

珠峰北麓朋曲流域土地覆被变化及未来情景模拟

李存秀¹, 刘峰贵^{1,2}, 周源涛¹, 陈琼^{1,2}, 周强^{1,2}, 何文鑫¹, 田万霞¹

(1.青海师范大学 地理科学学院, 青海 西宁 810008; 2.高原科学与可持续发展研究院, 青海 西宁 810008)

摘 要: [目的] 模拟未来短、中远期珠峰北麓朋曲流域土地利用变化, 为该流域的土地利用规划提供科学参考。[方法] 基于朋曲流域(珠峰北麓)2010—2020 年的土地覆被数据, 综合考虑人为和自然两大要素 12 项驱动因子, 采用 Markov-FLUS 模型, 对朋曲流域自由发展、耕地保护和生态保护 3 种未来情景下的土地覆被变化进行了模拟。[结果] ①2020 年朋曲流域土地覆被实际情况与 Markov-FLUS 模型模拟情况的总体精度(OA)为 90%, kappa 系数为 0.82, 精确度较高, 模型可用于该区未来情景模拟; ②2010—2020 年朋曲流域 5 种土地覆被类型发生变化, 其中, 林地和草地的面积变化最为明显, 林地面积增加 778.16 km², 草地面积减少 726.89 km²; ③朋曲流域未来情景的模拟结果显示: 在自由发展、耕地保护、生态保护 3 种不同情景下, 短期内草地和其他用地类型面积变化较大, 中远期除草地、其他用地类型面积变化较大以外, 林地面积变化开始增大; 无论是短期还是中远期来看, 耕地保护情景下耕地面积均呈持续减少趋势。[结论] 维持朋曲流域的可持续发展, 必须强化落实耕地保护政策、注重耕地永续利用; 生态保护情景下自然保护区内的植被类型相互转换受到限制, 生物多样性得到有序协调发展。

关键词: Markov-FLUS; 土地覆被; 未来情景; 朋曲流域; 珠峰北麓

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2022)06-0214-09

中图分类号: P942

文献参数: 李存秀, 刘峰贵, 周源涛, 等. 珠峰北麓朋曲流域土地覆被变化及未来情景模拟[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 214-222. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2022.06.027; Li Cunxiu, Liu Fenggui, Zhou Yuantao, et al. Land cover change and future scenario modelling of Pengqu basin at northern foot of Mount Qomolangma [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 214-222.

Land Cover Change and Future Scenario Modelling of Pengqu Basin at Northern Foot of Mount Qomolangma

Li Cunxiu¹, Liu Fenggui^{1,2}, Zhou Yuantao¹,

Chen Qiong^{1,2}, Zhou Qiang^{1,2}, He Wenxin^{1,2}, Tian Wanxia¹

(1.School of Geographical Sciences, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai

810008, China; 2.Institute of Highland Science and Sustainable Development, Xining, Qinghai 810008, China)

Abstract: [Objective] The land use change of the Pengqu basin of the northern foot of Qomolangma in the near-and medium-term future was simulated in order to provide a scientific reference for land use planning in this area. [Methods] We used the Markov-FLUS model to simulate land cover changes based on land cover data of the Pengqu basin (at the northern foot of Mount Qomolangma) from 2010 to 2020. Three future simulation scenarios included free development, arable land conservation, and ecological protection in the Pengqu basin, and took 12 driving factors of human and natural factors into account. [Results] ① The overall accuracy between actual land cover in the Pengqu basin in 2020 and the simulated scenario from the Markov-FLUS model was 90% and the kappa coefficient was 0.82. The accuracy was considered to be high, and the model could be used to simulate future scenarios in this region; ② The five land cover types in the Pengqu basin changed from 2010 to 2020, with the most significant changes occurring in woodland and grassland areas. The

收稿日期: 2022-04-15

修回日期: 2022-05-10

资助项目: 科技部“第二次青藏高原综合科学考察研究”(2019QZKK0603); 国家自然科学基金地区项目“环珠峰北坡地区历史耕地重建及人类活动”(42061023)

第一作者: 李存秀(1998—), 女(汉族), 青海省门源县人, 硕士研究生, 研究方向为自然地理。Email: 3054726557@qq.com。

通讯作者: 刘峰贵(1966—), 男(藏族), 青海省门源县人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事青藏高原区域地理及自然地理综合研究。Email: lfg_918@163.com。

woodland area increased by 778.16 km² and the grassland area decreased by 726.89 km²; ③ The simulation results for the future scenarios of the Pengqu basin showed that under the free development, cultivated land protection, and ecological protection scenarios, the largest change in land cover area in the near-term was mainly concentrated in grassland and other land types, while the largest change in land cover area in the medium-term was mainly concentrated in grassland, forest land, and other land types. Regardless of the near-term or the medium-term future time period, the cultivated land area would continue to decrease under the scenario of cultivated land protection. [Conclusion] The implementation of cultivated land protection policy can further promote the sustainable development of the Pengqu basin. In the future, attention should be given to the development and protection of cultivated land in the Pengqu basin. If ecological types are not coordinated in protected areas, ecological diversity may be damaged under ecological system transformation.

