引文格式：王恒玉,马品,杨达,等. 面向国土空间规划的城市三维建模与动态分析[J]. 地理空间信息, 2026, 24(6):139-144. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.06.025

面向国土空间规划的城市三维建模与动态分析
——以云南昭通为例

王恒玉，马　品，杨　达，杨显武，申　曦*
（云南省地图院，云南 昆明 650000）

摘　要：目前使用三维模型进行国土空间规划的方法静态性较强，无法模拟城市空间未来的动态变化过程。为解决此问题，以昭通市昭阳区为研究区进行了面向国土空间规划的城市三维建模与动态分析方法的实现路径研究，首先使用 CA-Markov 模型预测 2030 年与 2035 年城市用地格局演变；其次使用随机森林点位预测以及规则引导的高度生成方法，模拟了城市在 2030 年与 2035 年三维空间上的动态演化，实现了城市空间的三维动态建模、响应与动态展示。结果显示 2030 年与 2035 年城市扩展方向主要在城市的中部与东北部，最终的三维模型展现出良好的空间层次。同时使用限制性影响因子参与模拟还可以进行规划决策的预演，直观地展示其影响下的城市空间演变结果，为国土规划管理提供了新的方法和更有力的支持，能提高规划决策的科学性和效率，有助于推动城市的可持续发展。

关键词：动态三维建模；国土空间规划；城市扩张；可持续发展
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）06-0139-06

Urban 3D Modeling and Dynamic Analysis for Territorial Spatial Planning: A Case Study of Zhaotong City, Yunnan Province, China

WANG Hengyu , MA Pin, YANG Da, YANG Xianwu, SHEN Xi
(Yunnan Institute of Surveying and Mapping, Kunming 650000, China)

Abstract: Current applications of 3D models in territorial spatial planning remain largely static and are unable to simulate the future dynamic evolution of urban space. To address this limitation, taking Zhaoyang District, Zhaotong City, Yunnan Province, China as the study area, we explored a methodological framework for urban 3D modeling and dynamic analysis in support of territorial spatial planning. Firstly, we used the CA-Markov model to predict the evolution of urban land-use patterns in 2030 and 2035. Subsequently, we employed the random forest-based location prediction and rule-guided height generation to simulate the dynamic evolution of urban 3D space form for these two target years, thereby enabling dynamic 3D modeling and visualization of urban space. The results indicate that urban expansion in 2030 and 2035 are projected to occur mainly in the central and northeastern parts of Zhaotong City, and the resulting 3D models exhibit a clear spatial hierarchy. Furthermore, the incorporation of restrictive driving factors into the simulation process allows for the pre-assessment of planning decisions and provides an intuitive demonstration of urban spatial evolution under different planning constraints. This study provides a new methodological reference and stronger technical support for territorial spatial planning and management, improves the scientific basis and efficiency of planning decisions, and contributes to sustainable urban development.

Key words: dynamic 3D modeling, territorial spatial planning, urban expansion, sustainable development

国土空间规划是国家对国土空间资源进行配置和管理的重要方法，对城市高质量发展与生态环境保护具有重要意义[1]。传统规划主要依赖地图与三维模型。地图因精度高、可视化程度高而被广泛应用，研究者提出了地理国情辅助决策分析专题图[2-3]、面向国土空间规划的辅助决策分析图[4]及基于源-域-势-达方法的规划地图集[5]，但地图仅能平面展示，缺乏立体真实感；三维建模技术能直观展现地形起伏与建筑形态，研究者开发了实景三维智能可视化分析系统[6-7]并实现了道路快速三维建模[8]，然而现有方法难以动态分析城市扩张与土地利用变化，无法有效应对长期发展规划与政策优化需求。针对上述局限性，本研究结合 CA-Markov 模型、随机森林点位预测及规则引导的高度生成方法，实现了 2030 年与 2035 年城市建筑三

