

大语言模型赋能 RUSLE 实践教学与地理深度学习：

以黄土高原王茂沟小流域为例

郁耀闯 王长燕* 任媛媛

宝鸡文理学院地理与环境学院，陕西 宝鸡 721013

[摘要]人工智能的发展为地理实践教学提供了新的技术条件，但大语言模型如何与地理过程、模型分析和实践教学有效结合，仍缺少具有学科特色的案例。文中以黄土高原典型小流域王茂沟为案例，将大语言模型与 RUSLE 模型、GIS 空间分析相结合，构建“问题提出-数据获取-模型计算-空间解释-治理决策”的实践教学过程。结果表明，大语言模型能够降低 RUSLE 实践教学的技术门槛，促进学生由“会操作、会计算”向“能解释、会分析”转变，对培养空间分析、综合推理和地理问题解决能力具有积极作用。研究可为人工智能融入地理与 GIS 实践教学提供参考。

[关键词]大语言模型；RUSLE；自然地理教学；地理深度学习；土壤侵蚀；王茂沟小流域

DOI: 10.33142/fme.v7i8.20464

中图分类号: G642

文献标识码: A

Empowering RUSLE Practical Teaching and Geographic Deep Learning with Large Language Models: Taking Wangmaogou Small Watershed on the Loess Plateau as an Example

YU Yaochuang, WANG Changyan*, REN Yuanyuan

College of Geography and Environment, Baoji University of Arts and Sciences, Baoji, Shaanxi, 721013, China

Abstract: The development of artificial intelligence has provided new technological conditions for geographical practical teaching, but there is still a lack of disciplinary cases on how to effectively integrate big language models with geographical processes, model analysis, and practical teaching. Taking Wangmaogou, a typical small watershed on the Loess Plateau, as a case study, this article combines the big language model with RUSLE model and GIS spatial analysis to construct a practical teaching process of "problem posing - data acquisition - model calculation - spatial interpretation - governance decision-making". The results indicate that the big language model can lower the technical threshold of RUSLE practical teaching, promote students' transformation from "being able to operate and calculate" to "being able to explain and analyze", and have a positive effect on cultivating spatial analysis, comprehensive reasoning, and geographic problem-solving abilities, which can provide reference for the integration of artificial intelligence into geography and GIS practical teaching.

Keywords: large language model; RUSLE; natural geography teaching; geographic deep learning; soil erosion; Wangmaogou small watershed

RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) 是土壤侵蚀定量评价中应用较为广泛的经验模型，其基本思想是通过降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡长坡度、植被覆盖与管理以及水土保持措施等因子的综合作用估算土壤流失量^[1,2]。随着 GIS 和遥感技术的发展，RUSLE 由传统的点尺度计算逐渐拓展到区域空间评价，能够较好地揭示土壤侵蚀的空间分异及其影响因素，因此被广泛应用于黄土高原水土流失评价及水土保持研究^[3,4]。已有研究表明，地形、植被覆盖和土地利用等因素对黄土高原土壤侵蚀具有

重要影响，不同地形部位和土地利用类型表现出明显的侵蚀差异^[5,6]。

然而，在 RUSLE 教学实践中，学生容易出现“会计算、不会解释”的现象。学生按照既定步骤完成 R、K、LS、C、P 等因子的计算并生成侵蚀量分布图，却往往难以进一步回答“为什么坡度增大后侵蚀风险提高”“植被恢复为何能够降低土壤流失”“不同水土保持措施为何具有明显的空间差异”等问题。这说明 RUSLE 教学的难点并不只是掌握模型公式和 GIS 操作，更在于建立模型因

子-空间格局-地理过程-现实问题之间的联系。因此,实践教学应由单纯的“模型计算”转向对土壤侵蚀形成机制及空间分异规律的解释。

近年来,大语言模型逐步进入教育教学领域,在信息检索、知识解释、问题生成、代码辅助和学习反馈等方面表现出一定优势^[7,8]。对于 RUSLE 实践教学而言,其价值并不在于替代学生完成数据处理和模型计算,而在于为学生提供过程性支持。例如,学生可以借助大语言模型理解各因子的地理含义、检查数据处理思路、辅助编写 GIS 分析代码,并针对异常结果进一步追问其可能原因,从而增强模型操作与地理解释之间的联系。但需要注意的是, AI 生成内容并非天然正确,如果过度依赖 AI 完成计算和判断,反而可能弱化学生的问题意识和独立分析能力。因此,大语言模型在教学中的定位应是“助学而不代学、辅助而不替代”,教师仍需把握教学目标、控制技术介入程度并引导学生进行地理判断。

