

“计算机科学与技术”课程群

5.1 “计算机程序设计”课程大纲

课程名称：计算机程序设计

Course: Computer Programming

先修课程：无

Prerequisites: None

学分：2

Credits: 2

5.1.1 课程目的和基本内容(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业必修课。

This course is a compulsory course for undergraduates in College of Artificial Intelligence.

课程以计算机程序设计为主线,结合 C/C++/Python 语言,对程序设计的基本理论、面向过程和面向对象程序设计方法展开讨论,同时介绍排序等基本算法。第一章到第三章讨论 C++ 程序设计的数据结构,包括整型、浮点、字符、数组、指针、结构体等。第四和第五章主要讨论 C++ 的控制结构,包括顺序、分支和循环结构。第六和第七章讨论函数的声明、定义、调用、重载以及模板。第八章简要介绍内存模型与名称空间。第九和第十章讨论 C++ 面向对象编程的基本概念、思想和方法,包括类和对象的定义、类的构造函数和析构函数以及类运算符的重载。

课程通过对基本理论、编程方法的学习,帮助学生建立计算机程序设计方面的知识框架。课程采用小组学习模式,并辅之以研究性实验、课堂测验、小组讨论及综述报告等教学手段,训练学生用基本理论和方法分析解决实际问题的能力,掌握计算机程序设计所必须的基本知识和技能。课程通过专门的设计实验使学生巩固和加深理论知识,通过实践进一步加强学生独立分析问题、解决问题的能力,培养综合设计及创新能力,为今后的工作打下良好的基础。

本课程实验环节包括面向 C/C++ 的专门实验以及扩展的 Python 编程实验,学生通过课堂学习已经掌握了程序设计的基础,在实验环节将进一步通过实验扩展学习 Python 基础编程,并进行专门的实验,加强学生的编程拓展学习能力。

The course focuses on computer program design. Based on C/C++ programming language, it discusses the basic theories and the design methods of programming design, Procedure-Oriented and Object-Oriented programming methods, along with the Sort and other basic algorithms. Chapter 1 to Chapter 3 discuss the data structures of C++ programming, including Integer, Float, Character type, Array, Pointer and Structure. Chapter 4 to Chapter 5 mainly discuss the basic control structures of C++, including sequence, branch and loop. Chapter 6 to Chapter 7 discuss the declaration, definition, invoke, overload and template of Functions. Chapter 8 provides a brief introduction to the memory and namespaces. Chapter 9 to Chapter 10 discuss the basic concepts, ideas and methods of Object Oriented Programming including the concept of Class, Object, Constructor, Destructor as well as Operators overloading.

This course helps students build a solid knowledge for the basic principles, methods of programming. The course adopts group study method, supplemented by experiments, in-class tests, discussions and reports to train students the ability of solving practical problems with basic theories and methods and mastering the basic knowledge and skills for computer programming. The course includes several experiments in order to consolidate students' theoretical knowledge of computer programming, further strengthen their ability to analyze and solve problems independently, and develop their comprehensive abilities on system design and innovations.

The experiments of this course include experiments for C/C++ and extended Python programming experiments. Students have studied the basis of programming design through classroom learning, and students will further learn basic Python programming through more experiments. The special experiments will further strengthen students' ability of programming.

5.1.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	计算机程序设计 Computer Programming									
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		<div>计算机科学与技术</div> <div><div>必修 (学分)</div><div>计算机程序设计(2) 数据结构与算法(3) 计算机体系结构(3) 理论计算机科学的重要思想(1)</div><div><div>选修 (学分)</div><div>3D 计算机图形学(2) 智能感知与移动计算(2)</div></div></div>	
	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春		
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群必修课									
学 分	2 学分									
总 学 时	52 学时 (授课 32 学时、实验 20 学时)									
授课学时分配	课堂讲授(32 学时)									
先修课程	无									
后续课程	数据结构与算法									
教学方式	课堂教学、编程实验									
考核方式	课程结束机试成绩占 50%，机试成绩占 30%，实验成绩占 15%，考勤占 5%									
参考教材	Prata S. C++ Primer Plus[M]. 6 版. 北京：人民邮电出版社,2015.									
参考资料	1. Prata S. C++ Primer Plus[M]. 张海龙,译. 6 版. 北京：人民邮电出版社,2012. 2. Lippman S. C++ Primer[M]. 5 版. 北京：电子工业出版社,2013. 3. Matthes E. Python 编程：从入门到实践[M]. 3 版. 袁国中,译. 北京：人民邮电出版社,2023. 4. Shaw Z A. 笨办法学 Python 3[M]. 王巍巍,译. 北京：人民邮电出版社,2018.									
其他信息										

5.1.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

- (1) 熟悉基本数据结构,能够基于基本数据结构定义和使用变量;
- (2) 系统掌握结构化程序设计方法的特点,初步建立程序设计的概念。熟练掌握程序的三种基本结构,深刻理解顺序、选择、循环三种逻辑在程序设计中的作用;
- (3) 建立数据顺序存储的概念,深刻理解数据顺序存储的意义、作用,掌握数组的定义和使用,掌握数组编程技巧;
- (4) 了解函数的声明、定义和函数调用;
- (5) 掌握指针的概念和使用,认识指针的作用和意义,弄清指针与数组的关系,了解使用指针指向数组在程序设计所带来的方便;
- (6) 了解结构体的定义、引用和结构体数组的定义和引用;
- (7) 理解面向对象的基本概念,掌握类和对象的定义和使用;
- (8) 熟悉构造函数、析构函数和 this 指针的基本原理和使用方法;
- (9) 掌握类中运算符重载的原理和方法,理解函数和类模板的概念。
- (10) 拓展程序设计语言 Python 的基本概念、语法。
- (11) 掌握 Python 编程实验的基本方法、基本程序设计及相关库。

5.1.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

绪论 (Introduction)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
0.1	绪论 Introduction	1	(1) 计算机编程语言的发展 (2) 面向过程和面向对象编程的比较 (3) C++ 程序开发工具 (1) The development of computer programming language (2) The comparison of Procedure-Oriented and OO programming (3) The tools for C++ programming

第一章 C++初步(C++ Initials)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1.1	C++ 基本知识 C++ initials	2	(1) 程序运行的起点-main 函数 (2) C++ 注释和源代码的格式化 (3) C++ 预处理器和 iostream 文件 (4) 头文件和名字空间 (5) Cout 进行输出 (1) The main function (2) C++ comments and source code formatting (3) The preprocessor and the iostream file (4) Header file and name space (5) Output with Cout
1.2	C++ 语句 C++ statement		(1) 声明语句和变量 (2) 赋值语句 (3) Cin 进行输入 (4) Cin 和 Cout-初次使用类 (1) Declaration statement and variable (2) Assignment statement (3) Using Cin (4) Cin and Cout: a touch of class
1.3	函数 Function		(1) 带返回值的函数 (2) 函数变体 (3) 用户定义函数 (4) 用户定义有返回值的函数 (1) A function with a return value (2) Function variation (3) User-defined function (4) Using a user-defined function that has a return value

第二章 处理数据(Dealing with Data)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.1	简单变量 Simple variable	2	(1) 变量名 (2) 整型 (3) 整型 short、int、long 和 long long (4) 无符号类型 (5) 选择整型类型 (6) 常量类型 (7) char 类型 (8) bool 类型 (9) const 限定符 (1) Name for variable (2) Integer type (3) The short, int, long, and long long integer types (4) Unsigned type (5) Choosing an integer type (6) Integer literal (7) The char type (8) The bool type (9) The const qualifier
2.2	浮点数 Floating-point number		(1) 浮点数 (2) 浮点类型 (3) 浮点常量 (1) Floating number (2) Floating-point type (3) Floating-point constant
2.3	C++ 算术运算符 C++ arithmetic operator		(1) 运算符的优先级和结合性 (2) 除法运算符 (3) 取模 (4) 类型转换 (1) Order of operation: operator precedence and associativity (2) Division diversion (3) The modulus operator (4) Type conversion

第三章 复合类型(Compound Type)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.1	数组 Introducing array	2	(1) 数组介绍 (2) 数组初始化规则 (1) Introduction of array (2) Initialization rules for array
3.2	字符串 String		(1) 拼接字符串常量 (2) 数组中使用字符串 (3) 字符串输入 (4) 每次读取一行字符串输入 (5) 混合输入字符串和数字 (1) Concatenating string literal (2) Using string in an array (3) Adventure in string input (4) Reading string input a line at a time (5) Mixing string and numeric input
3.3	string 类 Introducing the string class		(1) string 类 (2) 赋值、拼接和附加以及其他操作 (3) string 类 I/O (1) String class (2) Assignment, concatenation, and appending (3) I/O of string
3.4	结构简介 Introducing structure	2	(1) 在程序中使用结构 (2) 结构属性 (3) 结构数组 (1) Using a structure in a program (2) Properties of structure (3) Array of structure
3.5	指针和自由存储空间 Pointers and the free store		(1) 声明和初始化指针 (2) 指针和数字 (3) 使用 new (4) 使用 delete (1) Declaring and initializing pointer (2) Pointer and number (3) Allocating memory using new (4) Freeing memory with delete

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.6	指针、数组和指针算术 Pointer,array,and pointer arithmetic		(1) 指针小结 (2) 指针和字符串 (3) 使用 new 创建动态结构 (4) 自动存储、静态存储和动态存储 (1) Summarizing pointer (2) Pointer and string (3) Using new to create dynamic structure (4) Automatic storage,static storage,and dynamic storage

第四章 循环和关系表达式(Loops and Relational Expression)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.1	for 语句 Introducing for loop	2	(1) for 循环的组成部分 (2) 修改步长 (3) 使用 for 访问字符串 (4) ++和-- (5) 复合赋值运算符 (6) 复合语句 (7) 关系表达式 (8) 赋值、比较 (9) C-风格字符串的比较 (10) 比较 string 类字符串 (11) 冒泡排序 (1) Parts of a for loop (2) Changing the step size (3) Inside strings with the for loop (4) ++ and -- (5) Combination assignment operators (6) Compound statement,or block (7) Relational expression (8) Assignment and comparison (9) Comparing C-style string (10) Comparing string class string (11) Bubble sort algorithm

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.2	while 循环和 do while 循环 The while loop and do while loop	1	(1) for 与 while (2) 编写延时循环 (3) do while 循环 (4) 循环和文本输入 (5) 嵌套循环和二维数组 (1) The for and while (2) Building a time-delay loop (3) The loop of do while (4) Loops and text input (5) Nested loop and tow-dimensional array

第五章 分支语句和逻辑运算符(Branching Statement and Logical Operation)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.1	if 语句 The if statement	2	(1) if else 语句 (2) 格式化 if else 语句 (3) if else if else 语句 (1) The if else statement (2) Formatting if else statement (3) The if else if else construction
5.2	逻辑表达式 Logical expressions		(1) 逻辑 OR 运算符 (2) 逻辑 AND 运算符 && (3) 用 && 来设置取值范围 (4) 逻辑 NOT 运算符 ! (5) 逻辑运算符细节 (6) 字符函数库 ctype (7) ?: 运算符 (8) switch 语句 (9) break 和 continue 语句 (1) The logical OR operator (2) The logical AND operator && (3) Setting up range with &&

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.2	逻辑表达式 Logical expression		(4) The logical NOT operator ! (5) Logical operator fact (6) The ctype library of character Function (7) The ? : operator (8) The switch statement (9) The break and continue statement

