

牡丹江市未来双重情景下不同土地利用变化的预测分析

敬 杨^{1,2,3}, 杨 泉², 王 婷^{1,2,3}, 戴长雷^{1,2,3*}

(1. 黑龙江河湖长学院, 哈尔滨 150080;
2. 黑龙江大学水利电力学院, 哈尔滨 150080;
3. 龙江水利事业高质量发展研究中心, 哈尔滨 150080)

摘要:基于牡丹江地区未来经济优先与人水和谐双重发展情景规划,本研究通过解析 2010-2020 年土地利用转移矩阵揭示该区域土地演变特征,并运用 PLUS 模型模拟 2035 年两种情景下的空间格局差异。研究发现:2010-2020 年该地区土地利用变化趋势反映农业扩张趋于稳定。经济优先情景下:以耕地扩张驱动粮食增产可促进经济发展,但导致林地锐减,加剧生态脆弱区资源超载与产能下降,凸显农业扩张与生态退化的空间矛盾。人水和谐情景下:响应“退耕还林”政策,水田面积大幅减少,林地面积显著增加,形成“生态优先”的空间重构逻辑。研究结果为平衡区域经济增长与东北边境生态安全提供决策依据,其成果对实现寒地可持续发展兼具生态安全保障和资源利用优化的双重价值。

关键词:土地利用转移矩阵;PLUS 模型;情景规划;牡丹江地区

中图分类号:F301.24 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-2736(2025)05-0015-8

0 引言

在全球气候变化加剧与区域经济转型深化的双重驱动下,土地利用变化作为人地系统交互作用的关键媒介,可通过生态服务功能重组与空间资源再配置两大路径,重塑区域可持续发展基底。这种转变不仅体现为土地覆被类型的显性更替,也蕴含生态系统韧性衰减与经济发展动能转换的博弈,使土地资源的价值平衡成为协调生态安全格局与经济转型的核心命题。作为中国东北边境兼具生态屏障功能与旅游经济特色的典型中小型城市,牡丹江市具有独特的复合型战略地位:其既是松花江流域重要的水源涵养区和商品粮基地,承担着保障粮食安全与生态安全的国家使命,又依托“山、水、林、田、湖、俗、边、雪”的自然与文化复合资源禀赋,被纳入黑龙江省“冰天雪地”经济转型战略的核心节点。这两种功能的协同推进塑造了该区域特有的土地利用矛盾格局——生态保护红线与旅游开发空间的动态博弈、农业生产用地与城镇扩张需求的持续

冲突。这种矛盾可能导致土地利用结构与生态系统服务功能失衡,迫切需要通过多情景模拟预判其演变轨迹,进而探索差异化发展路径下的空间优化策略。多情景预测不仅能够量化不同发展路径的生态代价与经济收益,更可通过空间模拟直观呈现政策实施的潜在冲突区域,为差异化治理提供靶向指引。这种动态权衡分析方法为复杂人地系统研究提供了新的方法论框架,对推进区域国土空间规划具有重要实践意义。

鉴于以上研究背景,本文通过土地利用转移矩阵和 PLUS 模型对未来进行双重情景规划:经济优先发展情景和人水和谐发展情景。基于研究结果,揭示牡丹江市未来土地利用变化的潜在路径与风险,为“冰雪经济走廊”建设与“山水林田湖草沙”生命共同体保护提供决策支撑。

1 研究区概况

牡丹江市位于黑龙江省东南部,地理坐标范围为东经 128°02′-131°18′,北纬 43°24′-45°59′。现辖 4 个市辖区、5 个县级市、1 个县,总面

积 3.88 万 km²。该地区地形以山地和丘陵为主,其特征表现为四种明显的地貌形态:中山、低山、丘陵及谷地盆地。山脉走向连绵不绝,轮廓起伏有致,海拔高度主要集中在 300m 至 800m 之间,平均海拔 230m,最高处为海拔 1687m 的海林市西南老秃顶子山,最低处为绥芬河出境点,海拔 86.5m。

