

市级国土空间规划核心指标纵向传导研究 ——以湖南省常德市为例

崔树强^{1,2,3}, 周国华^{1,3}, 贺艳华¹, 彭焕智¹, 毕方泽¹

(1. 湖南师范大学地理科学学院, 长沙 410081; 2. 国土资源评价与利用湖南省重点实验室, 长沙 410007;
3. 湖南师范大学地理空间大数据挖掘与应用湖南省重点实验室, 长沙 410081)

摘要: 核心指标纵向层级传导作为市级国土空间规划的关键内容, 对市域国土空间格局优化及规划统筹具有重要意义。针对当前指标传导研究不充分、不精细等问题, 遵循“核心传导指标选择→指标传导技术逻辑构建→情景模拟预测”的研究思路, 以常德市为例研究其2035年国土空间规划“市→县(区)”的核心指标传导。结果表明: (1) 基于“指标全域总量预测—指标空间布局模拟—指标分区分类传导”的传导技术逻辑, 通过SD与GeoSOS-FLUS模型的耦合集成利用, 可有效实现市级国土空间规划核心指标“自上而下”与“自下而上”相结合的科学传导。(2) 构建“人—地—业”协调的常德市国土空间利用SD模型, 预测获得2035年市域核心指标总量, 相应国土利用综合效益达12994.25亿元, 相比2018年提升207.75%。(3) 从指标传导结果来看, 2035年常德市各县(市、区)社会经济类指标除常住人口规模指标外均保持增长趋势, 边界类指标实现“只增不减”, 用地类指标变化各异, 但总体契合常德市主体功能区建设方向, 核心指标传导结果符合实际。

关键词: 国土空间规划; 核心指标纵向传导; SD模型; GeoSOS-FLUS模型; 模拟预测; 常德市

规划传导作为空间要素分级、分类、分区管控与落实的重要手段, 关系到不同规划编制及实施主体的事权分配与管制重点^[1], 是保障全国规划体系相互衔接, 有效构建“国土空间规划一张蓝图”以及国土空间全域全过程差异化管理的关键^[2]。2019年5月出台的《中共中央 国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见》中明确提出要积极协调下级国土空间规划与上位国土空间规划, 及其与相关专项规划、详细规划的关系; 明晰规划分解落实要求, 建立健全规划实施传导机制, 推进系统性、可实施性强的国土空间规划编制与制度设计^[3]。随后, 全国层面的《省级国土空间规划编制指南(试行)》(以下简称《省级指南》)与《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》(以下简称《市级指南》)于2020年相继发布, 再次说明了各级国土空间总体规划编制及层级传导的重点^[4]。值得注意的是《市级指南》还进一步明确了国土空间规划实施的布局传导、控制线传导、指标传导、名录传导、政策传导等传导方式^[5]。其中, 指标传导是对国土空间各类要素数量规模与空间布局的科学谋划^[6], 不合理的指标下达容易引发国土空间冲突^[7,8],

收稿日期: 2021-10-18; 修订日期: 2022-01-24

基金项目: 2019年度湖南省重点领域研发计划项目(2019SK2101); 国家自然科学基金项目(41971224); 湖南省自然科学基金项目(2020JJ4056); 国土资源评价与利用湖南省重点实验室开放课题(SYS-ZX-202106)

作者简介: 崔树强(1993-), 男, 山西太原人, 博士研究生, 研究方向为城乡国土空间规划。

E-mail: 1185722504@qq.com

通讯作者: 周国华(1965-), 男, 湖南娄底人, 硕士, 教授, 博士生导师, 研究方向为区域发展与国土空间规划、乡村地理。E-mail: uuy828@163.com

同时也是规划多元多级主体参与国土空间精细化管理的一项重要环节,集中凸显国家空间治理体系及治理能力的现代化水平。依据传导方向,国土空间规划指标传导可分为横向传导与纵向传导,指标横向传导重在发挥区域国土空间总体规划对专项规划、详细规划的指导约束作用,而纵向传导则重在强调国土空间规划的层级衔接与落实,特别是市级国土空间规划处于我国现行“国—省—市—县—乡”五级国土空间规划体系中承上启下的“腰部”位置,既需要承接国、省上位规划指标要求,又要下达区/县、乡镇国土空间规划指标规模,更加侧重规划的实施性,且地市尺度的行政力与市场力交汇碰撞最为激烈,对指标传导影响显著^[9]。因此,本文着重对市级国土空间规划核心指标“市→县(区)”纵向传导展开深入探究,以期丰富市域国土空间规划统筹方法与路径。

随着国土空间规划编制与实施的逐步推进,“山水林田湖草”等全要素保护与全维度管控重点逐级细化^[10],有关规划实施有序传导的探讨也日益增多^[11,12],主要集中在规划传导指标体系构建、规划传导体系与机制探索、规划传导规则制定三个方面。其中,规划传导指标体系研究聚焦不同层级国土空间规划传导指标的选择,构建了基于自然资源统一管理的空间规划指标体系与传导需求^[13];规划传导体系与机制研究结合区域国土空间规划编制与实践探索经验,提出建立包含指标传导、用途传导、控制线传导与名录传导等在内的综合传导体系,并从规划编制、审批与监督机制给予规划传导优化策略^[14];规划传导规则研究主要按照空间用途管控要求,分析了横向传导的细分类型、增加维度规则与纵向传导的逐级落实、逐级细化规则,强调国土空间规划传导的层级刚性约束和弹性引导^[15]。总体而言,国土空间规划实施传导研究系统剖析了响应规划目标的价值传导关系,探讨了面向高质量发展的“五级三类”规划传导指标体系^[16],构建了纵向“层级”传导、横向“类型”传导、实施“过程”传导的一般传导框架与运行机制^[17],初步形成分级、分类、分区、分阶段的用途管制规则。新时期国土空间治理背景下,有关韧性体系传导^[18]、乡村空间规划传导^[19]与生态空间管控^[20]等内容愈加成为国土空间规划实施传导的研究热点。同时,尽管《市级指南》中明确提出“指标传导”这一规划传导方式,但指标传导依然笼统地集中于规划传导体系研究,具体传导内容与路径被模糊化,对于规划核心指标到底如何进行合理层级传导的研究方法尚不成熟,以定性分析特别是原则提及居多,科学定量分解与传导仍然是当前国土空间规划指标传导的主要难点,以生态文明建设、乡村振兴与城乡融合发展等为导向的市级国土空间规划核心指标纵向传导研究亟待深化。

事实上,市域国土空间规划核心指标垂直向下传导至少隐含两个前提条件,一是市域核心指标总规模的确定,二是传导层级、主体与内容的明晰。当前,部分省份新一轮国土空间规划仍在编制与完善中,暂未下达并公布市级核心指标规模,鉴于此,本文提出“指标全域总量预测—指标空间布局模拟—指标分区分类分解”的传导技术逻辑与思路。构建“人—地—业”协调框架下国土空间利用系统动力学(SD)模型,并嵌入多准则—多目标遗传(MCE-MOP-GA)算法,耦合GeoSOS-FLUS模型实现市级国土空间规划核心指标的总量预测与分解。试图建立定性定量相结合的科学方法,为“省→市”核心指标规模下达和“市→县(区)”指标合理传导提供有效方法支撑与实现路径。案例研究以湖南省常德市为例,选择2035年为规划时点,在系统梳理市级国土空间规划指标的基础上,确定规划核心指标,探讨指标传导的影响因素及其作用机制,提出传导方案,以期常德市向县(区)的规划核心指标传导实践提供借鉴。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究思路

本文的研究思路包括市级国土空间规划核心传导指标确定、指标传导技术逻辑构建与情景模拟预测三部分：(1) 核心传导指标选择。国土空间规划体系下地市级层面首要传导指标要求体现刚性管控作用，结合《市级指南》的规划指标建议选择12个指标作为市级国土空间规划核心传导指标，包括耕地面积、城乡建设用地面积（城镇村与工矿用地）、建设用地总面积、林地面积、草地面积与湿地面积6个用地类约束性指标，永久基本农田保护面积与生态保护红线面积2个边界类约束性指标，GDP、常住人口规模、常住人口城镇化率及用水总量4个社会经济类预期/约束性指标，从而明晰传导内容。(2) 指标传导技术逻辑构建。回顾现有规划研究技术手段与方法，运用“反规划”逆向思维^[2]，剖析指标传导的影响因素及其综合作用机制，分别将系统动力学（SD）模型的需求总量预测与GeoSOS-FLUS模型的国土布局模拟作为市级国土空间规划核心指标传导技术的非空间模块与空间模块，构建“核心指标总量预测—核心指标空间布局模拟—核心指标分区分类分解”的指标传导技术逻辑（图1），合理模拟外部冲击与内部驱动影响下未来城市国土空间利用格局变化情势，实现“自上而下”宏观需求与“自下而上”微观演化相结合的市级国土空间规划核心指标权衡传导。(3) 情景模拟与预测。以常德市为实证研究区，明晰“市→县（区）”的传导层级与主体，通过对系统动力学（SD）模型与GeoSOS-FLUS模型的集成利用实现常德市核心指标总规模预测及对各县（区）指标规模的传导。