第六章 函数——C++的编程模块(Functions: C++'s Programming Module)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.1	函数的基本知识 Function review	2	(1) 定义函数 (2) 函数原型和函数调用 (1) Defining a function (2) Prototyping and calling a function
6.2	函数参数和按值传递 Function argument and passing by value		(1) 多个参数 (2) 接受两个参数的函数 (1) Multiple argument (2) Another two-argument function
6.3	函数和数组 Function and array	2	(1) 函数如何使用指针来处理数组 (2) 数组作为参数 (3) 数组函数实例 (4) 使用数组区间的函数 (5) 指针和 const (6) 函数和二维数组 (1) How pointer enable array-processing function (2) The implications of using array as argument (3) More array function example (4) Function using array range (5) Pointer and const (6) Function and two-dimensional array

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.4	函数和 C-风格字符串 Function and C-Style string		(1) C-风格字符串作为参数 (2) 返回 C-风格字符串 (1) Functions with C-style string argument (2) Functions that return C-style string
6.5	函数和结构、 string 和 array 对象 Function and structure,string and array object		(1) 传递和返回结构 (2) 传递结构的地址 (3) 函数和 string 对象 (4) 函数和 array 对象 (1) Passing and returning structures (2) Passing structure addresses (3) Functions and string class objects (4) Functions and array objects
6.6	递归 Recursion	2	(1) 单一递归调用 (2) 多重递归调用 (1) Recursion and a single recursive call (2) Recursion with multiple recursive call

第七章 函数探幽(Adventure in Function)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.1	C++ 内联函数 C++ inline function	2	(1) 内联函数使用 (1) Using inline function

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.2	引用变量 Reference variable		<div><div>(1) 创建引用变量</div><div>(2) 将引用作为函数参数</div><div>(3) 引用的属性</div><div>(4) 引用和结构</div><div>(5) 引用和类</div><div>(6) 对象、继承和引用</div><div>(7) 何时使用引用</div></div> <div><div>(1) Creating a reference variable</div><div>(2) Reference as function parameter</div><div>(3) Reference properties</div><div>(4) Using reference with a structure</div><div>(5) Using reference with a class object</div><div>(6) Objects,inherintance and reference</div><div>(7) When to use reference argument</div></div>
7.3	函数重载 Function overloading		<div><div>(1) 函数重载</div><div>(2) 何时使用函数重载</div></div> <div><div>(1) An overloading example</div><div>(2) When to use function overloading</div></div>
7.4	函数模板 Function template		<div><div>(1) 重载的模板</div><div>(2) 模板的局限性</div><div>(3) 显式具体化</div><div>(4) 实例化和具体化</div></div> <div><div>(1) Overloaded template</div><div>(2) Template limitation</div><div>(3) Explicit specialization</div><div>(4) Instantiations and specialization</div></div>

第八章 内存模型和名称空间(Memory Model and Namespace)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
8.1	单独编译 Separate compilation	2	(1) 单独编译 (1) Separate compilation
8.2	存储持续性、 作用域和连接性 Storage duration, scope, and linkage		(1) 作用域和链接 (2) 自动存储持续性 (3) 静态持续变量 (4) 静态持续性、外部链接性 (5) 静态持续性、内部链接性 (6) 静态存储持续性、无链接性 (7) 说明符和限定符 (8) 函数和链接性 (9) 语言链接性 (10) 存储方案和动态分配 (1) Scope and linkage (2) Automatic storage duration (3) Static duration variables (4) Static duration, external linkage (5) Static duration, internal linkage (6) Static storage duration, no linkage (7) Specifier and qualifier (8) Function and linkage (9) Language linking (10) Storage schemes and dynamic allocation
8.3	名称空间 Name space	2	(1) 传统的 C++ 名字空间 (2) 新的名字空间特性 (3) 实例 (1) Traditional C++ namespace (2) New namespace features (3) A namespace example

第九章 对象和类(Objects and Class)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
9.1	过程性编程和 OO 编程 Procedural and OO Programming	2	(1) 过程性编程和 OO 编程 (1) Procedural and OO Programming
9.2	抽象和类 Abstraction and Class		(1) 类型 (2) C++ 中的类 (3) 实现类成员函数 (4) 使用类 (5) 修改实现 (1) Type (2) Class in C++ (3) Implementing class member function (4) Using class (5) Changing the implementation
9.3	类的构造函数 和析构函数 Class constructor and destructor	2	(1) 声明和定义构造函数 (2) 使用构造函数 (3) 默认构造函数 (4) 析构函数 (5) 改进 stock 类 (6) 构造函数和析构函数小结 (1) Declaring and defining constructor (2) Using constructor (3) Default constructor (4) Destructor (5) Improving the stock class (6) Conclusion of constructor and destructor function
9.4	this 指针 The this pointer		(1) this 指针的概念 (2) this 指针的使用场景 (1) The definition of this pointer (2) The using scenarios for this pointer

第十章 使用类(Working with Class)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
10.1	运算符重载 Operator overloading	2	(1) 运算符重载 (1) Operator overloading
10.2	运算符重载实例 Developing an operator overloading example		(1) 加法运算符 (2) 重载限制 (3) 重载其他运算符 (1) Adding an addition operator (2) Overloading restriction (3) More overload operator

5.1.5 实验环节(Experiments)

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	C++ 编程训练 1: 输入输出格式化控制、数据类型、 表达式、程序控制结构 C++ programming training 1: I/O,data type,expression, loop,branch	2	(1) 标准化输入与输出 (2) 基本数据类型 (3) 表达式 (4) if-else 语句与 switch 语句 (5) while 与 do-while 循环结构 (1) Standard input and output (2) Basic data type (3) Expression (4) if-else and switch statements (5) while loop and do-while loop

续表

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2	C++ 编程训练 2: 指针、数组、字符串、 函数、结构体 C++ programming training 2: pointer,array,string, function,structure	2	(1) 一维数组、二维数组 (2) 字符串操作 (3) 指针地址传送、指针内容获取 (4) 函数的定义和调用 (5) 结构体的定义和使用 (1) One-dimensional array and two-dimensional array (2) String operation (3) The address and content transfer for pointer operation (4) The definition and calling of function (5) The definition and use of structure
3	C++ 编程训练 3: 类与对象、类的构造与析构函数、 继承与派生、友元与多态、重载 C++ programming training 3: class and object,constructor and destructor,inheritance and derivation,friend and polymorphism,overload	2	(1) 类和对象的定义 (2) 类的构造函数和析构函数 (3) 类的继承和派生 (4) 友元、多态和重载 (1) The definition of class and object (2) Constructor and destructor function of class (3) Class inheritance and derivation (4) Friend, polymorphism and overload
4	C++ 编程训练 4: 完整的学籍管理信息 系统的程序训练 C++ programming training 4: student status management program training	4	(1) 学籍信息系统需求分析 (2) 学籍信息系统概要设计 (3) 学籍信息系统详细设计 (4) 文件打开、关闭、读取、存储 (1) Requirement analysis of the information system (2) Outline design of the information system (3) Detailed design of the information system (4) The operations of open, close, read and write for file system

续表

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5	Python 编程拓展 1: Python 基本语法、数据类型 Python Programming training 1: Python basic grammar and data type	2	(1) Python 编程环境配置和程序运行调试 (2) 输入输出格式化控制 (3) 变量、字符串、数字、注释 (1) Python programming environment configuration and debugging method (2) Input and output (3) Variable, string, number, comment
6	Python 编程拓展 2: 程序控制结构、组合数据类型 Python Programming training 2: branch, loop, exception and composite data type	2	(1) 分支结构 (2) 循环结构 (3) 程序异常处理 (4) 列表 (5) 元组 (6) 字典 (7) 集合 (1) Branch (2) Loop (3) Program exception handling (4) List (5) Tuple (6) Dictionary (7) Set
7	Python 编程拓展 3: 函数、类、模块 Python Programming training 3: function, class, module	2	(1) 函数概念和使用 (2) 类的创建和使用 (3) 模块安装和使用 (1) Concept and usage of function (2) Creation and usage of class (3) Installation and usage of module
8	Python 编程拓展 4: 数据组织和文件读写 Python Programming training 4: data organization and file operation	2	(1) 文件数据读取 (2) 文件数据写入 (3) 文件异常处理 (4) Txt、csv、json、xlsx、jpg 文件读写实例 (1) File data reading (2) File data writing (3) File exception handling (4) Txt, csv, json, xlsx, jpg file operation practice

续表

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
9	Python 编程拓展 5: 标准库和第三方库 Python Programming training 5: standard and third-party libraries	2	(1) 第三方库安装方法 (2) Numpy, SciPy, Pandas, Matplotlib (3) OpenCV, Scikit-learn, Pytorch (4) Pybind11 (1) Third-party library installation method (2) Numpy, SciPy, Pandas, Matplotlib (3) OpenCV, Scikit-learn, Pytorch (4) Pybind11

大纲制定者：唐亚哲副教授(西安交通大学计算机科学与技术学院)、李昊副教授(西安交通大学计算机科学与技术学院)、刘龙军副教授(西安交通大学人工智能学院)、张玥工程师(西安交通大学人工智能学院)

大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版修订工作组

5.2 “数据结构与算法”课程大纲

课程名称：数据结构与算法

Course: Data Structure and Algorithm

先修课程：计算机程序设计

Prerequisites: Computer Programming

学分：3

Credits: 3

5.2.1 课程目的和基本要求(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业必修课。

This course is a compulsory course for undergraduates in College of Artificial Intelligence.

本课程培养学生的数据抽象能力,学会分析研究计算机加工的数据结构的特性,以便为应用涉及的数据选择适当的逻辑结构、存储结构及实现应用的相应算法,初步掌握分析算法的时间和空间复杂度的技术,以及算法设计方法。本课程的内容注重数据结构基础知识、算法设计的核心思想。第一章到第三章主要介绍了本课程基本概念、算法评估的时空复杂的方法、线性表及受限的线性表基本数据结构及操作。第四章扩展线性表为自学内容。第五章和第六章主要讨论高级的数据结构如树结构与图结构的概念及操作。第七章和第八章主要以查找和排序为基本例子介绍了算法设计的概念、方法及步骤等。

通过本课程的学习,使学生了解和掌握数据结构和算法的基本思想,学习分析、设计和实现解决实际问题的策略;使学生了解和基本掌握典型的数据结构类型及其应用;结合实际问题分析,加深对所学知识的理解,并为后续课程和未来的工程实践打下良好的基础。

随着计算机编程语言的发展与丰富,数据结构与算法设计在计算机编程中扮演着重要的角色,掌握好数据结构与算法设计对编程及软件设计等起着非常重要的作用。因此,掌握好本课程的基本概念、基本原理和方法,对学生今后用计算机程序解决实际问题将更加容易。

This course trains students' ability of data abstraction and analyzing the characteristics of data structure processed by computer, so as to select appropriate logical structure, storage structure and corresponding algorithm for data in practical applications. The course also enable students master the analysis methods of time and space complexity, as well as the design method of computer basic algorithms. This course focuses on the basic knowledge of data structure and the core idea of algorithm design. Chapter 1 to Chapter 3 mainly introduce the basic concepts of the course, the time and space complex analysis methods, the basic data structure and operation for the linear table and the restricted linear table. Chapter 4 expands linear list to self-study content. Chapter 5 to Chapter 6 discuss the concepts and operations of advanced data structures such as tree structures and graph structures. Chapter 7 to Chapter 8 mainly introduce the concept, methods and steps for algorithm design based on the basic examples of search and sorting.

Through the study of this course, students can understand and master the basic ideas and common knowledge of data structure and algorithms, learn to analyze, design and solve practical problems. The course enables students to understand and master the typical data structure and their applications, to understand practical programming problem based on the knowledge of this course, and lay a good foundation for follow-up courses and future engineering practice.

With the development and enrichment of computer programming languages, data structure and algorithm design play an important role in computer programming. Mastering data structure and algorithm design are very important for programming and software design. Therefore, mastering the basic concepts, basic principles and methods of this course will make it easier for students to solve practical problems of computer programs in the future.