牡丹江市以牡丹江为干流,全长 725km,流域面积 37444km²,是黑龙江的重要支流。该区域河网密布,共分布着 944 条长度超过 2km 的水道,多数河流呈现显著季节性特征,径流季节性变化突出,丰水期水位暴涨易发洪涝,非汛期则维持浅流甚至完全干涸。作为典型中温带大陆性季风气候区,该地年均气温 9℃,降水量 893.0mm。受地形变化影响,降水时空分布呈现显著不均衡特征:暴雨集中出现在 7、8 月,夏季降水量占据全年总量的三分之二^[1]。

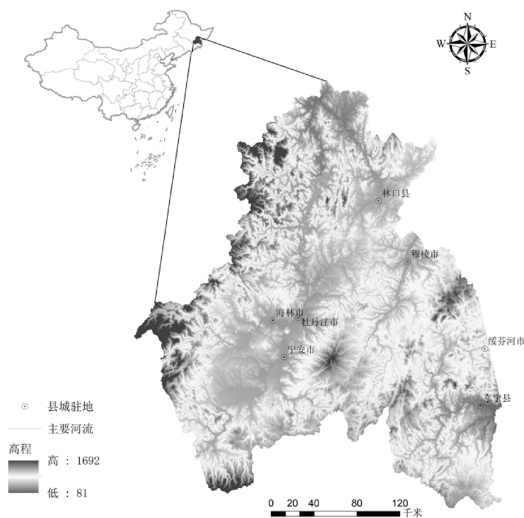


图 1 研究区域概况

(审图号:GS(2024)0650 号)

2 实验方法

2.1 数据来源

本研究使用的牡丹江地区 2010-2020 年土地利用数据来源于武汉大学的杨杰和黄昕教授发布的 1985 年-2023 年中国 30m 分辨率的土地覆盖数据^[2](<https://zenodo.org/records/12779975>),通过裁剪、镶嵌等步骤得到耕地、林地、草地、水

域、建设用地和未利用地等,地理坐标系统一采用 GCS_WGS_1984。数字高程模型 (DEM) 数据来自地理空间数据云网站(<https://www.gscloud.cn/>),坡度、坡向数据利用 DEM 数据计算得到。社会经济数据中,人口密度来源于陈跃红^[3]教授团队在 figshare 平台分享数据(<https://figshare.com/s/d9dd5f9bb1a7f4fd3734>),GDP 数据来源于 2016 年赵乃卓^[4]教授等人发表的文章发布的数据(<https://github.com/thestarlab/ChinaGDP>)。距铁路距离、距高速公路距离、距一级道路距离、距二级道路距离、距三级道路距离等数据来源于 OpenStreetMap(www.openstreetmap.org)。乡镇点位数据来源于国家统计局官网(<http://www.stats.gov.cn/sj/tjbz/tjyqhdmhcxhfdm/2023/index.html>)获取,再根据 ArcGIS 软件欧氏距离工具计算得到。

2.2 土地利用转移矩阵

土地利用转移矩阵模型基于马尔科夫链 (Markov Chain) 在土地利用变化研究中的应用发展而来,马尔科夫模型最早由俄罗斯数学家安德雷·马尔科夫 (Andrey Markov) 提出,用于描述随机过程中状态间的转移概率。20 世纪后期,地理学者将该模型引入土地利用变化研究,结合 GIS 技术构建转移矩阵,成为土地资源管理领域的重要工具。

土地利用转移矩阵是一种用于分析不同土地利用类型在一定时间范围内相互转化情况的统计工具。它通过矩阵形式定量描述土地类型的变化方向和规模,帮助研究者理解土地利用动态、驱动因素及其环境影响^[5]。转移矩阵形式为:

$$S = (S_{ij})_{m \times m} = \begin{bmatrix} s_{11} & \cdots & s_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{m1} & \cdots & s_{mm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中: S_{ij} 为研究初期和末期土地利用状态; m 为土地利用类型; $s_{11} \cdots s_{1m}$ 为各种土地利用的面积。

