

基于情境的地理教学素材推荐系统

王佳晨,岑跃峰,岑 岗

(浙江科技学院 信息与电子工程学院,杭州 310023)

摘要:为了解决地理教学过程中遇到的高质量素材缺失及素材按需选取困难的问题,以建构主义情境教学理论为指导,设计开发了一个集遥感影像素材和地理信息专题地图素材于一体的地理教学素材推荐系统。首先,该系统通过遥感影像的简化处理及GIS(geographic information systems,地理信息系统)技术在遥感影像的应用,生成地理教学中所需影像基础素材库和专题地图素材库;其次,引入基于用户的协同过滤推荐算法,通过分析用户的行为轨迹从素材库选取相应素材进行推荐,以提高用户素材选取的准确性;最后,通过文件管理系统对素材库进行统一管理,并提供多种影像素材及专题地图素材的检索和展示形式,以满足教学过程中情境构建的需求。实践结果表明:本系统可以为用户推荐符合其学校教学计划及个性化教学风格的高质量素材,能满足教学过程中情境构建的需求。本系统为地理教学提供了一种新的思路,可以丰富教学内容并提升教学效果。

关键词:情境教学;遥感影像;GIS数据;地理教学;推荐系统

中图分类号: TP311.5;G521.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-8798(2021)01-0031-08

Recommendation system of geography teaching materials based on situation

WANG Jiachen, CEN Yuefeng, CEN Gang

(School of Information and Electronic Engineering, Zhejiang University of
Science and Technology, Hangzhou 310023, Zhejiang, China)

Abstract: In response to problems of lack of high-quality materials and difficulty in selecting materials on demand in the process of geography teaching, a recommendation system of geography teaching materials was designed and developed under the guidance of constructivism situational teaching theory, integrating remote sensing image materials with geographic information thematic map materials. First of all, the system generated the basic image material database and thematic map material database needed in geography teaching through the simplified processing of remote sensing images and the application of GIS(geographic information systems) technology in remote sensing images. Second, a user-based collaborative filtering recommendation algorithm was introduced to improve the accuracy of user material selection by analyzing the user's behavior trajectory and selecting the corresponding material from the material database for recommendation. Finally, the material database was managed

收稿日期: 2020-05-11

基金项目: 教育部人文社会科学研究一般项目(17YJA880004);浙江省科技计划项目(2017C31038);浙江省大学生科技创新活动计划(新苗人才计划)(2019R415033)

通信作者: 岑 岗(1959—),男,浙江省象山人,教授,主要从事教育信息科学与技术研究。E-mail: gcen@163.com。

uniformly through the document management system, and a variety of retrieval and display forms of image materials and thematic map materials were provided to meet the needs of situational construction in the teaching process. The result of practice shows that the system can recommend high-quality materials according to its school teaching plan and individualized teaching style to satisfy the requirement of situation construction in the teaching process. The system provides a new idea for geography teaching, which can enrich the teaching content and improve the teaching effect.

Keywords: situational teaching; remote sensing image; GIS data; geography teaching; recommendation system

地理学科综合了自然科学和人文科学,是培养全面发展人才中必不可少的一门学科。地理教学的侧重点是培养学生的地理学科核心能力,而地理空间格局又是地理学科核心能力的主要因素^[1]。地理空间格局的形成需要学生在学习过程中浏览丰富的地理素材,因此海量的地理素材是教学环节中不可或缺的重要组成,是地理学科特有的信息综合载体和教学工具^[2]。目前,国内地理教学中存在的问题有:地理素材短缺、陈旧^[3];地理素材缺少系统性的收录及检索方式,地理素材取用困难。因此,地理教学素材库的研发对地理教学具有现实意义。

遥感影像作为一种大范围、长时序、高分辨率的图像类型^[4],可以对特定地物进行多维多时相的观测,是地理教学中的高质量素材。遥感影像数据由于处理过程复杂、对处理人员的专业素养要求较高,形成数据壁垒,因此很难应用到其他行业中。为了解决该问题,李懿珈等^[5-6]通过对遥感影像的二次加工,将其与金融和旅游行业的解决方案相结合,为遥感影像应用于地理教学研究提供了可能。张亮等^[7-8]利用 GIS(geographic information systems,地理信息系统)技术将基础矢量数据与城市规划、电力等行业相关数据进行叠加分析,形成专题地图,为地理信息数据应用于地理教学提供了实践依据。

