

DOI: 10.5846/stxb201912062656

冯运双,石龙宇.雄安新区生态系统服务需求空间分布格局预测.生态学报,2020,40(20):7187-7196.

Feng Y S, Shi L Y. Prediction of spatial distribution pattern of ecosystem services demand in Xiong'an New Area. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(20): 7187-7196.

雄安新区生态系统服务需求空间分布格局预测

冯运双^{1,2}, 石龙宇^{1,2,*}

1 福建农林大学生命科学学院, 福州 350002

2 中国科学院城市环境研究所 城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021

摘要:设立雄安新区是千年大计、国家大事。明晰生态系统服务需求的空间分布及时间变化趋势,有助于探究雄安新区生态系统服务对社会经济发展的促进和制约作用,支持生态系统服务管理和政策的执行。在已有对单一时间维度的生态系统服务研究基础上,增加了对时空变异性的关注,对雄安新区未来时间节点生态系统服务需求的时空分布特征进行预测,首先选取土地利用开发程度、人口密度、经济密度 3 个指标建立了生态系统服务需求预测模型,然后根据综合增长率法和地区类比法预测土地利用格局、人口密度和经济密度,最后叠加分析得到雄安新区 2035 年和 2050 年生态系统服务需求空间分布格局。预测结果表明,2035 年起步区人口密度和经济密度将大幅增加,进而带动生态系统服务需求的增加;本世纪中叶,新区人口密度和经济密度的绝对值将大幅度提高,生态系统服务需求高值区主要集中在“一主、五辅”城区范围,与城乡空间布局相呼应。基于研究结果,提出优化土地利用结构、加强白洋淀保护与修复和建设宏观-中观-微观多尺度生态基础设施几条建议,以期为未来的生态系统服务供给、生态基础设施建设和城市规划布局等提供指导。

关键词:生态系统服务需求;人口预测;GDP 预测;雄安新区

Prediction of spatial distribution pattern of ecosystem services demand in Xiong'an New Area

FENG Yunshuang^{1,2}, SHI Longyu^{1,2,*}

1 Life Sciences College of Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

2 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

Abstract: The establishment of Xiong'an New Area is a national project of millennial significance. It is of great significance for the implementation of the Coordinated Development of the Beijing-Tianjin-Hebei Region. It is intended to relieve Beijing of functions non-essential to its role as China's capital, optimize regional spatial patterns, and enhance ecosystem services and living environment in this urban agglomeration. Clarifying the spatial distribution and temporal variation trend of the demand for ecosystem services in Xiong'an New Area is helpful to explore the role of ecosystem services in promoting and restricting social and economic development, and to support the management of ecosystem services and policy implementation. Most previous studies on ecological system demand mainly focused on a single time dimension, spatiotemporal variability of ecosystem service demand is less considered. In this paper, spatial distribution pattern of ecosystem services demand in Xiong'an New Area was predicted. Firstly, three indicators of land use intensity, population density and economic density are selected to establish the predicting model. Secondly, the land use intensity, population density and economic density in Xiong'an New Area were predicted based on the comprehensive growth rate method and the regional analogy method. Finally, the demand for ecosystem services in Xiong'an New Area in 2035 and 2050 were

基金项目:国家重点研发计划课题(2018YFC0506902)

收稿日期:2019-12-06; 网络出版日期:2020-08-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lyshi@iue.ac.cn

predicted through layer- superposition analysis, and the spatial distribution pattern and temporal change trend were analyzed. The predicted results show that the demand for ecosystem services in Xiong'an New Area increases with the rapid development of the city. Its population change, economic growth and land development are closely related to the policy planning. The population density and economic density of the starting area will increase greatly in 2035, which will drive the increase of the demand for ecosystem services. In the middle of this century, the absolute value of population density and economic density will greatly improve, and the high demand for ecosystem services will be mainly concentrated in the urban area of "one main and five auxiliaries", corresponding to the urban and rural spatial layout. Based on the results, we suggest that the land use structure should be optimized, the protection and restoration of Baiyangdian should be strengthened, and macroscopic-mesoscopic-microscopic ecological infrastructure should be built, in order to guide the future ecosystem services supply, ecological infrastructure construction and urban planning layout.

Key Words: ecosystem services demand; population prediction; GDP prediction; Xiong'an New Area

生态系统服务是指生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用,包括对人类生存及生活质量有贡献的有形产品和无形服务^[1-2]。综合考虑人类基本生活对生态系统服务的消耗和偏好需求,生态系统服务需求是指被人类社会消耗(能够获得的)或者渴望得到的生态系统服务的数量和质量^[3],与土地开发的强度或人类活动的干扰程度密切相关。相关研究表明,不同区域的自然和社会经济状况不同,影响其生态系统服务供给和需求,生态系统服务供需存在空间异质性和不平衡的问题^[4-5],明晰区域的生态系统服务需求可为保护规划、土地利用规划和管理提供支持^[6]。2017年4月1日,雄安新区被中共中央、国务院设立为国家级新区,包括雄县、容城县、安新县3个县及周边部分区域,着重强调了新区规划要突出生态优先、绿色发展,作为未来生态城市标杆,雄安新区在疏解北京非首都功能和推进京津冀生态建设中战略地位重要^[7]。然而新城的建设过程中必然伴随着高强度人为建设活动对自然生态环境的干扰,容易造成生态系统脆弱,威胁区域生态系统服务的供需平衡,甚至导致生态环境问题。同时,由于城市人口的聚集和经济的发展,雄安新区对粮食供给、水资源供给、空气净化、水源涵养和文化休闲等生态系统服务的需求将不断提高,且具有空间分异特征。因此,在城市发展初期,分析预测生态系统服务需求空间特征和未来变化趋势,可为后期的生态系统服务供给、生态基础设施建设和城市规划布局等提供指导^[8],建设高标准生态城市。

