

胡远东 HU Yuandong

东北林业大学园林学院副教授

Associate professor in the School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University

(新西兰) 玛丽亚·伊格纳季耶娃 (NZL) Maria Ignatieva

西澳大利亚大学设计学院教授

Professor in the School of Design, the University of Western Australia (UWA)

陈天一, 赵聪聪, 文素洁, 胡远东. 城市生境单元制图研究进展及其在生物多样性保护中的应用 [J]. 风景园林, 2022, 29 (1) : 12-17.

城市生境单元制图研究进展及其在生物多样性保护中的应用

Research Progress in Urban Biotope Mapping and Its Application in Biodiversity Conservation

陈天一 赵聪聪 文素洁 胡远东 *

CHEN Tianyi, ZHAO Congcong, WEN Sujie, HU Yuandong*

开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)



中图分类号: TU986

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2022)01-0012-06

DOI: 10.14085/j.fjyl.2022.01.0012.06

收稿日期: 2021-06-28

修回日期: 2021-11-18

陈天一 / 女 / 东北林业大学园林学院在读硕士研究生 / 黑龙江寒地园林植物种质资源开发与景观生态修复重点实验室成员 / 研究方向为风景园林规划与设计、城市生物多样性
CHEN Tianyi is a master student in the School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, and a member of the Key Laboratory of Heilongjiang Province Cold Landscape Plant Germplasm Resources Development and Landscape Ecological Restoration. Her research focuses on landscape planning and design, and urban biodiversity.

赵聪聪 / 女 / 东北林业大学园林学院在读硕士研究生 / 黑龙江寒地园林植物种质资源开发与景观生态修复重点实验室成员 / 研究方向为风景园林规划与设计、城市生物多样性
ZHAO Congcong is a master student in the School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, and a member of the Key Laboratory of Heilongjiang Province Cold Landscape Plant Germplasm Resources Development and Landscape Ecological Restoration. Her research focuses on landscape planning and design, and urban biodiversity.

文素洁 / 女 / 东北林业大学园林学院在读硕士研究生 / 黑龙江寒地园林植物种质资源开发与景观生态修复重点实验室成员 / 研究方向为风景园林规划与设计、乡村发展与土地利用
WEN Sujie is a master student in the School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, and a member of the Key Laboratory of Heilongjiang Province Cold Landscape Plant Germplasm Resources Development and Landscape Ecological Restoration. Her research focuses on landscape planning and design, rural development and land use.

胡远东 / 男 / 博士 / 东北林业大学园林学院副教授 / 黑龙江寒地园林植物种质资源开发与景观生态修复重点实验室固定研究员 / 研究方向为风景园林规划与设计、城市生态与生态设计、城市生物多样性
通信作者邮箱 (Corresponding author Email) : huyuandong@nefu.edu.cn
HU Yuandong, Ph.D., is an associate professor in the School of Landscape Architecture, Northeast Forestry University, and a permanent researcher of the Key Laboratory of Heilongjiang Province Cold Landscape Plant Germplasm Resources Development and Landscape Ecological Restoration. His research focuses on landscape planning and design, urban ecology and ecological design, and urban biodiversity.

摘要: 城市生境单元制图是将原始生态环境数据和生物信息应用到城市自然保护和生态空间管理决策的有效途径。生境单元制图对于揭示城市环境与生物多样性的分布规律、探寻城市生物多样性保护与管控的生态边界具有重要意义。对城市生境单元制图的国内外研究进行综述, 系统介绍了城市生境单元制图的主要步骤和方法; 对比和评述了国内外典型城市生境单元制图研究案例, 总结了生境单元制图在城市生物多样性保护中的应用。最后提出城市生境单元制图研究需要重点解决的问题, 展望城市生境单元制图研究在中国城市生物多样性保护中的应用前景, 以期为中国城市生物多样性保护和城市生态建设提供科学依据和参考。

关键词: 风景园林; 生境单元; 城市生境单元制图; 生态空间管理; 生物多样性保护

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金 (编号 2572017CA12, 2572018CP06)

Abstract: Urban biotope mapping is an effective way to apply raw ecological environment information and biological data to urban nature conservation and ecological space management decision-making. Biotope mapping is of great significance to reveal the distribution law of urban environment and biodiversity and explore the ecological boundary of urban biodiversity protection and management. This research reviews the domestic and overseas studies of urban biotope mapping, and systematically introduces the major procedures and research methods. It compares and reviews urban biotope mapping cases from domestic and overseas areas, and summarizes the application of biotope mapping in urban biodiversity conservation. Lastly, it proposes the key issues to be solved in the urban biotope mapping researches and the application prospects of urban biodiversity conservation in China, in a bid to provide a scientific basis and reference for urban biodiversity conservation and urban ecological construction in China.

