引文格式：李文,张婷玉,郭晓东,等. 基于三生空间的三江源土地利用情景模拟和冲突测度[J]. 地理空间信息, 2026, 24(1): 34-40. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.01.008

基于三生空间的三江源土地利用情景模拟和冲突测度

李　文[1]，张婷玉[1]，郭晓东[1]，王梅梅[1,2*]
（1. 兰州大学 资源环境学院，甘肃 兰州 730000；2. 自然资源部 陆表系统与人地关系重点实验室，广东 深圳 518000）

摘　要：基于2010年、2015年和2020年土地利用数据，运用PLUS和PFCI模型对三江源地区2035年土地利用进行自然增长情景预测和相对冲突测算，以期更好地协调各地类之间的冲突，为三江源地区可持续发展提供参考和建议。结果表明：①2035年建设生活空间增加最快，其他生态空间减少最显著，其余空间类型变化不明显，总体上生活、生态空间有所增加，生产空间有所减少；②2035年显著相对冲突主要体现在农业生产空间、草地生态空间、水域生态空间和建设生活空间，其中建设生活空间最显著；③根据相对冲突策略分析，农业生产空间应布局在贵南县，草地生态空间应集中在治多县，唐古拉山镇和治多县应发展水域生态空间，玛沁县和囊谦县应发展林地生态空间，共和县应发展建设生活空间。

关键词：三江源地区；土地利用预测；空间冲突；PLUS模型；PFCI模型
中图分类号：TU982　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）01-0034-07

Land-use Scenario Simulation and Conflict Measurement in the Three River Source Area Based on Production-Living-Ecological Space

LI Wen[1], ZHANG Tingyu[1], GUO Xiaodong[1], WANG Meimei[1,2]
(1. School of Earth and Environmental Sciences of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;
2. Key Laboratory of Earth Surface System and Human-Earth Relations, Ministry of Natural Resources, Shenzhen 518000, China)

Abstract: Based on land-use data in 2010, 2015 and 2020, we used PLUS and PFCI models to predict the natural growth scenario of land-use in the Three River Source Area for 2035 and calculate the relative conflicts, in order to better coordinate the conflicts among various types and provide references for the sustainable development of the Three River Source Area. The results show that ①the living space and ecological space have increased, but production space is reduced. Concretely, the construction living space grows the fastest in the land-use change, other ecological space reductions are most pronounced, the rest of spatial type does not change significantly. ②The significant relative conflicts are mainly reflected in agricultural production space, grassland ecological space, water ecological space and construction living space, among them, the relative conflict of construction living space is the most significant. ③The strategy analysis of relative conflict shows that agricultural production space should be mainly distributed in Guinan County, grassland ecological space is mainly concentrated in Zhiduo County, Tanggulashan Town and Zhiduo County are fit to develop water ecological space, Maqin County and Nangqian County mainly suitable for developing forest ecological space, the construction living space should be mainly developed in the Gonghe County.

Key words: the Three River Source Area, land-use prediction, spatial conflict, PLUS model, PFCI model

土地以不同功能的空间状态为人类社会提供各类产品与服务[1]。为促进土地空间功能的合理开发与利用，解决长期以来社会经济发展负效应下的国土空间功能冲突、生态系统退化等问题[2]，国家提出三生空间规划。党的十八大报告明确指出要控制开发强度，调整空间结构，促进生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀，即打造人与自然和谐的三生空间[3]，寻求经济增长与生态保护的协同进步。随着经济社会高速发展，生态用地和农业用地被周边城乡建设用地蚕食，面积不断减少，区域生态环境持续恶化，造成诸多生态环境问题[4]。三生空间对于促进国土空间高质量发展和生态文明建设具有重要意义[5]，是优化土地利用结构、集约利用国土资源、改善生态环境质量的重要途径，已逐渐成为学术界的研究热点。土地利用变化模拟模型主要包括数量预测模型、空间预测模型和格局耦合模型[6]，数量预测模型

项目来源：国家自然科学基金资助项目（42201198）；自然资源部陆表系统与人地关系重点实验室开放基金资助项目（LBXT2023YB09）；2024年甘肃省高校青年博士资助项目（2024QB-001）。
第一作者简介：李文（2001—），硕士研究生，研究方向为高海拔土地利用与城市韧性，E-mail：3490291340@qq.com。
通信作者：王梅梅（1988—），博士，副教授，研究方向为高海拔土地利用与城市韧性，E-mail：wangmm@lzu.edu.cn。

