

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ СИСТЕМ ИНФОРМАТИКИ ИМ. А.П. ЕРШОВА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
(ИСИ СО РАН)**


**УТВЕРЖДАЮ**  
И.о. директора ИСИ СО РАН  
д.ф.-м.н.,  
А.Ю. Пальянов  
«24» февраля 2024 г.



**ПРОГРАММА**

**Кандидатского экзамена по научной специальности  
2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем,  
комплексов и компьютерных сетей**

Согласовано:  
Зам. директора по научной работе, к.ф.-м.н.



А.В. Промский

**Новосибирск 2024**

Программа составлена на основе паспорта специальности, согласно Номенклатуре научных специальностей, утвержденной Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 24 февраля 2021 г. № 118.

Составители программы:

Ответственный исполнитель:

Загорюлько Ю.А., к.т.н., заведующий лабораторией искусственного интеллекта.

Исполнители:

Сидорова Е.А., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории искусственного интеллекта;

Мигинский Д.С., к.ф.-м.н., и.о. заведующего лабораторией моделирования сложных систем;

Батура Т.В., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории моделирования сложных систем;

Апанович З.В., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории смешанных вычислений.

Программа одобрена на заседании Ученого совета ИСИ СО РАН, протокол №2-2024-2 от 27.02.2024 г.

## Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: математические основы программирования; вычислительные машины, системы и сети; языки и системы программирования; технология разработки программного обеспечения; операционные системы; методы хранения и доступа к данным, организация баз данных и знаний; защита данных и программных систем.

Программа разработана в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН.

### 1. Математические основы программирования

Понятие алгоритма и его уточнения: машины Тьюринга, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Эквивалентность данных формальных моделей алгоритмов. Понятие об алгоритмической неразрешимости. Примеры алгоритмически неразрешимых проблем.

Понятие сложности алгоритмов. Классы P и NP. Полиномиальная сводимость задач. Теорема Кука об NP-полноте задачи выполнимости булевой формулы.

Примеры NP-полных задач, подходы к их решению. Точные и приближенные комбинаторные алгоритмы.

Примеры эффективных (полиномиальных) алгоритмов: быстрые алгоритмы поиска и сортировки; полиномиальные алгоритмы для задач на графах и сетях (поиск в глубину и ширину, о минимальном остове, о кратчайшем пути, о назначениях).

Автоматы. Эксперименты с автоматами. Алгебры регулярных выражений. Теорема Клини о регулярных языках. Теорема Майхилла–Нероуда.

Алгебра логики. Булевы функции, канонические формы задания булевых функций. Понятие полной системы. Критерий полноты Поста. Минимизация булевых функций в классах нормальных форм.

Исчисление предикатов первого порядка. Понятие интерпретации. Выполнимость и общезначимость формулы первого порядка. Понятие модели. Теорема о полноте исчисления предикатов первого порядка.

Отношения и функции. Отношение эквивалентности и разбиения. Фактор множества. Отношения частичного порядка. Теоретико-множественное и алгебраическое определения решетки, их эквивалентность. Свойства решеток. Булевы решетки. Полные решетки.

Формальные языки и способы их описания. Классификация формальных грамматик, иерархия Хомского. Контекстно-свободные языки и автоматы с магазинной памятью.

$\lambda$ -исчисление, правила редукции, единственность нормальной формы и правила ее достижения, представление рекурсивных функций.

Основы комбинаторного анализа. Метод производящих функций, метод включений и исключений. Примеры применения.

Коды с исправлением ошибок. Алфавитное кодирование. Методы сжатия информации.

Основы криптографии. Задачи обеспечения конфиденциальности и целостности информации. Теоретико-информационный и теоретико-сложностный подходы к определению криптографической стойкости. Американский стандарт шифрования DES и российский стандарт шифрования данных ГОСТ 28147-89. Системы шифрования с открытым ключом (RSA). Цифровая подпись. Методы генерации и распределения ключей.

## **2. Вычислительные машины, системы и сети**

Архитектура современных компьютеров. Организации памяти и архитектура процессора современных вычислительных машин. Страничная и сегментная организация виртуальной памяти. Кэш-память. Командный и арифметический конвейеры, параллельное выполнение независимых команд, векторные команды. Специализированные процессоры. Машины, обеспечивающие выполнение вычислений, управляемых потоком данных. Организация ввода-вывода, каналы и процессоры ввода-вывода, устройства сопряжения с объектами.