Keywords: landscape architecture; biotope; urban biotope mapping; ecological space management; biodiversity conservation

Fund Items: The Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 2572017CA12, 2572018CP06)

城市生态系统是人类通过对自然环境的适应、加工、改造而建设起来的特殊的人工生态系统。全球城市化的快速发展和人口的剧增，引发了一系列诸如绿色空间锐减和生物多样性减少等生态环境问题^[1-3]。生物多样性是城市可持续发展的基础，不仅是决定城市生态系统健康的关键因素之一，而且直接关系到城市生态系统服务功能和城市生态安全。然而，城市生态系统结构复杂、城市生物群落空间分布不明、城市生物与环境观测数据缺乏有效整合，以及生物栖息地保护边界不清等问题成为推动城市生物多样性保护以及城市生态空间边界管理的最大障碍^[4-6]。城市生境单元制图为解决上述问题提供了有效途径和方法。

城市生境单元制图最初是由德国 Sukopp 和 Schulte 两位科学家提出的^[7-8]，由于它能够表征不同区域内丰富的生物学和生态学信息，相关的研究一直备受关注和得到了迅速发展，并在许多发达国家广泛开展，目前在理论与应用方面均取得了诸多认知。然而中国这方面的研究起步较晚，特别是在城市生物多样性保护的实践中仍面临诸多挑战。笔者将系统阐述城市生境单元制图的主要方法、发展历程以及生境单元制图在城市生物多样性保护中的应用，以期为中国开展城市生境单元制图特别是城市生物多样性保护研究工作提供重要工具。

1 城市生境单元制图的定义和内涵

1.1 生境单元与城市生境单元

生境单元 (biotope) 源自希腊词汇，由 *biós* 和 *tópos* 组成。生境单元的定义最早由 Dahl 提出，即“任何可以圈定的动植物生存的空间”，亦被称为生境^[9]。1988 年 Sukopp 和 Weiler 将生境单元的定义改为“一个具有相同或相似环境条件的区域，且能够为特定的动物群落提供生存环境”^[7]。Forman 将生境单元的定义进一步修改为“特定尺度下环境条件一致的景观单元”，如一片灌木丛、一处水塘或者一块废弃地，都可以看作一个生境单元，因为这些生境单元都包含了特殊的环境条件和特定的生物群落^[10-13]。城市生境单元

表 1 城市生境单元制图的主要方法^[7, 25-28]
Tab. 1 The main methods of urban biotope mapping^[7, 25-28]

主要方法	适用范围	优点	缺点
选择性生境单元制图法	研究区域内具有保护价值或潜在保护价值的生境单元 ^[7] ，仅包括城市绿色空间，不含城市建成区域 ^[25]	人力和物力投入不高，所需时间较短，而且只需记录每个生境单元的生物学信息即可	仅关注每个独立的生态单元而忽略周边其他环境的影响
全面性生境单元制图法	研究区域内全部生境单元，包括绿地和建设用地 ^[26]	能够完整绘制研究区域全部的生境单元图谱 ^[26-28] ，并能提供全面、翔实的生态环境数据和生物信息 ^[7]	需要多学科专业人员的共同参与以及大量人力和物力的投入

(urban biotope) 一般是由建筑、动植物、土壤以及人类干扰活动等多个因素共同形成的景观生态单元^[7]。城市生境单元既是动植物栖息的家园，同时也具有重要的景观美学价值和生态服务功能^[14-15]。

1.2 生境单元制图与城市生境单元制图

根据 Sukopp 的定义，生境单元制图 (biotope mapping) 是根据特定生物物种 (群落) 集合识别、划分和记录不同土地利用类型的过程^[7]。其中“单元”确定的最基本方法是在地形单元的基础上叠加生物和生态单元 (要素)，从而获取信息综合均质单元^[16]。生境单元的划分一般要遵循典型性、最小异质性、反映生态单元格局特征和生态过程等基本原则^[17]。

生境单元制图、土地利用和土地覆被 (land use and land cover change, LUCC) 制图以及景观生态制图均属于景观生态学研究的重要方法，但三者还有一定区别。生境单元制图描述的主题是动植物，LUCC 制图描述的主题强调人类活动和自然因素对土地资源的影响，而景观生态制图主要描述景观生态各要素之间的相互关系及其空间分布特征^[18-19]。

当今国际上尚没有公认的城市生境单元制图 (urban biotope mapping) 定义。综合以往学者的研究^[7, 17]，城市生境单元制图可以被定义为“绘制生境单元的空间分布特征，以形成全面覆盖城市区域并能识别相邻生境单元之间的清晰边界的综合信息图谱”。由于研究目的或不同研究区域生态环境及其生物要素特征等差异，往往会导致生境单元制图的内容和形式存在明显差异^[20-21]。快速城市化进程不仅导致了城市环境梯度的分异特征显著^[22]，而且对城市生物群落的空间分布格局产生了重要影响^[4, 16]。城市生境单元制图的目标就是区分城市生境单元的边界，揭示边界内生物

物种 (群落) 的空间分布格局及其与生态环境梯度之间的相互关系^[6]，目前城市生境单元制图已成为城市空间生态规划和生物多样性保护研究的重要工具^[23]。

2 城市生境单元制图的方法与应用

2.1 城市生境单元制图的方法

城市生境单元制图的方法目前主要包括选择性生境单元制图法 (selective biotope mapping method) 和全面性生境单元制图法 (comprehensive biotope mapping method) 2 种^[7, 24] (表 1)。

2.2 城市生境单元分类方法

2.2.1 城市生境单元分类方案的制定

生境单元分类方案是识别、划定和描述研究区域内不同生物物种 (群落) 的生境的指导依据^[29]。研究目标和空间尺度决定生境单元分类方案中数据收集的类型和生境单元类型划分的层次。对于层次级别较高的分类，城市生境单元制图的研究尺度和类型都比较粗略，而对于层次较低级别的分类，一般要求生态学和生物学信息更加精细，而且这些信息的重要性会直接影响分类结果^[6]。一般来说，基于较低分辨率的城市生态环境信息数据开展的分类，往往更适用于较大尺度的研究；而生物信息更适用于在较低级别的层次结构上描述生物物种 (群落) 的分布。在生物信息不足的情况下，则生境分类方案可能就完全依赖于城市生态环境特征的相关信息。