Keywords: Markov-FLUS; land cover; future scenarios; Pengqu basin; the northern foot of Mount Qomolangma

土地覆被/土地利用作为人类活动响应气候变化的重要途径之一^[1],在全球变化中扮演着重要的角色,是全球变化的重要驱动力。工业革命以来,随着经济和科学技术的迅速发展,以及在全球变化的高速推动下,人地矛盾日益尖锐^[2]。近年来中国特别强调,保障生态文明有效建设和可持续发展的关键是维持人地关系协调发展^[3]。在生态环境脆弱、自然环境复杂的西藏地区,人地关系协调演进无疑是一项重大挑战。随着人地关系研究的不断推进,西藏地区人地关系优质协调发展的势头良好^[4]。珠峰北麓朋曲流域是中国珠穆朗玛峰自然保护区的核心腹地,高山草甸作为环珠峰地区的主要植被类型,20 世纪末至 21 世纪初,随着牧业比重的增大,环珠峰地区过牧现象严重,草地退化加剧,森林资源也处于明显的退化状态,退化面积大于恢复面积,区域生态环境遭到破坏,人地关系冲突日益明显^[5],因此,加强环珠峰地区生态环境保护问题被提到重要地位。

从 20 世纪 60 年代第一次展开珠峰科学考察开始,珠峰自然保护区就成为高原人地关系的研究热点,研究聚焦人与自然相互作用的评估^[6]、气候变化对环珠峰地区植被动态变化规律及影响等研究^[7-8]。研究表明,自 2002 年以来,随着西藏退耕还林、还草工程的实施以及环珠峰地区生态保护工程的实施,珠峰南坡植被类型恢复良好,珠峰北坡植被稳定发展^[9],但耕地面积明显减少。环珠峰地区土地覆被研究主要集中于植被现状和恢复研究,但对未来情景下的土地覆被动态的研究不足。

当前用于土地覆被变化模拟预测的模型主要有: CLUE-S 模型、Logistic 回归模型、Markov 模型和 FLUS 模型等^[10]。FLUS 模型是对传统预测模型的改进,能有效解决传统预测模型中出现的参数设置和类型之间转换困难等问题,有效处理人为和自然因素双重影响下的土地覆被/土地利用变化不确定性; Markov 模型对预测未来情景下的土地覆被/土地利

用像元数量具有较高的实用性,但难以对变化进行空间表达^[11]。为此,基于 Markov-FLUS 模型中和了 Markov 模型的缺点,以达到像元数量预测和空间表达的双重优势,适用于中小流域未来土地覆被情况变化的研究。

在青藏高原生态保护和可持续发展的大背景下,对耕地和生态安全保护将对未来情境下的流域水土响应与人地关系的和谐发展产生重要影响。因此,针对流域内土地覆被变化未来发展的研究非常之必要,既可以对保障粮食安全和保护生态安全提供建设性意见,又为下一步生态文明发展提供基础理论支撑。朋曲流域作为环珠峰北麓地区的人口中心,是珠穆朗玛峰国家级自然保护区的核心区与人地关系相对复杂的地带,同时作为珠峰地区重要的水文基本单元,统筹流域的相关研究,是构建国家生态安全屏障的重要研究对象。对朋曲流域未来土地覆被情况的研究,可以反映高海拔高脆弱性的特殊自然环境下未来土地利用情况的动态变化规律,以及不同土地利用限制情景下,土地覆被在未来近期和中期可能发生的演变。本文基于 Markov-FLUS 模型,运用不同情景约束因子,对朋曲流域短期(2030 年)和中远期(2050 年)的土地覆被类型进行模拟预测分析,对比两种类型下的耕地发展和生态保护发展,为促进朋曲流域耕地保护工作和实现生态空间的科学布局提供思路,为实现高原地区和谐的人地关系服务。

1 研究区概况

朋曲发源于喜马拉雅中段的希夏邦马峰,源头以冰川融水为主,大气降水补给为辅,河流自西向东在定结县境内折向南,切穿喜马拉雅山脉入尼泊尔,最后注入印度恒河,上游中国境内流域范围涉及西藏日喀则市南部的岗巴县、定日县、定结县、聂拉木县和萨迦县,全长 376 km,流域总面积 2.50×10^4 km²,平均海拔 5 259 m,支流主要有扎嘎曲、叶如藏布江、西宁

藏布和卡得藏布等^[12]。喜马拉雅中段的珠峰地区是青藏高原人类活动历史悠久且较为频繁的区域,该河流属于跨境河流,是喜马拉雅中段人类南北迁徙和贸易的主要通道,也是珠穆朗玛峰国家自然保护区的核心区域,因此,该流域受到广泛关注。

朋曲流域焚风效应明显,印度洋季风暖湿气流在喜马拉雅山脉南坡形成大量降水,越过山脊到达北坡后下沉,导致该地区常年气温较低,降水偏少,年均降雨量仅仅维持在 600 mm 左右,属于典型的高原大陆性气候,寒冷而干旱,由此北坡植被多为草甸和灌丛。位于珠峰南坡的少部分区域,受印度洋季风影响,降雨充沛^[13],气候温暖湿润,形成大片原始森林。朋曲水系包括热曲藏布、扎嘎曲、罗别藏布、彭作浦曲、西纠曲、鲁鲁曲等小河流和主河道朋曲河^[14]。据统计,2020 年朋曲流域总人口为 16.5 万人,人口密度约为 4.7 人/km²,半农半牧,耕地主要分布在河谷地带,农

作为以种植青稞、小麦、油菜为主^[15]。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源与处理

本文数据包括朋曲流域县界数据,空间驱动因子数据集和土地覆被数据集,研究区县界数据来源于 2019 年西藏自治区县级行政边界提取的数据;空间驱动因子数据集包含自然因子、社会经济因子和距离因子等数据;2010,2015 和 2020 年 3 期土地覆被数据来源“地球大数据工程数据共享服务系统”^[16](表 1)。本文以 2020 年最新研发的高精度、全球性土地分类数据(GLC_FCS30-2020)为基准数据,该数据集共包含 29 个地表覆盖类型,更新周期为 5 a。本文通过筛选所需要的土地覆被类型,将 29 个地表类型进行重分类操作,最后提取需要的 5 个土地覆被类型。数据来源详见表 1。

表 1 研究所用各类数据来源

数据类型	数据名称	数据来源
自然因子	高程	中国科学院资源环境数据中心(http://www.resdc.cn)
	坡度、坡向	基于高程(DEM)数据提取
	气温、降水	中国气象数据网(http://data.cma.cn)
社会经济因子	GDP、人口	《西藏自治区统计年鉴》
	夜间灯光 ^[17]	https://doi.org/10.7910/DVN/YGIVCD
距离因子	距国道、省道、县道、河流距离	ArcGIS 欧氏距离分析
土地覆被数据	2010,2015 和 2020 年土地覆被数据	地球大数据工程数据共享服务系统(casearth.cn)
约束用地变化的限制因子	自然保护区	中国自然保护区标本资源共享平台(http://www.papc.cn/html/papc/folder/13_100_752-1.htm)
	基本农田保护区	2020 年西藏地区土地覆被现状数据