可根据土地利用现状预测未来各类用地面积，典型代表包括 Markov Model[7-8]、System Dynamics Model[9-10]、灰色模型[11]等；空间预测模型可模拟预测土地的空间演变过程，经典模型包括 CA[12-13]、MAS[14-15]等；格局耦合模型结合多种技术的优点，包括转换分析策略（TAS）、格局分析策略（PAS）和用地扩张分析策略。TAS 代表模型为 logistic-CA[16]、ANN-CA[17]、CA-Markov[18]等；PAS 代表模型为 FLUS[19]、Geo-SOS[20]、CLUE-S[21]等。从研究内容来看，三生空间研究多集中于土地空间利用格局演变[22-23]、冲突强度测定[24]和生态环境效应分析[25-27]等方面；从研究尺度来看，多分布在省/州[28-29]、市[30]、流域[31]等尺度上，以揭示土地利用变化特征和生态响应。已有文献大多从城市、城市群等空间尺度探讨生产—生活—生态用地之间的冲突，对于生态功能区和自然保护区的研究较少。近年来我国高度重视生态建设与经济发展的协同效应，将生态文明作为区域经济增长的战略支撑。三江源地区作为我国的“中华水塔”，是淡水资源的重要补给地、高原生物栖息地和国家生态安全屏障[32]；但由于自然和人类活动的双重作用，当地生态环境逐渐退化，生态系统服务功能受到严重影响。此外，在城镇用地和农业生产用地高度扩张的情况下，合理规划生态用地将有助于更好地实现三江源地区的用地结构优化，形成三生空间良性互促发展模式。

1　研究区概况与数据方法

1.1　研究区概况与数据来源

三江源地区位于我国青海省南部，青藏高原腹地，为长江、黄河和澜沧江的源头汇水区。近年来随着城市建设发展的需要，当地生态问题日益突出，各类空间土地利用极不协调。本文选取的研究区包括玉树藏族自治州、海南藏族自治州、黄南藏族自治州、海西蒙古族藏族自治州、果洛藏族自治州的21个县、市和格尔木市的唐古拉山区域，总面积为30.25万 km^2，约占青海省总面积的43%。

本文采用的数据集包括土地利用、社会经济与自然条件，具体来源见表1。

1.2　研究方法

1.2.1　三生空间分类体系

参考已有土地资源空间分类方法，根据土地生产—生态—生活功能的显著特点，将其划分为生产空间、生活空间和生态空间[33]，作为土地空间重新安排的分类体系基础。生产空间即农业生产空间，对应地类为耕地；生活空间即建设生活空间，对应地类为城镇建设、农村居民点用地；生态空间包括林地生态空间（林地）、草地生态空间（低、中、高覆盖度草地）、水域生态空间（水库、池塘、河道、湖泊）和其他生态空间（沙地、戈壁、盐碱地、裸土地、裸岩石质地、沼泽地）。

表1　数据来源

数据	子数据	年份	分辨率	来源
土地利用	地类	2010、2015、2020	30 m	http://www.dsac.cn/
社会经济与自然条件	人口	2020	1 km	https://www.resdc.cn/
	GDP	2020	1 km	https://www.resdc.cn/
	干道	2020	矢量数据	开放街图
	县政府地	2015	矢量数据	http://www.dsac.cn/
	海拔	2015	30 m	http://www.dsac.cn/
	坡度	2015	30 m	http://www.dsac.cn/

1.2.2　PLUS 模型

PLUS 模型是 Liu 等[34]提出的用于模拟土地利用变化的模型，能在时空上动态模拟自然地类斑块级变化。基于2010年、2015年、2020年土地利用数据，本文利用 PLUS 模型预测三江源地区2035年自然增长、城镇建设、耕地保护和碳减排4种情景的土地利用情况。由于三江源土地类型的特殊性，自然增长情景与其他3种情景的土地利用变化非常小，可忽略不计，因此仅设置自然增长情景。自然增长情景的转移矩阵见表2。

表2　自然增长情景的转移矩阵

	a	b	c	d	e	f
a	1	0	1	0	1	1
b	0	1	1	0	0	1
c	1	1	1	1	1	1
d	1	0	1	1	0	1
e	0	0	0	0	1	0
f	1	1	1	1	1	1

注：a为耕地，b为林地，c为草地，d为水域，e为建设生活用地，f为未利用地；0、1分别表示禁止、允许向另一种地类转换。

邻域权重参数可反映地类扩张能力的强弱，根据王保盛等[35]的研究，同时间尺度各地类 TA 的变化量可以较好地反映其扩张强度。PLUS 模型邻域权重的计算公式为：

$$W=\frac{\Delta TA_i-\Delta TA_{\min}}{\Delta TA_{\max}-\Delta TA_{\min}} \tag{1}$$