2.2.2 城市生境单元分类的因子选择

尽管生境单元分类方案体系复杂程度不一，大多数研究机构和科研人员往往更愿意选择适合自己研究目的和需求的主导驱动因子作为城市生境单元的分类依据^[14, 16]。目前大多数学者都是根据城市地形或地貌数据、动

表 2 国外城市生境制图发展历程^[2, 16, 32, 38-42]

Tab. 2 The development process of foreign urban biotope mapping^[2, 16, 32, 38-42]

发展阶段	主要特征	标志性事件
启蒙阶段 (1974—1986年)	1) 生境单元分类方案主要依据地貌学和生物群落学制定 ^[32, 38] ; 2) 侧重探讨生境单元的空间分布特征及其价值评估; 3) 大多数研究偏重于有保护价值的区域 ^[16] , 且以选择性生境单元制图方法为主; 4) 城市生境单元制图成果的精确度整体不高 ^[39]	1) 1978年德国首次将慕尼黑、奥格斯堡和柏林列为第一批试点城市 ^[39] , 这是城市生境单元制图正式产生的标志; 2) 德国1986年正式提出了《德国人文区域生境单元制图基本方案》; 3) 英国1984年绘制了伦敦完整的生境信息图谱 ^[2]
发展阶段 (1986—1997年)	1) 生境单元制图精度大幅度提升, 研究和应用的目的也扩大到多尺度的城市生态空间规划与生态系统管理; 2) 不同国家和地区的生境单元分类体系和制图应用各有特色, 灵活性和实用性增加, 生境单元信息图谱也更为翔实和定向化 ^[39] ; 3) 城市生境单元制图的研究仍集中在德国等欧洲国家及地区	1) 20世纪80年代中后期, 德国其他城市以及英国等欧洲国家加入城市生境单元制图的研究和实践中, 德国仍处于领先地位; 2) 航空多光谱扫描(AMSD)技术和地理信息系统(GIS)技术在德国生境单元制图中得到运用 ^[39] ; 3) 1993年德国正式发表《德国人文区域生境单元制图基本方案》, 得到欧洲其他国家的认可并被广泛借鉴
推广应用阶段 (1997年至今)	1) 在推广应用方面, 致力于解决城市土地开发与保护之间的矛盾等方面, 逐渐将生境单元制图作为城市自然保护和空间生态规划的重要工具 ^[40-42] ; 2) 在技术创新方面, 采用彩色红外航空摄影和雷达激光等技术提高制图的精确度; 3) 在生境单元分类方案的设计方面, 注重用户需求	1) 1997年在德国德累斯顿大学举办的生境单元制图研讨会促进了城市生境单元制图的推广应用 ^[2] ; 2) 新西兰等国家开始尝试建立适合本土土地利用和生物群落的分类系统

植物调查数据、土地利用数据以及城市规划成果等相关资料进行生境单元分类^[30-32], 也有部分研究人员采用生态环境变量数据或者生物调查数据开展微生境单元制图和特征描述^[20]。通常一些热点城市环境数据和生物信息一般比较容易获取, 绘制生境单元图谱的准确性也比较高; 但对于难以获取或者数据有限的情况, 一般优先选择关键的驱动因子作为城市生境单元分类方案制定的主要依据^[33]。

2.3 城市生境单元分区及其特征描述方法

城市生境单元分区的方法主要包括单一因子主导法、专家咨询法(德尔菲法)和多元聚类分析法3种。多元聚类分析法是目前公认的最客观最全面的生境单元分区方法, 它可以很好地实现城市生境单元制图中多个生物环境因子的聚类分区^[6]。

城市生境单元特征的描述方法包括图表表征和建立各生境单元名称的代码2种方法。一般来说, 图表表征方式比较适合大尺度分区的环境变量或者特征信息的直观表示, 而采用生境单元代码的方式更适合复杂生境单元分类因子的描述^[6]。

2.4 城市生境单元制图的基本步骤及其主要运用

城市生境单元制图的基本步骤包括数据收集、生境单元分类、生境单元分区及特征描述3个步骤, 生境单元分类、生境单元分区及其特征描述是城市生境单元制图的核心内容, 前者是后者的依据, 后者是前者的产

品^[34]。在城市生态系统的管理过程中, 城市生境单元制图可以为城市自然保护和生态空间的管控边界识别等方面的应用需求提供辅助和支持^[13, 35-37](图1)。