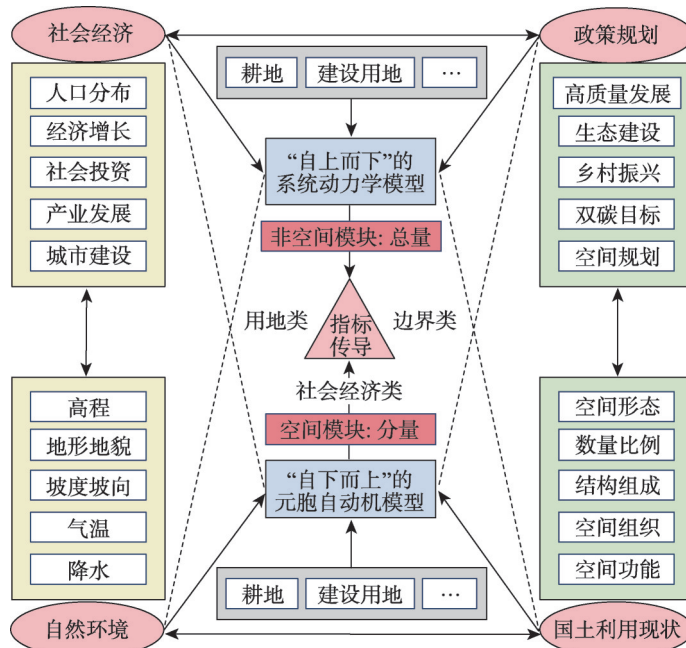


图1 市级国土空间规划核心指标传导技术逻辑

Fig. 1 The logic of city-level territory spatial planning core indicators transmission technology

1.2.3 GeoSOS-FLUS 模型

GeoSOS-FLUS模型（FLUS模型）适用于未来区域国土空间利用变化模拟研究，是地理空间布局模拟优化、辅助决策的有效模型^[30]，与SD模型相辅相成。FLUS模型内主要搭建了基于人工神经网络（ANN）的适宜性概率计算及基于自适应惯性机制的元胞自动机（CA）两个模块，其中CA模块中的自适应惯性机制引入迭代自适应调整的惯性系数与基于轮盘赌选择的土地竞争，更好地反映了微观国土空间布局变化的不确定性与复杂性，具体计算公式参见已有文献^[31,32]。FLUS模型完成目标规划年份城市国土空间利用格局的模拟预测，其中各类用地面积指标的总规模输入来自于SD模型的预测，基于SD与FLUS模型的集成利用实现常德市国土空间规划“市→县（区）”的核心指标传导（图3）。

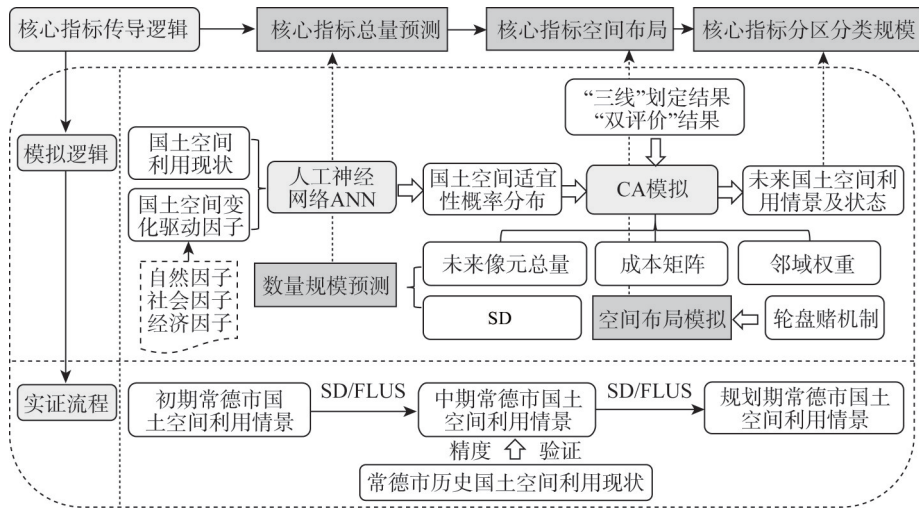


图3 基于SD模型与GeoSOS-FLUS模型集成利用的核心指标传导框架

Fig. 3 Core indicator transmission framework based on the integrated use of SD and GeoSOS-FLUS models

1.3 研究区概况

常德市位于湖南省西北部（图4），沅江下游和澧水中下游，地理坐标为110°29′~112°18′E、28°24′~30°07′N，分别与张家界市、怀化市、益阳市与湖北省毗邻，是长江经济带、环长株潭城市群及洞庭湖生态经济区的重要节点城市。全市下辖武陵区、鼎城区2个区，以及石门县、桃源县、澧县、临澧县、津市市、安乡县与汉寿县7个县（市），土地总面积约为1.82万km²。2019年，常德市实现地区生产总值3624.2亿元，三次产业结构比例为10.9：40.4：48.7，年末常住人口577.15万人，其中城镇人口为314.24万人，城镇化率为54.45%。随着全国国土空间规划体系改革与重构，常德市正在深入推进《常德市国土空间总体规划（2020—2035年）》的编制^[33]，核心指标传导直接关系市域国土空间规划的战略引领和管控实施，是形成布局合理、集约高效、支撑有力、高质量国土空间利用格局的关键环节。

1.4 数据来源与处理

研究数据涉及社会经济统计数据、土地利用数据、基础地理数据及其他数据四类。社会经济统计数据包括人口、经济、产业及生态环境等统计指标，来源于各年度《湖南省统计年鉴》《常德市统计年鉴》以及国民经济和社会发展统计公报，主要用于SD模型的构

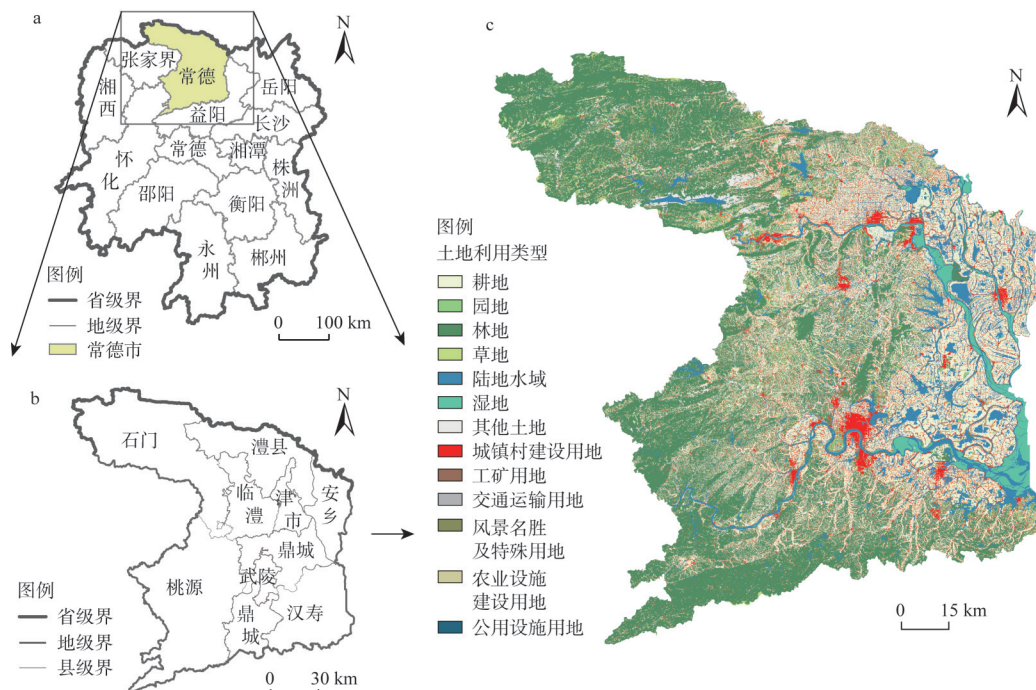


图4 研究区区位示意与土地利用现状

Fig. 4 The location of the study area and its land use status

建。土地利用数据包括2009—2018年常德市土地利用变更表、2009年与2018年常德市土地利用现状数据，栅格精度为 $100\text{ m}\times 100\text{ m}$ ，来源于常德市土地变更调查成果数据库。由于这两期土地利用现状数据是基于第二次全国土地利用数据调查的分类，为体现当前国土空间规划新要求，将其按照《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南（试行）》中的一级地类标准进行重分类，并结合《自然资源部办公厅关于规范和统一市县国土空间规划现状基数的通知（自然资办函[2021]907号）》中的国土空间功能结构调整表与研究区实际情况处理得到耕地、园地、林地等13种土地利用类型（表1），主要用于GeoSOS-FLUS模型的空间布局模拟。基础地理数据包括DEM数据、行政边界数据、道路数据、水系数据、气象数据、人口/GDP空间分布公里网格数据及POI数据等，来源于中国科学院资源环境科学数据中心（<http://www.resdc.cn/>），通过投影变换、欧式距离、地统计分析等空间分析方法进行数据处理，生成GeoSOS-FLUS模型的驱动因子。其他数据包括2018年常德市永久基本农田与生态保护红线划定成果、全国层面《市级指南》、省域层面《湖南省市县空间规划实施评估技术指南（试行）》《湖南省资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价报告》与《常德国土空间总体规划（2020—2035年）—规划大纲》等文本资料，主要来源于湖南省、常德市自然资源部门及其官方网站。

