

项目编号

上海师范大学

Shanghai Normal University

大学生创新创业训练计划  
项目申请书  
(创新训练类)

项目名称 重构城市中的“绿水青山”——基于生态系统服务供需视角

项目负责人 钟真

学院/专业 环境与地理科学学院/人文地理与城乡规划

项目其他成员 彭嘉昊、周萱、王俐菲、郭丹

指导教师 房学宁

项目管理学院（部门） 环境与地理科学学院

上海师范大学教务处

## 填写说明

### 一、项目类型说明

大学生创新创业训练计划内容包括创新训练项目、创业训练项目和创业实践项目三类。

创新训练项目是本科生个人或团队，在导师指导下，自主完成创新性研究项目设计、研究条件准备和项目实施、研究报告撰写、成果（学术）交流等工作。

创业训练项目是本科生团队，在导师指导下，团队中每个学生在项目实施过程中扮演一个或多个具体的角色，通过编制商业计划书、开展可行性研究、模拟企业运行、参加企业实践、撰写创业报告等工作。

创业实践项目是本科生团队，在学校导师和企业导师共同指导下，采用前期创新训练项目（或创新性实验）的成果，提出一项具有市场前景的创新性产品或者服务，以此为基础开展创业实践活动。

二、封面右上角的项目编号申请时暂不必填写。

三、本申请书所列各项内容均须逐项认真填写，要求实事求是、表达明确严谨。空缺项要填“无”。

四、本申请书可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件保持一致。如有支撑材料，请附后一并装订。

五、填写字体用小四号宋体，行距为固定值 20 磅。一律 A4 纸双面打印或复印，于左侧装订成册。

六、项目成员原则上不得超过 5 人（含项目负责人）。

七、项目建设周期一般为一年。

八、本表由项目管理学院或部门初审/签署意见，电子版统一报送教务处、签字盖章版由项目管理学院或部门留存。

申报人签名

项目负责人	刘真
项目其他成员	郭丹、周莹、陈晨、王例菲

日期： 2021 年 1 月 11 日

## 一、项目基本情况

项目负责人	姓名	钟真		学号	200144206		年级	20_20
	学院	环境与地理科学学院		专业	人文地理与城乡规划		累计平均绩点	2.87
	角色及分工	主稿人统筹协调		联系电话	17749793092		E-mail	2167796564@qq.com
项目其他成员	姓名	学号	年级	学院	专业	联系电话	角色及分工	
	王俐菲	210153266	20_21	哲学与法政学院	法学	19916932103	参与人文档整理	
	彭嘉昊	170111962	20_19	环境与地理科学学院	地理信息科学	13651888568	参与人文档整理	
	周萱	190110440	20_19	环境与地理科学学院	地理科学(师范类)	13122206858	参与人文档整理	
	郭丹	200114325	20_20	环境与地理科学学院	地理科学(师范)	15800495779	参与人文档整理协助分析	
研究经历和成果	<p>周萱：2019-2020 学年专业二等奖学金、2020-2021 学年专业一等奖学金</p> <p>钟真：2021 暑期社会实践活动 b 级项目负责人、2021 暑期社会实践活动三等奖项目组员</p> <p>彭嘉昊：2020 年大学生创新创业训练计划市级项目负责人</p>							
项目来源	<input checked="" type="checkbox"/> 自主立项 <input type="checkbox"/> 与实验室联合 <input type="checkbox"/> 与企业联合 <input type="checkbox"/> 与指导教师科研课题联合 <input type="checkbox"/> 其他：							
指导教师	姓名	房学宁		学位学历	博士	工号	05840	
	学院	环境与地理科学学院		职称	讲师	联系电话	13121810700	
	系(教研室)	城市科学与区域规划系		研究方向	城市生态、生态系统服务科学			
	E-mail	fxn@shnu.edu.cn						

	专业和科研情况	研究兴趣主要集中于城市生态系统服务科学的理论与实践研究，近期研究主要是通过综合统计分析、系统动态建模、参与式调查以及情景分析等多种方法从度量评价、运作机制与转型策略三个方面研究城市生态系统服务与人类福祉关系问题。目前已发表学术论文 16 篇，其中 SCI/SSCI 期刊检索论文 10 篇，中文核心期刊论文 6 篇。
--	---------	--

## 二、立项背景

### 1. 研究目的和意义

城市中的“绿水青山”（蓝绿空间）是指由城市内部自然元素和半自然元素组成的相互关联的生态网络空间，包括城市公园、居民花园、绿色屋顶、水体与行道树等（Koc et al. 2017）。城市蓝绿空间能够为居民提供从适应于缓解环境变化（城市热岛、空气污染、城市内涝）到公民健康等一系列至关重要的生态系统服务（Gómez-Baggethun et al. 2013）。在生态文明背景下，如何优化城市“绿水青山”的空间布局以提升居民的生活品质，是实现城市生态绿色可持续发展的重要议题。