5.2.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	数据结构与算法 Data Structure and Algorithm										
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		<div>计算机科学与技术</div> <div><div>必修 (学分)</div><div>计算机程序设计(2)</div><div>数据结构与算法(3)</div><div>计算机体系结构(3)</div><div>理论计算机科学的重要思想(1)</div><div>选修 (学分)</div><div>3D 计算机图形学(2)</div><div>智能感知与移动计算(2)</div></div>		
	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春			
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群必修课										
学 分	3 学分										
总 学 时	56 学时 (授课 48 学时、实验 8 学时)										
授课学时分配	课堂讲授(48 学时)										
先修课程	计算机程序设计										
后续课程	人工智能概论、计算机视觉与模式识别										
教学方式	课堂教学										
考核方式	闭卷考试成绩占 70%，平时成绩占 30%										
参考教材	赵仲孟. 数据结构与算法[M]. 北京：高等教育出版社, 2016.										
参考资料	Shaffer C A. 数据结构与算法分析[M]. New York：Dover Publications, 2013.										
其他信息											

5.2.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

- (1) 具备分析掌握基本数据结构及其算法的能力;
- (2) 具备学习分析、设计和实现解决实际问题的能力;
- (3) 掌握基本数据结构概念, 理解线性表的结构及操作, 包括顺序表、链表、栈、队列的增、删、改、查等;

- (4) 掌握高级数据结构类型的结构及操作,理解树与图的建立与遍历等;
- (5) 理解排序与查找算法,了解其他基本的算法,如贪婪算法、分治算法、回溯算法、动态规划等;
- (6) 具备上机编程解决一般应用问题的能力。

5.2.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

第一章 绪论 (Introduction)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1.1	数据结构的基本概念 Basic concept of data structure	2	(1) 数据、数据元素、数据对象、数据结构定义、数据的存储方式 (1) Data, data elements, data objects, data structure, data storage
1.2	抽象数据类型 Abstract data type (ADT)		(1) ADT 的表示和实现 (1) Representation and implementation of ADT
1.3	问题、算法和程序介绍 Introduction of problem, algorithm and program		(1) 问题、算法和程序的定义,算法的特性 (1) Problem, algorithm and program, characteristics of the algorithm
1.4	算法分析概述 Algorithm analysis overview		(1) 渐近算法分析,渐近时间复杂度,算法增长率 (1) Asymptotic algorithm analysis, asymptotic time complexity, algorithm growth rate
1.5	时间复杂度 Time complexity	2	(1) 时间复杂度分析规则 (1) Time complexity analysis rules
1.6	渐近分析 Asymptotic analysis		(1) 上限表示法,下限表示法, Θ 表示法,化简法则 (1) Upper limit representation, lower limit representation, Θ representation, simplification rule
1.7	空间复杂度 Space complexity		(1) 空间复杂度分析方法 (1) Analysis method for spatial complexity

第二章 线性表 (Linear Table)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.1	线性表的定义 A linear table	2	(1) 线性表的定义 (1) A linear table
2.2	线性表的 顺序存储结构 Sequential storage structure of linear tables		(1) 顺序存储结构,顺序存储结构的实现 (1) Sequential storage structure,and implementation of sequential storage structure
2.3	线性表的链式 存储结构 Linked storage structure of linear table	2	(1) 单链表,双向链表,循环链表 (1) Single linked list, doubly linked list, circularly linked list
2.4	线性表的应用举例 Application examples for linear table	2	(1) 一元多项式的表示,商品链更新 (1) Representation of unary polynomial,commodity chain update

第三章 受限线性表——栈、队列及串 (Restricted Linear Tables-Stack, Queue, and String)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.1	操作受限线性表——栈 Operational restricted linear table-stack	2	(1) 栈的定义,栈的抽象数据类型定义 (1) Stack,abstract data type
3.2	栈的存储结构 Storage structure of stack		(1) 顺序栈,链栈 (1) The sequence stack and chain stack
3.3	栈的应用 Applications of stack	2	(1) 括号匹配检验,栈与递归 (1) Bracket matching test,stack and recursion
3.4	操作受限线性 表-队列 Operational restricted linear table-queue		(1) 队列的定义,队列的抽象数据类型定义 (1) Queue,abstract data type definition of queue

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.5	队列的存储 结构及实现 Storage structure and implementation of queue		(1) 顺序队列的概念及实现,队列的链式存储结构及实现 (1) The concept and implementation of the sequence queue and chain queue
3.6	队列的应用 Applications of queue		(1) 杨辉三角形,火车车厢重排 (1) Yang Hui triangle, train compartment rearrangement

第四章 扩展线性表—数组与广义表 (Extended Linear Tables-Array and Generalized Table)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.1	数组与广义表 Arrays and generalized table	0 (自学)	(1) 数组与广义表的概念与操作 (1) The concept and operations of array and generalized table

第五章 树和二叉树 (Tree and Binary Tree)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.1	树的概念 The concept of tree	2	(1) 树的概念,相关的基本术语 (1) The concept of tree and basic terminologies
5.2	二叉树 Binary tree		(1) 二叉树的概念,二叉树的主要性质,二叉树的存储结构 (1) The concept of a binary tree, the main property of a binary tree and the storage structure of a binary tree

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.3	二叉树的遍历 Traversal of binary tree	2	(1) 二叉树的先序遍历 (2) 二叉树的中序遍历 (3) 二叉树的后序遍历 (1) Preorder traversal of binary tree (2) In-order traversal of binary tree (3) The post-order traversal of the binary tree
5.4	二叉树的应用 1: 哈夫曼树 Application of binary tree 1: Huffman tree	2	(1) 哈夫曼树的构造 (2) 哈夫曼编码 (1) Huffman tree construction (2) Huffman coding
5.5	二叉树的应用 2: 二叉查找树 Binary tree application 2: binary search tree		(1) 二叉查找树的概念 (2) 二叉查找树的查找 (3) 二叉查找树的插入 (4) 二叉查找树的删除 (1) The concept of binary search tree (2) Search of binary search tree (3) Insertion of binary search tree (4) Deletion of binary search tree
5.6	二叉树的应用 3: 平衡二叉查找树 Binary tree application 3: balanced binary search tree	2	(1) 平衡二叉树的定义 (2) 平衡化旋转 (3) 平衡二叉查找树的插入 (4) 平衡二叉查找树的删除 (1) The concept of balanced binary tree (2) Balance rotation (3) The insertion operation in a balance binary search tree (4) The deletion operation of a balanced binary search tree

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.7	二叉树的应用 4: 堆与优先队列 Binary tree application 4: heap and priority queue	2	(1) 堆与优先队列的概念及实现 (2) 堆的插入和堆顶删除 (1) Heap and priority queue concept and implementation (2) Heap insertion and heap top deletion
5.8	树与森林 Tree and forest		(1) 树的存储结构 (2) 树、森林与二叉树的转换 (3) 树与森林的遍历 (1) Tree storage structure (2) Tree,forest and binary tree transformation (3) Tree and forest traversal

第六章 图 (Graphics)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.1	图的概念 The concept of graphics	2	(1) 图的定点、边,无向图,有向图,带权图,无环图,连通图 (1) Fixed point, edge, undirected graph, directed graph, weighted graph, acyclic graph, connected graph
6.2	图的存储结构 Storage structure of graphics		(1) 邻接矩阵存储方法 (2) 邻接表存储方法 (1) Adjacency matrix storage method (2) Adjacency table storage method

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.3	图的遍历 Traversal of graphs	2	(1) 深度优先搜索 (2) 广度优先搜索 (1) Depth-first search (2) Breadth-first search
6.4	图的应用 1: 拓扑排序 Application of graphs 1: topological sorting		(1) 图谱排序的概念 (2) 拓扑排序算法 (1) The concept of map ordering (2) Topological sorting algorithm
6.5	图的应用 2: 关键路径 Application of graphs 2: critical Path	2	(1) AOE 网 (2) 关键路径算法 (1) AOE network (2) Critical path algorithm
6.6	图的应用 3: 最短路径 Application of graphs 3: shortest path		(1) 单源点最短路径问题 (2) 任意对顶点之间的最短路径 (1) Single source point shortest path problem (2) The shortest path between any pair of vertices
6.7	图的应用 4: 图的最小生成树 Application of graphs 4: minimum spanning tree	2	(1) 普里姆算法 (2) 克鲁斯卡尔算法 (1) Prim algorithm (2) Kruskal algorithm

第七章 排序算法 (Sorting Algorithm)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.1	排序的基本概念 Basic concept of sorting	2	(1) 排序的含义 (2) 排序算法的稳定性含义 (3) 排序算法的两个因素 (1) The meaning of sorting (2) The meaning of the stability of the sorting algorithm (3) Two factors of the sorting algorithm
7.2	简单排序 Simple sort		(1) 简单插入排序 (2) 冒泡排序 (3) 简单选择排序 (1) Simple insert sorting (2) Bubble sorting (3) Simple sorting
7.3	高级排序 Advanced sorting	4	(1) 希尔排序 (2) 快速排序 (3) 归并排序 (4) 树形选择排序 1: 锦标赛排序 (5) 树形选择排序 2: 堆排序 (1) Hill sorting (2) Quick sorting (3) Merging and sorting (4) Tree selection sorting 1: tournament sorting (5) Tree selection sorting 2: heap sorting

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.4	关键字比较排序下界问题 Keyword comparison sorting lower bound problem	2	(1) 关键字比较排序下界分析 (1) Keyword comparison sorting lower bound analysis
7.5	非关键字比较的排序 Non-keyword comparison sorting		(1) 基数排序 (2) 多关键字排序 (1) Cardinal sorting (2) Multi-keyword sorting
7.6	各种排序算法的比较 Comparison of various sorting algorithms		(1) 各种排序算法的事件复杂度 (2) 存储和稳定性分析比较 (1) Comparison of event complexity (2) Storage and stability analysis of various sorting algorithms

第八章 查找算法 (Search Algorithm)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
8.1	查找的基本概念 Basic concept of search algorithm	2	(1) 查找操作的概念 (2) 查找表 (1) The concept of search operation (2) Lookup table
8.2	静态查找表 Static lookup table		(1) 顺序表的查找 (2) 折半查找 (1) Lookup of the sequence table (2) Half-interval search

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
8.3	哈希列表 Hash list	2	(1) 哈希函数的常用构建方法 (2) 解决冲突的方法 (3) 哈希表的实现 (4) 哈希表的分析 (1) Common construction methods for hash functions (2) Methods for resolving conflicts (3) Implementation of hash tables (4) Analysis of hash tables
8.4	线性索引, 树形索引: 2-3 树 Linear index, tree index; 2-3 trees	2	(1) 线性索引的概念, 分块索引的定义和实现, 2-3 树 (1) The concept of linear index, the definition and implementation of block index, 2-3 tree
8.5	树形索引: B 树, B+ 树 Tree index; B tree, B+ tree	2	(1) B 树 (2) B+ 树 (1) B tree (2) B+ tree

第九章 其他算法设计(Other algorithms design)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
9.1	其他算法设计 Other algorithms design	0 (自学)	(1) 贪婪算法 (2) 分治算法 (3) 回溯算法 (4) 动态规划 (5) 随机化算法 (1) Greedy algorithm (2) Divide and conquer algorithm (3) Backtracking algorithm (4) Dynamic algorithm (5) Randomization algorithm

5.2.5 实验环节(Experiments)

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	线性表操作实验 Experiments of linear table	2	(1) 顺序表、链表、栈、队列的增、删、改、查操作 (1) Add, delete, change, and search operations of sequence table, linked list, stack, and queue
2	二叉树结构实验 Experiments of Tree structure	2	(1) 树的实现和遍历操作 (1) Implementation and traversal operations of binary tree
3	图结构实验 Experiments of graph structure	2	(1) 图的实现和遍历操作 (1) Implementation and traversal operations of graph
4	排序算法实验 Experiments of sorting algorithm	2	(1) 简单插入排序、冒泡排序、简单选择排序、希尔排序、快速排序、归并排序 (1) Algorithms of insertion sort, bubble sort, selection sort, shell sort, quick sort and merge sort

大纲制定者：朱晓燕副教授(西安交通大学计算机科学与技术学院)、刘龙军副教授(西安交通大学人工智能学院)

大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版修订工作组

5.3 “计算机体系结构”课程大纲

课程名称：计算机体系结构

Course: Computer Architecture

先修课程：数据结构与算法、电子技术与系统

Prerequisites: Data Structure and Algorithm, Electronic Technology and System

学分：3

Credits: 3

5.3.1 课程目的和基本要求(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业必修课。

This course is a compulsory course for undergraduates in College of Artificial Intelligence.

