

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе



Ю.В. Фомин

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

научная специальность

1.2.1 Искусственный интеллект и машинное обучение

Санкт-Петербург

2026

Руководитель ОП

Кандидат технических наук, доцент

Е.Ю. Павленко

Составители:

Доктор технических наук, профессор

Л.В. Уткин

Кандидат технических наук, доцент

А.А. Лукашин

Кандидат технических наук

В.А. Мулюха

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	<p>Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):</p> <p>в журналах перечня ВАК;</p> <p>в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;</p> <p>в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.</p>	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	<p>Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:</p> <p>– патент на изобретение;</p> <p>– патент на полезную модель;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации базы данных;</p> <p>– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.</p>	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).		5
	за прочие конференции.		3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра (специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

- 1) Основы машинного обучения.
- 2) Глубокое машинное обучение.
- 3) Математическая статистика.
- 4) Методы анализа больших данных.
- 5) Методы оптимизации.
- 6) Принятие решений в условиях неопределенности.
- 7) Обучение с подкреплением.
- 8) Системы управления знаниями.
- 9) Порождающие модели машинного обучения, трансформеры и языковые модели.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

- 1) Наивный байесовский классификатор. Теорема Байеса и классификация. Наивность классификатора. Оценка вероятностей признаков, если они категориальные. Оценка вероятностей признаков, если они числовые. Пример.
- 2) Метрические методы классификации и регрессии. Гипотезы компактности или непрерывности. Метод k ближайших соседей для классификации. Виды функций расстояния. Выбор параметра k. Пример.
- 3) Метрические методы классификации и регрессии. Метод k ближайших соседей для задачи регрессии. Пример. Преимущества и недостатки метода k ближайших соседей. Весовой метод k ближайших соседей для классификации и регрессии.
- 4) Геометрическая интерпретация метода опорных векторов. Понятие разделяющей полосы. Прямая задача оптимизации. Двойственная задача оптимизации (Лагранжиан). Метод опорных векторов при линейно неразделимых данных. Пример.
- 5) Ядра и спрямляющие пространства. Отображение данных в пространство большей размерности. Типовые ядра. Выбор ядра и его параметров. Алгоритм SVM при использовании ядер.
- 6) SVM как минимизация функционала риска. Петлевая функция потерь. Ключевые особенности SVM. Преимущества и недостатки SVM.
- 7) Деревья решений. Определения, основные понятия и элементы деревьев решений. Бинарные деревья. Привести пример дерева классификации. Этапы конструирования деревьев. Критерий расщепления. Достоинства и недостатки деревьев решений.
- 8) Деревья решений для классификации. Алгоритм CART. Критерии расщепления или меры неоднородности множества. Индекс Gini и мера энтропии. Критерий остановки. Основные характеристики алгоритма CART. Пример.
- 9) Деревья решений для регрессии. Критерий расщепления. Критерий остановки. Пример.
- 10) Нейронные сети. Понятие персептрона. Формальный нейрон и пороговая функция. Обучение персептрона. Пример обучения операции дизъюнкции.
- 11) Нейронные сети. Метод градиентного спуска для одного нейрона. Нелинейные пороговые функции или функции активации.
- 12) Многослойная нейронная сеть. Основные слои сети. Теорема Колмогорова. Прямое распространение (forward propagation).