地理教学素材除了存在高质量素材缺失问题外,教师在实际教学过程中的素材按需取用也存在着困难。素材推荐系统作为能够为用户提供所需产品信息建议的软件工具和技术手段^[9]被各类教学平台普遍使用。协同过滤算法作为目前应用最为广泛的算法也成为了推荐系统与教育系统相结合的研究热点。胡婷^[10]针对如今英语教学资源存在的“迷航”和“浪费”问题,提出一种基于用例的资源管理系统,为用户提供教学资源。王雪梦等^[11]为了解决教师水平参差不齐的问题,通过基于内容的推荐算法设计了一个服务于英语写作课程的辅助教学系统,以满足学生的写作需求。素材推荐系统作为教学辅助系统的一部分已经被许多教育工作者认可并成为研究热点。

针对国内地理教学过程中地理素材缺失及按需取用困难的问题,本研究以建构主义情境构建的思想为理论指导,利用遥感影像和以地理信息数据为基础的专题地图,设计开发了基于用户的地理教学素材推荐系统,以满足不同环境下的情境教学需求。

1 地理情境教学的必要性

建构主义学习理论强调学习者的学习过程是一个积极主动的建构过程。学习者根据其个人先验知识,借助于外界的帮助,对信息进行加工整合,有选择地感知外在信息,建构当前事物的意义^[12]。

建构主义认为知识是学习者在一定的情境下,借助他人(教师、同学、父母等)的帮助,利用必要的学习材料(文字、图片、视频),通过意义建构的方式而获得^[13]。其中,情境是影响学习过程的主要因素之一,它是利用外界的环境,实现与学生心境共鸣的一种教学方法。情境教学环境可以是客观环境,也可以是人为构建的,情境越是形象,效果也就越显著。而在实际地理教学中,由于学习者能接触到的客观地理环境有限,因此对于其生活环境之外的地理知识无法直接获取与验证。基于建构主义的地理情境教学能够让学习者置身于一个与真实地理环境相接近的学习场景,从学习者自身所处的地理环境和观察到的地理现象入手^[14],把学习者的思维带入生动具体的地理情境中去^[15],达到更好的学习效果。

2 地理情境教学素材的生成

根据建构主义情境教学的要求,系统基础素材可以通过遥感与 GIS 技术便捷地生成遥感影像基础素材与专题地图基础素材,形成的素材库可以帮助教师构建形象生动的地理课堂教学情境,从而使学生更具象地了解地理教学大纲中的各类知识。GIS 技术区别于传统计算机地图制图技术是因其利用了空间信息分析技术,通过对原始数据模型的观察和试验,获得新的知识和经验,形成 GIS 数据,并以此作为决策与分析的依据。

2.1 影像基础素材库

传统的遥感图像处理方式流程复杂,无法直接应用于地理教学场景中,因此,本研究提出一种遥感图像简化处理方法,并将其应用到地理教学中。简化后的遥感影像处理流程与原流程对比如图 1 所示。

