

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» августа 2020 г.

Регистрационный № УД-9207 уч.



**ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 09 Прикладная математика и информатика

профилизация

Алгоритмы и системы обработки больших данных

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 09-2019 и учебного плана G31-072/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.А. Ковалев – доцент кафедры биомедицинской информатики факультета прикладной математики и информатики Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Б.А. Залесский – профессор кафедры компьютерных систем и технологий Московского инженерно-физического института Национального исследовательского ядерного университета, д.ф.-м.н., профессор;

И.Э. Том – заведующий лабораторией биоинформатики Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, к.т.н., доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой биомедицинской информатики
(протокол № 11 от 19 марта 2020 года);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 4 от 25 марта 2020 года).

Заведующий кафедрой
биомедицинской информатики



Ю.Л. Орлович

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Прикладные задачи распознавания медицинских изображений» знакомит студентов магистратуры с основными подходами решения задач анализа и распознавания медицинских изображений.

Цель учебной дисциплины – создание базы для понимания и реализации алгоритмов задачи получения, анализа и распознавания изображений по проблеме здоровья человека.

Задачи учебной дисциплины:

- 1) Изучение основных типов медицинских изображений и методов решения задач их анализа и распознавания.
- 2) Изучение типичных практических задач анализа и распознавания медицинских изображений с целью автоматизации процессов диагностики заболеваний в области неврологии, онкологии и пульмонологии.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра).

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования и входит **в модуль** «Приложения машинного обучения».

Программа составлена с учетом **межпредметных связей** с учебными дисциплинами. Основой для изучения учебной дисциплины являются следующие учебные дисциплины вузовского компонента второй ступени высшего образования: «Методы машинного обучения» и «Нейронные сети» модуля «Модели и методы машинного обучения». Знания, полученные в учебной дисциплине, используются в учебной дисциплине вузовского компонента «Машинное обучение на больших массивах данных» модуля «Избранные главы компьютерных наук».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Прикладные задачи распознавания медицинских изображений» должно обеспечить формирование следующих специализированных компетенций:

специализированные компетенции:

СК-14. Владеть существующими методами и алгоритмами (в том числе интеллектуальными) решения задач поиска, распознавания и обработки данных;

СК-24. Использовать современные научные и технические достижения в области разработки эффективных алгоритмов для решения конкретных прикладных задач

В результате изучения дисциплины студент магистратуры должен:

знать:

- основные типы биомедицинских изображений;
- основные отличия задач распознавания изображений в CAD (ComputerAssistedDiagnosis) от аналогичных задач в ComputerVision;

- особенности решения задач сегментации, кластеризации, распознавания и использования цвета;

уметь:

- реализовывать различные алгоритмы распознавания медицинских изображений и анализировать полученные результаты;

владеть:

- навыками выбора методов и алгоритмов решения прикладных задач распознавания медицинских изображений;

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 3-м семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Прикладные задачи распознавания медицинских изображений» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 198 часов, в том числе 60 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, практические занятия – 20 часов (в том числе – 10 часов дистанционного обучения), семинарские занятия – 20 часов (в дистанционной форме обучения).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основные типы медицинских изображений и особенности решения задач их анализа и распознавания

Тема 1.1. Основные типы биомедицинских изображений, принципы их формирования и типичные технические характеристики

Цифровые микроскопические, радиологические (рентгенологические) и ультразвуковые изображения. Двумерные и трехмерные (объемные) изображения. Рентгеновская и магнитно-резонансная томография. Функциональная томография. 3D (объемные) текстуры и их роль в анализе МРТ изображений головного мозга. Перспективные методы получения анатомических и функциональных изображений.

Тема 1.2. Компьютеризированная диагностика заболеваний и CAD (ComputerAssistedDiagnosis) системы

Типичная схема построения, достоинства и недостатки, роль «второго мнения». Этические и юридические проблемы, связанные с накоплением и использованием изображений пациентов. Деперсонализация данных и пределы возможного в идентификации личности по медицинским изображениям.