项目来源：云南省自然资源厅科技项目（2025-YNZRKJ-009）。
第一作者简介：王恒玉（1990—），本科，工程师，研究方向为测绘地理信息技术应用、自然资源调查监测与评价应用，E-mail：749891115@qq.com。
通信作者：申曦（1983—），硕士研究生，正高级工程师，研究方向为测绘地理信息技术应用，E-mail：78558245@qq.com。

维空间动态演化模拟，并可将相关政策作为限制因子预测未来城市发展情景。

1 区域特点及数据源

以中国云南昭通市昭阳区为研究区，该区域地理坐标为103.1~103.9°E、27.1~27.6°N[9]，如图1所示。该区域位于滇东北地区，是云贵高原与四川盆地的过渡区，地形复杂、山地丘陵与盆地交织沟壑纵横，地势西南高东北低，属于亚热带、暖温带共存的高原季风气候[10]。该区域在滇东北发展中具有十分重要的战略地位，近年来伴随着滇东北区域的发展城市扩张和建设的推进昭阳区城市形态快速演化，面临用地冲突、规划落地难的挑战。特别是进入新发展时代后，该区域经济转型发展与用地规划之间的矛盾愈发明显。

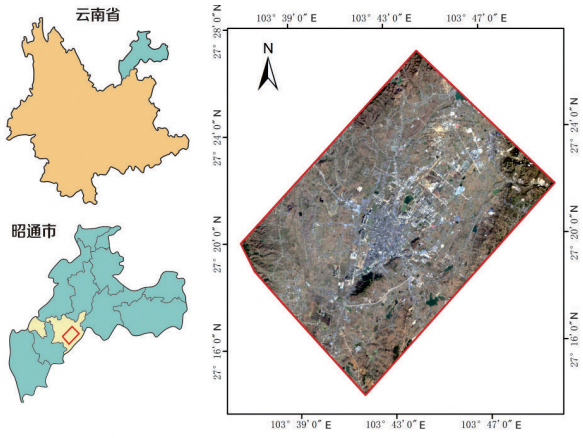


图1 研究区示意图

审图号：云S(2026)13

研究区内有代表性且与城市扩张有关的影响因子、土地利用和土地覆盖是研究的基础，在进行研究之前需要对数据收集和预处理，主要包括影响因子坐标系、空间分辨率、栅格数据行列数的统一以及建筑点位的编录。获取研究区的遥感影像进行建筑点位解译，共得到40 000个建筑点。在归一化植被指数（normalized difference vegetation index，NDVI）值高，远离道路，高坡度的区域随机选择相同数量的非建筑点组成建筑位置预测评估数据集，使用0和1作为标签，0代表非建筑区域为负样本，1代表建筑为正样本。随机选择其中70%数据作为训练数据，剩余30%数据作为验证数据。从地貌、水文环境、人类活动、气象等角度量化10个影响城市土地利用变化发展的因子。包括：DEM、坡度、坡向、归一化植被指数、降雨量、土地利用、地形湿度指数、水流强度指数、距离道路的距离、人口密度。数据来源如表1所示。

表1 影响因子数据来源

数据类型	数据源	分辨率/m	影响因子
生态数据	https://www.gscloud.cn/	30	归一化植被指数
水文数据	https://crudata.uea.ac.uk/cru/data	30	降雨量、地形湿度指数、水流强度指数
人类活动数据	https://www.gscloud.cn/	30	人口密度、土地覆盖和土地利用距道路的距离
地貌数据	https://www.gscloud.cn/	30	DEM、坡度、坡向

其中，道路和土地利用/土地覆盖是影响国土空间规划的格局演变与空间开发决策的重要影响因子。道路作为城市扩张的骨架和空间连接的主干，其布局不仅直接引导了建设用地类型，还对人口流动与空间功能布局产生显著影响；而土地利用与土地覆盖则能够反映当前区域的开发强度和用地结构。两者共同决定了区域的开发潜力与生态状况，甚至直接影响国土空间布局的合理性与科学性。

