引文格式：苏 伟,冯权泷,王佳月. 由BOPPPS模型驱动的遥感数字图像处理教学案例探究[J]. 地理空间信息, 2025, 23(6):126-129. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2025.06.028

由BOPPPS模型驱动的遥感数字图像处理教学案例探究

苏　伟[1,2]，冯权泷[1,2]，王佳月[1,2]
（1. 中国农业大学土地科学与技术学院，北京 100083；2. 农业农村部农业灾害遥感重点实验室，北京 100083）

摘　要：遥感数字图像处理课程是高等院校地理信息科学、遥感科学与技术、资源环境科学等多个专业的基础课，内容涉及遥感图像预处理、图像增强、遥感图像分类等，在农业、林业、生态、环境、气象等众多领域具有非常广泛的应用。为了解决该课程理论知识抽象、“遥不可测”带来的复杂性等问题，以BOPPPS为模型为驱动，以PVI光谱植被指数构建知识点讲授为例，探索针对农业院校的遥感数字图像课程教学模式。作为课程知识点讲授案例的PVI光谱植被指数教学方案设计从监测大范围植被状态、作物长势的教学目标出发，在课前、课中、课后3个阶段中设置BOPPPS 6个环节，形象、生动地开展PVI植被指数构建的4个原则：敏感波段选择与优化，植被特征增强，光谱特征空间构建，植被指数构建知识点的教学，并通过构建植被含水量光谱植被指数的作业设置与教学后测环节，引导学生发挥潜能并实现高阶学习，从而培养解决复杂问题的能力和创新能力。

关键词：BOPPPS模型；遥感数字图像处理；光谱植被指数；教学模式；参与式学习
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2025）06-0126-04

Exploring Teaching Strategy of Remote Sensing Digital Image Processing Driven by the BOPPPS Model

SU Wei[1,2], FENG Quanlong[1,2], WANG Jiayue[1,2]
(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100083, China;
2. Key Laboratory of Remote Sensing for Agri-Hazards, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing 100083, China)

Abstract: The course of remote sensing digital image processing is vital for many majors including geographical information science, remote sensing science and technology, and resource and environmental science. The content involves remote sensing image preprocessing, image enhancement, remote sensing image classification. It has been popular in many fields such as agriculture, forestry, ecology, environment, and meteorology. For solving the problems of theoretical knowledge being abstract and difficult to teaching, we proposed the teaching strategy driven by BOPPPS model including bridge-in, objective, pre-assessment, participatory learning, post-assessment and summary. The teaching plan design of PVI spectral vegetation index which serves as a case for teaching course knowledge points starts from the teaching objectives of monitoring vegetation condition and crop growing in large regional area, and set up six steps of BOPPPS model in the three stages of before class, during class and after class, aiming at teaching the four principles of vegetation index building, optimization of sensitive spectral bands, enhancement of vegetation features, construction of spectral feature space, and vegetation index construction model. We carried out the post testing by developing the vegetation canopy moisture content spectral vegetation index, aiming at exploring the potential of students and helping them to solve difficult academic and applicable problems.

Key words: BOPPPS model, remote sensing digital image processing, spectral vegetation index, teaching model, participatory learning

随着对地观测技术的迅速发展，遥感图像作为一种重要的信息源已被广泛应用于农业、林业、生态、环境、气象、全球变化以及人类活动监测等众多领域，在社会生活和经济建设中发挥着越来越重要的作用[1]。《遥感数字图像处理》是地理信息科学、遥感科学与技术、资源环境科学等多个专业的基础课，是遥感应用课程的基础，课程内容包括遥感图像处理基础知识、遥感图像预处理（几何校正、辐射校正）、遥感图像增强（空间域增强法、频率域增强法）、遥感图像融合、遥感图像分类[2-3]。针对农业院校的特点和培养目标，我们延伸了土地覆被分类与作物种植遥感识别、植被指数的构建与作物长势监测、雷达图像处理及土壤水分反演等内容。本课程教学难点在于，一方面是遥感成像过程复杂带来的不确定性“遥不可测”；另一方面是地面物体空间分布及光谱的复杂性“同物异谱与异物同谱”问题[4]。此外，该门课程的实践要求较高，需要学生在所学遥感图像理论知识和技术方法的基础上，能够实际动手对多源遥感图像