2 结果分析

2.1 基于SD模型核心指标总量预测

2.1.1 “人—地—业”协调的市级国土空间利用SD模型构建

城市未来国土空间利用状态是人地关系地域系统内部多因素综合作用的结果，在SD

表1 常德市国土空间规划传导主要用地类型

Table 1 Main types of land use in the territorial spatial planning of Changde city

一级地类	编码	二级地类	属性
耕地	X ₁	水田、水浇地、旱地	农用地
园地	X ₂	果园、茶园、其他园地	
林地	X ₃	有林地、灌木林地、其他林地	
草地	X ₄	天然牧草地、人工牧草地、其他草地	
城镇村建设用地	X ₅	城市、建制镇、村庄	建设用地
工矿用地	X ₆	采矿用地	
交通运输用地	X ₇	铁路用地、公路用地、机场用地、港口码头用地、管道运输用地	
风景名胜及特殊用地	X ₈	风景名胜及特殊用地	
农业设施建设用地	X ₉	设施农用地、农村道路	
公用设施用地	X ₁₀	水工建筑用地	
陆地水域	X ₁₁	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、沟渠、冰川及永久积雪	生态用地
湿地	X ₁₂	沿海滩涂、内陆滩涂、沼泽地	
其他土地	X ₁₃	田坎、盐碱地、沙地、裸地	

建模过程中，将国土复杂系统解构为人口、资源环境与社会经济三个主要子系统，其中人口子系统边界内重点体现城镇人口与乡村人口的变化，社会经济子系统重点刻画产业规模与粮食安全格局，资源环境子系统则着重解释土地资源与水资源的变化。将各子系统关键变量如总人口、农用地/生态用地面积、GDP、用水总量指标等作为模型存量，最终建立含存量、速率变量、辅助变量、外生变量、常数变量及表函数在内共93个变量的SD模型（图5）。模型变量间关系通过固有逻辑关系、线性回归方程、IF函数、Delay函数等方式构建，并利用模拟试验法^[34]确定相关系数。因子类外生变量自然情景下取值为1，多情景动态模拟预测中可做相应调整或修正，以应对国土空间开发与利用形势的突变性。单位工业增加值碳排放为30200 t/亿元^[35]，人均粮食需求量为4000 t/万人^[36]，经反复

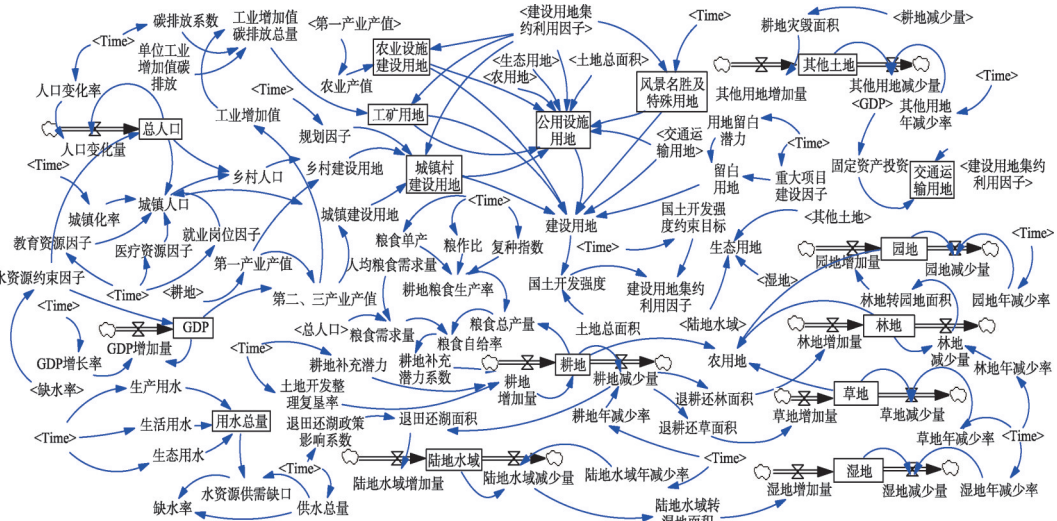


图5 “人一地一业”协调的常德市国土空间利用SD模型

Fig. 5 "Human-land-industry" coordinated SD model of Changde city's territorial spatial utilization

调试优化后确定常德市国土空间利用SD模型主要变量的方程或值(表2)。此模型不仅刻画了土地利用系统内部转换规律,还重点考虑了社会经济与人口要素变化对不同用地类型面积的动态影响,以突出“以人定地”“以产定地”的建模思想^[37],实现土地资源子系统与社会经济、人口子系统的交叉耦合与协调,为“人—地—业”协调下的常德市国土空间规划核心指标总量预测确定奠定基础。

2.1.2 SD模型精度检验

设置SD模型初始时间为2009年,结束时间为2018年,时间步长为1年,以总人口、耕地面积等16个主要变量为例,采用历史性检验分析自然情景下SD模型运行结果的置信度。从数值精度来看,历史时期各变量模拟值与真实值的误差率均在5%以内,2009—2018年各变量模拟结果的平均误差率也均在5%以内(图6),表明“人—地—业”协调的常德市国土空间利用SD模型具有较高的可靠性^[39]。其中用水总量、园地、草地、工矿用地、交通运输用地、农业设施建设用地、陆地水域与湿地平均误差率为负,即实际值小于模拟值,表明随着快速城镇化发展,城镇建设空间蔓延,园地、草地、水域及湿地等生态用地扩张趋势变弱,甚至面临缩减^[38],工矿用地、交通运输用地、农业设施建设用地

表2 “人—地—业”协调的常德市国土空间利用SD模型主要方程

Table 2 The main equations of the SD model for the use of territorial space in Changde city coordinated by "human-land-industry"

子系统	主要方程	变量性质	函数/值构建方式
人口子系统	$RP=TP-UP$	辅助变量	逻辑关系
	$UP=UR \times TP \times MRF \times EF \times ERF$	辅助变量	逻辑关系
	$TP=PC \times WRCF$	存量	逻辑关系
资源环境子系统	$WRCF=1-WSR$	辅助变量	逻辑关系
	$WSR=If \ Then \ Else \ (WSDG/TWS>0, \ WSDG/TWS, \ 0)$	辅助变量	条件函数
	$UCL=3.875(TIOV+SIOV)+4.556 \times UP+14152.5$	辅助变量	线性回归
	$ALFP=MCI \times GR \times GYPU$	辅助变量	逻辑关系
	$TGO=AL \times ALFP$	辅助变量	逻辑关系
	$IML=(-5.909e-006 \times TIAVCE+3922.5) \times CLIUF$	辅助变量	线性回归
	$AFCL=(7.2237 \times AOV+19052) \times CLIUF$	辅助变量	线性回归
	$CLIUF=DELAY \ FIXED \ \{If \ Then \ Else \ \{LDI>LDICT, \ [1-(LDI-LDICT)/LDICT], \ 1\}, \ 1, \ 1\}$	辅助变量	延迟函数
	$TL=(1.0915 \times FAI+9087.8) \times CLIUF$	辅助变量	线性回归
	$RCL=-16.7386 \times RP-9.84063 \times PIOV+123851$	辅助变量	线性回归
	$TIAVCE=CEC \times IAV \times PUIAVCE$	辅助变量	逻辑关系
$PUIAVCE=30200$	常量	—	
社会经济子系统	$PCFD=4000$	常量	—
	$FAI=0.9337 \times GDP-685.7$	辅助变量	线性回归
	$GDP=GDPI \times WRCF$	存量	逻辑关系
	$AOV=0.9576 \times PIOV-65.495$	辅助变量	线性回归
	$IAV=0.3644 \times (TIOV+SIOV)+150.52$	辅助变量	线性回归
	$PIOV=0.0186 \times AL-9036.6$	辅助变量	线性回归