目前测算生态系统服务需求的研究方法有生态系统服务供需关系矩阵法^[9-11]、生态足迹法、问卷调查法和公众参与法、模型计算法、货币价值法等^[12]。应用较多的是基于土地利用/土地覆被变化(LUCC)的生态系统服务供需关系矩阵法,即以土地利用图为基础,利用专家经验制定土地利用类型和生态系统服务供需程度的矩阵,对生态系统服务供需进行对比分析,分析结果的精确度与土地利用数据精确度密切相关,而雄安新区的发展和建设由于受政策影响较大,其土地利用变化机制与普通自然增长的城市不同,无法使用常见的CA-Markov模型进行预测,因此生态系统服务需求预测不能使用依赖于土地利用状况的供需矩阵法。生态足迹法是从物质文化、生态安全和环境质量三个方面参考可持续发展城市的标准,把人类对生态系统服务的各种需求反映在所需要的生物生产性面积上^[13-14],测算生态系统需求,但无法反映区域内部生态系统服务需求的时空异质性。公众参与法和问卷调查法是基于利益相关者的认知、支付意愿和偏好来研究生态服务需求和供给,有利于反映不同利益相关者的需求,但容易存在认知和理解偏差^[2]。货币价值法能提高人们对生态系统退化所涉及的经济风险的认识,有利于提高可比性和经济权衡评估^[6],但对于无形的服务,由于不可衡量性和对人们感知的依赖,货币价值法难以测算。目前已有的生态系统服务研究,大部分是根据现状自然和社会经济数据开展的单一时间维度的研究^[15-18],缺乏对生态系统服务时空变异性的关注。因此,本文根据研究区域特征和数据的可获取性,参考彭建等人^[19-21]的研究方法,选取社会经济指标中的土地利用开发程度、人口密度和经济密度三个指标表征生态系统服务需求,对雄安新区未来时间节点的生态系统服务需求时空分布进行预测。

由于生态系统服务需求受到社会经济条件、行为规范、人口结构的变化和技术创新等因素的影响^[3],未来时间节点的生态系统服务需求预测需要结合未来的土地利用状况和社会经济数据,因此根据雄安新区规划资料预估 2035 年和 2050 年两个关键节点的土地利用空间分布格局,使用地区类比法和综合增长率法预测 2035 年和 2050 年的人口和经济密度空间分布格局,然后空间叠加分析,预测雄安新区生态系统服务需求空间分布状况,探讨新兴城市发展过程中,人口社会经济等因素影响下的城市内部生态系统服务需求变化的空间规律,得到不同区域的生态系统服务需求的差异,指导未来城市规划和生态基础设施建设,以满足人们对生态系统服务的需求。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

雄安新区于 2017 年 4 月 1 日被中共中央、国务院设立为国家级新区,包括雄县、容城县、安新县 3 个县及周边部分区域(图 1),土地规划总面积 1770 km²,根据 2018 年公布的《河北雄安新区规划纲要》,新区远景开发强度控制在 30%,建设用地总规模约 530 km²,人口规模控制在 1 万人/km²;规划先行启动建设起步区,起步区面积约 198 km²,在起步区适当区域规划建设启动区。建设目标为到 2035 年,基本建成绿色低碳、信息智能、宜居宜业、具有较强竞争力和影响力、人与自然和谐共生的高水平社会主义现代化城市。到 21 世纪中叶,全面建成高质量高水平的社会主义现代化城市,成为京津冀世界级城市群的重要一极,集中承接北京非首都功能成效显著,为解决“大城市病”问题提供中国方案,新区各项经济社会发展指标达到国际领先水平。

生态系统服务需求预测区域:雄安新区规划范围,面积共 1770 km²;先行开发的起步区,面积约 198 km²;

预测时间节点:根据城市建设发展规律,综合考虑城市规划目标等因素,确定预测时间节点为 2035 年、2050 年。

1.2 数据来源

本文人口统计口径均为年末常住人口,雄安新区人口数据来自《保定经济统计年鉴》,深圳人口数据来自《深圳统计年鉴》,北京经济技术开发区数据来自《北京市统计年鉴》。土地利用数据是基于 Sentinel-2 数据获得的 10 m 空间分辨率的 2017 年全球土地覆被图(FROM-GLC10)^[22],人口空间分布公里网格数据和 GDP 空间分布公里网格数据来自中国资源环境科学数据中心^[23-25]。