2.2 FLUS 模型

FLUS 模型是主要用于当前和未来情景下的土地覆被模拟。该模型的原理源自元胞自动(self-adaptive inertia and competition mechanism CA),并且在其基础上做了进一步修改,增加了人工神经网络模型算法(ANN-based probability-of-occurrence estimation)和马尔科夫链计算(Markov chain)两大模块^[18],模型的改善和发展进一步耦合了人类活动和自然要素之间相互竞争和转化的模拟优势^[19]。

2.2.1 适宜性概率统计 人工神经网络模型可用以表征未来情景土地覆被类型和多项空间驱动因子之间的对应关系,将初始年份的土地覆被数据和各项驱动因子作为输入数据源,采用神经网络算法^[20](ANN)整合并计算朋曲流域内 5 种土地覆被类型出现在每个像元上的概率^[21],计算公式为:

$$P_{p,k}^t = \sum_j w_{jk} \times sN_j(p,q) \tag{1}$$

式中: $N_j(p,q)$ 为隐藏层神经元 j 接收的输入层

信号; w_{ij} 为训练中输入层和隐藏层之间设定的权重^[22]。

2.2.2 马尔科夫链预测未来像元数 利用马尔科夫链模块预测未来情景下的土地覆被类型像元数量^[23],在 2010,2015 和 2020 年的数据基础上,预测 2020 年和 2025 年的土地覆被类型像元数量(表 2),计算公式为:

$$T_{n+1} = p_{ij} \cdot T_n \tag{2}$$

式中: T_{n+1} 为 $n+1$ 时刻土地覆被状态; T_n 为 n 时刻土地覆被状态; p_{ij} 为各地类的转变适宜性概率。

表 2 研究区 2010—2050 年多期土地覆被类型像元总数

年份	耕地	草地	林地	水域	其他
2010	21 248	2 644 723	179 072	57 380	19 133 212
2015	16 293	2 613 004	184 150	50 152	1 951 642
2020	13 755	2 569 676	261 602	56 763	1 913 444
2030	12 173	2 494 592	397 570	64 286	1 846 620
2050	12 328	2 385 819	608 434	68 405	1 740 255

2.2.3 领域因子权重计算 领域因子用以表征不同土地覆被类型的扩张能力^[18], 扩张能力范围为^[0,1], 范围数值大小与扩张强度成正比, 当扩张数值越大接近于 1 时, 表示该土地覆被类型在其领域范围内的扩张能力越强。当前用于确定权重参数的方法主要有: 因子分析法、Moore 邻域模型法^[24]、无量纲化。无量纲化方法将原始数据进行无量纲化处理, 根据每个指标值的差异, 客观确定指标权重^[25]。本文考虑土地类型扩张规律的客观性, 使用朋曲流域各土地类型历史总面积变化数量进行无量纲化处理, 来确定各地类的领域因子权重值^[26](表 3)。

表 3 朋曲流域无量纲化得到的领域因子权重值

土地覆被类型	耕地	草地	林地	水体	其他
领域因子权重	0.43	0	1	0.47	0.47

2.2.4 转换成本计算 转换成本反映各土地类型之间的变化规则, 通常用矩阵表示, 0 表示两种地类之间转换成本高, 不容易转换, 1 表示两地类之间转换成本最低, 最容易转换。当前关于计算转换成本矩阵的方法主要有专家意见咨询、经验转换和政策导向转换规则, 本文利用朋曲流域 2010—2020 年土地类型转移矩阵为基础, 以专家咨询意见为辅, 确定各地类的转换成本系数。

2.3 模型精度验证

本文将验证模型模拟精度高低的评价指标分为两

类: 分类别精度评价指标〔生产者精度 PA(producer’s accuracy)〕和用户精度 UA(user’s accuracy)检验^[27]和综合精度评价指标〔总体精度 OA(overall accuracy)和 kappa 系数(kappa coefficient)检验〕。其中, 总体精度 OA 和 Kappa 系数主要检验模拟整体结果与实际结果之间的一致性, 用以评价模拟图像的精度问题, 两个结果的检测值越接近于 1, 表明两个图像之间具有较高的相似性^[28], 本文主要采用该方法进行模拟精度的验证。以朋曲流域 2015 年为初始年份数据, 对影响因子归一化处理, 采用 FLUS 模型的马尔科夫链模块预测 2020 年的土地类型数量, 计算得到朋曲地区 2015—2020 年的土地覆被转移适宜性概率数据, 然后再对 2020 年的朋曲流域土地覆被进行模拟, 将模拟结果与 2020 年实测的土地覆被类型进行精度验证, 利用 FLUS 模型模拟出的 2020 年数据结果总体精度(OA)为 90%, kappa 系数为 0.82。其中草地的分类精度最优, PA 和 UA 均在 90% 以上; 其他用地类型的分类精度次之, PA 和 UA 均超过 88%; 林地的 UA 高达 93%, 但是 PA 仅有 66%; 水域的分类精度相较于前 3 种类型较低, PA 和 UA 仅有 65% 和 77%; 耕地的分类精度是最低的, PA 和 UA 均不超过 60%, 分类精度一般(图 1)。总体而言, FLUS 模型对朋曲流域土地覆被类型的模拟结果精度较高, 达到预期目标, 模型可以用于本文关于未来情景土地覆被模拟预测研究。

