

空间大数据时代GIS二次开发的教学改革 研究与实践

谢小魁¹, 魏金占², 林卉¹

(1. 北部湾大学资源与环境学院, 广西钦州 535011;
2. 桂林航天工业学院电子信息与自动化学院, 广西桂林 541004)

摘要: 伴随着空间数据采集手段的迅速发展, 多项国家级地理信息项目大规模实施, 产生了巨量的空间数据, 亟需利用GIS二次开发进行批量、快速的空间数据挖掘。而传统的GIS二次开发技术难度大、效率低, 难以胜任大数据分析, 导致GIS二次开发教学亟需改革。分析空间大数据背景下GIS二次开发模式和语言变革, 讨论开发环境, 设计教学内容, 针对GIS二次开发的痛点, 提出自动式代码生成、探索式程序开发、模板式框架代码片段3个对策, 最后对2个实际的正反项目教学案例进行对比分析。研究表明, 以地理大数据分析为核心的GIS二次开发教学改革可以显著提升测绘和地理信息专业学习效果, 提高项目研发科技含量, 最终取得较好的科研效益、经济效益和社会效益, 提高“一流专业”建设能力。

关键词: GIS二次开发; 地理信息科学; 大数据; 项目教学; 程序设计

DOI: 10.11907/rjtk.222105

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



中图分类号: G642; K900

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2023)009-0219-08

Teaching Reform Research and Practice of GIS Secondary Development in the Era of Spatial Big Data

XIE Xiaokui¹, WEI Jinzhan², LIN Hui¹

(1. College of Resources and Environment, Beibu Gulf University, Qinzhou 535011, China;
2. School of Electronic Information and Automation, Guilin University of Aerospace Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: At present, spatial data collection methods are rapidly developing internationally. In China, multiple geographic information projects of national level have been implemented on a large scale, resulting in a huge amount of spatial data. It is now urgent to use GIS secondary development technology for batch and rapid spatial data mining. Traditional GIS secondary development technology was difficult, inefficient, and not competent for big data analysis, which led to the urgent need for reform in GIS secondary development teaching. This paper analyzed the transformation of GIS secondary development mode and secondary development language under the background of spatial big data, discussed the development environment, and designed the teaching content. Three countermeasures against the pain points of GIS secondary development, including automatic code generation, exploratory program development, and template framework code segment, was put forward. Finally, two actual positive and negative project teaching cases was comparatively analyzed. The teaching reform of GIS secondary development with geographical big data analysis as the core could significantly improve the learning effect of surveying and mapping and geographic information science majors, and increase the scientific and technological content for actual project research and development, hence achieve greater scientific research benefits, economic benefits and social benefits, and improve the construction capacity of "first-class majors".

Key Words: GIS secondary development; geographic information science; big data; project teaching; programming

收稿日期: 2022-09-21

基金项目: 北部湾大学本科教学工程项目(21JGA005); 北部湾大学信息化教学资源项目(BBGU2021-D07)

作者简介: 谢小魁(1979-), 男, 博士, 北部湾大学资源与环境学院副教授, 研究方向为海洋资源环境地理信息和遥感; 魏金占(1980-), 男, 硕士, 桂林航天工业学院电子信息与自动化学院教授, 研究方向为空间分析算法; 林卉(1973-), 男, 硕士, 北部湾大学资源与环境学院教授, 研究方向为摄影测量和遥感。本文通讯作者: 林卉。

0 引言

GIS在中国得到快速发展,目前已在科学研究、智慧城市建设、互联网+智慧行业等行业取得了显著成效。2011年5月,国家测绘局更名为国家测绘地理信息局^[1],同年7月,中国地理信息系统协会更名为中国地理信息产业协会^[2],标志着测绘、地理、信息和产业在中国的融合,反映了国家对GIS产业化发展之路的重视。

随着GIS产业的快速发展,社会对GIS人才的需求量持续增加。通常,GIS专业的就业岗位主要分为GIS应用操作和GIS软件开发,而后一种是更加热门的就业领域^[3]。国土^[4]、农林^[5]、地质^[6]、城市规划^[7]、水利^[8]、医学^[9]等多个行业对GIS二次开发均有广泛需求。对62家地理信息相关单位的用人需求进行调查发现^[10],超过一半的用人单位(33家)要求熟悉COM开发技术,掌握ArcEngine、MapObjects、MapX或SuperMap Objects等常见的GIS开发平台或开发组件。“51job”“智联招聘”“3S招聘网”三大招聘网站数据显示,在GIS类别的岗位中,软件开发技术需求量最大^[11],将来较长一段时间内GIS二次开发需求将会居高不下。

GIS二次开发是测绘工程、地理信息科学、地理信息工程等专业本科生和研究生必修的一门核心课程^[12],一致认为这是由专业课程体系和应用型人才的社会需求共同决定。相关研究较多,研究角度涉及从产业型人才培养模式^[3]、社会需求角度^[11]、GIS开发竞赛^[13-14]等方面;培养专业分别从地理信息科学^[15]、城建类^[13]、农业资源与环境专业^[16]等专业出发,分析不同专业对GIS二次开发人才的特定需求;在开发平台和实践教学上,主要选择ArcEngine^[14,17-18]、Map Objects^[17,19]和MapX^[17]等传统的COM GIS;应用案例上,选择了三维数字校园系统^[20]、动态追踪^[19]、土地承包经营权^[18]等。由于涉及内容广泛,包括离散数学、程序设计语言、数据结构和算法、数据库、遥感影像处理、地图编绘等多个专业课程^[3],应用性强,动手能力要求高,大部分学生对此课程缺乏信心和兴趣,普遍认为这门课程难度较大。

