

“信号与系统”课程多维度教学策略探究

谭北海, 余 荣, 蔡述庭

(广东工业大学 自动化学院, 广州 510006)

摘要:本文提出了一种多维度线上线下混合式教学策略在“信号与系统”课程中的探究与实践。整体流程主要包括课前自主学习、课上知识消化及课后教学反馈。该策略通过多个维度的教学方法对“信号与系统”课程中的知识点进行展示,显示了此教学策略能够达到良好的教学效果,且本文提出的教学方法也具有良好的推广作用。

关键词:课程思政; Matlab 仿真; 翻转课堂

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2022)01-0097-07

Research on Multi-Dimensional Teaching Strategy Based on Signals and Systems Course

TAN Beihai, YU Rong, CAI Shuting

(School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: This article proposes a multi-dimensional online and offline hybrid teaching strategy to explore and practice in the Signal and System course. The overall process mainly includes self-learning before class, knowledge digestion in class and teaching feedback after class. This strategy demonstrates the knowledge points in the Signals and Systems course through a multi-dimensional teaching method, showing that this teaching strategy can achieve good teaching results, and the teaching method proposed in this article also has a good promotion effect.

Keywords: ideological and political in teaching; Matlab simulation; flipped classroom

近年来,我国高等院校各专业广泛开展了工程专业认证工作^[1],这为我国高等工程教育及其相关课程建设与教学工作提出了新的要求与挑战。在新工科背景下,工程教育认证最后的落脚点就是课程,包括设计课程内容、改进教学方法和运用现代教学技术等,从而实现“一流专业”建设,落实“立德树人”根本任务。

“信号与系统”课程是电子信息类、自动化类等专业的专业基础课,本课程的教学目标是使学生牢固掌握信号与系统的基本原理和基本分析方法,掌握信号与系统的时域和变换域分析方法,重点理解时域到频域、时域到复频域以及时域到 z 域的各种基本变换内容、性质及应用等,为学生进一步学习后续相关课程打下坚实的基础。通过本课程的学习,使学生在发现问题、分析问题和解决问题等综合能力有所提高,并能够积极自主学习,具有开展一定的创造性工作的能力。

目前针对“信号与系统”课程的教育教学改革已出现了许多优秀的成果^[2-8],基于这些成果,本文进一步提出一种多维度混合式教学策略在“信号与系统”课程中的探究与应用,使学生们获得全方位的学习、思考及综合能力的提升。

另外,依托本文提出的混合式教学方法,通过专业课程的细节,激发学生的兴趣,并不断改变教学方法和丰富教学内容,按照打造“金课”的“两性一度”要求,加强培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维、合理提升学习的挑战度、适当增加课程难度、拓展课程深度,该多维度混合式教学模式具体内容体现了课程紧跟时代的前沿性,丰富的教学形式呈现先进性和互动性,切实提高教学质量,最终实现全方位育人和全过程育人。

1 多维度线上线下混合式教学策略

长久以来,在我国的高等教育领域受到传统教

收稿日期: 2020-08-19; 修回日期: 2021-02-04

基金项目: 广东省教育厅省级本科教学工程项目(sjz120191205); 2020 年度广东省高等教育教学改革项目(线上线下混合式); 广东工业大学“本科教学工程”项目(广工大教字(2019)70 号)和课程思政类项目(广工大教字(2020)33 号)

第一作者: 谭北海(1980—),男,博士,副教授,主要从事“信号与系统”、“通信原理”等方面的教学和科研工作, E-mail: bhtan@gdut.edu.cn

育理念影响严重,在课程教学中,通常依照教师的主观意愿,缺少对教学目标的综合分析^[9]。在授课方式上,常以讲授为主,学生缺乏自主学习的时间和空间,陈旧的教学模式不能将理论知识与实践应用相结合,因此无法满足“新工科”的教学要求。

多维度线上线下混合式教学包括学生和教师两条主线,充分发挥学生学习和教师教学时间与空间。总体分三部分:课前自主学习、课上知识消化及课后教学反馈,整体流程如下图 1 所示:

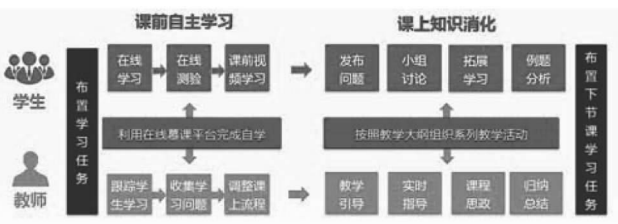


图 1 多维度线上线下混合式教学整体流程

课后教学反馈,主要通过发放教学效果调查问卷表进行实施,该表示于表 1:

表 1 教学效果调查问卷表

你认为本课程的授课方式对你在哪些方面有帮助作用? (多选或不选)	你认为本课程的线上线下(慕课平台学习+课堂现场教学)结合的混合教学方式,比传统课堂是否更加有效果?
☐ A.自学能力,知道怎么学习了	☐ A.是,效果优于传统课堂教学
☐ B.学习状态,学习更起劲了	☐ B.否,和传统课堂教学差不多
☐ C.学习态度,学习更认真了	☐ C.否,比传统课堂教学还要差
☐ D.学习兴趣,喜欢上本专业了	
☐ E.学习范围,学习内容更广了	
☐ F.同学关系,经常交流讨论了	

在课前自主学习中,重点突出在设计教学活动,调动学生学习积极性,将课堂模式彻底由教师讲授为主转变为学生学习为主。

在课堂教学中,充分发挥教学活动的多维度特性,尤其注重发挥教师和学生双方的积极性,开展多方面的教学互动,如下图 2 所示:

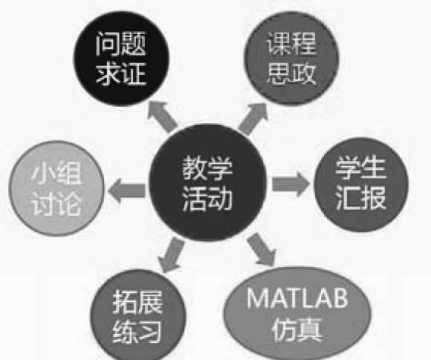


图 2 课堂教学活动的多维度特性

整体多维度线上线下混合式教学策略设计如图 3 所示:

因此,多维度线上线下混合式教学目标应该包



图 3 多维度线上线下教学活动设计

括如下三个方面:

(1)线上有优质的资源,资源的建设内容要能够实现对知识的讲解。学生利用课前时间,完成线上的教学视频的学习任务。

(2)线下有丰富的活动,活动要能够检验、巩固、转化线上知识的学习,例如翻转课堂为本文提出的教学方法提供了良好的教学环境。翻转课堂是指重新调整课堂内外的时间,将学习的决定权从教师转移给学生。在这种教学模式下,学生能够更专注于主动的基于问题的学习,共同研究解决本课程的挑战问题,从而获得更深层次的理解。教师也能有更多的时间与每个人交流,教师可采用提问-求证法和小组讨论法来满足学生的需要和促成他们的个性化学习,其目标是为了让学生通过实践获得更真实的学习。

(3)过程有公正的评估,线上和线下、过程和结果都需要开展评估。以“信号与系统”为例,本课程的考核方式丰富多样,充分调动学生们学习的积极性和学习兴趣,并通过本课程的学习,参与到与本课程相关的科技实践活动中去。本课程的评价如图 4 所示:

下面本文仅以多维度混合式教学法的三个教学维度进行详细阐述。

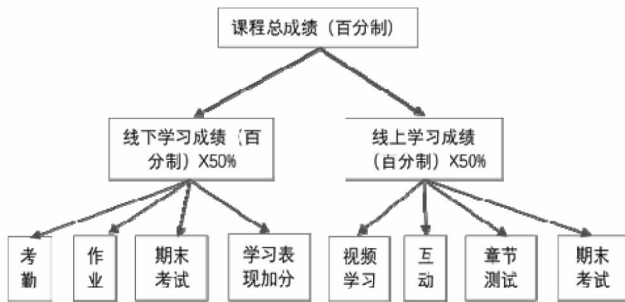


图 4 课程学习评价考核方式

2 提问-求证法

古语云:知其然,必知其所以然。提问-求证教学法,顾名思义,就是在翻转课堂教学过程中,不断地通过提问或者学生自问的方式,对问题进行分析、探讨,然后再证明其问题正确与否。首先,“提问教学法”以学生为中心,围绕发现问题、思考问题、解决问题、能力培养等方面,通过鼓励学生勤思