3 城市生境单元制图的研究进展

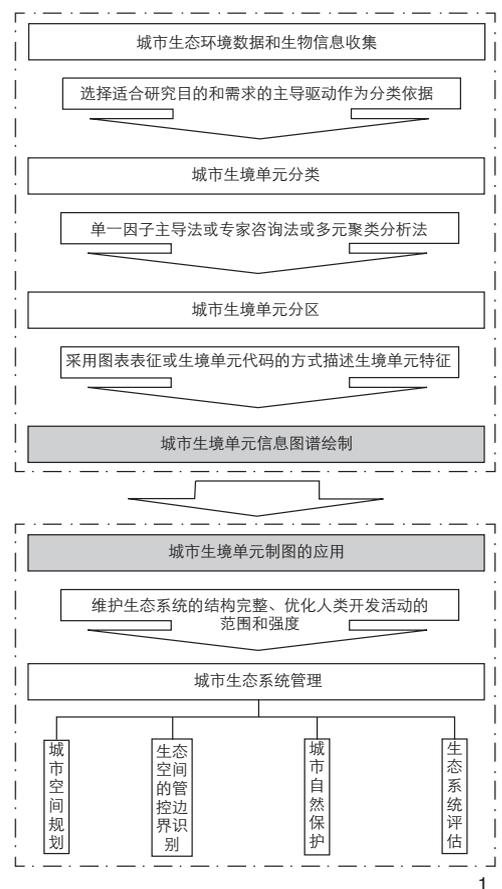
3.1 国外城市生境单元制图的发展

自1980年以德国Sukopp和Schulte为代表的学者创立城市生境单元制图以来, 迄今为止已经历了40余年。目前城市生境单元制图被越来越多的国家和地区重视并不断被创新和应用, 其研究大致经历了3个阶段: 启蒙阶段、发展阶段和推广应用阶段(表2)。

当今各国在城市生境单元制图研究领域取得的成果推动了这些国家和地区在城市生物多样性保护、生态空间规划和生态系统管理方面的持续进步^[38, 43]。虽然科技创新不断促进城市生境单元制图水平的提高, 但仍然不能盲目地追求生境单元图谱的精度和更复杂的分类体系, 要从研究目标和实际需求出发, 选择真正适合的分辨率和合理的分类体系来开展城市生境单元制图研究。

3.2 中国城市生境单元制图的发展

自20世纪80年代起, 中国才开始城市生境单元制图的相关研究, 目前的研究水平还比较滞后。虽然中国开展了大量的城市专项调查, 获取了海量的环境信息和生物数据, 形成了大量专题研究成果, 并初步揭示了中国主要城市生态系统的主要特征和演变规律^[30],

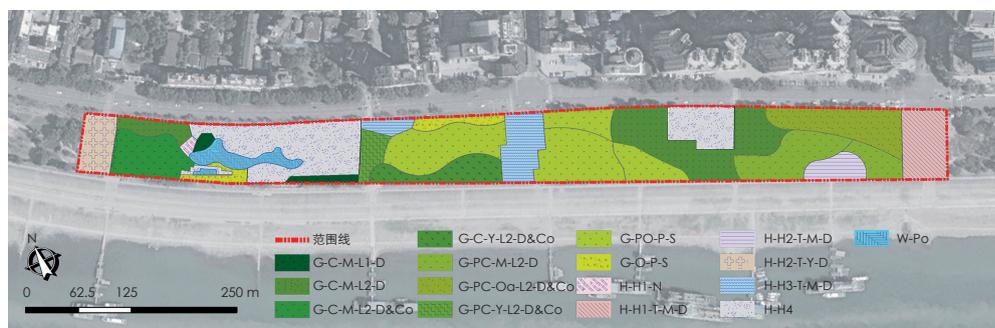


1 城市生境单元图谱的绘制步骤及应用
The mapping stages and application of urban biotope

但这些成果都是根据特定的研究目的或者不同学科的研究需求整理完成的, 目前一直缺乏标准化和规范化的生境单元制图分类方案, 为城市自然保护和生态空间管控增加了工作难度。另外, 目前城市空间生态规划尤其是

生物多样性保护规划都缺乏充分的生物地理空间数据支持，导致城市本底不明、生态边界不清等问题，使得相关规划成果的科学性和指导性不足，有价值的生境单元的分布特征难以识别，更难以形成城市空间保护体系^[30]。

针对上述问题，中国部分学者开展了城市生境单元制图的研究，但主要集中在华东地区和西部地区的少数城市。在综述研究中，2003年李建新与著名生态学家 Sukopp 等就德国生境单元制图国家项目开展的方法和具体程序等相关内容进行了详细阐述，为中国学者开展生境单元制图提供了方法借鉴^[24]。在理论与应用研究方面也开展了一系列工作，赵振斌等对西安市南郊城乡过渡带进行了生境单元制图的研究，对该区域的城市自然保护具有一定的指导意义，但其生境单元的分类体系不周全，对生境单元价值的评估也有待考量^[30]；高大伟等结合彩色红外航片技术和野外调查方法，完成了闵行区的生境图谱绘制和生境价值评估，虽然选择植被覆盖度和生物多样性作为生境单元分类的主导因子是该研究的主要亮点，但由于分类体系的设计过于简单，不利于全面了解生境单元的详细特征及其生境价值^[44]；赵兵等以苏州市花桥镇为例，在生境单元制图技术“本土化”和“城市化”的基础上开展了生境单元图谱绘制和生态价值评估，但分类体系仍以 LUCC 的功能性为主导因子，缺乏对水文、植被格局等要素的考量^[31]；陆熹在建立南京玄武区生境单元分类体系的基础上，进行生境单元图谱的绘制和生境单元的价值评估，由于制图方法仍以典型性生境单元制图法为主^[32]，可能会忽略掉那些看似没有价值但具有特定功能的生境单元类型；张颖等选取北京市3个公园绿地作为研究对象，首次从风景园林师角度来构建分类体系，并将该方法扩展至城市绿地微尺度生境等级，很好地将过往的生境单元分类体系与风景园林师常用的设计逻辑进行结合^[20]，但生境单元类型的划分没有注重其生态过程特征的反映，忽视了不同生境单元之间的相互影响。还有一些学者也开始探讨生境单元制图在城市空间生态规划^[45]、城市生物多样性保护^[38, 46]、城市绿地系统规划^[11]等



