

# Beijing City Lab

Liu L, Long Y, Batty M, 2014, A retrospect and prospect of urban models. Beijing City Lab. Working paper #42

# 城市模型的回顾与展望

## ——访谈 Michael Batty 后的新思考

刘伦<sup>1</sup>、龙瀛<sup>2</sup>、麦克·巴蒂<sup>3</sup>

1 剑桥大学土地经济系

2 北京城市规划研究院，英国剑桥大学建筑系

3 伦敦大学学院巴特莱特学院

**摘要：**基于笔者对城市模型领域重要学者麦克·巴蒂的访谈，文章对城市模型的发展历程、现状与前景进行了回顾、评述与展望。第一部分介绍城市模型的发展脉络，分析 20 世纪第一次发展高潮中城市模型在规划应用中的实际困难与受到批判的原因。第二部分梳理了当前第二次城市模型发展高潮期的模型门类，并指出精细化城市模型是当前研究热点，模型建模方法将更加侧重“自下而上”与“自上而下”的结合、“问题导向型”以及应对城市日益增长的复杂性与不确定性，同时大数据时代的来临也为城市模型的发展带来了重要契机，但相关研究需要吸取第一轮研究热潮中的经验教训，促进城市模型与规划实践的结合。第三部分介绍了麦克·巴蒂的城市“新科学”思想、城市定量研究教育的起步以及新近成立的以定量城市研究为着力点的北京城市实验室。

**关键词：**城市模型；定量城市研究；大数据；北京城市实验室；中国

# 城市模型的回顾与展望

## ——访谈 Michael Batty 后的新思考

**摘要:** 基于笔者对城市模型领域重要学者麦克·巴蒂的访谈,文章对城市模型的发展历程、现状与前景进行了回顾、评述与展望。第一部分介绍城市模型的发展脉络,分析 20 世纪第一次发展高潮中城市模型在规划应用中的实际困难与受到批判的原因。第二部分梳理了当前第二次城市模型发展高潮期的模型门类,并指出精细化城市模型是当前研究热点,模型建模方法将更加侧重“自下而上”与“自上而下”的结合、“问题导向型”以及应对城市日益增长的复杂性与不确定性,同时大数据时代的来临也为城市模型的发展带来了重要契机,但相关研究需要吸取第一轮研究热潮中的经验教训,促进城市模型与规划实践的结合。第三部分介绍了麦克·巴蒂的城市“新科学”思想、城市定量研究教育的起步以及新近成立的以定量城市研究为着力点的北京城市实验室。

**关键词:** 城市模型; 定量城市研究; 大数据; 北京城市实验室; 中国

纵观城市科学的发展历史,从对城市现象的记载、描述,到对其进行归纳、总结,再到对城市事物之间的关系描述,最后发展到用系统的观点看待城市,其发展历程经历了一个从定性到定量的过程。在这样的发展规律下,“城市模型”(Urban Model)在城市科学中逐渐成为重要分支。城市模型是在对城市系统进行抽象和概念化的基础上,对城市空间现象与过程的抽象数学表达,是理解城市空间现象变化、对城市系统进行科学管理和规划的重要工具,可以为城市政策的执行及城市规划方案的制定和评估提供可行的技术支持。

在我国城市规划逐渐由过去二三十年的“大拆大建”向精细化编制与管理转型的背景下,城市模型研究也在逐渐兴起。为使国内学界更好地了解城市模型研究的发展历程与发展方向,笔者于 2013 年 12 月采访了城市模型领域重要学者、英国伦敦大学学院(University College of London, UCL)教授、UCL 高级空间分析中心(Center of Advanced Spatial Analysis, CASA)主任麦克·巴蒂(Michael Batty)。本文并非试图对城市模型的发展历程展开全面综述,而是结合访谈内容,就城市模型的发展脉络、门类谱系、应用表现、发展方向、规划教育、相关科学发展等方面提出一系列新思考,希望引发国内学界的关注与进一步研究。

## 1 城市模型的产生与早期研究

### 1.1 早期城市模型以静态模型为主

城市模型研究始于 20 世纪初期。20 世纪初到 50 年代中期是城市模型发展的初级阶段,一些学者尝试在城市形态与结构角度建立城市模型,如伯吉斯(Ernest Watson Burgess)提出的城市土地利用的同心圆模式(Concentric Ring Model)、瓦尔特·克里斯塔勒(Walter Christaller)提出的中心地理论(Central Place Theory)、霍默·霍伊特(Homer Hoyt)提出的土地利用的扇形理论(Sector Model),以及昌西·哈里斯(Chauncy Harris)和爱德华·厄尔曼(Edward Ullman)提出的多核心土地利用模式(multiple nuclei mode)等。1950 年代末,计算机的出现和推广给城市模型带来了新的生机,1960 至 1970 年代是城市模型研究