式中，ΔTA_i 为地类 TA 变化量；$\Delta TA_{\min}$、$\Delta TA_{\max}$ 为变化最小、最大的地类。

1.2.3　PFCI 模型

毕达哥拉斯模糊信息是由 Zadeh[36]提出的对信息不确定性的现实决策问题进行建模的有效工具，可测

度各类空间用地相对冲突程度。设 X 为一个有限泛集，则 q 阶正交模糊集（q-ROFS）被定义为：

$$\mathcal{B}=\{(x,\mu_b(x),v_b(x))|x\in X\} \tag{2}$$

$\mathcal{B}$ 中元素的隶属度和非隶属度分别由 $\mu_b(x):X\to[0,1]$ 和 $v_b(x):X\to[0,1]$ 给出，自信度定义为 $r_b(x)=\sqrt[q]{(\mu_b(x))^q+(v_b(x))^q}$，$\langle\mu_b(x),v_b(x)\rangle$ 为阶正交模糊数（q-ROFN）。假设 $\overrightarrow{\chi_{ij}}=\left(\chi_{ij1},\chi_{ij2},\chi_{ij3},\chi_{ij4}\right)=\left(\mu_{ij}^q,v_{ij}^q,r_{ij}^q,d_{ij}\right)$ 表示 u_i 代理对 a_j 争端的q-ROF态度。对于q-ROF环境下的冲突信息，$\overrightarrow{\chi_{ij}}$ 的4个参数可完全描述q-ROFSs，q-ROFN可通过划分3个等级的冲突关系实现对现实世界中冲突问题的支持、反对和中立成分的有效建模，具体步骤如下：

1）结合Hamming距离与 $\overrightarrow{\chi_{ij}}$ 的4个参数，计算两个代理 l_i、l_k 关于争端 b_j 的绝对冲突距离：

$$\zeta_{bj}^1(l_i,l_k)=\frac{1}{4}\sum_{h=1}^{4}|\chi_{ijh}-\chi_{kjh}|=\frac{1}{4}(|\mu_{ij}^q-\mu_{kj}^q|+|v_{ij}^q-v_{kj}^q|+|r_{ij}^q-r_{kj}^q|+|d_{ij}-d_{kj}|) \tag{3}$$

2）基于相似性度量和距离的对偶运算，计算 l_i、l_k 关于 b_j 的相对冲突距离：

$$\zeta_{b_j}^2(l_i,l_k)=1-\frac{\overrightarrow{\chi_{ij}}\times\overrightarrow{\chi_{kj}}}{\max\left(\left|\overrightarrow{\chi_{ij}}\right|^2,\left|\overrightarrow{\chi_{kj}}\right|^2\right)} \tag{4}$$

3）通过聚合函数 A 聚合式（3）、（4），并计算 l_i、l_k 关于 b_j 的综合冲突距离：

$$\zeta_{b_j}(l_i,l_k)=A\left(\zeta_{b_j}^1(l_i,l_k),\zeta_{b_j}^2(l_i,l_k)\right) \tag{5}$$

4）计算 b_j 的权重，并进一步计算 l_i、l_k 关于争端集 B 的冲突函数：

$$\omega_j=\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\zeta_{bj}(l_i,l_k)}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n}\sum_{k=1}^{n}\zeta_{bj}(l_i,l_k)} \tag{6}$$

$$CF_B(l_i,l_k)=\sum_{j=1}^{m}\omega_j\zeta_{b_j}(l_i,l_k) \tag{7}$$

5）计算各代理关于争端 b 的冲突程度：

$$CB(b)=\frac{\sum_{x,y\in L,x\neq y}\zeta_b(x,y)}{|L|(|L|-1)} \tag{8}$$

6）为展示各代理间冲突的复杂性，便于寻找联盟，定义代理 x 关于单一争端 b 的强冲突集、弱冲突集和无冲突集：

$$\mathbb{DR}_b^{\varsigma_\star,\varsigma^\star}(x)=\left\{y\in L|\zeta_{b_j}(x,y)\geqslant\varsigma^\star\right\} \tag{9}$$

$$\mathbb{WR}_b^{\varsigma_\star,\varsigma^\star}(x)=\left\{y\in L|\varsigma_\star<\zeta_{b_j}(x,y)<\varsigma^\star\right\} \tag{10}$$

$$\mathbb{NR}_b^{\varsigma_\star,\varsigma^\star}(x)=\left\{y\in L|\zeta_{b_j}(x,y)\leqslant\varsigma_\star\right\} \tag{11}$$