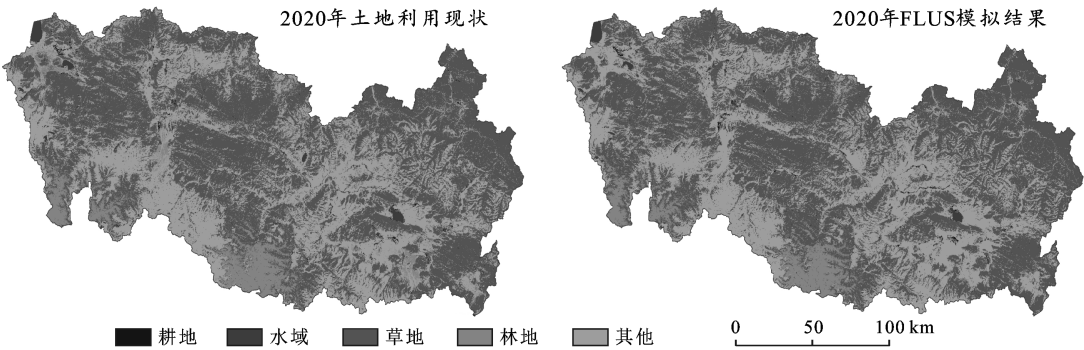


图 1 朋曲流域 2020 年土地覆被现状与模拟结果比较

3 结果与分析

3.1 历史时期朋曲流域土地覆被变化

根据 2010—2020 年朋曲流域土地覆被面积变化表和空间分布图(图 2)可知, 从 2010—2020 年期间, 林地的面积变化最高, 其次是草地, 再次是耕地, 其他用地和水域的面积变化是最小的。林地主要分布在聂拉木县、定结县和定日县南部地区, 其面积变化最为明显, 10 a 间增加了 778.16 km², 主要增加的区域为聂拉木西北部和定日县中部地区; 其次是草地, 草

地是研究区内面积最大的地物类型, 广泛分布于研究区内, 面积呈显著较大的减少变化趋势, 10 a 以来共减少 726.89 km², 草地面积减少区域主要为林地的扩张; 再次为耕地面积变化, 河谷地区零星呈带状分布的耕地, 面积呈减少趋势, 但是减少面积较小, 为 67.78 km²; 其他用地面积稍有增加, 为 8.46 km²; 朋曲流域的河流受到冰川融雪和大气降水的多重补给, 常年径流量稳定, 水域面积基本无变化; 造成上述这种变化的主要原因是朋曲流域是以牧业为主农业为辅的地区, 畜牧业是当地农牧民最重要的经济来源,

草地面积在该流域占很重要的份额(表 4)。随着气候的变化和社会经济的发展,越来越多的农牧民开始脱离草场,从事非农牧活动^[14],人类活动区域逐渐向

城镇集中,耕地面积逐渐减少,同时随国家“退耕还林”与珠峰国家级自然保护区的建立,撂荒地逐渐被林地取代。

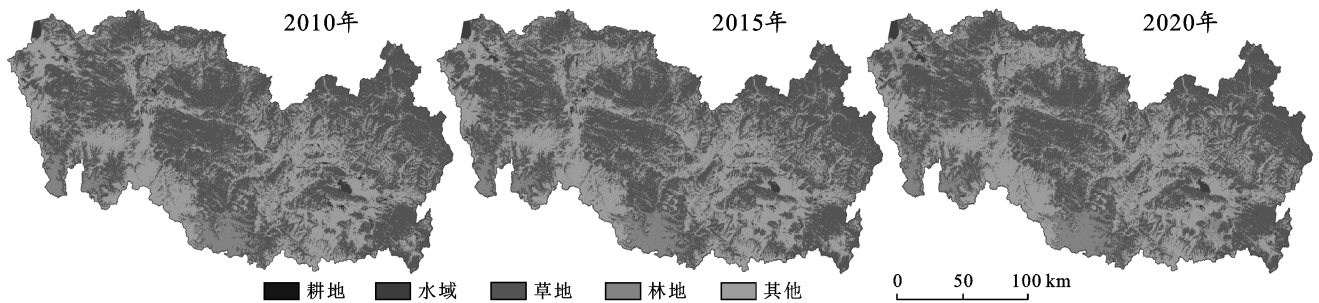


图 2 朋曲流域 2010—2020 年土地覆被空间分布

表 4 朋曲流域 2010—2020 年土地覆被面积变化

年份	项目	耕地	草地	林地	水域	其他
2010 年	面积/km ²	194.35	26 579.66	1 783.89	546.92	19 050.25
	比例/%	0.40	55.20	3.70	1.14	39.56
2015 年	面积/km ²	148.78	26 261.83	1 835.91	476.10	19 428.65
	比例/%	0.31	54.54	3.81	0.99	40.35
2020 年	面积/km ²	126.57	25 852.77	2 565.05	547.84	19 058.71
	比例/%	0.26	53.69	5.33	1.14	39.58
总面积变化量	面积/km ²	−67.78	−726.89	778.16	0.92	8.46

3.2 未来情景土地覆被变化分析

利用 FLUS 模型模拟预测未来短期(2030 年)和未来中远期(2050 年)朋曲流域土地覆被状况,但由于马尔科夫模块预测的土地覆被类型像元数量结果,可分为 3 种限制情景的模拟预测,未来情景的土地覆被类型预测需要同时考虑不同限制因子对土地扩张的约束。因此,设置多个约束用地变化的限制因子(表 1),对未来短期与未来中远期不同限制情景下的流域土地覆被变化进行模拟预测,其结果如下:

3.2.1 自由发展情景 自由发展情景旨在不考虑相关约束用地发展的政策因子,仅考虑在自然和人为影响下土地覆被的变化情况,图 3 和图 4 反映了在此情境下未来短期(2030 年)和未来中远期(2050 年)朋曲流域土地覆被空间分布状况与面积变化,较 2020 年:①未来短期土地覆被变化中,林地和其他用地面积呈增加趋势,而耕地、草地和水域较历史时期呈减少趋势,其中,其他用地的面积变化是所有土地覆被类型中变化最为明显的类型;②未来中远期土地覆被变化相较于 2020 年有些地类有明显的向外扩张趋势,林地面积的变化最为明显,较 2020 年增加 3 498.35 km²,从空间分布图上看 2050 年林地面积扩张明显,扩张范围主要集中在岗巴县和定结县范围内,同时陈颖峰等^[29]人的研究结果也表示,在 2000—2009 年间,珠峰东南区域(岗巴县和定结县)林地等植