2.3 PLUS 模型

PLUS 模型是一种基于地理空间分析的高精度土地利用变化模拟工具,由北京师范大学地理

科学学部开发。它通过结合多类随机斑块种子机制(CARS)和机器学习算法,能够有效模拟复杂的人类活动与自然因素共同作用下的土地利用演变过程。多类随机斑块种子机制(CARS)通过土地扩张分析策略(LEAS)挖掘历史土地利用变化的驱动因素,结合随机种子生成和阈值递减机制,模拟不同地类斑块的生成与竞争^[6,7]。其中斑块生成则根据驱动因子(如地形、经济、政策等)的概率分布,生成新斑块并动态调整扩张阈值。其中在计算各地类的发展概率时使用随机森林算法分析土地利用类型与驱动因子(如人口密度、GDP、坡度、交通网络等)的非线性关系,进而提高模型精度^[8]。

PLUS模型包括土地扩展战略分析(LEAS)和CA模型,用于分析不同的土地利用变化,并设置不同的情景来预测未来的土地利用变化。将选取的9个驱动因子导入“LEAS”后,进行设置随机森林回归参数,本文结合以往前人学者研究经验,选择大约1%的像素进行训练,即采样率为0.01,回归树数量设置为12,mTry参数为9,进而得到牡丹江地区2010年至2020年各地类发展概率以及9个驱动因子对各地类变化的贡献程度。完成以上步骤后,进行“CARS”模块模拟2035年牡丹江地区土地利用情况,在输入发展概率图集后,进行参数填写,按照以往研究经验将领域效应值定为3;调整模型生成新土地利用斑块能力参数为0.01;生成新种子数量阈值设为0.5;2035年土地利用需求量利用PLUS模型中Markov Chain模块进行估算。依靠PLUS模型高精度模拟以及灵活的情景配置进行未来情景模拟。

(1) 适应性概率计算

基于随机森林的发展概率估算在LEAS模块框架中,通过引入随机采样策略降低计算复杂度,结合集成学习方法中的随机森林算法进行土地利用演变概率计算。具体表达式为:

$$P_{i,k(X)}^d = \frac{\sum_{n=1}^M I[h_n(X) = d]}{M} \quad (2)$$

式中, X 为驱动因子特征向量; $h_n(X)$ 表示第 n 棵决策树的分类函数; M 表示决策树数量; d 表示取值为0或1^[9]。

(2) 自适应惯性系数计算

该机制通过构建需求-供给偏差反馈系统,实现惯性系数的迭代自适应性调节。基于连续迭代周期内土地利用规划需求与实际空间分布的差异分析,建立动态优化地类空间配置的反馈机制,该方法能精准量化土地类型转换的时序演变特征,显著提升土地利用演变过程的模拟精度^[10]。

$$D_k^t = \begin{cases} D_k^{t-1} (|G_k^{t-1}| \leq |G_k^{t-2}|) \\ D_k^{t-1} \times \frac{G_k^{t-2}}{G_k^{t-1}} (0 > G_k^{t-2} > G_k^{t-1}) \\ D_k^{t-1} \times \frac{G_k^{t-1}}{G_k^{t-2}} (G_k^{t-1} > G_k^{t-2} > 0) \end{cases} \quad (3)$$

式中: G_k^{t-1} 、 G_k^{t-2} 分别为 $t-1$ 、 $t-2$ 时刻用地需求与实际数量之间的差异; D_k^t 分别为 t 时刻用地类型 k 的惯性系数。

(3) 随机斑块参数设定

通过模拟生态系统的自组织扩张规律,构建空间显式斑块生成框架。采用参数耦合的协同演化机制,实现不同地类斑块生成速率的动态平衡调控,显著降低系统随机扩散引起的空间配置失序风险^[10,11]。

$$\begin{aligned} OP_{i,k}^{d=1,t} &= P_{i,k}^d \times \Omega_{i,k}^t \times D_k^t \\ TP_{i,k}^{d=1,t} &= \begin{cases} P_{i,k}^{d=1} \times (r \times \mu_k) \times D_k^t \\ P_{i,k}^{d=1} \times \Omega_{i,k}^t \times D_k^t \end{cases} \quad (4) \\ &(\Omega_{i,k}^t = 0, r < P_{i,k}^{d=1}) \end{aligned}$$