2 城市扩张预测与三维建模

研究提出了面向国土空间规划的城市三维建模与动态分析方法，该方法使用影响因子建立适宜性因子图集后，使用CA-markov模型预测未来土地利用演变情况和城市扩展区域[11]，使用随机森林模型预测扩展区域的建筑位置以及使用规则引导的建筑高度生成方法预测建筑的高度，建立三维模型后进行政策影响下的面向国土空间规划的城市三维建模与动态分析。具体方法流程如图2所示。

1）数据预处理。根据建筑存在的区域的特点从地貌、水文、生态和人类活动等方面处理生成了10个影响因子，基于这些影响因子制作CA-markov模型的适宜性因子图集；解译出建筑点后在研究区中选择了数量一致、属性对立的非建筑点组成了评估数据集，最后按照7∶3的比例随机划分成两部分。

2）城市扩张模拟与土地利用类型预测。研究使用Markov模型进行土地利用转移矩阵计算，之后将转移矩阵和适宜性因子图集结合导入CA-markov模型预测得到未来5、10 a后的土地利用与土地覆盖类型，最后将结果与2024年的土地利用情况进行对比分析得到城市扩张区域。

3）建筑点位预测。基于建筑位置数据集和建筑影响因子，结合随机森林模型进行扩张区域建筑位置可能性预测，得到可能存在建筑的点位后使用分类型赋值加上随机扰动算法赋予建筑高度属性，完成建筑

点位和高度预测。

4）三维模型建模。根据上几步预测出的建筑扩展区域、建筑点位、土地利用与土地覆盖属性和建筑高度数据后构建了动态城市三维模型，随后基于城市三维模型进行动态国土空间规划分析。

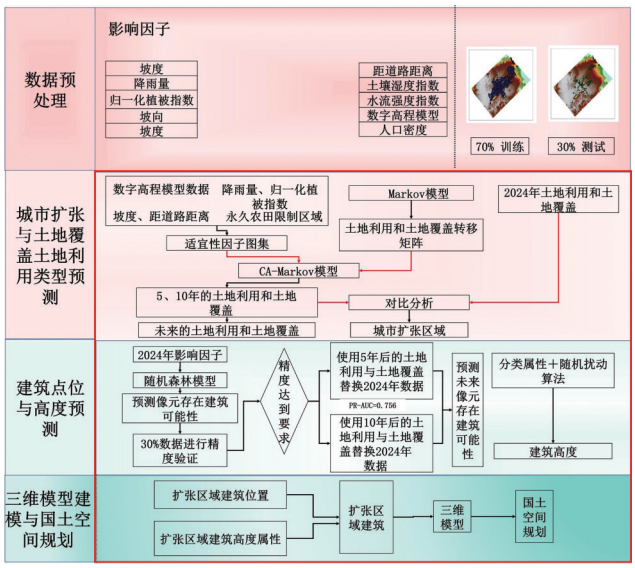


图2　研究方法流程图

2.1　影响因子选取

城市扩张与建筑空间分布受自然环境、土地利用及人类活动等多种因素共同影响。为提高城市扩张模拟与建筑位置预测的准确性，结合研究区实际情况及已有相关研究成果，本文从地形条件、生态环境、土地利用及人类活动等方面选取了10个影响因子：坡向、降雨量、水流强度指数、归一化植被指数、2024年土地利用与土地覆盖、距道路距离、地形湿度指数、坡度、人口密度、数字高程模型。

其中，高程、坡度与坡向能够反映区域地形条件，对城市建设适宜性具有重要影响；NDVI与土地利用类型能够反映地表覆盖状况与生态环境特征；道路、人口密度及GDP则能够体现人类活动强度与城市发展需求，对城市扩张方向与建筑空间布局具有明显的引导作用。研究所使用的因子统一分辨率和空间坐标系后用于城市扩张和建筑位置预测研究。

为避免因子间存在较强相关性而影响模型预测精度，本文对各影响因子进行了相关性检验，结果如图3所示。

其中容差越接近0，表示共线性越强；容差越接近1，表示共线性越弱；VIF越接近1，表示共线性越弱；VIF越接近10或以上，表示共线性越强。从结果来看由于水流强度指数VIF值为172 045.754，容差为负值存在严重共线性，将其剔除。剩余的影响因子