随着地理大数据激增、人工智能快速发展、社会精细化管理等方面的冲击,社会对GIS专业人才知识结构和动手能力的需求发生了极大变化。一些学者认为,当前国内GIS二次开发的课程内容和结构体系比较陈旧,GIS开发模式和教学重点相对落后^[3,11-12,21-23],已不能满足大数据和人工智能背景下GIS人才培养需求。大数据需求背景下,如何设计GIS二次开发课程教学模式、教学内容和教学方法等,降低GIS二次开发课程学习难度,提升学生学习兴趣,促使学生适应新形势下社会 and 行业发展需求,是GIS二次开发教学改革面临的重要问题。

1 传统GIS二次开发模式面临的挑战

1.1 传统GIS二次开发方式

根据内容可将GIS分为工具型GIS和应用型GIS两大基本类型^[24]。对于大多数非GIS专业的普通用户而言,工具型GIS平台功能复杂、难以掌握,应用型GIS更能满足特定行业应用需求,市场上对应用型GIS的需求大大超过工具型GIS。应用型GIS一般是利用高级程序设计语言(如Python、C#、Java、C++等),在工具型地理信息系统平台(如SuperMap、MapGIS、ArcGIS、MapInfo、QGIS等)基础上进行二次开发而来。

GIS二次开发模式主要包括单纯二次开发和集成二次开发^[3,24-25],或者宿主型开发和组件式开发两大类^[21]。“单纯二次开发”又叫宿主型二次开发,通过使用GIS平台的脚本语言实现。在过去,大多数GIS平台提供了自己的二次开发语言。如ESRI ArcView有Avenue^[26],ArcGIS早期支持VBA,MapInfo Professional提供了MapBasic语言、MGE提供了MDL^[24]。这种开发方式难度低,可以快速扩充系统功能,程序稳定。“集成二次开发”又叫组件式开发,利用通用高级程序设计语言(C#、Java、C++等),通过调用GIS可视化控件实现,大部分功能都绑定到GIS控件。例如,ArcGIS早期提供MapObjects组件,后来产生ArcObjects和ArcEngine组件;MapInfo早期拥有MapX,后期发布了MapXtreme;SuperMap的SuperMap Objects简单易用。此种方式对专业程序员比较友好,只需利用熟悉的通用高级程序设计语言和集成开发环境即可开发,具有投入成本低、开发速度快、容易集成业务工作流程、开发出来的程序界面漂亮、易于商业化等优点。

随着信息技术和GIS的发展,GIS二次开发的内涵和外延也随着发生变化。其他的GIS二次开发模式还包括Web API二次开发和开源二次开发^[21]。Web API开发通过调用网络服务实现,主要用于互联网电子地图服务和公众电子地图展示,但空间分析功能较弱;开源二次开发基于优秀的开源GIS平台(如NASA WorldWind、MapWindow、QGIS等),通过修改、优化和扩展源代码实现。

1.2 新时期的挑战

技术层面上,随着卫星定位、摄影测量和遥感、机载激光雷达和无人船等技术的快速发展和广泛应用,空间数据的采集手段越来越多、成本越来越低、效率越来越高。政策层面上,随着“一带一路”倡议的提出和“精准扶贫”“西气东输”“南水北调”等重大工程的实施,国家进行了地理国情普查、第三次土地调查、林业调查、草业资源清查等全国范围的空间信息项目,积累了大量的空间数据。2022年2月16日,国务院印发《关于开展第三次全国土壤普查的通知》,决定自2022年起利用4年时间完成第三次全国土壤普查,调查方案将基于RS和GIS制定,数据采集利用

GNSS进行定位,成果采用GIS管理。

社会对地理数据的需求发生了极大变化,表现为数据需求量大、计算密集型高、实时性强、业务流程繁多、专业模型复杂、智能化程度要求高。例如,疫情防控的健康码、行程卡分析,需要集成来自各种渠道的空间大数据,进行时空伴随分析,精准性和实时性要求都非常高。

目前,GIS面临供给侧的地理大数据爆炸和需求侧的地理大数据需求的双重挑战,传统的GIS二次开发方式在大数据面前显得力不从心。传统的宿主型二次开发使用特定脚本语言(如ArcView的Avenue、ArcGIS的VBA、Map-Info的MapBasic),功能单一、互操作性差、难以跨平台、计算生态严重缺失。例如,即使曾经使用极为广泛的VBA,也很难开发出网络爬虫工具,而目前人们大量使用这种技术下载监测数据以打造物联网系统,这是大数据工程建设的重要组成部分。在传统的集成式开发中,GIS组件一般作为窗体容器的可视化控件,所有功能都通过这些控件绑定,不能以微服务的形式提供网络和共享服务;如果同时使用多个GIS平台的控件,则会占用较多硬件资源,导致其运行速度减慢,软件不稳定,容易崩溃,几乎不能与大数据开发框架集成,也就难以形成丰富的生态链。例如,进行高斯投影科学计算,不需要可视化,只需要坐标系转换功能即可,但在使用ArcGIS Engine进行高斯投影计算时,也要安装全部的ArcGIS Engine。

