

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт прикладной математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:
Директор



А. В. Замятин

20 dd г.

Рабочая программа дисциплины

Управление в экономических системах

по направлению подготовки

01.03.02 Прикладная математика и информатика

Направленность (профиль) подготовки:

Математические методы в цифровой экономике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.03.05

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

К.И. Лившиц

Председатель УМК

С.П. Сущенко

Томск – 2022

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности;

– ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач;

– ПК-1. Способен осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки как по отдельным разделам темы, так и при исследовании самостоятельных тем.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-1.4. Демонстрирует понимание и навыки применения на практике математических моделей и компьютерных технологий для решения практических задач, возникающих в профессиональной деятельности.

ИОПК-2.4. Демонстрирует умение адаптировать существующие математические методы для решения конкретной прикладной задачи.

ИПК-1.1. Осуществляет проведение работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ИПК-1.2. Осуществляет выполнение экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.

2. Задачи освоения дисциплины

– Узнать основные математические методы оптимального управления динамическими системами, область их применимости.

– Научиться строить математические модели экономики как динамической системы, усложнять постановки задач, приближая их к реальной экономике, и применять методы оптимального управления динамическими системами к задачам управления экономическими системами.

– Научиться оперировать экономическими понятиями и характеристиками экономических систем; классифицировать и формализовывать основные задачи управления экономикой; давать содержательную экономическую интерпретацию математического результата.

– Научиться анализировать научно-техническую информацию и результаты исследований; оформлять результаты анализа научно-технической информации и исследований.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Управление в экономических системах» относится к части Блока 1 «Дисциплины (модули)», формируемой участниками образовательных отношений, входит в модуль «Математические методы в экономике».

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Седьмой семестр, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей», «Случайные процессы», «Макроэкономика», «Теория оптимального управления».

6. Язык реализации

Русский.

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 16 ч.

– практические занятия: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Историческая справка. Определение и классификация экономических систем. Экономика как динамическая система управления. Особенности задач управления экономикой как задач оптимального управления на конечном интервале времени.

Тема 2. Некоторые сведения из макроэкономики и теории оптимального управления

Определение, классификация и свойства производственных функций (ПФ); основные макроэкономические характеристики экономического процесса. Общая задача оптимального управления; классификация задач оптимального управления; необходимые и достаточные условия оптимальности; методы решения задач оптимального управления. Неоклассические свойства производственной функции Кобба–Дугласа. Основные макроэкономические характеристики в случае производственной функции Кобба–Дугласа.

Тема 3. Метод максимума Понтрягина как метод решения задач управления экономикой

Метод максимума Понтрягина: основные понятия и алгоритм работы метода. Решение типовых задач методом максимума Понтрягина. Управление односекторной экономикой на конечном интервале времени как задача Рамсея. Постановка задачи. Решение задачи: синтез оптимальных управлений. Анализ и построение фазовых траекторий. Нахождение экстремальных управлений, экстремальных траекторий и их экономическая интерпретация. Магистральная теорема. Задача Рамсея: движение по фазовым траекториям. Обобщение задачи Рамсея на случай экспоненциального роста трудовых ресурсов. Магистральная теорема в задаче Рамсея в случае производственной функции Кобба–Дугласа. Задача Рамсея с учетом трудосберегающего НТП: экономический рост; золотое правило накопления; оценка темпов роста при переходе к устойчивому состоянию; абсолютная и относительная конвергенция. Задача Рамсея: расчет источников экономического роста с помощью производственной функции с постоянной отдачей от масштаба.