被类型增加明显,研究结果与以上结论吻合。在不受政策等限制因子去约束土地类型扩张的条件下,其他用地类型将快速扩张,扩张的面积主要占据了草地、耕地和水域等用地类型,若不加以相关政策因子限制,将直接威胁研究区内的生态环境和粮食安全。

3.2.2 耕地保护情景 基于耕地保护情景的模拟预测,以基本农田保护区为限制性因素,在该情景下的耕地发展稳定性较强,耕地类型向其他类型转化的条件受到限制。未来短期和未来中远期的土地覆被变化在此限制情景下发生了较大的变化(图 5—6)。①在此情景下,未来近期耕地面积 126.8 km²,较 2020 年耕地面积无明显变化,耕地减少的速率变缓,耕地保护的措施得到有效发挥。面积变化最明显的是其他用地类型,较 2020 年面积增加 393.19 km²,这部分增加的面积主要来自于对草地面积的转换,致使草地面积减少幅度较大。朋曲流域的土地覆被类型复杂,其他用地类型里面包含的二级类型又充满了复杂性,其他用地类型的扩张,一方面有朋曲流域少部分的建设用地和冰川积雪地向外扩张的原因,而最重要的一方面主要为草地转化为裸土地,成为其他用地外扩的主要原因;②未来中远期林地的面积变化最大,较 2020 年面积增加 3 485.55 km²,平均每年增加 116.2 km²,这部分增加的面积主要来源于对草地和其他用地类型的转化。耕地变化是其余地类中面积变化

最小的一类,耕地保护情景约束了未来中远期耕地向其他地类转出的趋势。从面积变化趋势分析,加入农田保护区作为限制因子的朋曲流域土地覆被变化,减缓了耕地转化的速率,可以有效保护耕地。