- 13) Алгоритм обратного распространения ошибки в нейронных сетях. Функция потерь.
- 14) Кластеризация. Цели кластеризации. Метод k средних (k means).
- 15) Кластеризация. Метод k средних и k медоидов. Недостатки алгоритма k средних.
- 16) EM-алгоритм кластеризации. Отличия EM-алгоритма от метода k средних.
- 17) Иерархическая кластеризация. Агломеративные методы или методы "снизу вверх". Иллюстрация агломеративного метода. Дендограмма. Расстояния между кластерами. Разделяющие (дивизивные) методы "сверху вниз".
- 18) Методы композиции. Теорема Кондорсе о присяжных. Мудрость толпы. Бэггинг.
- 19) Алгоритм AdaBoost. Ошибка обучения AdaBoost. Достоинства AdaBoost. Недостатки AdaBoost.
- 20) Алгоритмы бустинга для регрессии. Алгоритм AdaBoost.RT. Алгоритм AdaBoost.R2.
- 21) Градиентный бустинг для регрессии. Основная идея новой обучающей выборки на каждой итерации. Градиент в градиентном бустинге. Достоинства градиентного бустинга.
- 22) Алгоритм стекинга.
- 23) Линейные регрессионные модели. Эмпирический функционал риска. Метод наименьших квадратов. Проблемы линейной регрессии.
- 24) Линейные регрессионные модели. Гребневая регрессия. Метод Лассо. Эластичные сети.
- 25) Методы визуализации. Основная идея их реализации. SNE и t-SNE.
- 26) Сверточные нейронные сети. Основная идея. Понятие свертки. Padding
- 27) One-shot learning. Сиамские нейронные сети.
- 28) Анализ таблиц сопряженности двух признаков. Совместное и условное распределения элементов таблицы сопряженности.
- 29) Анализ таблиц сопряженности 2×2 . Риски, их разности, относительные риски и отношения шансов. Асимптотические свойства этих характеристик. Построение доверительных интервалов для разностей рисков, относительного риска, отношения шансов.
- 30) Гипотеза независимости признаков и ее запись в терминах относительных рисков и отношения шансов. Критерий проверки гипотезы на базе логарифмов отношений шансов. Классические критерии проверки независимости признаков Хи-квадрат и отношения правдоподобия. Точный критерий Фишера (чайный тест).
- 31) Гипотеза независимости признаков в таблице сопряженности двух признаков $d_1 \times d_2$. Критерии проверки гипотезы хи-квадрат и отношения правдоподобия.
- 32) Анализ сопряженности 3-х признаков. Парадокс Симпсона. Массив сопряженности 3-х признаков и распределение его элементов. Совместные и условные распределения. Гипотезы условной независимости и независимости трех признаков. Критерии Хи-квадрат и отношения правдоподобия проверки независимости.
- 33) Анализ лонгитюдных данных в предположении нормальности распределения наблюдаемого признака. Моделирование регрессионной зависимости наблюдаемой характеристики от времени. Ортогональные многочлены, выдвижение и проверка гипотез

о степени полиномиальной зависимости. Использование подходов дисперсионного анализа. Модели регрессионной зависимости при наличии сопутствующих факторов.

34) Постановка задачи множественного тестирования, верные и ошибочные решения (таблица). Основные подходы к контролю ошибок в задаче множественного тестирования. Бинарный классификатор: ROC-кривая и AUC.

35) Методы контроля множественной ошибки I рода и ожидаемого процента ложноположительных выводов.

36) Основные подходы к оптимизации поправки в случае зависимых тестов.

37) Принятие решений в условиях полной неопределенности. Критерий максимина Вальда. Критерий равновозможных состояний. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица. Критерий минимакса сожалений Сэвиджа.

38) Принятие решений в условиях риска. Критерий максимума ожидаемой полезности. Критерий наиболее вероятного состояния.

39) Критерий Ходжа-Лемана. Критерий минимума ожидаемых сожалений.

40) Санкт-Петербургский парадокс и психологические аспекты принятия решений.

41) Многокритериальное принятие решений. Постановка задачи.

42) Множество Парето. Пример оценки кандидатов.

43) Методы свертки критериев. Метод главного критерия. Линейная свертка. Максиминная свертка. Мультипликативная свертка. Метод идеальной точки.

44) Метод анализа иерархий. Матрицы парных сравнений.

45) Основные определения теории Демпстера-Шейфера. Понятие базовой вероятности. Функции доверия и правдоподобия.

46) Элементы нечетких множеств. Функция принадлежности.

47) Интервальные вероятности. Модель засорения. Модель Дирихле. Примеры. Применение в машинном обучении.

48) Постановка задачи обучения с подкреплением. Понятия: действия, вознаграждения, состояния, история, стратегия.

49) Виды стратегий. Пассивное обучение. Активное обучение. Функция полезности (value function).

50) Многорукий бандит. Ожидаемое вознаграждение. Функция полезности действия. Жадная стратегия. Доверительный интервал для средних. Правило обновления. Постоянная скорость обучения.

51) Марковский процесс решений (MDP). Пример студенческой марковской цепи.

52) Марковский процесс вознаграждения. Суммарное вознаграждение (return). Функция полезности $V(s)$ марковского процесса.

53) Объяснительный интеллект. Метод LIME.