图 1. 城市中蓝绿空间能够提供的生态系统服务示意图

城市规划是影响蓝绿空间布局及其可用性的重要决策过程（Cortinovis and Geneletti 2020）。在战略规划层面，城市发展决策涉及到城市蓝绿空间与其他土地利用（如农业和建设用地）的权衡抉择，直接影响蓝绿空间的数量及其服务供给能力（McPhearson et al. 2014）。在土地利用分区层面，城市规划决定了城市蓝绿空间的可用性及其相对于其他土地利用类型（人口和功能）的空间分布，从而影响对于城市生态系统服务的需求（李边疆 2007; Grunewald et al. 2021）。在详细规划层面，局部地区蓝绿元素的空间布局直接影响当地的生态系统服务供给能力，例如，相同面积的城市绿地，如果空间布局不同，其气温调节服务能力也不同（Cortinovis and Geneletti 2018）。以上三个层面，城市规划均显著影响蓝绿基础设施及其服务供给。然而，目前城市规划中如何确定蓝绿空间的面积，如何合理地布局蓝绿空间仍缺乏

科学依据。

生态系统服务供需平衡理论可为蓝绿空间的规划设计提供理论支撑（Cortinovis and Geneletti 2020）。生态系统服务供给是指生态系统基于其生物物理特性提供服务的潜力，生态系统服务需求是指社会所需要的某种生态系统服务的供给数量与质量（Burkhard et al. 2012）。生态系统服务供需不匹配是指生态系统服务供给端与需求端数量与质量的差别（Baro et al. 2015）。然而，现有的生态系统服务分类体系未能与人类需求有效结合起来（张彪等人, 2010）。生态系统服务供需平衡分析可以帮助城市规划者了解该城市蓝绿空间能够提供多少生态系统服务？该城市需要多少生态系统服务供给才能满足居民的需求？城市内部哪个区域的生态系统服务供给能力不能满足居民的需求？如何改善区域的生态系统服务能力以满足居民需求？因此，基于生态系统服务供需视角探讨城市蓝绿空间优化对于生态城市规划与建设具有重要价值。

表 1. 生态系统服务供需平衡相关概念及在不同生态系统服务类型中的内涵

生态系统服务相关定义	供给服务	调节服务	文化服务
<b>生态系统服务能力：</b> 生态系统基于生物和社会影像及功能所提供服务的潜力	基于不同生态系统特征的服务 (例如：供水)	在生态系统过程中的服务 (例如：碳封存)	基于特征和过程的生物和社会服务 (例如：提供经验的潜力)
<b>生态系统服务需求：</b> 社会需要或期望的服务量	每单位空间、时间所需的服务量乘以潜在用户数 (例如每人用水量)	为满足预定条件所需的调节量 (例如氮的减少量；总最大日负荷)	预期总使用量或个体使用频率 (例如，本年的总访客天数；个人的访问率)
<b>生态系统服务流：</b> 服务的实际生产或使用；包括生物和受益成分	收获、消耗或使用的水量；服务人数；服务供给量	生态功=环境压力-环境承载力 (例如氮输入减去河流负荷)	以时间、空间为单位的服务使用量 (例如，本年的总访客天数；个人访问率)

2. 研究现状和趋势

生态系统服务供需平衡作为生态系统服务科学的热点领域在近十年来得到了飞速发展（Costanza et al. 2017）。（1）在理论基础方面，生态系统服务供需理念产生

于生态系统服务级联模型（[Haines-Young and Potschin 2010](#), [Burkhard et al. 2012](#)）。[Villamagna et al. \(2013\)](#) 为生态系统服务供需研究提供了标准化的术语，并对不同生态系统服务类型的供给、需求、流动与压力等特征进行了界定。[Syrbe and Walz \(2012\)](#) 通过区分生态系统服务供给单元与需求，归纳出了生态系统服务供给与需求的四种空间关系：局部邻近、有向性流动、原位使用和用户流动。[Baro et al. \(2017\)](#) 提出了生态系统服务供需束的概念，即不同生态系统服务类型供给之间，需求之间的关系。