同时,传统的GIS二次开发难度较大。GIS需要支持空间数据库,进行大量的空间分析,因此其规模和复杂程度要远高于普通的信息管理系统(MIS)或统计分析系统(例如SPSS)。开发人员需要掌握二次开发基本原理、组件技术基础,掌握GIS数据生产、数据分析、数据库设计、系统设计、程序实现的全过程^[27],也需要学习操作系统、离散数学、数据结构和算法、空间数据库、软件工程等基础课程^[24]。教学内容中的算法、代码编写占很大比例,GIS空间分析的代码贡献较少,开发人员珍贵,人才奇缺。例如,ArcEngine、MapObjects、MapX均基于组件技术^[23,28],非常晦涩难懂。并且,在使用ArcGIS Engine时需要大量使用强制类型转化,IDE无法进行智能提示,编译器无法进行类型检查。

1.3 大数据背景下GIS二次开发的必要性

GIS二次开发课程是地理信息系统专业的核心课程之一,具有很强的技术性、应用性和实践性。在过去,集成式组件开发(控件开发)是大部分GIS二次开发的首选方式,开发人员利用自己熟悉的编程语言(例如C#、Java)进行编程,速度快、方式灵活。然而,这种开发方式其实很难满足大数据背景下的现实需求,具体表现如下:①GIS控件往往只包括原系统平台的少部分功能,一些复杂的地理分析难以实现,而地理分析是GIS的核心。例如ArcToolbox是ArcGIS的核心,利用Arcpy调用ArcToolbox进行空间分析是解决复杂空间问题的重要方法,但如果用户使用传统

MapObjects、ArcEngine进行二次开发,则根本不可能实现类似ArcToolbox的功能;②集成式开发技术需要精通的C#或其他高级程序设计语言,这对大部分GIS数据分析人员而言过于复杂,导致开发人员紧缺,时间紧迫,开发人员日夜加班成常态,但熟练的GIS技术人员和分析工程师却帮不上忙,难以满足大型GIS工程项目和政府政绩的周期和时间节点要求;③基于GIS控件开发独立的程序,需要从零开始搭建程序框架,意味着缺少成熟商业软件特有的基础设施、多源数据和多数据库的支持、空间分析功能等基本且重要的功能,基本不具有扩展性。

2 变革背景下的GIS二次开发语言与环境

2.1 开发语言比较与选择

GIS二次开发所选择的语言应该是发展变化的,能适应现代程序设计主流(例如云计算),有较强的大数据处理能力。例如,ArcGIS for Desktop 10.8软件安装包大小只有1.3G,而ArcGIS_Desktop_Tutorial_Data数据包就有1.7G。本文在项目教学中处理的数据量达到数十TB。

目前,GIS商业软件和开源软件很多,GIS二次开发语言所面临的选择也非常多,为此考察2021年十大主流编程语言。根据最新的TIOBE排行榜(TIOBE Index for October 2021)(www.tiobe.com),选取排名前十的编程语言进行分析,如表1所示。

Table 1 Top ten major programming languages of TIOBE in 2021
表1 2021年TIOBE十大主流程序设计语言

排名	编程语言	使用率(%)	是否适合GIS二次开发
1	Python	11.27	√
2	C	11.16	√
3	Java	10.46	√
4	C++	7.50	√
5	C#	5.26	√
6	Visual Basic	5.24	√
7	JavaScript	2.19	×
8	SQL	2.17	×
9	PHP	2.10	×
10	Assembly language	2.06	×

在上述10门编程语言中,C/C++直接操作内存和硬件,具有极强的性能优势,适合专业程序员作为开发GIS平台的系统级开发语言,但存在控制难度大、开发周期长等问题;Java和C#具有现代编程语言的面向对象、类型安全等优点,开发速度较快,适合开发界面丰富、业务流程复杂的商业程序;Visual Basic .NET的功能与C#类似,但有逐渐边缘化的趋势;经典的Visual Basic最高版本为6.0,之后不再更新,由于网络、数据库等功能较弱,现在主流的GIS开发平台不再支持。JavaScript作为一种脚本语言,与浏览器交互效果好,适合作为前端展示,但并不适合算法开发、科学计算,绝大部分GIS都不支持JavaScript扩展其空间分析和大数据处理功能;SQL是数据库专用语言;PHP作为

服务器端执行的脚本语言,适用于 WebGIS 开发并嵌入 HTML 中。Python 相对简单易用,开发速度快;动态特性适合 GIS 插件开发,用以扩展功能;计算生态丰富,适合构建以大数据为中心的高级应用;在人工智能方面具有最好的支持;创新优势明显,学习此门语言对进一步深造和开展科学研究具有很大帮助;该语言开源免费,不需要授权, GIS 平台对 Python 的支持将会越来越丰富。因此,Python 适合 GIS 数据分析,是 GIS 专业进行二次开发的首选语言。

2.2 开发环境比较与选择

选定 Python 作为 GIS 二次开发语言后,分析目前主流的集成式开发环境 (IDE, Integrated Development Environment) (见表 2), 根据 GIS 的特点进行优选。

Table 2 Comparison of mainstream Python IDEs

表 2 主流的 Python IDE 对比

IDE 名称	优点	缺点	费用	是否适合 GIS 开发
IDLE	Python 自带	综合功能较弱	免费	不适合
ArcGIS Python 窗口	ArcGIS 自带、智能化程度高	只支持交互式开发,不支持文件式开发	免费	适合入门
PyCharm	功能强大	不明显	免费	非常适合
Visual Studio	功能强大	庞大	收费	比较适合
Visual Studio Code	功能较强	手动配置,工作量较大	免费	比较适合
Jupyter Notebook	功能较强	浏览器端运行,处理本地大数据比较麻烦	免费	适合教学

