

Правительство Российской Федерации

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования**

**Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

**Факультет Компьютерных наук
Базовая кафедра ИСА РАН
«Математические методы системного анализа»**

**Программа дисциплины
ОСНОВЫ И МЕТОДЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА**

Автор программы:

Попков Юрий Соломонович- директор ИСА РАН, член-корр. РАН, профессор, доктор технических наук, зав.кафедрой ММСА (yurpikov@hse.ru)

Одобрена на заседании кафедры

Математические методы системного анализа

Зав. кафедрой Попков Ю.С.

« ___ » _____ 2014 г.

Рекомендована Академическим Советом

Образовательной программы

Руководитель ОП

« ___ » _____ 2014 г.

А.С.Конушин

Москва, 2014

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения подразделения разработчика программы



1. Аннотация

Курс « Основы и методы системного анализа» посвящен изучению многоэлементных динамических систем с дуальными свойствами – детерминированными и стохастическими, которые названы макросистемами. Макросистемная модель оказывается адекватной для исследования реальных объектов в различных научных дисциплинах: экономики, технике, информационных технологиях, демографии и др. Основу теории макросистем составляют обобщенный вариационный принцип и принцип локальных равновесий. Курс состоит из двух частей, первая из которых посвящена равновесным, а вторая неравновесным моделям макросистем. Рассматриваются методы исследования параметрических свойств моделей и вычислительные алгоритмы для их численной реализации. Во второй части курса развиваются методы построения и исследования неравновесных моделей, как динамических систем с энтропийным оператором. Рассмотрены приложения теории макросистем для математического моделирования и исследования процессов в демо-экономических, транспортных и информационных системах, компьютерной томографии и анализе данных.

2. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины в рамках МАГОЛЕГО и устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности..

Программа разработана в соответствии с:

- Образовательным стандартом государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Государственный университет – Высшая школа экономики», в отношении которого установлена категория «Национальный исследовательский университет»;

3. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы и методы системного анализа» являются:

- освоение основных принципов и подходов теории макросистем;
- знакомство, освоение и применение методов теории макросистем для решения задач в экономике, технике, информационных технологиях.

4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

- Знать основные принципы и подходы системного анализа, позволяющие исследовать сложные информационные системы;
- Уметь применять алгоритмы математического программирования и исследования операций для проектирования и расчета сложных систем;

- Владеть навыками применения современного инструментария дисциплины.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС / НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Общенаучная	ОНК-1	Способность к анализу и синтезу на основе системного подхода	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-2	Способность перейти от проблемной ситуации к проблемам, задачам и лежащим в их основе противоречиям	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-3	Способность использовать методы критического анализа, развития научных теорий, опровержения и фальсификации, оценить качество исследований в некоторой предметной области	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-4	Готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы системного анализа и проектирования на основе математического моделирования и исследования операций при работе в области информационной бизнес-аналитики	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-5	Готовность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий аппарат дисциплины	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-6	Способность приобретать новые знания с использованием научной методологии и современных образовательных и информационных технологий	Стандартные (лекционно-семинарские)
Общенаучная	ОНК-7	Способность порождать новые идеи (креативность)	Стандартные (лекционно-семинарские)
Инструментальные	ИК-2	Умение работать на компьютере, навыки использования основных классов прикладного программного обеспечения, работы в компьютерных сетях, составления баз данных	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-1	Способность демонстрации об-	Стандартные (лекцион-

Компетенция	Код по ФГОС / НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
		щенаучных базовых знаний естественных наук, математики и информатики, понимание основных фактов, концепций, принципов теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	но-семинарские)
Профессиональные	ПК-2	Способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности аппарат системного анализа	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-4	способность критически оценивать собственную квалификацию и её востребованность, переосмысливать накопленный практический опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	Стандартные (лекционно-семинарские)
Профессиональные	ПК-8	Способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая разработку математических моделей, алгоритмических и программных решений	Стандартные (лекционно-семинарские)

5. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая учебная дисциплина является дисциплиной в учебной программе подготовки магистров 1 курса

Для освоения дисциплины предполагаются базовые знания по таким разделам математики и информатики, как «Дискретная математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Информатика и программирование», «Алгоритмы и структуры данных» - соответствующие дисциплины входят в программу обучения бакалавра по направлению 010400.62 «Прикладная математика и информатика».

Изучение данной дисциплины базируется на следующих математических дисциплинах предыдущей подготовки:

- Математический анализ;
- Линейная алгебра;

- Дифференциальные уравнения;
- Линейное и нелинейное программирование;
- Теория вероятностей и математическая статистика

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Знаниями основных определений и теорем перечисленных выше разделов;
- Навыками решения типовых задач;
- Умением программировать на каком-либо алгоритмическом языке.

Основные положения дисциплины «Основы теории макросистем и ее приложения» должны быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Математические модели социально-экономических систем;
- Технологические основы разработки и управления интернет-проектами;
- Анализ поведения потребителя в коммерческих информационных сетях.

6. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы		Самостоятельная работа
			Лекции	Сем и практ. занятия	
1	Историческая справка, посвященная становлению научной дисциплины- системный анализ	10	2		10
2	1 раздел	26	7	7	11
3	2 раздел	26	7	7	11
4	3 раздел	26	7	7	11
5	4 раздел	26	7	7	11
	ИТОГО	114	30	30	54

7. Формы контроля знаний студентов

Курс «Основы теории макросистем и ее приложения» читается в 3 и 4 модуле.

Тип контроля	Форма контроля	Параметры	
		1	
Текущий контроль	Домашняя работа Контрольная работа	3,4м	<p>Выдается для выполнения в течении 2 недель</p> <p>Из двух частей (письменная работа)</p> <ul style="list-style-type: none"> • теоретическая часть – письменная работа в аудитории на 80 мин.; • практическая часть – аналитическое и численное решение типовых задач

Итоговый контроль	Экзамен	4 м	Написание эссе, реферата
-------------------	---------	-----	--------------------------

7.1 Критерии оценки знаний, навыков

Для прохождения контроля студент должен, как минимум, продемонстрировать знания основных определений, теорем и алгоритмов; умение решать типовые задачи, разобранные на семинарских занятиях.

Текущий контроль включает работу на семинарах по дисциплине, посещаемость, а также домашнее задание на применение представления полученных знаний. Одно из домашних заданий – подготовка доклада, реферата (презентации) по определенной актуальной проблеме; **заключается в проведении контрольной работы** в конце 3 модуля и включает в себя письменную работу из 2-х частей.

Итоговый контроль проводится в форме письменного экзамена – написание реферата или эссе на темы дисциплины.

Порядок формирования оценок по дисциплине.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

8. Содержание дисциплины

Основная литература :

1. Попков Ю.С. Теория макросистем. Равновесные модели. М., УРСС, второе издание, 2012
2. Попков Ю.С. Макросистемные модели пространственной экономики. М., УРСС, 2007
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика, М., Наука, 1963
4. Вайдлих В. Социодинамика. М., УРСС, 2004

Раздел 1

Историческая справка, посвященная становлению научной дисциплины – системный анализ.

- Дифференциация и интеграция научных дисциплин,
- Примеры интеграционных процессов в науке,
- Определение и цели системного анализа,
- Принцип целостности: индивидуальные и коллективные свойства,
- Системные эффекты.

Феноменологическое определение макросистемы.

- Элементы и пространства состояний,
- Модели поведения элементов: стохастические, целесообразные, хаотические,
- Микро- и макроуровень, структура макросистемы,
- Микро- и макросостояния.

Математическая модель макросистемы

- Множества элементов и состояний, подмножества близких состояний,

- Априорные вероятности,
- Состояния Ферми, парасостояния, Эйнштейна, Больцмана,
- Классификация макросистем.

Раздел 2.

Вероятностные характеристики макросистем.

- Стохастические механизмы распределения элементов по состояниям в подмножествах близких состояний,
- Функции распределения вероятностей макросостояний,
- Энтропии.

Модели стационарных состояний (МСС)

- Обобщенный вариационный принцип, «острота максимума»
- Структура допустимых множеств, множества возможных макросостояний, ресурсные множества,
- Модели стационарных состояний, редукция моделей.
- «Острота» условного максимума энтропии.

Параметрические свойства МСС

- Классификация параметром моделей, внешние параметры,
- Что такое «параметрические свойства»,
- МСС макросистем с полным использованием ресурсов , теоремы о неявных функциях,
- существование, непрерывность, дифференцируемость зависимостей макросостояний от параметров,
- оценки параметрической чувствительности.
- МСС макросистем с неполным использованием ресурсов,
- качественные свойства зависимостей макросостояний от параметров,
- возмущенные задачи математического программирования,
- оценки параметрической чувствительности.

Раздел 3

Вычислительные методы, ориентированные на МСС.

- Классификация вычислительных методов,
- Мультипликативные алгоритмы и их сходимость,
- Исследование мультипликативных алгоритмов для МСС макросистем с линейным потреблением ресурсов,
- Исследование мультипликативных алгоритмов для МСС макросистем с нелинейным потреблением ресурсов,

Динамические модели макросистем

- Проблемы моделирование динамики макросистем, системы с самовоспроизведением

- и распределением ресурсов,
- Структура динамической модели,
- Модели процесса самовоспроизведения,
- Принцип локальных равновесий и модели распределительного процесса,
- Динамические системы с энтропийным оператором.

Исследование динамических моделей

- Классификация моделей,
- Сингулярные точки и их устойчивость в «малом» и в «большом».
- Константа Липшица

Раздел 4

Моделирование и анализ развития демоэкономических систем.

- Система «население» - «экономика»,
- Макросистемные модели пространственной демографии,
- Макросистемные модели пространственной экономики,
- Принципы построения макросистемных моделей демоэкономической системы,
- Методы исследования равновесных и неравновесных состояний,
- Рандомизированные модели демоэкономических систем.