2 实证研究

2.1 三生空间情景模拟

1）由图1可知，2010年农业生产空间、林地生态空间、草地生态空间、水域生态空间、建设生活空间、其他生态空间的面积分别为2 567.26、16 592.55、276 758.59、20 925.37、191.41、71 382.86 km²。与2010年相比，2015年农业生产空间、林地生态空间、草地生态空间、其他生态空间的面积分别减少2.35%、0.06%、0.02%、0.26%；水域生态空间、建设生活空间面积分别增加1.10%、8.10%。与2015年相比，2020年农业生产空间、草地生态空间、其他生态空间的面积分别减少0.19%、0.13%、0.73%；林地生态空间、水域生态空间、建设生活空间的面积分别增加0.07%、3.35%、86.06%。

2）预测2035年农业生产空间、林地生态空间、草地生态空间、水域生态空间、建设生活空间、其他生态空间的面积分别为2 439.25、16 553.34、285 597.30、22 629.66、440.44、60 758.06 km²，其中建设生活空间面积约为草地生态空间的0.15%。与2020年相比，预测2035年农业生产空间、林地生态空间和其他生态空间面积均呈减少趋势，分别减少4.58%、0.24%和14.03%；草地生态空间、水域生态空间和建设生活空间则呈增加态势，分别增加3.35%、3.51%和14.41%。

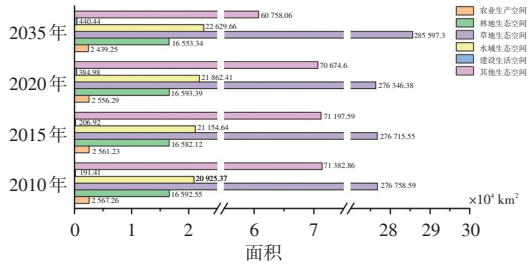


图1 三生空间面积变化

2.2 分尺度三生空间变化模拟

2.2.1 一级三生空间面积变化分析

1）由表3可知，2010年生产、生活、生态空间的面积分别为2 567.26、191.41、385 659.37 km²；2015年生产空间面积减至2 561.23 km²，生态空间面积减至385 649.90 km²，生活空间面积增至206.92 km²，与2010年相比，生活空间变化速度最快，生态空间次之，生产空间最慢；2020年生产空间面积减至2 556.29 km²，生态空间面积减至385 476.78 km²，而生活空间面积增至384.98 km²，与2015年相比，生活

空间显示出较快的增长速度。

2）预计2035年生产空间面积减至2 439.25 km²，生活、生态空间面积分别增至440.44、385 538.36 km²；与2020年相比，2035年生产空间面积减少4.58%，生活空间面积保持增长趋势，增加55.46 km²，而生态空间将首次出现增长，增加0.02%。

表3　三生空间面积及其变化率

空间类型	2010年/km²	2015年/km²	2020年/km²	2035年/km²	2010–2015年变化率/%	2015–2020年变化率/%	2020–2035年变化率/%
生产空间	2 567.26	2 561.23	2 556.29	2 439.25	–0.24	–0.19	–4.58
生活空间	191.41	206.92	384.98	440.44	8.10	86.05	14.41
生态空间	385 659.37	385 649.90	385 476.78	385 538.36	0.00	–0.04	0.02

2.2.2　二级三生空间面积变化分析

1）由图2可知，2010年三江源地区县级农业生产空间主要集中在贵南县，面积为738.50 km²，占比为28.79%；唐古拉山镇、甘德县、达日县等多个地区几乎没有农业生产利用。林地生态空间在囊谦县和玛沁县的面积较大，占比为15.15%、12.87%，其余县域占比均低于10%。草地生态空间在各县区中均占比较高，治多县和曲麻莱县面积最大，占比为15.65%、12.04%。水域生态空间集中在唐古拉山镇和治多县，两县面积之和占比高达60.41%。由于对生态系统的保护，建设生活空间分布极少，主要集中在共和县和玉树市。2015年三江源地区县级土地利用整体变化较小，草地生态空间和林地生态空间的分布无明显变化。由于经济发展和建设用地增加，共和县和班玛县的农业生产用地略有减少。唐古拉山镇和共和县的水域生态空间增加面积较大，分别为83.79、143.38 km²。建设生活空间有所增长，玛沁县、共和县、玉树市和称多县新增建设用地均大于2 km²。2020年三江源地区各县区土地利用变化集中在水域生态空间和建设生活空间。治多县和唐古拉山镇分别新增水域生态空间467.88、137.41 km²，增长较显著。共和县积极发展经济，新增建设生活空间133.22 km²，除玉树市、贵南县和曲麻莱县，其余各县建设生活空间均有所增长。农业生产空间总面积减少，但曲麻莱县新增2.25 km²。林地生态空间面积变化不大，草地生态空间和其他生态空间总体有所减少，但草地生态空间仍在各县域土地利用中占据主导地位。

