



### Учебный план образовательной программы аспирантуры

2016/2017 учебный год - 2019/2020 учебный год

Направление подготовки : 09.06.01-Информатика и вычислительная техника

Направленность программы: - системный анализ, управление и обработка информации 05.13.01 (4 года)\*

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Текст. обучение	Экз.	Практика и НИР	Гос.экзамен	Каникулы	ВСЕГО																																																																																																																																																																																		
...																																																				38	4	Р			10	52	...																																																				38	4	Р			10	52	...																																																				38	4	Р			10	52	...																																																				34	4	Р	6		10	52
Теор. обучение, распр. практика и НИР																Экзаменационная сессия												Государственная итоговая аттестация												Гос.экзамен				Каникулы				148	16		6	40	156																																																																																																																																																																																						

№ по порядку	Название дисциплины	Распределение по годам					Всего	Виды занятий в часах					Часов за экзамен	
		Экзамены	Занятия	Курсовые проекты	Курсовые работы, рефераты	ЗЕ		Всего	Аудиторные занятия					
									Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары	Самостоятельная работа		
<b>Блок 1 "Дисциплины (модули)"</b>							30	1 080						7236
<b>Базовая часть</b>							9	324	186	62		124	66	72
1	История и философия науки	2				реф.	5	180	94	62		32	50	36
2	Иностранный язык (аспирантура)	1					4	144	92			92	16	36
<b>Вариативная часть</b>							21	756						32
3	Обязательные дисциплины программы						6	216	72	36		36	144	
4	ОД.А.03 "Модели и методы принятия решений"		1				3	108	36	18		18	72	
5	ОД.А.04 "Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации,	2					3	108	36	18		18	72	
Дисциплины по выбору (3 из 4)		3					15	540	216	108		108	324	
8	ОД.А.05 "Конечномерное оптимизационное моделирование"	3					5	180	72	36		36	108	
9	ОД.А.05. "Высокопроизводительные вычисления"	3					5	180	72	36		36	108	
10	ОД.А.05 "Теория экстремальных задач"	3					5	180	72	36		36	108	
	ОД.А.05. Геоинформационный анализ пространственно-временных данных	3					5	180	72	36		36	108	
	ОД.А.05. Методология научных исследований	3					5	180	72	36		36	108	
11.1	ОД.А.05 "Выпуклая оптимизация"	3					5	180	72	36		36	108	
<b>Практика и научные исследования</b>							201	7236						7236
<b>Блок 2 "Практика"</b>							6	216						216
<b>Вариативная часть</b>														
	Педагогическая практика		4				3	216						216
	Научно-исследовательская практика		4				3							
<b>Блок 3 "Научные исследования"</b>							195	7020						
<b>Вариативная часть</b>														
	Научные исследования		1, 2, 3, 4				53, 52, 45, 45	7020						7020
<b>Блок 4 "Государственная итоговая аттестация"</b>							9	324						324
<b>Базовая часть</b>														
	Оформление и представление выпускной научно-квалификационной работы						9	324						324
<b>Итого</b>							240	8 640						

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института проблем передачи информации им.А.А.Харкевича (ИППИ РАН)**



### Учебный план образовательной программы аспирантуры

2017/2018 учебный год - 2020/2021 учебный год

Направление подготовки : 09.06.01-Информатика и вычислительная техника

Направленность программы: Системный анализ, управление и обработка информации- 05.13.01 (4 года)

Исследователь, Преподаватель-исследователь  
Квалификация:

Форма обучения: очная

Срок обучения: 4 года

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	Теоретич. обучение	Экз	Практика и НИР	Госэкзамен	Каникулы	ВСЕГО	
																																																										Теор. обучение, распр. практика и НИР
																																																				38	4	Р			10	52
																																																				38	4	Р			10	52
																																																				38	4	Р			10	52
																																																				34	4	Р	6	10	52	52
																																																				148	16		6	40	156	156

№ по порядку	Название дисциплины	Распределение по годам					3Э	Всего	Виды занятий в часах					Часов за экзамен	
		Экзамены	Зачеты	Курсовые проекты	Курсовые работы, рефераты	3Э			Всего	Аудиторные занятия					Самостоятельная работа
										Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, семинары	Самостоятельная работа		
<b>Блок 1 "Дисциплины (модули)"</b>						30	1 080								
<b>Базовая часть</b>						9	324	186	62		124	66	72		
1	История и философия науки	2				реф.	5	180	94	62		32	50	36	
2	Иностраный язык (аспирантура)	1					4	144	92			92	16	36	
<b>Вариативная часть</b>						21	756							32	
3	Обязательные дисциплины программы					6	216	72	36		36		144		
4	ОД.А.03 "Модели и методы принятия решений"		1				3	108	36	18		18	72		
5	ОД.А.04 "Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации,	2					3	108	36	18		18	72		
Дисциплины по выбору (3 из 4)		3					15	540	216	108		108	324		
8	ОД.А.05 "Конечномерное оптимизационное моделирование"	3					5	180	72	36		36	108		
9	ОД.А.05. "Высокопроизводительные вычисления"	3					5	180	72	36		36	108		
10	ОД.А.05 "Теория экстремальных задач"	3					5	180	72	36		36	108		
	ОД.А.05. Геоинформационный анализ пространственно-временных данных	3					5	180	72	36		36	108		
	ОД.А.05. Методология научных исследований	3					5	180	72	36		36	108		
11.1	ОД.А.05 "Выпуклая оптимизация"	3					5	180	72	36		36	108		
Практика и научные исследования						201	7236						7236		
<b>Блок 2 "Практика"</b>						6	216						216		
<b>Вариативная часть</b>															
	Педагогическая практика		4				3	216					216		
	Научно-исследовательская практика		4				3								
<b>Блок 3 "Научные исследования"</b>						195	7020								
<b>Вариативная часть</b>															
	Научные исследования		1, 2, 3, 4				53, 52, 45, 45	7020					7020		
<b>Блок 4 "Государственная итоговая аттестация"</b>						9	324						324		
<b>Базовая часть</b>															
	Оформление и представление выпускной научно-квалификационной работы						9	324					324		
<b>Итого</b>						240	8 640								



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04 «Методология научных исследований»  
Специальность 01.01.02 – дифференциальные уравнения,  
динамические системы и оптимальное управление»  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04 «Методология научных исследований»  
Специальность 01.01.02 – дифференциальные уравнения,  
динамические системы и оптимальное управление»  
аспирантура

Разработчик программы: д.ф.-м. н. А.М. Красносельский

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019г.

Председатель УС

В.И.Венец (подпись)



Москва, 2019 г.



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.04 «Методология научных исследований» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов для направлений подготовки 01.06.01;09.06.01, 11.06.01,02.06.01.

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО для направлений подготовки 01.06.01;09.06.01, 11.06.01,02.06.01.  
Учебным планом института по образовательной программе для направлений подготовки 01.06.01;09.06.01, 11.06.01,02.06.01.

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

«Методология научных исследований» относится к числу дисциплин, знакомство с которыми обобщает и упорядочивает знания аспиранта в своей специальности, расширяет его кругозор, позволяет ему как бы «подняться» над своей наукой и посмотреть на неё со стороны, позволяет проследить методологию математики, сравнить «математический метод» с методами других наук (в том числе физики, философии и др.) и, вместе с тем, различные методы внутри самой математики (в её истории).

Основная цель курса, таким образом, и состоит в указанном знакомстве, что, ввиду необозримости всей математики и, тем более, её истории, по необходимости заставляет ограничиться рядом примеров, выбор которых, разумеется, может отличаться от того, который представлен ниже в программе курса. Однако хотя бы общий беглый обзор истории математики также составляет одну из задач дисциплины, вместе с достаточно подробным и относительно неспешным разбором каждого из избранных для изучения примеров.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 час.).

### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных			Сам. работа		
				Лекц.	Лаб.	Прак.			КСР
1.	Методология научных исследований	180	90	90				90	экзамен

### 2.2. Содержание курса:



1. Что такое история и история математики, в частности? Их необозримость. Общие принципы исследования математических открытий прошлого. Историческое свидетельство. Историк прошлого и историк настоящего. Возможность истории современной математики.
2. Необходимость истории математики. Отличие истории математики от просто истории. История математики как наука с различных точек зрения на понятие науки.
3. Что такое методология? Методология математики в прошлом и настоящем.
4. Догреческая математика. Факты и домыслы. Эмпирические знания и доказательство. Математика Древней Эллады. История первых теорем. Фалес, Архимед и другие. Евклид как ученый, собиратель и компилятор. Его труд «Начала». Первые шаги логики. Софисты, Аристотель и современная логика. Математика как наука в древнем мире. Её содержание, цели и место в ряду наук с точки зрения древних. Европейская математика в Средние века. Арабская математика. Математика Эпохи Возрождения и Нового времени. Декарт, Ньютон, Лейбниц и другие. Их взгляд на содержание и сущность математики. Развитие математики в XVIII столетии. Эйлер, Лагранж и другие. Математика XIX столетия. Гаусс, Галуа, Лобачевский и другие. Математика на рубеже веков. Новые задачи и новые цели. Теория множеств, логика, теория групп и алгебра, новые взгляды на геометрию и анализ. Проблемы Гильберта. Математическое сообщество тех лет. Математика начала XX века, её бурное развитие. Успехи логики. Проблемы оснований математики и теории множеств. Математика середины XX века (до 70-х годов). Теория вероятностей, топология, алгебраическая геометрия и другие области.
5. Спад или накопление сил? (О математике конца XX века и современной.) Математика в России. От «Арифметики» Магницкого до «дела Лузина». «Начала» Евклида, 5-й постулат, попытки его доказательства. Труды Саккери, Ламберта и Лагранжа. Труды Лобачевского, их сходство и принципиальное отличие от трудов его предшественников: попытки рассуждений от противного, утверждение о существовании «воображаемой» геометрии, решение с её помощью некоторых задач анализа. Краткий очерк геометрии Лобачевского (повторяющий путь самого Лобачевского). Труды Яноша Больяи и Гаусса. Дальнейшая история неевклидовых геометрий. Труды Ф.Клейна и других. Современные подходы к построению геометрии Лобачевского.
6. Решение квадратных уравнений, уравнений третьей и четвертой степени. Попытки построения общей формулы решения уравнения 5-й степени. Абель и Галуа, история их открытий. Перестановки, римановы поверхности и группы. Полное решение задачи. Значение открытий Абеля и Галуа для дальнейшего развития математики.
7. Краткий очерк истории открытия и оснований математического анализа. Очерк истории построения действительного числа. Различные взгляды на понятие действительного числа. Дедекинд, Пеано и другие.
8. Кантор и его теория множеств. Парадоксы, парадокс Рассела. Г.Фреге. Лейбниц, Гильберт и программа основания математики. Открытия логики XX-го столетия (теоремы Гёделя и др.) Аксиоматические системы теории множеств. Континуум-гипотеза. Проблемы оснований математики. Попытки разрешения этих проблем. Конструктивизм и традиционная теоретико-множественная математика.

### 3. Образовательные технологии

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

**4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**



Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

- Университетская библиотека онлайн <http://www.biblioclub.ru>
3. Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <http://rucont.ru>
  4. IQlib <http://www.iqlib.ru>
  5. НЭБ Elibrary <http://elibrary.ru>
  6. Science Direct <http://www.sciencedirect.com>
  7. EBSCO <http://search.ebscohost.com>, Academic Search Premier
  8. Oxford University Press <http://www3.oup.co.uk/jnls>
  9. Sage Publications <http://online.sagepub.com>
  10. Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>
  11. Tailor & Francis <http://www.informaworld.com>
  12. Web of Science <http://www.isiknowledge.com>
  13. Университетская информационная система РОССИЯ. <http://www.cir.ru/index.jsp>

Автор: д.ф.-м.н. А.М.Красносельский



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Выпуклая оптимизация»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Выпуклая оптимизация»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18

аспирантура

Разработчик программы: Ю.В.Дорн

Одобрена на заседании УС  
«03» *сентября* 2019г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Теория экстремальных задач»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09; 05.13.01; 05.13.18  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

**ОД.А.05 «Теория экстремальных задач»**  
Специальности 01.01.02 01.01.02; 01.01.09; 05.13.01; 05.13.18

аспирантура

Разработчик программы: д.ф.-м. н. А.М. Красносельский

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019 г.

Председатель УС

В.И. Венец (подпись)



Москва, 2019 г.





## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «Теория экстремальных задач» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов для специальности 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18 .

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 01.06.01 «Математика и механика» для специальности 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 01.01.02; 01.01.09;05.13.01;05.13.18

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью курса является выработка у учащихся навыков формулировки и постановки различных классов экстремальных задач. Осознание важности выбора различных критериев оптимальности. Обучение учащихся различным современным методам исследования экстремальных задач и задач оптимального управления. Освоение соответствующего математического аппарата.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 час.).

### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Методология научных исследований	180	45			45		90	экзамен

### 2.2. Содержание курса:

#### Темы лекций

Лекции 1–2. Как формализуются экстремальные задачи?

Лекции 3–4. Правило множителей Лагранжа

Лекции 5–6. Математический аппарат

Лекции 7–8. Принцип Лагранжа

Лекции 9–10. Условия 2-го порядка

Лекции 11–12. Анормальные задачи

Лекции 13–14. Классические задачи оптимального управления

Лекции 15–16. Задачи со смешанными ограничениями

Лекции 17–18. Метод динамического программирования



Лекции 19–20. Задача управляемости

### **Темы семинарских занятий**

- Занятия 1–2. Как формализуются экстремальные задачи?
- Занятия 3–4. Правило множителей Лагранжа
- Занятия 5–6. Математический аппарат
- Занятия 7–8. Принцип Лагранжа
- Занятия 9–10. Условия 2-го порядка
- Занятия 11–12. Анормальные задачи
- Занятия 13–14. Классические задачи оптимального управления
- Занятия 15–16. Задачи со смешанными ограничениями
- Занятия 17–18. Метод динамического программирования
- Занятия 19–20. Задача управляемости

### **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

- Университетская библиотека онлайн <http://www.biblioclub.ru>
- 3. Национальный цифровой ресурс "РУКОНТ" <http://rucont.ru>
- 4. IQlib <http://www.iqlib.ru>
- 5. НЭБ Elibrary <http://elibrary.ru>
- 6. Science Direct <http://www.sciencedirect.com>
- 7. EBSCO <http://search.ebscohost.com>, Academic Search Premier
- 8. Oxford University Press <http://www3.oup.co.uk/jnls>
- 9. Sage Publications <http://online.sagepub.com>
- 10. Springer/Kluwer <http://www.springerlink.com>



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Теория экстремальных задач»  
Специальность 01.01.02; 01.01.09; 05.13.01; 05.13.18  
аспирантура

11. Tailor & Francis <http://www.informaworld.com>
12. Web of Science <http://www.isiknowledge.com>
13. Университетская информационная система РОССИЯ. <http://www.cir.ru/index.jsp>

Автор: д.ф.-м.н. А.М.Красносельский



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Теория помехоустойчивого кодирования (по выбору)»  
Специальность 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика  
подготовки аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Теория помехоустойчивого кодирования»

Специальность 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика и специальности  
05.13.17-теоретические основы информатики  
подготовки аспирантура

Разработчик программы:

Доцент, д.т.н. К. Ш. Зигангиров,  
д.ф.-м.н., профессор Г. А. Кабатянский

Одобрена на заседании УС  
«03» *сентября* 2018 г.

Председатель УС  
В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2018 г



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «Теория помехоустойчивого кодирования» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов для специальности 01.01.09 – Дискретная математика и математическая кибернетика и специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики.

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 02.06.01 «Компьютерные и информационные науки» для специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика и по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» для специальности 05.13.17 теоретические основы информатики
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика и специальности 05.13.17-теоретические основы информатики

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Фундаментальная подготовка слушателей в области теории информации и теории кодирования, построение навыков применения теории информации и теории кодирования при конструировании и исследовании телекоммуникационных сетей и систем, оказание консультаций слушателям в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований телекоммуникационных сетей и систем.

### 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 час.).

#### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Теория помехоустойчивого кодирования	180	90	90				90	Кандидатский экзамен

#### 2.2. Содержание дисциплины

1. Введение. Передача данных. Передача данных и хранение информации. Методы модуляций. Каналы связи. Модели каналов. Прием сигналов. Обнаружение сигналов.



