**《信息论与编码》课程教学大纲**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程名称** | **中文** | | 信息论与编码 | | | |
| **英文** | | Information Theory and Coding | | | |
| **课程代码** | A312141 | | **开课学院/系** | 电气信息工程学院/信息工程系 | **制定/修订**  **时间** | 2023.09 |
| **课程类别** | 专业基础 | | **学分** | 2 | **学时** | 32 |
| **适用专业** | 通信工程 | | | | | |
| **先修课程** | 线性代数A、概率论与数理统计A | | | | | |
| **选用教材** | 曹雪虹，张宗橙. 信息论与编码. 北京：清华大学出版社. 2016. | | | | | |
| **课时分配** | 理论教学32学时 | | | | | |
| **撰写人** | 张雷 | **审定人** | | 贾子彦 | **批准人** | 薛波 |

**一、课程简介**

《信息论与编码》是通信工程专业的专业基础课，要求学生具有概率与数理统计、线性代数等知识的基础。本课程主要介绍香农信息论中信息的度量、压缩和可靠传输的基础理论，包括信息及其测度理论、信道及其容量分析、率失真理论、信源编码和信道编码理论与方法等。通过课程学习，使学生初步建立从信源到信宿过程中信息传输的整体概念，能够系统地掌握和理解香农三大定理，从而对通信系统中信息传输的有效性和可靠性技术、原理和方法有正确的认识，为后续专业课学习打下坚实的理论基础。

**二、课程目标**

课程目标1：能够对通信系统中信源、信道及传输的信息进行表示和数学描述，能够对发送和接收过程中信息的变化进行度量、推理和分析。

课程目标2：能够运用香农三大定理识别通信系统中信源、信道编译码过程带来的信息损失问题，并应用概率论、线性代数等知识对编译码过程进行建模和有效性、可靠性分析。

课程目标3：能够学习科学家独立思考、勇于探究、持之以恒的科学精神以及淡泊名利、不随波逐流的人格魅力；能够利用抽象与具体、矛盾普遍存在的辩证思维方式理解和分析工程问题；能够激发“创新是国家生命力的源泉”的发展意识和内驱动力。

**三、课程目标与毕业要求的支撑关系**

| **毕业要求** | **毕业要求指标点** | **课程目标** |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求1：工程知识 | 1.4 能针对通信工程领域中信息的表示、信号处理、信号传输系统与网络等专业工程问题进行推理和分析； | 1 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2.1 能够应用数学、物理和工程基础原理和分析方法，识别专业工程问题，并表述为数学模型进行分析。 | 2 |

**四、课程教学内容**

内容1：信息和信息传输的认识

1.基本内容：通信与信息的一般概念、通信系统的基本模型、香农信息论研究的主要内容和意义、信息理论与信息科学的发展历程。

2.重点：通信系统的基本模型、信息的基本概念、信息论的研究内容。

3.难点：香农信息论的主要研究内容的理解。

4.知识目标：能罗列信息的基本特征，能描述通信系统的最小模型，能阐述香农信息论的主要内容。

5.能力目标：能对信息进行举例，能对实际通信系统抽象出最小模型，能举例说明通信系统中有效性和可靠性的手段和方法。

6.素质目标：通过了解人类对信息认识的历史过程，进一步理解科学来源于实践、实践是检验真理的唯一标准的哲学思想，建立科学探索精神和从0到1的创新自信心。

内容2: 信源与信息熵

1.基本内容：离散信源模型和分类，马尔科夫信源，自信息量，离散信源熵，互信息，连续信源的描述和分类，连续信源熵。

2.重点：自信息量、离散信源熵、连续信源熵、互信息量的定义、性质和分析计算；最大熵定理；波形信源熵的计算；信源冗余度的分析。

3.难点：有记忆信源、马尔可夫信源的特点及熵的计算方法；平均互信息的分析计算。

4.知识目标：能理解熵的物理含义及性质，会计算离散信源熵；掌握连续信源熵的定义；掌握连续信源熵的性质和最大熵定理；掌握平均互信息量的定义和计算方法。

5.能力目标：能对离散信源进行建模；能区分离散信源的有无记忆性；能通过数学计算或熵的性质比较不同离散信源的信息量的大小；会识别连续信源；能给出几种不同特征下的连续信源最大熵；能更具互信息量的概念分析信息传输中的变化情况。

6.素质目标：通过学习信息的测度方式，能够建立思维抽象能力，即能用理性的科学思维分析和认识事物的本质规律，舍弃事物的非本质细节、抽取问题的实质，运用字母、符号进行推想，把特殊问题推广到一般，进而公式化。

内容3：信道与信道容量

1.基本内容：信道的分类与描述；离散单符号信道容量；离散多符号信道容量；连续信道及容量；多输入多输出(MIMO)信道及容量。

2.重点：信道容量的概念、物理意义及计算方式；无干扰离散信道容量的计算方法；对称离散信道的信道容量的分析与计算方法；限时限频限功率加性高斯白噪声信道容量分析与计算方法。