IDLE 由 Python 软件自带,可以拿来即用,但综合功能太弱,语法检查、智能提示、断点调试等提高生产力的功能几乎不具备,效率极低,不合适作为 GIS 二次开发的 IDE; ArcGIS Python 窗口为 ArcGIS 软件自带,可以拿来即用,适合入门学习; PyCharm 是专业的 Python 开发工具,智能提示、自动完成、自动排版、代码重构、断点调试等功能强大,可以快速提升开发效率,适合较为复杂的代码; Visual Studio 非常庞大,而且收费,但开发功能强大,适合专业程序员; Visual Studio Code 属于免费的轻量级开发环境,对 Python 开发支持比较好,但手动配置难度较大,对初学者不太友好,适合比较专业的程序员; Jupyter Notebook 在浏览器运行,默认配置信息、文件和数据保存在系统盘,但在公共多媒体教室和公共计算机房出于对操作系统安全的考虑,对系统盘进行保护,在电脑重启时将系统盘恢复到初始状态,默认保存在系统盘的数据和文件将会丢失,因此不适合安装在公共机房,但由于浏览器的跨平台特性,适合用于制作教学素材。

3 大数据背景下 GIS 二次开发教学内容设计

3.1 需求分析

以前, GIS 二次开发系统追求“信息系统的工作流、商

业软件的独立界面、空间数据的可视化”,处理核心业务的程序代码并不多。目前,相关科学技术发生深刻变革, GIS 软件繁多、算法成熟、应用型显著加强,开源 GIS 工具 (如 GDAL、OGR) 和软件 (QGIS、MapWindow) 层出不穷。很多先进的算法,如人工智能软件 TensorFlow、森林景观模型 LandScape、景观指数计算 FragStats 等软件得以广泛使用,空间统计回归、土地利用变化模拟、地理元胞自动机等算法都已经较为成熟并集成到地理信息系统软件中。GIS 提供了成熟的二三维一体化的可视化功能,界面和空间数据可视化不再是 GIS 二次开发中需要关注的重点问题。例如,读取空间数据的坐标系、对空间数据进行转换等,只需要使用 Python 调用 API 即可,并不需要显示空间数据,也不需要打开 GIS 软件。

总之,目前 GIS 二次开发的实践重点发生了变化,贴上了开源开放、大数据、云计算、人工智能等标签;脚本化和批处理成为自动化处理空间大数据必不可少的手段;如何快速提高生产力成为 GIS 二次开发亟需解决的问题。

3.2 教学内容

科学技术和用户需求的深刻变化,导致教学内容必然发生变化,课程的教学大纲需要综合优化。很多传统的 GIS 二次开发流于表面,局限于常规的 GIS 功能。例如,地图的缩放、查询、数据加载、要素编辑、专题图制作、数据库管理等,都是 GIS 平台提供的成熟功能。学习传统的 GIS 二次开发,可以做出一个带有基本功能的 GIS,但很难扩展现有系统功能,因而难以应对大数据空间分析的核心挑战,对科学研究的意义不大。

GIS 的外在表现是空间制图,内在基础是数据管理,核心功能是空间分析。学习二次开发之后,应该可以对已有功能进行集成,进行批处理;或者开发新算法,加入新功能。考虑到技术更迭和可持续发展, GIS 二次开发课程应当适当具有前瞻性和引领性,“1+3”个面向,第一个是面向未来,而面向未来意味着面向大数据,面向科学计算,面向人工智能。其逻辑关系是大数据是 GIS 的血液,科学计算是处理空间大数据的方法,而其中人工智能是科学计算的重要组成部分。

在“1+3”面向的思想指导下,将空间数据制图、空间数据管理和空间分析的作为二次开发的核心内容,使 GIS 二次开发成为解决科学研究、生产工程、技术创新的有效手段。空间数据制图主要是对地图和图层的基本操作,目的是实现大数据可视化、制图自动化;数据管理是 GIS 开发的基础,主要进行空间数据和属性数据的存取,目的是对地理大数据进行管理,同时也是地理处理工具的入口;空间分析主要是调用工具对地理大数据进行批处理组件 workflow,同时通过开发算法定制独特的工具, GIS 二次开发内容设置如表 3 所示。各部分都有典型应用案例,内容循序渐进,逐步深入到 GIS 开发的核心^[29]。

对于 GIS 平台本身具有的基本功能 (如地图的缩放漫

Table 3 Content for GIS secondary development

表 3 GIS 二次开发内容设置

项目	内容	目的	典型案例
空间数据制图	地图和图层的基本操作	地理大数据的可视化	不动产证书制作软件
空间数据管理	几何和属性的存储和管理	地理处理工具的入口	空间数据采集软件
空间数据分析	地理处理工具开发和空间分析	地理处理工具的开发	坐标变换工具
		地理大数据的批处理	

