

规划支持系统框架体系的构建与应用

龙 瀛 黄晓春 何莲娜 程 辉 喻文承

引言

随着中国社会经济的快速发展，城乡建设与发展达到了空前的规模，在此现实背景下，科学决策已经被公认为是社会经济和城乡建设的必然要求。但是目前，在城市规划决策相关的制定、执行和评估方面，部分工作尚停留在定性分析的层次，很多定量规划编制和管理还停留在概念层次，因此有必要全面、系统的研究开展新技术对规划决策的支持工作，以在城乡规划行业信息化领域实现由单纯数据服务向全面决策支持的转变，从而提升规划决策的合理性和科学性。

规划支持系统（Planning Support System, PSS）的理念是在20世纪50年代末提出的。之后规划人员一直在研究和探索如何建立一套方法来集成专业模型、建立计算机支持系统与生成规划方案，一方面可以进行规划方案的寻优，另一方面可以识别所建立的规划方案或决策的实施效果。目前，欧美一些国家在PSS的研究和实践中走向深入，已经开发了一些用于实际操作的规划支持系统。在国内，自2003年首次引入规划支持系统的概念后，一些学者开始逐步将国外的一些规划支持系统应用于我国的具体规划实践，也有一些学者从理论上对规划支持系统的框架、应用现状及未来发展趋势进行初步探索和研究，但总的来说，一般都是侧重于从案例的角度进行规划支持系统的介绍，而对其理论基础、设计开发模式以及总体框架体系等方面的研究较为薄弱。

本文在对规划支持系统的研究进展进行全面综述的基础上，着重开展规划支持系统框架体系的研究。该工作作为规划人员编制规划的重要参考，可以促进规划编制向“量化”方向发展。一方面，可以提高规划编制的效率、规划成果的精确性和科学性；另一方面，通过专业规划模型的引入，可以扩大规划人员的专业视野，将国际的研究前沿引入规划，提高规划的理论水平。

研究方法

本研究的总体研究方法见图1，在明确总体研究目标后，基于多元方法，依次开展了理论探索、体系建设和应用实践。

理论探索方面，对我国城乡规划体系进行了系统梳理，并对各个发展阶段的信息化发展情况进行分析，最终进行规划支持系统的理论研究。根据北京城乡规划体系和新技术支撑的特点，本研究所建立的PSS框架的横向规划内容主要分为规划编制和规划评估两类，规划编制分为战略规划、总体规划、详细规划、专项规划、市政专题和交通专题六类，本研究中的规划评估部分仅考虑城市的总规评估。PSS框架如图2所示，横向对应不同的规划类型，纵向从方法、软件和模型三个角度提出对应的技术支持手段。

体系建设方面，基于文献调研和专家访谈等方法，我们将规划支持系统分为三类，即方法、软件和模型。方法：城乡规划相关学科的理论方法，如城市经济学、城市地理学、系统科学、地理信息科学、情景分析、系统动力学和遗传算法等。这些理论和方法需要规划师掌握，但不要求有明确的软件载体。软件：目前已经存在的商业、共享或免费软件，可支持开展规划编制和评估工作。模型：针对具体任务的由北规院开发或即将开发的规划支持工具，不包括第三方软件。模型是本研究的重点，将汇总北规院已有的若干模型，并提出北规院未来不同阶段的规划支持模型发展战略。最后，以文献调研为主要方法，并邀请十多名具有不同规划专业背景(如总体规划、详细规划和交通设施规划等)的规划师共同确定适合不同类型规划的PSS。

应用实践方面，基于所建立的PSS

框架体系，建立城乡规划支持服务资源库，实现对面向城乡规划需求的各类规划支持服务资源元数据的管理；要建立服务资源建设规范和构建技术，以支撑不断提出的各类模型、分析工具等计算资源的开发建设，并能够在不同的网络环境中运行，进一步规范规划数据资源的标准，实现计算资源对数据资源的调用；要建立城乡规划决策支持平台，实现资源的注册、管理和发布，为资源调用支撑城乡规划提供技术支持。

研究内容

本文提出了一个能涵盖各类城乡规划的PSS框架。框架共包含128个方法、59个软件和58个模型，图3显示其基本形式和部分内容，图4给出了主要模型的名称。用户可通过北规院内网直接查询每一项PSS的详尽说明。同时，针对框架体系中的具体内容，给出了每项方法、软件和模型的具体解释，以便规划师参考。

此外，除了纸质版本的框架体系

发放给规划师使用外，还开发了PSS框架体系的在线查询系统，用户可通过网络直接浏览每项规划的PSS，查询其应用领域，并下载PDF文件进一步学习。系统功能包括：查询某一类型规划的PSS、数据、指导说明等内容；查询某一特定的PSS的详尽说明；下载已有的PSS；查询PSS的负责人；搜索PSS的内容。此系统发布在北规院的内网上，院内人员可通过浏览器方便使用。

除了建立完善的PSS框架体系，本研究还针对框架体系所提出的部分典型的规划支持模型进行了开发。

应用实践

本研究通过分析和梳理，重点选取了限建区规划、规划现状综合分析、城市空间发展分析、交通承载力分析、用地和交通协调发展、市政承载力分析等六个十分重要且处于基础性地位，常为其他研究和设计提供重要依据的规划研究作为规划支持系统和模型应用的示范重点来研究建设。这些模型的具体规划应用为对不同的城市发展策略和政策的影响进行预判，实现城市理性增长，综合协调并确定基础设施的合理规模和布局，确保城市低碳发展提供了分析和决策支持。