3.难点：信道容量的定义及计算；限时限频限功率加性高斯白噪声信道容量分析、计算与理解。

4.知识目标：理解信道容量的概念；掌握离散信道容量的计算方法和物理意义；熟悉连续信道的数学模型及信道容量定义；掌握香农信道容量公式及其物理意义；了解MIMO信道模型及容量；了解信道冗余度的概念。

5.能力目标：能对给定的简单离散信道进行识别与容量分析；能对实际通信系统中的限频限功率加性高斯白噪声连续信道进行识别，并分析其信道容量及提高信道容量的可能方法；能够运用信道冗余度的概念识别信源与信道的匹配问题；能够对MIMO信道进行识别与建模。

6.素质目标：了解香农公式在人类通信中的理论地位；了解香农本人的科学人生，学习其对兴趣的执着、对科学探索的热情和对名利的淡泊精神；会根据香农公式对工程中的实际需求进行分析，学会实事求是、因地制宜地灵活运用科学结论；了解通信系统中信道容量的提升对人类认知和生产生活方式的改变和影响，建立“用发展的眼光看问题”的历史发展观。

内容4：信源编码

1.基本内容：编码的基本概念，无失真信源编码定理，信息率失真函数，限失真信源编码定理，Huffman编码，游程和算术编码，量化编码、预测编码和变换编码。

2.重点：信源编码的概念，分组码的定义，唯一可译码和即时码的识别，无失真信源编码定理，平均码长和编码效率的计算，Huffman编码方法，信息率失真函数的定义和性质，限失真信源编码定理，信息率失真函数与信道容量的区别。

3.难点：唯一可译码的识别，无失真信源编码定理的理解，编码效率的计算，信息率失真函数的性质，限失真信源编码定理的理解。

4.知识目标：理解信源编码的概念；熟悉唯一可译码和即时码的定义；掌握信源编码效率的计算方法；掌握Huffman编码方法；掌握信息率失真函数的定义和性质；理解无失真信源编码定理和限失真信源编码定理；了解信息率失真函数与信道容量的区别。

5.能力目标：能指出通信系统中信源编码的目的和给出几种信源编码方法；能通过计算判断信源编码的编码效率；能根据Huffman编码理论对一离散信源进行无失真信源编码，并能够分析信源无失真压缩极限；能够分析给定信源在失真限制下的压缩极限及可行的信源编码方法。

6.素质目标：通过对信源编码技术方法不断改进的了解，养成节约资源意识以及考虑社会、安全、可持续发展的职业素养；通过科学家小传，了解费诺编码和Huffman编码等信源编码方法的产生背景，建立“一生成一事”、“锲而不舍，金石可镂；精诚所至，金石为开”的工匠精神。

内容5：信道编码

1.基本内容：信道编码定理，纠错编码的基本概念，线性分组码，循环码，现代通信中的信道编码。

2.重点：信道编码定理，译码错误概率和译码规则，信道编码的分类，分组码、码重、码距、最小码距和编码效率的概念，联合信源信道编码理论，最小码距与纠检错能力的判定，线性分组码、循环码的编译码原理以及循环码编码器设计。

3.难点：信道编码定理的理解及应用，译码错误概率和译码规则的分析；线性分组码和循环码的编译码。

4.知识目标：掌握最小错误概率译码和最大似然译码原理和方法；掌握最优译码准则下的译码错误概率的计算方式；掌握有噪信道编码定理及其引申出的纠错编码的基本思路；掌握分组码、码重、码距、最小码距和编码效率的概念；掌握最小码距与纠、检错能力的关系；掌握线性分组码和循环码的编译码方法；了解现代通信中的信道编码方法。

5.能力目标：能够利用信道编码定理分析实现可靠且有效信息传输的可能性措施；能够对给定的信源和信道找出错误概率最小的译码方案；能够根据不同的译码规则计算错误译码的概率；能够判断编码码字之间的距离和纠错能力；能够运用校正子、监督矩阵、生成矩阵、生成多项式的概念（性质）进行线性分组码、循环码的编译码。

6.素质目标：通过理解信道编码和信源编码的目的，建立以矛盾论的观点分析和解决工程问题的能力；能够具有辩证思维的科学素养；通过对信道编码方法不断创新的演进历程以及中美在5G领域的贸易战的了解，建立“改革创新是国家生命的源泉”以及“科学技术是第一生产力”的危机意识和发展意识。

**五、教学内容、教学方式与课程目标的支撑关系**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **课程目标** | **教学内容** | **教学方式** | | |
| **线下教学** | **混合教学** | **线上教学** |
| 课程目标1 | 内容1：信息和信息传输的认识  内容2：信源与信息熵  内容3：信道与信道容量 | √ |  |  |
| 课程目标2 | 内容4：信源编码  内容5：信道编码 | √ |  |  |

**六、课程教学方法与学时分配**

（一）教学方法

(1) 合理整合内容

“信息论与编码”涉及的内容很多、逻辑性很强，必须合理地筛选授课内容。授课内容主线为：从信息的度量到编码方法。在侧重基本概念、基本原理和基本方法原则指导下，重点讲授基础的或者带有普遍意义的知识点，而对相似的知识只进行简单地介绍。如在讲授信源编码时，重点讲授哈夫曼编码，对其他编码方法只做简单介绍。