的第一次高潮，出现了以劳瑞（Lowry）模型（Lowry, 1964）和阿隆索（Alonso）地租模型（Muth, 1961; Alonso, 1964; Mills, 1967）为代表的空间交互（Spatial Interaction）模型以及土地与交通交互（LUTI）模型，并被引入城市规划领域，应用于城市发展政策评估。此后，由空间经济学与 LUTI 模型框架的结合又产生了以 MEPLAN 模型（Williams 和 Echenique, 1978）和 TRANUS 模型（de la Barra, 1989）为代表的一类空间均衡模型（spatial equilibrium models）（万励，金鹰，2014），但至此应用于规划实践层面的城市模型仍以静态模型为主。从 1990 年代开始，计算机硬件技术的进步、人工智能等相关领域的发展、以及地理信息系统（Geographical Information System, GIS）的日益成熟推动了城市动态模型的发展，出现了元胞自动机（Cellular Automata, CA）模型、基于个体建模（Agent-based Modelling, ABM）模型、空间非均衡模型等，将在下一节详细介绍。

从当时研究者的国家与机构分布看，美国在城市模型领域起步较早，宾夕法尼亚大学（宾大，University of Pennsylvania）可以被称为“城市模型的故乡”。宾大在 1950 至 1970 年代开展了许多相关研究，如布里顿·哈里斯（Britton Harris）曾开发的 Penn-Jersey 交通模型，威廉·阿隆索（William Alonso）也是在宾大取得博士学位。英国起步略晚，主要出现过五六组从事相关研究的团队。1970 年代初，雷丁大学（University of Reading）曾开展过城市模型研究，到 1970 年代末，剑桥大学和利兹大学（University of Leeds）则成为了研究主力，至今仍是如此，利兹大学的研究更侧重于空间分析，而剑桥大学则一直侧重于 MEPLAN 模型开发与应用。UCL 的 CASA 在经历了约 20 年发展后也成为了一支强大的定量分析和城市模型研究团队。除此之外，在英国乃至世界各地还存在一些学者和机构从事类似工作，如委内瑞拉 Modelistica 公司基于空间投入产出法开发的 TRANUS 模型（de la Barra, 1989），以及为智利圣地亚哥开发的 MUSSA 模型（Martínez, 1996）。

从模型内容看，早期城市模型更侧重于交通模拟而非土地利用模拟，这与英美两国的规划传统有关，并对欧洲大陆国家同样适用。与中国城市规划具有强烈的物质规划倾向、侧重建筑设计与城市设计不同，英美两国拥有强大的交通部门，侧重交通规划和相关工程设计，这使两国都出现了较大的交通研究机构，如 1960 年代加州大学伯克利分校（University of California, Berkeley）的交通研究组，以及伦敦帝国理工学院（Imperial College London）的交通研究中心。其中，伯克利的研究人员基于劳瑞模型针对旧金山湾区开发了多个交通模型，包括 1980 年代末约翰·兰迪斯（John Landis）开发的 CUF（California Urban Future）和 CUF-2 模型等（Landis, 1994, 1998）。

## 1.2 “不确定性”问题是早期城市模型面临的主要挑战

1960 到 1970 年代是定量城市研究的黄金时期，当时的城市模型旨在评估不同城市政策的可能影响，包括城市更新、税收政策、交通建设、基础设施建设、区划政策（zoning）、住房抵押贷款政策、反歧视政策、就业政策等（Lee, 1968），并在高速公路建设、商业选址、住房政策等方面获得了实际应用（Kilbridge 等，1970）。但当时的城市模型未能很好的解决实际问题，并受到了城市社会学理论和新马克思主义城市理论等的批判，城市模型研究的热潮随之减退。

早期城市模型模拟结果不佳的主要原因可以归结为，城市发展中政策制定最为关键的领域往往也最难以建模，比如住房问题、城市更新问题等。以住房市场为例，它既受到私人部门又受到公共部门的影响，市场中的供给者和需求者在规模上极不对等，且住房供给者调整建设供应量也存在相当明显的滞后性，因此在市场中存在大量扭曲，较零售市场等更为“纯粹”的市场要更难预测。早期城市模型在构建之初对上述问题并非未加以考虑，但它们最终未能很好的把握上述市场的内在逻辑。

其深层原因在于，当时的城市理论不足以为城市模型提供坚实的理论基础。当时的城市模型被批评为“过于简单化”，其实这些模型本身可能已相当复杂，只是与其面对城市问题相比仍然简单。以城市紧急服务设施的规划为例，1970年代，纽约构建了一系列针对火警、紧急救护等紧急服务的城市模型，这些模型被用于预测如何应对突发情况，但它们的预测结果大部分是错误的，当局将消防站等设施部署于模型预测将发生火灾的地点，但实际上火灾发生在了别处，反而加剧了问题。在这个案例中，城市理论的不足主要导致了城市模型的两方面问题。第一，模型未能考虑很多微观层面的可能性，如消防员的缺勤行为——当人们感到规章制度太过束缚时就会做出自我调整，这是欧美国家很多城市服务都存在的情况。第二，模型未能深入火灾的产生机制，火灾并不仅与建筑房龄等客观条件相关，还与建筑内以及建筑周边人口的个体行为、社会结构等因素相关。