2. Элементы теории информации и кодирование дискретных источников сообщений. Основные определения и соотношения теории информации. Метод типов. Кодирование дискретных источников сообщений. Универсальное кодирование.
3. Общая теория блочных кодов. Блочные коды - основные характеристики. Линейные коды, двойственность. Коды Хэмминга и симплекс-коды. Метод случайного кодирования и пропускная способность канала. Задачи сложности в теории кодирования.
4. Конструкции семейств блочных кодов. Коды Рида-Соломона и коды БЧХ как их подкоды. Алгоритмы декодирования (списочного) кодов Рида-Соломона. Полиномы Жегалкина и коды Рида-Маллера, их декодирование. Коды Гоппы и введение в алгебро-геометрические коды. Каскадные конструкции.
5. Коды на графах. Коды на графах и вычислительное дерево. Блочные коды с малой плотностью проверок (КМПП) на четность. Характеристики блочных КМПП. Алгоритмы итеративного декодирования блочных КМПП. Методы анализа блочных КМПП. Пороги. Обобщенные блочные КМПП. Коды на экспандерах(расширителях)
6. Общая теория сверточных кодов. Сверточные коды - основные определения и характеристики. Методы декодирования сверточных кодов. Апостериорно-вероятностное декодирование сверточных кодов. Конструкции турбо кодов. Итеративное декодирование турбо кодов. Многоуровневые турбо коды.
7. Сверточные КМПП. Построение сверточных КМПП. Сверточные перемежители. Конвейерное декодирование сверточных КМПП. Анализ порогов сверточных КМПП. Другие итеративно декодируемые сверточные КМПП.
8. Другие приложения кодов. Коды, дискретная геометрия и сигналы. Коды и защита информации(розшифровка cryptography). Коды для каналов с множественным доступом и задачи поиска.

### ***Контрольные вопросы***

1. Перечислите основные методы кодирования, практически используемые в современных телекоммуникационных сетях и системах.
2. По какому критерию выбираются в настоящее время помехоустойчивые коды и методы их декодирования при построении систем передачи данных?
3. На чем были сосредоточены усилия ученых, работавших в области теории кодирования в 60-80 гг. прошлого века, и каковы проблемы, решаемые современными исследователями в этой области?
4. Дайте определение сверточного кода. Какие методы декодирования сверточных кодов вы знаете?
5. Как определяется свободное расстояние сверточного кода? Сформулируйте границы для свободного расстояния. От чего они зависят?



6. Какие коды используются в турбо-кодах в качестве компонентных кодов?
7. Какой итеративный алгоритм используется для декодирования компонентных кодов турбо-кодов?
8. Какие два класса блочных кодов с малой плотностью проверок (КМПП) на четность вы знаете?
9. Опишите асимптотические характеристики блочных КМПП кодов при длинах кодов, стремящихся к бесконечности.
10. Какие итеративные алгоритмы декодирования КМПП кодов вы знаете? Сравните их сложности.
11. 11. Опишите алгоритм построения сверточных КМПП кодов.
12. 12. Как ведут себя сверточные КМПП коды когда память кода стремится к бесконечности? В частности, куда стремятся пороги? Сравните их поведение с поведением порогов блочных КМПП кодов.

### **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет. Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### ***Основная литература***

1. Мак-Вильямс Ф.Дж., Слоэн Н.Дж. Теория кодов, исправляющих ошибки. М.: Связь. 1979.
2. Питерсон У., Уэлдон Э. Коды, исправляющие ошибки. М.: Мир. 1976.
3. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролируемых ошибки. М.: Мир. 1986.
4. Влэдуц С.Г., Ногин Д.Ю., Цфасман М.А. Алгеброгеометрические коды. Основные понятия. МЦНМО, 2003.
5. Сагалович КХЛ. Введение в алгебраические коды. М.: Минобразования РФ, Агентство по печати; МФТИ; ИППИ РАН, 2007.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Теория помехоустойчивого кодирования»  
Специальность 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика  
подготовки аспирантура

6. Сидельников В.М. Теория кодирования. М.: Физматлит, 2008.
7. Ромащенко А., Румянцев А., Шень А. Заметки по теории кодирования. МЦНМО, 2011.
8. Johannesson R., Zigangiroy K.Sh. Fundamentals of convolutional coding. IEEE Press. 1999.
9. Д. Кудряшов. Теория информации. Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2018

### **Авторы**

Доцент, д.т.н. К. Ш. Зигангиров, д.ф.-м.н.,  
профессор Г. А. Кабатянский





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.03 «Модели и методы принятия решений»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.03 «Модели и методы принятия решений»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

Разработчик программы: к.т.н. М.Ш. Левин

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2019 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2019 г.



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.03 «Модели и методы принятия решений» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов для специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации».
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

## 1 Цели и задачи освоения дисциплины

Курс предназначен для теоретического и практического освоения различных моделей и методов принятия решений в задачах конфигурации больших систем.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 час.).

### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных			Сам. работа		
				Лекц.	Лаб.	Прак.			КСР
1.	Модели и методы	108	36	36				72	Кандидатский экзамен

### 2.2. Содержание дисциплины

1. Системы. Принципы системного анализа. Модульные системы. Структурные модели (множества, бинарные отношения, графы, включая цепочки, деревья, параллельно-последовательные графы, иерархии). Близость структурных моделей.
2. Модели комбинаторной оптимизации. Задача о рюкзаке. Алгоритмическая сложность. Типы алгоритмов.
3. Многокритериальное принятие решений. Ранжирование альтернатив (multicriteria ranking/sorting problem).
4. Задача блочного рюкзака (multiple choice problem).
5. Задачи о назначениях (базовая задача о назначении, обобщенная задача о назначении). Применение в сетях: подключение пользователей к точкам доступа, размещение аппаратуры, назначение частот. Задачи раскраски графа.
6. Задачи покрывающих деревьев (минимальное покрывающее дерево, дерево Штейнера, покрывающее дерево с максимальным числом висячих вершин).



7. Задачи кластеризации (иерархическая кластеризация, балансная кластеризация, динамическая кластеризация).
8. Комбинаторный синтез на основе клики в многодольном графе. Комбинаторное проектирование конфигураций систем: (1) выбор компонентов системы (блочный рюкзак); (2) выбор компонентов системы с учетом их совместимости (задача морфологической клики).
9. Задача выполнимости (SAT problem)
10. Построение иерархий (включая задачу добавления связей в иерархиях-hotlink assignment problem).
11. Агрегирование структурных моделей (ранжировок, деревьев, иерархических структур/конфигураций).
12. Составные комбинаторные схемы построения конфигураций систем. Построение многоуровневых сетей.
13. Модели комбинаторной оптимизации с оценками в виде мультимножеств (задача о рюкзаке, задача о назначениях, блочный рюкзак, задача упаковки в контейнеры, клика).
14. Комбинаторный синтез с интервальными оценками в виде мультимножеств.
15. Реструктуризация в задачах комбинаторной оптимизации (geoptimization, реструктуризация решений). Реконфигурации систем.
16. Задачи комбинаторного моделирования эволюции модульных систем. Эволюция систем беспроводной связи (1G, 2G, 3G, 4G, 5G, 6G).

### **3. Контрольные вопросы**

1. Методы многокритериального ранжирования (методы свертки, выделение Парето-эффективных альтернатив, метод порогов несравнимости). Примеры сетевых приложений (выбор технологии подключения пользователя к точке доступа, выбор аппаратуры, выбор центра обработки данных).
2. Применение задачи блочного рюкзака для совершенствования/модификации системы связи (сеть в организации, региональная сеть).
3. Подключение пользователей к точкам доступа на основе многокритериальной обобщенной задачи о назначении.
4. Модульное описание коммуникационных протоколов (на примере протокола ZigBee).
5. Модульное описание стандарта передачи мультимедийной информации (MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4).
6. Модульное иерархическое проектирование аппаратуры связи (проектирование беспроводного сенсора, синтез телеметрической системы, синтез программного комплекса для базовой станции).
7. Выбор/синтез системы связи пользователей в сети на уровне «последней мили».
8. Задачи кластеризации, балансной кластеризации сетей связи.
9. Схемы построения многокритериального дерева Штейнера для сети связи.
10. Составные схемы построения многоуровневых сетей связи.
11. Описание комбинаторной эволюции модульных систем и их прогнозирования (на примере систем связи, протоколов связи).
12. Описание направлений совершенствования систем связи поколения 5G.