式中: $P_{i,k}^d$ 为空间单元 i 处土地利用类型向用地类型 k 发展的概率; $P_{i,k}^{d=1}$ 为 i 处土地利用类型向 k 转化的概率; $OP_{i,k}^{d=1,t}$ 为 i 处于时刻 t 转换为 k 的转变概率; D_k^t 为自适应驱动系数; $TP_{i,k}^{d=1,t}$ 为机制实施后, i 处于时刻 t 转换为 k 的转变概率; r 为0-1之间的随机值; μ_k 为新的土地利用斑块生成阈值。

(4) 过渡矩阵和区域开发概率计算

构建地类转换约束-衰减协同调控体系,严

表 1 不同情景下土地利用转移矩阵设置

类 型	经济优先发展情景								人水和谐发展情景							
	a	b	c	d	e	f	g	h	a	b	c	d	e	f	g	h
a	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
b	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
c	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
d	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
e	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
f	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0
g	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
h	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1

注:a、b、c、d、e、f、g、h 分别表示耕地、林地、灌木、草地、湿地、建设用地、裸地与水域。

格规范土地利用类型间的转化规则,建立转换约束体系。同步实施斑块演化抑制参数的时变衰减调控机制,通过双重控制策略有效抑制无序空间扩散,最终形成兼顾规划合理性与生态适应性的空间配置优化决策框架。

$$\sum_{k=1}^N |G_k^{l-1}| - \sum_{k=1}^N G_k^l < \text{step}, \text{则 } l = l + 1$$

$$\begin{cases} P_{i,k}^{d=1} > \tau, TM_{c,k} = 1 \text{ 用地类型转变} \\ P_{i,k}^{d=1} \leq \tau, TM_{c,k} = 0 \text{ 用地类型恒定} \end{cases} \quad (5)$$

$$\tau = \delta^l \times R_1$$

式中, N 为土地利用类型总数; step 为拟合土地利用需求的步长; l 为阈值衰减步骤数; τ 为土地利用增长阈值; δ 介于 0-1 之间, 为 τ 的衰减系数; $TM_{c,k}$ 为过渡转移矩阵^[12]。

(5) 双重情境下条件设定

土地利用变化是一个受社会经济、生态文明建设和城市发展规划等多因素影响的复杂过程。为满足黑龙江省不同发展要求,综合考虑《黑龙江省生态环境保护“十四五”规划》^[13]《黑龙江省国土空间总体规划(2021-2035 年)》等政策,本文共设置了 2 种发展情景。

人水和谐发展情景:以“绿水青山就是金山银山”为建设目标,提升区域生态系统的稳定性和生物多样性,促进人与自然和谐共生。将林草资源建设用地转化率调降 50%,耕地建设用地转化率缩减 30%,耕地草甸生态修复转化率提升

30%^[14],来模拟 2035 年牡丹江地区人水和谐发展情景下的土地利用情况。

经济优先发展情景:为保障国家 18 亿亩耕地红线,防止人造地表无序扩张占用耕地,并加强对现有耕地的保护。在自然发展基础上,耕地向人造地表的转移概率减少 60%^[15],来模拟 2035 年牡丹江地区经济优先发展情景下的土地利用情况。

根据研究区的实际情况和阅读文献,设置用地属性转移矩阵如表 1 所示。

3 结果

3.1 土地利用模拟预测

3.1.1 2010-2020 年牡丹江土地利用变化情况

本文采用了包含 12 个一级类型和 23 个二级类型的土地利用数据,共计 35 种地类。为了简化分析,将土地利用重分类为 9 类,如图 2 所示。从图中可以看出牡丹江市地区主要以耕地、林地和草地三种地类为主,占全区的 95%以上。此外从土地利用转移桑吉图中可以得到:

(1)自 2010 年至 2015 年,是林地转为旱田、旱田转向林地最为活跃且变化程度最大,前者共计变动了 1099km² 后者变动 1090km²。灌木与水域两种地类互相转化,转化的面积最小,两种转化面积变动平均值约 0.003km²,反映农业扩张与生态脆弱性地类的稳定性。