游操作)、必须手工操作实现更为方便的功能(如图层符号化)、在计算生态中有比较成熟的解决方案的内容(如土地利用转移矩阵),就不再作为 GIS 开发的优选内容。

4 GIS 二次开发的痛点与对策

GIS 二次开发的本质是在精通 GIS 原理、熟悉 GIS 操作的基础上,对 GIS 平台提供的 API 进行合理调用的过程。API 数量巨大、记忆负担重、思维抽象、函数调用语法复杂、复现难,极易出错。如果在编写程序时需要反复查找 API、记忆函数名称、确认拼写等,则需要花费大量时间,降低了开发流畅度,影响了开发效率,糟糕的开发体验会给初学者造成较大压力,使之失去进一步学习的信心和兴趣。通过优化课程体系设置,提高教学技巧,可提高初学者开发体验,增强其学习的信心。

4.1 课程体系设置

以夯实基础为目的,采用 Python 作为“高级程序语言设计”“数据机构和算法”“空间数据库”的实施语言,逐步加深对 Python 的理解,消除对 Python 的恐惧心理。如果没有前面的扎实基础,直接入手 GIS 二次开发,则很难灵活变通。大型 GIS 平台都采用了空间数据库引擎,屏蔽了数据库底层的物理结构,因而 GIS 二次开发并不需要针对特定的空间数据库修改教学大纲。

4.2 教学设计技巧

在教学设计上,通过自动代码生成,探索式开发,将常

用代码片段总结成模板,降低初学门槛,减轻记忆负担。

(1)自动式代码生成。由于 Python 窗口支持拖放式的自动生成代码^[29],拖放工具自动生成函数,拖放数据自动生成参数,基本不用记忆和查询函数名称和用法即可快速入门 GIS 二次开发,即刻体验开发的乐趣。

以查询某一要素类的个数为例^[29]:在工具箱里找到 Get Count,拖放到 Python 窗口,会自动生成函数,在内容列表或目录窗口拖放图层或数据,自动生成函数的参数,如图 1 所示。

(2)探索式程序开发。在现代面向对象的程序设计思想指导下,通过命名空间(模块)、类、成员的层次结构,分类组织 API,通过 IDE 的上下文智能提示和自动完成,可以通览对象成员,快速探索 API;API 本身有许多列举函数,可以列举出所有成员;Python 可以通过 dir 函数,查找出对象的所有成员。例如,for attr in dir(mxd):print(attr,getattr(mxd,attr)),可以列举出地图文档 mxd 的所有成员。利用这种探索式开发方式,边学习边扩充知识,快速熟悉更多的 API。

(3)模板式代码片段。在 GIS 二次开发过程中,有很多框架式代码,只需要修改参数,就可将其应用于不同的场景。例如,下面的程序片段为获取第一个图层代码,这是很多程序的入口,可以作为标准模版重复使用。

```
import arcpy.mapping as mp
mxd = mp.MapDocument("current")
lyrs = mp.ListLayers(mxd, data_frame=adf)
lyr=lyrs[0]
```

将 GIS 二次开发的教学内容和教学设计技巧整理成教材《基于 Python 的 ArcGIS 二次开发实验实习教程》,已由武汉大学出版社出版^[29]。

5 GIS 二次开发实践项目案例与分析

GIS 二次开发能显著提升 GIS 数据生产、加工效率和科研深度,能将科学思想迅速转化为科研成果,产生经济

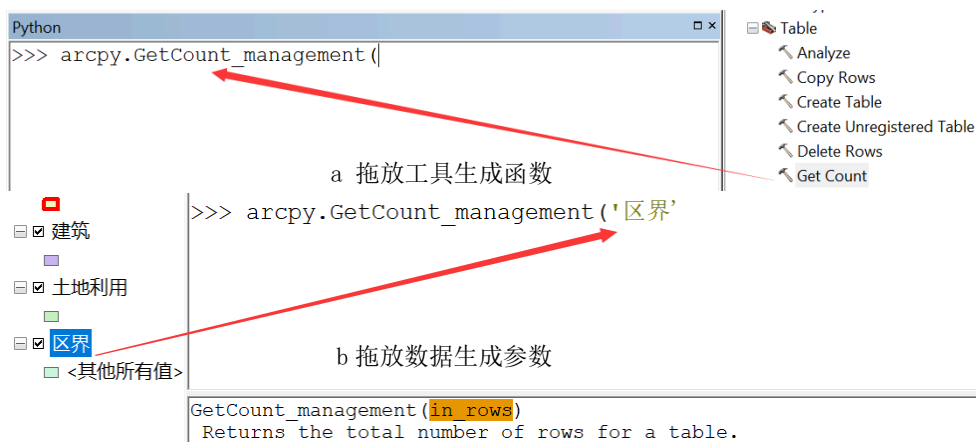


Fig. 1 Code generation by dragging and dropping

图 1 拖放式代码生成

产值和社会价值。在实际项目开发中,如果GIS二次开发模式选择合理、技术路线设计科学、技术人员经验丰富,则可以起到事半功倍的效果;反之,如果GIS二次开发模式不合时宜、技术路线不科学、技术人员沉留于传统的界面开发和功能组装,缺少现代地理数据分析的观念和技能,则事倍功半,甚至导致项目失败。

5.1 成功案例

成功案例为“基于GIS的不动产证制作系统”的开发。2014年底,中央出台《关于引导农村土地经营权有序流转发展农业适度规模经营的意见》,提出用5年时间基本完成土地承包经营权确权登记颁证工作,共涉及2 838个县(市、区)及开发区、3.4万个乡镇、55万多个行政村,15亿亩承包地的确权工作^[30]。全国通过野外GNSS RTK测量、无人机航拍、全站仪实测等多手段采集数据;在机房利用ArcGIS、CASS for AutoCAD等软件绘制权属地图、建立空间数据库^[31]。农村土地承包经营权确权登记将农村土地承包经营权的承包关系、承包地块、面积、空间位置、用途、地类、等级等情况记录于专门的簿册,这是明晰土地承包关系,强化对土地承包经营权的物权保护,保持现有土地承包关系稳定并长久不变的根本手段^[17]。