#### **4. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя,

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет. Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

#### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### *Основная литература*

1. Bockenhauer H.-J., Hromkovic J., Momke T., Widmayer P., On the hardness of reoptimization. LNCS 4910, Springer, 50-65, 2008.
2. Bose P., Kranakis E., Kriznc D., Martin M., Czyzowicz M.V., Pelc A., Gasieniec L., Strategies for hotlink assignment. LNCS 1969, Springer, 23- 34, 2000.
3. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Introduction to Algorithms. 3rd ed., MIT Press and McGraw-Hill, 2009.
4. Fuhrmann S., Krumke S., Multiple hotlink assignment. LNCS 2204, Springer, 189-200, 2001.
5. Garey M.R., Johnson D.S., Computers and Intractability. The Guide to the Theory of NP-Completeness. W.H, Freeman and Company, San Francisco, 1979.
6. Jain A.K., Murty M.N., Flynn P.J., Data clustering: a review. ACM Comput. Surv., 31(3), 264-323, 1992.
7. Johnson D.S., Trick M.A. (Eds.), Cliques, Coloring, and Satisfiability: Second DIMACS Implementation Challenge, Providence, RI, AMS, 1996.
8. Kelleler H., Pferschy U., Pisinger D., Knapsack Problems, Springer, 2004.
9. Levin M.Sh., Towards hierarchical clustering, In: V. Diekert, M. Volkov, A. Voronkov, (Eds.), CSR 2007, LNCS 4649, Springer, 205-215, 2007.
10. Levin M.Sh., Composite Systems Decisions. Springer, 2006.
11. Levin M.Sh., Combinatorial optimization in system configuration design. Autom. and Remote Control, 70(3), 519-561, 2009. Версия на русском: Левин М.Ш., Комбинаторная оптимизация при проектировании конфигураций систем. "Информационные процессы", 8(4), 256-300, 2008.
12. Levin M.Sh., Composite strategy for multicriteria ranking/sorting (methodological issues, examples). Electronic preprint. 24 pp., Nov. 9, 2012, <http://arxiv.org/abs/1211.2245> [math.OC]
13. Levin M.Sh., Modular system design and evaluation. Springer, 2015.
14. Levin M.Sh., Selection of user's connection in last mile problem. IEEE Trans. SMC - Part A, 41(2), 370-374, 2011.



15. Levin M.Sh., Towards combinatorial framework for composite 5G communication challenge system. Electr. preprint, 33p., Jan. 10, 2019. DOI: 10.13140/RG.2.2.10684.49284
16. Martello S., Toth P., Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementation. Wiley, 1990.
17. Mesarovic M.D., Macko D., Takahara Y., Theory of Hierarchical, Multilevel Systems. Academic Press, 1970.
18. M. Mirghorbani, P.A. Krokmal, On finding k-cliques in k-partite graphs. Optimization Letters, 7(6), 1155-1165, Aug. 2013.
19. Oncan T., A survey on the generalized assignment problem. INFOR, 45(3), 123—141, 2007.
20. Pardalos P.M., Wolkowitz H. (eds), Quadratic Assignment and Related problems. AMS, 1994.
21. Tannenbaum A.S., Wetherall D.J., Computer Networks. 5th ed., Pearson, 2010.
22. Zoponidis N., Doumpos M., Multi criteria classification and sorting methods: A literature review. EJOR, 138(2), 229-246, 2002.
23. Губко М.Б., Поиск оптимальных организационных иерархий при однородных функциях затрат менеджеров. Автоматика и телемеханика, 1, 97-113, 2008.
24. Левин М.Ш., Модульное проектирование и улучшение системы управления в умном доме с использованием интервальных оценок в виде мультимножеств. "Информационные процессы", 12(2), 141-154, 2012.
25. Левин М.Ш., Модульный подход к коммуникационному протоколу и стандарту для мультимедийной информации (обзор). "Информационные процессы", 12(2), 141-154, 2012.
26. Левин М.Ш. О комбинаторной кластеризации: обзор литературы, методы, примеры. "Информационные процессы", 15(2), 215-248, 2015.
27. Левин М.Ш. О динамической комбинаторной кластеризации. "Информационные процессы", 16(2), 177-193, 2016.
28. Левин М.Ш. О реконфигурации решений в комбинаторной оптимизации. "Информационные процессы", 16(4), 414-429, 2016.
29. Левин М.Ш. Упаковка в контейнеры (перспективные модели, примеры). "Информационные процессы", 17(1), 43-60, 2017.
30. Левин М.Ш. О балансной кластеризации (индексы, модели, примеры). "Информационные процессы", 17(2), 146-158, 2017.
31. Левин М.Ш. О комбинаторных моделях поколений беспроводных систем связи. "Информационные процессы", 17(3), 172-187, 2017.
32. Левин М.Ш. Балансная кластеризация с деревом над кластерами. "Информационные процессы", 18(4), 424-438, 2018.
33. Левин М.Ш. Технология поддержки решений для модульных систем. 2-я версия, 2018, 351 стр. DOI: 10.13140/RG.2.2.21141.01763 (доступна в системе ResearchGate )  
( 1-я вер.: <http://www.mslevin.iitp.ru/Levin-bk-Nov2013-071.pdf> )
34. Левин М.Ш., Михайлов А.А., Фрагменты технологии стратификации множества объектов. Препринт, ИСА РАН, Москва, 60 С., 1988.
35. Левин М.Ш., Сафонов А.В., Проектирование и перепроектирование конфигурации оборудования в коммуникационной сети. «Информационные технологии и вычислительные системы». Вып. 4, 63-73, 2006.



36. Левин М.Ш., Сафонов А.В., Об улучшении региональной телекоммуникационной сети. "Информационные процессы", 10(3), 212-223, 2010.
37. Левин М.Ш., Замковой А.А., Многокритериальное дерево Штейнера с стоимостью вершин Штейнера. "Информационные процессы", 11(1), 140-160, 2011.
38. Левин М.Ш., Петухов М.В., Подключение пользователей к телекоммуникационной сети (многокритериальная задача о назначении). "Информационные процессы", 9(4), 332-342, 2009.

**Авторы:**

к.т.н. М.Ш. Левин



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04(05) «Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04(05)\* «Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
\*для специальности 05.13.17 –по выбору  
аспирантура

Разработчик программы: К.ф.-м.н. В. В. Волошинов

Одобрена на заседании УС

«01» июня 2016 г.

Председатель УС

В.И.Венец

(подпись)



Москва, 2016



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.04 (05)\* «Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов для специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации и \*для специальности 05.13.17

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации и для специальности 05.13.17.

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель курса** – изложить принципы решения вычислительных задач с учетом особенностей современных технологий построения распределенных вычислительных систем (РВС). Основное внимание уделяется основным подходам к не деталям отдельных технологий, а общим принципам организации вычислений: способам декомпозиции исходной задачи на подзадачи; составления сценария вычислений в РВС; оценки прироста производительности при переходе к распределенному режиму вычислений; основным технологически этапам развертывания программных компонент РВС.

**Основными задачами курса** являются:

1. дать представление о современных тенденциях развития технологий распределенных вычислений с точки зрения решения прикладных задач;
2. привести примеры задач, алгоритмы решения, которых допускают эффективную реализацию в РВС;
3. дать представление о принципах моделирования сценариев распределенных вычислений и основных принципах оценки эффективности и производительности;
4. дать представление о принципах архитектуры и стандартах поддержки распределенных систем на основе объектно-ориентированного промежуточного программного обеспечения (middleware);
5. дать представление о технологическом процессе разработки распределенных систем на примере стандарта (Internet Communication Engine);
6. дать представление об основных принципах защиты данных в РВС на основе современных технологий криптографии.

### 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 час.).





## 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Вычислительные основы специального математического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации	108	36	18		18		72	Кандидатский экзамен

## 2.2. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Основные понятия.

1. Место и роль распределенных вычислений в ИТ.
2. Характерные области применения (варианты использования) РВС.
3. Условная классификация способов применения технологий распределенных вычислений для решения задач (High Performance Computing, High Throughput Computing, Data Intensive Computing, Many Task Computing Distributed Systems).
4. Принципы организации и функционирования РВС.
5. Общие правила взаимодействия элементов РВС.
6. «Типовые элементы РВС, выполненных по существующим стандартам.
7. Характерные этапы жизненного цикла РВС (проектирование, программная реализация, развертывание).

### Раздел 2. Примеры вычислительных задач.

1. Суммирование массива чисел. Схема распараллеливания. Оценки эффективности параллельной реализации.
2. Перемножение массива прямоугольных матриц («расстановка скобок»). Принцип динамического программирования в задаче расстановки скобок. Возможные схемы распараллеливания. Оценки эффективности параллельной реализации.
3. Вычисление обратной матрицы. Возможные схемы распределенного сценария вычислений: LU-разложение; блочная декомбинация (дополнение Шура). Оценки эффективности параллельной реализации.

### Раздел 3. Принципы проектирования и реализации РВС на примере ОО ППО Ice. Жизненный цикл элементов РВС.

1. Понятие вызова удаленных методов (RPC-Remote Procedure Call).
2. Маршalling и демаршalling удаленных вызовов. «Представители» и «каркасы» удаленных объектов. Типичная структура процессов, взаимодействующих в рамках РВС. Синхронные (блокирующие), односторонние и «отложенные» вызовы удаленных объектов.