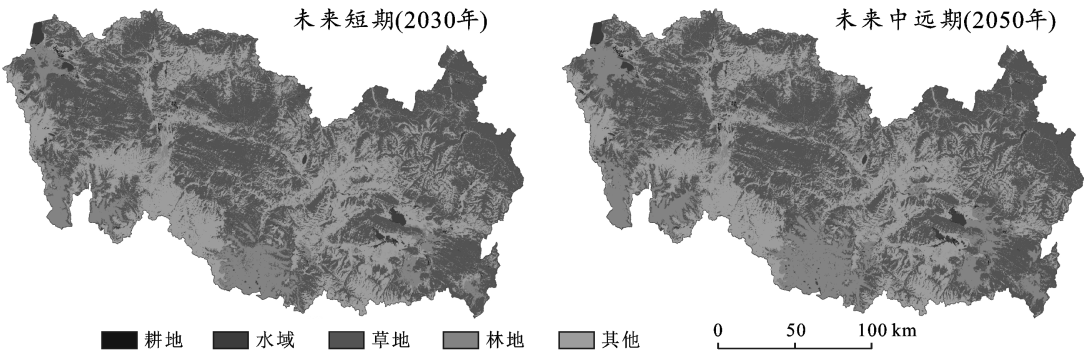


图 3 朋曲流域自由发展情景下土地覆被类型面积变化比较

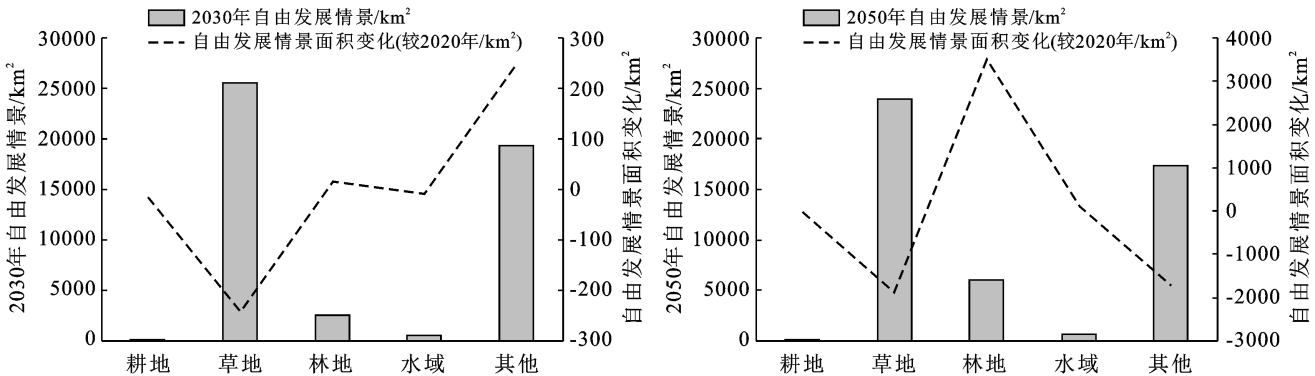


图 4 朋曲流域自由发展情景下土地覆被类型面积变化

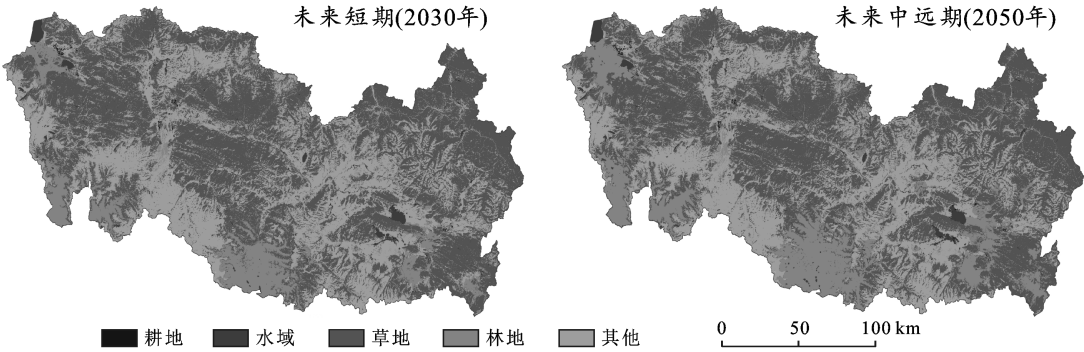


图 5 朋曲流域耕地保护情景下土地覆被类型面积变化比较

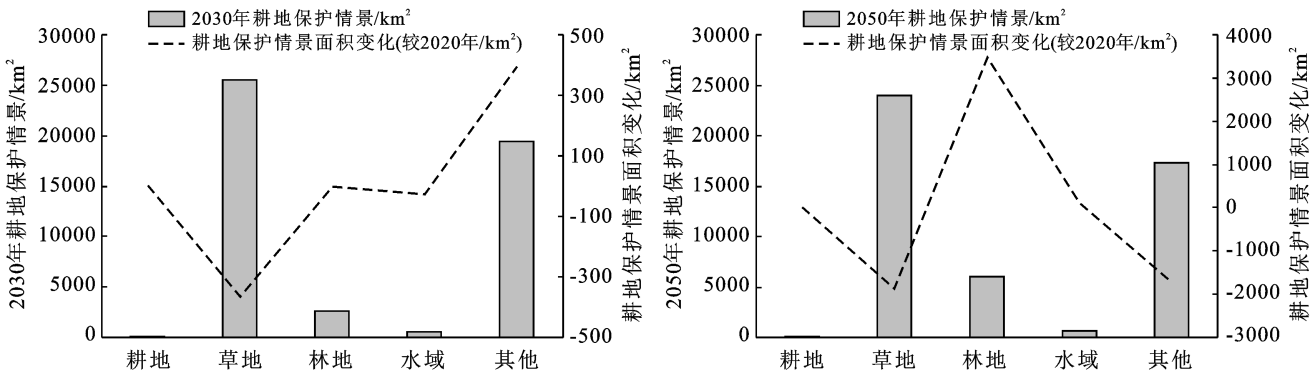


图 6 朋曲流域耕地保护情景下土地覆被类型面积变化

3.2.3 生态保护情景 朋曲流域大部分区域处于珠穆朗玛峰自然保护区范围内,生态保护是该区域可持续发展的基本方向。在生态保护情景下,从各用地类型数量变化见图 7—8。①此情景下未来短期土地覆被类型变化较大的仍集中在草地和其他用地类型,相较于 2020 年的草地发展,未来近期草地面积减少 362.67 km²,其他用地面积增加 389.29 km²。此情景下的土地覆被类型面积变化与耕地保护情景下的面积变化类似,但是在空间分布上却出现了较大的不同。受自然保护区的影响,林地范围在研究区东南方

向扩张迅速,并且呈大块连片分布;②未来中远期覆被类型面积变化也是主要草地、林地和其他用地,林地仍然是变化最大最为明显的地类,而草地和其他用地仍然呈减少趋势,面积受到进一步压缩,草地和其他用地的转出的主要方向为林地。但值得一提的是,此时期水域面积较 2020 年增加了 117.538 km²,由于对气候变化的响应,珠峰自然保护区变暖趋势要比中国其他区域要更加显著^[30],致使珠峰地区湖泊冰雪融水补给量增加,面积扩大,这与王毅等^[31]人的研究结果相吻合。