建立空间数据库后,国家希望快速制作土地承包经营权证书,提出“应发尽发”的要求。在面临着“数据量大、任务重、时间短、经费低”的挑战下,本文采用项目教学方式,承担了数十个县市的经营权证书印制工作。具体技术路线是基于Python语言,主要通过调用ArcGIS的ArcPy进行二次开发,研制了“农村土地承包经营权证书系统”。该软件读取空间数据库和Excel数据表,通过空间分析动态调整出图比例尺,批量生成精美、规范的土地承包经营权证书,智能化程度高、适应范围广,为保障2亿农户农村土地承包经营权证书的颁发提供了技术手段和应用示范,在本地区本行业甚至在全国产生了较大影响力和示范作用。

5.2 失败案例

失败案例是一个“不动产确权登记中间数据库”项目开发。2021年,全国范围实施“房地一体”确权登记工作,目的是对宗地和房屋进行权属调查和高精度测绘,这是实施推进宅基地“三权分置”改革工作的基础,不动产统一登记的基本内容。该项目在实施过程中综合利用无人机航拍、权属实地调查、地籍RTK测量;利用Pix4D制作正射影像、Context Capture进行倾斜摄影三维建模;利用CAD、GIS等软件制图,所获得数据的现势性强、几何精度高。2021年夏季,某县自然资源局为了加快推动“房地一体”的实施,后期充分利用“房地一体”项目所获得的宝贵数据,拟建设“不动产确权登记中间数据库”,项目经费400万元,主要功能包括多源数据输入、外业调查任务分配和进度跟踪、调查数据质量检查、宅基地和房产统计、“一户一宅”合法性分析,达到房产证“应发尽发”的目的,满足2021年底房产证发放率达到80%的省控要求。

“不动产确权登记中间数据库”项目的技术负责方具有成功实施“地籍管理信息系统”的技术和经验,笔者作为合作方旁听了研讨会。如果此项目进展顺利,将会引入为项目教学,让教师和学生参与后期技术开发和数据处理。本项目采用的技术路线如下:在某著名的通用GIS平台基础上,采用GIS组件进行集成式二次开发,开发语言采用C#,开发环境采用Visual Studio,空间数据库采用Oracle。技术路线和软件框架对接现有的“地籍管理信息系统”,可以大量使用现有的数据库表结构和“地籍管理信息系统”的功能和部分代码。软件开发时,将控件作为载体,以地图查看和数据库的“增删改查”等常规内容作为开发的切入点。项目开始几周后,技术承担单位还在进行GIS基本功能开发,进度太慢,远不能满足国家对“房地一体”项目时间节点的要求,开发的功能满足不了“一户一宅”分析的灵活性和功能的完备性要求,项目未能按计划实施而失败,造成较大损失。

经过分析,此项目的核心诉求是大数据分析。例如,“建筑面积超限、占地面积超限、宅基地数量超限、手续不全”等多种情况及其组合,均可导致不符合“一户一宅”的要求,因此从软件开发实践上而言,“一户多宅”情况难以穷举。该项目除房产证发放属于 workflow 外,其他功能需求本质也属于数据分析。在软件功能过于复杂、难度较高、灵活性较强、不能准确确定开发边界的前提下,采用Python开发基本功能,GIS分析员快速参与进来,通过脚本或者可视化建模组合功能,推动项目进展,是更好的设计思路。

6 结语

大数据分析具有很大的不确定性,包括数据的不确定、软件功能的不确定、算法的不确定以及结论的不确定,因此是一个逐步优化的过程。Python语言由于简明、动态、开源、适合于数据密集型和计算密集型任务,与人工智能结合紧密、计算生态丰富,为GIS二次开发的首选语言。GIS软件厂商对Python的支持越来越好,上下文智能提示、自动代码生成、断点调试等高级功能可以显著提升开发效率,提升开发流畅度。GIS二次开发入门推荐使用内置的Python Window;而后面的课程综合实习、项目教学实训适合采用PyCharm进行较大规模的代码开发;教学视频课程制作可以采用Jupyter Notebook,这是因为Jupyter Notebook在浏览器里运行,在不同平台的操作和表现比较一致。

为了应对GIS二次开发入门难、精通难的痛点,在专业课程体系设置上,建议采用Python作为高级程序设计、数据机构和算法、空间数据库的实施语言,先夯实基础。通过代码自动生成,减轻记忆和拼写负担,可以快速入门GIS二次开发;探索式开发方式可以让学生在学习过程中快速熟悉API,为可持续学习提供了切实可行的方法;

优化的工作流代码模板是一些典型任务总结出来的代码片段,可以拿来即用,快速提高项目开发效率。

使用Python进行二次开发,适合于GIS数据分析人员,除能够显著提升开发效率、降低开发难度外,还有一个重要的优势是能利用原GIS平台的基础设施和扩展特性。例如,在进行不动产证制作时,只需使用Python调用API开发出单个证书制作的地理处理工具;当需要对大量数据进行处理时,可以利用GIS平台提供的模型构建器,通过迭代数据库和数据集进行批处理。由于脚本的灵活性,功能可以随时修改和扩充;鉴于GIS平台的基础设施和扩展特性,GIS分析师可以尽早参与到项目中,辅助软件开发过程,通过模型构建器组合不同的地理处理工具,应用不同的策略和工作流进行数据分析,这是应对大数据挑战极为有效的手段。