项目来源：国家自然科学基金面上项目（42171331）；中国农业大学2115人才工程资助项目。
第一作者简介：苏伟（1979—），博士，教授，博士生导师，研究方向为农业灾害遥感监测，E-mail：suwei@cau.edu.cn。

进行各种处理操作，并在农业应用领域进行土地覆被分类、作物种植区遥感识别、土壤水分反演、作物长势监测等实际应用。因此，如何将抽象、复杂的遥感图像处理知识讲清楚、透彻、明白，培养学生解决实际应用中复杂问题的能力与科技创新能力，是该课程需要解决的重要问题。

教学设计需要以先进的教学理念为指导[5]，通过规范的教学模式来实施，针对遥感数字图像处理课程要求与目标，在教学过程中探索使用BOPPPS参与式教学模式开展教学活动。“BOPPPS”模型源于加拿大，是ISW（instructional skills workshop）工作坊所培训的教学模式[6-7]。该模型由导入（Bridge-in）、目标（Objective）、前测（pre-assessment）、参与式学习（Participatory Learning）、后测（Post-assessment）、总结（Summary）共6个环节组成[8-9]。在教学过程中，教师可以将遥感数字图像处理的具体知识点讲解设置为一个完整的BOPPPS流程：在导入阶段以学生感兴趣的问题切入进而引出学习目标；参与式学习阶段师生互动，发挥学生的主动性、提高学生的参与度。这对学习相对抽象的遥感图像处理知识具有很重要的作用。本文以《遥感数字图像处理》课程教学为例，结合团队建设的《遥感图像深度挖掘虚拟仿真实验》，以BOPPPS教学模式开展植被指数构建这一知识点的教学，以Nature Sustainability上一篇关于中国行动主导了全球变绿的文章导入，教学过程中通过虚拟仿真平台的外场辐射定标实验进行师生互动，进而提高学生对该知识点的理解能力和动手能力。

1　学情分析

1）当代大学生是信息时代的原住民，互联网为新时代的他们烙下深刻印记，他们自带网络基因，具有很强的信息检索、分析、处理和创造使用能力，可以通过互联网用极短时间获得大量信息。在这种信息爆炸、科学技术高速发展的新时代，对于大学生的培养不能再使用满堂灌的传统模式[10]。

2）随着数字电子技术的迅猛发展，电子产品在大学生中越来越普及，有调查表明大学生中的手机和笔记本电脑的拥有率分别为100%和80.5%[11]，课堂上对于电子产品的“围追堵截”往往收效甚微，如何科学发挥电子产品在课堂上的作用是课堂教学需要考虑的问题。

3）近年来，基于中国大学MOOC平台、超星平台、智慧树平台等优质在线教学资源得到大力发展[12]，我们的教学团队围绕该课程建立了中国大学MOOC的《遥感数字图像处理与农业应用》、智慧树平台上的《遥感图像深度挖掘虚拟仿真实验》和基于百度智能云平台的《遥感数字图像处理与农业应用》实训平台[13-14]，在课堂教学中可以充分利用这些优质教学资源。

2　基于BOPPPS模型的教学设计

2.1　课程内容

课程内容包括7个章节，教学内容涉及4个方面：遥感图像是怎么得到的、有什么特征、如何再现地物信息、如何得到地物信息。课程内容的设置，以“以学科大概念为核心，使课程内容结构化；以主题为引领，使课程内容情境化”的核心素养培养要求为指导，以培养学生的创新能力为中心。课程内容体系如图1所示，具体教学内容包括：

2.1.1　如何得到遥感图像

回顾国内外遥感图像的获取历史，梳理遥感图像处理技术的发展脉络；总结遥感图像处理技术的发展潜力和新技术增长点，为挖掘遥感科学内涵、创新遥感图像处理方法和拓展行业应用奠定坚实的理论基础。该内容在第一章讲授。

2.1.2　对遥感图像特征进行数学刻画

揭示遥感图像的特征内涵，包括图像彩色合成、图像数据格式、图像的单波段和多波段特征表达，利用所学的高等数学、概率统计方法刻画遥感图像的特征，为遥感图像信息挖掘、分析与应用提供方法基础。该内容在第二章讲授。