这种理论层面的不足，可以进一步归结为城市理论在不确定性问题方面的不足，同时，人们也未能掌握足够的模拟主体（agent）的行为模式的相关信息——模拟主体的行为可能看起来是理性的、有章可循的，但实际上他们的理性行为可能依循比模型规则更为复杂的逻辑框架。值得一提的是，不确定性也是规划理论研究所普遍关注的问题（Christensen, 1985; Allmendinger, 2001; 于立, 2004; 赫磊等, 2012），甚至说“有关未来的唯一确定因素就是可以肯定未来是不确定的”（于立, 2004）。因此，不论是传统规划理论研究，还是城市模型研究，都在试图从不同角度理解并应对城市发展的不确定性。

## 2 当今城市模型研究进展

### 2.1 “精细化”是城市模型发展的主要方向

经过了早期的静态模型阶段，目前绝大多数城市模型都属于动态模型，从不同角度可以对动态城市模型进行不同的分类，下文将主要从建模方法角度予以划分。从建模方法看，常用的方法有基于空间相互作用理论的重力模型（Gravity Model）、最大熵（Entropy Maximizing）理论模型，来自经济学的阿隆索地租模型、离散选择模型（Discrete Choice Model）、空间投入产出模型（Spatial Input-output Model）、回归分析（Regression）模型，来自复杂科学的元胞自动（Cellular Automata, CA）、基于个体建模（Agent-based Modelling, ABM），以及微观模拟（Microsimulation Model, MSM）等（Pagliar 和 Wilson, 2010）。其详细谱系和演进关系可参见龙瀛（2013）。但还有少数模型并不能被完全归类，它们的建模方法包含上述多种模型不同部分的融合，一般不具有“MEPLAN”、“SLEUTH”（一种元胞自动机模型，Clarke 等, 1997）这样具体明确的名称，且往往是“一次性”的，比如专门为东京构建的模型、北京城市空间发展分析模型（BUDEM, 龙瀛等, 2010）等，而不像 MEPLAN、SLEUTH、UrbanSim（基于 LUTI 模型框架、微观模拟、基于主体建模、离散选择的一种空间非均衡模型，Waddell, 2002）等“软件包”式的模型在多个地区有应用。例如，BUDEM 直接面向北京城市规划的实践工作，可以用于模拟宏观政策、规划方案、发展策略等，并体现了中国城市发展特色制度性约束。

通观城市模型发展历程，其发展趋势在于不断细分，由“自上而下”向“自下而上”发展。50年前，最早出现的城市模型均属于集聚模型（aggregate model），如劳瑞模型、阿隆索地租模型等，且大多数发展历程较长的城市模型在产生之初也都是“自上而下”的，随着模拟人口和区域的细化，它们开始逐渐解体。例如，20年前当保罗·沃德尔（Paul Waddell）开发 UrbanSim 系列模型时，它们比现在要更加“集聚”。再如，交通模型也呈现出相似的分解趋势，它们从经济学中引入了离散选择模型（discrete choice model），后来又引入了高

度分解的基于个体建模 (agent-based modeling, ABM), 从总体出行分布 (aggregate trip distribution) 模型演化为出行需求模型 (travel demand model), 后又演化为家庭活动模型 (household activity model), 是对每个人或家庭行为模式和出行决策的模拟, 如 TRANSIMS (Smith 等, 1995)、MATSim (Balmer 等, 2008) 等, 它们与 MEPLAN 模型等区域模型将 3000 至 4000 个家庭作为一个整体进行模拟已大相径庭。

目前还存在一类基于微观的土地开发模型 (land development model) 并非是以上述方式演化而来, 而是起源于 GIS 技术。这类模型与上述模型有很大不同, 它们并不模拟交通系统, 而是直接模拟土地开发, 如 SLEUTH 模型; 其中也有部分模型可与交通模型相交互, 但这类模型的实际应用并不广泛。

基于上述对城市模型发展历程的分析可以看出, 精细化的城市模型 (动态的、基于离散动力学的、微观的、“自下而上”的城市空间模型) 将成为未来的研究热点。与之相应, 城市模型与规划实践的结合也可由宏观的总规层面扩展至中、微观的详规层面, 如 MEPLAN、TRANUS、PECAS (Hunt 和 Abraham, 2005) “自上而下”的空间均衡模型主要应用于评估大空间尺度规划政策的社会经济影响 (万励, 金鹰, 2014), 而 UrbanSim 等模型已被应用于世界上的多个城市和地区。

## 2.2 建模方法的四项发展趋势

当今城市的复杂性正在快速提高, 为了在越来越多样的城市问题上为规划决策提供支持, 城市模型建模方法主要呈现出四项发展趋势。

第一, 宏观模型与微观模型的结合。“自上而下”的宏观模型与“自下而上”的微观模型既是一种演进关系, 也可能在未来的建模中被结合, 比如, 将宏观模型用于生成分区 (zone) 尺度的模拟结果, 将微观模型用于“分配”上述结果, 构建出兼具集聚与分解、宏观与微观特征的模型。如北京城市发展模型 (龙瀛等, 2010) 即是首先外生得到每年北京城市建设用地增加量, 再根据每个地块 (方格形元胞) 的区位、规划条件及周边地块建设情况识别发展适宜性最高的地块发展为建设用地。