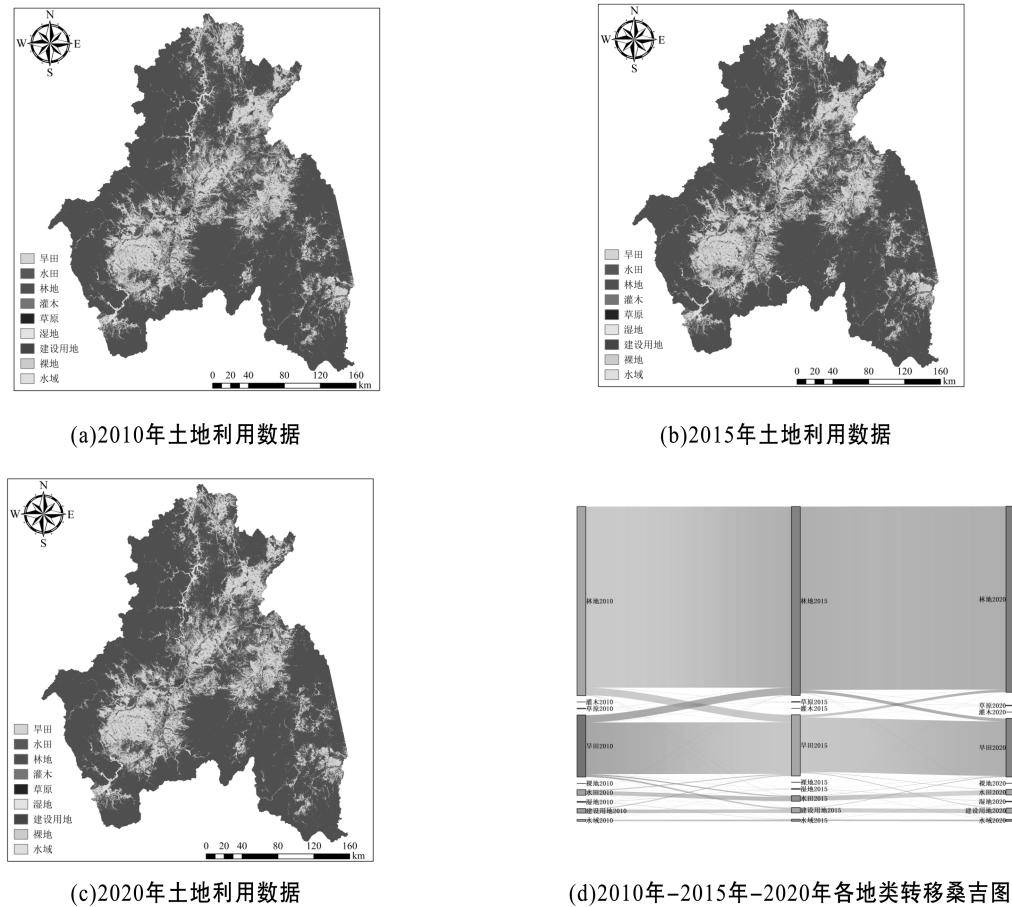


图2 2010年-2015年-2020年土地利用数据、各地类转移桑吉图

(2) 自 2015 年至 2020 年,林地转向旱田转移面积最大,约为 453km²,其次是旱田转向林地转移面积约为 377km²。灌木转向湿地、草原转向裸地,转移面积最小,变动惰性最强,四者变动平均值均约为 0.005km²。相比 2010 年至 2015 年转化情况,各地类稳定性总体增强,变动幅度减弱,整体土地利用发生变化总量处于缓慢下降状态,表明区域土地利用格局趋于稳定。

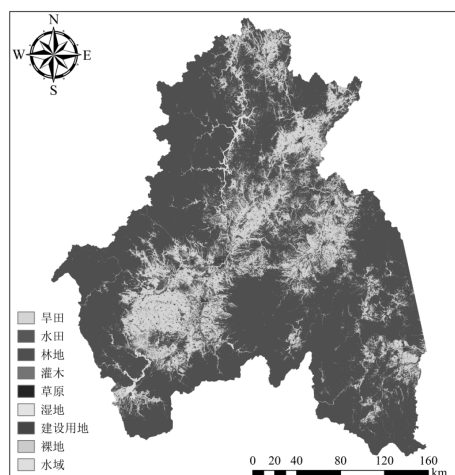
综上所述,牡丹江地区 2010-2020 年各地类转移活性从高至低为:旱田>林地>水田>建设用地>湿地>水域>草原>灌木>裸地,具体各地类转移强度可参考图 2 中 2010-2020 年牡丹江土地利用转移强度图谱。其中旱田与林地的双向转换主导了区域土地利用变化进程(占总量 70% 以上),而湿地、水域等地类因生态保护政策限制,转移强度持续低位运行。