2）预测2035年三江源地区各县区以草地生态空间、林地生态空间和其他生态空间为主，其中草地生态空间分布面积最大，农业生产空间、建设生活空间占比较低。草地生态空间在各县域土地利用中占主导地位，呈增长趋势，其中治多县草地生态空间的分布面积最大，预测为44 985.81 km²，约占15.76%。林地生态空间变化较小，主要分布在囊谦县、玛沁县，唐古拉山镇、治多县、玛多县等县的占比极小，均在1%以下。水域生态空间主要分布在唐古拉山镇和治多县，占比分别为32.38%和31.39%，其中治多县面积持续增加，预计新增1 276.54 km²。农业生产空间和建设生活空间整体呈低水平分布，多数县域占比在1%以下，其中农业生产空间有所减少，集中分布在贵南县、共和县和同德县，占比为29.82%、20.14%和15.60%；共和县建设生活空间面积不断增加，占比显著高于其他区域。其他生态空间逐渐减少，治多县占比最高。

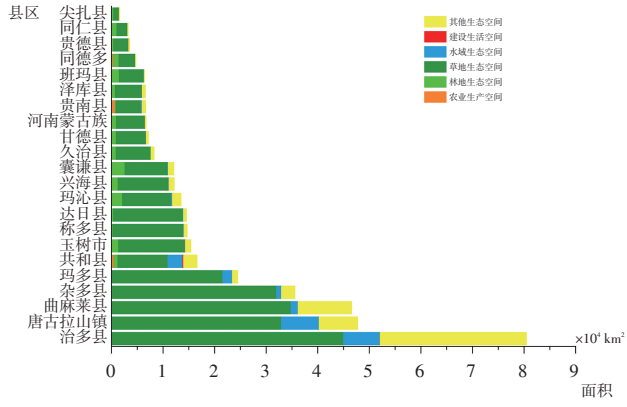


图2　2035年县级三生空间土地利用

2.3　三生空间相互冲突结果测算与策略分析

2010—2035年三江源地区各县区土地利用的相对冲突主要体现在草地生态空间、水域生态空间、农业生产空间和建设生活空间。根据各县区间的土地利用相对冲突强度，将其分为3个等级：0~0.33为无空间冲突，0.33~0.66为弱空间冲突，0.66~1.00为强空间冲突。

1）草地生态空间。2010年、2015年、2020年和2035年治多县与同仁县、尖扎县之间均存在强空间冲突，数值均为0.66。2010年、2015年、2020年治多县与唐古拉山等县之间存在弱空间冲突，而2035年只与玛沁县存在弱空间冲突，因此将治多县作为草地生态空间相对冲突的主体。从相对冲突均值变化来看，2020年三江源地区草地生态空间下的治多县与各县区

的相对冲突均值最小，2035年相对冲突均值最大，总体有所增加。由表4可知，2035年草地生态空间冲突强度最大的地区是治多县，表明治多县草地生态空间面积变化最大，在自然增长情景下更适合发展草地生态空间。

2）水域生态空间。2010年、2015年、2020年和2035年唐古拉山镇与班玛等县存在强空间冲突，数值约为0.66。2010年唐古拉山镇与玛沁等县存在弱空间冲突。2015—2035年唐古拉山镇与治多县由弱空间冲突转变为无空间冲突，与玛沁县、玛多县、共和县、杂多县、曲麻莱县存在弱空间冲突。2010—2020年治多县与唐古拉山镇无空间冲突，2035年治多县与玛沁县等存在弱空间冲突。因此，唐古拉山镇和治多县是水域生态空间相对冲突的主要县域。2010—2020年县级水域生态空间相对冲突均值持续下降，而2035年将出现回升，达均值最大值。由表4可知，唐古拉山镇属于强空间冲突县域，治多县为弱空间冲突县域，即唐古拉山镇和治多县在2035年自然增长策略下适宜发展水域生态空间。

3）农业生产空间。2010年、2015年、2020年和2035年贵南县与唐古拉山镇等县之间存在强空间冲突，数值均保持在0.66；与共和等县之间存在弱空间冲突，因此贵南县是三江源地区农业生产空间的冲突主体。2010年贵南县的农业生产空间相对冲突均值最小（0.62），而在2015年、2020年和2035年保持增长趋势，2035年相对冲突均值达到0.66。由表4可知，贵南县为农业生产空间冲突强度最大的县域，农业生产土地利用的变化量最大，说明贵南县是2035年自然增长情景下最适合优先发展农业生产空间的县区。