注：G，绿色空间；C，闭合绿地；PC，半闭合绿地；PO，半开敞绿地；Oa，老龄；M，中龄；Y，幼龄；P，多年生草本；S，修剪短草；L1，单层结构；L2，多层结构；D，阔叶；D&Co，阔叶针叶混交；H，灰色空间；H1，铺装覆盖面积90%以上；H2，铺装覆盖面积60%~75%；H3，铺装覆盖面积75%~90%；H4，建筑；T，以乔灌木为主；N，极少或无植被；W，蓝色空间；Po，池塘。

2

2 宜昌市滨江公园（市政府—胜利四路段）生境单元制图

The biotope mapping of the Riverside Park (from Municipal People's Government to Shengli 4th Road), Yichang City

领域中的应用研究，为解决城市自然保护和土地开发之间的矛盾提供了解决途径。

与国外相比，中国目前城市生境单元制图相关的研究无论是理论还是实践起步都比较晚，研究范围也比较局限，生境单元分类体系不健全，其严密性和周全性与西方发达国家差距较大，且大多数的研究仍然停留在对城市局部区域生态要素层次的调查^[2, 32]，生境单元制图成果不能充分体现中国城市生态系统自身的特色，也未能很好地将其理论成果应用到城市自然保护和生态空间管理实践中。

4 生境单元制图在城市生物多样性保护中的应用

4.1 生境单元制图在城市生物多样性保护中的优势

城市群生境数量减少和质量下降是造成生物多样性减少的直接原因^[46-48]。城市绿地是实现城市生物多样性的重要载体，但关于城市绿地规划建设与生物多样性保护两者之间的相关性研究还停留在初级阶段，究其原因，主要是缺乏切实可行的生物多样性保护的相关依据、指导细则以及相关部门职责的界定^[49]。另外，城市生态环境数据和生物信息的缺失或不完善也是导致城市生物多样性保护不力的主要原因^[50]。

城市生境单元制图作为景观生态学研究的重要方法之一，能够有效提供城市动植物群落生境质量、分布和生境单元类型等详尽信息，并能将各类城市绿地的生物多样性信

息直观且形象地以图谱形式反映出来，以更好地保护重要的物种和生境单元、解决土地开发与土地保护之间的矛盾^[46]。另外，城市小尺度绿地生境单元制图（图2）也可以为绿地微生境物种的保护与后续的生境修复提供便利。城市生境单元制图方法与目前中国开展的全域生物多样性监测方法相比，后者更侧重对不同尺度下生物多样性组成和变化进行的有计划的观察和记录^[51]，前者不仅能够以可视化信息图谱形式更好地解释城市生态环境和生物多样性的空间分异规律，还能更有效识别不同生境类型之间时空的分界及其相互之间的关系，同时也能很好地实现科学调查到实际应用的有效衔接^[37, 52]。

4.2 生境单元制图在城市生物多样性保护中的具体应用

4.2.1 物种和生境的保护

生境单元制图的主要对象之一就是城市或城市群中生物物种及其栖息生境，除了濒危、稀有物种和重要城市生境单元外，还包括与人们日常生活密切相关的其他生物物种和生境单元^[53-55]。例如 Müller 和 Fujiwara 以保护含有濒危、稀有物种、重要城市生境单元以及与人们日常生活紧密相连的城市绿地为目标，对日本东京城镇群和德国纽伦堡市开展了生境单元制图工作^[53]；高天等将植被连续性因子融入生境单元制图法，改造后的生境单元制图模型成为调查城市生物多样性的工具，不同生境单元展示的图谱信息对今后生物多样性保护措施制定具有重要的辅助

和支持作用^[14, 32, 50]。总结起来,运用城市生境单元制图方法对物种和生境开展保护研究的程序包括3个步骤:1)全面搜集研究区域的生态环境数据和生物多样性信息,结合研究或应用目标,确定需要重点保护的物种和生境单元;2)利用遥感和GIS对获得的生态环境数据和生物多样性信息进行叠合,获取可视性化的城市生境单元图谱;3)依据不同的研究目标,对需要保护的城市物种和生境单元进行价值评估,并依据评估结果划定优先保护等级,从而制定物种和生境保护的具体方案^[7]。

4.2.2 生物多样性保护与管控的空间边界划定

目前城市生态系统管理大多采用行政边界而不是生物物种、生物群落或生态系统分布的生态边界来指导城市生态管理,这将为城市环境及其生物多样性的保护或恢复带来一些困难或不确定因素。另外,当今的城市空间规划和管控大多缺乏足够的城市生物地理空间数据作为依据,存在生态系统类型重叠、生境空间分布规律不明、生物多样性本底不清、生物多样性保护与管控的空间边界模糊等一系列问题^[4-9],导致城市生境单元制图很难做到真正意义上的量化和精细化。因此,生境单元制图有助于准确识别城市生物多样性保护与管控的生态边界^[57]。例如,刘晟呈以天津市滨海新区为例,尝试将生境单元制图引入城乡空间生态规划实施管控领域,实现了对城乡空间生态规划实施管控的动态监控,有利于城市生物多样性的维护和提高^[45]。