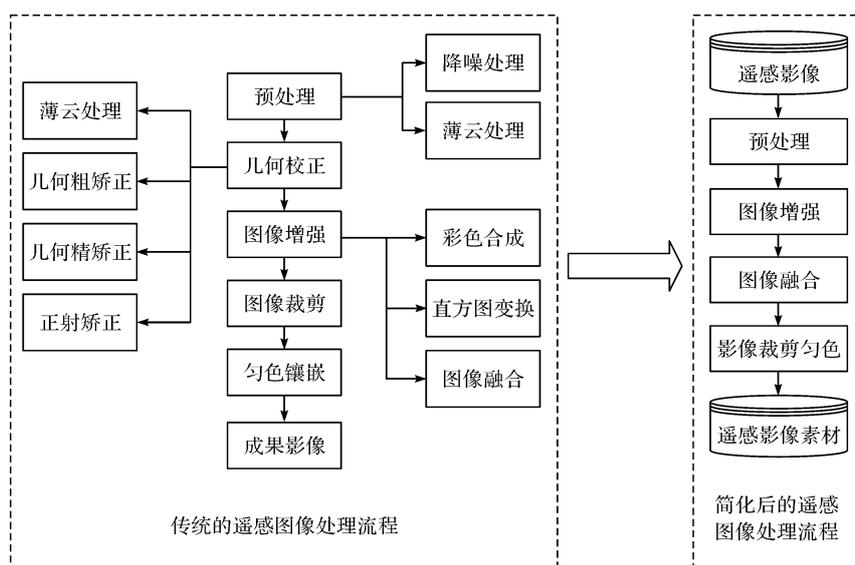


图 1 遥感影像处理流程对比

Fig. 1 Comparison chart of remote sensing image processing flow

在遥感领域,遥感影像的处理方式对影像的位置、偏振角、细节及光谱信息有极高的精度要求。以满足科学研究最低精度要求的遥感影像数据产品的 2 级数据为例,影像需要经过预处理、几何校正、图像增强、图像裁剪、匀色镶嵌多个步骤,遥感影像数据本身也需要具有时间参考、辅助信息(包括辐射、几何校正系数等)、地理坐标参数、相同分辨率和位置的地球物理参量等一系列信息。上述步骤过程烦琐,并且地理教学中所需的图像也不需要上述属性,因此,教学素材的预处理仅需要在满足基本精度要求的情况下对素材进行更具象的渲染,形成可供地理教师直接使用的基础素材即可。简化后的流程去除原流程中的几何矫正部分与影像镶嵌部分,同时将工作重点聚焦于影像本身的质量上,形成预处理、图像增强、图像融合、影像裁剪匀色四步的处理流程,具体内容如下。

1) 预处理:地理教学所用的遥感影像素材预处理流程与传统的预处理流程基本上相同,均需要对影像的噪点、薄云、阴影进行处理,以保证影像地理要素齐全,信息完整。其中降噪处理主要采用傅里叶变换和低通滤波的手段来消除周期性的干涉图形,以消除影像中的噪点和坏线。

2) 图像增强:在满足地理教学所用遥感影像素材相关地理要素的完整性要求后,素材需要在生成阶段进行直方图变换,通过调整直方图而达到正态分布,以改善图像的质量及显示效果

3) 图像融合:为了满足地理教学过程中可能用到的小范围高清晰度影像的需求,基础影像采用高分辨率的遥感影像。针对部分无法直接获取高分辨遥感影像的区域,系统采用遥感图像信息融合的方法,利用高分灰度影像和中分彩色影像进行融合,形成高分彩色影像供系统使用。系统使用的遥感数据为国产 GF1、GF2 及 ZY3 号卫星数据,这些卫星均使用全色及多光谱相机两种相机传感模式,通过对栅格数

据进行相互间的几何配准、合并处理,形成满足地理教学所需的高空间分辨率、强目标特征的影像。

4)影像裁剪匀色:系统根据地理情境教学的需求,选取所需要的区域影像素材并划定 ROI(region of interest,感兴趣的区域)形成矢量框,对影像素材进行裁剪,最后通过对素材的人工匀色处理使其成为地理情境教学所需要的素材,进而建成影像基础素材库。

2.2 专题地图素材库

专题地图是一种以遥感影像素材为基础,通过叠加相应区域各类矢量数据,进而表现特定主题的地图。通过对地理教学大纲的解读,本研究梳理出地理教师在课堂交互中需要的专题地图,针对不同章节需要展示的知识点,从海量数据中选出一种或多种特定数据与普通矢量参考地图叠加显示,形成课堂教学中需要的专题地图。

实际专题地图的处理、生成过程如下:1)从地理教学大纲中获取制作专题地图所需内容的区域;2)根据所需区域选取普通矢量参考地图或遥感影像;3)从海量的地理信息数据中根据需求选取所需要的 GIS 数据;4)通过 GIS 数据形成分段设色地图、流向地图、等级符号地图、饼状(柱状)统计地图,通过遥感信息提取与人工目视判读形成点、线、面的业务地图,同时借助图像分类手段形成遥感数据产品地图;5)在上述地图的基础上,添加常用的专题地图组件,如指南针、比例尺、图例等形成专题地图。专题地图基础素材生成流程如图 2 所示。

