

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

Теория выбора и принятия решений

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.04 - Программная инженерия

Направленность образовательной программы

Разработка программно-информационных систем

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 Теория выбора и принятия решений 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-12: Способен осуществлять концептуальное, функциональное и логическое проектирование систем и подсистем малого и среднего масштаба и сложности.	<p>ПК-12.1: Знает методы концептуального, функционального и логического проектирования</p> <p>ПК-12.2: Знает типовые архитектурные стили и паттерны проектирования</p> <p>ПК-12.3: Умеет применять архитектурные стили и паттерны проектирования при решении типовых задач</p> <p>ПК-12.4: Владеет навыками разработки проекта программной системы с учетом возможностей и ограничений</p>	<p>ПК-12.1: Знать современные программные средства решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем.</p> <p>ПК-12.2: Знать современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем.</p> <p>ПК-12.3: Уметь применять современные методы численного решения и моделирования задач оптимальной фильтрации и оптимального управления для линейных стохастических систем с дискретным временем с использованием существующего программного</p>	<p>Практическая задача Собеседование</p>	<p>Зачёт: Задачи Контрольные вопросы</p>

		обеспечения. ПК-12.4: навыками применения современных программных средств для решения задач оптимальной фильтрации и оптимального управления в рамках линейных стохастических моделей с дискретным временем.		
--	--	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	24
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	12
- КСР	1
самостоятельная работа	71
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
Тема 1. Наблюдение вектора состояния	36	8	4	12	24
Тема 2. Линейная оптимальная фильтрация	35	8	4	12	23
Тема 3. Стохастическое оптимальное управление	36	8	4	12	24
Аттестация	0				

КСР	1			1	
Итого	108	24	12	37	71

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Постановка задачи наблюдения. Понятие наблюдаемости. Матрицы наблюдаемости первого и второго рода. Наблюдатели полного и пониженного порядка в виде моделей с обратной связью. Метод наименьших квадратов. Алгоритм рекуррентного гауссовского оценивания. Понятие управляемости. Двойственность задач наблюдения и управления.

Тема 2. Метод минимизации среднеквадратической ошибки. Уравнение Винера-Хопфа для дискретных систем. Гауссовско-марковская оценка как обобщение метода наименьших квадратов. Рекуррентное гауссовско-марковское оценивание. Фильтр Калмана для систем с дискретным временем.

Тема 3. Постановка задачи стохастического оптимального управления для полной и неполной информации о векторе состояния. Вывод и решение функционального уравнения Беллмана. Свойства оптимальной системы. Теорема разделения.

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.

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины включает выполнение практических заданий (практические работы) под контролем преподавателя и подготовку к зачету.

Практические работы выполняются в компьютерном классе ПЭВМ по всем разделам дисциплины и включает в себя следующие работы:

- Практическая работа «Расчет и моделирование наблюдателей полного и пониженного порядков с обратной связью»;
- Практическая работа «Расчет и моделирование дискретного фильтра Калмана»;
- Практическая работа «Расчет и моделирование стохастического оптимального регулятора дискретной линейной системы».

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 - Практическая задача) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

Задача 1. Пусть ошибка некоторого измерительного устройства состоит из постоянной во времени систематической части и (сноса) и некоррелированной во времени стохастической части (белого шума). С целью калибровки выход измерительного устройства наблюдается в моменты времени 1,2,3... при отсутствии полезного сигнала. Будем интерпретировать

систематическую ошибку как фазовый вектор x , а случайную ошибку как измерительный шум w . Таким образом, модель наблюдаемой системы имеет вид:

$$x(k+1)=x(k), \quad k=1,2,3\dots$$

$$y(k)=x(k)+w(k)$$

Пусть дисперсия белого шума постоянна и равна 2. Дисперсия систематической ошибки равна 3. Построить фильтр Калмана для оценки систематической ошибки.

Задача 2. Пусть ошибка некоторого измерительного устройства состоит из постоянной во времени систематической части и (сноса) и некоррелированной во времени стохастической части (белого шума). С целью калибровки выход измерительного устройства наблюдается в моменты времени 1,2,3... при отсутствии полезного сигнала. Будем интерпретировать систематическую ошибку как фазовый вектор x , а случайную ошибку как измерительный шум w . Таким образом, модель наблюдаемой системы имеет вид:

$$x(k+1)=x(k), \quad k=1,2,3\dots$$

$$y(k)=x(k)+w(k)$$

Пусть дисперсия белого шума постоянна и равна 2. Построить алгоритм рекуррентного гауссовско-марковского оценивания, если априорная информация о начальном состоянии неизвестна.