4.2.3 城市生物多样性定向的景观规划与管理

通过判读和识别不同规划定向的生境单元图谱信息,可以完成不同尺度的景观规划与管理^[58]。一般来说,城市生境单元制图对景观结构的描述包括土地利用结构或覆被类型、土地基本特征和生物多样性特征。因此,通过判读含有生物多样性价值的生境单元信息,可以为城市地区开展生物多样性定向的景观规划和管理提供有力保障^[13]。例如,Löfvenhaft等运用生境单元制图方法,通过判读瑞典斯德哥尔摩国家城市公园地区含有生物多样性价值的生境单元信息,并根据其组合特征和土地利用历史现状划分为核心区、连接

区、缓冲区和障碍区等不同规划区域,并提出了不同区域的规划和管理要求,也有力支持了该地区生物多样性定向的景观规划与管理^[9]。

4.3 城市生境单元制图在生物多样性保护实践中面临的挑战和难点

目前,城市生境单元制图的理论研究和实践应用均取得了较大的进展,但仍然面临诸多难点和挑战。1)城市生境单元制图的主观性。目前大多数城市生境单元制图都是通过遥感影像判读和田野调查相结合获得一系列复杂个性化的生物与环境信息^[2],这些信息的评定和确立存在较强的主观性,其准确性不仅受观测者专业知识水平的影响,同时也受到比例尺和GIS技术的影响^[2]。因此,如何减少或消除城市生境制图的主观性,是今后生境单元制图在城市生物多样性保护实践中面临的重要挑战之一。2)城市生境单元制图在城市生物多样性保护实践应用中的可靠性和实用性。在中国城市化高速发展的当今,如何加速城市生境单元制图的普及,并将城市生境制图的有效数据信息和评价结果用作城市生物多样性保护与恢复方案制定的重要依据,也是目前面临的主要难点和挑战。

5 总结与展望

5.1 城市生境单元制图研究需要重点解决的问题

基于国内外相关研究的进展,笔者认为未来城市生境单元制图的研究仍需要重点解决以下3方面的问题。

1)制定具有国家和地域特色的城市生境单元分类方案。近40年来,生境单元制图的研究取得了重大进展^[32],但分类方案大多缺乏地域特色。针对中国来说,未来需要在汲取国外城市生境单元分类方案的基础上深入理论研究,制定符合中国城市生态系统特点的分类方案,有助于更清楚地了解不同城市生境特征及其空间分异规律。

2)减少城市生境单元边界划定的主观性。城市生境单元类型及其分布极其复杂,生境单元的边界划定标准也十分模糊,在实际调查工作和结果诠释中往往会掺杂一些主观因素,为后续工作的开展带来不利的影响。

因此,科学有效地界定城市生境单元边界、真实有效地反映研究区域的生境分布情况是未来有必要深入探讨的问题。

3)建立全尺度城市生境单元基础信息与数据库。城市生态环境数据和生物学信息的缺失,对生境单元制图的精确度具有重要影响。未来要结合全域生物多样性监测、城市生态专项调查等多种途径,建立和完善不同尺度的城市生境单元信息数据库,满足不同尺度下生境单元的制图需求。

5.2 城市生境单元制图在中国生物多样性保护中的应用前景展望

国内外研究与实践已经证明,城市生境单元制图对生物多样性保护起到了不可或缺的作用。城市生境单元制图研究随着科学技术不断发展,未来将在中国城市生物多样性保护研究的以下领域中发挥更重要的作用。

1)生境单元制图与城市自然保护相结合。保护含有生物多样性价值的各类不同特色的城市生境单元,是保障城市发展与自然发展相协调的重要途径。生境单元制图可以根据所获取生境单元的生态数据,结合生境单元价值的评估结果制定具有保护价值的区域整体保护方案,并最终形成城市生物多样性保护体系。

2)生境单元制图与城市绿地规划相结合。城市绿地系统是维护和提升城市生物多样性的重要载体。城市生境单元制图不仅可以很好地展示城市绿地生态环境的现状以及未来的规划前景,也能形象、直观地表征城市绿地生态环境和生物多样性信息。城市生境单元制图与城市绿地规划相结合,可以有效地保证城市绿地规划与区域生态环境保护相协调,有利于城市绿地生物多样性的维持和提升,也将为中国以生物多样性为导向的城市绿地规划探索新的方法。

参考文献 (References):

- [1] LOOKINGBILL T R, ROBERT H G, TOWNSEND P A, et al. Conceptual Models as Hypotheses in Monitoring Urban Landscapes[J]. Environmental Management, 2007, 40(2): 171.
- [2] 高天, 邱玲, 陈存根. 生态单元制图在国外自然保护和城乡规划中的发展与应用[J]. 自然资源学报, 2010, 25(6): 978-989.