第二, 城市模型进入为特定问题建立专用模型的阶段, 即开发更为“问题导向型” (problem-oriented) 的城市模型, 也就是上节所提到的“一次性”模型。城市模型领域在过去几十年发展中积累的大量模型工具是这一趋势的主要驱动力, 专用模型可以从多个现有模型中选取对特定问题最有用的片段并加以组合“打包”。除上节所提到的东京城市发展模型和北京城市发展模型外, 欧洲和北美也曾构建若干此类模型, 它们是不同的模型要素的结合并具备专用软件。但是, 这并不意味着综合性、普适性模型开发的终止, 这两种建模思路将在未来同时推进。如今城市模型研究在各个方面都在扩展, 未来既将出现更多大型综合性模型, 也将出现更多“问题导向型”模型。在我国规划编制与城市治理逐渐走向精细化的背景下, “问题导向型”模型也将在更多领域为提高规划制定的科学性提供支持, 如剑桥大学跨学科空间分析实验室 (Lab of Interdisciplinary Spatial Analysis, LISA) 为上海嘉定区创新产业布局开发的基于个体建模的专用模型 (LISA, 2013)。

第三, 城市模型研究需要应对快速提高的城市复杂性。需要指出的是, 模型的本质是对现实的简化, 是追求简单的, 如果模拟对象变得非常复杂, 模型可能需要将模拟对象划分为多个方面, 比如分别构建针对基础设施建设、住房供给、旧城更新等城市发展特定方面的小型模型, 或构建一系列不同复杂度和综合度的模型以应对不同需要等。同时, 数据质量的提高、模型种类的扩展, 以及信息技术的发展也有助于应对增长的复杂性。如信息技术的发展可提供更多在城市中进行“小范围实验”的机会, 也就是在短时间、小范围内进行某种改变并观察人群的反应, 比如人们可以通过智能手机等各种信息设备获取即时信息以对交通堵塞、

地铁故障等外界“刺激”迅速做出反应，由此，城市模型能够快速“学习”，及时发现人群行为的新趋势及其影响。“众包”（crowd-sourcing，一种互联网带来的新的生产组织形式，即企业利用互联网来将工作分配出去、发现创意或解决技术问题，来自：维基百科）也是一项重要的新课题，它可以提供传统调研所不能获取的或获取成本相当昂贵的新数据。如 OpenStreetMap（开放街道地图，OSM）即是由用户根据手持 GPS 装置、航拍照片、卫星影像、甚至是自己对有关区域的了解而绘制、编辑的地图，近期，龙瀛等（Long 和 Liu, 2013）根据 OSM 及 POI（Point of Interest，兴趣点）数据识别出了全国 297 个城市的地块尺度的开发强度和使用功能，为未来城市定量研究提供了数据基础。以上都是有助于应对日益提高的城市复杂性的研究工作。

与此相关的另一个趋势是，城市模型研究领域正在认真审视自身的预测能力——人们已意识到人们并不能准确预测未来，但可以尝试进行有条件的预测，这也意味着人们正在逐渐理解社会系统的预测。

第四，通过从不同角度对同一问题构建多个模型，观察并比较其模拟结果来应对不确定性问题。这是目前一项较为可行的应对不确定性的方法。这一思路来自于宏观经济领域，经济学家采用多个不同的计量模型模拟一个国家的宏观经济体系，然后对生成的不同结果进行选择与讨论，并使决策者了解到模拟结果之间的异同。虽然近年来有多篇论文提出这一方法，但类似工作还未在城市研究领域真正开展，主要受到两项因素制约，一是采用多重视角分析问题需要一个更大的城市模型“工具库”作为方法支撑，二是虽然与之前相比建模难度在降低，模型模拟能力也在提高，为同一问题建立多个模型仍将花费不菲。由于上述因素的制约，这一方法在规划实践中可能将首先应用于总体规划、区域规划等宏观政策，如评估总规用地规划、重大交通基础设施建设的影响等。

## 2.3 大数据时代下的城市模型

随着信息和网络技术的不断提高，城市研究的大数据时代已经悄然到来。利用城市中不断产生的海量数据如传感器网络（sensor networks）、社会化网络（social networks）、射频识别（RFID）和通话记录（call detail records）等，城市研究者们可以更加直接的从现实数据中挖掘个体行为特征。这些数据为建立城市模型提供了较好的机遇，同时也在建模思路和方法等方面提出新的要求。目前，城市大数据研究已在新型交通模型（new models of movement and location）、城市发展路径风险分析（risk analysis of development path）、新型出行行为模型（new models and systems for mobility behavior discovery）、新型交通需求管理工具（new tools for governance of mobility demand）等方面获得开展（Batty, 2012）。利用大数据开展城市空间分析与模拟已成为目前学术界的 research 热点。