本课程在电子技术与系统先修课程的基础上,特别是结合计算机体系结构最新的发展趋势和技术特点,系统地介绍了高级计算机系统的设计基础、RISC-V 指令集系统结构、高级流水线、超标量处理器、乱序执行等指令集并行技术、层次化存储系统与存储设备、向量处理器,单指令多数据以及 GPGPU 等数据并行技术、线程并行技术、多核处理器、片上互连网络以及面向领域应用的计算架构,特别是面向以深度学习为代表的人工智能计算应用的加速器设计。

本课程向学生提供了当前计算体系结构的最新知识,使他们能够洞悉体系结构,特别是摩尔定律接近尾声时,面向领域应用的软硬件结合的系统结构设计方法。

The course systematically introduces the design basis of advanced computer system and key techniques including, RISC-V instruction set architecture, advanced pipeline technique, SuperScalar Processor, Out-of-Order Execution, instruction-level parallelism, memory hierarchy design, data-level parallelism in Vector, SIMD and GPGPU architectures, thread-level parallelism, Many/Multi-core, On-Chip Network and domain-specific architecture—especially for accelerator designs that aimed for artificial intelligence applications, like deep neural network.

This course provides students with up-to-date information on current computing platforms, giving them insight into the architecture. Especially when the Moore’s Law is nearing the end, the system structure design method needs combining software and hardware efforts for domain-oriented applications.

5.3.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	计算机体系结构 Computer Architecture										
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		计算机科学与技术		
	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春			
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群必修课										
学 分	3 学分										
总 学 时	48 学时 (授课 48 学时、实验 0 学时)										
授课学时分配	课堂讲授(46 学时), 小组讨论(2 学时)										
必修 (学分)	计算机程序设计(2)										
	数据结构与算法(3)										
	计算机体系结构(3)										
	理论计算机科学的重要思想(1)										
选修 (学分)	3D 计算机图形学(2)										
	智能感知与移动计算(2)										

续表

先修课程	数据结构与算法、电子技术与系统
后续课程	人工智能芯片设计导论
教学方式	课堂教学、大作业与实验、小组讨论、综述报告
考核方式	课程结束笔试成绩占 70%，平时成绩占 20%，考勤占 10%
参考教材	Hennessy J,Patterson D. 计算机体系结构：量化研究方法[M]. 6 版. 贾洪峰,译. 北京：机械工业出版社,2019.
参考资料	Hennessy J,Patterson D. 计算机组成与设计[M]. 5 版. 王党辉,康继昌,安建峰,译. 北京：机械工业出版社,2019.
其他信息	

5.3.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

- (1) 了解高级计算机体系结构的挑战和发展趋势；
- (2) 熟悉计算机体系结构的量化分析方法并有效地指导系统设计；
- (3) 掌握 RISC-V 指令集系统结构；
- (4) 掌握高级流水线和指令集并行技术；
- (5) 掌握层次化存储系统与存储设备；
- (6) 了解向量处理器、单指令多数据以及 GPGPU 等数据并行技术；
- (7) 熟悉线程并行技术；
- (8) 熟悉面向领域应用的计算架构——特别是面向以深度学习为代表的人工智能计算应用的加速器设计。

5.3.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

第一章 量化设计与分析基础(Fundamentals of Quantitative Design and Analysis)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1.1	计算机的分类 Classes of computers		<div>(1) 物联网和嵌入式计算机、个人移动终端、桌面计算、服务器、集群/仓库级计算机、并行度与并行体系结构的分类</div> <div>(1) Internet of Things/embedded computer, personal mobile device, desktop computing, server, cluster/warehouse-scale computer, classes of parallelism and parallel architectures</div>

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1. 2	计算机体系结构定义 Defining computer architecture	2	(1) 指令集体系结构：近距离审视真正的计算机体系结构 (2) 设计满足目标和功能需求的组成和硬件 (1) Instruction set architecture: the myopic view of computer architecture (2) Designing the organization and hardware to meet goals and functional requirements
1. 3	技术趋势 Trends in technology		(1) 带宽胜过延迟、晶体管性能与物理连线的发展 (1) Bandwidth over latency, scaling of transistor performance and wires
1. 4	集成电路中的功率和能耗趋势 Trends in power and energy in integrated circuits		(1) 微处理器内部的能耗和功率 (1) Energy and power within a microprocessor
1. 5	成本趋势 Trends in cost	2	(1) 时间、产量和量产的影响、集成电路的成本、成本与价格、制造成本与运行成本 (1) The impact of time, volume, and commoditization, cost versus price, cost of manufacturing versus cost of operation
1. 6	计算机可靠性 Dependability		(1) 计算机可靠性 (1) Dependability
1. 7	性能的测量、报告和汇总 Measuring, reporting, and summarizing performance		(1) 基准测试、报告性能测试结果、性能结果汇总 (1) Benchmarks, reporting performance results, summarizing performance results

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1. 8	计算机设计的 量化原理 Quantitative principles of computer design		(1) 充分利用并行、局域性原理、重点关注常见情形、阿姆达尔定律、处理器性能公式 (1) Take advantage of parallelism, principle of locality, focus on the common case, Amdahl's law, the processor performance equation
1. 9	融会贯通：性能、 价格和功耗 Putting it All together: performance, price, and power		(1) 性能、价格和功耗的关系 (1) Performance, price, and power

第二章 层次化存储设计(Memory Hierarchy Design)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2. 1	缓存基本概念 Introduction		基本概念 Introduction
2. 2	存储器技术和 优化方法 Memory technology and optimizations	2	(1) SRAM 技术、DRAM 技术 (2) 提高 DRAM 芯片内部的存储器性能 (3) 降低 SDRAM、图形数据 RAM 和闪存中的功耗,提高存储器系统的可靠性 (1) SRAM, DRAM (2) Improving memory performance inside a DRAM chip (3) Reducing power consumption in SDRAM, graphics data RAM, flash memory, enhancing dependability in memory system

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.3	缓存性能的 10 种 高级优化方法 Ten advanced optimizations of cache performance	4	<p>(1) 小而简单的第一级缓存,用以缩短命中时间、降低功率</p> <p>(2) 采用路预测以缩短命中时间</p> <p>(3) 实现缓存访问的流水化,以提高缓存带宽</p> <p>(4) 采用无阻塞缓存,以提高缓存带宽</p> <p>(5) 关键字优先和提前重启动以降低缺失代价</p> <p>(6) 合并写缓冲区以降低缺失代价</p> <p>(7) 采用编译器优化以降低缺失率</p> <p>(8) 对指令和数据进行硬件预取,以降低缺失代价或缺失率</p> <p>(9) 用编译器控制预取,以降低缺失代价或缺失率</p> <p>(10) 采用 HBM 技术增加存储层次</p> <p>(1) Small and simple first-level caches to reduce hit time and power</p> <p>(2) Way prediction to reduce hit Time</p> <p>(3) Pipelined access and multi-banked caches to increase bandwidth</p> <p>(4) Nonblocking caches to increase cache bandwidth</p> <p>(5) Critical word first and early restart to reduce miss penalty</p> <p>(6) Merging write buffer to reduce miss penalty</p> <p>(7) Compiler optimizations to reduce miss rate</p> <p>(8) Hardware prefetching of instructions and data to reduce miss penalty or miss rate</p> <p>(9) Compiler-controlled prefetching to reduce miss penalty or miss rate</p> <p>(10) Using HBM to extend the memory hierarchy</p>

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.4	虚拟存储器和虚拟机 Virtual memory and virtual machine	4	(1) 通过虚拟存储器提供保护,对虚拟机监视器的要求,虚拟机(缺少)的指令集体系结构支持 (2) 虚拟机对虚拟存储器和 I/O 的影响 (3) VMM 实例: Xen 虚拟机 (1) Protection via virtual memory, protection via virtual machine, requirements of a virtual machine monitor, instruction set architecture support for virtual machine (2) Impact of virtual machine on virtual memory and I/O (3) The Xen virtual machine
2.5	存储器层次结构的设计 The design of memory hierarchies	2	(1) 保护和指令集体系结构,缓存数据的一致性 (1) Protection, virtualization, and instruction set architecture
2.6	融会贯通: ARM Cortex-A5 和 Intel Core i7-6700 中的存储器层次结构 Memory hierarchies in the ARM Cortex-A53 and Intel Core i7 6700		(1) ARM Cortex-A5 和 Intel Core i7-6700 中的存储器层次结构 (1) Memory hierarchies in the ARM Cortex-A53 and Intel Core i7-6700

第三章 指令级并行及其开发(Instruction-Level Parallelism and Its Exploitation)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.1	指令级并行： 概念与挑战 Instruction-level parallelism; concepts and challenges	2	(1) 数据相关与冒险 (2) 数据相关,控制相关 (1) Data dependences and hazards (2) Data dependences, control dependences
3.2	揭示 ILP 的基本 编译器技术 Basic compiler techniques for exposing ILP		(1) 基本流水线调度和循环展开 (1) Basic pipeline scheduling and loop unrolling
3.3	用高级分支预测 降低分支成本 Reducing branch costs with advanced branch prediction		(1) 相关分支预测器,竞争预测器:局部预测器与 全局预测器的自适应联合,标记混合预测器 (2) Intel Core i7 分支预测器 (1) Correlating branch predictors, tournament predictors; adaptively combining local and global predictors, tagged hybrid predictors (2) Intel Core i7 branch predictor
3.4	用动态调度 克服数据冒险 Overcoming data hazards with dynamic scheduling	2	(1) 动态调度、使用托马苏洛算法进行动态调度 (1) Dynamic scheduling and using Tomasulo's algorithm for dynamic scheduling
3.5	动态调度: 示例和算法 Dynamic scheduling: examples and the algorithm		(1) 动态调度: 示例和算法 (1) Dynamic scheduling: examples and the algorithm
3.6	基于硬件的推测 Hardware-based speculation		(1) 基于硬件的推测 (1) Hardware-based speculation
3.7	以多发射和静态 调度来开发 ILP Exploiting ILP using multiple issue and static scheduling		(1) 以多发射和静态调度来开发 ILP (1) Exploiting ILP using multiple issue and static scheduling

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.8	以动态调度、多发射和推测来开发 ILP Exploiting ILP using dynamic scheduling, multiple issue, and speculation	2	(1) 以动态调度、多发射和推测来开发 ILP (1) Exploiting ILP using dynamic scheduling, multiple issue, and speculation
3.9	用于指令传送和推测的高级技术 Advanced techniques for instruction delivery and speculation	2	(1) 指令传送和推测的高级技术 (1) Advanced techniques for instruction delivery and speculation
3.10	ILP 方法与存储器系统 Cross-cutting issues		(1) 可实现处理器上 ILP 的局限性、硬件推测与软件推测 (1) Hardware versus software speculation
3.11	多线程：开发线程级并行提高单处理器吞吐 Multithreading: exploiting thread-level parallelism to improve uniprocessor throughput		(1) 同步多线程技术对超标量处理器的作用 (1) Effectiveness of simultaneous multithreading on superscalar processors
3.12	融会贯通：Intel Core i7 6700 和 ARM Cortex-A53 Putting it All together: The Intel Core i7 6700 and ARM Cortex-A53		(1) Intel Core i7 6700 和 ARM Cortex-A53 (1) The Intel Core i7 6700 and ARM Cortex-A53