善想,激发其潜能,并给予一定的导学、促学和助学手段,让学生在思考中找到学习的兴趣和自信,享受学习的过程,进而实现学习的可持续发展,这也是工程教育认证中 OBE 教育模式的核心。其次,“求证教学法”是通过学生提问之后,经过深入思考,组织学生把问题进行集体讨论解决,从而达到解惑的目的,让学生打通该问题的知识点。

下面以“信号与系统”课程中重要的知识点(抽样函数)来介绍提问-求证教学法。

抽样函数是“信号与系统”课程中一个重要的概念,该函数具有很多性质,也具有十分重要的用途,例如在通信理论中抽样函数 $Sa(t)$ 是经常遇到的重要函数之一,很多调制信号的频谱呈现抽样函数的特性,因此学好抽样函数十分必要,但是很多教材中并未对抽样函数展开详细的分析及说明,给学生们学习带来困惑。本文基于高等数学知识及傅里叶变换思想对抽样函数进行详细的提问及讨论。

2.1 抽样函数名称的由来

在“信号与系统”课程教学中^[10-12],介绍信号的时域分析章节时,就会介绍普通连续时间信号,即抽样函数,此时可以引导学生思考,为什么叫抽样函数这个名称?

抽样函数在本课程中用 $Sa(t) = \frac{\sin t}{t}$ 定义,是指 $\sin t$ 与 t 之比构成的函数,其中“Sa”即英文单词“Sample”的简写,意思是“抽样”,这里仅仅是字面意思。

其实,抽样函数的名称由来可以从“信号与系统”课程介绍的时域和频域两方面进行解释。

(1)在时域中,由于单位冲激信号 $\delta(t)$ 物理上不可实现,因此其需要用 $Sa(t)$ 进行描述,如 $\delta(t) = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} Sa(kt)$,这里需要思考为什么该表达式能够等于 $\delta(t)$,因此又需要检查两点:

$$\delta(0) = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} Sa(k \cdot 0) = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} \cdot 1 = +\infty$$
$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} Sa(kt) dt = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} Sa(kt) d(kt) = 1$$

因此,根据 $\delta(t)$ 函数的定义,上两式结果表明, $\delta(t) = \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} Sa(kt)$ 是完全成立的,也就是说抽样函数的极限就是冲激函数。同时,再引发学生思考,在“信号与系统”课程中,介绍抽样定理的时候,有如下结论, $x_s(t) = x(t) |_{t=kT}$,这里的 T 为抽样间隔,如图 5 所示:

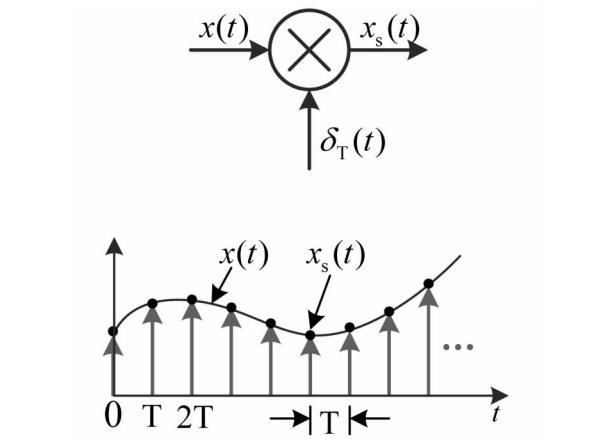


图 5 模拟信号抽样

因此,模拟信号到离散抽样信号的数学解析式为: $x_s(t) = x(t)\delta_T(t)$,这里的周期冲激信号 $\delta_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \delta(t - kT)$ 为抽样信号,即 $\delta_T(t) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \lim_{k \rightarrow +\infty} \frac{k}{\pi} Sa(kt)$,所以,这里就从时域解释了抽样函数为什么叫抽样函数。