**（2）在研究方法方面**，[Baro et al.\(2015\)](#)提出了基于环境质量标准与政策目标量化城市生态系统服务供需的不匹配性的创新方法，并以西班牙为例展示了如何识别生态系统服务供需失调的区域（[Baro et al. 2016](#)）。[Baro et al. \(2017\)](#) 提出了将生态系统服务束的概念应用到生态系统服务供需关系研究，及探讨多项生态系统服务供给，或者多项生态系统服务需求之间的关联。[Kroll et al.\(2012\)](#)提出了生态系统服务供需关系的梯度分析法，并识别出了从乡村到城市中心梯度下不同生态系统类型的供需关系的一般规律。

**（3）在实践应用方面**，不少研究者和实践者开始尝试将生态系统服务供需理论应用到规划与决策制定过程中([McPhearson et al. 2014](#), [Anna et al. 2016](#), [Cortinovis and Geneletti 2020](#))。比如，国土空间规划“双评价”将生态系统服务供给能力作为划定生态红线的重要基础，中国将生态系统服务总价值核算作为区域生态文明建设的考核指标，基于生态系统服务理念解决城市中存在的环境问题，例如，水流调节，空气净化，城市降温和噪音减弱等。



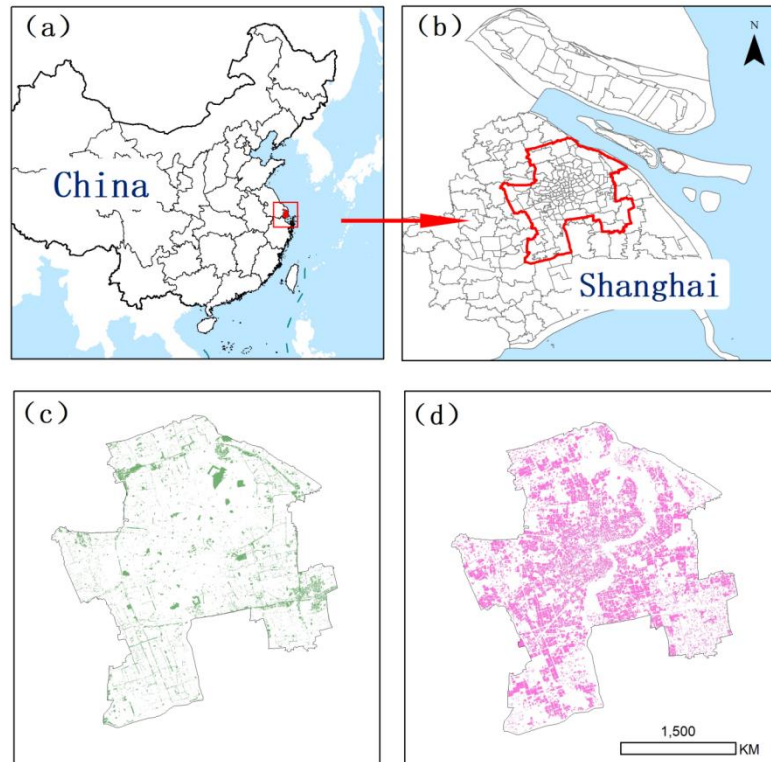


图 2. 研究区域位置图，（c）和（d）分别为上海市主城区绿地空间与街区分布。

然而，生态系统服务供需平衡的科学知识仅少部分应用到了城市蓝绿空间规划实践中（[Anna et al. 2016](#)）。一方面，当前城市规划实践中考虑的多是生态系统服务供给能力，并未将其与居民对生态系统服务需求相结合；另一方面，当前规划中多是单独考单种或某几种生态系统服务类别，并未考虑生态系统服务之间的关系以及多功能性生态系统服务供给，因此可能产生生态系统服务权衡问题（[Cortinovis and Geneletti 2020](#)）。生态系统服务研究以人为中心，结合地理要素空间分布特征的分布式模拟是研究生态系统服务空间流动的重要发展方向（[肖玉等人. 2016](#)）。针对以上研究不足，本项目拟以上海市为例，基于生态系统服务供给平衡理论，从规划的视角探索城市蓝绿基础设施的空间优化方案。项目拟回答以下三个科学问题：（1）上海市的蓝绿基础设施能够提供多少生态系统服务？（2）上海市的蓝绿基础设施所提供的生态系统服务是否能够满足居民的需求？（3）如何优化上海市蓝绿基础设施的空间布局？

### 3. 参考文献和其他有关背景材料：

李边疆. 2007. 土地利用与生态环境关系研究[D].南京农业大学

肖玉,谢高地,鲁春霞,徐洁. 2016. 基于供需关系的生态系统服务空间流动研究进展[J]. 生态学报 **36(10)**:3096-3102.