- [3] CHEN T, BAO L, LIU Z B, et al. The Diversity of Birds in Typical Urban Lake-wetlands and Its Response to the Landscape Heterogeneity in the Buffer Zone Based on GIS and Field Investigation in Daqing, China[J]. *European Journal of Remote Sensing*, 2021, 54: 33-41.
- [4] GRAY J S. Marine Biodiversity: Patterns, Threats and Conservation Needs[J]. *Biodiversity and Conservation*, 1997, 6(1): 153-75.
- [5] BLAND L M, KEITH D A, MILLER R M, et al. Guidelines for the Application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, Version 1.0[M]. Gland: IUCN, 2016.
- [6] 胡文佳, 周秋麟, 陈彬, 等. 海洋生境制图研究进展: 概念、方法与应用 [J]. *生物多样性*, 2021, 29 (4) : 531-544.
- [7] SUKOPP H, WEILER S. Biotope Mapping and Nature Conservation Strategies in Urban Areas of the Federal Republic of Germany[J]. *Landscape and Urban Planning*, 1988, 15(1): 39-58.
- [8] SCHULTE W, SUKOPP H, VAGGENREITER V, et al. Flächendeckende Biotopkartierung im Besiedelten Bereich als Grundlage einer ökologisch bzw. am Naturschutz Orientierten Planung[J]. *Natur und Landschaft*, 1993, 68: 491-526.
- [9] DAHL F. Principles and Theories of Biozone Research[J]. *Zoologischer Anzeiger*, 1908, 333(1): 349-353.
- [10] HONG S K, KIM S, CHO K H, et al. Ecotope Mapping for Landscape Ecological Assessment of Habitat and Ecosystem[J]. *Ecological Research*, 2010, 19(1): 131-139.
- [11] 赵兵. 花桥新城生态单元制图与绿地系统规划研究 [D]. 南京: 南京林业大学, 2012.
- [12] FORMAN R. Land Mosaics: The Ecology of the Landscapes and Regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
- [13] LOFVENHAFT K, BJORN C, IHSE M. Biotope Patterns in Urban Areas: A Conceptual Model Integrating Biodiversity Issues in Spatial Planning[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 58(2-4): 223-240.
- [14] MANSUROGLU S, ORTACESME V, KARAGUZEL O. Biotope Mapping in an Urban Environment and Its Implications for Urban Management in Turkey[J]. *Journal of Environmental Management*, 2006, 81(3): 175-187.
- [15] ADAM K. Stadtökologie in Stichworten[M]. Zuffenhausen: Verlag Ferdinand Hirt AG, 1988.
- [16] JALKANEN J, VIERIKKO K, MOILANEN A. Spatial Prioritization for Urban Biodiversity Quality Using Biotope Maps and Expert Opinion[J]. *Urban Forestry and Urban Greening*, 2020, 49: 126586.
- [17] 高鹏飞. 西北半干旱城市滨水区生境单元构成研究 [D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2015.
- [18] FARINA A. Principles and Methods in Landscape Ecology[M]. Berlin: Springer, 1998.
- [19] 程维明. 景观生态分类与制图浅议 [J]. *地球信息科学*, 2002 (2) : 61-65.
- [20] 张颖, 朱建宁. 融入风景园林因子的生境单元制图法及在公园鸟类微生境研究中的应用 [J]. *风景园林*, 2021, 28 (2) : 96-102.
- [21] DIAZ R J, SOLAN M, VALENTE R M. A Review of Approaches for Classifying Benthic Habitats and Evaluating Habitat Quality[J]. *Journal of Environmental Management*, 2004, 73(3): 165-181.
- [22] 崔王平, 李阳兵, 李潇然. 重庆市主城区景观格局演变的样带响应与驱动机制差异 [J]. *自然资源学报*, 2017, 32 (4) : 553-567.
- [23] YILMAZ K T. Ecological Diversity of the Eastern Mediterranean Region of Turkey and Its Conservation[J]. *Biodiversity and Conservation*, 1997, 7(1): 87-96.
- [24] SCHULTE W, SUKOPP H, 李建新. 德国人文聚落区生态单元制图国家项目 [J]. *生态学报*, 2003 (3) : 588-597.
- [25] WITTIG R, SCHREIBER K F. A Quick Method for Assessing the Importance of Open Spaces in Towns for Urban Nature Conservation[J]. *Biological Conservation*, 1983, 26(1): 57-64.
- [26] STARFINGER U, SUKOPP H. Assessment of Urban Biotopes for Nature Conservation[M]. Amsterdam: Elsevier, 1994.
- [27] SUKOPP H, KUNICK W, SCHNEIDER C. Biotopkartierung im Besiedelten Bereich von Berlin (West). II. Zur Methodik von Gelandearbeit und Auswertung[J]. *Garten und Landschaft*, 1980, 7(80): 565-569.
- [28] BASTIAN O. Biotope Mapping and Evaluation as a Base of Nature Conservation and Landscape Planning[J]. *Ekologia Bratislava*, 1996, 15(1): 5-17.
- [29] ROBINSON C L K, LEVINGS C D. An Overview of Habitat Classification Systems, Ecological Models, and Geographic Information Systems Applied to Shallow Foreshore Marine Habitats[J]. *British Journal of Criminology*, 1995, 7: 3-10.
- [30] 赵振斌, 薛亮, 张君, 等. 西安市典型区域城市生境制图与自然保护规划研究 [J]. *地理科学*, 2007 (4) : 561-566.