3. Понятие о ППО как о среде функционирования распределенных систем.
4. ППО, основанное на обмене сообщения – MOM (Message Oriented Middleware).
5. Объектно-ориентированное промежуточное ПО Ice (Internet Communication Engine).
6. «Контактный принцип» проектирования.
7. Основные понятия языка описания интерфейсов Slice.
8. Проектирование интерфейсов на языке Slice.
9. Использование предкомпилятора Ice для отображения интерфейсов в конкретный язык программирования. «Стабы и скелетоны» в Ice.
10. Реализация клиентского и серверного приложений.
11. Преобразование существующего программного ресурса в удаленно доступный сервис на примере системы компьютерной алгебры Maxima.

#### *Раздел 4. Принципы моделирования сценариев вычислений в РВС.*

1. Моделирование сценария в виде графа (операции, зависимости). Понятие расписания выполнения сценария.
2. Сравнение длительности выполнения в РВС с одним процессором, конечным числом процессоров, с неограниченным числом процессоров. Закон Амдала.

#### *Раздел 5. Защита данных в РВС.*

1. Основные проблемы защиты передаваемых данных (конфиденциальность, неизменность, аутентификация).
2. Принципы шифрования на основе закрытого ключа.
3. Принципы систем шифрования с открытым ключом. Алгоритм RSA. Алгоритм Диффи-Хеллмана (протокол обмена секретным ключом).
4. Цифровая подпись и функции хеширования.

#### *Раздел 6. Демонстрационные примеры.*

1. Пример реализации калькулятора на языке Ice. Распределенная система визуализации фрактальных множеств. Пример использования сервиса доступа к системе компьютерной алгебры Maxima.

### **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя,

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды само-



стоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем, Учебное пособие ~ Нижний Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2003. 184 с. (<http://lib.mipt.ru>)
2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие. - М.: Интернет-Университет ИТ; БИНОМ, 2007. — 423 с. (по материалам сайта <http://lib.mipt.ru>)
3. Конструирование распределенных объектов. Методы и средства программирования интероперабельных объектов в архитектурах OMG/CORBA, Microsoft/COM и Java/RMI. Эммерих В., М.: Мир, 2002.-510 с.
4. Проблемы вычислений в распределенной среде: организация вычислений в глобальных сетях. Сборник трудов ИСА РАН, М.: Эдиториал УРСС, 2004.
5. Интернет Университет ИТ, <http://www.intuit.ru>
6. Кормен Т., Лейзерсон Ч, Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е изд. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1296 с. (<http://lib.mipt.ru>)
7. Документация по Ice (Internet, Communication Engine),  
<http://www.zeroc.com/doc/Ice-3.2.1/manual/>,  
<http://www.zeroc.com/download.html#doc>
8. Криптография и защита сетей: принципы и практика. Вильямс Столлинг. -М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. - 672 с.

### Авторы

К.ф.-м.н. В. В. Волошинов



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных»  
Специальность– 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

### **Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных» (по выбору)  
Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специальность 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

аспирантура

Разработчик программы:  
Д.т.н. Гитис В.Г.

Одобрена на заседании УС  
«01» *июня* 2016 г.

Председатель УС  
В.И.Венец (подпись)



Москва, 2016 г



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных» (по выбору) предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов, обучающихся по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению подготовки 09.06.01 для специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»;
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины - освоение аспирантами методологии и средств разработки, применения аналитических геоинформационных систем.

### 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 час.).

#### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				
Лекц.	Лаб.			Прак.	КСР			
1.	Геоинформационный анализ пространственно-временных данных	180	90	90			90	экзамен



## 2.2. Содержание дисциплины

### 1. Методология

#### 1.1. Введение в геоинформационный анализ

**Основные понятия.** Географическая информация (ГИ), географическая информационная система (ГИС), типы ГИС технологий: адресно-справочные, навигационные и аналитические. модель географического мира: сущности, свойства и связи, цифровые модели ГИ, типы данных, ограничения представления ГИ в виде цифровых моделей.

**Типы аналитических задач.** Задачи с полной и неполной информацией. Задачи: Оценивание связей между свойствами ГИ, оценивание отношений между географическими объектами, прогнозирование, обнаружение и распознавание целевых заранее неизвестных свойств ГИ и заранее неизвестных географических объектов и явлений, прогнозирование развития пространственно-временных взаимодействующих процессов.

**Средства геоинформационного анализа.** Визуальное исследование (картографический и графический анализ ГИ), аналитические преобразования (применение заранее заданного оператора к имеющимся географическим данным для вычисления нового представления ГИ), правдоподобный вывод (нахождение оператора аналитического преобразования).

#### 1.1. Концепция прогноза пространственно-временных объектов

**Причины неопределенности в задачах с неполной информацией:** отсутствие математической модели, шум в данных, неполнота данных, необходимость в экспертных решениях и оценках.

**Критерии качества решения задач с неполной информацией.** Совместимость: результат не опровергается на имеющихся данных, значимость: критерий качества решения на контрольных примерах значимо показывает на наличие причинно-следственной связи, непротиворечивость: результат может быть объяснен и обоснован с помощью имеющихся знаний и данных.

**Информационная модель как версия решения задачи в условиях неопределенности.** Формальная часть модели: цифровые модели прогноза и его точности, признаки прогноза, учебная и тестовая выборки, прогнозирующая функция, оценки точности прогноза, преобразования от исходных данных в признаки.

Неформальная часть модели: причинно-следственная модель, обоснование и объяснения прогноза.

Элементы решения задач пространственно-временного прогноза: методы формализации задачи: экспертная гипотеза, замена исследуемого объекта скалярной величиной, выбор способа описания объекта.

Методы формализации информационного пространства задачи: выбор, структурирование, ввод и предварительная обработка исходных данных, формирование выборок прецедентов, выбор аналитических преобразований, формализация знаний эксперта.

Методы порождения решения: индуктивный вывод, логический вывод, выбор признаков, экстраполяция прогноза и оценивание его точности.

Методы анализа и аргументация решения: анализ ошибок, статистический анализ, качественный анализ экспертом по прецеденту и с помощью логических правил, применение кластерного анализа.

### 2. Прогноз пространственных свойств, не зависящих от времени

**2.1. Схема решение задач.** Постановка задачи, экспертные решения и экспертные оценки, построения информационной модели пространственного прогноза: формализация задачи,

формализация информационного пространства задачи, генерирование системы признаков, оценивание прогнозирующей функции и построение прогноза, анализ, интерпретация и обоснование решения, модификация версии решения.

- 2.2. **Методы оценивания сеточных полей.** Геостатистические методы: локально-ядерное сглаживание, интерполяция, кригинг, метод адаптивного сглаживания (AWS). Методы фильтрации полей. Оценивание пространственных свойств векторных данных.
- 2.3. **Методы вывода эмпирических закономерностей в условиях неопределенности.** Методы оценивания зависимостей: метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия, параметрическая и непараметрическая регрессия, метод интервальных экспертных оценок, метод балльных (ранговых) оценок, логистическая регрессия методы объяснение и обоснование результатов пространственного прогноза, методы одноклассовой классификации.
- 2.4. **Технология прогноза максимальных энергий ожидаемых землетрясений.** Основные подходы к прогнозированию максимальных энергий ожидаемых землетрясений, пример построения прогнозной карты максимальных магнитуд. Элементы технологии оценки риска и ущерба от природных и техногенных воздействий. Оценка устойчивости городской территории к динамическим воздействиям. Косвенный и индуцированный ущерб. Прогноз сценариев развития взаимозависимых природных и природно-техногенных катастроф.
- 2.5. **Технология построения прогнозных карт нефтегазовых месторождений.** Ведение в предметную область. Надрегиональный прогноз нефтегазоносности, прогноз нефтегазовых месторождений по комплексу электроразведочных и сейсмических данных, прогноз концентраций углеводородов в пределах месторождения, локальный прогноз нефтегазоносности.

### 3. Прогноз пространственно-временных процессов

- 3.1. **Технология поиска пространственно-временных признаков геологических катастроф.** Предметная область сейсмологического прогноза. Методы обнаружения разладки в динамических полях (пуассоновская модель, гауссовская модель, многомерная гауссовская модель). Методы распознавания аномалий в динамических полях.
- 3.2. **Кластерный анализ пространственных и пространственно-временных данных.** Методы кластеризации пространственно локализованных временных рядов, кластеризация сеточных полей.
- 3.3. **Прогноз землетрясений.** Методы прогноза землетрясений. Метод минимальной области тревоги. Метод прогноза магнитуд землетрясений. Методы тестирования прогноза.
- 3.4. **Методы оценивания сеточных полей признаков прогноза землетрясений.** Оценивание полей параметров сейсмического режима, оценивание полей по временным рядам.