3.1.2 未来双重情景牡丹江土地利用模拟

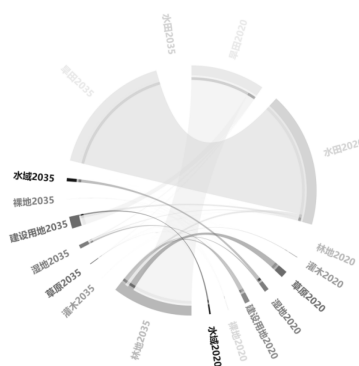
本文利用 PLUS 模型对牡丹江市 2035 年土

地利用进行双情景模拟预测(具体方法参考 2.3 所述),并对未来两种情景下土地利用数据与 2020 年真实土地利用数据进行地类转移活性分析,具体研究结果可见下图 3 所示:

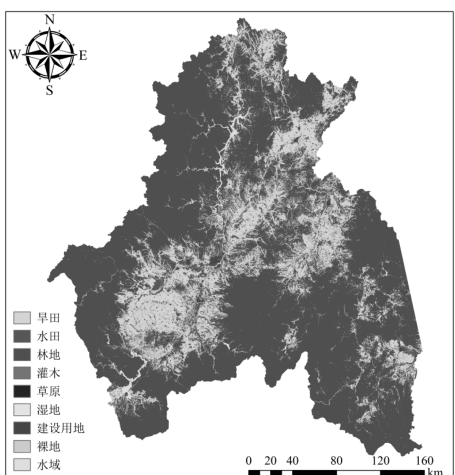
(1) 在经济优先发展情景下,预测至 2035 年,在该情景下牡丹江地区旱田、水田占地面积大幅度增加,林地、建设用地、草原、水域、湿地相较于 2020 年有所下降,其中旱田面积增加 191km²,水田面积增加 138km² 是面积增加最显著的地类,相反林地面积减少最为显著,共计减少 284km²。林地的显著减少会削弱区域碳汇能力,加剧温室效应,打破区域碳平衡,还会直接冲击松花江流域水文安全。林地转化为旱田后,雨季地表径流将增加,加剧洪涝灾害风险,水源涵养能力下降;水质净化功能弱化,林地减少对污染物的截留能力下降,可能导致水体富营养化指数上升;湿地-森林协同作用断裂,林地与湿地的生态廊道对候鸟迁徙具有关键作用,两者面积同步缩减



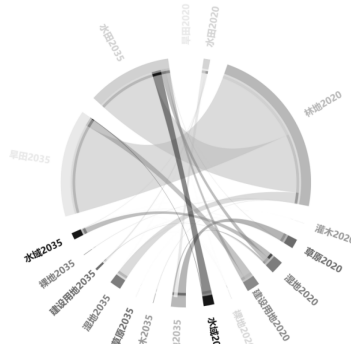
(a)人水和谐发展情景2035年土地利用数据



(b)人水和谐发展情景2035年各地类转移桑吉图



(c)经济优先发展情景2035年土地利用数据



(d)经济优先发展情景2035年各地类转移桑吉图

图 3 未来 2035 年双重情景土地利用数据、各地类转移桑吉图

将导致生物栖息地连通性下降。除此之外也会造成土壤侵蚀与土地可持续性危机:黑土资源加速流失,林地转化为旱田后,地表植被覆盖度从 85%降至 30%,土壤抗蚀能力下降;耕地质量退化,经济优先情景下追求粮食产量最大化可能导致耕地用养失衡,预测中旱田增加 191km²,若缺乏轮作休耕,土壤有机质含量将减少;水土资源匹配失调,水田扩张 138km²,需新增灌溉用水,但林地减少削弱水源涵养能力,可能引发农业用水与生态用水的结构性矛盾。总的来说经济优先发展情景凸显“以地换粮”的粗放发展模式特征,表明农业集约化与粮食安全目标的高度绑定,但以牺牲林地、湿地为代价,可能加剧水土流失与生物多样性下降风险。