基于此,本文选取黄土高原典型王茂沟小流域为案例,将大语言模型、RUSLE 模型与 GIS 空间分析相结合,以“数据从哪里来-模型如何计算-结果如何表达-地理过程如何解释-水土保持如何决策”为实践主线,构建面向地理深度学习的 RUSLE 实践教学模式,探索人工智能由“辅助操作”向“支持地理认知”转变的教学路径。

1 教学理念与总体设计

1.1 从“模型计算”走向“地理过程解释”

RUSLE 实践教学不应停留在公式讲解、参数计算和结果制图,更应引导学生理解土壤侵蚀发生的地理过程及其空间差异。传统教学中,学生往往按照既定步骤完成 R、K、LS、C、P 等因子的计算,但对“因子从何而来”,“不同因子如何共同作用”,“为什么某些区域侵蚀性更强”等问题关注不足。基于此,本文将教学重点由“完成模型计算”转向“解释地理过程”,以黄土高原王茂沟小流域为真实案例,将数据处理、模型计算与区域分析结合起来,引导学生从空间分布识别入手,逐步分析影响因素及其相互作用,并进一步讨论水土保持措施的区域适宜性。由此, RUSLE 不再只是计算土壤流失量的工具,而成为学生认识黄土高原水土流失规律、形成综合地理思维的重要载体。

1.2 大语言模型的角色定位

大语言模型在本研究中定位于“学习支架”,而非“答案提供者”。在教学过程中,教师利用其信息整合、问题生成、语言交互和过程反馈等功能,为学生提供必要的学习支持。例如,在数据处理阶段帮助学生梳理 RUSLE 因子的计算思路,在模型运行过程中提示可能存在的参数或

操作问题,在结果分析阶段通过追问引导学生关注空间差异及其形成原因。但对于关键的地理判断、因果分析和治理方案,仍由学生自主完成,教师负责把握学习方向和学科要求。其基本原则是“AI 辅助操作,学生自主思考,教师专业引导”,使技术服务于地理认知发展,而不是以技术操作取代学习过程。

2 案例区与 RUSLE 教学内容

王茂沟小流域位于陕西省绥德县,地处黄土高原丘陵沟壑区,流域面积约 5.89km²,海拔 908~1164m,年平均降水量约 435.7mm。区内黄土覆盖较厚,地形破碎、沟壑发育,降水集中且暴雨侵蚀作用明显,具有典型的黄土丘陵沟壑区水土流失特征,适合作为 RUSLE 实践教学的区域案例。选择该流域,一方面能够将教材中的水土流失知识与真实区域联系起来,另一方面也便于学生利用空间数据认识自然因素与人类活动对土壤侵蚀的共同影响。

教学以王茂沟小流域为基本空间单元,选取 DEM、降水、土壤、土地利用、NDVI(或植被覆盖度)及水土保持措施等数据,分别用于 R、K、LS、C 和 P 因子的计算。教学过程中不直接给出完整计算结果,而是要求学生结合数据来源、空间分辨率和区域特征判断各因子的适用性,并通过 GIS 完成数据预处理和空间计算。

RUSLE 模型基本表达式为:

$$A = R * K * LS * C * P$$

式中, A 为土壤流失量, R、K、LS、C 和 P 分别表示降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡长坡度、植被覆盖与管理以及水土保持措施因子。教学重点不在于机械完成各因子计算,而在于引导学生理解各因子的地理含义及其相互作用,并依据侵蚀空间分布进一步解释王茂沟小流域水土流失的形成原因,为后续水土保持情景分析和区域治理方案设计奠定基础。

3 大语言模型支持下的教学实施

围绕“会计算”与“能解释”的教学目标,本文将王茂沟小流域 RUSLE 实践划分为“提出问题-数据处理-模型计算”三个阶段。大语言模型主要承担问题引导、资料梳理和过程反馈等辅助任务,学生则负责数据判断、GIS 操作和地理解释,教师对教学进程和关键地理问题进行把关,形成“AI 辅助、学生主体、教师引导”的实践教学过程。

3.1 第一阶段:提出问题——“为什么这里容易发生水土流失?”