注:参考已有研究^[38],变量命名规则采用英译首字母,并对性质(面积/体积/质量等)相同的变量进行单位统一转换。

增长变缓，产业发展转型加快，交通建设优化；其他决策变量平均误差率为正，表明城镇村建设用地、耕地等相关用地供应较为充足，满足常德市国土空间开发利用需求。

2.1.3 MCE-MOP-GA算法构建

仿真模拟时通过调用 Vensim 仿真模拟平台的 Reality Check 模块，借助影子变量将 MCE-MOP-GA 算法遗传准则与目标输入 SD

模型多重视图中，具体算法与规则见表3。MCE-GA算法共涉及6类19条准则，包括15条约束性准则、4条适宜性准则，约束性准则分别体现土地总面积保持不变、农业生产/景观保障、人口承载保障、工矿生产保障、交通运输保障、特殊用途保障、设施建设空间保障、生态本底保护及突发空间需求保障等，适宜性准则分别体现土地可持续利用、城乡融合发展、集约型土地/水资源利用等要求，多准则评价条件阈值主要参考曹帅等^[40]研究、国际公认相关标准与常德市国土开发与利用实际情况而定。MOP-GA算法共涉及3个目标，即经济、生态与社会价值的追求，主要取决于用地类决策变量的效益系数。在SD模型运算中，优先获取MCE-GA算法的结果，继而确定常德市国土空间规划核心指标总量及相应目标效益，获取“本级区域→下级区域”层级传导中本级区域核心指标规模，即市对下级县（区）进行核心指标传导的总量（表3）。

2.1.4 核心指标总量预测

由于决策变量受社会经济、人口与政策等因素的复杂多维影响，为体现常德市高质量转型发展、洞庭湖生态经济区建设、“双碳”目标等发展方向，基于“三生”视角与“人—地—业”协调国土空间利用SD模型的综合考量，分别以GDP增长率、城镇化率与人均粮食需求量、单位工业增加值碳排放与农/生态用地年减少率表征城市“三生”系统的综合发展（表4）。其中，GDP增长率与城镇化率结合李标等^[43]、Gu等^[44]对未来中国经济与城镇化发展研究、《常德市国民经济和社会发展规划第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》及常德市实际发展情况动态化设定，到2035年常德市城镇化率达70%；人均粮食需求量目前约400 kg/人，进入全面小康社会后目标为437 kg/人^[45]，粮食安全得以保障；单位工业增加值碳排放量参考赵永斌等^[35]对中国碳市场配额分配的研究分阶段取值，且CO₂排放量在2030年左右达到峰值；农/生态用地年减少率分别依据常德市历史时期年均变化幅度进行趋势动态预测，以突出常德西洞庭湖生态保护与美丽中国建设，实现核心传导指标总量的合理预测。

经MCE-MOP-GA算法对“人—地—业”协调框架下常德市国土空间利用SD模型模拟预测结果的综合分析（表5）可知，2035年常德市国土空间利用的目标经济、生态与社会效益分别为11693.72亿元、1055.18亿元与245.34亿元，综合效益达12994.25亿元，相比2018年常德市国土空间利用现状提高207.75%。从国土空间规划核心传导指标来看，2035年用地类指标中林地、草地与湿地面积有所下降，耕地、城镇建设用地与建设用地规模均有所扩张；边界类指标分别受耕地面积与生态功能用地面积变化影响，但总

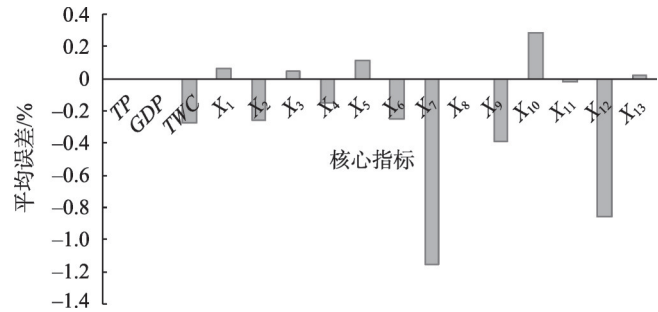


图6 2009—2018年主要变量模拟结果平均误差率
Fig. 6 The average error rate of the simulation results of the main variables from 2009 to 2018

表3 2035年常德市国土空间利用的MCE-MOP-GA算法与规则

Table 3 The MCE-MOP-GA algorithm and rules for the utilization of land space in Changde city in 2035

名称	序号	决策因素	表达式	性质
经济效益目标	MOP ₁	各类用地 (X_1, X_2, \dots, X_{13})	$12.96X_1+71.56X_2+1.1X_3+142.02X_4+489.06(X_5+X_6+X_8+X_9+X_{10})+238.97X_7+6.57X_{11}$	预期性
生态效益目标	MOP ₂	各类用地 (X_1, X_2, \dots, X_{13})	$2.24X_1+4.72X_2+7.09X_3+2.35X_4+0.14(X_5+X_6+X_7+X_8+X_9+X_{10}+X_{13})+14.91X_{11}+20.34X_{12}$	预期性
社会效益目标	MOP ₃	各类用地 (X_1, X_2, \dots, X_{13})	$X_1+0.17(X_3+X_4)+8.14(X_5+X_6+X_7+X_8+X_9+X_{10})$	预期性
总量恒定准则	MCE ₁	土地总面积 (S)	$X_1+X_2+\dots+X_{13}+BL=S$	约束性
发展趋势准则	MCE ₂	耕地面积 (X_1)	$X_1 \geq$ 规划耕地保有量	约束性
	MCE ₃	园地面积 (X_2)	0.8×2009 年初始值 $\leq X_2 < 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₄	林地面积 (X_3)	$X_3 \geq$ 规划林地保有量	约束性
	MCE ₅	草地面积 (X_4)	0.8×2009 年初始值 $\leq X_4 < 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₆	城镇村建设用地面积 (X_5)	$X_5 \geq 1.2 \times 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₇	工矿用地面积 (X_6)	0.8×2009 年初始值 $\leq X_6 < 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₈	交通运输用地面积 (X_7)	$X_7 > 1.5 \times 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₉	风景名胜及特殊用地面积 (X_8)	$X_8 > 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₁₀	农业设施建设用地面积 (X_9)	$X_9 > 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₁₁	公用设施用地面积 (X_{10})	0.9×2009 年初始值 $\leq X_{10} \leq 1.1 \times 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₁₂	陆地水域面积 (X_{11})	0.9×2009 年初始值 $\leq X_{11} < 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₁₃	湿地面积 (X_{12})	0.8×2009 年初始值 $\leq X_{12} < 2009$ 年初始值	约束性
	MCE ₁₄	其他土地面积 (X_{13})	0.9×2009 年初始值 $\leq X_{13} < 2009$ 年初始值	约束性
	留白准则	MCE ₁₅	留白用地 (BL)	$BL \geq$ 规划战略留白
可持续准则	MCE ₁₆	土地可持续利用综合指数 (LSI)	$0.3 \leq LSI \leq 1$	适宜性
协调准则	MCE ₁₇	城乡用地比例 ($RURL$)	$0.2 \leq RURL \leq 0.5$	适宜性
集约准则	MCE ₁₈	土地开发强度 (LDI)	$LDI \leq 0.15$	适宜性
	MCE ₁₉	水资源开发利用效率 (RW)	$RW < 0.4$	适宜性

注：相关2035年规划值参考《常德市国土空间总体规划（2020—2035年）—规划大纲》及《湖南省资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价报告》；土地可持续利用综合指数（ LSI ）主要以人口与GDP增长弹性系数表征并评价^[41]；土地开发强度（ LDI ）阈值参照国际国土开发生态宜居标准；水资源开发利用效率（ RW ）阈值参照国际水资源开发利用警戒线^[42]。

表4 常德市未来发展情景设定

Table 4 Setting of Changde city's future development scenarios

变量	2019—2020年均值	2021—2025年均值	2026—2030年均值	2031—2035年均值
GDP增长率/%	7.745	7.500	7.000	6.526
城镇化率/%	55.12	60.05	65.03	68.55
人均粮食需求量/(kg/人)	400	437	437	437
单位工业增加值碳排放/(t/亿元)	23800	18300	14300	14300
农用地年减少率/%	0.12974	0.11451	0.09564	0.07988
生态用地年减少率/%	0.17145	0.14670	0.11710	0.09348

体保持“只增不减”的要求，并在规划核心指标分区分类传导中落实；社会经济类指标方面，2035年常德市总人口相比2018年增长0.38%，城镇人口增加32.22%，GDP达10883.4亿元，与常德市2035年迈入“万亿俱乐部”的远景目标一致，用水总量相比

表5 基于SD模型的2035年核心传导指标总量预测结果

Table 5 Forecast results of the total core transmission indicators in 2035 based on the SD model