4）建设生活空间。2010年、2015年共和县与唐古拉山镇存在强空间冲突，2020年、2035年共和县与唐古拉山镇、班玛县和曲麻莱县均存在强空间冲突，数值均保持在0.66以上；2010年、2015年、2020年、2035年共和县与玛沁等县存在弱空间冲突，因此共和县是三江源地区2035年建设生活空间的冲突主体。由表4可知，2035年建设生活空间相对冲突最明显的地区是共和县，表明在三江源地区自然增长情景下未来的建设生活空间将主要集中在共和县。

表4 2035年三生空间三分冲突表

空间类型	县域	强空间冲突	弱空间冲突	无空间冲突
草地生态空间	L16	L19、L20	L2—L15、L21、L22	L1、L17、L18
水域生态空间	L1	L3—L6、L9—L13、L15、L17、L19—L22	L2、L7、L8、L14、L18	L16
	L16	无	L2—L15、L17—L22	L1
农业生产空间	L12	L1—L7、L14、L16、L18、L22	L8—L11、L13、L15、L17、L19—L21	无
建设生活空间	L8	L1、L3、L18	L2、L4—L7、L9—L17、L19—L22	无

注：L1~L22分别为唐古拉山镇、玛沁县、班玛县、甘德县、达日县、久治县、玛多县、共和县、同德县、贵德县、兴海县、贵南县、玉树市、杂多县、称多县、治多县、囊谦县、曲麻莱县、同仁县、尖扎县、泽库县、河南蒙古族自治县。

3 结果分析与建议

3.1 结果分析

预测2035年三江源地区生产、生活和生态空间的面积分别为2 439.25、440.44、385 538.36 km^2。相较于2020年，2035年生产空间将减少4.58%，生活、生态空间分别增加14.41%、0.02%；农业生产空间、林地生态空间和其他生态空间分别减少4.58%、0.24%、14.03%，水域生态空间、草地生态空间和建设生活空间分别增加3.51%、3.35%、14.41%。2035年三江源地区的相对冲突空间类型集中在农业生产空间、草地生态空间、水域生态空间和建设生活空间。相较于2020年，2035年农业生产空间将减少4.58%，草地生态空间、水域生态空间、建设生活空间分别增加3.35%、3.51%、14.41%，其中建设生活空间相对冲突最显著，草地生态空间相对冲突最不明显。在2035年县级三生空间中，贵南县适宜发展农业生产空间，治多县最具发展草地生态空间的潜力，水域生态空间应布局在唐古拉山镇和治多县，建设生活空间扩张主要集中在共和县，以便更好地实现各类土地的最佳利用。

根据三江源地区2035年三生空间县级土地利用相对冲突关系，本文构建了生产—生活—生态空间发展格局，得到三生空间发展分区（图3）：①2035年应在贵南县集中发展农业生产用地，重点加强耕地保护政策，以合理协调各地类之间的矛盾；②2035年应在玛沁县和囊谦县重点发展林地生态空间，通过植树造林或退耕还林等措施重点加强对林地的管理和发展，保护当地林地生态系统，以维护三江源地区生态价值的核心地位；③治多县作为三江源地区2035年草地生态空间发展潜力最大的地区，当地政府应加强对草地的保护，维护好三江源作为西北地区生态安全屏障的功

能；④2035年应在唐古拉山镇重点发展水域生态空间，特别是解决河流的合理利用与污染治理等问题，唐古拉山镇作为怒江、澜沧江和长江的发源地，应当在充分保护与合理利用水资源的基础上，为当地生态保护和经济建设发挥最大效用；⑤2035年应在共和县和周围部分地区重点发展建设生活空间，共和县作为未来发展城镇建设和居民点活动的重要区域，在各居民点以网络化结构进行连片发展的基础上，将其作为城乡建设的经济生活空间和极点。