教学首先从王茂沟小流域真实景观和空间数据入手。教师展示流域 DEM、坡度、土地利用和植被覆盖等资料,

引导学生观察不同区域的地形、植被和土地利用差异，并提出“哪些地方更容易发生水土流失”，“造成这种差异的原因是什么”等问题。在此基础上，借助大语言模型生成具有递进关系的探究问题，但不直接提供结论。例如，可依次追问：“水土流失与哪些自然条件有关？”“坡度增大为什么可能加剧侵蚀？”“植被覆盖变化会产生什么影响？”“自然因素与人类活动之间存在怎样的联系？”

学生根据已有知识和地图信息提出初步判断，再通过小组讨论修正认识。对于学生提出的不同解释，教师利用大语言模型进行资料补充和问题追问，引导学生由“哪里侵蚀严重”逐步转向“为什么这里侵蚀严重”，使 RUSLE 学习从模型公式进入真实地理问题。

3.2 第二阶段：数据处理——“RUSLE 因子从哪里来？”

在回答了问题之后，进入到 RUSLE 因子查找和空间化阶段。教师先引导学生讨论 RUSLE 模型中的 R、K、LS、C、P 五个因子分别表示什么地理含义，每个因子需要什么数据、数据从哪些地方获得、如何将数据空间化。大语言模型主要起到帮助学生梳理技术路线的作用。比如让学生想想“怎么做，如何通过 DEM 数据算出坡度、LS 因子”“如何通过 NDVI 获得植被覆盖率信息”这类问题，AI 可以提供做这些事情的思路、公式解释或代码示例，但是学生需要根据实际所研究的地区考虑是否适用。

这个过程中要特别强化学生的数据意识，并不要求学生直接操作 AI 提供的操作步骤一样，要学生检验数据的坐标系统、空间分辨率、空间范围、数据格式，并且发现不同数据能否直接进行栅格运算；对学生 AI 计算出来的计算方法的确定性，教师会要求学生去教材、文献和自己实践下去检验答案的正确性。这个过程让学生认识到，RUSLE 不是简单若干个现成数字一种组合的结果，RUSLE 模型计算合理性是先依托数据的来源、参数确定和处理是否合理。

3.3 第三阶段：模型计算——“为什么这些因子可以相乘？”

完成各因子处理后，进入 RUSLE 模型计算阶段。学生利用 GIS 分别获得 R、K、LS、C 和 P 因子空间图层，并按照模型关系进行栅格运算，得到王茂沟小流域土壤侵蚀量及其空间分布结果。此时，教学重点不再是“能否算出结果”，而是进一步追问“为什么这些因子共同决定土壤流失量”。

教师可利用大语言模型设计反事实问题，如“如果植被覆盖度提高，而其他条件保持不变，侵蚀量会发生怎样的变化？”“为什么两个坡度相近的区域，侵蚀强度可能

存在明显差异？”“R 因子较高的区域是否一定是高侵蚀区？”学生根据模型计算结果和各因子空间分布进行比较，分析不同因素的相对作用及其叠加关系。

通过这一环节，学生逐步认识到，RUSLE 不是简单的“图层相乘”，而是将降雨、土壤、地形、植被和水土保持措施等因素联系起来，对土壤侵蚀过程进行综合表征。大语言模型主要通过追问、提示和解释帮助学生厘清思路，而最终的空间判断和地理解释由学生依据数据完成。由此，教学实现由“操作模型”向“理解模型”、由“获得结果”向“解释过程”的转变，为后续土壤侵蚀空间格局分析和水土保持方案设计奠定基础。

4 从“结果制图”走向“地理解释”

完成 RUSLE 各因子计算后，学生获得王茂沟小流域土壤侵蚀量及其空间分布图。传统实践教学往往将制图作为教学终点，学生能够完成图件制作，却未必能够解释侵蚀空间差异。为此，本文将“读图-析因-解释”作为结果分析的主要任务，引导学生从空间格局中发现地理问题。

首先，让学生识别土壤侵蚀强度的空间差异，然后将侵蚀的结果与坡度、土地利用、植被等因子叠加或比较，分析“为什么这些地方侵蚀厉害”？最后是联系当地自然、社会经济状况作答，探讨不同因素间的联系。大语言模型的作用仅为提供追问和分析线索，比如让学生进行类似坡度上的不同土地利用类型侵蚀结果的比较、思考植被变化对侵蚀的影响，但大语言模型本身并不完成判断。