Тема 1.3. Основные отличия задач распознавания изображений в CAD от аналогичных задач в ComputerVision

Роль профессиональных знаний и почему CAD – это не просто «прикрутить нейронку». Иллюзия простоты и основные ошибки разработчиков программного обеспечения, пришедших из ComputerVision. Основные цели и особенности решения задач сегментации, кластеризации, распознавания и использования цвета.

Раздел 2. Задачи анализа и распознавания медицинских изображений и способы их решения

Тема 2.1. Методы анализа формы объектов медицинских изображений.

Количественные признаки формы объектов для разведочного и детального сравнительного (классификационного) анализа. Сегментация легких на рентгеновских изображениях грудной клетки и статистический анализ изменения их формы в процессе естественного старения в норме.

Тема 2.2. Текстура полутоновых 2D изображений и ее роль в медицинской диагностике.

Понятие текстуры и основные методы ее анализа. Классические матрицы Харалика как дескрипторы текстурных медицинских изображений. Локальные бинарные шаблоны.

Тема 2.3.Текстура цветных 2D изображений

Методы редуцирования размерности цветового пространства медицинских изображений. Матрицы совместной встречаемости цветов и технология их использования при решении задач классификации и распознавания. Использование цветовых параметров гистологических изображений в задачах диагностики мягких тканей.

Тема 2.4. Текстура 3D (объемных) томографических изображений и методы их анализа

Обобщенные матрицы совместной встречаемости и их редуцированные версии. Типичные параметры бининга. Использование обобщенных матриц совместной встречаемости при решении задач анализа МРТ изображений головного мозга. Оценка асимметрии головного мозга и ранняя диагностика болезни Алзгеймера по СПЕСТ изображениям.

Тема 2.5. Количественная оценка анизотропии изображений в диагностике заболеваний

Методы анализа анизотропии 2D изображений. Гистограммы ориентированных градиентов (HOG). Методы анализа анизотропии 3D изображений. Задача количественной оценки степени дегградации белого вещества головного мозга в процессе естественного старения и в случае патологических изменений.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

№ п/п	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Семинарские занятия	Практические занятия	Иное		
1	Основные типы медицинских изображений и особенности решения задач их анализа и распознавания	4					
1.1	Основные типы биомедицинских изображений, принципы их формирования и типичные технические характеристики	1					Устный опрос. Контрольная работа.
1.2	Компьютеризированная диагностика заболеваний и CAD (Computer Assisted Diagnosis) системы.	1					Устный опрос
1.3	Основные отличия задач распознавания изображений в CAD от аналогичных задач в Computer Vision.	2					Устный опрос.

2	Задачи анализа и распознавания медицинских изображений и способы их решения	16	20 (ДО)	10 10 (ДО)			
2.1	Методы анализа формы объектов медицинских изображений	2	6(ДО)	2(ДО)			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой
2.2	Текстура полутоновых 2D изображений и ее роль в медицинской диагностике	2	2(ДО)	2(ДО)			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой. Контрольная работа.
2.3	Текстура цветных 2D изображений	4	6(ДО)	4 2(ДО)			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой.
2.4	Текстура 3D (объемных) томографических изображений и методы их анализа	4	4(ДО)	4 2(ДО)			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой. Коллоквиум.
2.5	Количественная оценка анизотропии изображений в диагностике заболеваний	4	2(ДО)	2 2(ДО)			Устный опрос. Доклад. Отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой. Контрольная работа.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Handbook of Medical Imaging: Processing and Analysis, I.Bankman (Ed.), Academic Press, San Diego, CA, USA, 2000.
2. Handbook of Medical Image Processing and Analysis, 2nd Edition, I.H.Bankman (Ed.), Academic Press, ISBN 978-0-12-373904-9, San Diego, CA, USA, 2009.
3. Klaus D. Toennies K.D. Guide to Medical Image Analysis: Methods and Algorithms (Advances in Computer Vision and Pattern Recognition) 2nd Edition, Kindle Edition, ISBN-13: 978-1447173182, Springer, 2017, 613 p.
4. Handbook of Biomedical Image Analysis (11 chapters), D. Wilson and S. Laxminarayan (Eds.), Springer, Boston, MA, USA, 978-0-306-48550-3, 2005. <https://doi.org/10.1007/b104805>

