

中国海洋大学本科生课程大纲

| | | | |
|------|---|-------|--------------|
| 课程名称 | 计算复杂性理论基础 Introduction to Computational Complexity | 课程代码 | 075103301337 |
| 课程属性 | 专业知识 | 课时/学分 | 32/2 |
| 课程性质 | 专业选修 | 实践学时 | |
| 责任教师 | 方奇志、农庆琴 | 课外学时 | 64 (32×2) |

一、课程介绍

1.课程描述：课程性质、主要内容。

计算复杂性理论是计算机科学的重要理论分支，它使用数学方法对计算中所需的各种资源（时间和空间等）的耗费作定量的分析、给出问题在计算上的“难度”（即计算复杂性）的刻画，是最优化问题算法设计的理论基础。本课程着重探讨基于时间复杂性的 NP-完备理论及 NP-难解问题的近似算法。通过课程学习，要求学生理解 NP-完备的基本概念，掌握 NP-难解问题近似算法的基本设计方法，能够利用这些理论和方法分析最优化问题的计算复杂性和（不）可近似性，提升实际问题的求解分析和算法设计能力。

2.设计思路：课程开设依据、课程内容（或项目）选择标准、内容编排顺序。

在学习运筹学基础、图论与网络优化、最优化方法等课程中，学生会逐步认识到各类最优化问题的求解“难度”，并面临诸如“为什么有多项式时间算法的问题是容易处理的”、“是否所有问题都存在多项式时间算法”、“如何判断一个问题是否有多项式时间算法”等问题。本课程引导学生通过计算复杂性理论来解答这些问题。课程内容包括两个部分：NP-完备理论和近似算法。

NP-完备理论是计算复杂性理论中最基础的内容。它根据在不同计算模型下所需时间的不同，将问题予以分类，得到问题“难度”的类别（例如 P 类、NP 类、NP-完备类等）。课程将首先介绍若干关键的基本概念，如停机问题、算法的时间复杂性、多项式时间归约等，然后给出问题的困难性分类：P 类、NP-类、NP-完备等的严格定义和证明方法，进而分析各困难性类之间的关系。

在面对 NP-难解问题时，尽管高速计算机为大规模问题的求解提供了可能，但人们在求解时通常不愿意（也不可能）花费无限制的时间和空间等计算资源，而是放弃一定的最优性要求以换取较少的计算时间和空间资源的占用。近似算法的理论和应用研究正是在这样的背景下兴起的，并成为近二三十年理论计算机领域发展最快和最广泛的研究方向。课程将主要介绍近似算法的基本设计方法（如贪婪算法、序贯算法、局部搜索、基于 LP 的近似算法等）以及基于近似算法“不可近似性”的问题难度的分类。

3. 课程与其他课程的关系：

先修课程：高等代数、数学分析、数学实验 I、运筹学基础、图论与网络优化；

并行课程：最优化方法、博弈论基础。

本课程与运筹学基础、图论与网络优化、博弈论基础、最优化方法等课程构成了运筹学系列课程群，涉及经典最优化问题理论、前沿的算法设计理论及应用研究。课程内容和要求紧密关联，知识体系完整。

二、课程目标

本课程目标是让学生从计算复杂性的理论高度来理解各种问题的固有“难度”与人们解决这些问题的努力所能达到的“极限”之间的关系，培养和提升学生用严谨的数学语言和思维分析和解决“困难”问题的能力。到课程结束时，学生应能：

(1) 理解计算问题的时间复杂性、多项式时间归约、P 类、NP 类、NP-完备、Co-NP 类等基本概念（简单证明）以及不同困难性类别之间的关系；

(2) 掌握近似算法设计和算法近似度分析的基本方法，特别是贪婪策略和基于 LP-的方法，并应用这些方法对实际问题进行算法设计和分析。

(3) 通过小组合作开展应用研究（包括问题简化假设、建模、求解算法的设计、算法分析等），撰写研究报告或论文提供研究结果。

三、学习要求

要达到课程目标，学生必须：

(1) 按时上课并认真听讲，积极参与课堂讨论、随堂练习和测试。本课程将包含较多的随堂练习、小组报告等课堂活动，课堂表现和出勤率是成绩的重要组成部分。

(2) 按时完成常规练习作业。这些作业要求学生按书面形式提交，只有按时提交作业，才能掌握课程所要求的内容。延期提交作业需要提前得到任课教师的许可。

(3) 完成教师布置的一定量的阅读文献和背景资料、案例分析、算法复杂性分析等作业，其中大部分内容要求以小组合作形式完成。这些作业能加深对课程内容的理解、促进同学间的相互学习、并能引导对某些问题和理论的更深入探讨。

四、参考教材与主要参考书

1、选用教材：

[1] 《组合最优化算法与计算复杂性》，C. H. Papadimitriou、K. Steiglitz 著，蔡茂诚、刘振宏译，清华大学出版社，第 1 版，1988 年出版。

[2] 《Complexity and Approximation》，G. Ausiello、P.Crescenzi、G. Gambosi、V. Kann、A. Marchetti-Spaccamela、M. Protasi 著，Springer 出版社，第 1 版，1999 出版。