- 张彪,谢高地,肖玉,伦飞. 2010. 基于人类需求的生态系统服务分类[J].中国人口·资源与环境 **20(06)**:64-67.
- Anna, K., K. Jaan-Henrik, K. Jakub, and H. Dagmar. 2016. Ecosystem services in urban land use planning: Integration challenges in complex urban settings-Case of Stockholm. *Ecosystem Services* **22**:204-212.
- Baro, F., E. Gomez-Baggethun, and D. Haase. 2017. Ecosystem service bundles along the urban-rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosystem Services* **24**:147-159.
- Baro, F., D. Haase, E. Gomez-Baggethun, and N. Frantzeskaki. 2015. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: A quantitative assessment in five European cities. *Ecological Indicators* **55**:146-158.
- Baro, F., I. Palomo, G. Zulian, P. Vizcaino, D. Haase, and E. Gomez-Baggethun. 2016. Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region. *Land Use Policy* **57**:405-417.
- Burkhard, B., F. Kroll, S. Nedkov, and F. Müller. 2012. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators* **21**:17-29.
- Cortinovis, C., and D. Geneletti. 2018. Ecosystem services in urban plans: What is there, and what is still needed for better decisions. *Land Use Policy* **70**:298-312.
- Cortinovis, C., and D. Geneletti. 2020. A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services. *Landscape and Urban Planning* **201**:14.
- Costanza, R., R. de Groot, L. Braat, I. Kubiszewski, L. Fioramonti, P. Sutton, S. Farber, and M. Grasso. 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* **28**:1-16.
- Gómez-Baggethun, E., Å. Gren, D. Barton, J. Langemeyer, T. McPhearson, P. O'Farrell, E. Andersson, Z. Hamstead, and P. Kremer. 2013. Urban Ecosystem Services. Pages 175-251.
- Grunewald, K., O. Bastian, J. Louda, A. Arcidiacono, P. Brzoska, M. Bue, N. I. Cetin, C. Dworczyk, L. Dubova, A. Fitch, L. Jones, D. La Rosa, A. Mascarenhas, S. Ronchi, M. A. Schlaepfer, D. Sikorska, and A. Tezer. 2021. Lessons learned from implementing the ecosystem services concept in urban planning. *Ecosystem Services* **49**:14.
- Haines-Young, R., and M. Potschin. 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being.
- Herreros-Cantis, P., and T. McPhearson. 2021. Mapping supply of and demand for ecosystem services to assess environmental justice in New York City. *Ecological Applications* **31**:21.
- Koc, C. B., P. Osmond, and A. Peters. 2017. Towards a comprehensive green infrastructure typology: a systematic review of approaches, methods and typologies. *Urban Ecosystems* **20**:15-35.
- Kroll, F., F. Muller, D. Haase, and N. Fohrer. 2012. Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy* **29**:521-535.

- Liu, Z. H., Q. D. Huang, and H. Y. Yang. 2021. Supply-demand spatial patterns of park cultural services in megalopolis area of Shenzhen, China. *Ecological Indicators* **121**:11.
- McPhearson, T., Z. A. Hamstead, and P. Kremer. 2014. Urban Ecosystem Services for Resilience Planning and Management in New York City. *Ambio* **43**:502-515.
- Syrbe, R.-U., and U. Walz. 2012. Spatial indicators for the assessment of ecosystem services: Providing, benefiting and connecting areas and landscape metrics. *Ecological Indicators* **21**:80-88.
- Villamagna, A. M., P. L. Angermeier, and E. M. Bennett. 2013. Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery. *Ecological Complexity* **15**:114-121.

### 三、项目研究方案

#### 1. 研究内容

##### (1) 上海市蓝绿基础设施生态系统服务供给能力分析

选取空气净化、城市降温、城市内涝风险缓解三种对城市发展最重要生态系统服务类型作为研究对象。基于上海市遥感监测数据、气象数据与土地利用数据等对城市生态系统服务模型（InVEST）进行调参，基于本地化后的模型对上海市 2019 年城市降温与内涝风险缓解服务进行空间制图。基于文献资料中城市植被类型对于不同空气污染物的吸附能力计算上海市空气净化服务供给能力。通过熵权法确定不同生态系统服务类的权重，构建上海市生态系统服务总量空间分布。

##### (2) 上海市生态系统服务需求分析

与（1）中选取的三种生态系统服务类型相对应，生态系统服务需求侧分析也选用空气净化、城市降温和城市内涝风险缓解三种调节服务类型。生态系统服务需求侧分析的目标是为了识别出城市内部最需要生态系统服务的区域。本研究项目中将生态系统服务需求定义为“环境风险减弱需求”，即空气污染、城市热岛和城市内涝等环境风险的减弱需求。在计算生态系统服务需求时主要考虑两个维度：（1）某种环境风险的严重性程度；（2）环境风险能够影响到的人口数量。环境风险性大且人口密集的区域为生态系统服务需求高的区域。