Перечень дополнительной литературы

5. Ковалев В.А. Анализ текстуры трехмерных медицинских изображений. Минск: Белорусская наука, 2008, ISBN 978-985-08-0905-6. – 264 с.
6. Анищенко В.В., Ванькевич П.Е., Ковалев В.А., Куцан Н.В., Лапицкий В.А., Линев В.Н. Применение цифровых сканирующих аппаратов и передовых телемедицинских технологий в диагностике заболеваний легких. – Минск, ОИПИ НАН Беларуси, 2010. – 136 С.
7. Kovalev V.A. and Petrou M. Texture analysis in 3D for tissue characterization, book chapter in Handbook of Medical Image Processing and Analysis, 2nd Edition, I.H.Bankman (Ed.), Academic Press, ISBN 978-0-12-373904-9, San Diego, CA, USA, 2009, pp. 279–292.
8. Petrou M., Kovalev V.A. and Reichenbach J.R. High order statistics for tissue segmentation, book chapter in Handbook of Medical Image Processing and Analysis, 2nd Edition, I.H.Bankman (Ed.), Academic Press, ISBN 978-0-12-373904-9, San Diego, CA, USA, 2009, pp. 245–257.
9. Kovalev V.A., Petrou M., and Suckling J. Detection of structural differences between the brains of schizophrenic patients and controls, Psychiatry Research: Neuroimaging, Vol. 124, pp. 177-189, 2003.
10. Kovalev V. and Kruggel F. Texture Anisotropy of the Brain's White Matter as Revealed by Anatomical MRI. IEEE Transactions Medical Imaging, vol. 26, No 5, pp. 678-685, 2007.
11. Kovalev V.A., Kruggel F., and von Cramon D.Y. Gender and age effects in structural brain asymmetry as measured by MRI texture analysis, NeuroImage, Vol. 19, pp. 896-905, 2003.
12. Kovalev V.A., Kruggel F., Gertz H.-J., and von Cramon D.Y. Three-dimensional Texture Analysis of MRI Brain Datasets, IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 20, No. 5, May, pp. 424-433, 2001.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенции в рамках учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы:

1. Устная форма: устный опрос, коллоквиум, выступление с докладом на семинаре.
2. Письменная форма: контрольные работы.
3. Устно-письменная форма: отчеты по домашним практическим заданиям с их устной защитой, оценивание на основе проектного метода.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Прикладные задачи распознавания медицинских изображений» учебным планом предусмотрен – экзамен.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний студентов по дисциплине. Текущий контроль знаний проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний в рейтинговую оценку (формирование оценки за текущую успеваемость):

- отчёты по практическим домашним заданиям с их устной защитой – 40 %;
- контрольные работы – 5%;
- коллоквиум – 10%;
- устный опрос – 5%;
- выступление с докладом на семинаре – 40%.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов Вес оценка по текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационная оценка – 70 %.

Примерная тематика семинарских занятий

Занятия № 1 -3 Методы анализа формы объектов медицинских изображений

Занятие №4 Текстура полутоновых 2D изображений и ее роль в медицинской диагностике.

Занятия № 5 - 7 Текстура цветных 2D изображений.

Занятия № 8 -9 Текстура 3D (объемных) томографических изображений и методы их анализа.

Занятие № 10 Количественная оценка анизотропии изображений в диагностике заболеваний.

Примерная тематика практических занятий

Занятие №1

- Количественные признаки формы объектов для разведочного и детального сравнительного (классификационного) анализа.
- Сегментация легких на рентгеновских изображениях грудной клетки и статистический анализ изменения их формы в процессе естественного старения в норме.