核心传导指标	预测结果	核心传导指标	预测结果	核心传导指标	预测结果
UP/万人	409.47	TWC/亿m ³	46.79	URCL/hm ²	176991.45
TP/万人	584.96	X ₁ /hm ²	508167.00	CL/hm ²	223981.08
PPUR/%	70.00	X ₃ /hm ²	709550.00	X ₁₂ /hm ²	45735.60
GDP/亿元	10883.40	X ₄ /hm ²	25377.40		

2018年上升13.98%，符合常德市发展实际情况。核心指标总量预测科学性与精准性的有效提升，为“省→市”核心指标规模下达提供有效方法支撑，奠定了“市→县（区）”核心指标传导的总量基础。

2.2 基于FLUS模型的核心指标布局模拟

2.2.1 驱动因子选择

土地作为国土空间的实际载体，地块“自下而上”的微观演化影响核心指标空间布局，充分考虑常德市发展现状及生态保护发展方向，对接常德市“双评价”结果，从自然环境、社会经济与区位可达性三方面选取高程（DEM）、坡度（PD）、坡向（PX）、年均降水量（NJSL）、年均气温（NJQW）、生物多样性（SWDYX）、耕地质量（GDZL）、土层厚度（TCHD）、土壤质地（TRZD）、距公路距离（JGLJL）、距铁路距离（JTLJL）、距水系距离（JSXJL）、距交通枢纽距离（JJTSNJL）、距中心城区距离（JZXCQJL）、距农村居民点距离（JNCJMDJL）、GDP、POI密度（POIMD）^[46]与人口密度（RKMD）18个驱动因子（图7），借助CLUE-S模型的File Converter工具对常德市国土空间变化驱动因子进行格式转换完成Logistic回归分析，通过ROC（Relative Operating Characteristics）评价可知（图8），除草地的ROC值略小于0.7以外，其他地类的ROC值均大于0.7，表明所选的18个驱动因子可较好地解释常德市国土空间开发利用格局的变化^[47]。

2.2.2 空间格局模拟

将驱动因子导入GeoSOS-FLUS模型中，通过ANN训练得到常德市国土空间开发利用适宜性概率图层，为基于自适应惯性机制的CA模块模拟提供基础。设置基本环境参数，目标规划年份的用地总量源于SD模型决策变量的预测，并加载常德市永久基本农田与生态保护红线作为限制因子，邻域权重与模拟成本转换矩阵参考梁迅等^[48]、王旭等^[49]学者的研究，分别着重体现不同土地利用类型的扩张强度与生态空间保护及管控，得到2018年和2035年常德市国土空间开发与利用格局模拟结果（图9）。经与2018年常德市国土空间实际利用格局比对分析可知，Kappa系数为0.95，总体精度达0.97，FoM系数为0.03，表明FLUS模型模拟的精度较高^[50]，2035年常德市国土空间格局模拟结果越接近未来真实发展情景，有利于从规划指标传导的角度做深入分析。

2.3 核心指标分区分类传导

因核心指标性质各异，在市域核心指标总规模确定的基础上，常德市内县（区）核心指标规模下达遵循分区分类传导原则，其中用地类指标的传导基于2035年常德市国土空间利用格局模拟结果分区统计直接获得；社会经济类指标依据各县（市、区）近年来发展趋势及特征采用比例法分配^[51]；边界类指标的分区传导较为标准化，永久基本农田保护面积指标传导首先参照不低于行政区内耕地面积的80%的标准^[52]，继而依据基期划

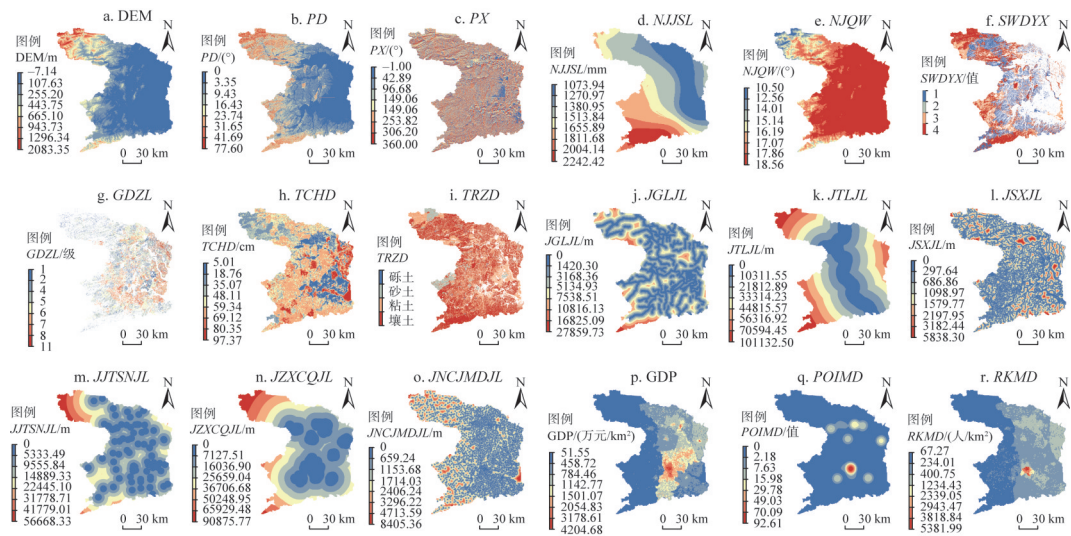


图7 常德市国土空间利用格局模拟驱动因子

Fig. 7 Simulation driving factors of territorial space utilization pattern in Changde city

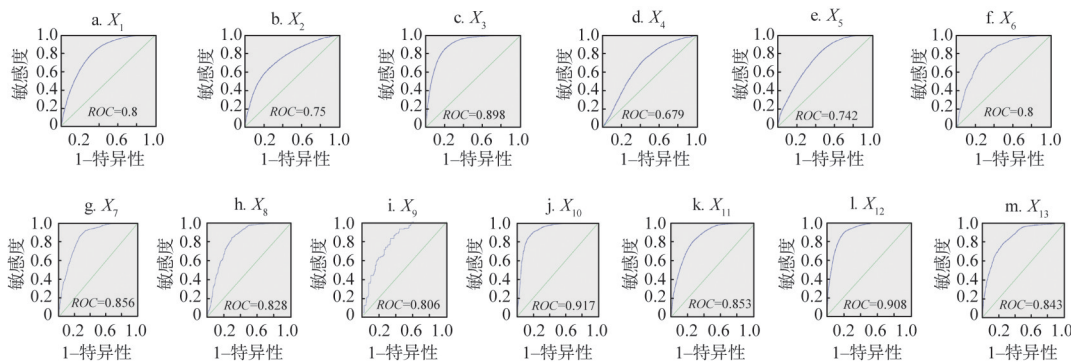


图8 基于Logistic回归分析的核心传导指标ROC曲线

Fig. 8 ROC curve of core conduction index based on logistic regression analysis

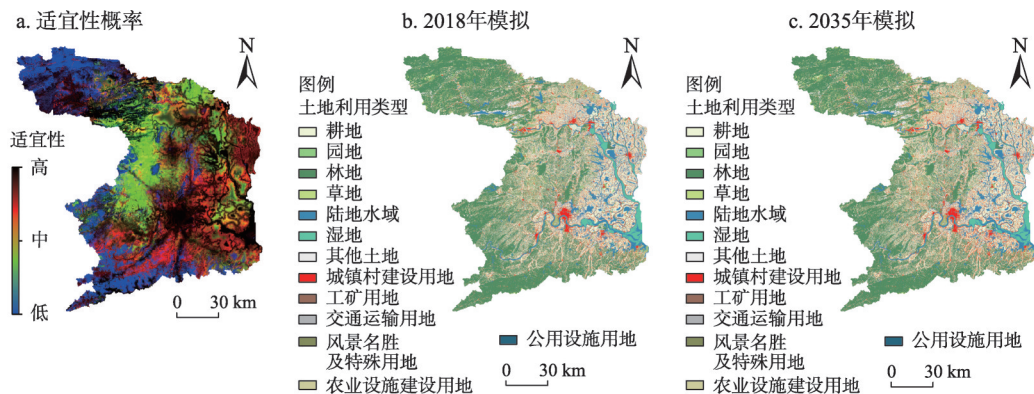


图9 常德市国土空间开发利用适宜性概率与模拟结果

Fig. 9 Suitability probability and simulation results of territorial spatial development and utilization in Changde city