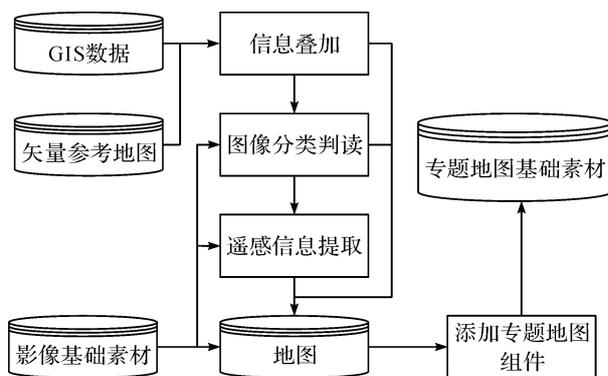


图 2 专题地图素材生成流程图

Fig. 2 Flow chart of thematic map material generation

3 地理情境教学系统设计

3.1 系统总体设计

该地理教学素材推荐系统的设计主要由五部分组成:后台素材导入模块、文件管理系统、素材推荐模块、前端素材展示下载模块、管理模块。后台素材导入模块把文字格式的知识点内容与相应素材库内容结合起来,导入文件管理系统中,并生成后续下载展示所需要的不同规格的图片素材。文件管理系统把文字格式的知识点内容与素材库中相应的影像基础素材及专题地图素材的路径储存到 MySQL 数据库中,为每个素材进行编号,便于之后前端素材展示下载模块的调用。前端素材展示下载模块通过 B/S (browsers/server,浏览器/服务器模式)框架搭建的前端展示页面进行素材的展示,并根据自身需求,下载自己所需要的图像分辨率及像素的影像。管理模块用于对账户信息及个人收藏夹的管理,并针对个人在系统上的下载记录进行统计。

在完成系统的整体设计后,开发人员可以通过运行基于 JavaScript 的 Node.js 启动系统的轻量级 Web 服务,供用户访问。地理情境教学系统总体设计思路如图 3 所示。

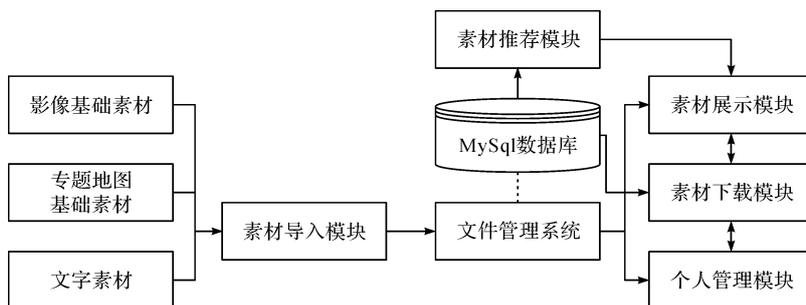


图 3 地理情境教学系统总体设计思路

Fig. 3 Overall design concept of the geography situational teaching system

3.2 素材导入模块

该模块通过 Python 脚本把前期准备的影像基础素材及专题地图基础素材修改保存为不同分辨率的图片,并将其相关信息存储到 MySQL 数据库及对应的文档中,素材导入模块流程如图 4 所示。

首先,该模块通过 Python 中的图像处理库 Pillow 将图片素材按照 480、1 280、9 100 三种短边像素生成素材库,并将其图像分辨率分别设为 100、100、231 dpi,同时读取图片素材的长宽像素、大小、导入时间等形成图片信息数据。其次,该模块将生成的不同分辨率图片按照图片名打包传输到文件系统中,并将存储位置与图片对应文字素材添加到图片信息中,形成完整的图片信息。最后,该模块通过 Python 中的数据库模块 PyMySQL 将图片信息保存到 MySQL 数据库的表 picture 中,同时通过通用 UUID(universally unique identifier,通用唯一标识符)为每一条记录进行编号,以便后续与对应前端页面标签相对应。

