реализации эффективного вывода глубоких моделей.
3. Deep Learning Inference Engine - API для высокопроизводительного инференса (инференс- запуск натренированной сети как готовой программы) с помощью подготовленной модели.
4. Open Model Zoo - открытый репозиторий обученных моделей для решения различных задач, набор широко известных публичных моделей (более 20) и моделей, решающих различные задачи компьютерного зрения (более 100) и обученных в Intel.
5. Deep Learning Workbench - веб-графическая среда, позволяющая легко использовать различные сложные компоненты набора инструментов OpenVINO™ toolkit
6. Post-training Optimization tool - инструмент для калибровки модели и последующего ее выполнения с точностью INT8 (int8- преобразование в однобайтное представление целого числа)
7. Библиотеки и инструменты компьютерной графики: Visualization Toolkit (VTK) – для 3D компьютерной графики, обработки изображений и визуализации (www.vtk.org)
8. Разделы VTK: а) Ускоряющие структуры. kd и BVH деревья; б) Классическая трассировка лучей; в) Оптическое излучение и его характеристики; г) Взаимодействие света с поверхностями;
9. Разделы VTK: д) Основные аналитические модели материалов; е) Основное уравнение визуализации; ж) Стохастическая трассировка пути; з) Оптимизация стохастической трассировки пути; и) Метод фотонных карт.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- 1) Искусственный интеллект: технологии, принципы и перспективы // Научные Статьи.Ру — портал для студентов и аспирантов. — Дата последнего обновления статьи: 14.10.2023. — URL <https://nauchniestati.ru/spravka/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta/> (дата обращения: 10.02.2024).
- 2) Бессмертный И.А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-01042-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт". Постоянная

ссылка на документ: <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849292&idb=0>
(дата обращения: 10.02.2024).

3) Алгоритмические основы современной компьютерной графики / Куликов А.И., Овчинникова Т.Э. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662740&idb=0>.

А также открытое программное обеспечение:

- 1) OpenCV - Open Computer Vision Library: сайт библиотеки (<https://opencv.org/>)
- 2) OpenCV-Python Tutorials. https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html
- 3) Библиотека VTK www.vtk.org
- 4) Библиотека ITK www.itk.org

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-8:

- 1) Разработать приложение на основе OpenVINO с использованием Deep Learning Model Optimizer, Deep Learning Inference Engine, Open Model Zoo, Deep Learning Workbench, Post-training Optimization tool.
- 2) «Реализовать ускоряющую структуру: kd или BVH дерево на основе VTK»:
 - а. Ускоряющие структуры. Kd-деревья
 - б. Ускоряющие структуры. BVH-деревья
 - с. Эвристика SAH
- 3) Реализовать классическую трассировку лучей на основе VTK.
 - а. Программирование вычислений общего назначения на GPU средствами GLSL или CUDA на примере трассировки лучей
 - б. Алгоритм пересечения луча с треугольником.
 - с. Формула Уиттеда.
 - д. Различия между трассировкой лучей и путей.
- 4) Использовать аналитическую модель материала в среде VTK.
 - а. Основные аналитические модели материалов. Идеальное зеркальное отражение и преломление.
 - б. Формулы Френеля. Модели диффузного отражения Ламберта и Орена-Найара.

c. Модели размытого (glossy) отражения Фонга и Кука-Торренса.

d. Эмпирические модели Уорда и Лафорчуна

5) Реализовать Метод фотонных карт в среде VTK:

a. Понятие фотона. Управление фотонами.

b. Содержание и математические модели метода фотонных карт.

c. Методы оптимизации вычислений

6) Реализовать стохастическую трассировку пути в среде VTK

a. История развития методов глобального освещения

b. Ускоряющие структуры. Kd-деревья

c. Ускоряющие структуры. BVH-деревья

7) Реализовать метод фотонных карт в среде VTK:

a. Генерация случайного направления на сфере

b. Энергетический подход. Основы фотометрии.

c. Взаимодействие света с поверхностью. BRDF (ДФОС) и ее свойства.

d. Уравнение визуализации. Площадная и полусферическая форма.

e. Стохастическая трассировка пути. Прямое и вторичное освещение.

f. Метод фотонных карт.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Лабораторная работа выполнена практически в полном объеме и в срок; результаты работы программы корректны на тестовых примерах или проведен требуемый вычислительный эксперимент; результаты работы представлены преподавателю; исполнитель может объяснить действия команд программы и внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.
не зачтено	Работа не выполнена или выполнена не в полном объеме (программа работает некорректно, не проведены заданные вычислительные эксперименты); результаты работы не представлены преподавателю или представлены с существенным нарушением срока; исполнитель не может объяснить действия команд программы и не может внести простые изменения в алгоритм по требованию преподавателя.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше

		предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-8

1. Библиотека OpenVINO (Open Visual Inference & Neural Network Optimization) и решение практических задач компьютерного зрения с привлечением библиотеки OpenCV. Общее знакомство.

2. Deep Learning Model Optimizer – Оптимизатор моделей глубокого обучения: A. Model Optimizer – компонент для конвертации предварительно обученных моделей из формата какого-либо обучающего фреймворка в промежуточный формат (Intermediate Representation, IR); Поддерживаемые форматы моделей: ONNX, TensorFlow, Caffe, MXNet, Kaldi; B. Inference Engine – компонент для реализации эффективного вывода глубоких моделей.

3. Deep Learning Inference Engine - API для высокопроизводительного инференса (инференс-запуск натренированной сети как готовой программы) с помощью подготовленной модели.