Тема 4. Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач

Метод Беллмана: основные понятия. Алгоритм работы метода. Рассмотрение экономических задач как задач оптимального управления многошаговыми процессами с аддитивной целевой функцией. Метод Беллмана для непрерывных процессов: постановка и решение задачи, линейной по управлению. Постановка и решение задачи оптимального распределения инвестиций между предприятиями при известном начальном значении объема инвестиций. Постановка и решение задачи оптимального распределения инвестиций между предприятиями по максимуму нормы прибыли. Постановка и решение задачи об оптимальной загрузке транспортного средства. Постановка задачи об оптимальном распределении ресурсов. Постановка и решение задачи об оптимальном графике замены оборудования на предприятии. Управляемые марковские процессы с

доходами. Достаточные условия оптимальности для непрерывных процессов. Метод Гамильтона–Якоби–Беллмана для непрерывных процессов (управление и алгоритм работы метода).

Тема 5. Сравнительный анализ методов максимума Понтрягина и Беллмана

Экономическая интерпретация, особенности и условия применимости метода максимума Понтрягина и метода Беллмана.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, опросов по лекционному материалу, проверки выполнения домашних заданий, защиты проектных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль успеваемости в течение семестра разделен на три блока: 1) два письменных опроса и 3 контрольные работы; 2) защита проекта; 3) выполнение домашних работ. Результат работы студента в семестре учитывается при формировании экзаменационной оценки. В таблице ниже приведена шкала оценивания каждого блока.

Оценка за блок в семестре	Количество баллов		
	Блок 1	Блок 2	Блок 3
«отлично»	13–15	7–8	9
«хорошо»	11–12	5–6	8
«удовлетворительно»	9–10	4	7
«неудовлетворительно»	0–8	0–3	0–6

Вопросы к письменному опросу по разделу «Метод максимума Понтрягина как метод решения задач управления экономикой»

1. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления с закрепленным левым концом и фиксированным временем управления и выпишите для нее принцип максимума Понтрягина. Дайте экономическую интерпретацию сопряженной переменной.

2. Запишите задачу Рамсея с учетом влияния трудосберегающего НТП в терминах фондовооруженности. Прокомментируйте, как влияют темп роста населения и темп роста НТП на темп роста следующих показателей: 1) капиталовооруженность работника с постоянной эффективностью, 2) капиталовооруженность работника, 3) общий запас капитала, 4) производительность труда одного работника с постоянной эффективностью, 5) производительность труда одного работника, 6) общий выпуск, – в устойчивом состоянии экономики.

3. Сформулируйте золотое правило накопления в задаче Рамсея с учетом трудосберегающего НТП.

4. Запишите соотношение, с помощью которого можно оценить вклад НТП в экономический рост, используя производственную функцию с постоянной отдачей от масштаба. Можно ли утверждать, что «изменения в уровне технологических знаний приводят к одинаковому увеличению предельных производительностей труда и капитала и поэтому часто интерпретируются как повышение совокупной производительности факторов производства»?

5. От каких параметров зависят темпы роста капиталовооруженности и производительности труда при переходе к устойчивому состоянию? Запишите соотношение, определяющее зависимость темпов роста производительности труда от изменения капиталовооруженности.

6. Дайте определение абсолютной и относительной конвергенции. Запишите соотношение, которое позволяет оценить скорость конвергенции к устойчивому состоянию.

Вопросы к письменному опросу по разделу «Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач».

1. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления многошаговым процессом с фиксированным временем управления и аддитивной целевой функцией и выпишите для нее метод Беллмана.

2. Сформулируйте в общей форме задачу оптимального управления непрерывным процессом. Запишите алгоритм решения поставленной задачи методом Гамильтона–Якоби–Беллмана. Отметьте допущения и условия применимости метода.

Типовая задача на контрольной работе по разделу «Метод Беллмана (метод динамического программирования) как метод решения экономических задач»

1. В производственное объединение входят три предприятия Π_1, Π_2, Π_3 . Руководство объединения готово инвестировать в свои предприятия от 4 до 6 усл. ден. ед. в общей сумме. Проведенные маркетинговые исследования прогнозируют величину ожидаемой прибыли каждого из предприятий в зависимости от объема инвестированных средств (см. таблицу).