Занятие №2

- Понятие текстуры и основные методы ее анализа.
- Классические матрицы Харалика как дескрипторы текстурных медицинских изображений. Локальные бинарные шаблоны.

Занятие №3 Методы редуцирования размерности цветового пространства медицинских изображений.

Занятие №4 Матрицы совместной встречаемости цветов и технология их использования при решении задач классификации и распознавания.

Занятие №5 Использование цветовых параметров гистологических изображений в задачах диагностики мягких тканей.

Занятие №6 Обобщенные матрицы совместной встречаемости и их редуцированные версии. Типичные параметры бининга.

Занятие №7 Использование обобщенных матриц совместной встречаемости при решении задач анализа МРТ изображений головного мозга.

Занятие №8 Оценка асимметрии головного мозга и ранняя диагностика болезни Альцгеймера по SPECT изображениям.

Занятие №9 Методы анализа анизотропии 2D изображений. Гистограммы ориентированных градиентов (HOG).

Занятие №10 Методы анализа анизотропии 3D изображений. Задача количественной оценки степени дегенерации белого вещества головного мозга в процессе естественного старения и в случае патологических изменений.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса большинства практических занятий используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает освоение содержания учебного материала через

решение практических задач, а также приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности.

Кроме этого, при организации образовательного процесса используется комбинация *методов группового обучения, проектного обучения и учебной дискуссии*. Комбинация методов предполагает: ориентацию на генерирование идей, приобретение навыков для решения исследовательских, творческих и коммуникационных задач, появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся, подготовка к экзамену

Для организации самостоятельной работы студентов магистратуры по учебной дисциплине следует использовать информационно коммуникационные технологии: Образовательный портал БГУ (<https://edufpmi.bsu.by>), разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (учебно-программные материалы, учебное издание для теоретического изучения дисциплины, презентации лекций, методические указания к практическим занятиям, электронные версии домашних заданий, материалы текущего контроля и текущей аттестации, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации, в том числе вопросы для подготовки к экзамену, задания, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, информационных ресурсов и др.).

В случае необходимости предоставления студенту (группе студентов) доступа к не публичным (приватным) данным, он (они) оформляют и подписывают соответствующий NDA в общепринятом порядке.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Перечислить и кратко охарактеризовать основные типы биомедицинских изображений и привести схему классификации. Принципы их формирования, типичные технические характеристики (размеры в пикселах, количество каналов, количество бит на канал и др.). Примеры.

2. Понятие компьютерной томографии. КТ и МРТ томография: принципы формирования изображения, достоинство и недостатки каждого вида и типичные области применения (органы, заболевания).РЕТи SPECTтомография, основные отличия от КТ и МРТ, достоинства и недостаткиРЕТи SPECT. Перечислите другие виды томографий, которые Вам известны.

3. Микроскопия в медицинской диагностике. Какие виды микроскопии Вам известны? Понятие гистологии и цитологии. Понятие полнослайдовой гистологии, типичные размеры полнослайдовых изображений и технология их анализа.

4. Компьютеризированная диагностика заболеваний и САД (Computer Assisted Diagnosis) системы. Что такое «второе мнение» и зачем оно нужно. Основные отличия компьютеризированной диагностики от диагностики врача-эксперта, достоинства и недостатки каждого. Этические и юридические проблемы, связанные с накоплением и использованием изображений пациентов. Деперсонализация данных. Традиционные схемы распознавания медицинских изображений и распознавание с использованием сверточных нейронных сетей.

5. Основные отличия задач распознавания изображений в САД от аналогичных задач в ComputerVision. Роль профессиональных знаний (проиллюстрировать примерами)и почему САД – это не просто «прикрутить нейронку». Иллюзия простоты и основные ошибки разработчиков программного обеспечения, пришедших из ComputerVision.