定现状秉持“只增不减”的原则分解，耕地面积增加的县（市、区）按照固有比例划定，耕地面积减少的县（市、区）保持基期永久基本农田保护面积，同理，生态保护红线面积主要与林地、草地、水域、湿地和其他土地等地类面积有关^[53]，采用相同方法对生态保护红线面积进行传导，最终得到各县（市、区）国土空间规划核心指标的传导结果（表6）。以耕地面积和建设用地面积两个指标为例分析，研究时段常德市耕地面积呈现缓慢增加的趋势，2035年常德市耕地面积相比2018年增加0.41%，但2035年安乡县、鼎城区、汉寿县、津市与临澧县的耕地面积指标传导结果相比2018年有所下降，分别减少3.22%、1.68%、8.06%、3.5%与0.99%，其中汉寿县耕地面积减少最多。这与常德市西洞庭湖区域田园湿地风貌建设与管控有关，特别是近年来常德市以提升西洞庭湖区生态系统功能为核心，深入推进“退田还湖”工作，加强河、湖、库岸线、滩涂等湿地修复与保护，全面实施农业点/面源污染治理、闲置农用地生态景观化等工程，人为活动影响程度较强的耕地农作减少，生态空间缩减趋势变缓，仅为0.9%；而武陵区、石门县、澧县和桃源县的耕地面积略微增加，其中桃源县与澧县为国家级农产品主产区，耕地面积相比2018年分别增长5.72%与1.89%，永久基本农田保护面积也相应增加。建设用地

表6 2035年常德市国土空间规划核心指标传导结果

Table 6 Transmission results of core indicators of Changde's territory spatial planning in 2035

核心指标	年份	武陵区	鼎城区	安乡县	汉寿县	澧县	临澧县	桃源县	石门县	津市
PPUR/%	2018	90.7	53.1	44.7	42.6	47.7	48.7	42.6	46.9	67.7
	2035	96.3	71.8	61.8	63.0	63.2	65.0	67.3	65.0	77.1
TP/万人	2018	74.6	82.8	53.2	81.1	78.1	43.0	85.1	58.7	26.2
	2035	74.5	82.6	53.3	81.2	78.5	43.3	85.9	59.7	26.1
GDP/万元	2018	1416.8	340.8	193.0	297.7	358.0	178.2	368.7	278.2	158.2
	2035	4197.3	1049.2	593.3	905.8	1103.1	556.8	1136.9	856.6	484.4
TWC/万 m ³	2018	30677.0	48374.0	39373.0	47362.0	46081.0	25780.0	55643.0	81909.0	14374.0
	2035	42187.5	60938.2	49757.9	58452.0	58917.5	33943.4	69667.2	76220.6	17808.9
X ₁ /hm ²	2018	10226.8	86992.3	52571.3	70243.4	74446.3	44837.7	96154.2	48486.5	22134.5
	2035	10557.5	85529.7	50876.0	64584.6	75856.5	44393.4	101656.5	53353.9	21358.8
X ₃ /hm ²	2018	5228.1	68636.4	752.2	42518.6	41516.4	37073.9	259097.8	257493.3	8999.5
	2035	5359.0	65982.6	443.6	40740.7	40703.8	36744.4	255148.2	255325.6	9102.1
X ₄ /hm ²	2018	149.6	468.1	404.4	1671.2	4501.2	2643.7	2852.1	15525.9	671.3
	2035	110.3	261.1	401.9	1507.1	3455.7	2143.2	2237.4	14839.1	421.6
URCL /hm ²	2018	12142.2	22240.7	10447.0	21213.8	22228.8	12507.7	26186.6	15814.4	6454.2
	2035	14679.1	25904.7	13494.8	27457.6	26402.0	14858.9	29823.7	17446.7	6924.0
CL/hm ²	2018	14680.3	30186.8	15749.9	26893.5	28661.0	15752.9	33299.1	20064.5	8136.0
	2035	19451.6	37628.8	18842.7	29723.5	31849.2	17766.2	39607.4	20653.8	8457.9
X ₁₂ /hm ²	2018	788.0	4740.6	7336.6	19833.2	8917.3	1467.2	2467.8	1306.4	2044.2
	2035	719.1	4190.6	7093.2	18452.0	8620.9	1224.7	2510.9	1043.8	1880.5
PBFPA /hm ²	2018	8437.1	72377.6	45384.8	59812.2	64448.1	38479.7	84048.3	41601.5	18898.5
	2035	8710.0	72377.6	45384.8	59812.2	65669.0	38479.7	88858.0	45777.7	18898.5
EPRLA /hm ²	2018	1922.0	4366.0	5878.0	38540.0	32354.0	14260.0	97205.0	129728.0	5763.0
	2035	2056.0	4366.0	5878.0	38540.0	32354.0	14260.0	97205.0	134330.5	5763.0

面积指标方面,所有县(市、区)的建设用地规模均有增加,其中武陵区作为国家级重点开发区与中心城区,2035年建设用地面积指标相比2018年增加32.5%,为常德市城镇建设空间规模扩张最大的行政区,未来应注意国土空间集约利用。整体来看,核心指标分解结果较为合理,契合常德市主体功能区建设方向,为常德市国土空间近期规划核心指标传导实践提供方案支撑。

3 结论与讨论

3.1 结论

针对当前市级国土空间规划指标传导研究不充分、不精细的背景,本文遵循“核心传导指标选择→指标传导技术逻辑构建→情景模拟与预测”的总体研究思路,对2035年规划期常德市进行“市→县(区)”层级的国土空间规划核心指标传导,具体研究结论如下:

(1) 市级国土空间规划核心指标分配受区域自然环境、社会经济、政策规划与国土利用现状等因素的复杂综合影响,指标传导需考虑地市宏观发展需求与土地微观演化的双重作用。在充分衔接上位规划部分核心指标下达规模基础上,遵循“指标全域总量预测—指标空间布局模拟—指标分区分类分解”的传导技术逻辑,在SD与GeoSOS-FLUS模型耦合集成应用过程中,通过调整模型结构、修正遗传算法、优化关键参数等方式,可有效实现市级国土空间规划核心指标“自上而下”与“自下而上”相结合的科学权衡传导。

(2) 城市未来国土空间开发利用格局是人地关系地域系统多要素综合作用的结果。基于常德市未来发展方向与趋势,通过构建内嵌MCE-MOP-GA算法的国土空间利用SD模型对2035年常德市国土空间规划核心指标规模进行预测,预测结果相应的国土利用综合效益达12994.25亿元,相比2018年提升207.75%,为常德市国土空间规划核心指标“市→县(区)”层级的传导提供了合理有效的总量支撑。

(3) 从核心指标传导结果来看,常德市各县(市、区)社会经济类指标除常住人口规模指标外总体保持增长趋势,边界类指标实现“只增不减”,用地类指标变化各异。以耕地面积与建设用地面积为例,2035年常德市东部安乡县、鼎城区、津市与汉寿县的耕地面积因西洞庭湖区域田园湿地风貌建设与管控有所减少,桃源县与澧县等国家级农产品主产区耕地面积有所增加,武陵区作为国家级重点开发区与常德市中心城区,建设用地面积指标扩张最大,用地类指标分解总体契合常德市主体功能区建设方向,核心指标传导结果符合实际。

3.2 讨论

市级国土空间规划核心指标纵向层级传导作为国土空间规划实施传导的重要内容,具有较强的不确定性与复杂性,某种角度上也是人—地主体发展博弈的过程。耕地、建设用地与用水总量规模等核心指标科学、合理、有效传导的关键是要精准处理好指标“总量”与“分量”的关系,即对“自上而下”的宏观发展需求与“自下而上”的微观土地演化的有效权衡,避免供需失衡与空间冲突。本文的创新点在于提出了偏实施性市级国土空间规划“市→县(区)”核心指标传导技术逻辑,探讨了核心指标分区分类传导思路与方法,并以常德市为案例区作实证研究。但对市域核心传导指标总量的优化应愈加精细化,并积极与上位规划核心指标下达工作有效衔接,“人—地—业”协调框架下的

市级国土空间利用SD建模与FLUS模型驱动因子的选择也有待完善, 还需要强化总体规划→专项规划/详细规划的横向传导研究。此外, 空气环境质量达标率、城镇登记失业率、道路网密度等特殊指标在现有国土利用规划模型的空间传导模块还存在技术难点, 有待研发专项模型与软件, 国土空间规划数据库/平台建设、城市体检与国土空间格局优化等成为未来国土空间规划核心指标传导研究的重要方向。

参考文献(References):