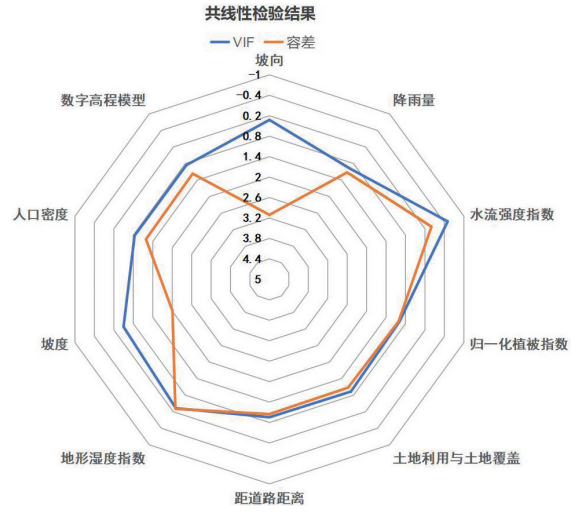


图3　多重共线性检验结果图

VIF值均小于10，由此证明各因子之间整体相关性较低，不存在多重共线性问题可以用于后续实验。

2.2　城市扩张模拟于土地利用预测

2.2.1　城市扩张与土地利用预测模型

元胞自动机（CA）模型通过分析目标在空间和时间上的状态变化来描述目标区域的系统演化，其基本思想是通过简单的局部规则来模拟复杂的全局行为，具备强大时空动态变化处理能力。而Markov模型则是一种基于栅格数据的空间改进的模型，该模型利用Markov随机过程系统，通过目标的当前状态来预测目标在未来时间的状态。虽然Markov模型可以预测土地利用的变化，但是无法表达其在空间上的分布情况；而CA模型则可以表达土地在空间上变化的分布。研究使用CA-markov模型将Markov模型对目标土地利用变化的概率预测结果引入到CA模型中[12]，从而进行精确合理的城市扩张和土地利用和土地覆盖预测。其中CA模型的数学表达式为：

$$S(t+1)=f[S(t),N] \tag{1}$$

式中，S为元胞的状态集合；N为元胞的邻域；t、$t+1$分别为前后2个时刻；f为元胞状态的转化规则。

Markov模型的计算原理为：

$$P_{ij}=\begin{cases}P_{11}P_{13}S_{13}\cdots P_{1n},\\P_{21}P_{22}S_{23}\cdots P_{2n},(i,j=1,2,3,\cdots,n)\\P_{31}P_{32}S_{33}\cdots P_{3n},\end{cases} \tag{2}$$

式中，P_{11}为转移矩阵的第一行第一列数据；P_{3n}为转移矩阵最后一行最后一列。

2.2.2　城市扩张与土地利用结果

研究使用CA-Markov模型结合影响因子适宜性图集进行研究区土地利用与土地覆盖的演化研究[13]，首先使用Markov模型计算了2019年土地利用与土地覆

盖至2023年的土地利用与土地覆盖数据的转移矩阵，之后将其结合影响因子适宜性图集模拟2024年的土地利用与土地覆盖的结果，将模拟结果与实际的2024年的土地利用与土地覆盖数据进行验证，结果精度达到0.828 3，证明了方法的可靠性。之后继续使用该数据进行2030年和2035年的土地利用与土地覆盖数据的预测模拟，得到了对应年份的土地利用与土地覆盖结果如图4所示。