##### (3) 上海市生态系统服务供需空间匹配分析

生态系统服务供需匹配分析以街区为单位进行分析。首先，对生态系统服务供给量与需求量进行标准化处理，使生态系统服务供给与需求的数值均处于 0-1 之间。其次，用每种生态系统服务类型的需求值减去生态系统服务供给值来计算供给需求匹配度，得出每种生态系统服务供需关系的空间分布图。最后，采用熵权法将不同生态系统服务类型的供给端与需求端均进行聚合，然后计算生态系统服务总的供需关系空间分布。

##### (4) 上海市 2030 年城市蓝绿基础设施规划合理性分析

收集上海市 2030 年城市蓝绿基础设施未来规划文本，找到上海市到 2030 年城市公园绿地发展总目标与空间分布图。将上海市生态系统服务供需不平衡的空间分布结果与上海市既定的未来城市规划进行比对分析，为规划实施与未来上海市蓝绿基础设施空间布局优化提供支撑。

## 2. 研究方法

本项目依托上海师范大学国家自然科学基金重点项目“遥感产品与大数据支持下的中国城市群可持续评价研究”，结合 InVEST 模型、空间分析、统计分析、文本分析等技术手段，基于“生态系统服务供给-生态系统服务需求-生态系统服务供需平衡-规划决策支撑”的总体框架开展研究。关键研究方法如下：

### （1）建立基础数据平台

上海市主城区土地利用、水文土壤、等陆地生态系统数据；获取上海市 Landsat 8 数据、测高卫星水位数据、净初级生产力、植被盖度指数等多元遥感及其反演数据；五年一遇降水量、蒸散量、反照率、环境空气质量等气象观测数据；以及 DEM、行政区划、水系分级等 GIS 基础数据。对所获取的数据进行预处理，构建满足项目需要的基础数据平台。

### （2）基于 InVEST 模型计算城市降温服务供给与城市内涝风险缓解服务供给

城市降温服务供给能力分析重点是估算在暴雨产生的洪水发生时，蓝绿基础设施削弱径流的能力，从而分析上海市的城市内涝风险。本研究用 SCS 曲线数法估计径流  $Q_p$ ，该估算不考虑 GBI 对径流的消减作用。

$$Q_{p,i} = \begin{cases} \frac{(P - \lambda S_{\max,i})^2}{P + (1 - \lambda)S_{\max,i}} & \text{if } p > \lambda \cdot S_{\max,i} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$pS_{\max,i} \quad \lambda \cdot S_{\max,i} = 0.2$$

其中， $P$ 为暴雨深度，单位为毫米，即潜在滞留量，是启动径流所需的降雨深度，也称为原始退流。 $S_{\max,i}$ 是曲线数的函数，单位为毫米，是一个经验参数，取决于土地利用和土壤特征（NRCS, 2004）。

$$S_{\max,i} = \frac{25400}{CN_i} - 254$$

$CN_i$ 是不同土地类型与不同水文土壤配对的曲线数值。本研究估算每个像素的径流滞留量占净流量的比重 $R_i$ 如下：

$$R_i = 1 - \frac{Q_{p,i}}{P}$$

城市内涝风险降解服务供给能力分析主要是根据感兴趣区树荫的量、蒸散量和反照率计算每个像素的冷却能力（cooling capacity）指数（Zardo et al.2017; Kunapo et al.2018）。本研究添加了反照率，这是生态系统减少热量的一个重要因素。本研究通过将参考蒸散

量和作物系数（与像元的 LULC 类型相关）相乘，并除以感兴趣区域中光栅的最大值，计算每个像素的实际蒸散量：

$$ETI = \frac{K_c \cdot ET_0}{ET_{\max}}$$

$K_c$  (Crop, Evapotranspiration Coefficient) 为作物蒸散系数,  $ET_0$  为参考蒸散量,  $ET_{\max}$  为感兴趣区最大的参考蒸散量的值。本研究结合了 CC 指数中的三个因素：

$$CC_i = 0.6shade + 0.2albedo + 0.2ETI$$

shade 为树荫因子, albedo 为反照率因子, ETI 为蒸散指数。城市热缓解指数（大绿地效应 HM Urban Heat Mitigation Index ,HM）计算为：如果像素不受任何大型绿地的影响, HM 等于 CC。反之, 则设置为受到大绿地效应影响的 CC 值, 即  $CC_{park_i}$ 。为此, 本研究首先计算每个像素周围搜索距离 ( $GA_i$ ) 内的绿地面积, 以及每个公园提供的 CC:

$$GA_i = cellarea \cdot \sum_{j \in \text{radius from } i} g_j$$

$$CC_{park_i} = \sum_{j \in \text{radius from } i} g_j \cdot CC_j \cdot e^{-\frac{d(i,j)}{d_{cool}}}$$