6. Основные цели и особенности решения задач сегментации, кластеризации и распознавания медицинских изображений. Представьте 1-2 типичные схемы решения указанных задач и приведите примеры.

7. Типы признаков изображений, их классификация и примеры из области медицинских изображений. Методы сокращения размерности пространства признаков. Решение задачи поиска изображений по образцу (ContentBasedImageRetrieval) в базах данных и вариантов ее использования в процессе диагностики заболеваний.

8. Методы анализа 2D и 3Dформы медицинских объектов. Приведите примеры признаков (параметров), характеризующих форму. Понятие прокрустова анализа формы. Назовите достоинства и недостатки прокурустова анализа и (на ваш взгляд) способов их преодоления. Приведите

известную Вам информацию относительно программных средств анализа формы объектов в известных Вам языках, пакетах и библиотеках программ.

9. Проиллюстрируйте проблему анализа формы объектов на примере задачи анализа формы легких на рентгеновских изображениях, а также оценки статистических различий формы легких у мужчин и женщин. Как изменяется форма и размеры легких в процессе естественного старения мужчин и женщин.

10. Текстуры, базовые типы текстурных признаков и их роль в анализе и распознавании медицинских изображений. Матрицы совместной встречаемости (co-occurrencematrices), локальные бинарные шаблоны (LocalBinaryPatterns, LBP) и алгоритмы их вычисления.

11. Расширенные версии матриц совместной встречаемости и их использование для описания структуры 3D МРТ изображений головного мозга. Схема (pipeline) решение задачи поиска 3D МРТ изображений по образцу (ContentBasedImageRetrieval) в базах данных. Представьте ваше мнение и/или возможные примеры использования программных средств поиска изображений по образцу в процессе диагностики заболеваний.

12. Решение задач ранней диагностики болезни Альцгеймера и деменции передних долей головного мозга (FrontalLobeDementia) по изображениям томографии единичных фотонов (SPECT) с использованием расширенных матриц совместной встречаемости.

13. Решение задач статистической оценки различий асимметрии головного мозга у мужчин и у женщин по MRI-T1 изображениям с использованием расширенных матриц совместной встречаемости.

14. Понятие анизотропии текстур. Два способа вычисления ориентационной гистограммы. Существующие программные средства вычисления гистограмм ориентированных градиентов (HOG). Отличие 2D и 3Dслучаев. Понятие «ламинарности» (локальной когерентности) структуры изображений.

15. Решение задачи статистического анализа возрастных изменений структуры белого вещества головного мозга на основе признаков (параметров) 3Dанизотропии MRI-T1 изображений.

16. Методы и особенности решения задачи автоматического обнаружения патологических изменений в легких в процессе скрининга населения с использованием цифровых рентгеновских изображений и методов глубокого обучения.

17. Проблемы накопления, разметки и использования больших наборов медицинских изображений. Генерация искусственных рентгеновских изображений грудной клетки с помощью генеративных нейронных сетей (GenerativeAdversarialNetworks, GANs) с целью их использования вместо изображений реальных пациентов.

18. Задача количественной оценки различий рентгеновских изображений грудной клетки реальных пациентов и искусственных изображений, полученных путем использования генеративных нейронных сетей.

19. ИК-спектры и многоспектральные изображения, их достоинства, недостатки и области применения. Основные проблемы решения задач анализа и распознавания многоспектральных микроскопических изображений.

Рекомендуемая тематика контрольных работ

Контрольная работа №1. *Основные типы биомедицинских изображений.*

Контрольная работа №2. *Методы описания текстуры полутонных 2D-изображений.*

Контрольная работа №3. *Методы анализа анизотропии 2D и 3D медицинских изображений.*

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Машинное обучение на больших массивах данных	Дискретной математики и алгоритмики	Нет	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения (протокол № 11 от 19 марта 2020 г.).

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на ____ / ____ учебный год

№№ Пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры дискретной математики и алгоритмики (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О. Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

(ученая степень, звание)

(подпись)

(И.О.Фамилия)