Найти: 1) такое распределение инвестиций между предприятиями и оптимальный объем инвестирования, которые обеспечили бы максимальную норму прибыли, под которой понимается отношение ожидаемой прибыли к объему инвестированных средств; 2) такое распределение инвестиций между предприятиями и оптимальный объем инвестирования, которые обеспечили бы максимальную норму прибыли, причем предприятию Π_3 должно быть выделено не менее 2 усл. ден. ед. инвестиций.

Объем инвестиций						
0	1	2	3	4	5	6
Ожидаемая прибыль предприятий, $\Pi_1 / \Pi_2 / \Pi_3$.						
-1/2/2	9/12/7	24/27/18	35/30/33	46/43/45	60/58/59	63/61/69

2. Задача № 2.

.....

n. Задача № n.

Типовое задание для выполнения проекта в малых группах по разделу «Сравнительный анализ методов максимума Понтрягина и Беллмана»

1. Рассматривается однопродуктовая экономика, для которой в каждый момент времени $t \in [0; T]$ балансовое соотношение имеет вид $X(t) = aX(t) + Y(t)$, где $0 < a < 1$ – норма производственного потребления; $X(t)$ – объем валового продукта; $Y(t)$ – объем конечного продукта, идущего на непроизводственное потребление $C(t)$ и инвестиции $I(t)$, то есть $Y(t) = I(t) + C(t)$. Капитальные вложения $I(t)$ расходуются на прирост основных фондов $K(t)$ и их восстановление за счет амортизационных отчислений. Размеры конечного продукта определяются производственной функцией Кобба–Дугласа вида $F(K(t), L(t)) = A \cdot e^{\rho t} \cdot K^\alpha(t) \cdot L^{1-\alpha}(t)$.

Найти: 1) аналитический вид оптимального процесса управления $(\dot{k}(t), \dot{h}(t))$, где $\dot{k}(t)$ – оптимальная (магистральная) траектория фондовооруженности, $\dot{h}(t)$ – оптимальная норма потребления; 2) аналитический вид траектории $\dot{k}(t)$ с учетом ограничений: $k(0) = k_0$, $k(T) = k_T$, $h_0 \leq h(t) \leq h_1$, – а также момент t^* выхода экономики на магистраль в этом случае (подсказка: необходимо построить область, ограниченную траекториями при минимальном и максимальном значениях управления); 3) решить задачу, используя статистические данные (см. таблицу)

Год	Конечный продукт $Y(t)$, млрд. руб.	Основные фонды $K(t)$, млрд. руб.	Трудовые ресурсы $L(t)$, млн. чел.	Реальная фондовооруженность $k(t)$, тыс. руб. / чел.	Оптимальная фондовооруженность $\dot{k}(t)$, тыс. руб. / чел.
1	2	3	4	5	6

1947	280,2	204,2	109,3		
1948	293,8	212,9	110,0		
1949	292,8	196,2	109,1		
1950	322,9	227,4	111,3		
1951	343,9	239,4	113,9		
1952	352,3	244,3	113,8		
1953	369,8	264,9	114,9		
1954	364,9	248,1	110,8		
1955	395,5	282,2	114,8		
1956	402,8	295,2	116,5		
1957	408,5	298,2	114,3		
1958	403,2	269,5	111,1		
1959	431,1	300,4	113,7		
1960	441,7	303,9	114,1		
1961	449,5	302,7	113,8		
1962	479,5	317,0	115,5		
1963	499,3	329,6	117,5		
1964	522,1	351,7	119,3		
1965	569,9	388,2	122,2		
1966	599,6	441,2	124,0		
1967	612,7	447,4	123,6		
1968	643,4	472,9	125,2		

Известно, что ПФ имеет вид $F(K(t),L(t)) = 2,189 \cdot e^{0,0239} \cdot K^{0,249}(t) \cdot L^{0,751}(t)$, капитал рассчитан на 13 лет, коэффициент дисконтирования $\delta = 0,10$, границы управления $h_0 = 0,5$, $h_1 = 1$.