在大数据时代，城市模型研究的发展态势主要体现在以下几方面。第一，多个领域的学者共同关注利用大数据开展城市研究，例如除了城市规划领域本身，计算机、地理信息科学、时间地理学等学科也关注大数据挖掘，进而对城市问题进行识别和诊断并提出相应的建议。第二，基于大数据的研究日趋破碎化（fragmented），即这些研究往往侧重于城市现象的某一个局部方面，而鲜有综合的分析（Batty, 2012）。其原因可能在于大数据的特点是广、精和深，适合专业分析和挖掘，而传统的城市模型则基于来自多个渠道的数据。第三，大数据分析算法趋于简单化，甚至有观点声称“数据就是模型”，即通过对大数据的简单的时间、空间和属性层面的统计分析，就可以得到有趣的分析结果。第四，这类研究侧重对城市的现状评价而非对未来的预测或对城市系统的模拟，这也符合精细化城市模型的特征，即越精细化的模型越不适合对远景进行判断，而长于对现状的分析和问题的识别。

由于相关研究刚刚起步，大数据的积累也刚刚开始，目前的研究集中于短期截面数据，

而随着大数据收集时间的增长，5至10年期、甚至更长时间跨度的长期大数据将具备更大的研究潜力。研究者有望从短期趋势中识别出长期趋势，这将是研究范式的转变。例如，从短期数据中可以通过通勤等规律性行为识别出数据中的不同个体，当积累了足够多、足够长期的数据，就可以观察到个体的规律性行为是否发生变化，并识别出趋势，包括一个月内的趋势、半年内的趋势，等等。比如，如果信用卡消费数据可以保存20到30年，就可以从中观察到每个个体生命周期中消费模式的转变，如随着年龄增长购物量将减少，购物种类也有所不同，反映出生活方式的变化。大数据、特别是长期大数据能为城市定量研究和规划决策支持提供哪些新的可能，这还是一个有待探索的问题，未来将有更多相关研究不断涌现。

事实上，类似趋势早在GIS的发展中即已得到体现。GIS的本质就是将数据输入一个空间信息系统，在很多情况下GIS仅是以不同方式呈现数据，GIS以及其他一些基于GIS的工具都与数据有非常密切关系。它们可以被称为“数据模型”(data modeling)，也就是说，数据即是模型。城市模型研究的确存在这种范式转变，未来城市模型与数据的关系将会更加紧密，当然，这种趋势是渐进的。而伴随着这一趋势出现的质疑是，既然“数据即是模型”，那么大数据是否会成为城市模型的又一次“安魂曲”。对于这一问题，现在下结论为时尚早，我们需要观察新一轮的城市模型开发与应用表现，现在才刚刚是开始。

## 2.4 职业“文化”是影响城市模型应用于规划实践的主要困难

虽然学术界在过去的几十年中在城市模型领域取得了大量进展，并且有越来越多的地方政府、学术资助机构等正在对城市模型产生兴趣，但城市模型仍未被大规模应用于规划实践。究其原因主要有三点。

第一，不同国家的“文化”对待城市模型的态度不同。美国有较为强烈的所谓“技术乐观主义”，比其他国家对待技术的态度更为积极。1960到1970年代，美国的规划师和决策者对模型工具持有非常乐观的期望，认为它们一定在某些方面有所助益，大多数美国大城市都建立了自身的城市模型，虽然后来人们发现它们并非如此有用。但是在英国，人们则不那么乐观，许多规划师并不习惯于使用这些模型，他们认为现实世界过于复杂，并非模型可以预测，因此城市模型在英国的应用案例显著少于美国。英国的主要应用案例包括David Simmonds咨询公司在伦敦和英国东南部的模型应用、一两家交通咨询公司的模型应用，以及MEPLAN模型的应用(现已结束)。当然，由于计算机等新技术的影响力持久不衰，英国的情况也有所转变。而中国的规划人员大多来自设计背景，也并不习惯于模型“预测”的工作方式，并与英国规划师类似，也对城市模型深存疑虑。根据笔者的经验，我国规划师对城市模型还处于了解阶段，对模拟的结果表示欢迎的同时，所存在的质疑主要来自于模型参数设置的合理性而非模型模拟机制的科学性，此外，发达国家开发的模型是否适用于快速发展的中国也存在疑问。

第二，职业“文化”也阻碍了城市模型在规划师和决策者中的推广。他们对城市模型相关思想了解较少并缺乏相应的训练，同时，城市模型中也存在一些规划师和决策者认为需要改变的部分，因此在上世纪60至70年代甚至有人称“城市模型本身就是问题，而非解决方法”。比如，很多模型模拟的目的在于使城市发展更具自发性，也就是更多的发挥“自组织”作用，而决策者的工作在于为未来发展做出决定以起到“优化”作用，也就是进行“他组织”。模型预测结果往往既告诉人们应该“优化”什么，也告诉人们不应“优化”什么，这就意味着需要说服决策者“不去做什么”，这有时比说服他们“去做什么”要更难。