Макросистемные модели равновесных транспортных потоков

- Энтропийные модели корреспонденций ,
- Процедуры наложения корреспонденций на сеть,
- Информационное обеспечение моделей,
- Микродинамические модели транспортных потоков.

Компьютерная томография

- Стохастическая модель томографического исследования и ее параметры,
- Макросистемная модель томографического исследования,
- Статические и динамические процедуры,
- Структуры обратных связей,
- Энтропийный томографический оператор, методы исследования,

9. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

1. Основные понятия и структура макросистемы.
2. Операторы стохастического и детерминированного состояния.
3. Микро- и макросостояния.

4. Модели поведения элементов.
5. Трансформация микросостояний в макросостояния.
6. Феноменология макросистем с неразличимыми элементами.
7. Различимые элементы и состояния.
8. Определения производящих функций. Экспоненциальная производящая функция.
9. Вероятностные характеристики макросистем.
10. Состояния Ферми.
11. Состояния Эйнштейна.
12. Состояния Больцмана
13. Парасостояния.
14. Определения функции распределения вероятностей и энтропии .
15. Функции распределения вероятностей и энтропии для Ферми-макросистемы.
16. Функции распределения вероятностей и энтропии для Эйнштейн-макросистемы.
17. Функции распределения вероятностей и энтропии для Больцман-макросистемы.
18. Функции распределения вероятностей и энтропии для парамакросистемы.
19. Потребление и запасы ресурсов.
20. Классификация макросистем по использованию ресурсов.
21. Вариационный принцип и его обобщения.
22. Модели стационарных состояний
23. Свойства моделей для макросистем с полным использованием ресурсов.
24. Свойства моделей для макросистем с неполным использованием ресурсов.
25. Свойства моделей для макросистем со смешанным использованием ресурсов.
26. Параметризация моделей стационарных состояний.
27. Теоремы о неявных функциях.
28. Параметрические свойства Ферми-макросистем с полным использованием ресурсов.
29. Параметрические свойства Ферми-макросистем с полным использованием ресурсов.
30. Параметрические свойства Ферми-макросистем с неполным использованием ресурсов.
31. Параметрические свойства Эйнштейн-макросистем с полным использованием ресурсов.
32. Параметрические свойства Эйнштейн-макросистем с неполным использованием ресурсов.
33. Параметрические свойства Больцман-макросистем с полным использованием ресурсов.
34. Параметрические свойства Больцман-макросистем с неполным использованием ресурсов.
35. Общая структура численных методов: параллельные и покоординатные схемы, р-активные переменные.
36. Мультипликативные алгоритмы для решения нелинейных уравнений.
37. Теоремы сходимости.
38. Мультипликативные алгоритмы для задач выпуклого программирования.
39. Теоремы сходимости.
40. Принцип локальных равновесий.
41. Структурные свойства модели динамической макросистемы.
42. Энтропийная локально-равновесная модель.
43. Энтропийный оператор. Определение и основные свойства.
44. Константа Липшица энтропийного оператора.
45. Динамическая система с энтропийным оператором.
46. Сингулярные точки и их устойчивость в малом.
47. Устойчивость в большом.
48. Демозкономика. Структура модели.
49. Энтропийная модель динамики населения.
50. Динамическая макроэкономическая модель.

51. Модель взаимодействия.
52. Вероятностная демоэкономическая модель. Структура.
53. Информационное и программное обеспечение.
54. Энтропийная модель распределения транспортных потоков.
55. Энтропийное восстановление плоских изображений.

9.2 Примеры домашних заданий

- подготовка реферата-обзора по методам макросистемного моделирования;
- исследование параметрических свойств моделей стационарных состояний;
- сравнение мультипликативного алгоритма и алгоритмам балансировки для простой транспортной задачи.

9.3 Примеры вопросов в контрольной работе

- понятия о микро и макросостоянии;
- модель стационарных состояний;
- принцип локальных равновесий.

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

- [1] **Системный анализ и принятие решений.** М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
- [2] **Соколов А.В. Методы оптимальных решений.** Т.1 / А.В. Соколов, В.В. Токарев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010.
- [3] Попков Ю.С. Теория макросистем, М. УРСС, 245с. 2013
Попков Ю.С. Демоэкономика.Макросистемный подход, М, УРСС, 520с.2013
Вайдлих В. Социодинамика.М, УРСС, 365с. 2002

Дополнительная литература

- [4] **Афанасьев М.Ю. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения** / М.Ю. Афанасьев, Б.П. Суворов. – М.: Инфра-М, 2003.
- [5] **Карманов В.Г. Моделирование в исследовании операций** / В.Г.Карманов, В.В.Федоров. – М. : Твема, 1996.
- [8] **Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа.** М.: Наука, 1981, 487 с.

10.3 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, во время самостоятельной работы, студент может использовать любую из систем компьютерной алгебры. Примеры расчетов типовых задач приводятся в среде Mathcad.



10.4 Дистанционная поддержка дисциплины

Обеспечивается обменом информацией с преподавателем по электронной почте, голосовым общением с помощью интернет-телефонии и доступа студентов в соответствующие разделы LMS, где приводятся все методические материалы по дисциплине.