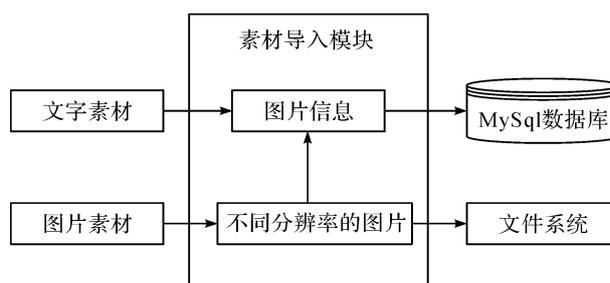


图 4 素材导入模块流程图

Fig. 4 Flow chart of material import module

3.3 文件管理系统与数据库设计

由于影像素材单个文件占用硬盘空间过大,因此文件管理系统采用 MySQL 数据库与文件系统共同储存的方式。其中,文件系统通过文件相对路径的方式把素材路径存储于数据库中,并通过基于 UUID 的数据命名方式增强数据的保密性。

数据库模块基于 MySQL 数据库进行开发,由 8 个表组成,其中表“picture”包含素材的具体数据内容和用于与表“chapter”与“label”进行交互的识别码 UUID,表“user”包含用户个人信息与账号密码,表“download_user”包含用户下载素材情况与时间统计,表“favorite_user”包含用户素材收藏情况,表“chapter”与“picture_chapter”包含苏教版中学地理教学大纲中章节结构与其对应的素材 UUID,表“label”与“picture_label”包含地理教学中常用地理标签结构与其对应素材的 UUID。整个数据库通过 UUID 作为唯一识别码进行素材与标签的链接,从而辅助前端展示平台完成素材的多类别检索。

3.4 素材推荐模块

用户登录后,系统将在主页根据用户个人信息与行为轨迹为用户推荐其可能需要的素材。素材推荐模块主要利用用户协同过滤算法进行地理教学素材推荐。用户协同过滤算法是目前应用较广泛的推荐算法之一,它能够挖掘出用户的行为记录中对某一类信息的喜好程度,并基于该偏好向其他用户推荐相似的信息。用户协同过滤算法的实现原理如图 5 所示。

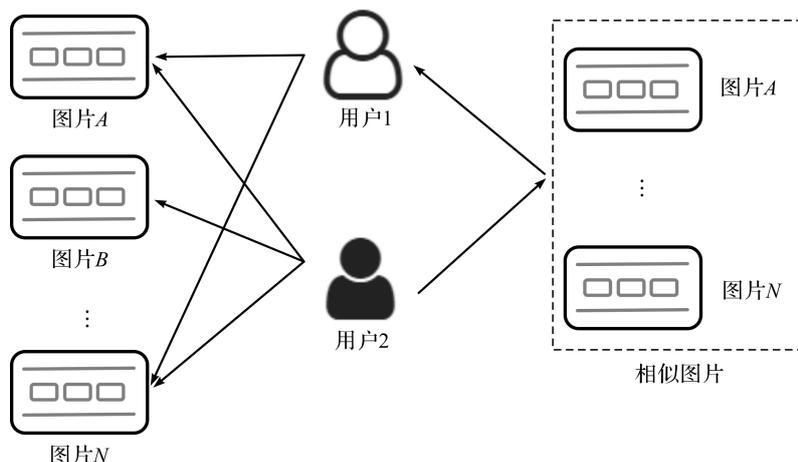


图 5 用户协同过滤算法原理

Fig. 5 Schematic of user collaborative filtering algorithm

首先,假设用户 1 与用户 2 在表“user”中的“school”字段有着相同值,同时假设用户 1 在一个月以内下

载或收藏过图片 A 和图片 N, 用户 2 在一个月下载或收藏过图片 A 到图片 N 的所有图片, 并且用户 1 的图片收藏量与下载量小于用户 2 的图片收藏量与下载量; 然后, 该模块将所有用户对其所有下载或收藏过的图片进行评分, 其评分具体过程如下:

$$S_i = 1 \times (d_1 + f_1) + \frac{1}{2} \times (d_2 + f_2 - d_1 - f_1) + \dots + \frac{1}{n} \times (d_n + f_n - \dots - d_1 - f_1)。 \quad (1)$$