54) Объяснительный интеллект. Метод SHAP.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на

вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6.Список рекомендуемой литературы

- 1) Барский, А. Б. Искусственный интеллект и логические нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. — Санкт-Петербург : Интермедия, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-4383-0155-4.
- 2) Айвазян С. А. и др. Прикладная статистика: Исследование зависимости: Справ, изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; Под ред. С. А. Айвазяна. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 487 с.
- 3) Мерков А.Б. Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения. М.:Едиториал УРСС, 2011. - 256 с.: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=241884>.
- 4) Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. - 400 с.: <https://dmkpress.com/catalog/computer/data/978-5-97060-273-7/>.
- 5) Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. - 336 с.: <https://www.mann-ivanov-ferber.ru/books/verhovnyjalgortm/>.
- 6) Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. / Хайкин С.: — М. Вильямс, 2006. — 1104 с.: <http://www.aiportal.ru/downloads/books/neural-networks-full-course-2-edition-by-haykin.html>.
- 7) Черняк Е. Введение в глубокое обучение. / Черняк Е.: — М. Диалектика, 2020. — 192 с.: <https://www.dom-knigi.ru/product/478099/>.
- 8) Аггарвал Ч. Нейронные сети и глубокое обучение. Учебный курс / Аггарвал Ч.: — М. Вильямс, 2020. — 752 с.: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/1234580/>.
- 9) Николенко С. Глубокое обучение погружение в мир нейронных сетей / Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.: <https://www.piter.com/product/glubokoe-obuchenie>.
- 10) Айзерман М. А., Браверман Э. М., Розоноэр Л. И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. — М.: Наука, 1970. — 320 pp.: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=25422>.
- 11) Малов С.В. Регрессионный анализ: теоретические основы и практические рекомендации. – Изд-во СПбГУ, 2013, 276 с.
- 12) Малов С.В., Малова И.Ю., Базовые модели биостатистики: анализ категориальных данных. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021 г., 64 с.

Основы топологического анализа данных: учебное пособие / [С. К. Чатоян, А. А. Лукашин, В. С. Заборовский [и др.]; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт компьютерных наук и кибербезопасности, Высшая школа технологий искусственного интеллекта. — Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024 (2025). — 1 файл (11,6 Мб). — Загл. с титул. экрана. — Электронная копия печатной публикации. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение, печать). — <URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/i25-31.pdf>>. — DOI 10.18720/SPBPU/2/i25-31. — Текст: электронный.

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

**для поступающих на обучение по программам подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

научная специальность

1.2.1 Искусственный интеллект и машинное обучение

Санкт-Петербург

2026

Руководитель ОП

Доктор технических наук, доцент

Составители:

Доктор технических наук, профессор

Кандидат технических наук, доцент

Кандидат технических наук

Е.Ю. Павленко

Л.В. Уткин

А.А. Лукашин

В.А. Мулюха

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности 1.2.1 – Искусственный интеллект и машинное обучение.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);
- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

- а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.
- б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.
- с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.
- д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе: за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных). за прочие конференции.	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
			5
			3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

- 1) Основы машинного обучения.
- 2) Глубокое машинное обучение.
- 3) Математическая статистика.

- 4) Методы анализа больших данных.
- 5) Методы оптимизации.
- 6) Принятие решений в условиях неопределенности.
- 7) Обучение с подкреплением.
- 8) Системы управления знаниями.
- 9) Порождающие модели машинного обучения, трансформеры и языковые модели.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

- 1) Наивный байесовский классификатор. Теорема Байеса и классификация. Наивность классификатора. Оценка вероятностей признаков, если они категориальные. Оценка вероятностей признаков, если они числовые. Пример.
- 2) Метрические методы классификации и регрессии. Гипотезы компактности или непрерывности. Метод k ближайших соседей для классификации. Виды функций расстояния. Выбор параметра k. Пример.
- 3) Метрические методы классификации и регрессии. Метод k ближайших соседей для задачи регрессии. Пример. Преимущества и недостатки метода k ближайших соседей. Весовой метод k ближайших соседей для классификации и регрессии.
- 4) Геометрическая интерпретация метода опорных векторов. Понятие разделяющей полосы. Прямая задача оптимизации. Двойственная задача оптимизации (Лагранжиан). Метод опорных векторов при линейно неразделимых данных. Пример.
- 5) Ядра и спрямляющие пространства. Отображение данных в пространство большей размерности. Типовые ядра. Выбор ядра и его параметров. Алгоритм SVM при использовании ядер.
- 6) SVM как минимизация функционала риска. Петлевая функция потерь. Ключевые особенности SVM. Преимущества и недостатки SVM.
- 7) Деревья решений. Определения, основные понятия и элементы деревьев решений. Бинарные деревья. Привести пример дерева классификации. Этапы конструирования деревьев. Критерий расщепления. Достоинства и недостатки деревьев решений.
- 8) Деревья решений для классификации. Алгоритм CART. Критерии расщепления или меры неоднородности множества. Индекс Gini и мера энтропии. Критерий остановки. Основные характеристики алгоритма CART. Пример.
- 9) Деревья решений для регрессии. Критерий расщепления. Критерий остановки. Пример.
- 10) Нейронные сети. Понятие перцептрона. Формальный нейрон и пороговая функция. Обучение перцептрона. Пример обучения операции дизъюнкции.
- 11) Нейронные сети. Метод градиентного спуска для одного нейрона. Нелинейные пороговые функции или функции активации.
- 12) Многослойная нейронная сеть. Основные слои сети. Теорема Колмогорова. Прямое распространение (forward propagation).
- 13) Алгоритм обратного распространения ошибки в нейронных сетях. Функция потерь.
- 14) Кластеризация. Цели кластеризации. Метод k средних (k means).