(2) 强调概念、理论的物理意义，联系应用以培养学习兴趣

由于本课程的理论和结论是通过数学推导的方式得到，学生在关注公式推导证明时往往不注意理解其实质，渐渐造成学习兴趣的下降。针对这种情况，课堂上除了进行必要的推导以外，教学中要特别强调结论的物理意义和应用。

(3) 及时解决问题

在教学工作中，除了安排定期的答疑和课间答疑外，每次作业中出现的问题要及时反映在习题课的讲解中。对先修课程中出现的相同内容的不同表达方式一定要解释清楚，使学生不会混淆概念。

(4) 授课方式多样

在教学中要充分利用多媒体辅助教学的优势，采用板书和幻灯片优势互补的授课方式。对于一些教学提纲、归纳小结、图文图示以及动画演示的内容，宜采用幻灯片。而对一些公式的推导，基本原理的解释，则用板书授课效果更好，互动性强，学生也能够跟随教师的思路来领会课堂知识。

(5) 引入多种学习监督环节

课程的学习监督过程包括：平时作业、线上任务点学习、阶段测试等。线上任务点学习是使用课程线上教学资源，对每个知识点创建课堂讨论、课件浏览、视频观看等多种形式的学习任务点，让学生除了在课堂上听讲之外，课下也能够保证及时复习。

（二）学时分配

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **课堂讲授** | **实验** | **上机** | **合计** |
| 内容1: 信息和信息传输的认识 | 2 |  |  | 2 |
| 内容2：信源与信息熵 | 8 |  |  | 8 |
| 内容3：信道与信道容量 | 6 |  |  | 6 |
| 内容4：信源编码 | 8 |  |  | 8 |
| 内容5: 信道编码 | 8 |  |  | 8 |
| 合计 | 32 |  |  | 32 |

**七、课程考核及成绩评定方法**

本门课程采用“N+1”过程性考核的方式进行考核。

考核方式：采用过程考核（平时作业、任务点学习、课程活动、章节测试）和期末考试相结合的形式对学生课程成绩进行综合评定。

成绩评定：课程考核总成绩中，过程考核成绩占50%（平时作业成绩占10%、任务点学习成绩占10%、课程活动20%、章节测试成绩占10%），期末考试成绩占50%。各考核环节按照附件中的评分标准进行成绩评定。

课程目标与课程考核环节的对应关系：

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **考核环节** | | | | | **合计** |
| **平时作业** | **任务点学习** | **课程活动** | **章节测试** | **期末考试** |
| 1 | 课程目标1 | 5% | 5% | 10% | 5% | 25% | 50% |
| 2 | 课程目标2 | 5% | 5% | 10% | 5% | 25% | 50% |
| 合计 | | 10% | 10% | 20% | 10% | 50% | 100% |

**八、课程参考书目及资源**

1. 沈连丰，李正权.信息论与编码.北京：科学出版社，2010.

2. 傅祖芸.信息论与编码（第2版）.北京：电子工业出版社，2014.

3. 赵晓群.信息论基础及应用.北京：机械工业出版社，2015.

4. 中国大学MOOC，信息论与编码理论，西安电子科技大学.

<https://www.icourse163.org/course/XDU-1002199004>

**附件：评分标准**

考核环节中章节测试及期末考试评分标准详见每学期“信息论与编码章节测试参考答案及评分标准”、“信息论与编码试卷参考答案及评分标准”。

考核环节中平时作业、线上任务点学习、课堂活动评分标准：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 评分标准  观测点 | **优（90～100）** | **良（80～89）** | **中（70～79）** | **及格（60**  **～69）** | **不及格（<60）** |
| 平时  作业 | 基本概念掌握程度 | 基本概念掌握很好 | 主要概念清晰，但部分有误 | 部分概念清晰 | 基本概念不够清晰 | 基本概念未掌握 |
| 分析问题思路清晰性、解决问题方法正确性，锻炼工程思维、缜密逻辑性等科学思维能力 | 思路清晰，能够解决问题，计算正确。 | 主要思路、过程和计算过程正确。 | 思路、过程部分可行，计算过程个别不正确 | 思路、过程部分尚可，计算过程部分不正确 | 不会做或者作业不完整 |
| 作业完成态度，注重培养自己独立思考、勇于探究、一丝不苟的科学精神 | 认真独立完成作业，书写工整、清晰，符号、单位等按规范执行。 | 比较认真独立完成作业，书写清晰，主要符号、单位等按规范执行。 | 独立完成作业，部分符号、单位等按规范执行。 | 不够认真，符号、单位等不按照规范执行。 | 很不认真或者抄袭或未交 |
| 线上任务点学习 | 计算完成任务点的数目占总数百分比 | 90%及以上 | 80%及以上 | 70%及以上 | 60%及以上 | 60%以下 |
| 课堂活动 | 参与投票、问卷、抢答、选人、讨论、随堂练习等课程活动可以获得相应分数，积分达100 分为满分 | 90分以上 | [80-89] | [70-79] | [60-69] | 60分以下 |