在教学资料方面,目前GIS操作应用类教材层出不穷,GIS二次开发的教材较少,而且主要是以传统的组件式开发内容居多,GIS二次开发的视频类教程更是稀缺。未来将进一步完善大数据背景下的GIS二次开发教材,制作对应的教学视频,及时进行科学计算并构建人工智能模型,为应对地理大数据分析提供理论支撑和项目教学实践参考。

参考文献:

- [1] China News Agency. The National Bureau of Surveying and Mapping was renamed the National Bureau of Surveying and Mapping Geographic Information[J]. *Satellite & Network*, 2011(12):23.
中国新闻社. 国家测绘局更名为国家测绘地理信息局[J]. *卫星与网络*, 2011(12):23.
- [2] YOU J. New service formats, industrial innovation and development—the first China geographic information industry conference and the founding conference of China Geographic Information Industry Association were held grandly[J]. *Digital Communication World*, 2011(12):14–15.
游建. 新型服务业态,产业创新发展——首届中国地理信息产业大会暨中国地理信息产业协会成立大会隆重召开[J]. *数字通信世界*, 2011(12):14–15.
- [3] YANG B, CHEN T F. Discussion of the mode about the course of GIS Re-development and industry talents education[J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2012, 21(4):89–92.
杨斌,陈廷方. GIS二次开发课程与产业型人才培养模式的探讨[J]. *测绘工程*, 2012, 21(4):89–92.
- [4] QI X L, WU J P, XIANG Y J. The development of GIS based on COM technology of MapObjects and voloview express[J]. *Journal of Jimei University (Natural Science)*, 2003(4):346–349.
齐小玲,吴健平,向远杰. 基于组件技术的桐乡市土地综合整理GIS系统二次开发[J]. *集美大学学报(自然科学版)*, 2003(4):346–349.
- [5] LUO X, JIN H T, LU S W, et al. The second exploitation and development of GIS for forestry centre based on Avenue[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2006(3):1–4.
罗旭,景海涛,鲁绍伟,等. 基于Avenue的林场GIS二次开发研究[J]. *水土保持研究*, 2006(3):1–4.
- [6] GAO M M, LI R M, XU H Z, et al. Database of geological environmental map system of China based on MapGIS[J]. *Geology in China*, 2019, 46(S2):130–156.
高萌萌,李瑞敏,徐慧珍,等. 基于MapGIS建立的中国地质环境图系数据库[J]. *中国地质*, 2019, 46(S2):130–156.
- [7] GAO H F, JIN X. Design and implementation of urban planning assistant decision system based on Skyline 3D GIS[J]. *Technology Innovation and Application*, 2012(3):20–21.
高海峰,金鑫. 基于Skyline三维GIS城市规划辅助决策系统的设计与实现[J]. *科技创新与应用*, 2012(3):20–21.
- [8] HUANG G R, HUANG J, YU H J, et al. Secondary development of storm water management model SWMM based GIS[J]. *Water Resources and Power*, 2011, 29(4):43–45, 195.
黄国如,黄晶,喻海军,等. 基于GIS的城市雨洪模型SWMM二次开发研究[J]. *水电能源科学*, 2011, 29(4):43–45, 195.
- [9] ZHOU W, YU D X, ZHAN L H, et al. The application of the secondary developed GIS for managing data of dengue fever patients[J]. *Chinese Journal of Disease Control & Prevention*, 2013, 17(5):447–450.
周文,于德宪,湛柳华,等. 应用二次开发GIS实现登革热个案资料的管理[J]. *中华疾病控制杂志*, 2013, 17(5):447–450.
- [10] XU T, JI Y S. Study on training practical talents of geographic information system specialty[J]. *Geospatial Information*, 2007(3):135–137.
许婷,吉云松. 地理信息系统专业实践能力培养方案设计[J]. *地理空间信息*, 2007(3):135–137.
- [11] LI X L, HUA J, TAN Y B. Teaching reform of GIS re-development courses for social needs[J]. *Education and Teaching Forum*, 2018(49):117–119.
李小龙,滑璐,谭永滨. 面向社会需求的GIS二次开发课程教学改革[J]. *教育教学论坛*, 2018(49):117–119.
- [12] LIU T. Discussion on teaching reform of "GIS software re-development" course[J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2014, 37(7):16–18, 22.
刘涛. GIS软件二次开发课程教学改革探讨[J]. *测绘与空间地理信息*, 2014, 37(7):16–18, 22.
- [13] NIE Y J, CHENG P G, XIA Y P, et al. Teaching reform of GIS software re-development relying on GIS competition[J]. *Journal of East China University of Technology (Social Science Edition)*, 2018, 37(1):76–81.
聂运菊,程朋根,夏元平,等. 以开发竞赛为依托的《GIS二次开发》课程教学改革[J]. *东华理工大学学报(社会科学版)*, 2018, 37(1):76–81.
- [14] GUO M Q, HUANG Y, XIE Z, et al. Discussion on the training mode of college students' double creativity ability training based on GIS development competition[J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2017, 26(12):71–75.
郭明强,黄颖,谢忠,等. 依托GIS二次开发竞赛的大学生双创能力培养模式探讨[J]. *测绘工程*, 2017, 26(12):71–75.
- [15] MENG X R. Establishment and optimization of geographic information science professional development courses system[J]. *Electronic Test*, 2015(22):114, 146–147.
孟祥锐. 地理信息科学专业开发类课程体系建立与优化研究[J]. *电子测试*, 2015(22):114, 146–147.
- [16] CHEN J Y, HUA L, ZHANG H T, et al. Discussion on the teaching of the course "GIS design and development" for the major of agricultural resources and environment[J]. *Education and Teaching Forum*, 2013, (36):192–194.
陈家赢,华丽,张海涛,等. 农业资源与环境专业“GIS设计与开发”课程教学探讨[J]. *教育教学论坛*, 2013(36):192–194.
- [17] WANG X L. Confirmation, registration and certification process of rural