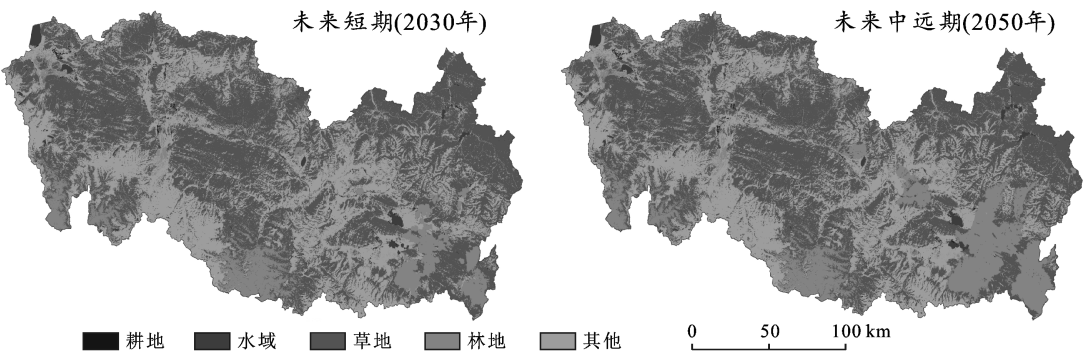


图 7 朋曲流域生态保护情景下土地覆被类型面积变化比较

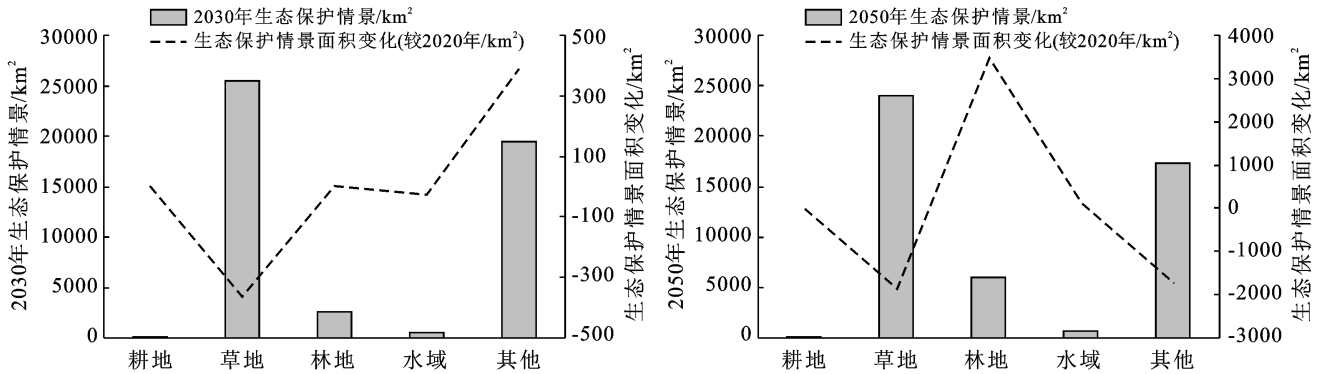


图 8 朋曲流域生态保护情景下土地覆被类型面积变化

生态保护情景下,土地覆被变化特征主要为草地的减少以及其他用地类型的增加,耕地面积变化在整体变化中所占比例不高,但依旧呈减少趋势。此情景下土地覆被类型变化较大主要集中在草地和其他用地类型,但是相较于自由发展情景和耕地保护情景下的土地扩张,生态保护下的土地覆被总体而言变化最小,土地转化速率趋于放缓,这对保护生物多样性,保障生态安全区域生态安全具有重要价值,同时我们也关注到,其他利用地与草地在此情景下变化仍最明显,究其原因可能与模型中使用的马尔可夫链有关。执行农田保护区和自然保护区的同时限制的相关政策,将对本区域的生态恢复、发展和经济建设提供重要的参考,有助于实现区域的可持续发展。

4 讨论与结论

4.1 结论

(1) 利用 Markov-FLUS 模型,模拟 2020 年朋曲流域的土地覆被状况,和 2020 年实际的土地覆被现状进行对比。经过验证,模型分类的总体精度(OA)为 90%,kappa 系数为 0.82,精度较高,达到预期模拟精度目标,所以可以采用此模型进行未来情景的土地覆被模拟预测。

(2) 通过统计分析 2010,2015 和 2020 年土地覆被状况,林地和草地的面积变化最为明显,草地面积在 10 a 间减少 726.89 km²,林地面积增加 778.16 km²,主要是由草地转换为林地,主要是因为西藏地区近些年

的植树造林政策的有效实施。

(3) 在 3 种情境下,未来近期(2030 年)和未来中期(2050 年)的土地覆被均发生明显变化。未来近期和未来中期的土地覆被变化分别在连续 3 种情境下的表现一致,未来短期土地覆被变化最明显均集中于草地和其他用地两个类型,未来中远期覆被面积变化最明显地集中在草地、林地和其他用地。也就是说,在随着气候变化、经济发展和政策的逐步推行之下,朋曲流域的林地面积将迅速扩大,而这部分的转入是草地和其他用地的转出获得。

4.2 讨论

不同发展情景下的土地覆被变化研究对区域的经济和可持续发展具有特别重要的影响,也对当前朋曲流域的土地覆被空间格局变化具有良好的指导意义。朋曲流域作为珠峰自然保护区的主体部分,既要保障流域内粮食生产安全,又要保证流域内生物多样性的有序发展。尽管流域内的人口比重不大,当前的粮食生产能满足当前的人口规模,但是未来人口的不断增长会在一定程度上加重对粮食需求的压力,所以耕地保护情景下的土地覆被变化研究具有非常之必要性。朋曲流域生态保护作为珠峰自然保护区的核心问题,生态意义重大,生态保护情景下的朋曲流域土地覆被研究可以进一步弥补生态建设基于现状分析上的短板问题。虽然关于朋曲流域未来短期(2030 年)和未来中远期(2050 年)的模拟研究成果较好地拟合了未来土地发展状况,但是仍存在一些不足:①在使用模型中,未利用地与草地始终是变化最明显的两种覆被类型,这可能与模型中的马尔可夫链的特性有关,马尔可夫链的引用虽解决了随时间变化的土地覆被类型的预估问题,但作为一种基于概率论和数理统计的模型,在受全球变化与人类社会发展等一系列复杂机制影响的土地利用变化研究中,模型的预测效力还需进一步讨论;②模型验证中,实测结果与模拟结果 kappa 值为 82%,虽满足了模型要求的 75% 以上的精度,但对于小流域的预测来说,仍可能与实际产生较大的差距。这种偏差的产生可能与青藏高原特殊的自然环境条件和区域政策有关,模型针对青藏高原进行区域性的改进和更多驱动因子选择与其权重的研究将是下一步的工作方向;③FLUS 模型在进行未来情景模拟预测时,所选取的驱动因子指标具有一定的主观性,驱动因子指标的选取多参照前人研究成果中所选取的指标,因为所选取的研究区不同,受地势、海拔、气温、降水、人口、经济、宗教等因素的影响,不同研究区内对于土地利用的方式不同,不同地类发展的趋向也就各不相同,这就会在之后的模

拟研究中增加模拟误差,模拟结果与实际发展方向背道而驰。另外在选择驱动因子时,无法准确分析驱动因子选取的多少是否对模拟结果产生重要影响,一系列问题还需进一步模拟验证。

[参 考 文 献]