2.1.3　量化图像的不确定性再现地物信息

从物理学、测量学的角度分别量化遥感图像的辐射不确定性、几何不确定性，归纳去除或减轻遥感图像辐射误差和几何误差的方法，为遥感行业应用提供准确的遥感数据基础。该内容在第三、四、五、六章讲授。

2.1.4　设置教学情境挖掘遥感图像上的地物信息

以土地覆被类型分类、农作物长势监测为应用主题，设置遥感图像分类、作物冠层参数提取、土壤水分提取教学情境，开展遥感图像非监督与监督分类、深度学习方法、植被指数构建、植被辐射传输模型内容教学，挖掘具有鲜明行业特色的遥感应用问题，培养学生的三农情怀。该内容在第六、七、八章讲授。

2.2　基于BOPPPS模型的PVI植被指数构建教学案例

1）导入与学习目标。遥感光谱植被指数的构建是本课程“第八章作物长势遥感监测”中“第二节植

被指数的构建”，是在前几章对于遥感图像进行预处理和分类基础上开展的针对农业的应用，广泛应用于农作物种植面积提取和长势监测。植被指数的构建目的是通过不同波段的组合变换，达到增大农作物与其他地物的区别度、减轻土壤背景的干扰、减少地形影响的目的，从而得到能够衡量植被的多少及植被活力的参数。根据导入案例的选择标准，我们选择Nature Sustainability上一篇关于中国行动主导了全球变绿的文章《China and India lead in greening of the world through land-use management》所分析的结果，引出本节课的目标是构建遥感光谱指数，进而展开对如何构建PVI（perpendicular vegetation index）垂直光谱植被指数方法的讲授，并在虚拟仿真平台中完成该实验。

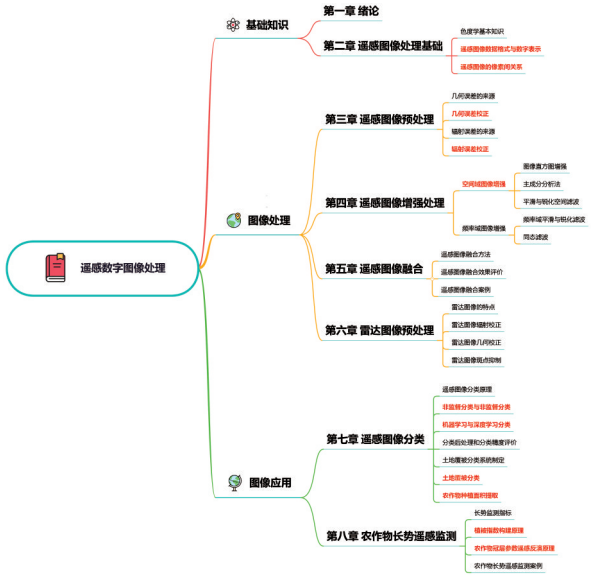


图1 课程内容体系

2）前测。围绕遥感光谱指数构建内容，测试学生们对于遥感图的波段组合、植被敏感波段有哪些，根据学生回答情况评估学生对波段概念、敏感波段选择的了解程度，同时也引导出构建植被指数需要遵循的4个原则：① 对植被冠层理化参数敏感，能够最大程度地反映植被冠层差异；② 归一化外部效应，如太阳天顶角与方位角、观测天顶角和方位角等，以便能够进行空间和时间上的比较；③ 归一化内部效应，如土壤背景变化包括地形(坡度和坡向)、土壤的差别，以及衰老或木质化(不进行光合作用的冠层组份)植被的差异；④ 能和一些特定的可测度的生物物理参数，例如生物量、LAI或APAR进行耦合，作为验证和质量控制部分。

3）参与式学习。首先，讲述光谱指数的构建思想与本质，即通过不同波段的组合变换（加法、减法、除法），增强植被与非植被、植被多少、植被长势与否的差异、增强植被信息、削弱背景信息的影响，是以像素对像素为基础，在两幅或者多幅同样大小的图像间进行。其中，加法运算参与运算的图像对应像元的灰度值进行加法运算，可以减少图像的随机噪声。减法运算是参与运算的图像对应像元的灰度值相减，可用于植被动态监测和目标检测。除法算法能去除地形坡度和方向引起的辐射量变化，在一定程度上消除“同物异谱”现象。在理论讲述的基础上，让学生使用教师所提供的遥感图像，进行加法、减法、除法运算操作，并总结经过这3种运算后作物特征的体现。

