

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательной деятельности КФУ
Проф. Д. А. Гаюровский
01 » июня 2021 г.



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Цифровая обработка сигналов

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): старший преподаватель, б/с Нигматуллин Р.Р. (кафедра системного анализа и информационных технологий, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), RuslRNigmatullin@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3	Управление проектами в области информационных технологий малого и среднего уровня сложности в условиях неопределенностей, порождаемых запросами на изменения, с применением формальных инструментов управления рисками и проблемами проекта
ПК-4	Управление проектами в области информационных технологий любого масштаба в условиях высокой неопределенности, вызываемой запросами на изменения и рисками, и с учетом влияния организационного окружения проекта; разработка новых инструментов и методов управления проектами в области информационных технологий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- роль и место задач цифровой обработки сигналов в построении современных информационных систем.
- основные понятия и концепции цифровой обработки сигналов;

Должен уметь:

- выбирать адекватные задаче алгоритмы обработки цифровых сигналов;
- ориентироваться в современных научных источниках по темам обработки мультимедийных данных
- реализовывать функциональные опции информационных систем с элементами цифровой обработки сигналов.

Должен владеть:

- навыками программной реализации алгоритмов преобразования Фурье и фильтрации сигналов
- навыками программной реализации алгоритмов в области подавления шума в сигнале.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания и навыки в своей дальнейшей профессиональной деятельности

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.02.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии (Машинное обучение и компьютерное зрение)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 54 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тель-ная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Оцифровка аналогового сигнала. Теорема Котельникова-Шеннона.	2	2	0	0	0	2	0	6
2.	Тема 2. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней.	2	2	0	0	0	2	0	6
3.	Тема 3. Преобразование Фурье последовательностей и его свойства.	2	2	0	0	0	2	0	6
4.	Тема 4. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ.	2	2	0	0	0	2	0	6
5.	Тема 5. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.	2	2	0	0	0	2	0	6
6.	Тема 6. Вейвлет преобразование.	2	2	0	0	0	2	0	6
7.	Тема 7. Преобразование Гильберта. Вычисление мгновенной частоты сигнала. Сдвиг спектра.	2	2	0	0	0	2	0	6
8.	Тема 8. Кепстр сигнала.	2	2	0	0	0	2	0	6
9.	Тема 9. Способы подавления шума в сигнале.	2	2	0	0	0	2	0	6
	Итого		18	0	0	0	18	0	54

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Оцифровка аналогового сигнала. Теорема Котельникова-Шеннона.

Оцифровка аналогового сигнала. Шум оцифровки. Соотношение сигнал/шум и его измерение. Связь непрерывного преобразования Фурье с преобразованием последовательности. Децибелы как единица измерения. Логарифмическая шкала. Теорема Котельникова-Шеннона. Восстановление сигнала по дискретным значениям в заданных точках.

Тема 2. Преобразование Фурье. Обобщенные функции. Дельта функция и работа с ней.

Преобразование Фурье. Прямое и обратное преобразование. Обобщенные функции. Преобразование Фурье от 1. Дельта функция и работа с ней. Вывод формулы обращения с помощью обобщенных функций. Вывод формулы для преобразования Фурье от единичной функции. Содержательное описание дельта-функции. Примеры применения

Тема 3. Преобразование Фурье последовательностей и его свойства.

Преобразование Фурье последовательностей. Формулы обращения. Свертка двух последовательностей. Связь дискретного преобразования с преобразованием последовательности. Появление ложных частот. Схемы БПФ. Работа с FFT в пакете SciLab. Связь дискретного преобразования с преобразованием от функции. Установление соответствия

Тема 4. Конечное преобразование Фурье. Схемы БПФ.

Конечное преобразование Фурье. Понятие быстрого преобразования. Случай, когда длина последовательности есть степень 2. Другие схемы быстрого преобразования. Случай, когда длина последовательности есть произведение двух простых чисел. Замечания о фильтрации двумерных сигналов. Способы проектирования двумерных фильтров.

Тема 5. Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика.

Линейные инвариантные системы. Фильтры с конечным и бесконечным временем отклика. Доказательство линейной инвариантности. Функция отклика фильтра и его передаточная функция. Понятие об устойчивости фильтра. Случай ИР фильтра. Последовательное и параллельное соединение фильтров и их передаточные функции.

Тема 6. Вейвлет преобразование.

Понятие материнской функции. Вейвлет преобразование. Непрерывное и дискретное вейвлет преобразования. Преобразование Хаара. Вейвлеты Добеши. Использование вейвлет для очистки речевого сигнала от шума. Разложение сигнала на низкочастотную составляющую и высокочастотную составляющую с помощью вейвлет преобразования.

Тема 7. Преобразование Гильберта. Вычисление мгновенной частоты сигнала. Сдвиг спектра.