2 研究方法

2.1 生态系统服务需求预测

综合生态系统服务变化驱动因子以及数据可获取性,本文参考彭建等人^[19,26-28]的研究方法,选取社会经济指标中与生态系统服务的需求呈现正相关关系的土地利用开发程度、人口密度、经济密度 3 个指标,综合计算反映生态系统服务需求的差异格局。其中,土地利用开发程度为建设用地面积占区域土地总面积的百分比,人口密度为每 km² 范围的人口数量,经济密度为每 km² 范围的国内生产总值,即地均 GDP。为了消除

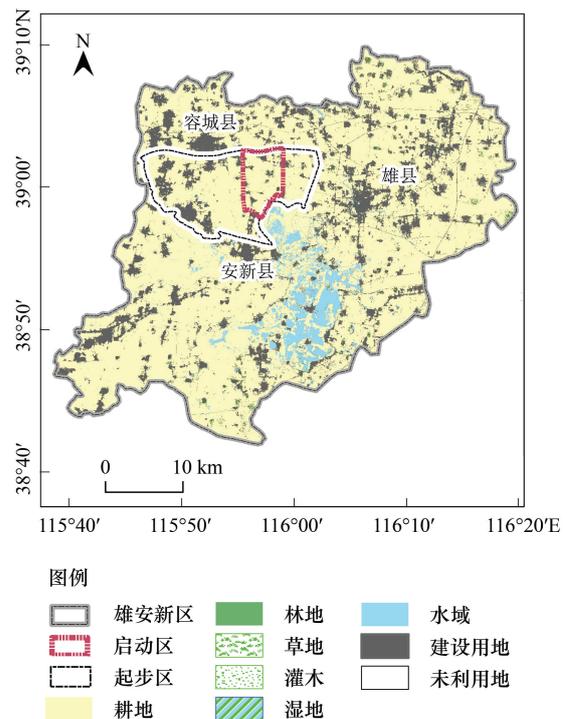


图 1 雄安新区 2017 年土地利用图

Fig.1 The land use map of Xiong'an New Area in 2017

不同县市的人口密度和经济密度的较大差异,人口密度和经济密度在统计上采用对数法^[19],预测生态系统服务需求的计算公式如下:

$$X = \lg P_i \times \lg E_i \times D_i \quad (1)$$

式中, X 代表评价单元生态系统服务需求, P_i 代表人口密度; E_i 代表经济密度; D_i 代表土地利用开发程度。

2.2 土地利用开发程度预测

基于雄安新区土地利用现状,结合《河北雄安新区规划纲要》、《河北雄安新区启动区控制性详细规划》和《河北雄安新区起步区控制性规划》等重要权威批复性文件以及相应规划示意图,将国土空间分为生态空间、城镇空间和农业空间,对雄安新区 2035 年、2050 年国土空间结构进行初步预估(图 2),在国土空间结构图的基础上,利用 Arcmap 软件进行空间分析,计算得到 1 km² 网格内,建设用地面积所占的比例。

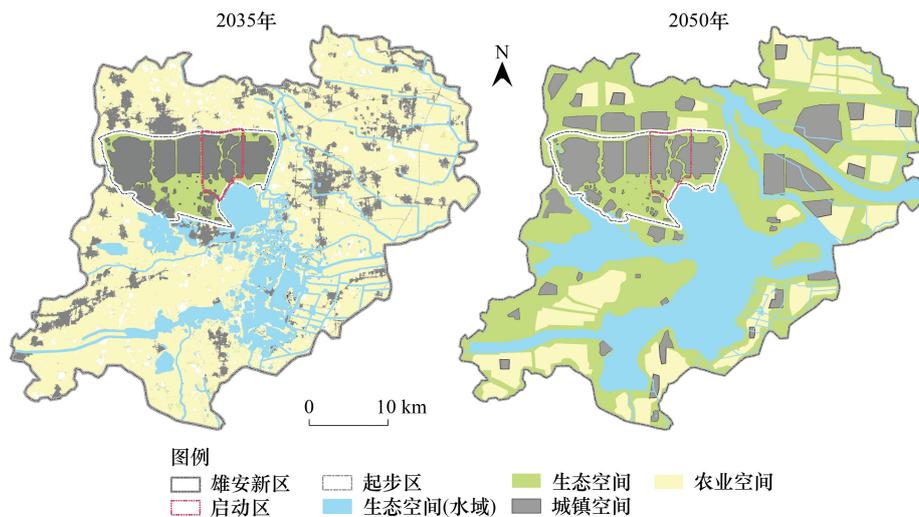


图 2 预估雄安新区国土空间结构

Fig.2 Estimated land use structure of Xiong'an New Area

2.3 人口密度预测

2.3.1 雄安新区 2035 年人口密度预测

人口增长包括自然增长和机械增长,在雄安新区的快速发展和建设过程中,雄安新区的功能定位是以疏解北京的非首都功能为主,起步区是先行启动建设的主城区,重点承接北京非首都功能疏解,由于政策原因而导致的政策内迁入人口^[29]将主要集中在起步区,人口的机械增长是影响人口规模的主要因素,非起步区人口增长在发展初期受政策影响相对较小,人口的自然增长是影响人口规模的主要因素,因此雄安新区 2035 年的常住人口预测由两部分组成。