4) на основе данных таблицы и пункта 3) заполнить столбцы 5 и 6, записать уравнение реальной фондовооруженности, после чего построить в одной плоскости графики реальной фондовооруженности, оптимальной фондовооруженности и оптимальной фондовооруженности с учетом ограничений; 5) проанализировать результаты предыдущих пунктов, ответить на вопросы: а) совпадают ли темпы роста реальной и оптимальной фондовооруженностей?; б) при каком значении коэффициента дисконтирования из массива $\delta = [0 \ 5 \ 10 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30]$, коэффициент дисконтирования приведен в процентах, оптимальная траектория ближе всего к реальному процессу фондовооруженности?

2. ...

3. ...

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос: ответ на вопрос оценивается по системе от 0 до 3 баллов.

3 балла: полно раскрыто содержание материала вопроса; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности; специальные термины используются правильно; определения и формулы приведены верно; допущены одна–две неточности при освещении вопросов, которые исправляются по замечанию преподавателя.

2 балла: вопрос изложен систематизировано и последовательно; формулы приведены верно; продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа, или допущены один–два недочета при освещении содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя.

1 балл: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий и легко устранимые недочеты в записи формул, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.

0 баллов: полностью отсутствует ответ; не раскрыто основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части вопроса; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии и записи формул, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

Критерии оценки решения задачи: решение каждой задачи оценивается по системе от 0 до 3 баллов.

3 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; получен полный и правильный ответ; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

2 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; большая часть задачи решена; не рассмотрены все возможные решения; ответ записан правильно, но не является полным; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

1 балл: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

0 баллов: ответ отсутствует полностью; не записана или записана с ошибками задача оптимального управления; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

Критерии оценки защиты проекта: защита проекта оценивается по системе от 0 до 8 баллов по следующим позициям:

1) правильное и полное решение задачи: верно записана задача оптимального управления; верно выбран метод решения, аргументированно обоснован выбор метода; указанный метод решения задачи использован верно; получен полный и правильный ответ – 3 балла;

2) анализ практической значимости использованного теоретического материала и результатов, полнота раскрытия темы – 1 балл;

3) четкость доклада, логичность, связность, доказательность представленных результатов – 1 балл;

4) владение вниманием аудитории, умение преподнести себя, языковая грамотность, включенность всех членов группы в защиту проекта – 2 балла;

5) качество ответов на вопросы – 1 балл.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Итоговая экзаменационная оценка формируется на основе балльно-рейтинговой системы, исходя из результатов работы студента в семестре и ответа на экзаменационный билет. В течение семестра студенту выставляется оценка за каждый из трех блоков заданий текущего контроля. При этом если по одному из блоков в семестре получена оценка «неудовлетворительно», то экзаменационная оценка не может быть выше, чем «хорошо»; если по двум из блоков получены оценки «неудовлетворительно», то экзаменационная оценка не может быть выше, чем «удовлетворительно». Если по трем блокам получена оценка «неудовлетворительно», студент не допускается к письменному экзамену и ему выставляется итоговая оценка «неудовлетворительно» (если студент в сумме по этим трем блокам набрал менее 8 баллов), или студент допускается к экзамену

(если студент в сумме по этим трем блокам набрал от 8 до 17 баллов), однако в данном случае экзаменационная оценка не может быть выше, чем «удовлетворительно».

Экзамен в седьмом семестре проводится в письменной форме. Экзаменационное задание состоит из одного теоретического вопроса и трех задач. В рамках перечня теоретических вопросов и набора каждого из типов задач задания сопоставимы по сложности и затратам времени на выполнение. Поэтому данные задания не сведены в один экзаменационный билет, а выбираются студентом в случайном порядке по каждой позиции экзаменационного задания. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Первая часть экзаменационного задания содержит теоретический вопрос, проверяющий ИОПК-1.4. Ответ на вопрос дается в развернутой форме.