Классификация вычислительных систем (ВС) по способу организации параллельной обработки. Многопроцессорные и многомашинные комплексы. Вычислительные кластеры. Проблемно-ориентированные параллельные структуры: матричные ВС, систолические структуры, нейросети.

Назначение, архитектура и принципы построения информационно-вычислительных сетей (ИВС). Локальные и глобальные ИВС, технические и программные средства объединения различных сетей.

Методы и средства передачи данных в ИВС, протоколы передачи данных.

Особенности архитектуры локальных сетей (Ethernet, Token Ring, FDDI).

Сеть Internet, доменная организация, семейство протоколов TCP/IP.

Информационно-вычислительные сети и распределенная обработка информации.

## **3. Языки и системы программирования.**

### **Технология разработки программного обеспечения**

Языки программирования. Процедурные языки программирования (Фортран, С), Функциональные языки программирования (Лисп), языки логического программирования (Пролог), объектно-ориентированные языки программирования (Ява, С++).

Процедурные языки программирования. Основные управляющие конструкции, структура программы. Работа с данными: переменные и константы, типы данных (булевский, целочисленные, плавающие, символьные, типы диапазона и перечисления, указатели), структуры данных (массивы и записи). Процедуры (функции): вызов процедур, передача параметров (по ссылке, по значению, по результату), локализация переменных, побочные эффекты. Обработка исключительных ситуаций. Библиотеки процедур и их использование.

Объектно-ориентированное программирование. Классы и объекты, наследование, интерфейсы. Понятие об объектном окружении. Рефлексия. Библиотеки классов. Средства обработки объектов (контейнеры и итераторы).

Распределенное программирование. Процессы и их синхронизация. Семафоры, мониторы Хоара.

Объектно-ориентированное распределенное программирование. CORBA. Параллельное программирование над общей памятью. Нити. Стандартный интерфейс Open MP.

Распараллеливание последовательных программ.

Параллельное программирование над распределенной памятью. Парадигмы SPMD и MIMD. Стандартный интерфейс MPI.

Основы построения трансляторов. Структура оптимизирующего транслятора. Промежуточные представления программы: последовательность символов, последовательность лексем, синтаксическое дерево, абстрактное синтаксическое дерево. Уровни промежуточного представления: высокий, средний, низкий. Формы промежуточного представления.

Анализ исходной программы в компиляторе. Автоматные (регулярные) грамматики и сканирование, контекстно свободные грамматики и синтаксический анализ, организация таблицы символов программы, имеющей блочную структуру, хеш-функции. Нисходящие (LL(1)-грамматики) и восходящие (LR(1)-грамматики) методы синтаксического анализа. Атрибутные грамматики и семантические программы, построение абстрактного синтаксического дерева. Автоматическое построение лексических и синтаксических анализаторов по формальным описаниям грамматик. Системы lex и yacc. Система Gentle.

Оптимизация программ при их компиляции. Оптимизация базовых блоков, чистка циклов. Анализ графов потока управления и потока данных. Отношение доминирования и его свойства, построение границы области доминирования вершины, выделение сильно связанных компонент графа. Построение графа зависимостей. Перевод программы в SSA-представление и обратно. Глобальная и межпроцедурная оптимизация.

Генерация объектного кода в компиляторах. Перенастраиваемые (retargetable) компиляторы, gcc (набор компиляторов Gnu). Переработка термов (term rewriting). Применение оптимизационных эвристик (целочисленное программирование, динамическое программирование) для автоматической генерации генераторов объектного кода (системы BEG, Iburg и др.).

Машинно-ориентированные языки, язык ассемблера. Представление машинных команд и констант. Команды транслятору. Их типы, принципы реализации. Макросредства, макровыводы, языки макроопределений, условная макрогенерация, принципы реализации.

Системы программирования (СП), типовые компоненты СП: языки, трансляторы, редакторы связей, отладчики, текстовые редакторы. Модульное программирование. Типы модулей. Связывание модулей по управлению и данным.

Пакеты прикладных программ (ППП). Системная часть и наполнение. Языки общения с ППП. Машинная графика. Средства поддержки машинной графики. Графические пакеты.

Технология разработки и сопровождения программ. Жизненный цикл программы. Этапы разработки, степень и пути их автоматизации. Обратная инженерия.

Декомпозиционные и сборочные технологии, механизмы наследования, инкапсуляции, задания типов. Модули, взаимодействие между модулями, иерархические структуры программ.