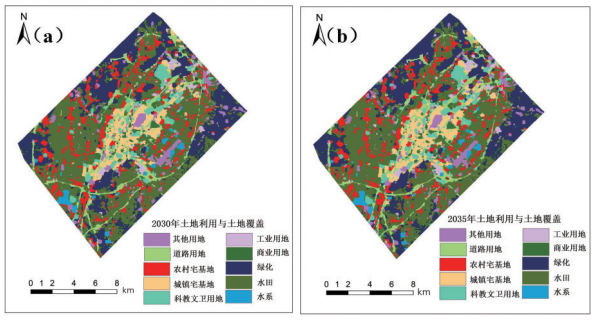


图4 未来情景土地利用与土地覆盖结果图

在得到未来情景的土地利用与土地覆盖结果后提取出城镇住宅、商业用地、工业用地、科教文卫用地作为城市的建筑范围，之后提取出2024年的土地利用与土地覆盖中相同的部分将二者进行对比分析得到城市的扩展区域结果如图5所示。

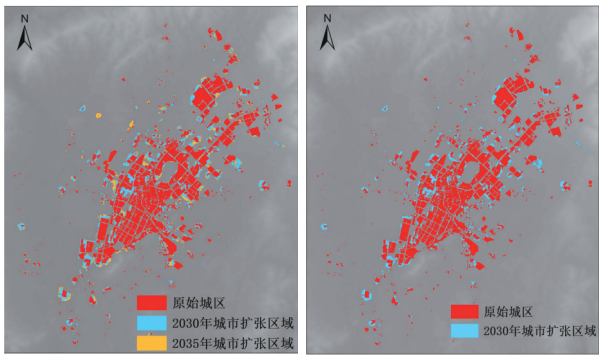


图5 城市扩张结果图

由图可知城市的扩张区域在2030年和2035年呈现显著的向外扩张趋势，其扩展区域主要在东北部和城市的中部，呈现出明显的对角扩展的空间演化格局，除此之外城市的扩张区域还主要分布在城市的边缘与道路交通附近，由于将永久耕地区作为限制性因子，有效体现出了政策影响下城市发展的结果，而这个结果显示出城市发展过程中进行道路、用地规划、生态、耕地规划的必要性。

2.3 建筑位置预测与空间分布分析

2.3.1 随机森林模型

随机森林模型是一种典型的集成学习方法，具有良好的泛化能力[14]，能够构建以建筑点位标签数据为标准，对影响建筑点位的影响因子数据集进行有放回采样的多棵决策树；每棵树的训练数据都是从数据集中随机抽取的一部分，这使得每棵树都具有较强的随机性，而且在构建每棵决策树时都会随机选择特征子集进行节点划分而不是使用所有特征，避免了单一决策树容易出现的过拟合问题。在使用随机森林进行建筑位置预测时，之前分裂的决策树都会生成一个概率结果，通过计算所有决策树结果的平均值作为最终的结果，得到该点位存在建筑的可能性[15]。在构建单棵决策树时，常以GINI指数作为分类节点的划分准则Gini指数定义如下：

$$\mathrm{Gini}(D)=1-\sum_{k=1}^{k}p_k^2 \tag{3}$$

式中，P_k 为样本集中第 k 类的概率，当某一特征能够将数据集 D 分为左右2个子集 D_1 和 D_2 时，通过最小加权后的Gini指数和确定最佳划分方式：

$$\min\left[\frac{|N_1|}{|N|}\mathrm{Gini}(D_1)+\frac{|N_2|}{|N|}\mathrm{Gini}(D_2)\right] \tag{4}$$

设训练集为 $N=\{(\boldsymbol{x}_i,\boldsymbol{y}_i)\}_{i=1}^{n}$，其中 $\boldsymbol{x}_i$ 为第 i 个样本的特征向量；$\boldsymbol{y}_i$ 为目标向量。随机森林中每棵树的预测结果记为 $ha(x)$，a 为决策树的编号，最终的预测结果将会取决策树的平均值：