(2)在人水和谐发展情景下,受人为保护,林地相较 2020 年占地面积大幅度增加,水田面积相较 2020 年大幅度下降,其中林地面积增加 239km²,是面积增加最多的地类,相反水田面积减少最为显著,共计减少 382km²。水田的减少将直接冲击水稻产能,这种结构性调整将迫使粮食生产体系进行适应性重构:水田缩减可能促使旱田作物种植比例提升;根据生态补偿机制需求,林地扩张产生的碳汇价值与粮食减产的经济价值需建立量化补偿机制,现行生态补偿标准仅为耕地产值的 1.2 倍,难以平衡生态保护与粮食安全的双重目标;技术替代潜力上,通过推广节水灌溉技术,水稻种植用水效率可提升 40%,但需配套智能灌溉设施,短期内加剧成本压力。除

此之外水田大规模缩减将改变区域水资源分配格局,水田减少会释放大量农业用水,可将这部分水资源转用于城市生态补水或工业用水,提升水资源综合利用率。而林地扩张带来的土壤有机质积累可改善周边耕地地力,可能抵消部分面积缩减的产量损失。总的来说人水和谐发展情景反映了“退耕还林”政策与生态修复工程的强约束效应,形成“生态优先”的空间重构逻辑,但也揭示了耕地保护红线与生态安全格局的潜在冲突,需通过跨区域补偿机制平衡粮食产能损失。

4 结论

本研究综合运用土地利用转移矩阵和 PLUS 模型等方法,基于牡丹江市 2010–2020 年土地利用动态演变规律,模拟 2035 年双重情景下土地利用变化,主要结论如下:

(1) 2010–2020 年牡丹江土地利用变化趋势为农业扩张趋于稳定,其中旱田与林地的双向转换最为活跃,这种剧烈转换反映农业扩张与退耕还林政策的动态博弈。而湿地、水域等地类转化惰性显著,印证生态脆弱性地类对外界干扰的敏感性降低。

(2) 2035 年经济优先发展情景下,牡丹江地区土地利用将呈现显著结构性变化:旱田、水田成为扩张最明显的地类;而林地面积锐减,湿地、草原等生态用地同步缩减。这种“以地换粮”的发展模式反映出农业集约化与粮食安全目标的深度绑定,但同时也暴露生态代价—大规模林地、湿地转化为耕地可能引发水土流失加剧和生物多样性衰退,揭示出粗放型发展路径下的潜在生态风险。

(3) 2035 年人水和谐发展情景下,牡丹江地区至目标期土地利用格局呈现生态优先导向:受政策保护与生态修复驱动,林地面积大幅增加,旱田面积同步扩张,而水田成为缩减最显著的地类。这一变化凸显“退耕还林”政策与生态工程的强效约束,形成以生态安全为核心的空间重构逻辑。但耕地保护与生态目标间的深层矛盾随之暴露,需通过跨区域粮食产能补偿机制,平衡

生态修复导致的耕地资源收缩与粮食安全保障需求。

参考文献(References):

- [1] 史磊. 牡丹江市水资源承载力与水资源安全分析[J]. 水利科学与寒区工程, 2024, 7(07): 66–69.
- [2] Huang X, Yang J. The 30 m annual land cover datasets and its dynamics in China from 1985 to 2022[J]. Earth System Science Data, 2023, 15(13): 3907–3925.
- [3] Chen Y H, Xu C C, Ge Y, et al. A 100 M Gridded Population Dataset of China’s Seventh Census Using Ensemble Learning and Big Geospatial Data[J]. Earth System Science Data, 2024, 16(08): 3705–3718.
- [4] Zhao N, Liu Y, Cao G, et al. Forecasting China’s GDP at the pixel level using nighttime lights time series and population images[J]. GIScience & Remote Sensing, 2017, 54(03): 407–425.
- [5] 曹丽慧. 基于 Landsat 数据的永定河流域景观格局演变及驱动力分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2022.
- [6] Lin T, Yang M Z, Wu D F, et al. Spatial correlation and prediction of land use carbon storage based on the InVEST – PLUS model: a case study in Guangdong Province[J]. China Environmental Science, 2022, 42(10): 4827–4839.
- [7] Xie X D, Lin X S, Wang Y, et al. multi-scenario simulation of land use in Nanchuan District of Chongqing based on PLUS model[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2023, 40(06): 86–92+113.
- [8] Sun X X, Xue J H, Dong L N. Spatiotemporal change and prediction of carbon storage in Nanjing ecosystem based on PLUS model and InVEST model[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2023, 39(01): 41–51.
- [9] 李玉恒, 赵宁, 张云, 等. 东北黑土区土地生境质量演化及多情景预测: 以黑龙江省为例[J/OL]. 环境科学, 1–21 [2025–03–12]. <https://doi.org/10.13227/j.hjlx.202409094>.
- [10] Liang X, Guan Q, Clarke K C, et al. Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating land use simulation (PLUS) mo-