(2)在频域中,由于 $Sa(t)$ 的傅里叶变换为: $Sa(t) \xleftrightarrow{F} Sa(j\omega) = \pi p_2(\omega)$,如图 6 所示:

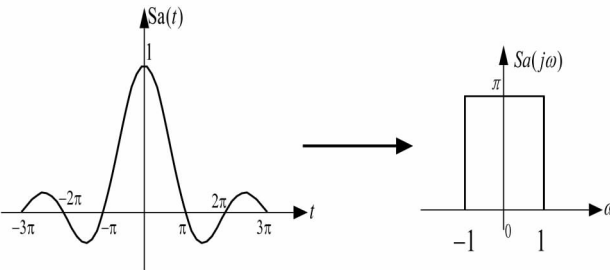


图 6 抽样函数时域波形和频域图形

因此,任意时域信号与抽样函数卷积,根据傅里叶变换时域卷积即频域乘积特性,即在频域对该信号进行了频谱选择,只保留了某段频谱,具有抽样效果。

通过该问题的提问和求证,对抽样函数的概念已经十分清楚,不过在上面的结论中,又出现了新的问题,即为什么 $Sa(t)$ 的傅里叶变换结果为 $\pi p_2(\omega)$?

2.2 抽样函数的傅里叶变换

由于抽样函数比较特别,其函数图像如图 6 左图所示:根据傅里叶变换的结论,若 $f(t) \xleftrightarrow{F} F(j\omega)$,即 $F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$,这里假设, $Sa(t) \xleftrightarrow{F} Sa(j\omega)$,建议学生可以直接利用傅里叶变换的公式去尝试,思考,计算。显然,根据傅里叶变换的公式: $Sa(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} Sa(t) e^{-j\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sin t}{t} e^{-j\omega t} dt$,很难

得到正确答案。这又是一个棘手的问题,需要解决,而不是让学生直接背诵答案,或者记下结论,在本课程的学习中,理解是最好的学习方式,而要实现理解,就必须要知道求证的过程。

对于这个问题的思考,可以考虑利用傅里叶变换的性质,互易对称特性,该性质的描述为:若 $f(t) \xleftrightarrow{F} F(j\omega)$, $F(j\omega) \xleftrightarrow{F} 2\pi f(-\omega)$ 。该性质也需要求证,只需利用傅里叶反变换和积分变量替换即可,由于篇幅所限,这里不再赘述。

在本课程中,曾经介绍过非周期矩形脉冲信号 $f(t)$ 的时域表示式为:

$$f(t)=\begin{cases} A, & |t|\leq \tau/2 \\ 0, & |t|>\tau/2 \end{cases}$$

其函数图像如图 7 所示。

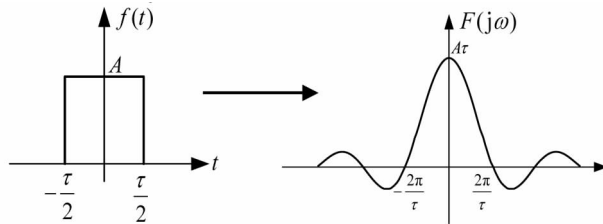


图 7 非周期矩形脉冲信号时域波形和频域图形

直接利用傅里叶变换公式,可得该非周期矩形脉冲信号的傅里叶变换结果为:

$$F(j\omega)=\int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt=\int_{-\tau/2}^{\tau/2} Ae^{-j\omega t} dt=A\tau Sa(\frac{\omega\tau}{2})$$

