

# 基于 PLUS-InVEST 模型的生境质量演变及预测

## ——以 A 省生境质量为例

王宝瑞 陈柯鑫 王 姍

哈尔滨师范大学地理科学学院 黑龙江哈尔滨 150025

**摘要:** 本研究基于 PLUS-InVEST 模型,对 A 省 2000-2030 年的土地利用转型和生境质量的时空演化特征进行评价。研究表明:(1) A 省近 20 年来土地利用结构发生了显著的变化,建设用地和耕地的面积持续上升,林地,草地及水域面积均降低。(2) A 省 2000-2020 年平均生境质量持续降低,预计到 2030 年时 A 省的生境质量会明显改善。

**关键词:** 土地利用变化;生境质量;PLUS 模型

### 引言:

生境质量通常指一个生态系统或者特定地区中,提供适宜个体与种群持续生存发展条件的能力,一定程度上可以反映生物多样性、环境结构、资源可利用性以及生态系统的功能等<sup>[1]</sup>。人类活动对土地的使用方式的改变,往往导致生态系统结构和功能的变化,从而影响生境质量<sup>[2]</sup>。土地利用变化对生境质量的影响是复杂而多样的,具体效果取决于变化的性质、规模、时空尺度以及当地生态系统的特点<sup>[3]</sup>。

A 省位于中国东北地区,其独特的地理和自然条件塑造了丰富多样的生态系统<sup>[4]</sup>。过去几十年以来,A 省经历了城市化、农业发展以及工业化等多方面的土地利用变化<sup>[5]</sup>。目前,对于生境质量评估常用的模型有 InVEST 模型<sup>[6]</sup>、PLUS 模型<sup>[7]</sup>和 SolVES 模型等。其中 InVEST 模型以土地利用数据作为数据源,在空间模拟及评价方法上相比其他模型有着显著优势,在生境质量评价方面得到了广泛的应用<sup>[8-9]</sup>。基于此,本研究基于 InVEST 与 PLUS 模型,定量评估不同时间动态上的区域生境质量,研究的结果可以为 A 省土地利用结构优化,区域生态安全,和实现可持续发展提供参考数据。

### 1. 研究区域概况与数据来源

#### 1.1 研究区域概况

A 省位于中国东北部,与日本、俄罗斯、朝鲜、韩国、蒙古组成东北亚几何中心地带。地跨东经 121° 38' ~ 131° 19'、北纬 40° 50' ~ 46° 19' 之间。A 省水利资源充沛,境内主要河流有 200 余条,其中以松花

江流域最大,约占全省面积的 70%,年均径流量 418 亿立方米。A 省地形特征明显,由东南向西北倾斜,东部为山地丘陵,中西部为平原。A 省位于中纬度欧亚大陆的东侧,属于温带大陆性季风气候,四季分明,雨热同季。

#### 1.2 数据来源

A 省 2000 年、2010 年和 2020 年土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心 ([www.resdc.cn](http://www.resdc.cn)); 交通路网数据来源于长春市自然资源局和 Open Street Map ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)); 气温和降水量数据来源于国家地球系统科学数据中心 (<http://www.geodata.cn>); 其他自然环境数据 (DEM、土壤类型等) 以及社会经济数据 (GDP 公路网格、人口公里网格) 来源途径参考赵博轩<sup>[2]</sup> (2023) 数据来源清单。

### 2. 研究方法

#### 2.1 土地利用类型转移矩阵

将土地利用数据导入 ArcGIS10.6,对土地利用数据进行裁剪处理,分别绘制 2000、2010 和 2020 年 A 省土地利用

变化图；除此之外通过对 2000、2010 和 2020 年 6 种土地利用数据进行空间叠合分析，然后根据土地利用转移矩阵来分析 A 省的土地利用变化情况。

### 2.2 PLUS 模型

利用 PLUS 模型对 A 省土地利用变化进行预测，PLUS 模型包含基于土地扩展分析策略 (LEAS) 和多类型随机斑块种子 (CARS) 的 CA 两个模块。PLUS 模型能够同时估算政策带来的驱动和引导作用下土地利用的变化，可以对未来土地利用实现高精度预报，对未来土地利用变化的趋势和保护性政策有很强的实际指导作用<sup>[10]</sup>。本研究中通过 2010 年土地利用类型得到 2020 年土地利用与 2020 年实际土地利用类型进行了对比验证，并使用 Kappa 系数来验证本次模拟的精度。本研究得到的 Kappa 系数为 0.894，证明本研究的模拟精度较高。