然后，通过演示不同稠密程度的作物在所选择的红-近红外波段的二维坐标轴上的分布规律，通过距离进行度量，进一步交代通过2个线段长度的差值度量植被到土壤线的距离，也就是与土壤的接近程度，即植被稠密/稀疏程度，进而构建PVI垂直植被指数。让学生登录虚拟仿真平台，计算得到全国范围的PVI植被指数并分析其特征，并验证该指数在刻画植被多少或者植被活力方面的有效性。

4）后测。通过对于PVI垂直植被指数构建原理的讲解，加深学生们对于植被指数构建的4个原则的理解，在熟练掌握该知识点的基础上试着拓展构建1种新的植被指数，比如对比水分敏感的植被冠层含水量指数。为了降低难度，可通过选择题的方式进行考察。

5）总结。回顾本节课讲授的遥感图像波段组成与植被敏感波段的选择、光谱指数构建思想、构建方法以及达到的效果，引出下一节课中对于植被冠层含水量指数构建方法的讲解。

本文所阐述的基于BOPPPS模型的PVI植被指数构建教学案例示意图如图2所示，对于B、O、P、P、P、S共6个教学步骤的梳理如表1所示。

3 结 语

本文以《遥感数字图像处理》课程中一种光谱植被指数的构建为例，论述如何以BOPPPS模型为指导开展专业课程内容的教学。在以一个植被指数应用案例“全球变绿行动中的中国贡献”引出对该知识点的讲解，通过测试了解学生对于敏感波段等植被指数构建原则的了解；也引出于PVI垂直植被指数构建原理的严谨、算法的巧妙、结果的明显性，在学习过程中使用虚拟仿真平台，突破了对于计算全国范围内遥感图像处理算力不够的限制；通过课后测试，了解学生对该知识点的掌握程度，也引出对植被冠层水分含量光谱指数的讲解。通过这种形式对抽象知识生动形象