- del: A case study in Wuhan, China[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, Pergamon, 2021, 85: 101569.
- [11] 张大川, 刘小平, 姚尧, 等. 基于随机森林 CA 的东莞市多类土地利用变化模拟[J]. *地理与地理信息科学*, 2016, 32(05): 29-36+127.
- [12] 胡丰, 张艳, 郭宇, 等. 基于 PLUS 和 InVEST 模型的渭河流域土地利用与生境质量时空变化及预测[J]. *干旱区地理*, 2022, 45(04): 1125-1136.
- [13] 邢佳. 黑龙江省生态环境保护“十四五”规划. 黑龙江省, 黑龙江省环境科学研究院, 2021-11-22.
- [14] 李俊, 杨德宏, 吴锋振, 等. 基于 PLUS 与 InVEST 模型的昆明市土地利用变化动态模拟与碳储量评估[J]. *水土保持通报*, 2023, 43(01): 378-387.
- [15] 喇露梦, 勾蒙蒙, 李乐, 等. 三峡库区生态系统服务权衡时空动态与情景模拟: 以秭归县为例[J]. *生态与农村环境学报*, 2021, 37(11): 1368-1377.

作者简介:

第一作者: 敬杨, 2001 年生, 男, 吉林双阳人, 硕士, 黑龙江大学黑龙江河湖长学院, 主要研究方向为智慧河湖。

Email: 17702308252@163.com;

通讯作者: 戴长雷, 1978 年生, 男, 山东郓城人, 博士, 黑龙江大学水利电力学院, 教授, 主要研究方向为智慧河湖。Email: hd_daichanglei@126.com

Analysis and Prediction of Different Types of Land Use Changes under Dual Scenarios in Mudanjiang City

JING Yang^{1,2,3}, YANG Xiao², WANG Ting^{1,2,3}, DAI Changlei^{1,2,3*}

(1. School of River and Lake Chief Heilongjiang, Harbin 150080, China;

2. School of Hydraulic and Electric Power, Heilongjiang University, Harbin 150080, China;

3. Research Center for High-Quality Development of Longjiang Water Conservancy, Harbin 150080, China)

Abstract: Based on the dual development scenario planning prioritizing economic growth and human-water harmony in the Mudanjiang region, this study reveals the characteristics of land evolution in the area by analyzing the land use transfer matrix from 2010 to 2020. It further employs the PLUS model to simulate spatial pattern differences under two development scenarios projected for 2035. From 2010 to 2020, the trend of land use change in Mudanjiang City reflects the gradual stabilization of agricultural expansion; under the scenario of economic priority, the arable land is expanded to further drive the increase of food production, promoting the economic development. But this leads to the sharp decrease of forest land and exacerbate the overloading of resources in ecologically fragile zones with the decline of production capacity, which highlights the spatial contradiction between the expansion of agriculture and the degradation of the ecology. Under the scenario of human-water harmony, the local government responds to the policy of “returning farmland to forests”, which leads to a drastic reduction of paddy fields and a significant increase of forested areas, forming the spatial reconstruction logic of “ecological priority”. The results provide a decision-making basis for balancing regional economic growth and ecological security along the northeast border with dual values of guaranteeing ecological security and optimizing the use of resources to further achieve sustainable development in the cold regions.

Key words: land use transfer matrix; PLUS model; scenario planning; Mudanjiang City