第四章 数据级并行——向量、SIMD 和 GPU 体系结构(Data-Level Parallelism in Vector, SIMD, and GPU Architectures)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.1	数据级并行简介 Introduction of data-level parallelism	2	(1) 数据级并行 (1) Data-level parallelism
4.2	向量处理器体系结构 Vector architecture		(1) 向量处理器如何工作、向量执行时间、多 赛道 (2) 每个时钟周期超过一个元素、向量长度寄存 器、向量屏蔽寄存器、内存组、处理向量体系 结构中的多维数组、在向量体系结构中处理 稀疏矩阵 (3) 向量体系结构编程 (1) Vector execution time, multiple lanes (2) Beyond one element per clock cycle, vector- length registers: handling loops, supplying bandwidth for vector load/store units, handling multidimensional arrays in vector architectures (3) Vector architectures programming
4.3	单指令多数据指令 (SIMD)对于 多媒体的扩展 SIMD instruction set extensions for multimedia	2	(1) 多媒体 SIMD 体系结构编程 (2) Roofline 可视性能模型 (1) Programming multimedia SIMD architecture (2) The roofline visual performance model

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.4	图形处理器 Graphics Processing Units(GPU)	2	(1) GPU 编程 (2) NVIDIA GPU 计算结构 (3) NVIDIA GPU 指令集体系结构 (4) GPU 中的条件分支 (5) GPU 存储器结构 (6) 帕斯卡 GPU 体系结构中的创新 (7) 向量体系结构与 GPU 的相似与不同 (8) 多媒体 SIMD 计算机与 GPU 之间的相似与不同 (1) Programming the GPU (2) NVIDIA GPU computational structures (3) NVIDIA GPU instruction set architecture (4) Conditional branching in GPU (5) NVIDIA GPU memory structures (6) Innovations in the Pascal GPU architecture (7) Similarities and differences between vector architecture and GPU (8) Similarities and differences between multimedia SIMD computer and GPU
4.5	检测和增强 循环内并行度 Detecting and enhancing loop-level parallelism	2	(1) 查找相关性、消除相关性计算 (1) Finding dependences, eliminating dependent computations
4.6	交叉影响 Cross-cutting issues		(1) 能耗与 DLP (2) 慢而宽与快而窄、分组存储器和图形存储器、步幅访问和 TLB 缺失 (1) Energy and DLP (2) Slow and wide versus fast and narrow, banked memory and graphics memory, strided accesses and TLB misses
4.7	嵌入式和服务器 GPU Putting it All together: embedded versus server GPU and tesla versus Core i7		(1) 移动与服务器 GPU、Tesla 与 Intel Core i7 (1) Embedded versus Server GPU and Tesla Versus Intel Core i7

第五章 线程级并行(Thread-Level Parallelism)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.1	线程级并行简介 Introduction of thread-level parallelism	2	(1) 多处理器体系结构、并行处理的挑战 (1) Multiprocessor architecture: issues and approach, challenges of parallel processing
5.2	集中式共享 存储器体系结构 Centralized shared-memory architecture		(1) 多处理器缓存一致性 (2) 一致性的基本实现方案 (3) 监听一致性协议 (4) 基本一致性协议的扩展 (5) 对称共享存储器多处理器与监听协议的局限性 (6) 多处理器和监听协议 (7) 监听缓存一致性的实施 (1) Multiprocessor cache coherence (2) Basic schemes for enforcing coherence (3) Snooping coherence protocol (4) Extensions to the basic coherence protocol (5) Limitations in symmetric shared-memory (6) Multiprocessors and snooping protocol (7) Implementing snooping cache coherence
5.3	对称共享存储器 多处理器的性能 Performance of symmetric shared-memory multiprocessor	2	(1) 工作负载的性能测量 (2) 多重编程和操作系统工作负载 (3) 多重编程和操作系统工作负载的性能 (1) A multiprogramming (2) OS workload (3) Performance of the multiprogramming and OS workload

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.4	分布式共享存储器 和目录式一致性 Distributed shared- memory and directory- based coherence	2	(1) 目录式缓存一致性协议: 基础知识和举例 (1) Directory-based cache coherence protocols: the basics
5.5	同步 Synchronization		(1) 基本硬件原语、使用一致性实现锁 (1) Basic hardware primitives, implementing locks using coherence
5.6	存储器一致性简介 Models of memory consistency		(1) 程序员的观点、宽松连贯性模型 (1) The programmer's view, relaxed consistency models; the basics and release consistency
5.7	交叉问题 Cross-cutting issues	2	(1) 编译器优化与连贯性模型 (2) 利用推测来隐藏严格连贯性模型中的延迟 (3) 多重处理和多线程的性能增益 (1) Compiler optimization and the consistency model (2) Using speculation to hide latency in strict consistency models (3) Performance gains from multiprocessing and multithreading
5.8	多核处理器及其性能 Multicore processors and their performance		(1) 多核处理器及其性能 (1) Performance of multicore-based multiprocessors on a multiprogrammed workload

第六章 通用图形处理器(General Purpose Graph Processing Unit,GPGPU)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.1	简介 Introduction of GPGPU	2	(1) 通用图形处理器简介 (1) Introduction of GPGPU
6.2	GPGPU 的工作方式和 编程模型 Programming mode of GPGPU		(1) 异构协处理器 (2) 块和线程的组织方式 (3) 显存的管理及 Kernel 执行 (1) Heterogeneous CPU-GPU system (2) Block and arrays of parallel threads (3) Device memory management and kernel execution
6.3	GPGPU 的存储结构 Memory structure of GPGPU		(1) 局部存储、共享存储、全局存储 (1) Local Memory, shared memory and global memory
6.4	GPGPU 计算架构 及编程示例 GPGPU architecture and programming examples		(1) GPGPU 的硬件执行和调度模式 (2) Warp 的工作模式 (3) 分支散度以及动态合并 (4) 存储散度以及地址合并 (1) Hardware execution and scheduling mode of GPGPU (2) Warp grouping and dispatch (3) Branch divergence and dynamic warp Formation (4) Memory divergence and address coalescing

第七章 面向领域应用的计算机体系结构(Domain-Specific Architecture)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.1	简介 Introduction of domain-specific architecture	2	(1) 面向领域应用的计算机简介 (1) Introduction of domain-specific architecture
7.2	深度神经网络计算介绍 Deep neural network		(1) DNN 神经元 (2) 训练与推理 (3) 多层感知器 (4) 卷积神经网络 (5) 递归神经网络 (6) 批量,量化 (1) The Neurons of DNN (2) Training versus inference (3) Multilayer perceptron (4) Convolutional neural network (5) Recurrent neural network (6) Batches, quantization
7.3	谷歌 TPU Google TPU	2	(1) TPU 体系结构、指令集、微体系机构、实现、软件和改进方法 (1) TPU architecture, TPU instruction set architecture, TPU microarchitecture, TPU implementation, TPU software, improving the TPU
7.4	微软 Catapult Microsoft Catapult		(1) 微软 Catapult 灵活的数据中心加速,结构、软件、卷积神经网络运行、搜索加速 (1) Microsoft Catapult, a flexible data center accelerator, Catapult implementation and architecture, Catapult software, CNN on Catapult, search acceleration on Catapult
7.5	英特尔 Crest Intel Crest		(1) 用于加速训练的英特尔 Crest 数据中心加速器 (1) Intel Crest, a data center accelerator for training

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.6	个人移动计算图像处理 A personal mobile device image processing unit	2	(1) 个人移动计算图像处理器和指令集 (1) Personal mobile device image processing unit, pixel visual core instruction set architecture
7.7	GPGPU、CPU、DNN 加速器比较 CPU versus GPGPU versus DNN accelerator		(1) GPGPU、CPU、DNN 加速器性能、执行时间、吞吐率、能效比等 (1) GPGPU versus DNN accelerators, performance: rooflines, response time, and throughput, cost-performance, TCO, and performance/watt

大纲指导者：郑南宁教授(西安交通大学人工智能学院)

大纲制定者：任鹏举教授(西安交通大学人工智能学院)、赵文哲助理教授(西安交通大学人工智能学院)、夏天副教授(西安交通大学人工智能学院)

大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版修订工作组

5.4 “理论计算机科学的重要思想”课程大纲

课程名称：理论计算机科学的重要思想

Course: Great Ideas in Theoretical Computer Science

先修课程：无

Prerequisites: None

学分：1

Credits: 1

5.4.1 课程目的和基本内容(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业必修课。

This course is a compulsory course for undergraduates in College of Artificial Intelligence.

课程以理论计算机科学的核心思想为主线,对确定型算法、随机化算法、可计算性理论、密码学、博弈论、数论、数值线性代数等展开讨论,着重介绍其中使用的严格的数学论证方法。除绪论之外,第一章到第七章在以上每个领域分别选择一个具体课题进行讨论,包括图灵机停机问题、卡拉楚巴算法、拉斯维加斯算法与蒙特卡洛算法、零知识证明、纳什均衡、连分数与无理数的逼近、条件数与病态矩阵等等。

本课程通过对基本理论和解题方法的学习,帮助学生建立关于理论计算机科学的初步印象。课程采用师生互动的课堂讲授模式,鼓励学生积极参与到论证和推导之中,予以学生充分的问题解决训练,力求在课程完成后学生能够初步掌握理论计算机科学的思维模式和工作方法。通过解题训练,进一步加强学生的问题求解能力、综合理解能力和书面表达能力,培养严谨科学的作风,为今后从学习走向研究打下扎实的基础。

随着人类进入信息时代,理论计算机科学不仅继续在信息技术领域做出重要贡献,而且将其影响扩展到社会的方方面面。因此,学习好理论计算机科学的重要思想和解题方法对于下一代科学技术人才有着极其深远的意义。在学习完本课程之后,每当面临新的技术挑战时,学生应当知晓理论计算机科学可以提供给自己的强有力的工具和方法。通过运用这些工具和方法,并将其与实践结合,有望取得更大、更多的创新成果。

This course focuses on the key idea of theoretical computer science and covers topics like deterministic algorithms, randomized algorithms, computability theory, cryptography, game theory, discrete mathematics, and numerical linear algebra, especially introducing the rigorous mathematical proofs. Chapter 1 to Chapter 7 discuss one specific problem from one of the above topics, respectively, including Halting Problem of Turing Machine, Karatsuba Algorithm, Las Vegas Algorithm and Monte Carlo Algorithm, Zero-Knowledge Proofs, Nash Equilibrium, Continued Fractions and Approximation of Irrationals, Condition Numbers of Matrices and Ill-Conditioned Matrices, etc.

This course helps students have a preliminary understanding of theoretical computer science through the study of basic theories and problem-solving methods. The course adopts an interactive teaching strategy, encourages students to actively participate in demonstrating and deducing problems, and gives students sufficient

training on solving problem, and strives to master the basic idea and method of theoretical computer science after the course is completed. Through problem-solving training, students' problem solving ability, comprehensive understanding ability and writing skills will be further strengthened, and a rigorous and scientific style will be cultivated, laying a solid foundation from learning to research in the future.

As humans enter the information age, theoretical computer science not only continues to make important contributions in the field of information technology, but also extends its influence to all aspects of society. Therefore, learning the important ideas and solving methods of theoretical computer science has far-reaching significance for the next generation of scientific and technological talents. After completing this course, students should be aware of the powerful tools and methods that theoretical computer science can provide to them whenever they face new technical challenges. By applying these tools and methods, and combining them with practice, it is expected to achieve greater and more innovative results.