式(1)中: S_i 为第 i 个用户对当前图片的评分; d_1 为该用户对该图片的下载次数; f_1 为该用户对该图片收藏的次数; d_2 和 f_2 为该用户对该图片对应的表“picture_chapter”中的上级目录内所有图片的下载及收藏次数; d_n 和 f_n 为该用户对该图片对应的表“picture_chapter”中的上 $(n-1)$ 级目录内所有图片的下载及收藏次数。该评分标准根据用户近期下载过的图片及其上级章节目录内下载过的图片总数, 为该图片进行评分。此评分标准首先将用户群体限定为同一所学校的教师, 以满足协同过滤算法所需的用户相关性, 同时通过多种用户行为计算用户对图片的评分, 以便为用户个性化教学提供更合适的素材。

在得到用户对某一图片的评分数据之后, 该模块利用式(2)计算出用户之间的相似度

$$\text{sim}(i, j) = \frac{\sum_{x \in I_{ij}} (R_{i,x} - \bar{R}_i)(R_{j,x} - \bar{R}_j)}{\sqrt{\sum_{x \in I_{ij}} (R_{i,x} - \bar{R}_i)^2 \sum_{x \in I_{ij}} (R_{j,x} - \bar{R}_j)^2}}。 \quad (2)$$

式(2)中: $\text{sim}(i, j)$ 为用户 i 与用户 j 共同下载或收藏过的图片相似度; $R_{i,x}$ 为用户 i 下载或收藏过的图片 x 的评分; $R_{j,x}$ 为用户 j 下载或收藏过的图片 x 计算得出的评分; \bar{R}_* ($*$ 表示图片编号) 为某一用户对所有图片的评分平均值。为了验证该方案的实际效果, 本研究使用 MovieLens 数据集模拟了 943 个用户通过下载收藏图片作为每张图片评分值的过程, 其用户相似度矩阵如下:

$$\begin{bmatrix} 1.000 & 0.109 & 0.109 & \cdots & 0.156 & 0.333 \\ 0.109 & 1.000 & 0.099 & \cdots & 0.164 & 0.107 \\ 0.011 & 0.099 & 1.000 & \cdots & 0.115 & 0.034 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0.156 & 0.164 & 0.115 & \cdots & 1.000 & 0.177 \end{bmatrix}。$$

基于上述用户相似度矩阵模拟该模块对目标用户 u 的推荐过程: 首先需要从矩阵中找出与目标用户 i 不同的其他用户, 用集合 P_i 表示对于候选图片 x , 用户 i 对它感兴趣的程度用式(3)计算:

$$p(i, x) = \sum_{v \in P_i \cap N(i)} \text{sim}(i, v) S_{v,x}。 \quad (3)$$

式(3)中: n 为除用户 i 外的所有用户数; $N(i)$ 为用户 i 下载或收藏的图片集合; v 为与用户 i 不同且喜欢过图片 x 的用户; $\text{sim}(i, v)$ 为用户 i 与用户 v 共同下载或收藏过的图片评分; $S_{v,x}$ 为用户 v 对图片 x 的评分。当本模块需要为用户 1 推荐图片时, 可以得到用户对图片感兴趣程度的序列列表(表 1)。

利用上述序列, 该模块选定 10 张图片的序号, 找到选定图片对应的 UUID, 提供给前端素材展示下载的模块。

3.5 前端素材展示下载模块

前端素材展示下载模块可分为素材展示页面和素材下载模块。其中素材展示页面利用登录用户的图片感兴趣程度与数据库内图片下载热度进行排序与展示, 具体步骤如下: 首先构建素材展示

表 1 用户对图片感兴趣程度的序列列表

Table 1 Sequence table of interest degree of user picture

感兴趣程度排名	图片序号	感兴趣程度 $p(i, x)$
1	50	2.88
2	174	2.58
3	100	2.52
4	181	2.47
5	98	2.36
6	127	2.32
7	1	2.24
8	172	2.20
9	56	2.23
10	79	2.10
11	168	2.06
⋮	⋮	⋮
1 682	1 682	0.21