利用该结论,再结合傅里叶变换的互易对称特性,便有图 8 所示的频谱变换过程。

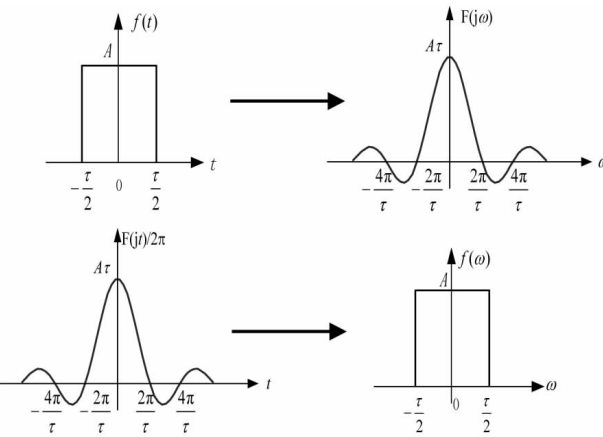


图 8 利用傅里叶变换求抽样函数的频谱过程

再根据抽样函数的图形,与上图进行比较,即可得到抽样函数的傅里叶变换,整个详细过程如图 9 所示。

从上图演变的过程,很容易得到了抽样函数 $Sa(t)$ 的傅里叶变换为 $\pi p_2(\omega)$ 。通过上述详细的图解求证方法,对学生学习和思考的问题理清了思

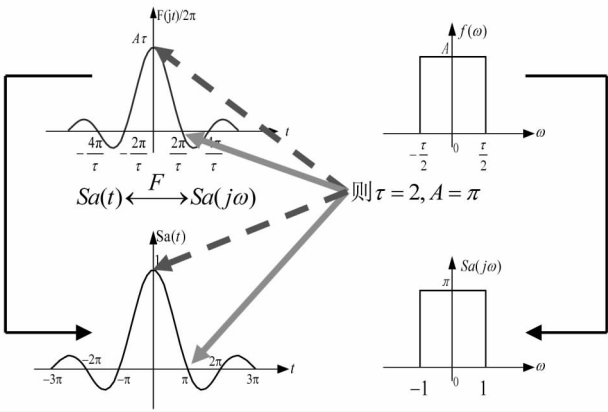


图 9 利用傅里叶变换求抽样函数的频谱过程

路,清楚地解释其中的推导过程,使学生学习兴趣更加浓厚。

2.3 抽样函数的若干性质的思考

在“信号与系统”教材中,除了直接给出抽样函数的定义之外,还直接给出了抽样函数的另一些性质,如:

(1) $Sa(0) = 1$;显然这个性质,直接可以从抽样函数的图形得出,但是为什么结果是这样的呢?这里需要用到“高等数学”课程中介绍的一个重要极限结论,即 $\lim_{t \rightarrow 0} \frac{\sin t}{t} = 1$,通过这种方式,就解释了 $Sa(t) = \frac{\sin t}{t}$ 在 $t = 0$ 的定义,保持了抽样函数的连续性,让学生学习这个知识点,一目了然。

(2) $Sa(k\pi) = 0, k = \pm 1, \pm 2 \cdots$;这个结论,也可以直接在抽样函数的图形中得到,更严谨的过程,可以在抽样函数的定义中代入,如 $Sa(k\pi) = \frac{\sin k\pi}{k\pi} = 0, k = \pm 1, \pm 2 \cdots$,易得。至于 $\int_{-\infty}^{\infty} Sa(t) dt = \pi$ 这个结论,几乎所有的教材和课程教学都很少涉及其推导过程,因此对学生的疑惑较大,在教学过程中,可以鼓励学生思考其原因,结论推导也不难。

根据傅里叶变换思想,设 $Sa(t) \xleftrightarrow{F} Sa(j\omega)$,即 $Sa(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} Sa(t)e^{-j\omega t} dt$,而本问题需要求解的是: $\int_{-\infty}^{\infty} Sa(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} Sa(t)e^{-j0t} dt = Sa(j0)$,即 $Sa(t)$ 的傅里叶变换 $Sa(j\omega)$ 在 $\omega = 0$ 时刻的值,又因为本文前面已经推导过, $Sa(j\omega) = \pi p_2(\omega)$,显然,当 $\omega = 0$ 时, $\int_{-\infty}^{\infty} Sa(t) dt = Sa(j0) = \pi p_2(0) = \pi$,因此得以求证。

