

## 拟提名 2025 年度四川省科技进步奖公示材料

**项目名称:** 西南山区国土空间“格局—要素—功能”关联系统与多尺度优化路径

**提名单位:** 四川省教育厅

**提名意见:**

作为国土空间治理的核心课题与前沿方向,山区国土空间的多要素耦合机制与功能优化面临着地形复杂、空间异质显著以及水土资源高度敏感脆弱等多重挑战。对此,项目团队融合“三生空间”理论与多情景空间模拟技术,研发出了一套具有广泛适用性的综合技术方案。经长期实践验证,该成果系统建立了针对西南山区的国土空间要素耦合、功能表征及优化技术体系,通过优化土地利用结构,实现了土地利用效率与生态系统服务功能的同步提升,有力促进了区域的可持续发展。

在实际应用层面,该技术为行业部门提供了科学的工具,助其深化对生态环境影响的认知,精准评估生态系统服务价值,从而推动生态转移支付的合理落实,并强化主体功能区定位与县级国土空间规划的有效衔接。目前,该成果已贯穿国土空间利用与保护全过程,并在四川省及西南周边多个地区成功推广。用户反馈积极,经济效益与社会效益显著,为统筹山区“三生”功能、完善国土空间功能优化理论体系提供了坚实支撑,对西南山区的新型城镇化和生态文明建设具有重要的科学指导意义。

**项目简介:**

国土空间利用与保护是推进国家治理体系现代化的有力抓手,提高山区土地资源利用效率,促进山区的可持续发展是实现生态文明和美丽中国建设亟待解决的关键问题。面对山区国土空间问题的高度复杂性、地理环境的显著分异性以及社会经济发展与生态保护激烈博弈,项目完成单位围绕要素功能格局、耦合演化机制、空间问题诊断、多尺度分区优化等关键环节展开创新研究,开发了耦合系统识别表征模型和三生空间多情景优化模拟系统,提出了一系列具有战略前瞻性的政策建议,探索形成了可示范推广的山区国土空间治理模式,相关成果已在典型岩溶区、国家重点生态功能区等重点区域落地应用,有效支撑了多地区行业部门的决策实践,实现了生态系统结构功能的显著优化与生态修复目标的精准落地。主要科技创新如下:

(1) 构建了基于山区时空不确定性的人文自然系统耦合综合表征模型。创新性地引入回归残差和空间坡度系数作为关键量化指标,精准捕捉地理要素及功能在时空演化过程中的波动性与随机特征,该方法不仅为观测与模拟地理要素时空过程的平稳性与发生概率科学参量,更实现了多元人文自然要素的地理不确定性编码、区域特征的识别与量值表征的有机结合。

（2）运用远程耦合和近远程交互耦合理论，从“多维主体因果—空间流”视角，出发，整合参与式农户调查与空天地 3S 高精度调查数据，构建岩溶区山-坝系统土地利用耦合演化分析平台，对山坝交错区土地利用空间和功能形态的协同演化特征进行深度解析，揭示了人地互动的内在规律，形成了适用于岩溶山区复杂环境的土地利用耦合演化机理研究技术体系。

（3）基于水土要素平衡视角构建资源供需耦合指数，精准识别山区水土资源供需的时空矛盾。利用基尼系数与个体随机效应模型，量化水土资源配置与经济发展的匹配度及敏感性，并结合经济增长阻尼模型测度资源对经济发展的“阻滞效应”。融合脱贫山区“生态-生产-生活”功能的空间冲突识别，实现了“资源约束—经济增长—空间冲突”框架下的山区国土空间高质量发展的问题综合诊断。

（4）创新地将政策导向与人类多层次需求相融合，针对性提出了重点生态功能区三生空间优化技术框架，以生态系统服务功能提升为导向，兼顾经济、社会功能实现，耦合多层神经网络、元胞自动机与空间算法，首次自主编程开发了 MLP-CA 模型，模拟速度提高了 25%，精度超 83%，解决了各类空间的恶性竞争和无序开发难题，为国家重点生态功能区国土空间可持续配置提供了解决方案。

（5）首次引入混和元胞自动机模型表征多地类结构复杂性，运用贝叶斯网络刻画多维动态变量的复杂网络关联与不确定性特征，进而精准识别生态系统服务间的权衡/协同动态关系；创新性纳入功能单元内部混合体结构与生态系统服务的链接支持这一关键要素，最终实现生态分区的多尺度识别及功能配置的多维模拟，为国土空间生态修复的精准实施提供了科学参考。