- [31] 赵兵, 韦薇, 郭立乔, 等. 城乡生态单元分类、评价与制图研究: 以苏州市花桥镇为例 [J]. *长江流域资源与环境*, 2015, 24 (11) : 1805-1812.
- [32] 陆熹. 城市生境单元制图方法研究 [D]. 南京: 东南大学, 2017.
- [33] 邱玲, 高天, 张硕新. 融入植被结构因子的生态单元制图法在城市生物多样性信息采集中的应用 [J]. *生态学报*, 2010, 30(14): 3688-3699.
- [34] STRONG J A, CLEMENTS A, LILLIS H, et al. A Review of the Influence of Marine Habitat Classification Schemes on Mapping Studies: Inherent Assumptions, Influence on End Products, and Suggestions for Future Developments[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2019(1): 1.
- [35] MAURER U, PESCHEL T, SCHMITZ S, et al. The Flora of Selected Urban Land-use Types in Berlin and Potsdam with Regard to Nature Conservation in Cities[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 46(4): 209-215.
- [36] CEPER N. Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü: No. 6[M]. İstanbul: TEMA Yayınları, 1995.
- [37] 刘文平, 宇振荣. GIS支持下北京市海淀区生境服务制图研究 [J]. *生态科学*, 2017, 36 (2) : 144-151.
- [38] REUMER J, EPE M J. Biotope Mapping in Rotterdam: the Back-ground of a Project[J]. *Deinsea*, 1999, 5: 1-8.
- [39] WERNER P. Why Biotope Mapping in Populated Areas?[J]. *Deinsea*, 1999, 5: 9-26.
- [40] ROESSNER S, SEGL K, HEIDEN U, et al. Automated Differentiation of Urban Surfaces Based on Airborne Hyperspectral Imagery[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2001, 39(7): 1525-1532.
- [41] SEGL K, ROESSNER S, HEIDEN U, et al. Fusion of Spectral and Shape Features for Identification of Urban Surface Cover Types Using Reflective and Thermal Hyperspectral Data[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2003, 58(1/2): 99-112.
- [42] BOCK M. Remote Sensing and GIS-based Techniques for the Classification and Monitoring of Biotopes: Case Examples for a Wet Grass- and Moor Land Area in Northern Germany[J]. *Journal for Nature Conservation*, 2003, 11(3): 145-155.
- [43] 邱玲, 朱玲, 王家磊, 等. 基于生态单元制图的宝鸡市城区生物多样性保护规划研究 [J]. *生态学报*, 2020, 40 (1) : 170-180.
- [44] 高大伟, 陈艳, 陆慧萍, 等. 生境制图在生境质量评价中的应用: 以上海市闵行区为例 [J]. *环境科学与技术*, 2009, 32 (5) : 179-182.
- [45] 刘晟呈. 基于生态单元制图的城乡空间生态规划实施管控 [C]// 中国城市科学研究会. 2017 城市发展与规划论文集. 北京: 中国城市出版社, 2017: 6.
- [46] 邱玲. 生态单元制图在城乡生物多样性保护中的研究 [J]. *南方建筑*, 2016 (4) : 47-49.
- [47] MCKINNEY M L. Urbanization, Biodiversity, and Conservation[J]. *BioScience*, 2002, 52(10): 883-890.
- [48] 马远, 李锋, 杨锐. 城市化对生物多样性的影响与调控对策 [J]. *中国园林*, 2021, 37 (5) : 6-13.
- [49] GRKAN A. Biotope Mapping in an Urban Environment for Sustainable Urban Development: A Case Study in Southern Part of Turkey[J]. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2016, 14(4): 493-504.
- [50] 薛达元, 武建勇, 赵富伟. 中国履行《生物多样性公约》二十年: 行动、进展与展望 [J]. *生物多样性*, 2012, 20 (5) : 623-632.
- [51] 胡天宇, 王宁宁, 赵晓倩, 等. 生物多样性监测网络建设进展 [J]. *遥感学报*, 2018, 22 (4) : 709-712.
- [52] LE ROUX D S, IKIN K, LINDENMAYER D B, et al. Reduced Availability of Habitat Structures in Urban Landscapes: Implications for Policy and Practice[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 125(S1): 57-64.
- [53] MÜLLER N, FUJIWARA K. Biotope Mapping and Nature Conservation in Cities Part2: Results of Pilot Study in the Urban Agglomeration of Tokyo[J]. *Bulletin of the Institute of Environment Science and Technology*, 1998, 24(1): 97-119.
- [54] EHLERS M, GAEHLER M, JANOWSKY R. Automated Analysis of Ultra High Resolution Remote Sensing Data for Biotope Type Mapping: New Possibilities and Challenges[J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2003, 57(5): 315-526.
- [55] HILLI M, KUITUNEN M T. Testing the Use of a Land Cover Map for Habitat Ranking in Boreal Forests[J]. *Environmental Management*, 2005, 35(4): 505-516.
- [56] 高天, 邱玲, 陈存根. 融入植被连续性因子的生态单元制图法在城市生物多样性维护中的应用 [J]. *应用生态学报*, 2010, 21 (9) : 2295-2303.
- [57] NAYIM Y S. Mapping of biotopes between Amasra and İnkum (Bartın), Western Black Sea Region of Turkey[J]. *Journal of Environmental Biology*, 2017, 38(5): 1033-1042.
- [58] DREWES J E, CILLIERS S S. The Integration of Urban Biotope Mapping in Spatial Planning[EB/OL]. (2004-11-01)[2021-11-18]. https://hdl.handle.net/10520/AJA1012280X_281.

图表来源 (Sources of Figures and Tables):

图 1、2 由作者绘制; 表 1、2 由作者绘制。

(编辑 / 王一兰)