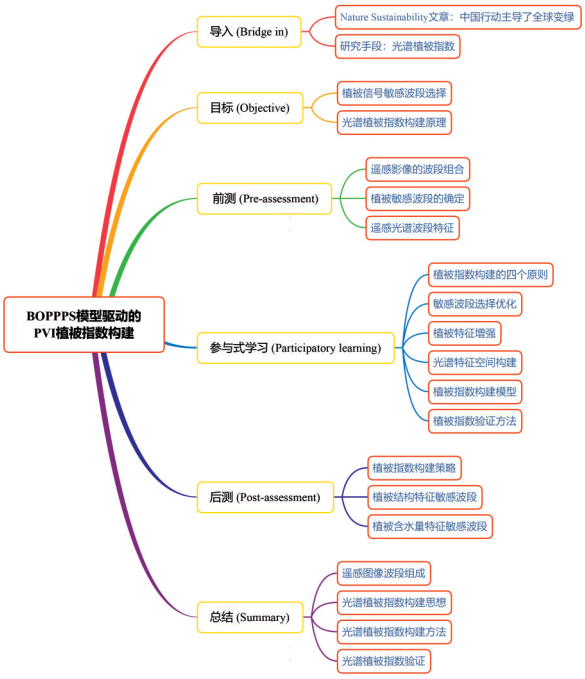


图2　PVI植被指数构建教学案例

表1　基于BOPPPS模型的PVI植被指数构建案例教学设计

	时间	教学者活动	学员活动
导入 Bridge-in	3	利用Nature Sustainability上一篇关于中国行动主导了全球变绿的文章结果，其所使用的技术是基于遥感的光谱指数，进而引出讲授一种光谱植被指数构建方法的目的。	互动式回答
学习目标 Objective	2	PPT呈现，口述本次课程的目标是讲述一种光谱指数构建方法。	听
前测 Pre-assessment	4	问题：是否还记得上一节课讲授的遥感图像是由不同波段组合的？听没听说过红外波段？每个波段的作用相同吗？根据学生回答的结果看大家对波段的概念、波段的选择的了解程度，同时也引导出后面的一个内容—波段选择，公布答案：每个波段的作用不同。有什么不同呢？敏感波段选择是植被指数构建的一个原则，引导式询问是否还指导光谱植被指数构建的其他原则。	提问式回答
参与式学习 Participatory Learning	28	1. 光谱指数构建思想：波段选取+特征增强，通过不同波段的组合变换，得到能够衡量植被多少及植被活力的参数； 2. 波段的选择：选择对叶子色素和细胞构造敏感的波段，即对植被活力敏感； 3. 怎样进行特征增强：演示不同稠密程度的作物在所选择的红-近红外波段的二维坐标轴上的分布规律，通过距离进行度量，进一步交代如果通过两个线段长度的差值度量植被到土壤线的距离，也就是与土壤的接近程度，即植被稠密/稀疏程度。 4. 通过效果，验证方法的有效性。	参与式回答
后测 Post-assessment	6	让大家动起来，围着桌子围成一个圈，拿出试题纸，让大家通过一个选择题拓展延伸构建水分指数的方法，考核对植被指数构建方法的掌握。公布答案，选择B，并解释原因。	互动式回答

地引入、基于本地遥感图像和虚拟仿真平台大区域图像处理的互动，提高学习兴趣，激发课堂的活力，活跃学生的思维，进而提高学生在课堂中的参与度和主体性。此外，在教学案例中使用全球变绿行动中中国贡献最大这一事实，以学生为中心融入相应的思政元素，潜移默化提高了学生“学以致用”的能力，符合“全员、全方位、全过程”的育人理念[15]。

参考文献

[1] 韦玉春,汤国安,汪闽,等. 遥感数字图像处理教程(第三版)[M]. 北京:科学出版社,2019

[2] 朱文泉,林文鹏. 遥感数字图像处理:原理与方法[M]. 北京:高等教育出版社出版,2015

[3] 胡德勇,邓磊,林文鹏,等. 遥感图像处理原理和方法 [M]. 北京:测绘出版社,2014

[4] 邓磊,赵文吉,胡德勇. 遥感课程实践教学模式探索与教改实践[J]. 科技创新导报,2012,8(7):136-137

[5] 华文彬,王蕾,李嵩,等. BOPPPS教学结合三维有限元分析模型在运动系统临床实践教学中的应用[J]. 医学教育研究与实践,2023,31(5):624-628

[6] 夏哲远,张惠玲,施慧,等. 基于BOPPPS教学模式的精准教学实证研究:以中医护理学基础课程为例[J]. 中医教育,2023,42(6):17-22

[7] 田洁. 基于BOPPPS的《英语视听说》课程混合式教学实践[J]. 齐齐哈尔师范高等专科学校学报,2021,40(3):143-145

[8] 韩冰,何晓,潘淑淑,等. 基于BOPPPS模式的案例教学法在医学影像学教学中的应用[J]. 全科医学临床与教育,2023,21(10):918-920

[9] 王伟,潘伶,陈亮. 基于OBE理念和BOPPPS模型的机械设计综合课程设计教学设计与实践[J].2023,40(5):44-54

[10] 朱秀芳.《资源环境遥感》课程思政建设探索[J]. 地理空间信息,2024,22(6):118-122

[11] 范银银,于梦男. 当代大学生对电子产品的消费和使用状况调:以重庆科技学院在校大学生为例[J]. 重庆科技学院学报(社会科学版),2015,21(7):138-140

[12] 秦永,韩留生,黄洁慧,等.《遥感概论》线上线下混合式教学改革与实践[J]. 地理空间信息,2023,21(2):161-164

[13] 苏伟,黄健熙,杨建宇,等. 信息技术加持的遥感数字影像处理立体教学模式及实践[J]. 地理空间信息,2025,23(2):124-127

[14] 苏伟,杨建宇,赵瑞春,等. 农业院校《遥感数字影像处理与分析》教学中育人元素探索[J]. 科教导刊,2020,11(29):127-128

[15] 李晖,李兰晖,吴学文,等. 地方高校专业硕士《遥感数字图像处理》课程思政实践[J]. 地理空间信息,2024,22(1):124-128