第三，在城市模型的第一次黄金时期(1960年代)，特别是在美国，许多系统分析与系统发展的思想是从军事领域移植而来。在不同领域间进行这种移植并非易事，相关的技术和工具通常并不能被很好的转换以适应新的需要，模型工具被移植到城市研究之后出现了各种

问题，包括数据问题、运算问题、财务和资金问题，等等。

由于上文提及的多种问题，到 1970 年代末，城市模型的第一次研究热潮便消失了。到 1990 年代，甚至更晚至 21 世纪初，人们真正进入了一个数据可获得性与计算机计算能力不再是主要问题的时期，因此人们对定量城市研究正在产生新的兴趣，城市模型获得了新的发展动力，开始了目前的第二轮热潮。智慧城市运动也在与城市模型的新热潮并驾齐驱，但二者在很多方面截然不同。智慧城市更加关注短期变化，诸如早晚高峰、一天、一周的变化，而城市与区域模型则关注更长的时间跨度，比如六个月、五年内的住房政策、交通政策等。但作为用于理解城市的一系列方法和工具，城市模型与智慧城市的某些方面有所交叉，比如非常精细尺度的交通与人流移动问题、紧急车辆调度问题、非常具体的交通系统故障问题等——所有这些问题都是智慧城市技术所要改善的。因此，IBM、思科（Cisco）等公司均在其智慧城市项目中开发了一系列操作性与研究性城市模型。怎样才能在本轮定量城市研究热潮中提高城市模型的应用性，促进城市模型与规划实践的结合，相关学者需要不断吸取过去的经验教训。

## 3 城市模型发展展望

### 3.1 城市“新科学”的形成

在第二轮城市定量研究热潮背景下，麦克·巴蒂（Michael Batty）新近出版了一部关于城市定量研究的著作——《The new science of cities（城市新科学）》。但他在书中提到，并非只存在一门关于城市的新科学，而是存在多门这样的科学。称其为“新科学”的原因在于，这门科学所使用的技术和工具是相对较新的。与之相对的“老”的城市科学则是指城市经济学、社会物理学、城市地理学，以及与交通相关的理论等。换言之，“老”的城市科学可被粗略的称为“区域科学”，更多的是基于静态的、截面的、系统论的视角，而新科学则是基于演进的、复杂科学的视角。从某种意义上说，可以这样描述这门新科学——利用了过去 20 至 25 年内发展出来的新技术和新工具，基于复杂性理论的城市科学。此外，“新科学”也包含多种其他属性，比如离散性、“自下而上”的思想、演进的视角等。“新科学”的形成也说明，学术界在过去几十年中在城市复杂性研究方面已经取得了相当多的成果。

在麦克·巴蒂提出的“新科学”中，城市复杂性理论和网络科学是主要两个研究城市的新视角。特别是“网络”（network）和“流动”（flow）的思想尤为关键，这一思想正在改变城市科学对于“场所”（place）的强调——“区位”并非不重要，它的确很重要，但在这门新科学中“网络”、“流动”以及“动态变化”更为重要。麦克·巴蒂所领导的 CASA 近年在城市形态和城市网络方面也提出了很多想法和研究方法，比如城市受到扰动后的短期动态变化，以及将城市静态模型置于城市动态演变的研究框架内模拟城市短期变化。这些模型是分散的、片段式的，它们更偏向于“老”的城市科学，但它们的动态性使它们具备了一定的“新科学”色彩。

这门城市“新科学”的长期任务是通过数据对城市发展历程获得更好的理解。比如，通过高质量的、每日更新的遥感图像，可以观察到城市形态每日的微小变化，如一根天线的出现等等，积累很多年后，人们就可以观察到城市的演进历程。这与上节讨论的长期大数据相似，也是某种意义上大数据。再比如，交通模型可以具体到以天或周为单位，模拟人们每天或每周的出行变化。也就是说，城市的模拟规则可以更加具体精细。这种“以天/周为单位”的模型在某些领域已经存在，比如飞机流量控制就需每天更新交通流量数据以维持系统运转。目前，人们需要将这类工作扩展到土地利用领域，最终形成城市发展的整体图像。此