Отладка, тестирование, верификация и оценивание сложности программ. Генерация тестов. Системы генерации тестов. Срезы программ (slice, chop) и их применение при отладке программ и для генерации тестов.

Методы спецификации программ. Методы проверки спецификации. Схемное, структурное, визуальное программирование. Разработка пользовательского интерфейса, стандарт CUA, мультимедийные среды интерфейсного взаимодействия.

#### **4. Операционные системы**

Режимы функционирования вычислительных систем, структура и функции операционных систем. Основные блоки и модули. Основные средства аппаратной поддержки функций операционных систем (ОС): система прерываний, защита памяти, механизмы преобразования адресов в системах виртуальной памяти, управление каналами и периферийными устройствами.

Виды процессов и управления ими в современных ОС. Представление процессов, их контексты, иерархии порождения, состояния и взаимодействие. Многозадачный (многопрограммный) режим работы. Команды управления процессами. Средства взаимодействия процессов. Модель клиент-сервер и ее реализация в современных ОС.

Параллельные процессы, схемы порождения и управления. Организация взаимодействия между параллельными и асинхронными процессами: обмен сообщениями, организация почтовых ящиков. Критические участки, примитивы взаимоисключения процессов, семафоры Дейкстры и их расширения. Проблема тупиков при асинхронном выполнении процессов, алгоритмы обнаружения и предотвращения тупиков.

Операционные средства управления процессами при их реализации на параллельных и распределенных вычислительных системах и сетях: стандарты и программные средства PVM, MPI, OpenMP, POSIX.

Одноуровневые и многоуровневые дисциплины циклического обслуживания процессов на центральном процессоре, выбор кванта.

Управление доступом к данным. Файловая система, организация, распределение дисковой памяти. Управление обменом данными между дисковой и оперативной памятью. Рабочее множество страниц (сегментов) программы, алгоритмы его определения.

Управление внешними устройствами.

Оптимизация многозадачной работы компьютеров. Операционные системы Windows, Unix, Linux. Особенности организации, предоставляемые услуги пользовательского взаимодействия.

Операционные средства управления сетями. Эталонная модель взаимодействия открытых систем ISO/OSI. Маршрутизация и управление потоками данных в сети. Локальные и глобальные сети. Сетевые ОС, модель клиент — сервер, средства управления сетями в ОС UNIX, Windows NT. Семейство протоколов TCP/IP, структура и типы IP-адресов, доменная адресация в Internet. Транспортные протоколы TCP, UDP.

Удаленный доступ к ресурсам сети. Организация электронной почты, телеконференций. Протоколы передачи файлов FTP и HTTP, язык разметки гипертекста HTML, разработка WEB-страниц, WWW-серверы.

#### **5. Методы хранения данных и доступа к ним. Организация баз данных и знаний**

Концепция типа данных. Абстрактные типы данных. Объекты (основные свойства и

отличительные признаки).

Основные структуры данных, алгоритмы обработки и поиска. Сравнительная характеристика методов хранения и поиска данных.

Основные понятия реляционной и объектной моделей данных.

Теоретические основы реляционной модели данных (РДМ). Реляционная алгебра, реляционное исчисление. Функциональные зависимости и нормализация отношений.

CASE-средства и их использование при проектировании базы данных (БД).

Организация и проектирование физического уровня БД. Методы индексирования.

Обобщенная архитектура, состав и функции системы управления базой данных (СУБД). Характеристика современных технологий БД. Примеры соответствующих СУБД.

Основные принципы управления транзакциями, журнализацией и восстановлением.

Язык баз данных SQL. Средства определения и изменения схемы БД, определения ограничений целостности. Контроль доступа. Средства манипулирования данными. Стандарты языков SQL. Интерактивный, встроенный, динамический SQL.

Основные понятия технологии клиент—сервер. Характеристика SQL-сервера и клиента. Сетевое взаимодействие клиента и сервера.

Информационно-поисковые системы. Классификация. Методы реализации и ускорения поиска.

Методы представления знаний: процедурные представления, логические представления, семантические сети, фреймы, системы продукций. Интегрированные методы представления знаний. Языки представления знаний. Базы знаний.

Экспертные системы (ЭС). Области применения ЭС. Архитектура ЭС. Механизмы вывода, подсистемы объяснения, общения, приобретения знаний ЭС. Жизненный цикл экспертной системы. Примеры конкретных ЭС.

## **6. Защита данных и программных систем**

Аппаратные и программные методы защиты данных и программ. Защита данных и программ с помощью шифрования.