$$\hat{y}=\frac{1}{A}\sum_{a=1}^{A}h_b(x) \tag{5}$$

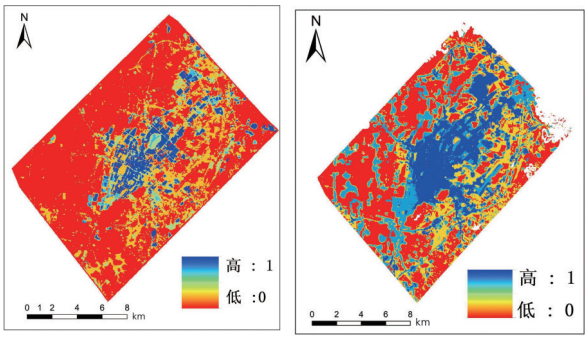
式中，A 为随机森林模型中决策树的数量。

研究以道路、现状土地利用类型、数字高程模型、坡度、归一化植被指数及人口密度等因子作为随机森林模型训练数据集，将现状土地利用类型替换为未来情景的土地利用类型后作为随机森林模型预测数据集，最后以现状建筑点数据作为训练样本，构建未来建筑空间分布预测模型。

2.3.2 建筑空间分布预测结果

基于随机森林模型得到的建筑空间分布预测结果如图6所示，0表示没有建筑，1表示有建筑，越接近1表示存在建筑的可能性越大，越接近0则表示存在建筑可能性越低。结果表明，2030年与2035年新增建筑整体呈现由中心城区向外围区域扩张的发展趋势，新增建筑主要集中于城区边缘地带，并在城市东北方向形成较为明显的扩张区域。其中，2030年新增建筑主要分布于现有城区周边，而2035年新增建筑则进一步向外围延伸，空间扩张范围进一步扩大，呈现出连续性外扩与局部组团化发展的空间特征。

从空间分布特征来看，新增建筑主要沿现有交通



a 2030预测结果　　b 2035年预测结果

图6　建筑位置预测结果

干道及建设用地周边扩展，表现出明显的交通导向性。此外结果表明，新增建筑主要分布于适宜建设用地及城市扩张潜力较高区域，而生态敏感区域及坡度较大的区域新增建筑相对较少，说明模型在一定程度上能够反映自然地形条件与土地利用条件对城市建设的约束作用。

从时间变化特征来看，2030—2035年期间新增建筑数量明显增加，空间分布范围进一步扩大，说明未来城市仍处于持续扩张阶段。其中，东北方向扩张趋势最为明显，表明该区域未来可能成为城市发展的重要增长方向。这一现象与区域交通条件、土地开发适宜性以及现有城市空间布局具有较强关联性。

总体来看，随机森林模型能够较好地识别未来建筑空间扩张趋势，结果在空间分布上具有较好的合理性与连续性。

2.4　城市三维模型构建

本研究采用Arc Sence基于预测得到二维建筑布局和属性信息构建三维城市模型。

根据CA-Markov模型预测的2030年与2035年土地利用与土地覆盖数据，随机森林模型预测的建筑位置点以及规则引导的高度生成方法使用三维建模平台，最终实现了2030年与2035年的城市三维模型建模，结果如图7所示。

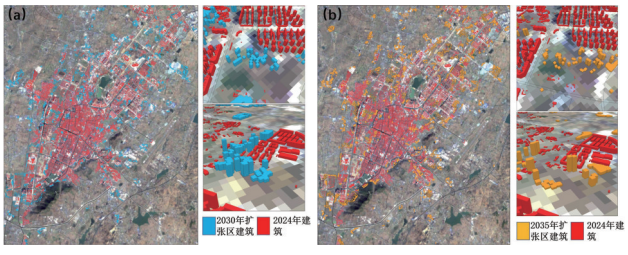


图7　城市三维建模结果图

图8中左边是城市三维建筑模拟的整体结果，右边小图是局部放大图，红色模型是2024年实际存在的建筑位置形态，蓝色模型是模拟预测的2030年建筑位置形态黄色模型是2035年建筑位置形态。从整体的三维模型结果可以看出，相较于2024年已有的建筑分布位置到2030年城市的新增建筑大多位于边缘地带呈现边界增长型的空间演化趋势，且城市的未来发展的主导方向为“向东偏北扩张”。到2035年这样的趋势更加明显，新增建筑增多且多位于城市边缘位置。之后进行结果的局部分析可以看出新增的建筑形态规整、密度适中、高度结构层次分明，反映出本研究模拟的结果具有一定合理性。