4. Open Model Zoo - открытый репозиторий обученных моделей для решения различных задач, набор широко известных публичных моделей (более 20) и моделей, решающих различные задачи компьютерного зрения (более 100) и обученных в Intel.

5. Deep Learning Workbench – веб-графическая среда, позволяющая легко использовать различные сложные компоненты набора инструментов OpenVINO™ toolkit

6. Post-training Optimization tool - инструмент для калибровки модели и последующего ее выполнения с точностью INT8 (int8- преобразование в однобайтное представление целого числа)

7. Оптическое излучение и его характеристики

- a. Основные понятия оптического излучения и его характеристики. Системы фотометрических и радиометрических величин и взаимосвязь между ними. Лучистый поток и световой поток. Сила излучения и сила света. Облученность и освещенность. Светимость и энергетическая светимость. Яркость и энергетическая яркость.
- b. Интегральные величины. Спектральные величины. Взаимосвязь между фотометрическими величинами. Свойства энергетической яркости и их значение для алгоритмов синтеза реалистичных изображений.

8. Взаимодействие света с поверхностями.

- a. Модели взаимодействия света с поверхностями. Двухнаправленная функция поверхностно-рассеянной отражательной способности (BSSRDF).
- b. Двухнаправленная функция отражательной способности (BRDF). Двухнаправленная функция пропускающей способности (BTDF). Двухнаправленная функция рассеивающей способности (BSDF).
- c. Классы и свойства двухнаправленной функции отражательной способности (BRDF).

9. Основные аналитические модели материалов.

- a. Основные аналитические модели материалов. Идеальное зеркальное отражение и преломление.
- b. Формулы Френеля. Модели диффузного отражения Ламберта и Орена-Найара.
- c. Модели размытого (glossy) отражения Фонга и Кука-Торренса.
- d. Эмпирические модели Уорда и Лафорчуна.

10. Основное уравнение визуализации.

- a. Основное уравнение визуализации. Площадная и полусферическая форма уравнения.
- b. Декомпозиция уравнения на прямое и вторичное освещение.
- c. Ограничения модели и область применения.

11. Стохастическая трассировка пути.

- a. Стохастическая трассировка пути как численный метод решения уравнения визуализации.
- b. Модель камеры и экранной плоскости.
- c. Рекурсивная природа метода и способы остановки рекурсии. Принцип русской рулетки.

12. Оптимизация стохастической трассировки пути.

- a. Оптимизация стохастической трассировки пути.
- b. Декомпозиция вычислений на прямое и вторичное освещение.
- c. Принцип выборки по значимости.

13. Классическая трассировка лучей.

а. Классическая трассировка лучей как частный случай трассировки пути. Значение метода для компьютерной графики.

14. Метод фотонных карт.

а. Метод фотонных карт как двухпроходный алгоритм трассировки. Особенности трассировки фотонов. Структуры хранения фотонной карты.

б. Оценка энергетической яркости на основе фотонной карты. Визуализация с использованием фотонной карты.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент ответил на большую часть вопросов возможно с незначительными недочетами.
не зачтено	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале и решении стандартных задач.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Алгоритмические основы современной компьютерной графики / Куликов А.И., Овчинникова Т.Э. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=662740&idb=0>.
2. Бессмертный И. А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-01042-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849292&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Бессмертный И. А. Интеллектуальные системы : учебник и практикум / И. А. Бессмертный, А. Б. Нугуманова, А. В. Платонов. - Москва : Юрайт, 2023. - 243 с. - (Профессиональное образование). - ISBN 978-5-534-07818-3. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=849219&idb=0>.
2. Гонсалес Рафаэл С. Цифровая обработка изображений / пер. с англ. Л. И. Рубанова, П. А. Чочиа ; науч. ред. пер. П. А. Чочиа . - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2012. - 1104 с. - (Мир цифровой обработки ; 9 - 10). - ISBN 978-5-94836-331-8 : 1300.00., 1 экз.
3. Разработка мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP / Бовырин А.В., Дружков П.Н., Ерухимов В.Л., Золотых Н.Ю., Кустикова В.Д., Лысенков И.Д., Мееров И.Б., Писаревский В.Н., Половинкин А.Н., Сысоев А.В. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663128&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Интернет-ресурсы:

- 1) Wald I. Realtime Ray Tracing and Interactive Global Illumination. PhD thesis, Saarland University, 2004. -311p. (www.sci.utah.edu/~wald/PhD/wald_phd.pdf)
- 2) Möller T. Visualization. Direct Volume Rendering, 2011. -106p. (http://vda.univie.ac.at/Teaching/Vis/14s/LectureNotes/11_direct_volume_rendering.pdf)
- 3) Mitsubishi Electric Research Laboratories (MERL): <http://www.merl.com/brdf>
- 4) Columbia-Utrecht Reflectance and Texture Database (CURET): <http://www1.cs.columbia.edu/CAVE/software/curet/index.php>

Используемое программное обеспечение

В среде операционной системы MS Windows версий XP, 8, 10, установленной на компьютере обучающегося, используется следующее открытое программное обеспечение:

- 1) MS Visual Studio Community 2017 – бесплатная версия.
- 2) Библиотека визуализации VTK (лицензия BSD)
- 3) NVIDIA CUDA актуальной версии (лицензия BSD)
- 4) NVIDIA OptiX актуальной версии (лицензия BSD)
- 5) OpenGL (www.opengl.org), лицензия BSD

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.