其中, 是以公顷 (ha hectare) 为单位面积, 如果像素是绿色空间, 则为 1, 如果像素不是绿色空间, 则为像素之间的距离, 是绿色空间具有冷却效果的距离, 是归属于绿色空间的 CC 值的距离加权平均值。HM 指数计算如下:

$$HM_i = \begin{cases} CC_i & \text{if } CC_i \geq CC_{park_i} \text{ or } GA_i < 2ha \\ CC_{park_i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

为了估算整个城市的热量减少, 本研究使用 UHI 震级 (城郊温度差):  $UHI_{\max}$ 。对于每个像素, 无空气混合的空气温度 ( $T_{air_{\max,i}}$ ) 计算如下:

$$T_{air_{\max,i}} = T_{air.ref} + (1 - HM_i) \cdot UHI_{\max}$$

其中,  $T_{air.ref}$  为郊区基准温度。

### (3) 基于当量法计算空气净化服务供给

城市空气净化生态系统服务供给能力分析采用当量法。当量法是指对任何一种空气污染物的取样和分析方法, 该方法已被证明具有一定的科学性。

表 2. 空气净化服务当量表

污染物	树木	低矮植被
O <sub>3</sub>	3.06 g/m <sup>2</sup> yr Nowak and Crane (2002)	无
PM <sub>10</sub>	2.73 g/m <sup>2</sup> yr Nowak and Crane (2002)	1.12 g/m <sup>2</sup> yr Nowak and Crane (2002)
PM <sub>2.5</sub>	沉积速度: 每单位叶面积: 0.17 cm/s David J. Nowak (2013) 采用 4m/s 风速情况下 植被对 pm <sub>2.5</sub> 的吸收速率	无

#### (4) 生态系统服务供需平衡计算

通过绘制生态系统服务供需不平衡地图可以确定城市中的城市降温、城市内涝风险减缓和城市空气净化生态系统服务需求的分布 (Burkhard et al.2014)。将 ES 的需求定义为“降低风险的需求” (Wolff et al.2015)，并采用建构混淆矩阵的方法，结合两个风险因素，生成一个从 0（无相关需求）到 1（非常高度相关的需求）的需求指数 (Baro et al.2016)。假设每类生态系统服务对人的影响于时间上是恒定的，每类生态系统服务供需不平衡程度考虑的因素是人口密度和特定服务的拟合值。

表 3. 城市降温服务需求分析

人口密度 (人/亩)	拟合温度（华氏度°F）					
	<75	75-80	80-85	85-95	95-100	>100
<5	0	0	0	0	0	0
5-50	0	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6
50-100	0	0.2	0.4	0.4	0.6	0.8
100-200	0	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8
200-400	0	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8
>400	0	0.6	0.8	0.8	0.8	1

用人口密度和拟合温度作为因子以确定减轻与极端高温相关的风险的供需不平衡程度。人口密度的划分如上表所示 (Baro et al.2016)，温度的分类是基于纽约市应急管理部门使用的热阈值 (NYCEM n.d.)。

表 4. 城市内涝风险缓解服务需求分析

人口密度 (人/亩)	多年一遇降雨量径流均值 (年)					
	<3	3-5	5-30	30-50	50-100	>100
<5	0	0	0	0	0	0
5-50	0	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6
50-100	0	0.2	0.4	0.4	0.6	0.8
100-200	0	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8
200-400	0	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8
>400	0	0.6	0.8	0.8	0.8	1

用人口密度和拟合径流量作为因子以确定减轻与城市内涝相关的风险的供需不平衡程度。城市内涝风险程度的分类是基于上海市水务局 (<http://swj.sh.gov.cn>) 上海市城镇雨水排水规划 (2020-2035 年)。

城市空气净化服务供需不平衡程度用人口密度和每年空气质量级别为优天数的百分比作为因子以确定减轻与极端空气污染相关的风险的供需不平衡程度。不同污染物的风险程度的划分按照各自的自然间断点法分为六类。并将研究的三类污染物加权归一化。