注：NP-完备理论部分使用第（1）本教材；近似算法部分的“贪婪算法”、“序贯算法”、“局部搜索和基于 LP 的近似算法等使用第（2）本教材。

2、主要参考书：

[1] 《图论与网络流理论》，高随详著，高等教育出版社，第 1 版，2009 年出版。

[2] 《计算复杂性》（影印版），C. H. Papadimitriou 著，清华大学出版社，第 1 版，2004 年。

五、进度安排

| 序号 | 专题 | 主题 | 计划课时 | 主要内容概述 | 课外学习内容 |
|----|--------------|-----------------|------|---|---|
| 1 | 算法与计算复杂性 | 可计算性 | 2 | 停机问题；时间界；实例的规模；算法的时间复杂性分析（最短路算法、最小支撑树算法） | 复习单纯形法、背包问题的动态规划算法 |
| | | 多项式时间算法 | 2 | 多项式时间算法；单纯形法的计算复杂性；背包问题的动态规划算法的计算复杂性 | |
| 2 | NP-完备问题 | 多项式时间归约 | 4 | 优化问题的三种形式；P 类与 NP 类；多项式时间归约；NP-完备的定义与 Cook 定理 | 各种经典问题的 NP-完备证明： 1.哈密顿圈问题； 2.TSP 问题 |
| | | 典型的 NP-完备问题 | 4 | 3-适定性问题；团问题；独立集、点覆盖问题；3-精确覆盖问题；背包问题；划分问题 | |
| 3 | NP-完备性的进一步探讨 | Co-NP 类和强 NP-完备 | 4 | Co-NP 类的定义；拟多项式时间算法；强 NP-完备定义； | 1.证明：3-划分问题是强 NP-完备的； 2.了解：非确定图灵机 |

| | | | | | |
|---|-------------|------------|---|----------------------------------|--------------------------|
| 4 | 近似算法设计分析方法 | 算法的近似比 | 2 | 算法近似比的定义；点覆盖问题的近似算法；TSP问题的近似算法 | 研讨：若干经典和实际应用问题的近似算法设计 |
| | | 贪婪算法 | 2 | 贪婪算法的基本思想；背包问题、最大独立集问题的贪婪算法 | |
| | | 序贯算法 | 2 | 序贯算法的基本思想；排序问题、装箱问题的序贯算法 | |
| | | 局部搜索 | 2 | 局部搜索的基本思想；最大截问题的局部搜索算法 | |
| | | 基于LP的近似算法 | 2 | 舍入方法；原始-对偶方法；点覆盖问题的基于LP-的近似算法 | |
| 5 | 基于近似算法的问题分类 | 不可近似性 | 2 | 不可近似性的含义；TSP问题、装箱问题的不可近似性探讨 | 研讨：若干实际问题（包括装箱问题）的渐进PTAS |
| | | PTAS和FPTAS | 2 | PTAS和FPTAS的定义；0-1背包问题的FPTAS | |
| | | 可近似度分类 | 2 | APX类、PTAS类和FPTAS类及其关系、更深入的分类研究简介 | |

六、成绩评定

(一) 考核方式 A：A.闭卷考试 B.开卷考试 C.论文 D.考查 E.其他

(二) 成绩综合评分体系：

| 成绩综合评分体系 | 比例% |
|----------------|-----|
| 1.课下作业、课堂讨论及考勤 | 30 |
| 2.平时测验、小组研讨 | 30 |
| 3.期末考试 | 40 |
| 总计 | 100 |

附：考核项目的评分标准

1) 作业的评分标准

| 作业的评分标准 | 得分 |
|---|---------|
| 1.严格按照作业要求并及时完成，基本概念清晰，解决问题的方案正确、合理，能提出不同的解决问题方案。 | 90-100分 |
| 2.基本按照作业要求并及时完成，基本概念基本清晰，解决问题的方案基本正确、基本合理。 | 70-80分 |
| 3.不能按照作业要求，未按时完成，基本概念不清晰，解决问题的方案基本不正确、基本不合理。 | 40-60分 |
| 4.不能按照作业要求，未按时完成，基本概念不清晰，不能制定正确和合理解决问题的方案。 | 0-30分 |

2) 课堂讨论及平时表现评分标准

| 课堂讨论、平常表现评分标准 | 得分 |
|---|----------|
| 1.资料的查阅、知识熟练运用，积极参与讨论、能阐明自己的观点和想法，能与其他同学合作、交流，共同解决问题。 | 90-100 分 |
| 2.基本做到资料的查阅、知识的运用，能参与讨论、能阐明自己的观点和想法，能与其他其他同学合作、交流，共同解决问题。 | 70-80 分 |
| 3.做到一些资料的查阅和知识的运用，参与讨论一般、不能阐明自己的观点和想法，与其他同学合作、交流，共同解决问题的能力态度一般。 | 40-60 分 |
| 4.不能做到资料的查阅和知识的运用，不积极参与讨论，不能与其他同学合作、交流，共同解决问题。 | 0-30 分 |

七、学术诚信

学习成果不能造假，如考试作弊、盗取他人学习成果、一份报告用于不同的课程等，均属造假行为。他人的想法、说法和意见如不注明出处按盗用论处。本课程如有发现上述不良行为，将按学校有关规定取消本课程的学习成绩。

八、大纲审核

教学院长：

院学术委员会签章：