- 15) Кластеризация. Метод k средних и k медоидов. Недостатки алгоритма k средних.
- 16) EM-алгоритм кластеризации. Отличия EM-алгоритма от метода k средних.
- 17) Иерархическая кластеризация. Агломеративные методы или методы "снизу вверх". Иллюстрация агломеративного метода. Дендограмма. Расстояния между кластерами. Разделяющие (дивизивные) методы "сверху вниз".
- 18) Методы композиции. Теорема Кондорсе о присяжных. Мудрость толпы. Бэггинг.
- 19) Алгоритм AdaBoost. Ошибка обучения AdaBoost. Достоинства AdaBoost. Недостатки AdaBoost.
- 20) Алгоритмы бустинга для регрессии. Алгоритм AdaBoost.RT. Алгоритм AdaBoost.R2.
- 21) Градиентный бустинг для регрессии. Основная идея новой обучающей выборки на каждой итерации. Градиент в градиентном бустинге. Достоинства градиентного бустинга.
- 22) Алгоритм стекинга.
- 23) Линейные регрессионные модели. Эмпирический функционал риска. Метод наименьших квадратов. Проблемы линейной регрессии.
- 24) Линейные регрессионные модели. Гребневая регрессия. Метод Лассо. Эластичные сети.
- 25) Методы визуализации. Основная идея их реализации. SNE и t-SNE.
- 26) Сверточные нейронные сети. Основная идея. Понятие свертки. Padding
- 27) One-shot learning. Сиамские нейронные сети.
- 28) Анализ таблиц сопряженности двух признаков. Совместное и условное распределения элементов таблицы сопряженности.
- 29) Анализ таблиц сопряженности 2×2 . Риски, их разности, относительные риски и отношения шансов. Асимптотические свойства этих характеристик. Построение доверительных интервалов для разностей рисков, относительного риска, отношения шансов.
- 30) Гипотеза независимости признаков и ее запись в терминах относительных рисков и отношения шансов. Критерий проверки гипотезы на базе логарифмов отношений шансов. Классические критерии проверки независимости признаков Хи-квадрат и отношения правдоподобия. Точный критерий Фишера (чайный тест).
- 31) Гипотеза независимости признаков в таблице сопряженности двух признаков $d_1 \times d_2$. Критерии проверки гипотезы хи-квадрат и отношения правдоподобия.
- 32) Анализ сопряженности 3-х признаков. Парадокс Симпсона. Массив сопряженности 3-х признаков и распределение его элементов. Совместные и условные распределения. Гипотезы условной независимости и независимости трех признаков. Критерии Хи-квадрат и отношения правдоподобия проверки независимости.
- 33) Анализ лонгитюдных данных в предположении нормальности распределения наблюдаемого признака. Моделирование регрессионной зависимости наблюдаемой характеристики от времени. Ортогональные многочлены, выдвижение и проверка гипотез о степени полиномиальной зависимости. Использование подходов дисперсионного анализа. Модели регрессионной зависимости при наличии сопутствующих факторов.