#### (5) 上海市未来城市规划合理性分析

绘制生态系统服务 (ES) 供需不平衡图已在科学研究中受到越来越多的关注, 并被视为一种为保护规划、土地使用规划和管理提供信息的相关工具。本研究将各个生态系统服务进行加权并归一化, 将其定义为“生态系统服务供需不平衡程度综合指数”。因为温度调节、径流缓解和空气净化是在生态系统服务视角下规划城市的三个最重要的服务类型 (Hansen et al., 2015; Kabisch et al., 2017) 故将它们的权重设为一致。进行聚类 and 异常值分析, 以更好地理解生态系统服务的空间差异。这种分析通常用于对给定区域内单个指数值的聚合方式进行分析表示 (DiFebbraro et al.2018)。

同时本研究以街区为基本统计单元, 对所得数据进行分区统计。统计每个街区对生态系统服务供给的需求程度。将其与 2035 规划中在该区域建设的蓝绿基础设施的面积作比较。将上海主城区按街区、生态系统服务供需不平衡指数、生态系统服务供给量, 2035 规划投入建设蓝绿基础设施面积等要素进行制表。从而分析上海市主城区生态系统服务供需不平衡程度的空间差异性, 并检验《上海市城市总体规划 (2017-2035 年)》所设想的政策对解决环境问题的有效性。



## 四、项目创新点和难点

(从项目立意、设计思路、研究方法和预期成果等方面详细阐述)

### 1. 创新点

(1) **立意上的创新：**优化城市内部的“绿水青山”是城市生态文明建设的重要组成部分。本研究创新性地将生态系统服务供需平衡理论与城市蓝绿空间规划相结合，既有利于生态系统服务科学与政策的结合，又能够为从规划视角优化布局城市蓝绿空间提供科学基础，具有理论与实践的双重价值。

(2) **设计思路的创新：**传统城市规划实践中，一方面考虑的多是生态系统服务供给能力，并未将其与居民对生态系统服务需求相结合；另一方面，多是单独考单种或某几种生态系统服务类别，并未考虑生态系统服务之间的关系以及多功能性生态系统服务供给，容易产生生态系统服务权衡问题。本项目基于该两点不足，一方面通过考虑城市中相关的生态环境风险和居民的暴露性程度作为生态系统服务需求；另一方面，将多种生态系统服务类型的供给和需求聚合成单一指标进行生态系统多服务功能表征。

(3) **研究方法的创新性：**本研究方法上的创新性主要体现在三个方面：1) 本研究应用了 InVEST 模型刚开发的生态系统服务模块，该模块是由斯坦福大学自然资本项目团队与 2020 年刚开发的生态系统服务评估专业模块。(2) 本研究对于生态系统服务需求的评估同时考虑了环境风险性程度与人口暴露性程度两个维度，而目前做生态系统服务需求的研究大多只考虑人口或者环境风险单一维度。(3) 本研究综合跨学科的方法，一方面基于模型和统计学方法进行生态系统服务供给与需求的量化计算，另一方面也通过文本分析等定性方法分析上海市规划政策方面的信息。

### 2. 难点

本项目的难点主要集中在以下两个方面：

(1) InVEST 模型城市模块是当前关于城市生态系统服务供给量化的最新模型，可以参考的研究案例较少。需要通过大量参考文献的阅读才能够充分理解模型的机理，正常地运行模型。

(2) 本项目涉及三种精细尺度城市生态系统服务供给与需求的计算，需要大量的多学科的基础数据，数据的收集工作是本研究的一个难点。

## 五、项目实施进度安排

### 第一阶段 准备阶段（2021 年 9 月 1 日-12 月 31 日）

准备阶段主要包含三个方面的工作：（1）进行系统文献检索与阅读，充分了解项目的背景与前沿。（2）基于文献资料细化项目研究方案与思路。（3）学习生态系统服务模拟软件，并收集项目所需要的数据资料。

### 第二阶段 研究阶段（2022 年 1 月 1 日-7 月 1 日）

研究阶段主要包含以下三个具体任务：（1）对城市降温、空气净化与洪涝灾害减弱三种生态系统服务供给与需求进行定量化与空间制图。（2）进行每一种生态系统服务类型的供需匹配分析，以及生态系统服务总供给与总需求的匹配分析。（3）基于生态系统服务供需平衡结果，探索上海市蓝绿基础设施的未来优化与改善方案。

### 第三阶段 总结阶段（2022 年 7 月 2 日-12 月 1 日）

进行研究结果整合，基于项目的研究结果撰写科技论文与研究报告。

## 六、申报人能力提升目标及预期表现

在本次项目过程中，期望申请人在城市生态系统服务领域研究领域有更好的认识，对相关研究现状、科学问题等有更深刻的认识和把握，掌握开展不同生态系统服务类型测定分析及研究有较丰富经验。