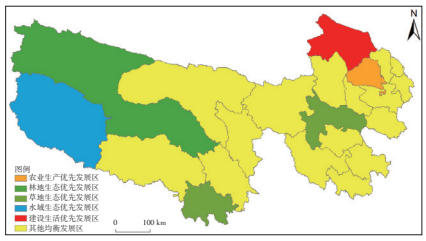


图3　2035年三生空间县级发展分区

审图号：GS(2023)2767

对比已有研究对西宁边缘区的情景预测和冲突特征分析结果发现：①2035年三江源腹地与西宁边缘区均呈现城镇生活空间明显增长趋势，可能是由于三江源人口规模的增大导致城镇用地需求增加；②林地生态空间均表现出相似的减少，其中2035年三江源腹地其他生态空间减少最多，而西宁边缘区以林地生态空间为主；③在农业生产空间方面，西宁边缘区保持增长，而三江源腹地呈减少趋势，西宁边缘区经济发展水平较低，人们以农业生产为主要经济活动，三江源地区因其重要的生态功能和地位，对于农业活动方面的政策限制较严格，土地利用开发较少。基于长远发展的角度，西宁边缘圈未来土地利用应严格管控耕地保护红线和城镇开发空间边界的底线，合理重塑城镇空间格局，明确对牧草用地的开发和利用，打造“环青海湖”的发展格局。相较于西宁边缘区，三江源地区2035年三生空间发展格局呈零散分布，东北地区的共和县和贵南县分别建议发展建设生活用地和农业生产用地，西北地区的唐古拉山镇和治多县为水域和林地生态优先发展区，西南地区的囊谦县和中部的玛沁县为草地生态优先发展区。三江源地区的核心在生态环境的保护和利用，东北县域应集中发展农业生产和城镇建设等经济活动，在耕地保护的基础上推动当地生产力水平的提升，以满足城乡居民发展需求；基于西部和中部地区多样性的生态系统，应加强对牧草和水域的保护，严格做好禁牧、放牧等管理措施，加大对水域生态系统的保护和利用，从源头上保护好“中华水塔”的生态价值，合理利用和开发水资源，促进当地经济和生态之间的可持续发展。

3.2　对策建议

为有效协调生产、生活和生态用地之间的冲突，基于三江源各类空间用地之间的矛盾关系，根据预测的2035年三江源地区土地利用分布格局和相对冲突关系，对其空间土地利用提出以下建议：

1）合理安排空间用地，区划好功能性用地。从空间上严格确定城镇开发边界的空间界限和永久基本农田保护线，在合理运用现有土地的基础上有效实现社会经济和居民建设的发展需要，刚性把控好生产、生活和生态空间的界限，以集中布局城乡居民点等有效方式构建更高效、更紧密的生活空间体系。

2）坚持以生态保护为核心的耦合协调机制[3]。必须在以生态保护为核心的基础上，正确处理生态环境保护与经济社会发展的关系，推进生态—社会—经济耦合协调。从生态保护的系统性出发，统筹社会、经济的协调发展，最终形成以生态保护为核心的协调发展机制，更加有力地打造“中华水塔”生态功能区。

3）大力推进生态保护与民生改善共赢发展[37]。完善生态保护管理体系与制度，巩固强化生态机制。明确各功能区分区可利用开发的空间布局，塑造生态红线约束下的园区社会经济发展利用空间，高效协调生产—生活—生态空间之间的冲突，积极探索生态保护和民生改善的双赢路径。

参考文献

[1] 樊杰,周侃,陈东. 生态文明建设中优化国土空间开发格局的经济地理学研究创新与应用实践[J]. 经济地理,2013,33(1):1-8

[2] 王旭,马伯文,李丹,等. 基于FLUS模型的湖北省生态空间多情景模拟预测[J]. 自然资源学报,2020,35(1):230-242

[3] 张迎春,李阳,张世花. 共融性发展:三江源国家公园生态—社会—经济耦合协调研究[J]. 青海民族大学学报(社会科学版),2023,49(1):85-92

[4] Cetin M. Sustainability of Urban Coastal Area Management: A Case Study on Cide[J]. Journal of Sustainable Forestry, 2016,35(7):527-541

[5] 董亚宁. 城市群“三生空间”格局演变与优化:以兰西城市群为例[J]. 青海社会科学,2023(1):29-39

[6] 刘甲红,徐露洁,潘骁骏,等. 土地利用/土地覆盖变化情景模拟研究进展[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版),2017,16(5):551-560

[7] 刘爱军,王保林,陈喜梅,等. 基于马尔柯夫模型的草原退化动态时空特征研究[J]. 草业学报,2012,21(5):229-236

[8] 彭月,魏虹,朱韦. 基于马尔科夫模型的土地景观动态模拟预测研究:以重庆永川市为例[J]. 安徽农业科学,2006,34(23):6 172-6 173

[9] 齐露鹭,李秀霞,李辉. 基于约束性SD模型的城市建设用地规模预测研究:以吉林省四平市为例[J]. 中国农业资源与规划,2020,41(1):234-241