页面所展示图片的序列,其中序列的前 10 位由素材推荐模块直接给出,序列的其他位置为表“picture”中的“pic_dlcount”字段形成的下载热度的降序排列。然后通过图片 UUID 从文件管理系统中获取该图片的缩略图文件,并通过瀑布流排列样式进行展示,该样式在保证素材长宽比例正确的前提下保证页面的美观,并且随着页面滚动条向下滚动,不断加载数据块并附加至当前页面尾端,在保证页面加载效率的同时满足素材显示的全面性。针对每个素材容器,本系统为其提供展示、检索及下载 3 种功能,其中素材展示采用的是自适应浏览器全屏幻灯片切换模式,在打开相应素材后形成可手动或自动播放的素材展示环境,以帮助教师选取并展示所需要的素材。

素材检索利用表“chapter”与“label”内的数据逻辑关系与表“picture”中的“pic_desc”字段内容形成地理章节检索、地理标签检索、关键词检索 3 种检索方式,通过 web 界面直接进行所需素材的检索。

素材下载采用单个素材多尺寸下载与多个素材单尺寸下载两种模式,其中单个素材多尺寸下载通过素材展示页面直接选取需要的影像素材进行下载;多个素材单尺寸下载通过压缩包的形式进行选定素材的批量下载。

3.6 管理模块

用户管理模块包括前端在线修改与后端实时统计两个子模块。其中前端在线修改模块通过固定场景的权限控制,使不同用户能够按照其权限进行个人信息的修改;后端实时统计主要实现对个人下载记录进行条目显示与按月汇总,从而实现后续对学校、教师的下载限制和使用情况检查。

4 系统功能展示

根据上述设计思路,用户在客户端可以实现如下四个操作。

4.1 个性化的素材推荐

在用户登录该系统后,用户将直接进入个人素材推荐页面,该页面包含根据该用户个人信息、行为轨迹与图片浏览、下载及使用次数之和形成的图片热度,为其推荐近期可能用到的地理教学素材,极大地加快了用户选取素材的速度,降低了用户挑选素材的难度。

4.2 支持不同方式检索素材

地理教师在系统操作过程中,可按照地理章节检索、地理标签检索、关键词检索 3 种检索方式,从而根据实际教学需要从素材库中检索所需影像基础素材与专题地图基础素材。地理章节检索以苏教版中学地理教学大纲为指导,导入初高中地理课程中共 14 本教材的所有章节信息,以方便教师按照教学计划进行素材的查找。常规地理标签检索按照自然要素、自然资源、城乡规划、农业、海洋、旅游、地理信息、国外影像、多时相数据、专题图共 10 大类 49 个分项对教材中涉及的或可以进行延伸的素材进行检索,以方便教师根据自身实际需求扩展相应的素材。关键词检索通过搜索框的方式为教师提供按地理章节、常规地理标签与课程相关知识点或课外扩展阅读材料的检索方式,以满足教师对素材的多种需求。

4.3 多种方式影像及专题素材展示

地理教师在根据自身需求检索到对应的素材后,通过鼠标单击相应的素材以展开素材的快视图。在该页面,用户可以在素材的下方选择相应的工具对所浏览的图进行操作,具体的操作功能分别包括素材尺寸的缩放、素材的旋转和翻转、素材的逐页浏览及素材的幻灯片式放映。在操作工具下方为素材的课程相关知识点或课外扩展阅读材料,用户可以以此描述为基础进行素材的选择,形成新的教案或教学 PPT。在课程相关知识点或课外扩展阅读材料下方,用户可以浏览到该素材附近的其他素材的微缩图,可以进行参考或直接点击进入所需浏览的素材。

4.4 支持不同分辨率下载情境教学素材

在实际素材下载过程中,教师根据自身对教学情境的构建需求,对素材提供如 3.2 节所述的 3 种不同分辨率的下载选择。其中短边像素为 480 的素材可以直接应用于公众号、网页的更新,短边像素为

1 280 的素材可用于课堂 PPT 与教案的制作,短边像素为 9 100 的素材可用于投影或大屏设备直接展示。素材的下载可以在检索素材的过程中直接完成,也可以在收藏对应的素材后统一在个人中心界面下载。