5.4.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	理论计算机科学的重要思想 Great Ideas in Theoretical Computer Science																				
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		<table><tr><th colspan="2">计算机科学与技术</th></tr><tr><td rowspan="3">必修 (学分)</td><td>计算机程序设计(2)</td></tr><tr><td>数据结构与算法(3)</td></tr><tr><td>计算机体系结构(3)</td></tr><tr><td rowspan="2">选修 (学分)</td><td>理论计算机科学的重要思想(1)</td></tr><tr><td>3D 计算机图形学(2)</td></tr><tr><td></td><td>智能感知与移动计算(2)</td></tr></table>		计算机科学与技术		必修 (学分)	计算机程序设计(2)	数据结构与算法(3)	计算机体系结构(3)	选修 (学分)	理论计算机科学的重要思想(1)	3D 计算机图形学(2)		智能感知与移动计算(2)
	计算机科学与技术																				
必修 (学分)	计算机程序设计(2)																				
	数据结构与算法(3)																				
	计算机体系结构(3)																				
选修 (学分)	理论计算机科学的重要思想(1)																				
	3D 计算机图形学(2)																				
	智能感知与移动计算(2)																				
秋	春	秋春	小学期	秋	春	秋	春														
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群必修课																				
学 分	1 学分																				
总 学 时	16 学时 (授课 16 学时、实验 0 学时)																				
授课学时分配	课堂讲授(14 学时), 数学摸底测验(2 学时)																				
先修课程	无																				
后续课程																					
教学方式	课堂讲授、习题演练、小组讨论、综述报告																				
考核方式	平时成绩(含考勤)占 50%,开卷期末考试占 50%																				
参考教材	自编讲义																				
参考资料	1. MIT Open Courseware 6.080/6.089 2. CMU Course 15-251																				
其他信息																					

5.4.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

- (1) 理解图灵机的定义、图灵机停机问题的不可判定性及其证明；
- (2) 理解高精度乘法的算法挑战性,掌握卡拉楚巴算法；
- (3) 掌握拉斯维加斯算法和蒙特卡洛算法的定义,理解二者之间的联系和区别；
- (4) 理解各种零知识证明的定义,初步学会设计零知识证明；
- (5) 理解纳什均衡的定义、理解纳什定理,了解角谷不动点定理与纳什定理之间的关联；
- (6) 掌握代数数、超越数等概念,了解无理数的逼近问题及其重要性；
- (7) 理解条件数与相对误差之间的关系,学会使用条件数来推算相对误差。

5.4.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

绪论 (Introduction)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
0.1	数学摸底考试 Mathematical examination	2	(1) 1.5 小时测验 (2) 对测验题进行简单讲解 (1) A preliminary mathematical screening of 1.5 hour (2) A brief presentation of solutions

第一章 可计算性理论选讲—图灵机停机问题(Lectures on Computational theory: Halting Problem of Turing Machines)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1.1	图灵机 Turing machine	1	(1) 图灵机的定义 (2) 通用图灵机定理 (3) 关于磁带数量的笔记 (1) Definition of Turing machine (2) Universal Turing machine theorem (3) Notes on the number of tapes

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1. 2	递归可枚举 语言与递归语言 Recursive enumerable language and recursive language		(1) 递归可枚举语言的定义 (2) 递归语言的定义 (3) 递归可枚举语言与停机的关系 (4) 递归可枚举语言与递归语言的关系 (1) Definition of recursive enumerable language (2) Definition of recursive language (3) Relationship between recursive enumerable language and halting problem (4) Relationship between recursive enumerable language and recursive language
1. 3	图灵机停机问题 Halting problem of Turing machine	1	(1) 图灵机停机问题 (2) 该问题不可判定性的证明 (3) 赖斯定理 (1) Halting problem of Turing machine (2) Undecidability of the halting problem (3) Rice theorem
1. 4	图灵机停机问题不 可判定性的现实价值 The practical value of the undecidability of the Turing machine shutdown problem		(1) 图灵机停机问题不可判定性在现实中的含 义与价值 (1) Practical implications of the undecidability of halting problem

第二章 确定型算法选讲—卡拉楚巴算法 (Lectures on Deterministic Algorithm: Karatsuba Algorithm)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2. 1	高精度乘法 High precision multiplication	1	(1) 高精度乘法及其算法挑战性 (2) 幼稚算法及其分析 (1) High precision multiplication and its algorithmic challenge (2) A naïve algorithm with analysis

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.2	卡拉楚巴算法 Karatsuba algorithm		(1) 卡拉楚巴算法的基本思想 (2) 算法步骤 (3) 应用 Master 定理的效率分析 (1) The main idea behind Karatsuba algorithm (2) Algorithm specification (3) Efficiency analysis through Master theorem
2.3	不对称型类 卡拉楚巴公式 Asymmetric Karatsuba formula	1	(1) 若干不对称型的类卡拉楚巴公式 (1) Some asymmetric Karatsuba-like formulas

第三章 随机化算法选讲—拉斯维加斯算法与蒙特卡洛算法 (Lectures on Randomization Algorithm: Las Vegas Algorithm and Monte Carlo Algorithm)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.1	随机快排算法 Random quick sort	1	(1) 排序问题 (2) 确定型排序算法及其复杂度 (3) 随机快排算法的基本思想 (4) 随机快排算法的步骤以及效率分析 (1) Sorting problem (2) Deterministic algorithms for sorting and their complexities (3) Basic ideas behind random quick sort (4) Algorithm specification and efficiency analysis

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.2	随机最小割算法 Randomized min cut algorithm	1	(1) 最小割问题 (2) 确定型最小割算法及其复杂度 (3) 随机最小割算法的基本思想 (4) 随机最小割算法的步骤以及效率分析 (1) Min cut problem (2) Deterministic algorithms for min cut (3) Basic ideas behind randomized min cut algorithm (4) Algorithm specification and efficiency analysis
3.3	拉斯维加斯算法与 蒙特卡洛算法 Las Vegas algorithm and Monte Carlo algorithm		(1) 拉斯维加斯算法的定义 (2) 蒙特卡洛算法的定义 (3) 拉斯维加斯算法与蒙特卡洛算法的联系和 区别 (4) 蒙特卡洛算法的分类 (1) Definition of Las Vegas algorithm (2) Definition of Monte Carlo algorithm (3) Connections and differences between Las Vegas algorithm and Monte Carlo algorithm (4) Classification of Monte Carlo algorithms

第四章 密码学选讲—零知识的知识证明 (Lectures on Cryptograhpy: Zero-Knowledge Proof of Knowledge)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.1	交互式证明 Interactive proof	1	(1) 交互式证明的定义、完备性、合理性 (1) Definition of interactive proof system, completeness, soundness

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.2	零知识证明 Zero-knowledge proof	1	(1) 完美零知识证明 (2) 统计零知识证明 (3) 计算零知识证明 (4) 零知识证明实例 (1) Perfect zero-knowledge proof (2) Statistic zero-knowledge proof (3) Computational zero-knowledge proof (4) Examples of zero-knowledge proofs
4.3	零知识的知识证明 Zero-knowledge proof of knowledge	1	(1) 知识证明(知识抽取器) (2) 零知识的知识证明 (3) 零知识与知识证明的悖论 (1) Proof of knowledge (knowledge extractor) (2) Zero-knowledge proof of knowledge (3) Paradox of zero knowledge and proof of knowledge

第五章 博弈论选讲—纳什均衡(Lectures on Game Theory: Nash Equilibrium)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.1	策略博弈 Strategic game	1	(1) 策略博弈的定义与实例 (2) 纯策略与混合策略 (1) Definition and examples of strategic game (2) Pure strategy and mixed strategy
5.2	纳什均衡与纳什定理 Nash equilibrium and Nash theorem		(1) 纳什均衡与最优反馈函数 (2) 角谷不动点定理 (3) 纳什定理及其证明 (1) Nash equilibrium and best response function (2) Kakutani fixed point theorem (3) Nash theorem and its proof

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.3	纳什均衡与其他 解概念之间的关系 Relationship between Nash equilibrium and other equilibrium	1	(1) 纳什均衡与优势策略均衡 (2) 可理性化动作 (3) 帕累托最优之间的关系 (1) Relationship between Nash equilibrium and dominant strategy equilibrium (2) Rationalizable actions (3) Pareto optimality

第六章 数论选讲——连分数与无理数的逼近 (Lectures on Number Theory:
Continued Fraction and Theory of Approximation of Irrationals by Rationals)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.1	有限连分数 Finite continued fraction	1	(1) 有限连分数、收敛子、正商连分数、简单连分 数、有理数的连分数表示 (1) Finite continued fraction, convergent, positive- quotient continued fraction, simple continued fraction, representing rational by continued fraction
6.2	无限连分数 Infinite continued fraction		(1) 无限简单连分数 (2) 无理数的连分数表示 (3) 基于收敛子的近似表示 (1) Infinite simple fraction (2) Representing irrational by continued fraction (3) Approximation by convergent
6.3	无理数的逼近理论 Theory of approximation of irrational by rational		(1) 无理数的逼近问题 (2) 狄利克雷定理 (3) 代数数与超越数 (4) 刘维尔定理 (1) Problem of approximation of irrational by rational (2) Dirichlet argument (3) Algebraic number and transcendental number (4) Liouville theorem

第七章 数值线性代数选讲——条件数和病态矩阵 (Lectures on Numerical Linear Algebra: Condition Number and Ill-Conditioned Matrix)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
7.1	条件数 Condition number	1	(1) 矩阵条件数的定义 (2) 条件数与相对误差的关系 (1) Definition of condition number (2) Relationship between the condition number of a matrix and the relative error of the solution
7.2	奇异值分解与条件数 Singular value of matrix and condition number		(1) 矩阵的奇异值 (2) 奇异值分解 (3) 欧几里得范数与奇异值之间的关系 (4) 条件数与奇异值之间的关系 (5) 利用奇异值分解求解条件数 (1) Singular value of matrix (2) Singular value decomposition (3) Relationship between the Euclidean norm and the singular values (4) Relationship between the condition number and the singular values (5) Computing the condition number through singular value decomposition
7.3	条件数的性质与病态矩阵 Properties of condition number and ill-conditioned matrix	1	(1) 条件数的性质 (2) 利用条件数推算相对误差 (3) 病态矩阵 (1) Properties of condition number (2) Computing relative error from condition number (3) Ill-conditioned matrix

大纲制定者：仲盛教授(南京大学计算机科学与技术系)
大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版修订工作组

5.5 “3D 计算机图形学”课程大纲

课程名称: 3D 计算机图形学

Course: 3D Computer Graphics

先修课程: 线性代数与解析几何、计算机程序设计、数据结构与算法

Prerequisites: Linear Algebra and Analytic Geometry, Computer Programming, Data Structure and Algorithm

学分: 2

Credits: 2

5.5.1 课程目的和基本内容(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业选修课。

This course is an elective course for undergraduates in College of Artificial Intelligence.

图形是由包含几何和属性信息的点、线、面等基本图元构成的可视对象,计算机图形学是研究用计算机表示、生成、处理和显示图形的原理、算法、方法和技术的一门学科。3D 计算机图形学的目的就是从事物的 3D 几何模型产生物体或场景的真实感图形图像。

本课程主要讲述 3D 计算机图形处理的核心概念: 3D 物体的表示、建模与绘制。物体绘制重点讨论多边形网格渲染流水线、局部光照模型、多边形表面光强计算以及光栅化计算的数学原理和算法,真实感图像绘制主要介绍表面纹理映射、阴影生成和全局光照模型。

本课程目的是使学生掌握 3D 计算机图形学的基本方法,了解多边形网格绘制的核心技术。课程要求学生阅读一定的文献资料、完成指定课程实验,培养学生的思考、综合和解决问题能力,奠定计算机图形学领域的基础知识和基本技术能力。

A graphic is a visual object made up of basic primitives such as points, lines, and surfaces that contain geometry and attribute information. Computer graphics is a discipline that studies the principles, methods and techniques for representing, generating, and displaying graphical image with the aid of computers. The purpose of 3D computer graphics is to generate realistic graphical images of objects or scenes from 3D geometric models.