### 2.3 InVEST 模型

InVEST 模型是一个包括生境质量、产水量、水土流失和碳储量等多模块的综合评估模型。InVEST 在生态修复、生态红线划定和生态资源评价等方面都有着广泛的应用。本研究运用 InVEST 模型中的生境质量模块对 A 省的生境质量进行评价，具体公式如下<sup>[11]</sup>：

$$Q_{xj} = H_j \left[ 1 - \left( \frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + kz} \right) \right]$$

上式为生境质量最后的计算公式， $Q_{xj}$  为生境类型  $j$  中  $x$  栅格的生境质量指数； $D_{xj}$  为生境类型  $j$  中  $x$  栅格的退化程度； $H_j$  为生境类型  $j$  的适宜程度； $k$  为半饱和程度，一般为 0.5； $z$  一般设为 2.5，是归一化常量。

## 3. 结果

### 3.1 2000-2020 年土地利用变化

随着城市化进程的加快，A 省土地利用变化如图 1。2000 年到 2020 年 A 省建设用地面积和耕地面积均呈现增长趋势，建设用地从 3.44% 增加到了 4.21%，耕地从 39.48% 增加到 40.05%；林地面积占比由 44.34% 减少到 44.05%；草地面积占比由 4.14% 减少到 3.49%；水域面积占比由 2.59% 减少到 2.26%；未利用地占比面积由 6.01% 减少到 5.94%。结果表明 2000 年到 2020 年 A 省耕地和建设用地面积占比持续增加，其余土地利用变化类型面积占比减少。

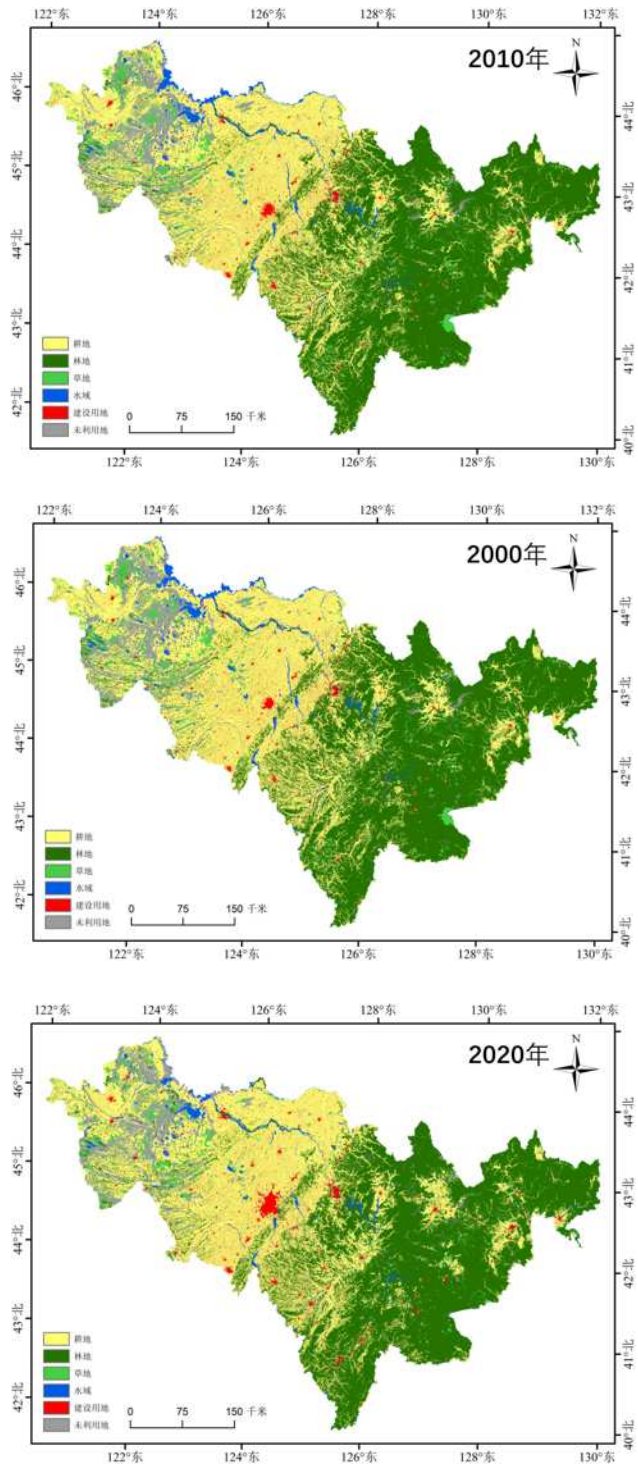


图 1 2000-2010-2020 年 A 省土地利用空间分布图

2000-2010 土地利用类型均出现了不同程度的相互转化，以林地变化总量最大，其次为草地和耕地。林地转出面积大于转入面积，面积净减少 421.23 km<sup>2</sup>，主要转移为耕地和草地；草地面积净增加 273.49 km<sup>2</sup>，主要是由林地、未利