通过对该问题的求证过程来看,只要积累了相关的知识,理解了学习的思路,求证过程会十分简单,同时,得到的结论也可以给学生留下深刻理解

和记忆。

3 课程思政法

要真正让我国的高等教育强起来,不仅关系到国家和民族的未来,更关系到教育强国梦的早日实现。毋庸置疑,要改变“玩命的中学,快乐的大学”这种误解,需要适当增加大学生的学习负担,因此再也不能让课堂“水课”泛滥,耽误了大学生的大好学习时光。把课堂教学质量提起来,将“水课”的水分有效挤掉,将“金课”建起来是十分必要的。

如何把“金课”建起来,其中关键在工科教学中体现的思想政治教育。以“信号与系统”为例,就需要深刻思考如何将思想政治教育引入到专业课课堂中,在专业课教学中增加专业思政的内容和环节,把以往纯粹的专业知识传授提升到有中国特色的高等教育制度层面上来,让学生了解自己要成为什么样的人,将来要为祖国做出什么样的贡献^[13]。教师则需要守好自己的那一片责任田,坚持立德树人,德育为先,做到专业课与思政课携手同向同行,形成良好的协同共振效应。

在“信号与系统”课程中,课程思政要坚持贯穿始终,在介绍“信号与系统”的概述中,需要让学生了解中国通信领域的现状,以及华为近年来一直专注于第五代通信(5G)技术,被美国封杀等事实,激发学生的爱国主义热情,让学生能够自主地投入到“信号与系统”课程的学习当中。

华为事件无疑为广大学生上了最好的一课,学生们联系自己,发掘更多需要提升的地方,例如部分同学安于现状,缺乏学习紧迫感、毕业危机感和忧患意识;一些同学不够自律,浪费宝贵青春,这归根结底都是因为缺乏大境界、大格局观念。不管是国家、企业还是个人,只有未雨绸缪,居安思危,提升格局,放眼未来,才能永远立于不败之地。

华为精神告诉我们,奋斗的个人才有前途,奋斗的企业才有未来,奋斗的民族才是坚不可摧。结合学生实际,广大学子目前需要做到学习上多审视自身、明确定位,确立目标并为之制定周密可行的学习计划、职业规划,并加以奋斗和努力,不负韶华。同时,勉励广大学子要开阔眼界、提升境界、放眼未来和世界,做一个有大格局大情怀为国争光的时代新青年。

另外,通过课程思政带来的思考,让学生们更加明白“关键的核心技术是要不来、买不来、讨不来的”,唯有自主创新、自力更生,攻破卡脖子技术,坚持“四个自信”,做到“两个维护”,激发同学

们的爱国情怀和民族自豪感,年轻的大学生必须从自身做起,立鸿鹄志、做奋斗者,坚定信念,勇于开拓,求真学问,学真本领,中国的科技才能上新的台阶,让中华民族伟大复兴在青年人的奋斗中梦想成真。

4 虚拟仿真法

“信号与系统”课程是一门非常重要的基础学科,但该课程的复杂性、抽象性和需要较好的数学基础,阻碍了学习者的学习兴趣,尤其对于基础不扎实的同学,课程学习很枯燥且困难。为突破该门课程的抽象性,有必要采用传统教学以外的其它方式来激发学生的学习兴趣,从而提高学生对课程知识的掌握和运用的能力。

基于上述原因,基于 Matlab 的仿真虚拟教学法得到了广泛的应用^[14-15],在“信号与系统”教学过程中,我们基于 Matlab 的编程环境开发了 GUI 交互辅助学习软件^[16]。该软件包括了比较系统的课程学习内容,具有良好的界面风格、操作简单和容易上手的优点。使用者只需通过输入参数、点击鼠标的方式即可实现信号的仿真和系统的求解。虚拟仿真法在一定程度上提高了学生对课程学习的兴趣,对教学辅助十分有益。

下面以“信号与系统”中的傅里叶变换进行 Matlab 演示说明。傅里叶变换是“信号与系统”中的重要知识点,通过傅里叶变换将信号转化到频域进行分析,一般较难理解。通过本文的 Matlab 演示系统,点击“傅里叶变换谱图”按钮,打开一张图片,则会显示这张图片的谱图,如果对图片进行过渲染,则会对渲染后的图片进行处理,图 10 是对 Lena 图的傅里叶变换谱图的展示结果。