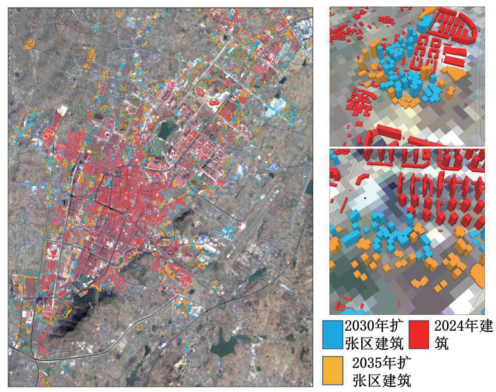


图8　城市三维建模对比结果图

将2030年与2035年的城市三维模型结果进行对比分析，可以看出城市建筑从2024年到2030年再到2035年呈现出逐渐由核心向外扩张的发展态势，且扩展态势具有明显的方向性。通过对比2024—2035年的城市三维模型演变结果发现，城市中心建筑密度呈持续增长的态势，在区域的东北方呈现出显著的建筑新增。通过叠加永久基本农田与生态红线图层发现生成的建筑体块都没有在相关区域，没有侵占农田与破坏生态的情景，验证了模型在规划约束条件下的合理性与实用性，证明了本研究所提出方法的有效性。

3　动态三维模型应用

本研究基于城市扩张、土地利用模拟与建筑位置预测，构建了研究区的城市三维模型并进行动态分析，以期可以为国土空间规划提供科学参考。可视化的城市三维模型可以直观地展示城市的不同阶段的演变过程与趋势，通过叠加一些限制性的因子可以预测城市的发展形态，评估城市发展的健康程度并推动城市的发展[16]。具体来说可以从以下几个方面进行应用。

3.1　空间规划与土地利用管理

在国土空间规划中城市边界划定与土地用地管控是国土空间规划的重要内容，其涉及土地资源的合理配置与城市的可持续发展[17]。本研究的方法可以生成2030年与2035年这种未来城市三维模型预估城市扩张的方向与边界，针对不合理的发展结果可以提前进

行干预，并继续评估不同干预方法下的城市发展结果，对城市进行合理的空间规划，调整城市的发展方向。同时将GDP数据和人口密度以及道路等因子与三维建模结果结合，可以优化城市扩张后城市功能区承担的任务，合理规划不同区域的功能。

除此之外，本研究方法可以生成2030年与2035年的土地利用与土地覆盖结果，通过对比不同时间段的结果可以分析其用地转化趋势，同时继续生成未来城市三维模型后结合坡度，生态环境、水文等因子可以直观地展示未来适宜发展的区域，针对不宜发展的区域也可以进行及时调整辅助决策者优化土地利用结果。

3.2 基础设施与交通规划

城市的发展布局要考虑尽量发挥空间的经济优势，同时还需要考虑人民群众对绿色基础设施的需求。随着城市的发展、建筑密度的增加城市的热岛效应越发严重，在进行国土空间规划时如何解决或缓解城市的热岛效应是需要考虑的重点问题[18–19]，通过科学的空间规划、绿色基础设施布局可以有效地缓解城市热岛。使用三维建模结果分析未来情景下城市的建筑密度与建筑高度对城市热岛的影响，对热岛严重的区域进行有针对性地科学布局增加绿色基础设施，增加城市绿地与植被覆盖。这不仅有助于城市的可持续发展而且还能改善城市气候、提高居民生活水平、推动城市的转型与生态文明建设[20]。