通过这一过程，学生就不再满足于描述一张地图上的“高值区”和“低值区”，而是探求用空间证据解释“为什么会有这样的‘高值区’‘低值区’”，实现从“看懂结果”到“解释过程”的改变。同时，RUSLE 计算结果从一张静态成果图转化为认识黄土高原水土流失规律的依据，促进学生空间认知和综合分析能力的发展。

5 情景模拟：AI 支持水土保持方案设计

在解释现状土壤侵蚀格局的基础上，再引导学生探究“怎样减少水土流失”。教师结合案例区王茂沟小流域地形、土地利用和植被状况设置不同治理情景，如植被恢复、坡耕地治理和综合治理等。学生根据各情景调整相应的 C、P 等因子，重新运行 RUSLE 模型，比较治理前后土壤侵蚀量及空间格局的变化。

在这个过程中，大语言模型主要承担方案讨论和过程提示作用。例如，针对高值侵蚀区，AI 可提示学生考虑坡度、土地利用和植被覆盖等条件，再由学生判断适宜采取何种措施。对于“所有区域都进行植树造林是否合理”等问题，学生需要结合区域实际进行讨论，认识到水土保

持措施应与地形、土地利用和生态条件相适应。

最终,各小组依据模型结果提出治理方案,并说明治理区域、主要措施及依据。评价不以“标准答案”为唯一依据,而重点考察学生能否利用空间数据说明方案的合理性。由此,RUSLE 实践由现状评价延伸到情景预测和治理决策,推动学生由“解释地理现象”进一步走向“解决区域问题”,实现地理知识、空间分析与实践应用的有机结合。

6 结论

大语言模型与 RUSLE 的结合,为自然地理和 GIS 实践教学提供了新的切入点。以王茂沟小流域为案例,将 AI 嵌入问题提出、数据处理、模型计算、结果解释和治理决策全过程,可以改变传统 RUSLE 教学中过度强调公式和软件操作的问题,使学生在完成空间分析的同时理解土壤侵蚀的形成机制及其区域差异。其价值并不在于让 AI 替代学生完成计算,而在于借助 AI 提供持续的问题引导和学习支持,推动学生由“会算 RUSLE”走向“会用 RUSLE 解释地理现象、解决区域问题”。

基金项目:宝鸡文理学院第二十一批校级本科教育教学改革研究项目(26JGZD12; 26JGYB28);宝鸡文理学院第十九批校级(研究生)教育教学改革项目(YJ26JGYB20);宝鸡文理学院教师教育改革与教师发展研究项目(26JF23);教育部产学研协同育人项目(231107195230526)。

[参考文献]

- [1]饶丽,李斌斌.土壤水蚀预报模型研究进展[J].亚热带水土保持,2016,28(2):33-38.
 - [2]郭兴月,王添,程圣东,等.近 30 年土壤侵蚀模型研究进展[J].泥沙研究,2023,48(1):65-72.
 - [3]廖俊,焦菊英,严增,等.RUSLE 模型对黄土高原退耕植被恢复坡面土壤侵蚀的模拟效果分析[J].水土保持学报,2024,38(2):97-108.
 - [4]张攀,韩志刚,王靖淑,等.黄土高原土壤侵蚀模型现状、问题及对策研究[J].水土保持研究,2026,33(1):1-10.
 - [5]李曼,何昊,吴东丽,等.气候变化背景下黄土高原土壤侵蚀时空演变[J].生态学报,2025,45(16):7793-7807.
 - [6]孙杨,于兆吉.教育数字化转型背景下的生成式人工智能赋能与逻辑重构[J].中国信息界,2026(7):121-126.
 - [7]黄琪彩.生成式人工智能赋能高校理想信念教育常态化制度化的作用机理、现实挑战与策略[J].内江师范学院学报,2026,41(7):76-82.
 - [8]孙琦,高怡敏.人工智能赋能高职教育数字化转型的逻辑、困境与进路[J].辽宁农业职业技术学院学报,2026,28(4):32-35.
- 作者简介:郁耀闯(1980—),男,汉族,河南南阳人,宝鸡文理学院地理与环境学院副教授、硕士生导师,博士;
*通信作者:王长燕(1979—),女,汉族,山东烟台人,宝鸡文理学院地理与环境学院副教授、硕士生导师,博士。