5 结 语

地理教学素材推荐系统利用影像基础素材库与专题地图基础素材库,结合建构主义学习理论与中学地理课堂教学实际情况,通过协同过滤推荐算法辅助教师进行教学情境的构建,使学生可以进行沉浸式学习。本研究通过将信息技术、遥感技术与地理教学相结合,为地理教学探索出一种新的发展思路,从而对地理教学改革有所启发。下一步计划在本系统的基础上增加其他推荐算法以形成混合推荐算法,从多个维度为教师的素材选取提供便利。

参考文献:

- [1] 袁孝亭,王向东. 重视地理学科的核心能力与地理观点培养[J]. 课程·教材·教法,2003(10):20.
- [2] 周娟. 地理图像信息阅读能力的培养策略[J]. 地理教学,2019(10):37.
- [3] 杨梅. 计算机辅助地理教学的实践意义[J]. 吉首大学学报(社会科学版),2018,39(增刊 1):224.
- [4] 杜培军,夏俊士,薛朝辉,等. 高光谱遥感影像分类研究进展[J]. 遥感学报,2016,20(2):236.
- [5] 李懿珈,叶涛,德庆卓嘎,等. 基于遥感植被指数的西藏那曲地区畜牧业旱灾指数保险产品的设计研究[J]. 农业现代化研究,2018,39(4):680.
- [6] 张翔,李斐,满苗苗,等. 青岛市旅游攻略 App 的设计与实现[J]. 地理空间信息,2019,17(1):58.
- [7] 张亮,佟烁,张令涛,等. 基于地理信息与电网外部环境的电网地图设计[J]. 电力系统自动化,2019,43(22):137.
- [8] 寇培颖,牛铮,刘正佳,等. 基于自发地理信息的“一带一路”区域陆路交通状况分析[J]. 地球信息科学学报,2018,20(8):1074.
- [9] 尹书华,傅城州. 基于百科大数据的旅游景点推荐系统应用研究[J]. 旅游论坛,2017,10(3):107.
- [10] 胡婷. 基于协同推荐的英语教学资源管理系统设计[J]. 自动化技术与应用,2019,38(9):158.
- [11] 王梦雪,李俊,贾清源,等. 基于动态参考书目推荐的英语创意写作辅助教学系统的设计与实现[J]. 计算机应用与软件,2019,36(2):98.
- [12] 张亚娟. 建构主义教学理论综述[J]. 教育现代化,2018,5(12):171.
- [13] 王毅敏. 从建构主义学习理论看英语情境教学[J]. 外语教学,2003(2):85
- [14] 李君. 论中学地理教学中的情境教学[J]. 山西师大学报(社会科学版),2011,38(增刊 3):186.
- [15] 王志军. 践行有效情境教学,促进核心素养落地[J]. 地理教学,2019(15):43.

~~~~~

(上接第 30 页)

- [7] 孙方超,杜明星,王文白,等. 一种自抗扰控制的永磁同步电机控制系统优化策略研究[J]. 制造业自动化,2018,40(3):37.
- [8] HUANG Y, XUE W. Active disturbance rejection control: methodology and theoretical analysis [J]. Isa Transactions,2014,53(4):963.
- [9] 张秋明,王江华. 基于 STM32 的摄像机云台自动稳定系统的研究设计[J]. 硅谷,2013,6(12):29.
- [10] 程粮,俞家勇,马龙称,等. 单位四元数、罗德里格转换模型与欧拉角的映射关系[J]. 北京测绘,2020,34(1):44.
- [11] 井爽. 自平衡双轮电动车控制系统研究与实现[D]. 邯郸:河北工程大学,2017.
- [12] 李岷钊. 基于 Simulink 跟踪微分器的仿真分析[J]. 集成电路应用,2019,36(8):100.
- [13] 奚静思,刘品宽,丁汉. 自适应线性自抗扰控制器的设计[J]. 光学精密工程,2018,26(7):1749.
- [14] LIU C Q, LUO G Z, CHEN Z, et al. A linear ADRC-based robust high-dynamic double-loop servo system for aircraft electro-mechanical actuators[J]. Chinese Journal of Aeronautics,2019,32(9):2174.
- [15] 赵斌,董浩,黄波,等. 白噪声路面不平度时域模型的建立与仿真[J]. 汽车实用技术,2019(3):89.