Вторая часть проверяет ИОПК-2.4, ИПК-1.1, ИПК-1.2 и оформлена в виде практических задач. Ответы на вопросы второй части предполагают решение задач и краткую интерпретацию полученных результатов.

Перечень экзаменационных вопросов (вопрос для проверки уровня «знать»):

1. Задача Рамсея: постановка задачи; класс оптимальных управлений.
2. Задача Рамсея: анализ и построение фазовых траекторий.
3. Задача Рамсея: движение по фазовым траекториям. Магистральная теорема; свойства траекторий фондвооруженности.

4. Задача Рамсея: Золотое правило накопления; обобщение на случай экспоненциального роста трудовых ресурсов; экономический рост на оптимальном решении.

5. Задача оптимального управления в общей форме с закрепленным левым концом и фиксированным временем управления. Принцип максимума Понтрягина, метод Беллмана, метод Гамильтона–Якоби–Беллмана. Экономическая интерпретация сопряженной переменной. Допущения и условия применимости методов.

6. Задача Рамсея с учетом влияния трудосберегающего НТП в терминах фондвооруженности. Влияние темпа роста населения и темпа роста НТП на темп роста следующих показателей: 1) капиталовооруженность работника с постоянной эффективностью, 2) капиталовооруженность работника, 3) общий запас капитала, 4) производительность труда одного работника с постоянной эффективностью, 5) производительность труда одного работника, 6) общий выпуск, – в устойчивом состоянии экономики.

7. Абсолютная и относительная конвергенция: определение, типы. Соотношение, которое позволяет оценить скорость конвергенции к устойчивому состоянию.

Типовая экзаменационная задача № 1 (задача для проверки уровня «уметь», «владеть»)

В стране выпуск описывается ПФ Кобба-Дугласа с постоянной отдачей от масштаба вида $Y = K^{1/3}(LE)^{2/3}$. Население этой страны растет с постоянным темпом 1% в год. Средняя норма выбытия капитала равна 0,05. Темп роста НТП составляет 2% в год. Найдите скорость конвергенции для этой страны. Сколько лет потребуется стране для сокращения вдвое разрыва между первоначальным и устойчивым уровнями капиталовооруженности?

Типовая экзаменационная задача № 2 (задача для проверки уровня «знать», «владеть»)

Найти управляемый процесс, удовлетворяющий необходимым условиям оптимальности. Установить, является ли найденный процесс оптимальным.

$$\frac{dx(t)}{dt} = 3x(t) + 2u(t), \quad x(0) = 0, \quad J = \int_0^4 (2u(t) + u^2(t) - x(t))dt + 2x(4) \rightarrow \min.$$

Типовая экзаменационная задача № 3 (задача для проверки уровня «знать», «уметь», «владеть»)

В производственное объединение входят три предприятия Π_1, Π_2, Π_3 . Руководство объединения решило инвестировать в свои предприятия 6 усл. ден. ед. в общей сумме. Проведенные маркетинговые исследования прогнозируют величину ожидаемой прибыли каждого из предприятий в зависимости от объема инвестированных средств (см. таблицу). Найти такое распределение инвестиций между предприятиями, которое обеспечило бы

максимум суммарной ожидаемой прибыли. Сопоставить полученное оптимальное решение с решениями, предписывающими выделение всего объема инвестиций только одному из предприятий либо распределение инвестиций поровну между всеми предприятиями. Вычислить, сколько процентов прибыли теряется в каждом из этих случаев.

Объем инвестиций						
0	1	2	3	4	5	6
Ожидаемая прибыль предприятий, $\Pi_1 / \Pi_2 / \Pi_3$.						
3/1/1	17/15/12	24/27/30	38/41/43	54/61/56	71/75/74	86/80/81

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Ответ на каждое задание оценивается по системе от 0 до 3 баллов. Экзамен считается состоявшимся, если в ходе экзамена студент набрал от 6 до 12 баллов. Экзаменационная оценка определяется суммой баллов, набранных студентом в течение семестра и в ходе экзамена. В таблице ниже приведена шкала перевода набранных студентом баллов в экзаменационную оценку.