Защита от несанкционированного доступа в ОС Windows NT. Система безопасности и разграничения доступа к ресурсам в Windows NT. Файловая система NTFS и сервисы Windows NT.

Защита от несанкционированного копирования. Методы простановки не копируемых меток, настройка устанавливаемой программы на конкретный компьютер, настройка на конфигурацию оборудования.

Защита от разрушающих программных воздействий. Вредоносные программы и их классификация. Загрузочные и файловые вирусы, программы-закладки. Методы обнаружения и удаления вирусов, восстановления программного обеспечения.

### Основная литература

1. А.В. Ахо, М.С. Лам, Р. Сети, Дж.Д. Ульман. Компиляторы: принципы, технологии и инструментарий. — М.: Вильямс, 2003. — 768 с.
2. Себеста Роберт У. Основные концепции языков программирования, 5-е изд. : Пер. с англ. — М.: "Вильямс". 2001. — 672 с.: ил.
3. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. — 1328 с.: ил.
4. Иртегов Д. В. Введение в операционные системы. — 2-е Изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 1040 с.: ил. — (Учебное пособие)
5. Кнут Д. Искусство программирования. Т. 1-3. — М., СПб., Киев: ИД «Вильямс», 2000.
6. Компьютерные сети. Сертификация Network+. Учебный курс / Пер. с англ. — М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция», 2002. — 704 стр.: ил.
7. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы, построение и анализ. — М.: МЦНМО, 2000.
8. Котов В. Е., Сабельфельд В. К. Теория схем программ. — М.: Наука. Гл. ред. физ.- мат. лит., 1991. — 248 с..
9. С. Д. Кузнецов. Основы баз данных, 2-е издание. — М.: Бином. Лаборатория знаний, Интернет-университет информационных технологий, 2007. — 484 с.: ил.
10. Н. Смарт. Криптография. — М.: Техносфера, 2005. — 528 с.
11. Таненбаум Э., Бос Х. Современные операционные системы. 4-е изд. — СПб.: Питер, 2015. — 1120 с.: ил.
12. К. Хамахер, З. Вранешич, С. Заки. Организация ЭВМ. 5-е изд. — СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2003. — 848 с.: ил.
13. Д.Э. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж.Д. Ульман. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений, 2-е изд.: Пер. с англ. — М. : Издательский дом “Вильямс”, 2008. — 528 с. : ил.
14. С.В. Яблонский. Введение в дискретную математику: Учеб. пособие для вузов /Под ред. В.А. Садовниченко. — 4-е изд., стер. — М.: Высш шк.; 2003. — 384 с.
15. Касьянов В.Н., Касьянова Е.В. Теория вычислений — Новосибирск.: НГУ, 2018. — 196 с. (см. <https://e-lib.nsu.ru/reader/bookView.html?params=UmVzb3VyY2UtNDE5MQ/cGFnZTAwM DAw>)
16. Загорюлько Ю.А., Загорюлько Г.Б. Инженерия знаний: учеб. пособие. Новосиб. гос. ун-т. — Новосибирск: РИЦ НГУ, 2016. 93 с.



URL: <http://e-lib.nsu.ru/dsweb/Get/Resource-1052/page001.pdf>

17. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. - СПб.: Питер, 2000. - 384 с. (Б)
18. Попов Э.В. Экспертные системы: решение неформальных задач в диалоге с ЭВМ. - М.: Наука, 1987.

### **Дополнительная литература**

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. — СПб.: БХВ- Петербург, 2002. — 608 с.: ил.
2. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влиссидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. — СПб.: Питер, 2015. — 368 с.: ил.
3. Кайт Т.. Oracle для профессионалов. Архитектура, методики программирования и особенности версий 9i, 10g и 11g. 2-е изд. : Пер. с англ. — М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2011. — 848 с.: ил.
4. Керниган Б.В., Пайк Р. UNIX — универсальная среда программирования. Пер. с англ. — Предисл. М. И. Белякова. — М.: Финансы и статистика, 1992. — 304 с.
5. Русинович М., Соломон Д. Внутреннее устройство Microsoft Windows. Часть 1. 6-е изд. — СПб.: Питер, 2013. — 800 с.: ил.
6. Русинович М., Соломон Д., Ионеску А. Внутреннее устройство Microsoft Windows. 6-е изд. Основные подсистемы ОС. — СПб.: Питер, 2014. — 672 с.: ил.
7. Касьянов В.Н., Евстигнеев В.А. Графы в программировании: обработка, визуализация, применение — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 1104 с.: ил.