### 4. Аналитические геоинформационные технологии и системы

- 4.1. **Сетевые и настольные аналитические ГИС технологии:** Пользователи сетевых аналитических ГИС, архитектуры сетевых аналитических систем. Сетевая среда информационного моделирования.
- 4.2. **Примеры аналитических ГИС.** Гео, GeoПроцессор, КОМПАС, GeoТайм.



**4.3. Системы мониторинга, анализа и прогноза. Примеры:** Платформа прогноза гидрометеорологической обстановки в Арктике, платформа анализа сейсмических полей, платформа систематического прогноза землетрясений.

**4.4. Нейронные сети и ГИС.** Типы технических нейросетей. Нейросетевые алгоритмы. Глубокое обучение. Программное обеспечение. Области применения нейросетей в ГИС.

### **5. Задачи геолокации**

**5.1. Анализ абонентов спутниковой связи.** Методы геолокации абонентов спутниковой связи: геостационарной и низкоорбитальной.

**5.2. Анализ перемещений городских жителей.** Транспортные модели. Методы анализа перемещений жителей по данным сотовых операторов. Методы классификации пассажиров общественного транспорта.

## **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

## **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Основная литература**

1. Капралов Е. Г. и др. Основы геоинформатики: в 2 кн. Учеб. пособие для студ. вузов; Под ред. Тикунова В.С.-М.; Издательский центр «Академия», 2004 //Книга. – С. 1-352.
2. Гитис В. Г., Ермаков Б. В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. – М : Физматлит, 2004. – С. 256.
3. Hsu W. (ed.). Temporal and spatio-temporal data mining. – IGI Global, 2007.
4. Fu P., Sun J. Web GIS: principles and applications. – Esri Press, 2010.
5. Keller G. R., Baru C. (ed.). Geoinformatics: cyberinfrastructure for the solid Earth sciences. – Cambridge University Press, 2011.
6. Karimi H. A. Big Data: techniques and technologies in geoinformatics. – CRC Press, 2014.
7. Kraak J. M., Brown A. Web cartography. – CRC Press, 2014.





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Геоинформационный анализ пространственно-временных данных»  
Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации»  
подготовки аспирантура

8. Cressie N., Wike C. K. Statistics for spatio-temporal data. – John Wiley & Sons, 2015.

**Авторы**

Д.т.н. Гитис В.Г.



Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.04 (05) «Конечномерное оптимизационное моделирование»  
Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программа; аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

ОД.А.04 (05)\* «Конечномерное оптимизационное моделирование»  
Оптимизационное моделирование в конечномерных пространствах переменных  
Оптимизационное моделирование на основе задач математического программирования  
Специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ

\*для специальности 05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации (по выбору)

аспирантура

Разработчик программы  
к.ф.-м.н. В.В. Волошинов

Одобрена на заседании УС  
«03» сентября 2018г.

Председатель УС  
В.И.Венец (подпись)



Москва, 2018 г.



## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «**Конечномерное оптимизационное моделирование**» предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации подготовки аспирантура».

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Теоретические основы информатики» для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации».
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации».

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель курса** – изучение математических основ, численных методов и программных технологий практической работы с оптимизационными моделями различных типов, в основе которых задачи математического программирования. Внимание уделяется общим принципам построения оптимизационных моделей для решения прикладных задач, обзору технологий подготовки исходных данных и организации вычислений, в т.ч. в распределенных вычислительных средах.

**Основными задачами курса** являются:

1. Развернутое представление об основных типах оптимизационных задач и практических приемах построения соответствующих математических моделей на различных примерах прикладных задач.
2. Знание характеристик решений оптимизационных задач, полученных в результате применения численных методов.
3. Знакомство с основными типами численных методов оптимизации для задач математического программирования, дискретной и глобальной оптимизации.
4. Знакомство и навыки применения современных программных средств оптимизационного моделирования.

### 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 час.).

#### 2.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Конечномерное оптимизационное моделирование	180	90	90				90	Кандидатский экзамен





## 2.2. Содержание дисциплины

*Раздел 1. Основные понятия оптимизационного моделирования. Элементы теоретического аппарата.*

1. Концепция оптимизационных моделей, как одного из инструментов прикладной математики.
2. Задачи математического программирования (МП). Задачи линейного и квадратичного программирования. Задачи выпуклого программирования. Общая нелинейная задача МП.
3. Задачи МП с частично целочисленными переменными. Задачи дискретной и глобальной оптимизации.
4. Правило формирования двойственной задачи. Соотношения двойственности.
5. Необходимые сведения из выпуклого анализа. Отделимость выпуклых множеств. Выпуклые конусы, лемма Фаркаша (теоремы «об альтернативе» или «о неравенствах-следствиях»). Выпуклые функции и преобразования над ними, сохраняющие выпуклость. Дифференцируемость выпуклых функций.
6. Теоремы об оценках расстояния до множества решений систем линейных и нелинейных неравенств. Теорема Хоффмана об оценке расстояния до множества решений системы линейных неравенств. Оценки расстояния для нелинейных систем. Условия Слейтера.

*Раздел 2. Задачи линейного (ЛП), квадратичного (КП), конического и полуопределенного программирования (SDP).*

1. Общая и каноническая форма записи задач ЛП. Прямой и двойственный симплекс метод. Зависимость решения от параметров задачи, постоптимальный анализ и маргинальные оценки. «Параметрический» симплекс-метод.
2. Отличия и сходство задач ЛП с задачами квадратичного программирования. «Обобщение» симплекс метода для задач КП.
3. Задачи конического и полуопределенного программирования как обобщение задач ЛП.

*Раздел 3. Характеризация решений задач математического программирования (МП). Теоремы Каруша-Куна-Таккера.*

1. Гладкие нелинейные задачи МП. Дифференцируемые функции с липшицевыми производными. Теорема Каруша-Куна-Таккера. Метод линеаризации и вспомогательная задача квадратичного программирования.
2. Обобщение на случай приближенных решений. Связь с вариационным принципом Экланда.
3. Теорема Куна-Таккера для выпуклых задач МП.

*Раздел 4. Эффективные численные методы*

1. Эффективная разрешимость выпуклых задач. Метод внутренней точки как развитие метода Ньютона.
2. Теоретические оценки для эффективного поиска решений выпуклых задач МП. Метод Ньютона для гладких задач. Самосогласованные функции. Метод внутренней точки и его вычислительная эффективность.
3. Градиентные методы для задач большой размерности.





4. Задачи с блочной структурой и методы их решения. Понятие и примеры линейных и выпуклых задач с блочной структурой. Методы декомпозиции (Данцига-Вульфа, Бендерса). Возможности ускорения за счет распараллеливания.

*Раздел 5. Практическая дискретная и глобальная оптимизация.*

1. Теоретические оценки трудоемкости и вычислительная практика на примере симплекс-метода.
2. Основные понятия и общая структура метода ветвей-и-границ (ВиГ). Обсуждение на примерах линейных и выпуклых задач с частично-целочисленными переменными.
3. Задачи МП с полиномиальными функциями в ограничениях. Кусочно-линейные выпуклые аппроксимации по схеме Мак-Кормика.
4. Возможности ускорения для линейных задач за счет построения отсечений Гомори.
5. Приемы сведения прикладных задач к линейным и выпуклым задачам с частично-целочисленными переменными. Дихотомические ограничения. Примеры задач составления расписаний и задач на графах (коммивояжера, поиска максимальных связных подграфов).
6. Примеры сведения задач комбинаторной геометрии (Таммеса, Томсона и др.) к задачам с полиномиальными функциями.

*Раздел 6. Пакеты численных методов оптимизации. Алгебраические языки и системы оптимизационного моделирования на их основе..*

1. Классификация существующих пакетов численных методов оптимизации (решатели). Сведения о пакетах с открытым кодом Lpsolve, GLPK. Семейство пакетов проекта COIN-OR (Clp, Cbc, Ipopt, Bonmin). Пакет SCIP. Принципы применения и типовые настройки.
2. Краткие сведения о коммерческих пакетах CPLEX, KNITRO, Gurobi, FICO Xpress.
3. \*Сведения о пакете CVXOPT.
4. Сведения о системах оптимизационного моделирования на основе алгебраических языков (AMPL, GAMS, FICO Mosel Xpress). Технологический цикл расчетов по оптимизационным моделям на основе указанных языков.
5. Pyomo, Python Optimization Modelling Objects, как свободно доступная замена коммерческим алгебраическим языкам. Средства дискретизации интегральных или дифференциальных уравнений в пакете Pyomo (Pyomo.DAE) для получения конечномерных аналогов оптимизационных моделей с непрерывными переменными.