(1) 起步区人口预测

雄安新区的定位首先是疏解北京非首都功能集中承载地,起步区主要负责承接来自北京的批发零售业、制造业、医疗卫生教育及行政管理等方面的单位机构和人口,这些人口集中于第二产业和第三产业,根据北京市的统计数据,2017 年底北京市第二产业和第三产业的从业人数分别为 192.8 万人和 1005.2 万人。在非首都功能疏解过程中,由于新区的基础设施建设需要,且基础设施等配套条件改善,对人才的吸引力及需求增加,吸引大量第二产业和第三产业从业人员迁入起步区。以 2017 年北京市从业人口规模为基数,假设由于政策原因迁入雄安新区的第二产业和第三产业人口占比分别为 30% 和 10%^[29]。

(2) 非起步区人口预测

建设初期非核心区的其他区域承接非首都功能较少,受政策影响相对较小,常住人口预测主要与现状人口空间分布情况相关,因此使用综合增长率法^[30],以预测基准年上溯 5 年的历史平均增长率为基础,预测规

划目标年城市人口,计算公式为:

$$P_n = P_0 \times (1 + k)^n \quad (2)$$

式中, P_0 表示基年人口总数, P_n 表示预测年人口数, k 表示人口规模综合增长率, n 表示年数。

2.3.2 雄安新区 2050 年人口密度预测

地区类比法是借鉴战略地位、行政级别和土地面积等发展背景相似地区的发展经验,根据参照地区的经济社会指标变化趋势规律,对相关指标进行预测^[31]。雄安新区的成立和建设被称为“千年大计、国家大事”,改革开放以来,我国陆续成立了多个经济特区及国家级新区,综合多方面发展背景特征,选取深圳为雄安新区的参照城市,参考深圳 1997 年至 2012 年的人口年平均增长率,预测雄安新区 2035 年至 2050 年期间 15 年的人口年平均增长率为 4.76%,以雄安新区 2035 年人口密度分布图为基础,在 Arcmap 软件中使用栅格计算器,根据公式 2 计算得到 2050 年雄安新区人口密度分布图。

2.4 经济密度预测

2.4.1 雄安新区 2035 年经济密度预测

创新驱动发展引领区和开放发展先行区是雄安新区发展定位的组成部分,先行启动建设的起步区重点承接北京非首都功能疏解,重点发展尖端技术产业基地,因此起步区与非起步区的经济发展状况具有空间分异特征,将雄安新区的经济密度预测主要分为两部分。

(1) 起步区经济密度预测

采用地区类比法,根据起步区产业布局为重点承接北京疏解的事业单位、总部企业、金融机构、高等院校、科研院所等功能,重点发展人工智能、信息安全、量子技术、超级计算等尖端技术产业基地,建设国家医疗中心的规划定位,参考成立于 1992 年的北京经济技术开发区发展至 2015 年 GDP 数据,预测雄安新区 2035 年建设用地地均 GDP 值 292270 万元/ km^2 ,结合每个面积为 1 km^2 的正方形网格中建设用地所占比例,利用栅格计算器工具计算得到 2035 年起步区的经济密度空间分布数据。

(2) 非起步区经济密度预测

采用平均增长率法,以 2017 年为基期,根据雄县、容县和安新县的 2012—2017 年的 GDP 年平均增长率,预测 2035 年非起步区的地均 GDP 空间分布情况,计算公式为:

$$E_n = E_0 \times (1 + k)^n \quad (3)$$

式中, E_0 表示基年地均 GDP, E_n 表示预测年地均 GDP, k 表示 GDP 年平均增长率, n 表示年数。

以雄安新区 2015 年的 GDP 空间公里网格数据为基础(注:本文预测以 2017 年为基准年,但由于 2017 年的人口和 GDP 空间数据无法获取,以 2015 年数据代替),利用 Arcmap 中的栅格计算器工具,根据公式 3 进行运算,得到 2035 年非起步区 GDP 空间分布数据。

2.4.2 雄安新区 2050 年经济密度预测

将地区类比法和综合增长率法相结合,参考北京经济技术开发区 2013—2017 年的 GDP 年平均增长率,预测雄安新区 2035 年至 2050 年的 GDP 年平均增长率为 10.57%,以雄安新区 2035 年经济密度数据为基础,利用 Arcmap 中的栅格计算器工具,根据公式 3 计算得到 2050 年雄安新区经济密度空间分布数据。

3 结果与分析

3.1 土地利用开发程度预测

根据雄安新区土地利用 2017 年数据、2035 年和 2050 年预估国土空间结构数据得到雄安新区 2017 年、2035 年和 2050 年土地利用开发程度图(图 3)。2017 年土地利用开发程度高值区分布在雄县、容城县和安新县的县城,中值区分布在农村居民点范围,低值区分布在农田和白洋淀水域范围;2035 年土地开发利用程度格局发生变化,起步区范围内建设用地增加,导致土地利用开发程度最高;2050 年土地利用开发程度高值区集中在起步区和周边几个组团范围,同时白洋淀水域面积扩大导致其周围土地利用开发程度降低。