- land contractual management right[J]. *Agricultural Engineering*, 2021, 11(6):89-93.
王晓岚. 农村土地承包经营权确权登记颁证流程[J]. *农业工程*, 2021, 11(6):89-93.
- [18] SONG Y F, ZHAO S L. Development of land contract management right tools based on ArcGIS Engine[J]. *Journal of Qinghai University*, 2017, 35(4):37-43, 70.
宋元福, 赵生良. 基于 ArcGIS Engine 的土地承包经营权工具开发[J]. *青海大学学报*, 2017, 35(4):37-43, 70.
- [19] WANG Z Q. Dynamic fraching based examples on gis further development [J]. *Mechanical Management and Development*, 2009, 24(2):181-182.
汪竹青. GIS 二次开发实践——动态追踪案例[J]. *机械管理开发*, 2009, 24(2):181-182.
- [20] YAN R K. Design and implementation of GIS-based three-dimensional digital campus system[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2013.
闫仁凯. 基于 GIS 的三维数字校园系统的设计与实现[D]. 西安: 西安科技大学, 2013.
- [21] HUANG T, MA N, WANG Y H. Teaching reform of GIS secondary development course in urban construction universities [J]. *Education Modernization*, 2019, 6(92):86-87.
黄田, 马楠, 王永红. 城建类高校 GIS 二次开发课程教学改革[J]. *教育现代化*, 2019, 6(92):86-87.
- [22] CHEN P. Based on the GIS secondary development experiment teaching reform [J]. *Journal of Hubei Open Vocational College*, 2018, 31(3):120-122.
陈鹏. 地理信息系统二次开发实验教学改革探讨[J]. *湖北函授大学学报*, 2018, 31(3):120-122.
- [23] GUO X C, LI D J, CHENG P G, et al. Case teaching method exploration of GIS secondary development curriculum [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2011, 36(3):244-246.
郭先春, 李大军, 程朋根, 等. GIS 二次开发课程案例化教学方法探索[J]. *测绘科学*, 2011, 36(3):244-246.
- [24] LIU R Y, LIU N. ArcGIS development manual: from beginner to mastery [M]. Beijing: Science Press, 2011.
刘仁义, 刘南. ArcGIS 开发宝典从入门到精通[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [25] QIN K, YANG J. Teaching practice the course of "GIS re-development" in the ordinary teachers colleges [J]. *Journal of Nanyang Normal University*, 2007(6):84-85.
秦凯, 杨杰. 普通高校“GIS 二次开发”课程实践教学探讨[J]. *南阳师范学院学报*, 2007(6):84-85.
- [26] QIU D S, DAI T G, BAO G S, et al. Realization of secondary development of geographical information system [J]. *Journal of Central South University (Science and Technology)*, 1999(6):581-584.
邱冬生, 戴塔根, 鲍光淑, 等. 地理信息系统二次开发的实现[J]. *中南工业大学学报(自然科学版)*, 1999(6):581-584.
- [27] CHENG P G, LI D J, LIU R, et al. Discussion on the training mode of GIS professional ability [J]. *Journal of Technology College Education*, 2003(6):59-61.
程朋根, 李大军, 刘荣, 等. 地理信息系统专业能力的培养模式探讨[J]. *理工高教研究*, 2003(6):59-61.
- [28] ZHAO J, LI D P, ZHU Y X. Realizing the secondary development of GIS software with visual programming language [J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2002(S1):68-70.
赵军, 李东平, 朱瑜馨. 可视化编程语言实现 GIS 软件的二次开发[J]. *测绘通报*, 2002(S1):68-70.
- [29] XIE X K, TIAN Y C. Experiment practice course of ArcGIS secondary development based on Python [M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2021.
谢小魁, 田义超. 基于 Python 的 ArcGIS 二次开发实验实习教程[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2021.
- [30] Information Office of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. The confirmation, registration and certification of rural contracted land have been basically completed [J]. *South China Agriculture*, 2020, 14(31):60.
农业农村部新闻办公室. 农村承包地确权登记颁证工作基本完成[J]. *南方农业*, 2020, 14(31):60.
- [31] LYU G J, WANG C X, LYU G Y. Discussion on the improvement of technical methods for the confirmation of land contractual management right [J]. *Geospatial Information*, 2021, 19(10):53-54, 86, 150.
吕国娟, 王传先, 吕国洋. 关于土地承包经营权确权测绘技术方法改进[J]. *地理空间信息*, 2021, 19(10):53-54, 86, 150.

(责任编辑: 孙娟)