*Раздел 7. Принципы создания распределенных систем оптимизационного моделирования.*

1. Понятие о сервисах оптимизационного моделирования. Сведения о проектах NEOS, COIN OS.
2. Мелко-зернистое (fine-grained) и крупно-зернистое (coarse-grained) распараллеливание. Многопоточная и параллельная реализация метода ветвей-и-границ в пакетах CBC и SCIP (FiberSCIP и ParaSCIP). Распределенные системы оптимизации в однородной вычислительной среде на примере Fico Mosel Xpress.





3. Распределенные системы оптимизации в неоднородной вычислительной среде на основе платформы Everest. Крупно-зернистое распараллеливание метода ветвей-и-границ на примере Everest-приложения DDBNB.

### **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя,

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **Основная литература**

1. Алексеева Е.В. Построение математических моделей целочисленного линейного программирования. Примеры и задачи: Учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск, 2012. 131 с.
2. Васильев Ф. П., Иваницкий А. Ю. Линейное программирование. — М.: Изд-во «Факториал Пресс», 2003. — 352 с.
3. Жадан В.Г. Методы оптимизации. Часть I. Введение в выпуклый анализ и теорию оптимизации: учебное пособие. М.: МФТИ, 2014. - 271 с.
4. Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М.: Наука, 1969. - 368 с.
5. Мину М. Математическое программирование. Теория и алгоритмы: Пер. с фр. и предисловие А.И. Штерна, - М.:Наука, 1990. - 488с.
6. Нестеров Ю.Е. Введение в выпуклую оптимизацию / Под ред. Б.Т. Поляка, С.А. Назина. - М.: МЦНМО, 2010. - 280 с.
7. Boyd S., Vandenberghe L. Convex optimization. Cambridge university press, 2004. <https://web.stanford.edu/~boyd/cvxbook/>
8. Robert Fourer, David M. Gay, and Brian W. Kernighan. AMPL: A Modeling Language for Mathematical Programming, 2003. (<http://www.ampl.com/BOOK/download.html>)
9. Hart, W.E., Laird, C., Watson, J.-P., Woodruff D.L. Pyomo—optimization modeling in python, vol. 67: Springer, 238 p., (2012)
10. <https://pyomo.readthedocs.io/en/latest/>





### *Дополнительные литература и справочные материалы*

1. Жадан В.Г. Методы оптимизации. Часть II. Численные алгоритмы: учебное пособие. М.: МФТИ, 2015. - 320 с.
2. Махорин А.О. Прямой симплекс-метод (обоснование и реализация). The "Fossies" Software Archive, 2016, <https://fossies.org/linux/glpk/doc/notes/simplex1.pdf>
3. Махорин А.О. Двойственный симплекс-метод (обоснование и реализация). The "Fossies" Software Archive, 2016, <https://fossies.org/linux/glpk/doc/notes/simplex2.pdf>
4. Муртаф Б. Современное линейное программирование. М. Мир, 1984, 224 с. \*
5. Обен Ж.-П., Экланд И. Прикладной нелинейный анализ. М.: Мир, 1988, 512 с.
6. Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. - 320 с.

### **Авторы**

К.ф.-м.н. В. В. Волошинов





Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН  
Программа дисциплины ОД.А.05 «Высокопроизводительные вычисления»  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
аспирантура

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем передачи информации им. А.А.Харкевича  
Российской академии наук  
ИППИ РАН**

**Рабочая программа дисциплины**

**Высокопроизводительные вычисления**

ОД.А.05 «Высокопроизводительные вычисления» (по выбору)  
Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации и специальность  
05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ  
аспирантура

Разработчик программы:  
К.т.н. О.В. Сухорослов

Одобрена на заседании УС

«03» сентября 2018г.

Председатель УС  
В.И.Венец (подпись)



Москва, 2018 г.





## Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к образовательным результатам и результатам обучения аспиранта и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа ОД.А.05 «Высокопроизводительные вычисления» (по выбору) предназначена для преподавателей, ведущих дисциплину, аспирантов по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации» и специальности 05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Программа учебной дисциплины разработана в соответствии с:

- ФГОС ВО по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации и специальности 05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ
- Учебным планом института по образовательной программе для специальности 05.13.01 – «Системный анализ управление и обработка информации и специальности 05.13.18 математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

### 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Повсеместное распространение многоядерных систем и появление графических процессоров сделало параллельные вычисления доступными каждому. Облачные вычислительные сервисы позволяют в считанные минуты арендовать сотни машин. Грамотное использование вычислительного потенциала, заложенного в этих системах, делает возможным решение сложных задач, анализ больших данных и создание новых типов приложений.

Целями освоения дисциплины «Параллельные и распределенные вычисления» являются знакомство с параллельными и распределенными вычислениями, различными классами высокопроизводительных систем, принципами реализации параллельных алгоритмов и используемыми моделями программирования, а также получение навыков практического использования соответствующих технологий и систем при решении прикладных задач.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

1. Знать принципы разработки параллельных алгоритмов, основные модели параллельного программирования и распределенных вычислений, их области применения и ограничения.
2. Уметь реализовывать программы для различных классов высокопроизводительных систем с применением современных технологий параллельных и распределенных вычислений, оценивать эффективность и выполнять оптимизацию полученных реализаций.
3. Иметь навыки (приобрести опыт) практического использования соответствующих технологий и систем при решении прикладных задач.

## 2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы (180 час.).

### 2.1. Структура дисциплины

№	Наименование	Объем учебной работы (в часах)	Вид итогового кон-
---	--------------	--------------------------------	--------------------



п/п	дисциплины	Всего	Всего аудит.	Из аудиторных				Сам. работа	тремя
				Лекц.	Лаб.	Прак.	КСР		
1.	Высокопроизводительные вычисления	180	90	90				90	экзамен

## 2.2. Содержание дисциплины

### Раздел 1. Введение в высокопроизводительные вычисления

Области применения и проблематика высокопроизводительных вычислений. Современные параллельные вычислительные системы. Классификация Флинна. Системы с общей разделяемой памятью. Симметричные мультипроцессоры (SMP). Неоднородный доступ к памяти (NUMA). Системы с распределенной памятью. Массивно-параллельные системы (MPP). Вычислительные кластеры. Распределенные вычислительные системы. Гибридные системы. Ускорители и сопроцессоры.

### Раздел 2. Concurrency и многопоточное программирование

Понятие одновременности (concurrency). Области применения и проблематика. Способы реализации одновременных систем, процессы и потоки, программный инструментарий. Основы многопоточного программирования на языке C++. Типичные ошибки многопоточного программирования. Состояние гонки (race condition). Безопасность (safety). Взаимное исключение. Взаимная блокировка (deadlock). Живучесть (liveness). Модель памяти и низкоуровневые примитивы синхронизации. Условная синхронизация. Реализация схемы “Producer-Consumer”. Потокобезопасные структуры данных. Асинхронные вычисления. Конструкции future и promise. Пул потоков. Преимущества и недостатки явных блокировок (locks). Альтернативные подходы к реализации одновременных программ.

### Раздел 3. Параллельные вычисления

Связь между concurrency и параллелизмом. Теоретические основы параллельных вычислений. Анализ внутренней структуры алгоритма и выявление параллелизма. Показатели качества параллельного алгоритма. Законы Амдала и Густафсона-Барсиса. Принципы разработки параллельных алгоритмов. Методология РСАМ. Декомпозиция на подзадачи. Типовые структуры параллельных алгоритмов (параллелизм по заданиям, разделяй и властвуй, геометрическая декомпозиция, рекурсивные данные, конвейерная обработка, координация на основе событий). Учет взаимодействий между подзадачами. Масштабирование подзадач. Распределение подзадач между процессорами. Современные технологии параллельного программирования. Типовые модели параллельного программирования и шаблоны.

### Раздел 4. Параллельное программирование на системах с общей памятью

Основы параллельного программирования на системах с общей памятью на примере технологии OpenMP. Развитие стандарта OpenMP, существующие реализации. Модель выполнения “ветвление-слияние”. Основные директивы и функции OpenMP для языка C++. Атрибуты видимости данных. Ложное разделение данных. Редукция. Оптимизация циклов. Распределение итераций цикла между потоками. Рекурсивный параллелизм, директива task. Привязка потоков к ядрам процессора. Особенности стандарта OpenMP 4.0. Отладка и оптимизация OpenMP-программ.