This course focuses on the core concepts of computer graphics processing: representation, modeling and rendering of 3D objects. The rendering of the object mainly introduces polygon mesh rendering pipeline, local illumination model, polygonal face luminance calculation, and mathematical principle and algorithm description of rasterization calculation. Realistic image rendering includes surface texture mapping, shadow generation, and global illumination models.

The purpose of this course is to develop students' ability to think, integrate and solve problems. They need to read certain literature materials and complete specified course experiments, to strengthen students' ability to analyze and solve problem, and develop technical skills in the field of computer graphics.

5.5.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	3D 计算机图形学 3D Computer Graphics										
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		<div>计算机科学与技术</div> <div>必修 (学分)</div> <div>计算机程序设计(2)</div> <div>数据结构与算法(3)</div> <div>计算机体系结构(3)</div> <div>理论计算机科学的重要思想(1)</div> <div>选修 (学分)</div> <div>3D 计算机图形学(2)</div> <div>智能感知与移动计算(2)</div>		
	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春			
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群选修课										
学 分	2 学分										
总 学 时	38 学时 (授课 32 学时、实验 6 学时)										
授课学时分配	课堂讲授(32 学时)										
先修课程	线性代数与解析几何、计算机程序设计、数据结构与算法										
后续课程											
教学方式	课堂教学、大作业、实验综述报告										
考核方式	笔试成绩占 60%，大作业成绩占 20%，实验综述报告占 20%										
参考教材	Marschner S, Shirley P. Fundamentals of Computer Graphics[M]. 4 th . New York: CRC Press, 2016.										
参考资料	1. Foley J D. Computer Graphics: Principles and Practice[M]. 3 rd . New York: Addison-Wesley, 2013.										
	2. Edward A. 交互式计算机图形学——基于 OpenGL 的自顶向下方法[M]. 5 版. 吴文国, 译. 北京: 清华大学出版社, 2007.										
其他信息											

5.5.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

- (1) 理解 3D 计算机图形学的基本概念与理论,了解其应用技术;
- (2) 掌握 3D 物体的表示与建模方法;
- (3) 掌握 3D 物体与场景的多边形渲染流水线方法;
- (4) 熟悉局部光照模型与明暗处理技术;
- (5) 熟悉光栅化计算的基本方法;
- (6) 掌握 3D 物体的真实感绘制方法与技术;
- (7) 熟悉表面纹理映射技术;
- (8) 熟悉全局光照模型的基本方法;
- (9) 熟悉使用 OpenGL 和其他图形引擎实现物体建模与绘制方法。

5.5.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

第一章 概述(Introduction)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1. 1	计算机图形学简介 An introduction to computer graphics	3	(1) 计算机图形学的基本概念 (2) 计算机图形学的发展历程 (3) 计算机图形学的应用领域 (1) Basic concepts of computer graphics (2) Development history of computer graphics (3) Application fields of computer graphics
1. 2	计算机图形学的 数学基础 Miscellaneous Math		(1) 向量和矩阵 (2) 参数曲线和参数曲面 (1) Vector and matrix (2) Parametric curves and surfaces

第二章 几何建模(Geometric Modeling)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2.1	几何变换 Geometric transformation	9	(1) 二维几何变换 (2) 三维几何变换: 旋转矩阵, 四元数 (3) 相机模型、投影变换 (1) 2D geometric transformation (2) 3D geometric transformation: rotation matrix, Quaternion (3) Camera models, projective transformation
2.2	三维物体的几何表征 3D Geometric representation		(1) 显式表达: 多边形网格、点云 (2) 隐式表达: 距离函数、代数曲面、神经辐射场 (1) Explicit representation: polygonal meshes, point clouds (2) Implicit expressions: distance functions, algebraic surfaces, NeRF
2.3	网格处理 Mesh processing		(1) 网格细分 (2) 网格简化 (3) 网格光顺与去噪 (4) 重网格化 (1) Mesh subdivision (2) Mesh simplification (3) Mesh smoothing and denoising (4) Remeshing
2.4	参数曲线与曲面 Parametric curves and surfaces		(1) 参数曲线: Bezier 曲线、B 样条曲线、均匀非有理 B 样条曲线 (2) 参数曲面: Hermite 曲面、Bezier 曲面、B 样条曲面 (1) Parametric curves: Bezier curves, B-spline curves, NURBS (2) Parametric surfaces: Hermite surfaces, Bezier surfaces, B-spline surfaces

第三章 光栅化与光线追踪(Rasterization and Ray Tracing)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
3.1	光栅化 Rasterization	6	(1) 光栅化的基本概念：光栅图像、图元、深度缓存、裁剪 (2) 深度测试与抗锯齿 (1) Basic concepts of rasterization: raster image, primitive, z-buffer, clipping (2) Depth testing and anti-aliasing
3.2	光线追踪 Ray tracing		(1) 光线生成 (2) 光线与物体相交 (3) 局部光照计算 (4) 递归光线追踪 (5) 阴影计算 (6) 全局光照 (1) Ray generation (2) Ray-object intersection (3) Local lighting calculation (4) Recursive ray tracing (5) Shadow calculation (6) Global illumination

第四章 着色(Shading)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.1	光源模型 Luminaire models	4	(1) 辐射度函数 (2) 直接光与间接光 (3) 点光源、平行光源、矩形面光源 (1) The radiance function (2) Direct and indirect light (3) Spot light, parallel light, rectangular area light

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
4.2	基本着色模型 Shading models		(1) 着色模型：恒定着色、平面着色、Gouraud 着色、Phong 着色、Blinn-Phong 着色 (2) 漫反射、镜面反射、环境光 (1) Shading models: constant shading, plane shading, Gouraud shading, Phong shading, Blinn-Phong shading (2) Diffuse reflection, specular reflection, ambient light
4.3	纹理映射 Texture mapping		(1) 纹理坐标、漫反射纹理、镜面反射纹理、法线纹理和高光纹理 (2) Mipmap 技术 (1) Texture coordinates, diffuse texture, specular texture, normal texture and specular texture (2) Mipmap technology

第五章 真实感绘制(Photorealistic Rendering)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.1	材质与外观 Materials and appearances	5	(1) 双向反射分布函数 (2) 微平面理论 (1) BRDF (2) Microfacet theory
5.2	高级光线传播与复杂外观建模 Advanced light transport and appearance modeling		(1) 光线传播：无偏光线传播,有偏光线传播,即时辐射度 (2) 外观建模：无曲面模型,曲面模型,程序化生成的外观 (1) Light Transport: Unbiased and biased light transport methods, instant radiosity (2) Appearance Modeling: Non-surface and surface models, procedural appearance

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5.3	颜色 Color		(1) 颜色模型、颜色空间、色彩感知、色彩量化与抖动、Gamma 校正、高动态范围图像 (1) Color model, color space, color perception, color quantization and dithering, Gamma correction, HDR image

第六章 动画与模拟(Animation and Simulation)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6.1	动画的基本概念 Basic concepts of animation	5	(1) 关键帧动画、层级动画、骨骼动画 (1) Keyframe animation, hierarchical animation, skeletal animation
6.2	物理模拟 Physical simulation		(1) 质心弹簧系统 (2) 粒子系统 (3) 前向动力学与方向动力学 (1) Mass spring system (2) Particle system (3) Forward kinematics and inverse kinematics
6.3	刚体与流体 Rigid bodies and fluids		(1) 刚体模拟 (2) 流体模拟：基于位置的模拟方法,Lagrangian 质点法与 Eulerian 网格法,物质点法 (1) Rigid body simulation (2) Fluid simulation: position-based method, Lagrangian method and Eulerian method, Material point method (MPM)

5.5.5 实验环节(Experiments)

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	3D 多边形网格 模型观察器实现 Viewer for 3D polygon mesh model	2	(1) 3D 多边形网格的空间变换 (2) 3D 多边形网格的表面细分 (3) 层次细节显示 (1) Space transformation of 3D polygon mesh (2) 3D surface tessellation (3) Level Of Details(LOD)
2	绘制贝塞尔曲线与曲面 Drawing Bézier curve and surface	2	(1) 贝塞尔曲线 (2) 贝塞尔曲面 (3) 德卡斯特奥算法 (1) Bézier curve (2) Bézier surface (3) de Casteljau algorithm
3	简易光线追踪	2	(1) 真实感表面纹理映射技术 (2) 多边形网格空间变换与渲染流水线 (1) Realistic surface texture mapping (2) Space transformation and rendering pipeline of polygon mesh

大纲指导者：郑南宁教授(西安交通大学人工智能学院)

大纲制定者：刘跃虎教授(西安交通大学人工智能学院)、蒋才桂教授(西安交通大学人工智能学院)、张驰助理教授(西安交通大学人工智能学院)

大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版修订工作组

5.6 “智能感知与移动计算”课程大纲

课程名称: 智能感知与移动计算

Course: Smart Sensing and Mobile Computing

先修课程: 概率统计与随机过程、人工智能概论、数字信号处理、自然语言处理、计算机视觉与模式识别

Prerequisites: Probability Theory and Stochastic Process, Introduction to Artificial Intelligence, Digital Signal Processing, Natural Language Processing, Computer Vision and Pattern Recognition

学分: 2

Credits: 2

5.6.1 课程目的和基本内容(Course Objectives and Basic Content)

本课程是人工智能学院本科专业选修课,课程由两个主题组成,包括主题1:多维信息采集与处理和主题2:移动计算与移动智能。

This course is an elective course for undergraduates in College of Artificial Intelligence. It consists of two topics, 1. Multi-dimensional Information Collection and Processing, 2. Mobile Computing and Mobile Intelligence.

主题1 旨在阐述感知数据的获取是连接物理世界和数字世界的桥梁,是人工智能系统的基础和重要组成部分。在信息种类错综复杂和数量爆发式增长的趋势下,智能感知和泛在互联技术已开始凸显其重要的战略性和基础性,感知技术在智慧城市、智能家居、智慧工厂、智慧医疗等诸多领域中发挥着不可或缺的作用,也是推动智慧型产业结构升级的重要手段。本主题旨在研究多模态感知信息的获取和处理的关键技术,除了传统的视觉感知、听觉感知和触觉感知外,重点对新兴的非传感器感知和群智感知技术进行相应介绍。进一步探讨在感知目标特征微弱、感知对象非合作的情况下,如何通过弱信号特征提取和多维感知数据融合的方式,实现无所不在的智能感知计算。

Topic 1 aims to illustrate that the collection of perceptual data is the bridge between the physical world and the digital world, and is the foundation and important component of

artificial intelligence systems. Under the trend of intricate information and explosive growth of information types, smart sensing and Ubiquitous Internet technologies have begun to highlight their important strategic and fundamental technologies. In the smart city, smart home, smart factory, smart medical and many other fields, it plays an indispensable role and is also an important mean to promote the upgrading of smart industrial structure. This topic aims to study the key technologies of multi-modal sensing information collection and processing. In addition to traditional visual perception, auditory perception and tactile perception, the focus is on introducing emerging non-sensor sensing and group sensing technology. Furthermore, under the condition that the perceived target features are weak and the perceived objects are non-cooperative, how to achieve ubiquitous intelligent sensing computing through weak signal feature extraction and multi-dimensional sensing data fusion.