用地和耕地贡献而来；耕地面积净增加 221.78 km<sup>2</sup>，主要是由林地、草地和未利用地贡献而来，草地和耕地存在一定面积的相互转化（表 1）。2010–2020 年土地利用类型转化更为剧烈，以林地变化总量最大，其次为建设用地和耕地；林地转出面积大于转入面积，面积净减少 1508.98 km<sup>2</sup>，主要转移为耕地、草地和未利用地；建设用地面积大幅度增加，净增加 1286.19 km<sup>2</sup>，主要是由耕地、林地和未利用地贡献而来；耕地面积净增加 881.21 km<sup>2</sup>，主要是由林地、草地和建设用地贡献而来，建设用地和耕地存在一定面积的相互转化（表 2）。

表 1 2000–2010 年 A 省土地利用转移矩阵

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	74659.5	317.11	140.55	19.3	228.31	40.35
林地	457.34	83872.25	317.54	10.44	15.6	14.59
草地	204.98	57.88	7515.49	2.32	1.91	121.89
水域	72.98	5.55	29.75	4670.22	3.5	173.53
建设用地	52.94	5.57	4.46	0.97	6512.33	1.87
未利用地	179.16	8.17	170.17	83.96	2.62	11039.34

注：行表示 2000 年，列表示 2010 年

表 2 2010–2020 年 A 省土地利用转移矩阵

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	65088.62	5185.87	1013.77	681.37	3072.43	584.84
林地	5904.66	76544.19	859.38	317.09	249.85	391.36
草地	1735.46	1524.81	3852.42	75.18	81.73	908.36
水域	660.03	267.88	99.62	2945.37	40.89	773.42
建设用地	2002.64	158.5	41.91	31.41	4486.8	43.01
未利用地	1116.7	455.65	801.88	261.08	118.76	8637.5

注：行表示 2010 年，列表示 2020 年

### 3.2 2030 年土地利用变化预测

截止到 2030 年 A 省耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地的面积分别为 40.58%、44.2%、3.24%、2.21%、4.13% 和 5.63%。未来 2023 年，A 省耕地面积仍然呈增加趋势，面积占比增加到 40.58%。耕地面积变化趋势与 2000 年到 2020 年保持一致。然而林地面积在 2020 年到 2030 年期间出现了增加趋势，到 2030 年林地面积占比增加了约 0.3%。建设用地占比相比 2020 年下降了约 1.9%。草地面积占比相比 2020 年下降了约 7%。水域面积占比相比 2020 年增加约 84%。

### 3.3 2000–2030 年 A 省生境质量变化

从整个 A 省的平均生境质量来看，2000 年到 2010 年生境质量下降约 0.2%，2010 年到 2020 年生境质量又下降了约

1%。四平市和辽源市的生境质量都有所增加，分别增长了约 1.1% 和 0.28%。长春市、A 市、通化市、白山市、松原市、白城市和延边朝鲜族自治州的生境质量出现了不同程度的下降，平均下降约为 1% 左右。2000–2020 年所有地级市中长春市生境质量下降最严重，下降了约 4.2%，其次是白城市下降约 2.2%，最后是通化市下降约 2%。在未来 2030 年，整体上 A 省的生境质量开始上升。A 市和四平市的生境质量依旧呈增长趋势，其他地级市都呈不同程度的下降。整体来看 2030 年 A 省生境质量变化与 2000 年到 2020 年的变化趋势一致，并无明显差异（表 3）。

表 3 2000–2030 年各地级市生境质量以及总平均生境质量

平均生境	2000	2010	2020	2030
长春市	0.4084	0.4065	0.3912	0.3908
A 市	0.7474	0.7442	0.7369	0.7390
四平市	0.4371	0.4358	0.4420	0.4432
辽源市	0.5972	0.5959	0.5986	0.5969
通化市	0.8009	0.7994	0.7849	0.7845
白山市	0.9260	0.9242	0.9204	0.9231
松原市	0.4203	0.4194	0.4166	0.4203
白城市	0.3908	0.3891	0.3822	0.3866
延边朝鲜族自治州	0.8927	0.8919	0.8829	0.8822
总平均	0.6527	0.6511	0.6441	0.6452