Задача 3. Самолет совершает поступательное движение из заданной известной точно начальной позиции под действием неизвестных возмущений ускорения. В течении полета каждую секунду измеряются координата с ошибкой. Требуется построить оптимальную оценку координаты и скорости. Построить модель наблюдателя в Simulink.

Критерии оценивания (оценочное средство - Практическая задача)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Задача решена полностью и сделан дополнительный анализ
отлично	Задача решена полностью
очень хорошо	Решена основная часть задачи, или задача решена с незначительными недочетами
хорошо	Решена основная часть задачи, или задача решена с недочетами
удовлетворительно	Решена задача наполовину
неудовлетворительно	Сделан первый этап в решении задачи
плохо	Нет решения

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1. Какую задачу решает алгоритм рекуррентного гауссовского оценивания?
2. Какова связь гауссовско-марковской оценки с методом наименьших квадратов?
3. Какую задачу решает алгоритм рекуррентного гауссовско-марковского оценивания?
4. Какую функцию выполняет фильтр Калмана для систем с дискретным временем? Какова его структура?

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.
не зачтено	Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок.

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	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами и,	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

				с недочетами		выполнены все задания в полном объеме	
<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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

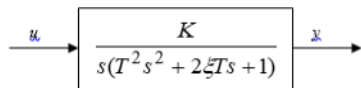
Шкала оценивания при промежуточной аттестации

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:

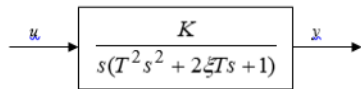
5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-12

Задача 1. Оценить состояние системы (колебательное звено):



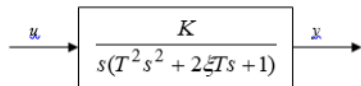
Построить наблюдатель полного порядка. Характеристический полином наблюдателя задать в виде стандартной формы Баттерворта.

Задача 2. Оценить состояние системы (колебательное звено):



Построить наблюдатель пониженного порядка. Характеристический полином наблюдателя задать в виде стандартной формы Баттерворта.

Задача 3. Оценить состояние системы (колебательное звено):



Построить наблюдатель пониженного порядка. Характеристический полином наблюдателя задать в виде стандартной формы, доставляющей минимум интегралу квадрата ошибки.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы, возможно с незначительными неточностями в определении понятий, процессов и т.п. Студент работал на практических занятиях и выполнил все тестовые задания как минимум на 80%.
не зачтено	Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы, так и на наводящие вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий и не выполнил тестовые проверочные задания.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Постановка задачи наблюдения.
2. Понятие наблюдаемости.
3. Матрицы наблюдаемости первого и второго рода.
4. Наблюдатели полного и пониженного порядка в виде моделей с обратной связью.

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. Васильев Федор Павлович. Численные методы решения экстремальных задач : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Приклад. математика". - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Наука, 1988. - 549 с. : ил. - ISBN 5-02-013796-0 (в пер.) : 1.60., 178 экз.
2. Городецкий С. Ю. Нелинейное программирование и многоэкстремальная оптимизация : учеб. пособие / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2007. - 489 с. - (Модели и методы конечномерной оптимизации ; вып. 2). - ISBN 978-5-85746-987-3 : 90.00., 82 экз.

Дополнительная литература:

1. Карманов Владимир Георгиевич. Математическое программирование : [учеб. пособие для вузов по специальности "Прикладная математика"]. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука, 1986. - 286, [1] с. : граф. - 0.80., 127 экз.
2. Теория принятия решений в 2 т. Том 1 : учебник и практикум / В. Г. Халин [и др.] ; под редакцией В. Г. Халина. - Москва : Юрайт, 2023. - 250 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03486-8. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=839668&idb=0>.
3. Теория принятия решений в 2 т. Том 2 : учебник и практикум / В. Г. Халин [и др.] ; ответственный редактор В. Г. Халин. - Москва : Юрайт, 2023. - 431 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-03495-0. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=842711&idb=0>.
4. Рачков М. Ю. Оптимальное управление в технических системах / Рачков М. Ю. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 120 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/491649> (дата обращения: 05.01.2022). - ISBN 978-5-534-09144-1 : 399.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=788000&idb=0>.

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

1. YALMIP Wiki <http://users.isy.liu.se/johanl/yalmip/>
2. Scilab <http://www.scilab.org/>

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 09.03.04 - Программная инженерия.

Автор(ы): Пакшин Павел Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

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