外，人们还需要发展更多好的工具方法从中提取有用的信息。事实上，上述要素大多都已经存在，但尚未被真正结合起来，这需要大量的人力与资金，但它将使规划更加理性与高效。

## 3.2 城市定量研究教育的起步

目前世界上大多数规划院校都并未将定量城市研究作为规划教育的基本组成部分。就英国而言，在 1970 年代，英国的城市规划逐渐由偏向建筑学转向偏向社会科学，所以英国的大多数规划院校既不偏重设计，也不偏重定量研究，而是较多从事于城市的经济和发展研究，比如城市的发展历程、社会结构、社会福利等。因此，当前许多英国规划院校既非“设计”也非“技术”。调整规划教育体系并非易事，且需要若干年的时间，同时还需要许多其他转变同时发生。首先，教育体系的转变需要规划院校教师人才结构的转变，引进更多具有相关知识的人员。事实上，有越来越多的研究者正在开始具备这方面的技能，所以情况正在逐渐改变。但更重要的一点是，定量城市研究并非必须由来自规划教育背景的人员来完成，相反，规划行业中存在来自不同学科背景的专业人员，其中一些具有较强的“科学导向”，改变可能来自于这一群体。此外，改变还可能来自于规划相关的不同机构，比如从事相关业务的大公司、政府部门等，它们各自从不同角度开展规划工作。例如，IBM 等大型 IT 公司都建立了规划部门，奥雅纳（ARUP）等大型工程公司也拥有许多从事定量分析的规划人员，可以说，大型咨询公司、大型 IT 公司、大型跨国企业都可能雇佣了规划人员，而他们并不一定是传统意义上的规划师。

伦敦大学学院巴特莱特学院（The Bartlett School of Planning）即将开设一个新的硕士项目，这个项目将围绕智慧城市与城市定量分析开设课程，更接近于一个博士预备项目。该项目将教授城市理论、城市模拟方法（如元胞自动机模型与基于个体建模等）、计算机可视化、编程、GIS，以及智慧城市技术等内容，是将定量城市研究纳入规划教育体系的一个先驱性尝试。

## 3.3 Research 2.0 研究模式的尝试

设计和定性研究一直是中国城市规划和城市研究的主流，但近期，北京城市实验室（Beijing City Lab, BCL）的成立试图推动中国定量城市研究的发展。BCL 是由龙瀛博士发起的网络型实验室，以中国首都北京为主要研究对象，致力于中国城市的科学研究。BCL 专注于运用跨学科方法量化城市发展动态，为更好的城市规划与管理提供可靠依据，最终建立起可持续城市发展所需要的方法学基础。该实验室融合了规划师、建筑师、地理学者、经济学者及政策研究者。目前，BCL 团队成员包括：1 位管理主任（managing director）、4 位分工明确的执行主任（associate directors）、10 位在全球范围内召集的荣誉会员（honorable directors，由业界资深学人组成）、22 位研究员（research fellows）及 26 位青年学生会员（junior and student members）。多元化的研究团队使得实验室拥有独特而强大的研究实力。BCL 当前的研究重点为北京，但未来研究对象将不局限于北京，会逐步纳入其他城市的研究成果，如目前开展的基于 OSM 和 POI 数据进行的中国城市地块（parcel）研究就是一项全国尺度的工作。BCL 名称中的“北京”一如 1999 年提出的“北京宪章”（Beijing Charter）中的“北京”，只显明其发起之地。

就具体的研究方向而言，BCL 研究的并不是规划信息化，也不是规划新技术的应用，而属于定量城市研究的范畴（quantitative urban studies）。BCL 通过定量研究的手段开展城市空间分析、统计、模拟和预测，藉此更客观地认识城市的现状和未来，并推进城市的可持续

发展。BCL 的研究成果不仅可运用在规划的制订和评估中，同样也能应用于城市政策的制订等其他领域。

BCL 作为一个诞生仅仅三个月的城市实验室，其未来发展潜力是巨大的。正如 BCL 微博所述，“我们以世界上最好的城市实验室作为发展目标”，BCL 将与已有的城市实验室的巨人们（如 MIT Senseable Laboratory、UCL CASA、Singapore-ETH Future Cities Laboratory）一道前行，压力和动力都显而易见。BCL 与其他实验室的区别是 BCL 并不依附于某个特定实体机构，虽然在资源支持上没有优势，但开放自由的特点正是吸引大量研究者和青年学生持续关注及参加。作为 BCL 荣誉会员之一的麦克·巴蒂认为，西方学者认识中国的一个障碍之一就是中国有很多大学与实验室，容易让人混淆。考虑到 BCL 是全英文界面，具有较大的海外访问量，因此建立 BCL 这样的开放性的基于网络运营的学术研究网络对于扩大中国学者在定量城市研究领域的影响力也是非常有益的。

## 4 结语

最初来自系统思想的城市模型，在经历了数十年的发展后已经大大突破了最初的研究范式，并随着计算机科学、经济学、计量地理学等相关学科的发展而不断充实，从最初的空间上集聚（spatial aggregation）、时间上静态（static/temporal aggregation）、活动上集聚（activities aggregation）不断向空间上离散（spatial disaggregation）、时间上离散（static/temporal disaggregation）、活动上离散（activities disaggregation）发展（Batty, 2013），由关注城市运行的宏观规律转向关注城市中每个个体的行为规则。

可以看到，不论是在 1960 年代至 1970 年代城市模型的第一轮研究热潮中，还是现在的第二轮热潮，城市系统的复杂性与不确定性始终是城市模型需应对的主要挑战。但同时，复杂性与不确定性课题可能也正是传统城市规划技术尚未能良好解决而使规划师与决策者诉诸于城市模型的一项主要原因。因此这既是城市模型的挑战，也是机遇。