主题 2 旨在阐述感知、计算、传输三者之间的关系,探讨计算模式的发展趋势。随着移动设备计算能力的提升,计算任务逐步由服务器端向移动客户端迁移,这种计算前移的现象是人工智能发展的新趋势。移动计算技术使智能手机或其他智能终端设备在无线环境下实现数据传输及资源共享,极大地改变人们的生活方式和工作方式。移动计算是一个“硬件+软件”的解决方案,通过在移动网络边缘提供智能服务环境和边缘计算能力,以减少网络操作和服务交付的时延。其技术特征主要包括“邻近性、低时延、高宽带和位置相关”,未来有广阔的应用前景,例如车联网(如无人驾驶)、AR、视频优化加速、监控视频分析等。

Topic 2 aims to explain the relationship between perception, computing, and transmission, as well as to explore the development trend of computing models. As the computing power of mobile devices increases, the computing tasks gradually migrate from the server to the mobile client. This phenomenon of computing advancement is a new trend in the development of artificial intelligence. Mobile computing technology enables smartphones or other information intelligent terminal devices to realize data transmission and resource sharing in a wireless environment, which greatly changes people's lifestyle and working methods. Mobile Computing is a “hardware + software” solution that reduces the latency of network operations and service delivery by providing intelligent service environments and edge computing capabilities at the edge of the mobile network. Its technical features mainly include “proximity, low latency, high bandwidth and location awareness”, and there are broad application prospects in the future, such as car networking (such as driverless), AR,

video optimization acceleration,surveillance video analysis,and so on.

5.6.2 课程基本情况(Course Arrangements)

课程名称	智能感知与移动计算 Smart Sensing and Mobile Computing										
开课时间	一年级		二年级		三年级		四年级		计算机科学与技术		
	秋	春	秋	春	秋	春	秋	春			
课程定位	本科生“计算机科学与技术”课程群选修课									必修 (学分)	计算机程序设计(2)
学 分	2 学分										数据结构与算法(3)
总 学 时	38 学时 (授课 32 学时、实验 6 学时)										计算机体系结构(3)
	课堂讲授(26 学时), 文献阅读与小组讨论(6 学时)										理论计算机科学的重要思想(1)
选修 (学分)											3D 计算机图形学(2)
										智能感知与移动计算(2)	
先修课程	概率统计与随机过程、人工智能概论、数字信号处理、自然语言处理、计算机视觉与模式识别										
后续课程											
教学方式	课堂讲授、文献阅读与小组讨论、课外实验、大作业										
考核方式	课程结束笔试成绩占 60%，大作业占 30%，实验占 10%										
参考教材	1. Meijer G. 智能传感器系统：新技术及应用[M]. 靖向萌,译. 北京：机械工业出版社,2018. 2. 赵志为, 闵革勇. 边缘计算：原理、技术及实践[M]. 北京：机械工业出版社,2018.										
参考资料	1. Spencer Jr. B F, Ruiz-Sandoval M E, Kurata N. Smart Sensing Technology: Opportunities and Challenges[J]. Structural Control and Health Monitoring, 2010, 11 (4): 349-368.										
	2. Jiang H B, et al. Smart Home based on WiFi Sensing: A Survey[J]. IEEE Access, 2018, 6: 13317-13325.										
	3. Santos P M, et al. PortoLivingLab: An IoT-Based Sensing Platform for Smart Cities [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 5(2): 523-532.										
	4. Abbas N, et al. Mobile Edge Computing: A Survey[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 5(1): 450-465.										
	5. Chen M, Hao Y X. Task Offloading for Mobile Edge Computing in Software Defined Ultra-Dense Network[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2018, 36(3): 587-597.										
	6. Lyu X C, et al. Energy-Efficient Admission of Delay-Sensitive Tasks for Mobile Edge Computing[J]. IEEE Transactions on Communications, 2018, 66(6): 2603-2616.										
其他信息											

5.6.3 教学目的和基本要求(Teaching Objectives and Basic Requirements)

主题1 多维信息采集与处理(The Collection and Processing of Multi-dimensional Information)

- (1) 理解感知的基本概念,掌握其属性与分类;
- (2) 了解智能感知的基本方法、研究对象及其特征;
- (3) 了解智能感知对人工智能等学科发展的贡献;
- (4) 掌握非传感器感知的基本原理、主要类型和相应的实现方法;
- (5) 了解群智感知的核心思想和典型应用。

主题2 移动计算与移动智能(Mobile Computing and Mobile Intelligence)

- (1) 理解移动计算的基本概念,了解感知、传输、计算三者间的关系;
- (2) 了解移动计算中面临的安全和隐私的问题,以及相应的解决方案;
- (3) 了解移动网络的基础理论和关键技术;
- (4) 了解移动边缘计算的技术背景、优势和挑战;
- (5) 了解感知与计算融合的智能系统发展趋势。

5.6.4 教学内容及安排(Syllabus and Arrangements)

主题1 多维信息采集与处理(The Collection and Processing of Multi-dimensional Information)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	智能感知的基本概念与分类 Basic concepts and classifications of smart sensing	0.5	(1) 人工智能与智能感知之间的关系 (2) 智能感知的概念与分类 (3) 智能感知的未来发展 (1) The relationship between artificial intelligence and smart sensing (2) The concepts and classifications of smart sensing (3) The perspective of smart sensing

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2	视觉感知 Visual perception	1	(1) 人类视觉的研究进展 (2) 传统视觉感知技术 (3) 基于深度学习的视觉感知技术 (4) 智能视觉感知技术的应用 (1) The advances on the study of human vision (2) The conventional technologies of visual perception (3) Deep-learning based visual perception technology (4) The application of intelligent visual perception technology
3	听觉感知 Auditory perception	1	(1) 听觉感知技术的理论基础 (2) 声音的来源、特征及听觉感知的实例 (3) 人体听觉的生理结构 (4) 声学信号处理技术 (5) 基于深度学习的听觉感知技术 (6) 听觉感知技术的应用场景 (1) The theoretical foundation for auditory perception (2) The origin of human-auditory and its feature, as well as some real-world examples (3) Physiological structure of human auditory (4) The signal processing technology of acoustic signals (5) Deep-learning based auditory perception technology (6) The real-world application of auditory perception
4	触觉感知 Tactile perception	1	(1) 触觉感知技术的理论基础 (2) 触觉感知的分类及性质 (3) 如何在人工智能领域实现触觉感知 (4) 触觉感知数据的采集及处理 (5) 如何利用触觉感知数据进行建模 (6) 触觉感知技术典型应用及未来发展趋势 (1) Fundamentals of the tactile perception (2) The classifications and properties of tactile perception (3) How to achieve tactile perception in AI (4) The data-collection and data-processing of tactile perception data (5) How to establish a model via tactile perception data (6) The applications and future trend of tactile perception

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5	非传感器感知 Sensorless perception	5	<div><div>(1) 非传感器感知技术的理论基础</div><div>(2) 非传感器感知技术主要类型</div><div>(3) 每类非传感器感知技术(Wi-Fi 感知、RFID 感知、基于大数据感知)的主要原理</div><div>(4) 相比于传统的传感器感知技术,非传感器感知技术的优势</div><div>(5) 目前非传感器感知技术主要的应用领域和典型范例</div><div>(6) 非传感器感知技术与物联网的关系及未来发展趋势</div><div>(1) Basic ideas about sensor less perception technology</div><div>(2) Basic types of sensor less perception technology</div><div>(3) Basic mechanics of each non-sensor perception technology</div><div>(4) The advantages of sensor less perception technology compared with the traditional sensor perception</div><div>(5) The main applications of sensor less perception technology</div><div>(6) The relationship between non-sensor sensing technology and the Internet of Things and the development trends in the future</div></div>

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
6	多维感知融合 与群智感知 Multi-dimensional perceptual fusion and crowdsourcing	4	(1) 多维感知融合技术的概念 (2) 多维感知融合技术的实现途径 (3) 多维感知融合技术的主要体系结构 (4) 群智感知技术的概念及性质 (5) 群智感知技术的典型系统架构 (6) 群智感知技术面临的主要问题 (7) 群智感知激励机制的相关研究 (8) 群智感知技术的典型应用及进一步研究方向 (1) The concept of multi-dimensional perceptual fusion (2) The major way to achieve multi-dimensional perceptual fusion (3) The main architecture of multi-dimensional perceptual fusion (4) The basic concepts and properties of crowdsourcing (5) The basic architecture of crowdsourcing (6) The major challenges towards crowdsourcing (7) The research about the incentive mechanism of crowdsourcing (8) The applications and future trends of crowdsourcing

主题 2 移动计算与移动智能(Mobile Computing and Mobile Intelligence)

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	人工智能与移动 终端的深度融合 ——未来人工智能 的新方向 The deep fusion of AI and mobile terminals —the new trend of AI	1	(1) 传统人工智能 (2) 人工智能的未来 (3) 人工智能与移动终端深度融合技术的应用 (1) Traditional AI (2) The future of AI (3) The application of deep fusion for AI and mobile terminal

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2	数据安全与 用户隐私保护 Data security and user privacy protection	3.5	(1) 安全与隐私的区别与联系 (2) 大数据下的安全挑战 (3) 数据安全与用户隐私保护关键技术 (4) 数据安全与隐私保护的发展与展望 (1) The differences and connections between security and privacy (2) The challenge towards the security issues at the age of big data (3) The key technologies for data security and user privacy protection (4) The development and prospect of data security and user privacy protection
3	移动网络技术 Mobile network technology	4	(1) 移动网络的演进 (2) 无线网络技术理论 (3) 无线传感器网络 (4) 移动网络技术的发展趋势 (1) The development of mobile network (2) The theory of wireless network (3) Wireless sensor network (4) The trend of mobile network
4	移动端机器学习 Mobile-terminal based machine learning	1.5	(1) 移动端机器学习的兴起 (2) 移动端机器学习技术 (3) 移动端机器学习的应用场景 (4) 移动端机器学习的局限性及未来发展方向 (1) The origin of mobile-terminal based machine learning (2) Mobile-terminal based machine learning technology (3) Application scenarios of mobile-terminal based machine learning (4) Limitations and future developments of mobile-terminal based machine learning

续表

章节序号 Chapter Number	章节名称 Chapters	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
5	移动边缘计算 Mobile Edge Computing(MEC)	2.5	(1) 移动边缘计算的理论基础 (2) 移动边缘计算与云计算 (3) 移动边缘计算的优势和挑战 (4) 移动边缘计算的关键技术和应用前景 (1) The theoretical foundation of MEC (2) MEC and cloud computing (3) The advantages and challenges for MEC (4) The key technologies and applications of MEC
6	感知计算融合 及其应用 Perceptual computing fusion and its applications	1	(1) 感知计算融合的理论基础 (2) 感知计算融合的应用场景 (3) 感知计算融合面临的问题和挑战 (1) The theoretical foundations of perceptual computing fusion (2) The applications of perceptual computing fusion (3) The challenges for perceptual computing fusion

5.6.5 实验环节(Experiments)

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
1	波束成型技术在 目标感知中的应用 Object sensing using beam forming	2	(1) 波束成型技术 (2) 多用户多输入多输出 (3) 信道状态信息获取 (4) 基于信道状态信息的目标感知与识别方法 (1) Beam forming (2) Multi-user multiple input and muliple output (3) Channel State Information (CSI) (4) Object sensing based on CSI

续表

序号 Num.	实验内容 Experiment Content	课时 Class Hour	知 识 点 Key Points
2	无线传感器网络 感知数据获取 Sensing data collection using wireless sensor network	2	(1) TinyOS 原理 (2) 传播和数据树获取协议 (1) Principle of TinyOS (2) Dissemination & Collection Tree Protocol(CTP)
3	基于物理层信息的 可信认证 Authentication using physical layer informaiton	2	(1) 物理层信息 (2) 设备认证 (3) 密钥生成与分发 (1) Physical layer informaiton (2) Device authentication (3) The secret key generation and dissemination

大纲指导者：杨强教授(香港科技大学计算机科学与工程系)

大纲制定者：惠维副教授(西安交通大学计算机科学与技术学院)

大纲审定：西安交通大学人工智能学院本科专业知识体系建设与课程设置第二版
修订工作组