### Раздел 5. Параллельное программирование на системах с распределенной памятью



Основы параллельного программирования на системах с распределенной памятью на примере технологии MPI. Развитие стандарта MPI, существующие реализации. Модель программирования SPMD. Коммуникатор. Основные функции MPI для языка C и их аналоги для языка C++ из библиотеки Boost.MPI. Запуск MPI-программ на кластере. Передача сообщений между парами процессов (точка-точка). Блокирующие, неблокирующие и совмещенные функции обмена сообщениями. Использование неблокирующих функций для перекрытия вычислений и обмена данными. Коллективные взаимодействия процессов (обмен данными, коллективные вычисления, синхронизация). Редукция, встроенные и пользовательские операции. Виртуальные топологии. Пересылка разнотипных данных, пользовательские типы данных и упаковка данных. Особенности стандартов MPI-2 и MPI-3. Отладка и оптимизация MPI-программ.

#### *Раздел 6. Распределенная обработка больших данных*

Феномен Big Data, проблемы хранения и обработки больших объемов данных. Модель программирования MapReduce. Функции map, reduce, partition, combine и compare. Область применения и примеры задач. Принципы распределенной реализации MapReduce на кластерных системах. Платформа Apache Hadoop. Архитектура Hadoop-кластера. Интерфейс прикладного программирования и реализация MapReduce-программ для Hadoop на языке Java. Интерфейс Hadoop Streaming и реализация программ для Hadoop на языке Python. Запуск и отладка MapReduce-программ на локальной машине и кластере. Приемы и стратегии реализации MapReduce-программ. Локальная агрегация промежуточных данных. Прием in-mapper combining. Стратегии pairs и stripes. Прием order inversion. Сложные типы ключей и значений. Объединение (join) массивов данных. Выбор числа map- и reduce-задач. Ограничения модели MapReduce, расширения и альтернативные подходы. Система Apache Spark. Область применения и сравнение с MapReduce. Понятие Resilient Distributed Dataset (RDD), операции над RDD. Принципы распределенного выполнения Spark-программы на кластере. Кэширование данных. Broadcast-переменные и аккумуляторы. Запуск, отладка и оптимизация Spark-программ.

#### *Раздел 7. Распределенные вычислительные системы и облачные вычисления*

Концепция грид-вычислений. Область применения, виды и примеры грид-систем, классы грид-приложений. Системы добровольных вычислений (volunteer computing) и технологии гридов из персональных компьютеров (desktop grid). Технологии Condor и BOINC. Сервисные гриды, глобальные грид-инфраструктуры и виртуальные организации. Промежуточное программное обеспечение сервисных гридов. Технологии Globus Toolkit и gLite. Концепция облачных вычислений. Характерные черты облачных систем. Модели и примеры облачных сервисов. Отличие облачных систем от грид-систем.

#### *Раздел 8. Параллельное программирование на графических процессорах*

Производительность современных CPU. Возможности и ограничения вычислений с помощью графических процессоров сравнительно с вычисления на CPU. Обзор языков программирования с помощью видеокарт. Сравнение Nvidia CUDA и OpenCL. Обзор видеокарт и аппаратных платформ.

Архитектура GPU. Основные понятия и принципы параллельных вычислений на GPU. Расширения языка C++. Обзор CUDA runtime API. Атомарные операции.

Константная память. Глобальная память. Текстурированная память. Общее виртуальное адресное пространство. Использование разделяемой памяти на примере перемножения матриц.



Алгоритмы обработки массивов. Параллельная редукция. Префиксная сумма. Битоническая сортировка. Поразрядная сортировка. Сортировка с помощью библиотеки CUDPP.

Искусственные нейронные сети. Реализация хеш-таблиц на GPU.

Прикладные программные библиотеки CUBLAS, CUSPARSE, CUFFT, CURAND.

Библиотека Thrust. PyCUDA, JCUDA, ManagedCUDA. Работа с OpenGL.

Профилирование, отладка и диагностика приложений для GPU.

### **3. Образовательные технологии**

В качестве образовательных технологий применяются активные образовательные технологии (лекции, практические занятия и задания), а также самостоятельная работа аспирантов под контролем научного руководителя.

### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

Контроль знаний осуществляется в процессе индивидуальной работы с научным руководителем, а также в процессе участия в аудиторных занятиях (доклады, обсуждения).

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### ***Основная литература***

1. Anthony Williams. C++ Concurrency in Action: Practical Multithreading. Manning, 2012. (Перевод на русский: Энтони Уильямс. Параллельное программирование на C++ в действии: Практика разработки многопоточных программ. ДМК Пресс, 2012.)
2. Peter Pacheco. An Introduction to Parallel Programming. Morgan Kaufmann, 2011.
3. G. Barlas. Multicore and GPU Programming: An Integrated Approach. Morgan Kaufmann, 2014.
4. Foster I. Designing and Building Parallel Programs: Concepts and Tools for Software Engineering. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995. <http://bit.ly/2vfOkO6>
5. David B. Kirk, Wen-mei W. Hwu. Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach. Morgan Kaufmann, 2016 (3rd edition).



6. George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg and Gordon Blair. Distributed Systems: Concepts and Design. Addison Wesley, 2011 (5th edition). <http://www.cdk5.net/>
7. Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen. Distributed Systems: Principles and Paradigms. Pearson, 2007 (2nd edition). (Перевод на русский 1-го издания: Э. Таненбаум, М. ван Стеен. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. - СПб.: Питер, 2003.)
8. Martin Kleppmann. Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems. O'Reilly Media, 2017.
9. Jimmy Lin, Chris Dyer. Data-Intensive Text Processing with MapReduce, 2010.  
<http://lintool.github.io/MapReduceAlgorithms/>
10. Дж. Риз. Облачные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011.

#### *Дополнительная литература*

1. John L. Hennessy, David A. Patterson. Computer Architecture: A Quantitative Approach. Morgan Kaufmann, 2011 (5th edition).
2. Paul Butcher. Seven Concurrency Models in Seven Weeks: When Threads Unravel. Pragmatic Bookshelf, 2014.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004 г.
4. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие. - М.: ИНТУИТ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
5. Гергель В. П. Современные языки и технологии параллельного программирования: Учебник. - М.: Издательство Московского университета, 2012.
6. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учеб. пособие. - М.: Издательство Московского университета, 2012. <http://bit.ly/2v5t29H>
7. Timothy G. Mattson, Beverly A. Sanders, Berna L. Massingill. Patterns for Parallel Programming. Addison-Wesley Professional, 2004.
8. Michael McCool, James Reinders, Arch Robison. Structured Parallel Programming: Patterns for Efficient Computation. Morgan Kaufmann, 2012.



9. Tim Mattson. Introduction to OpenMP, 2013. <http://tinyurl.com/OpenMP-Tutorial>
10. Е. Рыжков, А. Карпов, А. Колосов. 32 подводных камня OpenMP при программировании на Си++, 2009. <http://www.viva64.com/ru/a/0054/>
11. А.В. Боресков и др. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA: Учеб. пособие. - М.: Издательство Московского университета, 2012.
12. J. Cheng, M. Grossman, T. McKercher. Professional CUDA C Programming. Wrox, 2014.
13. Jason Sanders, Edward Kandrot. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming. Addison-Wesley Professional, 2010. (Перевод на русский: Д. Сандерс, Э. Кэндрот. Технология CUDA в примерах. Введение в программирование графических процессоров. ДМК Пресс, 2013.)
14. W. Gropp, E. Lusk, A. Skjellum. Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface. MIT Press, 2014 (3rd edition)
15. Wan Fokkink. Distributed Algorithms: An Intuitive Approach. MIT Press, 2013. (Перевод на русский: Фоккинк У. Распределенные алгоритмы. Интуитивный подход. - СПб.: Питер, 2017.)
16. Nathan Marz, James Warren. Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems. Manning Publications, 2015. (Перевод на русский: Натан Марц, Джеймс Уоррен. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени. - М.: Вильямс, 2016.)
17. Tom White. Hadoop: The Definitive Guide: Storage and Analysis at Internet Scale. O'Reilly Media, 2015 (4th edition). (Перевод на русский: Том Уайт. Hadoop. Подробное руководство. - СПб.: Питер, 2013.)
18. Holden Karau, Andy Konwinski, Patrick Wendell, Matei Zaharia. Learning Spark: Lightning-Fast Big Data Analysis, 2015.

## **Авторы**

К.т.н. О.В. Сухорослов