以上技术成果获得授权发明专利 10 项，软件著作权 5 项，出版专著 2 部，提交咨询建议 2 份，发表论文 87 篇。以傅伯杰院士为主任委员的评价委员会给出的评价意见：该成果在国土空间利用与保护研究领域的同类成果中达到国际先进水平。

主要知识产权和标准规范等目录：

知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态
发明专利	一种大型区域水土要素耦合的测算方法	中国	ZL201910365891.3	2021-04-09	4354818	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	周鹏，邓伟，彭立，张少尧	失效

发明专利	一种基于外部生态功能定位的“三生”空间优化方法	中国	ZL201910366300.4	2019-05-05	5548567	重庆师范大学，中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	陈田田，王强，彭立，刘春红	有效
发明专利	一种基于 LLM 的通用质性分析编码系统	中国	ZL202510955977.7	2025-9-16	8258018	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	张继飞，万方亮，张帅，陈杨，欧阳进一	有效
发明专利	融合景观指数和随机游走模型的生态安全格局识别方法	中国	ZL202110787661.3	2022-08-26	5413691	四川师范大学	彭立，黄可欣，邓伟	有效
发明专利	一种宏观尺度的小流域综合治理优先级评估方法	中国	ZL201910932920.X	2023-04-28	5922954	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	彭立	有效
发明专利	一种基于地理空间的山区人地关系地域系统空间量化模型	中国	ZL201910620901.3.	2022-05-03	5130852	四川师范大学	刘颖，邓伟，彭立	有效
发明专利	一种城乡自然景观梯度上过渡区识别方法及装置	中国	ZL202211598752.3	2023-04-07	5867116	四川师范大学	张少尧，邓伟，彭立，刘颖.	有效
发明专利	耦合社会网络模型和碳抵消的生态网络优化方法	中国	ZL202210971133.8	2022-10-21	5527925	四川师范大学	黄可欣，彭立，王晓慧，邓伟	有效
软件著作权	山-坝系统建设用地空间布局优化软件	中国	2021SR0140064	2020-12-08	6864381	贵州师范大学	赵宇鸾，冯雁云，任红玉，滕豪	有效
软件著作权	一种基于生态导向的“三生”空间优化配置软件	中国	2019SR0811366	2019-06-01	4232123	中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所	彭立，陈田田，王强	有效

论文专著目录：

序号	论文（专著） 名称/刊名	年卷页 码 (xx 年	发表时间(年 月 日)	通讯 作者 (含	第一 作者 (含	国内作者	他 引 总	检 索 数	论文 署名 单位
----	-----------------	-------------------	----------------	----------------	----------------	------	-------------	-------------	----------------

	/作者	xx 卷 xx 页)		共同)	共同)		次 数	据 库	是否 包含 国外 单位
1	中国典型山区国土空间功能优化与 调控 /科学出版社 / 邓伟, 彭立, 赵宇鸾, 刘斌涛	2022	2022-04-01	/	邓伟	邓伟, 彭立, 赵宇鸾, 刘斌 涛	/	/	否
2	山区过渡性地理空间人文自然交互 性识别与分异解析/地理学报/张少 尧,邓伟,胡茂桂,张昊,王占韵,彭立	2022 年 77 卷 1225-1 243 页	2022-05-24	邓伟	张少 尧	张少尧, 邓 伟, 胡茂桂, 张昊, 王占 韵, 彭立	12	EI	否
3	Linking Ecosystem Services to Land Use Decisions: Policy Analyses, Multi-Scenarios, and Integrated Modelling / ISPRS International Journal of Geo-Information / Peng Li, Chen Tiantian, Wang Qiang	2020 年 9 卷 154 页	2020-03-08	Chen Tiantia n	Peng Li	Peng Li, Chen Tiantian, Wang Qiang, Deng Wei	15	SCI	否
4	典型山地水土要素时空耦合特征及 其成因/地理学报/周鹏, 邓伟, 彭立, 张少尧	2019 年 74 卷 2273-2 287 页	2019-10-29	邓伟	周鹏	周鹏, 邓伟, 彭立, 张少尧	43	EI	否
5	Identification and analysis of transitional zone patterns along urban-rural-natural landscape gradients: An application to China's southwest mountains /Land Use Policy / Zhang Shaoyao, Deng Wei, Zhang Hao, Wang Zhanyun	2024 年 129 卷 106625 页	2023-03-20	Deng Wei	Zhang Shaoy ao	Zhang Shaoyao, Deng Wei, Zhang Hao, Wang Zhanyun	21	SCI	否
合 计							91		

主要完成人：彭立、邓伟、赵宇鸾、张继飞、刘颖、陈田田、张少尧、张昊

主要完成单位：四川师范大学,中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所,  
贵州师范大学, 重庆师范大学