- [1] 陈伊多,杨庆媛.西藏自治区土地利用/覆被变化时空演变特征及驱动因素[J].水土保持学报,2022,36(05):173-180.DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2022.05.023.
- [2] Yang Yu, Li Xiaoyun, Dong Wen, et al. Assessing China's human-environment relationship [J]. Journal of Geographical Sciences, 2019,29(8):1261-1283.
- [3] 程钰,任建兰,徐成龙.生态文明视角下山东省人地关系演变趋势及其影响因素[J].中国人口·资源与环境,2015,25(11):121-127.
- [4] 赵兴国,潘玉君,丁生,等.西藏人地关系研究[J].西藏研究,2010(5):104-111.
- [5] 郭娜.珠峰自然保护区关键生态系统类型植被覆盖度动态变化研究[D].四川 成都:成都理工大学,2010.
- [6] 付晶,高峻,李杰,等.珠穆朗玛峰保护地生态系统文化服务空间分布及评价[J].生态学报,2021,41(3):901-911.
- [7] 张懿锂,李兰晖,丁明军,等.新世纪以来青藏高原绿度变化及动因[J].自然杂志,2017,39(3):173-178.
- [8] 聂勇,刘林山,张懿锂,等.1982—2009 年珠穆朗玛峰自然保护区植被指数变化[J].地理科学进展,2012,31(7):895-903.
- [9] 阚瑗珂,王绪本,高志勇,等.2000—2007 年珠峰自然保护区植被时空变化与驱动因子[J].生态环境学报,2010,19(6):1261-1271.
- [10] 隋博洋.泛第三极土地利用变化驱动力与情景模拟[D].陕西 西安:西安科技大学,2021.
- [11] 陆汝成,黄贤金,左天惠,等.基于 CLUE-S 和 Markov 复合模型的土地利用情景模拟研究:以江苏省环太湖地区为例[J].地理科学,2009,29(4):577-581.
- [12] 马飞.珠峰自然保护区植被覆盖变化及沼泽湿地潜在退化风险评价[D].四川 成都:成都理工大学,2011.
- [13] 宋福强,李卓卿,肖俞,等.西藏朋曲河流域淡水生态系统服务价值评估[J].西南大学学报(自然科学版),2018,40(9):142-149.
- [14] 贺新军.青藏高原朋曲河流域耕地的扩张现状及其影响因素研究[D].重庆:西南大学,2020.
- [15] 杨柳.气候变化和劳动力析出背景下青藏高原农牧民的耕地利用决策[D].重庆:西南大学,2019.
- [16] 刘良云,张肖.2020 年全球 30 m 地表覆盖精细分类产品 V1.0.[M].2021-08-12.中国科学院空天信息创新研究院[传播机构],2021-08-23. 21. 86109/casearth.6123651428 年 58f70c2a51e49;http://hdl.pid21.cn/21. 86109/casearth.6123651428 年 58f70c2a51e49.

- [17] Chen Zuoqi, Yu Bailang, Yang Chengshu, et al. An Extended time series (2000—2018) of global NPP (Ⅷ): RS-like nighttime light data from a cross-sensor calibration [J]. *Earth System Science Data*, 2021, 13(3):889-906.
- [18] 汤佳, 胡希军, 韦宝婧, 等. 基于 FLUS 模型的流域土地利用变化预测及水文响应评估[J]. *长江科学院院报*, 2022, 39(4):63-69.
- [19] Liu Xiaoping, Liang Xun, Li Xia, et al. A future land use simulation model(FLUS) for simulating multiple land use scenarios by coupling human and natural effects [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 168: 94-116.
- [20] Li X, Yeh A G O. Neural-network-based cellular automata for simulating multiple land use changes using GIS [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2002, 16(4):323-343.
- [21] 张宝光. 人工神经网络在遥感数字图像分类处理中的应用[J]. *国土资源遥感*, 1998(1):23-29.
- [22] 苏迎庆, 刘庚, 赵景波, 等. 基于 FLUS 模型的汾河流域生态空间多情景模拟预测[J]. *干旱区研究*, 2021, 38(4):1152-1161.
- [23] Chen Junfei, Yang Yang. SPI-based regional drought prediction using weighted Markov chain model [J]. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 2012, 4(21):4293-4298.
- [24] Liang Xun, Liu Xiaoping, Li Dan, et al. Urban growth simulation by incorporating planning policies into a CA-based future land-use simulation model [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2018, 32(11):2294-2316.
- [25] 王会, 郭超艺. 线性无量纲化方法对熵值法指标权重的影响研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(S2): 95-98.
- [26] 张世伟, 魏璐瑶, 金星星, 等. 基于 FLUS-UGB 的县域土地覆被模拟及城镇开发边界划定研究[J]. *地球信息科学学报*, 2020, 22(9):1848-1859.
- [27] 许晓聪, 李冰洁, 刘小平, 等. 全球 2000—2015 年 30 m 分辨率逐年土地覆盖制图[J]. *遥感学报*, 2021, 25(9): 1896-1916.
- [28] Luo GePing, Yin ChangYing, Chen Xi, et al. Combining system dynamic model and CLUE-S model to improve land use scenario analyses at regional scale: A case study of Sangong watershed in Xinjiang, China [J]. *Ecological Complexity*, 2010, 7(2):198-207.
- [29] 陈颖锋. 珠穆朗玛峰自然保护区植被覆盖变化研究[D]. 四川 成都: 成都理工大学, 2012.
- [30] 杨续超, 张懿铨, 张玮, 等. 珠穆朗玛峰地区近 34 年来气候变化[J]. *地理学报*, 2006, 61(07):687-696.
- [31] 王毅, 李景吉, 韩子钧, 等. 珠穆朗玛峰自然保护区湖泊动态及对区域气候变化的响应[J]. *冰川冻土*, 2018, 40(2):378-387.

(上接第 196 页)

- [18] 王庆鲁, 祝鹏飞, 丁凡. 地膜覆盖和有机肥施用对农田土壤和作物 C, N, P 化学计量学的影响[J]. *生态学杂志*, 2020, 39(4):1191-1197.
- [19] 陈倩, 谢军红, 李玲玲, 等. 不同比例有机肥替代化肥对玉米生长及水分利用效率的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2021, 39(6):162-170.
- [20] 傅敏, 郝敏敏, 胡恒宇, 等. 土壤有机 C 和微生物群落结构对多年不同耕作方式与秸秆还田的响应[J]. *应用生态学报*, 2019, 30(9):3183-3194.
- [21] 郭占强, 肖国举, 李秀静, 等. 不同土壤有机 C 含量对玉米光合生理及生长发育的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2022, 40(1):238-246.
- [22] 李飞, 韩兴, 马秀兰, 等. 秸秆覆盖对东北黑土区坡耕地产流产沙及氮磷流失的阻控[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(4):37-42.
- [23] 曹允淞, 李和平, 肖波. 秸秆覆盖量对不同容重黑土坡耕地水土流失的影响[J]. *水土保持通报*, 2021, 41(3):56-61.
- [24] 贺云锋, 沈海鸥, 张月, 等. 黑土区坡耕地不同秸秆还田方式的水土保持效果分析[J]. *水土保持学报*, 2020, 34(6):89-94.