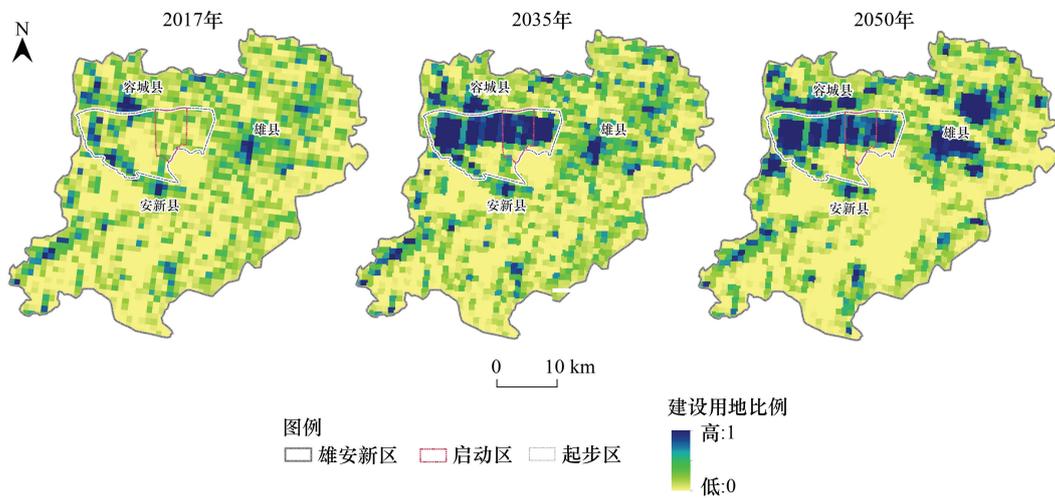


图3 土地利用开发程度

Fig.3 Land development degree

3.2 人口密度预测

雄安新区 2035 年起步区范围政策内迁入人口数量约为 158 万人,使用综合增长率法计算 2035 年非起步区人口总量约为 121 万人,雄安新区总人口为 279 万人。将地区类比法和综合增长率法相结合,预测 2050 年雄安新区人口总量约为 560 万,《河北雄安新区规划纲要》中规定新区远景开发强度控制在 30%,建设用地总规模约 530 km²,新区规划建设区人口密度控制在 1 万人/km²,预测所得 2050 年人口总量基本符合规划的人口总量要求。

人口总量根据每平方公里内建设用地所占比例分布,在 2015 年人口密度基础上得到雄安新区 2035 年和 2050 年人口密度图(图 4)。雄安新区现状人口密度整体较小,相对密度较高值区分布在雄县、容城县和安新县的县城;2035 年人口密度空间格局变化较大,高值区集中在起步区建设用地上;2050 年人口在起步区基础上,周围组团人口密度也相对增加。

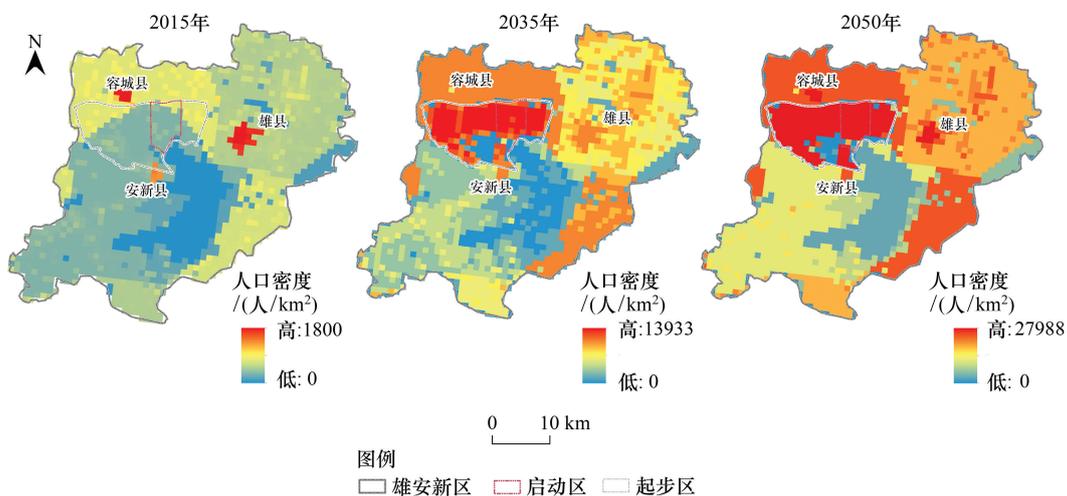


图4 人口密度

Fig.4 Population density

3.3 经济密度预测

利用地区类比法和综合增长率法,参考北京经济技术开发区的 2015 年的 GDP 年平均增长率,预测起步区范围 2035 年 GDP 总量为 2922 亿元,非起步区 GDP 总量约为 552 亿元,总量为 3475 亿元,雄安新区 2050 年 GDP 总量预测约为 15677 亿元。GDP 总量根据每平方公里内建设用地所占比例分布,在 2015 年经济密度基础上得到雄安新区 2035 年和 2050 年经济密度图(图 5)。2015 年经济密度整体较低,较高值区集中在雄县、容城县和安新县的县城;2035 年新区整体经济密度增加,高值区集中在起步区,起步区与非起步区差距变大;2050 年新区整体经济密度进一步增加,起步区地均 GDP 远远高于其他区域,人均 GDP 达到 28 万元/人,经济发展水平最高。