[10] 曹祺文,顾朝林,管卫华. 基于土地利用的中国城镇化SD模型与模拟[J]. 自然资源学报,2021,36(4):1 062-1 084

[11] 王甜,闫金凤,乔海燕. 马来西亚吉隆坡市土地利用变化特征分析与预测[J]. 水土保持通报,2020,40(5):268-275

[12] 叶丹,郜鲁涛,麻之润,等. 基于元胞自动机模型的耕地规划模拟研究[J]. 西南农业学报,2019,32(4):899-904

[13] 孙钦珂. 河西走廊城镇扩张对耕地空间的影响及模拟[D]. 兰州:兰州交通大学,2020

[14] 宋世雄,梁小英,陈海,等. 基于多智能体和土地转换模型的耕地撂荒模拟研究:以陕西省米脂县为例[J]. 自然资源学报,2018,33(3):515-525

[15] 王庆. 基于多智能体与元胞自动机模型的滇池流域不透水表面扩张模拟研究[D]. 昆明:云南师范大学,2020

[16] 聂婷,肖荣波,王国恩,等. 基于Logistic回归的CA模型改进方法:以广州市为例[J]. 地理研究,2010,29(10):1 909-1 919

[17] 颜扬翰,郭子坚,王文渊,等. 基于ANN-CA模型的港口城市景观格局变化与预测研究:以胶州湾西岸区为例[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(7):1 507-1 514

[18] 王小伦,刘雁,张玉,等. 基于CA-Markov模型的吉林省西部土地利用/覆被变化研究及预测[J]. 科学技术与工程,2021,21(19):7 942-7 948

[19] 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):1 152-1 161

[20] 王雪然,潘佩佩,王晓旭,等. 基于GeoSOS-FLUS模型的河北省土地利用景观格局模拟[J]. 江苏农业学报,2021,37(3):667-675

[21] 樊文杰,戴晓爱,谢一茹,等. 利用CLUE-S模型的对四川省未来10年土地利用变化的预测与分析[J]. 科学技术与工程,2022,22(7):2 641-2 647

[22] 李伊黎,程严,付振华. 广东省“三生空间”格局演化特征分析[J]. 地理空间信息,2022,20(12):104-109

[23] Zhang Z F. Spatial and Temporal Variability Characteristics and Prediction of Land Use in Yinchuan from 2000 to 2020[J]. Science Technology and Engineering,2022,21(24):10 156-10 164

[24] 王志炜,魏宇,李申,等. 胶东半岛三生空间的时空演变与冲突测度研究[J]. 环境工程技术学报,2023,13(1):386-393

[25] 吴浩,王艳慧,张宇昂,等. 三生视角下的土地利用转型及其生态环境效应[J]. 地理空间信息,2023,21(3):80-85

[26] 胡隆,罗志军,饶敏欣. 基于FLUS模型的南昌市三生空间多情景模拟和生态效应演变研究[J]. 上海国土资源,2023,44(2):53-61

[27] 姜昕彤,翟石艳,王铮,等. 基于未来土地利用模拟模型的郑州市“三生空间”模拟及生态环境效应分析[J]. 生态学报,2023,43(15):6 225-6 242

[28] 张澔宇,史名杰,曹月娥,等. 基于MOP-PLUS模型的新疆阿克苏地区土地利用景观格局优化及多情景模拟[J]. 西南农业学报,2022,35(10):2 256-2 264

[29] 李阜鹏,韩惠,杨树文. 甘肃省2000—2020年土地利用变化分析及基于PLUS的生态空间多情景模拟[J]. 科学技术与工程,2023,23(15):6 316-6 326

[30] 黄贞贞,王梓璇,蔡奇. 嘉兴市南湖区“三生空间”研究[J]. 地理空间信息,2024,22(4):9-11

[31] 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):1 152-1 161

[32] 吕雪莉,柳泽兴. 三江源:20年艰辛保护筑牢“中华水塔”[J]. 中国土族,2023(2):26-28

[33] 赵旭,汤峰,张蓬涛,等. 基于CLUE-S模型的县域生产—生活—生态空间冲突动态模拟及特征分析[J]. 生态学报,2019,39(16):5 897-5 908

[34] Liu X,Liang X,Li X,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

[35] 王保盛,廖江福,祝薇,等. 基于历史情景的FLUS模型邻域权重设置:以闽三角城市群2030年土地利用模拟为例[J]. 生态学报,2019,39(12):4 284-4 298

[36] Zadeh L A. Fuzzy Sets[J]. Information and Control,1965,8(3):338-353

[37] 王湘国. 以全面推进美丽青海建设为契机奋力谱写新时代三江源国家公园建设新篇章[J]. 青海党的生活,2023(11):62-66