如果打开了一张图片,还可以演示图片经傅里叶变换后的谱图和反变换结果,对傅里叶变换结果进行频率搬移,并对搬移后的图像进行反变换,结果如图 11 所示。

除此之外,此 GUI 界面演示程序还包括对图像进行灰白处理、浮雕处理、椒盐噪声等演示,这里不再赘述。

因此,基于 Matlab 的仿真演示软件,可以直观地展示抽象的理论知识并生动地呈现,相比于传统的教学方法,因演示系统具有良好的界面风格和简便的操作方式,直观的演示体验,让教学变得简单,有助于学生对知识的理解,有助于学生增强学习兴趣。



图 10 Lena 图的傅里叶特性谱图

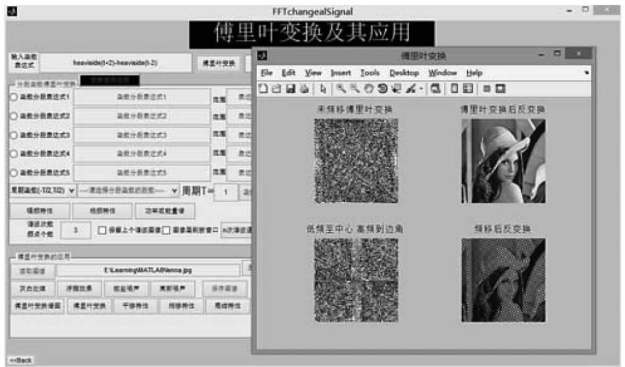


图 11 对选择的图片作傅里叶变换和傅里叶逆变换演示

5 教学实践和达成度分析

本文提出的多维度线上线下混合式教学方法均可通过翻转课堂进行实施,翻转课堂模式是为了让学习更加灵活、主动,让学生的参与度更强。

目前我们正处在一个高速发展的互联网时代,触手可及的互联网给学生提供了丰富的学习资源,因此开展线上线下协同教学是未来发展的趋势,积极运用互联网、人工智能、虚拟现实等现代信息技术,对课程教学设计、教学方法、教学内容、教学组织、考核方式等进行创新,这是未来教学改革的重点。例如本课程的教学团队依托智慧树线上教学平台,将本文的教学方法应用实践,疫情期间,在学生不能返校的情况下,坚持停课不停教,停课不停学,依托各种线上资源与网络手段,最大程度保证学习效果,截止到 2022 年 2 月,本课程已吸引了众多学习爱好者,以智慧树平台为例,已开课 5 个学期,覆盖了 9 所高校,选课学生总人数已经达到 2588 人,累计课程答疑互动超过 17800 次,取得了良好的教学效果和影响力。我校的“信号与系统”课程线上教学示于图 12。

最后,工程教育认证中的达成度评价是衡量高等学校人才培养质量的重要手段,其对教学活动的



图 12 “信号与系统”线上教学(自建课程)

持续改进起指导作用,是促进专业教学改革落实到课程教学的有效办法。

以我校“信号与系统”课程在某个教学班的教学为例,通过教学质量管理系统,自动生成的该班学生在课程目标 1 这一项的达成度分析结果,如图 13 所示:

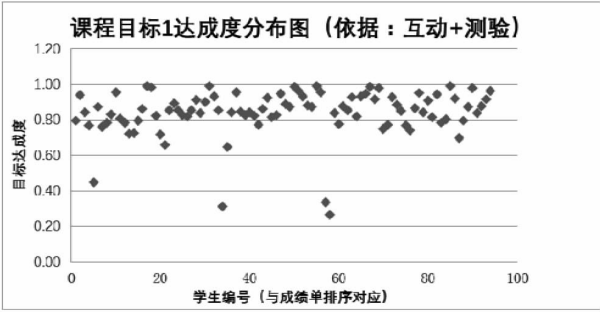


图 13 某一目标达成度分析

课程目标总体达成度分析如图 14 所示:

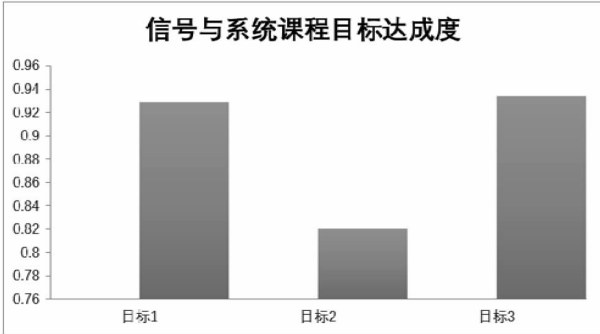


图 14 总体达成度分析

通常课程目标达成度为要求 0.6,因此课程目标总体的 3 个目标点都达到要求,由于“信号与系统”课程是一门较难的专业基础课,根据达成度分析,可以发现本课程的达成度情况比较满意。从图 13 和图 14 可以看出,通过本文提出的多维度线上线下混合式教学策略在“信号与系统”课程的实践效果良好。

6 结语

在新工科背景下,如何解决好“信号与系统”课程教学中知识点讲授与学生能力培养的问题,对

于学生综合能力的提升具有重要意义。通过本文提出的多维度线上线下混合式教学策略,将“信号与系统”在线课程和传统课程教学相结合的教学模式,可以提高学生学习的积极性和主动性,促进学生的发散思维,挖掘学生的学习兴趣,培养学生良好的理工科学习习惯。

本课程的教学实践表明,提出的教学方法能够取得良好的教学效果,对其他理工科专业课程也具有重要的借鉴意义。

参考文献

- [1] 蒋敏兰,张长江,沈建国,等. 基于工程教育认证的电子信息工程专业人才培养体系研究[J]. 大学教育,2020,8:23-26.
- [2] 孟繁杰,郭宝龙,张玲霞,等. 新时代“信号与系统”课程教学探索[J]. 电气电子教学学报,2020,42(3):38-40.
- [3] 文静. 信号与系统课程中卷积运算的教学方法探讨[J]. 大学教育,2020,8:71-73.
- [4] 曾秋芬. 信号与系统课程的思政教学实践[J]. 集成电路应用,2020,37(7):88-89.
- [5] 屠礼芬,彭祺,周传璘,等. “信号与系统”生动授课模式之图解法举例和实践[J]. 湖北工程学院学报,2020,40(3):97-101.
- [6] 曹欣远,陈明生,齐琦. “信号与系统”中傅里叶变换的教学方法研究[J]. 合肥师范学院学报,2019,37(6):87-89.
- [7] 杜铁钧,钱志华,吴爱婷. 信号与系统理论与实践融合的探索[J]. 信息技术与信息化,2020,1:143-144.
- [8] 赵文华,赵爽,马志庆. “互联网+”背景下“信号与系统”教学研究与实践[J]. 教育现代化,2018,5(39):62-63.
- [9] 李贞玉,杨国程,王鑫. 新工科背景下地方高校化工类人才培养改革研究与实践[J]. 高教学刊,2021,10:164-167.
- [10] 陈后金. 信号与系统(第3版)[M]. 北京:清华大学出版社,2017.
- [11] 奥本海姆. 信号与系统(第二版)[M]. 北京:电子工业出版社,2020.
- [12] 郑君里. 信号与系统(第三版)[M]. 北京:高等教育出版社,2011.
- [13] 姜明新,曹苏群,卞海溢. “信号与系统”课程思政教学改革与实践[J]. 科技风,2019,31:53-53.
- [14] 赵伶俐. 新工科背景下信号与系统课程实践教学改革研究[J]. 中国教育技术装备,2019,18:119-120,124.
- [15] 朱娟娟,郭宝龙,张玲霞. “信号与系统”Matlab 实践在线课程的建设[J]. 电气电子教学学报,2019,41(4):38-40.
- [16] 谭北海,彭秋明,姚小娇,等. 高等院校信号与系统课程教学辅助探究与实践[J]. 实验科学与技术,2018,16(2):70-73,93.