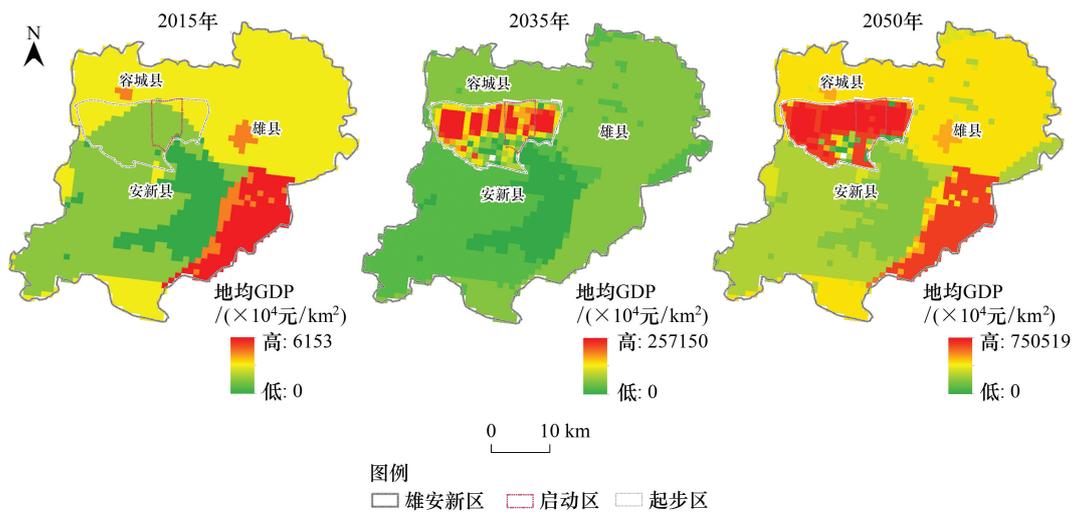


图 5 经济密度

Fig.5 Economic density

3.4 生态系统服务需求预测

基于雄安新区三个时间节点的土地利用开发程度、人口密度和经济密度的空间分布数据,得到雄安新区 2017 年、2035 年和 2050 年的生态系统服务需求图(图 6),评价结果根据生态系统服务需求从低到高颜色渐变。

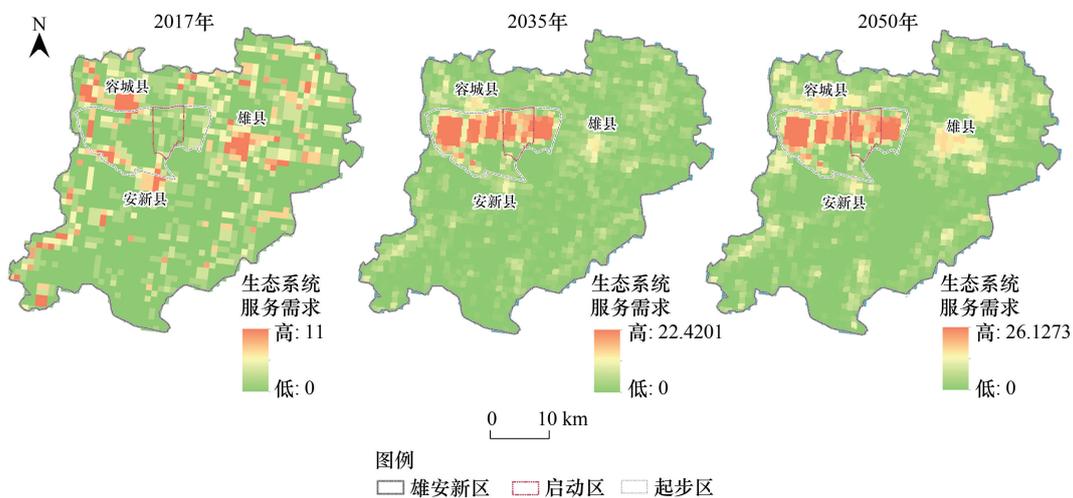


图 6 生态系统服务需求

Fig.6 Ecosystem services demand

由于雄安新区自然地理条件与经济发展存在差异,2017年人口密度和经济发展水平空间分异明显,雄县、容城县和安新县县城相比其下辖的乡镇,人口密度和经济密度较大;三县相比,安新县的人口密度和经济发展水平均最低;现有农田和白洋淀水域范围的土地利用开发程度较低,白洋淀区域由于水体和湿地的存在,人口密度小,其生态系统服务需求水平也最低。

雄安新区成立后,先行建设起步区,起步区的建设用地比例将大幅度增加,土地利用开发程度变高,大量企业、高校和科研院所迁移入驻,在人口大量流入的同时也将极大提高起步区的经济发展水平,由于承载人口工作和生活的空间多集中于建设用地,因此2035年的人口密度较高值区和经济密度较高值区均集中在起步区的建设用地范围,且起步区与非起步区的差异明显,直接影响生态系统服务需求的时空异质性,需求高值区将集中分布在起步区建设用地范围,因原容城县和雄县的人口和GDP基数较大,需求较高值区分布于起步区周围的雄县和容城县的县城等外围组团区域,需求最低值区分布在未开发建设的农田和白洋淀区域。