Экзаменационная оценка	Количество баллов
«отлично»	38–44
«хорошо»	33–37
«удовлетворительно»	26–32
«неудовлетворительно»	0–25

Критерии оценки ответа на теоретический вопрос: ответ на вопрос оценивается по системе от 0 до 3 баллов.

3 балла: полно раскрыто содержание материала вопроса; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности; специальные термины используются правильно; определения и формулы приведены верно; допущены одна–две неточности при освещении вопросов, которые исправляются по замечанию преподавателя.

2 балла: вопрос изложен систематизировано и последовательно; формулы приведены верно; продемонстрировано умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; в изложении допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа, или допущены один–два недочета при освещении содержания ответа, исправленные по замечанию преподавателя.

1 балл: неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; допущены ошибки в определении понятий и легко устранимые недочеты в записи формул, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов.

0 баллов: полностью отсутствует ответ; не раскрыто основное содержание вопроса; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части вопроса; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии и записи формул, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.

Критерии оценки решения задачи: решение каждой задачи оценивается по системе от 0 до 3 баллов.

3 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; получен полный и

правильный ответ; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

2 балла: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; верно указан и использован метод решения задачи; большая часть задачи решена; не рассмотрены все возможные решения; ответ записан правильно, но не является полным; при записи ответа допущена неточность, которая исправляется по замечанию преподавателя.

1 балл: верно записана задача оптимального управления приведенной в задаче экономической системой или допущены некоторые неточности в записи задачи оптимального управления, которые не повлияли на ее решение или были устранены в ходе решения; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

0 баллов: ответ отсутствует полностью; не записана или записана с ошибками задача оптимального управления; допущены ошибки при использовании выбранного метода решения задачи; ответ не получен или получен неверный.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=13131>.

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (Приложение 1).

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Лежнёв А.В. Динамическое программирование в экономических задачах: учебное пособие / А.В. Лежнёв. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 179 с.

– Параев Ю.И. Теория оптимального управления: учебное пособие / Ю.И. Параев. – Saarbrücken : Palmarium Academic Publishing, 2013. – 206 с.

б) дополнительная литература:

– Тарасевич Л.С., Гребенников П.И., Леусский А.И. Макроэкономика: учебник: [для студентов вузов, обучающихся по экономическим специальностям] / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский. – М. : Юрайт [и др.], 2011. – 685 с.

– Власов М.П., Шимко П.Д. Оптимальное управление экономическими системами: учебное пособие / М.П. Власов, П.Д. Шимко. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 310 с.

– Лагоша Б.А., Апалькова Т.Г. Оптимальное управление в экономике: теория и приложения: учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / Б.А. Лагоша, Т.Г. Апалькова. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 224 с.

– Ногин В.Д. Введение в оптимальное управление. Учебно-методическое пособие / В.Д. Ногин. – СПб.: Изд-во «ЮТАС», 2008, 92 с.

– Туманова Е.А., Шагас Н.Л. Макроэкономика : элементы продвинутого подхода : учебник / Е.А. Туманова, Н.Л. Шагас. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 398 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– Управление экономическими системами: электронный научный журнал [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – URL: <http://www.uecs.ru>.

– Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. [Электронный ресурс]. – Электрон. журн. – URL: <http://journals.tsu.ru/informatics/>.

– Акулич, И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 352 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/2027>.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные технические средства (проектор, компьютер и т.д.) требуются для демонстрации материала в рамках изучаемых разделов, проведения защиты проектов в конце семестра.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Данилюк Елена Юрьевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры прикладной математики института прикладной математики и компьютерных наук НИ ТГУ.