Понятие мгновенной частоты сигнала. Преобразование Гильберта. Проблема реализуемости фильтра Гильберта. Аппроксимация фильтра Гильберта. Применение для вычисления мгновенных частот сигнала. Сдвиг спектра речевого файла. Модуляция синусоидальным сигналом. Применение преобразования Гильберта для изменения частоты основного тона. Методы изменения частоты стробирования речевого сигнала. Использование технологий upsampling и downsampling.

Тема 8. Кепстр сигнала.

Определение кепстра и его интерпретация. Применение преобразования Фурье и косинус преобразования. Рекуррентные формулы для вычисления кепстральных коэффициентов. Использование кепстра для оценки частоты основного тона речевого сигнала. Применение кепстральных коэффициентов в системах распознавания речи.

Тема 9. Способы подавления шума в сигнале.

Модели и виды шума (белый шум, аддитивный Гауссовский, аддитивный Пуассоновский). Спектрограммы шумов. Понятие узкополосного шума и вид его спектра. Удаление узкополосного шума. Алгоритм спектрального вычитания для удаления шума из речевого сигнала. Фильтр Винера для удаления шума из речевого сигнала.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Интернет-портал с научными ресурсами по математическим наукам - <http://www.mathnet.ru>

Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

Научная электронная библиотека КиберЛенинка - <https://cyberleninka.ru/>

Цифровой образовательный ресурс "DSPLIB.ORG" - <http://ru.dsplib.org/>

Цифровой образовательный ресурс "Основы цифровой обработки сигналов" - <https://openedu.ru/course/eltech/DSP/>

Цифровой образовательный ресурс "Основы цифровой обработки сигналов" - <https://openedu.ru/course/urfu/SIGPROC/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студенту рекомендуется внимательно слушать лектора, следить за тем, что написано на доске или представлено на слайдах презентации, анализировать получаемую им информацию. В случае, если материал лекции непонятен, следует задать вопрос в отведенное для вопросов время. Студенту также рекомендуется конспектировать материал лекции в тетради, что улучшает запоминание.
лабораторные работы	При выполнении лабораторных работ студенту рекомендуется внимательно анализировать поставленную задачу, уделяя особенное внимание критериям оценки точности решения задачи. Программный код должен быть объектно-ориентированным, чистым, с поясняющими комментариями. Особенное внимание следует уделить методологическим аспектам решения задачи, на корректное разделение выборки на обучающую, валидационную и тестовую. Результаты работы программы должны быть оформлены в виде таблиц и графиков.
самостоятельная работа	При ведении самостоятельной работы студенту рекомендуется внимательно подходить к изучению научных статей, обращать внимание на значимость полученного результата, на требования к обучающей выборке, на скорость работы предлагаемых алгоритмов, на результаты их сравнения с существующими. В случае, если изучаемый материал понятен не до конца, рекомендуется обращение к дополнительной литературе.
экзамен	Студенту рекомендуется внимательно анализировать вопросы в экзаменационном билете. Ответ на экзаменационный билет должен быть подробным и четким, все релевантные формулы должны быть приведены и пояснены. При ответе на вопрос студент должен проявить не столь умение запомнить материал, сколь глубокое его понимание. Рекомендуется избегать приведения в ответе материала, не относящегося к билету.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и магистерской программе "Машинное обучение и компьютерное зрение".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.02 Цифровая обработка сигналов

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Основная литература:

1. Смит, С. Цифровая обработка сигналов. Практическое руководство для инженеров и научных работников: учебник / С. Смит. - Москва: ДМК Пресс, 2011. - 720 с. - ISBN 978-5-94120-145-7. - Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/60986> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Столов, Е. Л. Цифровая обработка сигналов. Водяные знаки в аудиофайлах : учебное пособие / Е. Л. Столов. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 176 с. - ISBN 978-5-8114-3014-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212891> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Шапиро, Л. Компьютерное зрение : учебное пособие / Л. Шапиро, Д. Стокман ; под редакцией С. М. Соколова ; перевод с английского А. А. Богуславского. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 763 с. - ISBN 978-5-00101-696-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135496> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Аллен, Б. Д. Think DSP. Цифровая обработка сигналов на Python / Б. Д. Аллен; перевод с английского А. Э. Брандинский. - Москва : ДМК Пресс, 2017. - 160 с. - ISBN 978-5-97060-454-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/93566> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / Ролдугин С.В., Паринов А.В., Голубинский А.Н. - Воронеж: Научная книга, 2016. - 144 с. ISBN 978-5-4446-0908-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/923327> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Сато, Ю. Без паники! Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / Ю. Сато. - Москва : ДМК Пресс, 2010. - 176 с. - ISBN 978-5-94120-251-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/61023> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Гадзиковский, В. И. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / В. И. Гадзиковский. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2020. - 766 с. - ISBN 978-5-91359-117-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858810> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: по подписке.
3. Басараб, М. А. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях : монография / М. А. Басараб, В. К. Волосюк, О. В. Горячкин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-0871-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2215> (дата обращения: 21.01.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

*Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.02.02 Цифровая обработка сигналов*

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2022

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.