展望本世纪中叶,新区将全面建成高质量高水平的社会主义现代化城市,成为京津冀世界级城市群的重要一级,人口和经济发展也将成为与北京和天津相协调的重要城市,人口总量增长迅速,逐步达到稳定水平,新区各项经济社会发展指标达到国际领先水平。新区的人口密度和经济发展的绝对值大幅度提高,生态系统服务需求高值区主要集中在“一主、五辅”城区范围,与城乡空间布局相呼应。新区规划实施白洋淀生态湿地修复,淀泊水面增加,淀区恢复至360 km²左右,土地利用格局变化较大,需求低值区与淀区和耕地的分布范围密切相关,生态用地面积增加,有效平衡生态系统服务供需矛盾。

4 讨论

4.1 生态系统服务需求空间分布规律

在城市发展的不同阶段,生态系统服务需求与土地开发的强度或人类活动的干扰程度密切相关。生态系统服务需求的时空分布受到土地利用格局的影响,由于建设用地集中承载大量的人口和经济活动,因此生态系统服务需求的时空分布格局与建设用地的分布基本吻合。研究表明2035年和2050年生态系统服务需求高值区分别集中在起步区和“一主、五辅”城市组团等建设用地密集的城镇空间,生态系统服务需求低值区则集中在土地开发程度较低区域,如各县域的农业空间和白洋淀水域等生态空间。对比现有资料,《河北雄安新区规划纲要》中规划实施白洋淀生态湿地修复,淀泊水面增加,淀区恢复至360 km²左右,表明白洋淀的修复和保护至关重要,与本文观点一致,生态用地面积的增加,可有效平衡生态系统服务供需矛盾,在维持生态服务供需平衡方面具有重要意义。

基于此,本文建议优化土地利用结构,平衡新区的建设用地和生态用地比例,留有充足的生态空间,加强森林管护和城市绿地建设,以满足新区的水源涵养和空气净化等生态系统服务需求;同时,加强白洋淀的修复与保护,恢复淀区水量,保护淀区水质,加大湿地保护力度,增加野生动物栖息地,满足需求新区及其周边区域水源涵养和文化休闲等生态需求;建设宏观-中观-微观多尺度生态基础设施,建设流域-城市-场地多尺度的生态基础设施,通过保护河流生态廊道和合理布局城市绿地等措施平衡不同时间和不同空间尺度的生态系统服务需求。

4.2 研究优势与不足

以往研究在测算生态系统服务需求时,通常是基于现状数据对当前生态系统服务需求的分析,较少对未来时间节点生态系统服务需求进行预测,尤其缺少对新城的未来发展过程中生态系统服务供需的关注。本文基于雄安新区土地利用现状数据、相关重要权威批复性文件及其图件和各地的年鉴数据等,利用综合增长率法和地区类比法分别预测未来2035年和2050年雄安新区的土地利用开发程度、人口密度和经济密度的数值和空间分布格局,进而预测雄安新区2035年和2050年生态系统服务需求空间分布格局和时间变化趋势。

然而,本文是在综合新区自然条件、社会经济发展现状和未来规划目标的一种趋势和方向的预估,以表征生态系统服务需求的时空分布格局情况,未对生态系统服务的内容和类型进行区分,也无法表明实际生态系

统服务需求具体的价值,目前国内外相关研究还没有比较成熟和完善的定量预测生态系统服务需求的方法,如何定量预测新城的生态系统服务需求仍需要更多学者的探讨。

由于数据获取困难,本文是基于雄安新区土地利用现状数据,结合重要权威批复性文件以及相应规划示意图,利用 ArcGIS 软件数字化对新区未来国土空间结构进行的预估,土地利用数据的质量对预测结果的精确度有较大的影响,而因此更加准确和权威的土地利用数据有助于进一步完善预测结果。

5 结论

本文基于雄安新区土地利用现状数据、相关重要权威批复性文件及其图件和各地的年鉴数据等,利用综合增长率法和地区类比法分别预测未来 2035 年和 2050 年雄安新区的土地利用开发程度、人口密度和经济密度的数值和空间分布结构,根据模型分析得到雄安新区现状、2035 年和 2050 年生态系统服务需求空间分布格局和时间变化趋势。研究表明,雄安新区的生态系统服务需求随着城市的快速发展而增加,其人口变化、经济增长和土地开发程度与政策规划密切相关,由于规划先行开发建设起步区,建设用地面积增加,预测 2035 年起步区人口密度和经济密度将大幅增加,进而带动生态系统服务需求的增加;预测本世纪中叶,新区人口密度和经济发展的绝对值大幅度提高,生态系统服务需求高值区主要集中在“一主、五辅”城区范围,与城乡空间布局相呼应。

参考文献(References):