## 4. 讨论

### 4.1 2020–2030 年 A 省土地利用变化对生境质量的影响

随着城市化和工业化的快速发展，A 省土地利用结构发生了巨大变化，主要体现在农田面积持续扩张、城市建设用地增加、林地和草地退化等方面<sup>[12]</sup>。A 省的平均生境质量呈先减少后增加的趋势，2020 年生境质量降到最低，未来 2030 年生境质量可能会呈现明显的改善。

农田面积的扩张导致了其他类型的面积减少，影响了生态的可持续性。其次，城市建设用地的增加加剧了土地开发程度，导致了城市化进程加快、土地资源过度利用和生态环境恶化。另外，林地和草地的退化影响了生物多样性和生态系统的稳定性，加剧了土地退化和水土流失等问题。近年来，我国对于生态环境问题尤为重视，各省陆续开始加强生态建设和环境保护，例如：东北地区黑土保护计划、水土流失治理和退耕还林等。因此未来 A 省的生境质量势必会明显提高。

### 4.2 A 省面对生境质量变化的政策启示

面对生境质量下降情况等其他生态问题，我们提出了以下一些建议：加强土地利用规划，制定科学合理的土地利用规划，合理划定城乡建设边界，保护农田和生态用地，促

进土地资源的可持续利用;推进生态保护和恢复,加大生态补偿力度,加强对林地和草地的保护和恢复工作,促进生态系统的健康发展,维护生物多样性和生态平衡;促进农业可

持续发展,加大对农业科技的支持力度,推广节水灌溉和高效农业技术,提高农田的生产力和可持续利用水平。

## 结论

本研究主要的结论如下:

(1) 2000—2020年A省建设用地和耕地面积占比呈增加趋势,草地,水域以及未利用地面积占比都呈减小趋势。

(2) A省自2000年—2020年期间平均生境质量持续降低,从空间分布来看,长春市的生境质量下降最为严重,其次是A西部的白城等地。2030年A省的生态质量将会有所改善。

(3) 未来在制定生态保护方面的政策时首先应考虑土地利用规划科学合理,实现耕地与其他土地利用类型的协同发展,持续推进林地和草地的保护与恢复,加强土地利用的管理,促进经济发展与环境保护的和谐统一。

## 参考文献

- [1] 安文举,鱼亦凡,郝姗姗,等.基于土地利用变化的陕北多沙粗沙区生境质量演变及响应分析.干旱区地理:1-13.
- [2] 赵博轩.基于SD-PLUS耦合模型的A省土地利用变化及生境质量多情景模拟预测;A大学,2023.
- [3] 周德志,关颖慧,张冰彬,等.基于土地利用变化的陕北地区生境质量时空演变及其驱动因素.北京林业大学学报,2022,44(06):85-95.

[4] 刘志川.A省土地利用空间分异变化研究;A大学,2022.

[5] 史涵,李蒙,王向东.1980—2017年A省土地利用变化及驱动力分析.国土与自然资源研究,2019,(04):14-6.

[6] 杨永;李瑞红;刘航;王学文.东北农林交错区生境质量时空演变及归因分析.生态学杂志,1-12.

[7] 邵尔辉;徐伟铭;杨慧;林馨;廖云婷.耦合PLUS-InVEST模型的南平市土地利用模拟与碳储量评估.海南大学学报(自然科学版),1-12.

[8] 任涵,张静静,朱文博,等.太行山淇河流域土地利用变化对生境的影响.地理科学进展,2018,37(12):1693-704.

[9] 欧阳绿茵.基于InVEST模型的环洞庭湖区LUCC对生态系统服务的影响研究;中南林业科技大学,2023.

[10] 祁迷;王飞;滑永春;王铭媛.基于PLUS与InVEST模型的内蒙古自治区土地利用变化及碳储量评估.水土保持学报,1-7[2023-11-26].

[11] 赵博轩,李淑杰,马剑等.基于InVEST模型的A省生境质量评价.东北师大学报(自然科学版),2022,54(02):132-141.

[12] 吴文坤;曾惠娴;郭春华;刘小冬.城市形态对广州市生境质量的影响.生态科学,2023,42(05):203-212.

## 作者简介

王宝瑞(1999.01—),男,回族,黑龙江哈尔滨人,哈尔滨师范大学地理科学学院,硕士研究生,环境生态与区域可持续发展。