4 结论与展望

本研究构建了“城市扩张预测—建筑位置模拟—三维建模”一体化技术流程，实现了昭通市昭阳区2030年与2035年未来城市空间形态的动态表达。结果表明，未来城市扩张主要集中于城区边缘及东北方向，新增建筑呈现明显的空间集聚与外扩特征，多沿交通干道及可建设用地分布，整体空间布局与城市发展趋势具有较高一致性；构建的三维模型能够较好地反映不同阶段城市建筑密度、高度层次及空间形态的变化特征。研究局限性在于：主要基于现有数据进行模拟，缺乏真实的数据验证；建筑高度采用规则化赋值与随机扰动相结合的方法，尚未充分考虑容积率、建筑限高等实际规划约束。未来可通过融合高精度遥感数据、控制性规划数据及深度学习方法，进一步提升城市扩张预测与三维建模的精细化与动态化水平，为国土空间规划提供更加科学的决策支持。

参考文献

[1] 刘慧民,沈娇瑶,李森,等. 新时代国土空间规划背景下的武汉市生态文明建设创新举措探索[J]. 测绘地理信息,2025,50(6):1-9

[2] 崔明慧. 三维国土空间规划管理背景下城市轨道交通的发展[J]. 汽车画刊,2025,14(2):221-223

[3] 董治强,桂桂,赵海洋,等. 城市级实景三维面向国土空间规划场景应用分析[J]. 安徽建筑,2025,32(5):35-37

[4] 宋晓燕. 国土空间规划辅助决策分析图设计理论与方法:以杭州市为例[J]. 测绘地理信息,2025,50(5):38-42

[5] 沈文钰,鲁丽波,李响,等. 省级国土空间规划地图集设计的方法体系:以《内蒙古国土空间规划地图集》为例[J]. 测绘地理信息,2025,50(5):28-32

[6] 吴玉文. 实景三维在国土空间规划中的应用研究[J]. 科技创新与生产力,2024,45(10):127-129

[7] 陈家兴,范斌,庄武旭,等. 实景三维在国土空间规划中的研究与应用[J]. 智能城市,2024,10(4):28-32

[8] 向建鹏. 实景三维技术在道路规划中的应用[J]. 城市道桥与防洪,2023,40(12):241-245

[9] 周京春,耿新春. 基于FLUS模型的云南昭通昭阳区土地利用变化及预测[J]. 昆明学院学报,2022,44(6):86-93

[10] 李绅东,贾韬,申开旭. 基于降水集中度的昭通市昭阳区降水特征分析[J]. 人民长江,2018,49(增刊):70-72

[11] 王智涵,杜顺季,窦邵华,等. 基于CA-Markov模型的番禺区土地利用变化研究及预测[J]. 城市勘测,2025(5):28-34

[12] 郭旭亮,赵子豪,高汇锋,等. 基于CA-Markov模型对迁安市土地利用多情景模拟预测[J]. 华北理工大学学报(自然科学版),2025,47(3):59-65

[13] 李晋龙. 基于FLUS-Markov模型的国土时空一体化实景三维建模[J]. 北京测绘,2026,40(2):176-183

[14] 张友才,李强,臧英平,等. 基于随机森林模型的岸线不透水面提取方法研究[J]. 地理空间信息,2022,20(1):13-18

[15] 多吉卓玛,阿旺白姆,德庆卓嘎,等. 基于随机森林模型的拉萨市PM2.5质量浓度变化趋势分析[J]. 内蒙古气象,2026,73(1):26-31

[16] 罗雪. 基于遥感技术的城市三维模型构建与耕地质量监测研究[J]. 黑龙江国土资源,2026,24(1):142-146

[17] 曾业翔,潘婵玲,陈家兴,等. 实景三维技术赋能广西国土空间规划研究[J]. 智能城市,2026,12(03):68-73

[18] 徐晨. 实景三维在城市国土空间监测中的应用[J]. 北京测绘,2025,39(8):1135-1139

[19] 王文娟,邓荣鑫. 城市绿地对城市热岛缓解效应研究[J]. 地理空间信息,2014,12(4):52-54

[20] 杨周行,柴燕妮. 国土空间规划背景下生态保护红线监管思路探究[J]. 地理空间信息,2025,23(1):62-65