虽然目前城市模型在规划实践中的广泛应用仍受到建模技术、数据支持、专业教育等方面因素的制约，但作为提高规划编制与城市管理科学程度的重要工具，在智慧城市和大数据热潮的共同推动下，城市模型研究将得到更多元背景的学者的关注，在未来的一定时期内将具有广阔的发展前景。

### 参考文献（References）

- Allmendinger P. Planning in postmodern times[M]. London, New York, 2001.
- Alonso W. Location and land use. Toward a general theory of land rent[J]. Location and land use. Toward a general theory of land rent., 1964.
- Balmer M, Meister K, Nagel K. Agent-based simulation of travel demand: Structure and computational performance of MATSim-T[M]. ETH, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, 2008.
- Batty M. Smart cities, big data[J]. Environment and Planning B, 2012, 39(2): 191.
- Batty M. 2013. Urban modelling: A progress report. Applied Urban Modelling 2013.
- BCL official website, <http://longy.jimdo.com>.
- Christensen K S. Coping with uncertainty in planning[J]. Journal of the American Planning Association, 1985, 51(1): 63-73.

- Clarke K, Hoppen S, Gaydos L. A self-modifying cellular automaton model of historical[J]. Environ Plan B, 1997, 24: 247-261.
- De la Barra T. Integrated land use and transport modelling. Decision chains and hierarchies[M]. 1989.
- Hunt J D, Abraham J E. Design and implementation of PECAS: A generalised system for allocating economic production, exchange and consumption quantities[J]. 2005.
- Kilbridge M D, O'Block R P, Teplitz P V. Urban Analysis[M]. Boston: Harvard University, 1970.
- Landis J D. The California Urban Futures Model: a new generation of metropolitan simulation models[J]. 1994.
- Landis J, Zhang M. The second generation of the California urban futures model. Part 1: Model logic and theory[J]. Environment and Planning B, 1998, 25: 657-666.
- Lee Jr D B. Models and Techniques for Urban Planning[R]. CORNELL AERONAUTICAL LAB INC BUFFALO NY, 1968.
- Lee Jr D B. Requiem for large-scale models[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1973, 39(3): 163-178.
- LISA, <http://www.landecon.cam.ac.uk/research/lisa/research>
- Long Y, Liu X J. Automated identification and characterization of parcels (AICP) with OpenStreetMap and Points of Interest. 2013. arXiv preprint arXiv:1311.6165
- Lowry I S. A model of metropolis[J]. 1964.
- Martinez F. MUSSA: land use model for Santiago city[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1996, 1552(1): 126-134.
- Mills E S. An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area[J]. The American Economic Review, 1967: 197-210.
- Muth R F. The spatial structure of the housing market[J]. Papers in Regional Science, 1961, 7(1): 207-220.
- Pagliara F, Wilson A. The state-of-the-art in building residential location models[M]//Residential location choice. Springer Berlin Heidelberg, 2010: 1-20.
- Smith L, Beckman R, Anson D, et al. TRANSIMS: Transportation analysis and simulation system[R]. Los Alamos National Lab, NM (United States), 1995.
- 赫磊, 宋彦, 戴慎志. 城市规划应对不确定性问题的范式研究[J]. 城市规划, 2012 (7): 15-22.
- 龙瀛, 毛其智, 沈振江. 北京城市空间发展分析模型[J]. 城市与区域规划研究, 2010, 3(2): 180-212.
- 龙瀛, 张宇, 崔承印. 利用公交刷卡数据分析北京职住关系和通勤出行[J]. 地理学报, 2012, 67(10).
- 于立. 城市规划的不确定性分析与规划效能理论[J]. 城市规划汇刊, 2004 (2): 37-42.
- 万励, 金鹰. 2014. 城市模型——城市规划量化研究的新方法: 国外城市空间政策模型介绍[J]. 城市规划学刊, 即将刊出

## **A Retrospect and Prospect of Urban Models: Reflections after Interviewing Mike Batty**

**【Abstract】** Based on an interview to Mike Batty, a leading scholar in urban modelling, the paper reviews the history of urban models, comments on their present developments and pictures their prospects. The first section briefly overviews the family trees of urban models and then looks further into the causes for their failure in planning application in the first upsurge of research in the 1960s and 1970s. The second section summarizes the current development of urban models nowadays, which can be counted as the second upsurge of research. It is estimated that more research attention will be paid to building dynamic, disaggregate, micro and problem-oriented models, with a combination of top-down and bottom-up modelling methods, which can be more capable of tackling the growing urban complexity and uncertainty. Meanwhile, the ‘big data era’ also poses more opportunities for the development of urban models. The last section introduces three new trends in the theoretical, educational and research development of urban models, which are the idea of ‘new science of cities’ by Mike Batty, the start-up of quantitative urban research education and the establishment of Beijing City Lab.

**【Key words】** urban model, quantitative urban research, big data, Beijing City Lab, China