特别是在城市生态系统服务的供需平衡研究方面受到较系统的科研训练，对本领域的科学问题有较全面和深刻的理解，熟练掌握城市冷却、城市内涝风险缓解、城市空气净化等生态系统服务的供给侧和需求侧的测定及数据分析方法，并初步具备了较强的科研论文写作能力。

预期申报人在本次项目中，建立上海市主要生态系统服务供需平衡数据集，在此基础上对主要生态系统服务进行量化分析，为上海市蓝绿基础设施空间优化提供方案和科学依据预期完成学术论文 1~2 篇，其中 1 篇以上发表在国际主流期刊上。

## 七、预期成果及其形式

（说明成果形式和数量，以及社会效益、对学科某个方向的促进或提升作用等。成果形式可包括发表论文、论著、专利、实物、调研报告、文艺作品、实验成果等。）

本项目拟提供上海市主城区多项生态系统服务价值供给、生态系统服务需求、生态系统服务供需匹配度的空间分布图集一套。上海市蓝绿基础设施空间优化方案一套。项目研究调研报告一份。研究成果发表 SCI 论文一篇。

## 八、项目实施所需资源

（拟依托的实验室、研究中心或企业等机构，拟使用的仪器设备及其他）

无

## 九、经费预算明细（单位：元）

预算支出科目	金额	根 据 及 理 由	填写说明
办公材料	1000	购买相关地形图数据、文具用品等	购买办公文具、U 盘、实验用品等
图书资料	1000	购买工具书、参考书籍、文献等	购买图书、杂志、文献资料等
印刷制作	500	用于印刷必要的线上资料（如地形图）	
邮寄快递	100	快递费大概 5 到 10 元一次	
市内交通	250	乘坐公共交通的费用每人 50 元	不能超过总预算的 10%
委托业务	2600	科研结果出版、专利申请等	科研成果的出版费和专利申请费等
其他			
合计	5450		

## 十、 审核意见

指导教师意见：

生态城市建设是我们国家生态文明建设的重要组成部分，在城市更新的背景下如何通过城市内部蓝绿空间的优化来提升城市人居环境是城市可持续发展的热点领域。本项目创新性地提出将生态系统服务供需理论与城市蓝绿空间规划相结合，既能够有效地促进生态系统服务科学与实践相结合，又能够为城市蓝绿空间优化配置提供科学依据，具有重要的科学与实践价值。此外，本项目研究思路清晰，从生态系统服务供给、需求、供需关系，以及供需关系与规划结合的具体设计都很合理。项目研究方法选择恰当，采用了 InVEST 模型城市模块、GIS 空间叠加分析、空间统计分析以及文本分析等多学科的新颖方法，方法的选择能够很好地发挥地理学专业的专长。该项目既能够很好地服务于上海市的生态城市建设，也充分体现了环地学子践行“把论文写在祖国大地上”做“绿水青山”的守护者的情怀。故强烈推荐该项目立项。

指导教师签名： 唐学宁 2022 年 01 月 11 日

学院审核意见：

教学院长签名（学院盖章）： \_\_\_\_\_ 年 月 日

学校意见：

教务处负责人签名： \_\_\_\_\_ 年 月 日

## 项目简介

（包含项目研究意义、研究内容、研究方法、预期成果，200 字以内。）

在生态文明背景下，如何优化城市“绿水青山”的空间布局以提升居民的生活品质是实现城市生态绿色可持续发展的重要议题。该项目基于模型模拟、统计分析、空间分析与文本分析等多种方法创新性地提出了将生态系统服务供需理论与城市蓝绿空间规划相结合的途径。项目研究成果为基于生态系统服务供需平衡的视角为规划者提出未来城市内部蓝绿空间的优化布局方案。该研究成果对于上海市未来“生态之城”建设具有重要参考价值。

## 主要创新点和难点

（根据申请表内容概述，限 100 字以内）

本项目的创新点一方面体现在将生态系统服务科学与城市蓝绿空间规划相结合的跨学科视角，另一方面体现在研究多功能性生态系统服务供给与需求的思路。项目难点主要体现在 InVEST 模型的学习与大量基础数据的收集。

## 预期成果形式

（根据申请表内容概述，限 100 字以内）

本项目拟提供上海市主城区多项生态系统服务价值供给、生态系统服务需求、生态系统服务供需匹配度的空间分布图集一套。上海市蓝绿基础设施空间优化方案一套。研究成果发表 SCI 论文一篇。