- [1] 《城市规划学刊》编辑部. “构建统一的国土空间规划技术标准体系: 原则、思路和建议”学术笔谈(一). 城市规划学刊, 2020, (4): 1-10. [The UPF Editorial Department. Symposium on the construction of a unanimous technical standard system for national territory development planning: Principles, ideas, and suggestionI. Urban Planning Forum, 2020, (4): 1-10.]
- [2] 汪毅, 何森. 新时期国土空间用途管制制度体系构建的几点建议. 城市发展研究, 2020, 27(2): 25-29, 90. [WANG Y, HE M. Suggestions on the construction of the space use control system in the New Period. Urban Development Studies, 2020, 27(2): 25-29, 90.]
- [3] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见, http://www.gov.cn/zhengce/2019-05-23/content_5394187.htm, 2019-05-23. [The Central People's Government of the PRC. Several opinions of the Central Committee of the Communist Party of China on establishing a land and space planning system and supervising implementation, http://www.gov.cn/zhengce/2019-05-23/content_5394187.htm, 2019-05-23.]
- [4] 刘松龄, 魏清泉, 黄慧明. 国土空间规划体系下区域协调规划编制思考: 以广州市为例. 城市规划, 2021, 45(4): 33-40. [LIU S L, WEI Q Q, HUANG H M. Thoughts on regional coordination planning under the national space planning system: Taking Guangzhou as an example. City Planning Review, 2021, 45(4): 33-40.]
- [5] 胡海波, 唐小龙. 国土空间规划多元传导机制构建: 基于南通地区多层次规划实践的探索. 城乡规划, 2021, (z1): 38-48. [HU H B, TANG X L. Construction of multi-transmission mechanism of territorial space planning: Based on the exploration of multi-level planning practice in Nantong. Urban and Rural Planning, 2021, (z1): 38-48.]
- [6] 崔树强, 朱佩娟, 周国华, 等. “三生”视角下的城市空间功能变化及调控路径: 以长沙市为例. 长江流域资源与环境, 2020, 29(8): 1733-1745. [CUI S Q, ZHU P J, ZHOU G H, et al. Urban spatial function change and regulation path from the perspective of "production-living-ecological": Taking Changsha city as an example. Resources and Environmet in the Yangtze Basin, 2020, 29(8): 1733-1745.]
- [7] 周国华, 彭佳捷. 空间冲突的演变特征及影响效应: 以长株潭城市群为例. 地理科学进展, 2012, 31(6): 717-723. [ZHOU G H, PENG J J. The evolution characteristics and influence effect of spatial conflict: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration. Progress in Geography, 2012, 31(6): 717-723.]
- [8] 彭佳捷, 周国华, 唐承丽, 等. 基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度: 以长株潭城市群为例. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1507-1519. [PENG J J, ZHOU G H, TANG C L, et al. The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security: A case study of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Urban Agglomeration. Journal of Natural Resources, 2012, 27(9): 1507-1519.]
- [9] 姚凯, 杨颖. 市级国土空间规划的统筹与传导实践探索. 南方建筑, 2021, (2): 34-38. [YAO K, YANG Y. Exploration of the coordinating and communication practice of municipal land space planning. South Architecture, 2021, (2): 34-38.]
- [10] 张晓玲, 吕晓. 国土空间用途管制的改革逻辑及其规划响应路径. 自然资源学报, 2020, 35(6): 1261-1272. [ZHANG X L, LYU X. Reform logic of land spatial use control and its planning response path. Journal of Natural Resources, 2020, 35(6): 1261-1272.]
- [11] FEDERICO S. The governability of national spatial planning: Light instruments and logics of governmental action in strategic urban development. Urban Studies, 2013, 50(8): 1592-1607.
- [12] NEIL H, ALAN H, KEVIN B. Constructing the practice of 'spatial planning': A national spatial planning framework for wales. Environment and Planning C: Government and Policy, 2002, 20(4): 555-572.
- [13] 尹向东, 朱江. 面向自然资源统一管理空间规划指标体系构建. 上海城市管理, 2018, 27(4): 51-55. [YIN X D, ZHU J. Construction of spatial planning index system for unified management of natural resources. Shanghai Urban Management, 2018, 27(4): 51-55.]
- [14] 徐晶, 杨昔. 国土空间规划传导体系与实施机制探讨. 中国土地, 2020, (8): 21-24. [XU J, YANG X. Discussion on the mechanism of national land spatial planning transmission system. China Land, 2020, (8): 21-24.]

- [15] 周桢津. 市县乡级国土空间规划指标体系研究: 以长沙市为例. 南京: 南京大学, 2019. [ZHOU Z J. Research on index systems of prefecture, county and township level territorial spatial planning: A case study of Changsha. Nanjing: Nanjing University, 2019.]
- [16] 岳隽, 范朋灿. 新时期国土空间治理的价值传导与目标演进: 市县国土空间规划指标体系的响应. 热带地理, 2021, 41(4): 676-684. [YUE J, FAN P C. Value transmission and goal evolution of territorial spatial governance in the New Era: Response of the territorial spatial planning index system at the city and county scale. Tropical Geography, 2021, 41(4): 676-684.]
- [17] 李莉, 左玉强. 省级国土空间规划传导体系构建及运行机制研究. 上海城市规划, 2021, (3): 42-47. [LI L, ZUO Y Q. Study on transmission system construction and operation mechanism of provincial spatial planning. Shanghai Urban Planning Review, 2021, (3): 42-47.]
- [18] 黄颖, 许旺土, 黄凯迪. 面向国土空间应急安全保障的控制性详细规划指标体系构建: 以应对突发公共卫生事件为例. 自然资源学报, 2021, 36(9): 2405-2423. [HUANG Y, XU W T, HUANG K D. Construction of index system of regulatory detailed planning for emergency security of territorial space: To deal with public health emergencies as an example. Journal of Natural Resources, 2021, 36(9): 2405-2423.]
- [19] 袁源, 赵小风, 赵雲泰, 等. 国土空间规划体系下村庄规划编制的分级谋划与纵向传导研究. 城市规划学刊, 2020, (6):43-48. [YUAN Y, ZHAO X F, ZHAO Y T, et al. The hierarchical scheme and the vertical transmission of village planning within the national territorial spatial planning system. Urban Planning Forum, 2020, (6): 43-48.]
- [20] LU H J. Exploration and research on territorial space planning from the perspective of ecological civilization: Taking Yongan town, Chengdu as an example. Open Access Library Journal, 2021, 8: 1-8.
- [21] 俞孔坚, 李迪华, 刘海龙. “反规划”途径. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 18-19. [YU K J, LI D H, LIU H L. Approaches to Negative Planning. Beijing: China Architecture and Building Press, 2005: 18-19.]
- [22] 田贺, 梁迅, 黎夏, 等. 基于SD模型的中国2010—2050年土地利用变化情景模拟. 热带地理, 2017, 37(4): 547-561. [TIAN H, LIANG X, LI X, et al. Simulating multiple land use scenarios in China during 2010-2050 based on System Dynamic model. Tropical Geography, 2017, 37(4): 547-561.]
- [23] GENG B, ZHENG X, FU M. Scenario analysis of sustainable intensive land use based on SD model. Sustainable Cities and Society, 2017, 29: 193-202.
- [24] 王昊煜, 高培超, 谢一茹, 等. 基于改进型NSGA-II算法的西宁市土地利用多目标优化. 地理与地理信息科学, 2020, 36(6): 84-89. [WANG H Y, GAO P C, XIE Y R, et al. Multi-objective optimization of land use based on improved NSGA-II algorithm. Geography and Geo-Information Science, 2020, 36(6): 84-89.]
- [25] 杨俊, 张永恒, 葛全胜, 等. 基于GA-MCE算法的不规则邻域CA土地利用模拟. 地理研究, 2016, 35(7): 1288-1300. [YANG J, ZHANG Y H, GE Q S, et al. Simulation of irregular neighborhood CA based on GA-MCE algorithm. Geographical Research, 2016, 35(7): 1288-1300.]
- [26] 黄迎春, 杨伯钢, 张飞舟, 等. 基于同类城市建设目标的北京市土地利用结构优化. 农业工程学报, 2016, 32(4): 217-227. [HUANG Y C, YANG B G, ZHANG F Z, et al. Optimization of Beijing land use structure optimization based on target city construction target. Transactions of the CSAE, 2016, 32(4): 217-227.]
- [27] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196. [XIE G D, LU C X, LENG Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.]
- [28] 邓楚雄, 钟小龙, 谢炳庚, 等. 洞庭湖区土地生态系统的服务价值时空变化. 地理研究, 2019, 38(4): 844-855. [DENG C X, ZHONG X L, XIE B G, et al. Spatial and temporal changes of land ecosystem service value in Dongting Lake area in 1995-2015. Geographical Research, 2019, 38(4): 844-855.]
- [29] 单娜娜, 刘卫东, 赖波, 等. 基于SMOP模型的耕地保护目标决策研究. 自然资源学报, 2010, 25(5): 766-777. [SHAN N N, LIU W D, LAI B, et al. The study on total area of cultivated land decision-making based on SWOP model. Journal of Natural Resources, 2010, 25(5): 766-777.]
- [30] 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. Landscape and Urban Planning, 2017, 168: 94-116.
- [31] 黎夏, 李丹, 刘小平. 地理模拟优化系统(GeoSOS)及其在地理国情分析中的应用. 测绘学报, 2017, 46(10): 1598-1608. [LI X, LI D, LIU X P. Geographic simulation optimization system (GEOSOS) and its application in geographic national analysis. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2017, 46(10): 1598-1608.]
- [32] 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. 江苏农业学报, 2021, 37(3): 667-675. [WANG X R, PAN P P, WANG X X, et al. Simulation of land use landscape pattern based on Geosos-Flus model. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2021, 37(3): 667-675.]