- 34) Постановка задачи множественного тестирования, верные и ошибочные решения (таблица). Основные подходы к контролю ошибок в задаче множественного тестирования. Бинарный классификатор: ROC-кривая и AUC.
- 35) Методы контроля множественной ошибки I рода и ожидаемого процента ложноположительных выводов.
- 36) Основные подходы к оптимизации поправки в случае зависимых тестов.
- 37) Принятие решений в условиях полной неопределенности. Критерий максимина Вальда. Критерий равновозможных состояний. Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица. Критерий минимакса сожалений Сэвиджа.
- 38) Принятие решений в условиях риска. Критерий максимума ожидаемой полезности. Критерий наиболее вероятного состояния.
- 39) Критерий Ходжа-Лемана. Критерий минимума ожидаемых сожалений.
- 40) Санкт-Петербургский парадокс и психологические аспекты принятия решений.
- 41) Многокритериальное принятие решений. Постановка задачи.
- 42) Множество Парето. Пример оценки кандидатов.
- 43) Методы свертки критериев. Метод главного критерия. Линейная свертка. Максимальная свертка. Мультипликативная свертка. Метод идеальной точки.
- 44) Метод анализа иерархий. Матрицы парных сравнений.
- 45) Основные определения теории Демпстера-Шейфера. Понятие базовой вероятности. Функции доверия и правдоподобия.
- 46) Элементы нечетких множеств. Функция принадлежности.
- 47) Интервальные вероятности. Модель засорения. Модель Дирихле. Примеры. Применение в машинном обучении.
- 48) Постановка задачи обучения с подкреплением. Понятия: действия, вознаграждения, состояния, история, стратегия.
- 49) Виды стратегий. Пассивное обучение. Активное обучение. Функция полезности (value function).
- 50) Многорукий бандит. Ожидаемое вознаграждение. Функция полезности действия. Жадная стратегия. Доверительный интервал для средних. Правило обновления. Постоянная скорость обучения.
- 51) Марковский процесс решений (MDP). Пример студенческой марковской цепи.
- 52) Марковский процесс вознаграждения. Суммарное вознаграждение (return). Функция полезности $V(s)$ марковского процесса.
- 53) Объяснительный интеллект. Метод LIME.
- 54) Объяснительный интеллект. Метод SHAP.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6.Список рекомендуемой литературы

- 1) Барский, А. Б. Искусственный интеллект и логические нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. — Санкт-Петербург : Интермедия, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-4383-0155-4.
- 2) Айвазян С. А. и др. Прикладная статистика: Исследование зависимости: Справ, изд. / С. А. Айвазян, И. С. Енюков, Л. Д. Мешалкин; Под ред. С. А. Айвазяна. — М.: Финансы и статистика, 1985. — 487 с.
- 3) Мерков А.Б. Распознавание образов. Введение в методы статистического обучения. М.:Едиториал УРСС, 2011. - 256 с.: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=241884>.
- 4) Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс, 2015. - 400 с.: <https://dmkpress.com/catalog/computer/data/978-5-97060-273-7/>.
- 5) Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. М. : Манн, Иванов и Фербер, 2016. - 336 с.: <https://www.mann-ivanov-ferber.ru/books/verhovnyjalgortim/>.
- 6) Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. / Хайкин С.: — М. Вильямс, 2006. — 1104 с.: <http://www.aiportal.ru/downloads/books/neural-networks-full-course-2-edition-by-haykin.html>.
- 7) Черняк Е. Введение в глубокое обучение. / Черняк Е.: — М. Диалектика, 2020. — 192 с.: <https://www.dom-knigi.ru/product/478099/>.
- 8) Аггарвал Ч. Нейронные сети и глубокое обучение. Учебный курс / Аггарвал Ч.: — М. Вильямс, 2020. — 752 с.: <https://www.chitai-gorod.ru/catalog/book/1234580/>.
- 9) Николенко С. Глубокое обучение погружение в мир нейронных сетей / Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.: <https://www.piter.com/product/glubokoe-obuchenie>.
- 10) Айзерман М. А., Браверман Э. М., Розоноэр Л. И. Метод потенциальных функций в теории обучения машин. — М.: Наука, 1970. — 320 pp.: <https://urss.ru/cgi-bin/db.pl?lang=Ru&blang=ru&page=Book&id=25422>.
- 11) Малов С.В. Регрессионный анализ: теоретические основы и практические рекомендации. – Изд-во СПбГУ, 2013, 276 с.
- 12) Малов С.В., Малова И.Ю., Базовые модели биостатистики: анализ категориальных данных. Учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021 г., 64 с.
Основа топологического анализа данных: учебное пособие / [С. К. Чатоян, А. А. Лукашин, В. С. Заборовский [и др.]; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт компьютерных наук и кибербезопасности, Высшая школа

технологий искусственного интеллекта. — Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024 (2025). — 1 файл (11,6 Мб). — Загл. с титул. экрана. — Электронная копия печатной публикации. — Доступ по паролю из сети Интернет (чтение, печать). — <URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/i25-31.pdf>>. — DOI 10.18720/SPBPU/2/i25-31. — Текст: электронный.

Сведения о достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и (или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международных базах данных		5

	за конференцию, индексируемую в российских базах данных		3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра(специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О.)

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О.)

Ответственный по аспирантуре
от Гуманитарного института

(подпись)

(Ф.И.О.)