- [1] 欧阳志云,王效科,苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. 生态学报, 1999, 19(5): 607-613.
- [2] 严岩,朱捷缘,吴钢,詹云军. 生态系统服务需求、供给和消费研究进展. 生态学报, 2017, 37(8): 2489-2496.
- [3] Villamagna A M, Angermeier P L, Bennett E M. Capacity, pressure, demand, and flow: a conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity*, 2013, 15: 114-121.
- [4] Ala-Hulkko T, Kotavaara O, Alahuhta J, Hjort J. Mapping supply and demand of a provisioning ecosystem service across Europe. *Ecological Indicators*, 2019, 103: 520-529.
- [5] Baró F, Haase D, Gómez-Baggethun E, Frantzeskaki N. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: a quantitative assessment in five European cities. *Ecological Indicators*, 2015, 55: 146-158.
- [6] Wolff S, Schulp C J E, Verburg P H. Mapping ecosystem services demand: a review of current research and future perspectives. *Ecological Indicators*, 2015, 55: 159-171.
- [7] 匡文慧,杨天荣,颜凤芹. 河北雄安新区建设的区域地表本底特征与生态管控. 地理学报, 2017, 72(6): 947-959.
- [8] Wang Y, Shen J, Xiang W. Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2018, 4(5): 132-143.
- [9] Burkhard B, Kroll F, Nedkov S, Müller F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 2012, 21: 17-29.
- [10] 武爱彬,赵艳霞,沈会涛,秦彦杰,刘欣. 京津冀区域生态系统服务供需格局时空演变研究. 生态与农村环境学报, 2018, 34(11): 968-975.
- [11] 白杨,王敏,李晖,黄沈发, Alatalo J M. 生态系统服务供给与需求的理论与管理方法. 生态学报, 2017, 37(17): 5846-5852.
- [12] 马琳,刘浩,彭建,吴健生. 生态系统服务供给和需求研究进展. 地理学报, 2017, 72(7): 1277-1289.
- [13] 王文美,吴璇,李洪远. 滨海新区生态系统服务功能供需量化研究. 生态科学, 2013, 32(3): 379-385.
- [14] Jenerette G D, Marussich W A, Newell J P. Linking ecological footprints with ecosystem valuation in the provisioning of urban freshwater. *Ecological Economics*, 2006, 59(1): 38-47.
- [15] 吴平,林浩曦,田璐. 基于生态系统服务供需的雄安新区生态安全格局构建. 中国安全生产科学技术, 2018, 14(9): 5-11.
- [16] 江波,陈媛媛,肖洋,赵娟娟,欧阳志云. 白洋淀湿地生态系统最终服务价值评估. 生态学报, 2017, 37(8): 2497-2505.
- [17] 白杨,郑华,庄长伟,欧阳志云,徐卫华. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控. 生态学报, 2013, 33(3): 711-717.
- [18] 申嘉澍,梁泽,刘来保,李德龙,张亚彤,李双成. 雄安新区生态系统服务簇权衡与协同. 地理研究, 2020, 39(1): 79-91.
- [19] 彭建,杨旻,谢盼,刘焱序. 基于生态系统服务供需的广东省绿地生态网络建设分区. 生态学报, 2017, 37(13): 4562-4572.
- [20] 翟天林,王静,金志丰,祁元. 长江经济带生态系统服务供需格局变化与关联性分析. 生态学报, 2019, 39(15): 5414-5424.

- [21] 吴晓, 周忠学. 城市绿色基础设施生态系统服务供给与需求的空间关系——以西安市为例. 生态学报, 2019, 39(24): 9211-9221.
- [22] Gong P, Liu H, Zhang M, Li C, Wang J, Huang H, Clinton N, Ji L, Li W, Bai Y, Chen B, Xu B, Zhu Z, Yuan C, Ping Suen H, Guo J, Xu N, Li W, Zhao Y, Yang J, Yu C, Wang X, Fu H, Yu L, Dronova I, Hui F, Cheng X, Shi X, Xiao F, Liu Q, Song L. Stable classification with limited sample: transferring a 30-m resolution sample set collected in 2015 to mapping 10-m resolution global land cover in 2017. *Science Bulletin*, 2019, 64(6): 370-373.
- [23] 黄莹, 包安明, 陈曦, 刘海隆, 杨光华. 基于绿洲土地利用的区域 GDP 公里格网化研究. 冰川冻土, 2009, 31(1): 158-165.
- [24] 刘红辉, 江东, 杨小唤, 罗春. 基于遥感的全国 GDP 1km 格网的空间化表达. 地球信息科学, 2005, 7(2): 120-123.
- [25] 易玲, 熊利亚, 杨小唤. 基于 GIS 技术的 GDP 空间化处理方法. 甘肃科学学报, 2006, 18(2): 54-58.
- [26] Jing W, Zhai T L, Lin Y F, Kong X S, He T. Spatial imbalance and changes in supply and demand of ecosystem services in China. *Science of the Total Environment*, 2019, 657: 781-791.
- [27] 王萌辉, 白中科, 董潇楠. 基于生态系统服务供需的陕西省土地整治空间分区. 中国土地科学, 2018, 32(11): 73-80.
- [28] 寿飞云, 李卓飞, 黄璐, 黄绍荣, 严力蛟. 基于生态系统服务供求评价的空间分异特征与生态格局划分——以长三角城市群为例. 生态学报, 2020, 40(9): 2813-2826.
- [29] 张耀军, 王小玺, 郑翔文, 赵泽原, 王若丞. 雄安新区人口发展及政策调控研究//洪小良, 尹德挺, 马小红. 北京人口蓝皮书: 北京人口发展研究报告(2018). 北京: 社会科学文献出版社, 2018: 188-209.
- [30] 张祥宇, 朱青, 矫雪梅, 刘静. 城市规划中人口规模预测方法思索. 规划师, 2012, 28(S2): 271-275.
- [31] 叶振宇, 张倩. 2050 年雄安新区主要经济社会发展指标预测. 发展研究, 2018, (1): 29-34.