- [33] 常德日报. 我市启动国土空间规划编制工作, https://www.changde.gov.cn/cdzc/cdyw/content_741546.html. [Changde Daily. Our city starts the compilation of territorial spatial planning, https://www.changde.gov.cn/cdzc/cdyw/content_741546.html.]
- [34] YE N, GAO Q, ZHAO B Y. Analysis on the optimal path of economy-energy system in Fujian province based on SD model. *Academic Journal of Humanities & Social Sciences*, 2020, 3(5): 117-134.
- [35] 赵永斌, 丛建辉, 杨军, 等. 中国碳市场配额分配方法探索. *资源科学*, 2019, 41(5): 872-883. [ZHAO Y B, CONG J H, YANG J, et al. An innovative allowance allocation method in China's unified national emissions trading scheme. *Resources Science*, 2019, 41(5): 872-883.]
- [36] 徐建玲, 查婷俊. 基于城镇化视角的省域粮食安全研究: 以江苏省为例. *资源科学*, 2014, 36(11): 2353-2360. [XU J T, ZHA T J. Research on provincial food safety based on urbanization: Taking Jiangsu province as an example. *Resources Science*, 2014, 36(11): 2353-2360.]
- [37] 张韶月, 刘小平, 闫士忠, 等. 基于“双评价”与 FLUS-UGB 的城镇开发边界划定: 以长春市为例. *热带地理*, 2019, 39(3): 377-386. [ZHANG S Y, LIU X P, YAN S Z, et al. Based on "Double Evaluation" and town development boundary of FLUS-UGB: Taking Changchun city as an example. *Tropical Geography*, 2019, 39(3): 377-386.]
- [38] 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. *自然资源学报*, 2021, 36(4): 1062-1084. [CAO Q W, GU C L, GUAN W H. China urbanization SD model and simulation based on land use. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(4): 1062-1084.]
- [39] 易阿岚, 孙清, 王钧. 基于 SD 模型的上海市湿地生态系统服务变化过程与情景研究. *生态学报*, 2020, 40(16): 5513-5524. [YI A L, SUN Q, WANG J. Research on change process and scenario of Shanghai wetland ecosystem service based on SD model. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(16): 5513-5524.]
- [40] 曹帅, 金晓斌, 杨绪红, 等. 耦合 MOP 与 GeoSOS-FLUS 模型的县级土地利用结构与布局复合优化. *自然资源学报*, 2019, 34(6): 1171-1185. [CAO S, JIN X B, YANG X H, et al. Coupled MOP and GEOSOS-FLUS model county-level land use structure and layout optimization. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(6): 1171-1185.]
- [41] HAN J A W. Leisure land-use planning and sustainability in the new town of Almere: The Netherlands. *Tourism Geographies*, 1999, 1(4): 460-476.
- [42] 周玉玺, 葛颜祥, 周霞. 我国水资源“农转非”驱动因素的时空尺度效应. *自然资源学报*, 2015, 30(1): 65-77. [ZHOU Y X, GE Y X, ZHOU X. Scale effect on driving factors of agriculture-to-urban water transfers in China. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(1): 65-77.]
- [43] 李标, 齐子豪, 丁任重. 改革进程中的中国潜在 GDP 增长率: 估计及预测. *当代经济科学*, 2018, 40(6): 1-13, 126. [LI B, QI Z H, DING R Z. Estimation and prediction of China's potential economic growth on the process of reform. *Modern Economic Science*, 2018, 40(6): 1-13, 126.]
- [44] GU C L, GUAN W H, LIU H L. Chinese urbanization 2050: SD modeling and process simulation. *Science China-Earth Sciences*, 2017, 60(6): 1067-1082.
- [45] 张慧, 王洋. 中国耕地压力的空间分异及社会经济因素影响: 基于 342 个地级行政区的面板数据. *地理研究*, 2017, 36(4): 731-742. [ZHANG H, WANG Y. Spatial differentiation of cropland pressure and its socio-economic factors in China: Based on panel data of 342 prefectural-level units. *Geographical Research*, 2017, 36(4): 731-742.]
- [46] 王志远, 张考, 丁志鹏, 等. 纳入动态数据的改进 FLUS 模型在城市增长边界划定中的应用. *地球信息科学学报*, 2020, 22(12): 2326-2337. [WANG Z Y, ZHANG K, DING Z P, et al. Improved dynamic data application of FLUS model in urban growth boundary democity. *Journal of Geo-Information Science*, 2020, 22(12): 2326-2337.]
- [47] ZHANG C C, WANG P, XIONG P S, et al. Spatial pattern simulation of land use based on FLUS model under ecological protection: A case study of Hengyang city. *Sustainability*, 2021, 13(18): 10458, <https://doi.org/10.3390/su131810458>.
- [48] LIANG X, LIU X, LI X, et al. Delineating multi-scenario urban growth boundaries with a CA-based FLUS model and morphological method. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 177: 47-63.
- [49] 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. *自然资源学报*, 2020, 35(1): 230-242. [WANG X, MA B W, LI D, et al. Multi-scenario simulation and prediction of ecological space in Hubei province based on FLUS model. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 230-242.]
- [50] XU X, GUAN M, JIANG H, et al. Dynamic simulation of land use change of the upper and middle streams of the Luan River, Northern China. *Sustainability*, 2019, 18: 4909, <https://doi.org/10.3390/su11184909>.
- [51] 刘海英, 王钰. 基于历史法和零和 DEA 方法的用能权与碳排放权初始分配研究. *中国管理科学*, 2020, 28(9): 209-220. [LIU H Y, WANG Y. Research on initial allocation of energy-consuming right and CO₂-emission right based on historical method and ZSG-DEA method. *Journal of Operational Research Society*, 2020, 28(9): 209-220.]

- [52] 魏莉华. 新《土地管理法》的精神实质及其贯彻实施. 中国土地, 2019, (11): 4-8. [WEI L H. The spiritual essence of the new Land Management Law and its implement. China Land, 2019, (11): 4-8.]
- [53] 魏旭红, 开欣, 王颖, 等. 基于“双评价”的市县级国土空间“三区三线”技术方法探讨. 城市规划, 2019, 43(7): 10-20. [WEI H X, KAI X, WANG Y, et al. Discussion on the methods of "Three Zones and Three Lines" implementation at the spatial levels of city and country based on "Double Evaluations". City Planning Review, 2019, 43(7): 10-20.]

Longitudinal transmission of core indicators of municipal territory spatial planning: A case study of Changde city, Hunan province

CUI Shu-qiang^{1,2,3}, ZHOU Guo-hua^{1,3}, HE Yan-hua¹, PENG Huan-zhi¹, BI Fang-ze¹

(1. College of Geographical Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China; 2. Hunan Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Utilization, Changsha 410007, China; 3. Key Laboratory of Geographic Big Data Development and Application, Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: As a key content of the city-level territory spatial planning system, the vertical hierarchical transmission of core indicators is of great significance to the optimization of the municipal territory spatial utilization pattern and the overall planning. Considering the inadequate and imprecise research of current index transmission, following the research idea of "core transmission index selection→logical index transmission technology construction→multi-scenario simulation prediction", this paper takes Changde city as an example to study its core indicators transmission of territory spatial planning in 2035 "City→ District (County)" conduction. The results show that: (1) Based on the technical transmission logic of "indicators global total prediction-spatial layout simulation-regional classification transmission", through the comprehensive utilization of SD and GeoSOS-FLUS model, the core indicators of city-level territory spatial planning can be transmitted effectively and scientifically by combining "top-down" and "bottom-up" processing. (2) The SD model of "human-land-industry" coordination of land space utilization in Changde was constructed to obtain the total number of core indicators for territory spatial planning of this city in 2035, and the corresponding comprehensive benefits of territorial utilization will reach 1299.425 billion yuan, an increase of 207.75% compared with 2018. (3) From the indicators transmission results, the social and economic indicators of each county (county-level city, district) of Changde will maintain an overall growth trend except for the size of permanent residents in 2035. The boundary indicators will achieve "only increase but not decrease". The changes in land use indicators vary, but they are generally in line with the main body of Changde. The direction of the construction of the functional area, and the core indicator transmission results are in line with reality.

Keywords: territory spatial planning; longitudinal transmission of core indicators; SD model; GeoSOS-FLUS model; simulation prediction; Changde city