将规划支持系统框架体系的方法、软件和模型等内容成功应用于规划工作实际，验证了规划支持系统的建设实施策略。本研究根据规划支撑数据服务于不

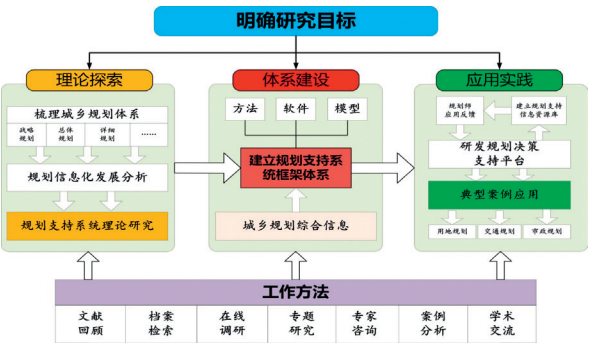


图1 研究方法一览

规划内容	新 技 术 工 具									
	工具	方法A	方法B	方法C	软件A	软件B	软件C	模型A	模型B	模型C
战略规划	内容1									
	内容2									
	内容3									
	内容4									
总体规划	内容1									
	内容2									
	内容3									
	内容4									
详细规划	内容1									
	内容2									
	内容3									
	内容4									
专项规划	内容1									
	内容2									
	内容3									
	内容4									

图2 规划支持系统框架示意

规划分析层次		规划分析内容		方法	软件	模型
规划编制	战略规划	空间发展研究				
	总体规划	城市总规	现状分析	区位分析	多属性评价	ArcGIS
		镇总规	地形地貌分析	地形模型分析	3D Analyst Tool	地形模型分析模型
		新城总规	现状基础条件	空间统计分析	ArcGIS	现状综合分析模型
详细规划		街区控规	用地适宜性	栅格代数算法	Spatial Analyst	适宜性分析模型
		地块控规	城镇建设用地扩展	多属性评价		
		城市设计	公共服务设施	基础地形分析		
		市政规划	供水规划	人口空间分布	灰色系统理论	
		交通规划	道路网规划	社会经济	人口与用地规模预测	耦合增长单元
					就业空间预测	SPSS
专项规划		教育专项规划	人口承载力分析	Logistic人口模型	Excel	人口总量预测模型
			空间布局	人口再分布理论		
规划评估	总体规划实施评估	城市总规评估	历史文化名城保护			

图3 PSS框架示意

区位分析模型	限建区划定模型	综合费用模型	规划控制线综合模型
用地适宜性分析模型	排水系统模型	文物保护单位范围评定模型	光污染分析模型
现状综合分析模型	居民居住区选择模型	土地使用与市政整合模型	宏观交通战略模型
基础地形分析模型	给排水管网模型	投入产出模型	用地综合效益评价模型
公共服务设施综合模型	产业区位选择模型	土地利用演变分析模型	城乡一体化评价模型
城市空间发展分析模型	城市空间形态评价模型	生态承载力分析模型	出行链分析模型
交通设施选址模型	房地产价格模型	就业岗位预测模型	低碳城市形态分析模型
人口承载力分析模型	风环境评价模型	就业与产业分析模型	加油站需求预测模型
人口总量预测模型	开发商房地产选址模型	居民就业区位选择模型	生态敏感性评价模型
建筑-用地关联模型	可视性分析模型	交通承载力模型	特色区域分析模型
人口空间分布模拟模型	路网结构评价模型	流域划分模型	停车需求预测模型
规划指标计算模型	路网均衡模型	公共服务设施选址模型	日照分析模型
土地使用与交通整合模型	景观指数综合评价模型	公文IC卡分析模型	噪声分布模型
用地功能布局分析模型	现状与规划比较分析模型	产生-吸引计算模型	
网络化模型	灾害分布特征及诱因模型	规划单元划分模型	

图4 本研究所确定的58个规划支持模型一览

同类别、不同层级规划内容的差异，开创性地提出规划模型建设应采用三层次递进的实施方案（图5），即优先建设现状综合分析模型和城乡空间发展模型等两个基础综合模型，统筹建设区域专题综合模型、交通专业综合模型、市政专业综合模型等若干专业综合模型，以及适时建设限建区规划模型、交通承载力分析模型、城市暴雨管理模型、低碳城市规划模型、……专业独立模型，从而实现了规划支持系统和实际业务工作的有效对接，基于本研究所建立的规划支持系统框架体系以及搭建的规划支持系统平台，截至2013年12月，已在50余项重大规划工作中得以实际应用，其中包括“北京城市总体规划实施评估”“北京中心城控制性详细规划动态维护”等，在服务于规划信息技术推广、服务于规划编制设计、服务于规划管理决策、服务于不同规划专业的融合和协同等方面取得了显著成效，从而为预判不同的城市发展策略和政策影响、实现城市理性增长、综合协调并确定城市设施的合理规

模和布局、确保城市低碳发展等规划实际工作，提供了重要的分析手段和决策技术支撑。

下面重点介绍基于框架体系所开发的现状综合分析模型和北京城乡空间发展模型。

现状综合分析模型

城市规划是对城市未来发展做出的预测，是实践性很强的工作，对城市现实状况把握的准确与否是规划能否发现现实中的核心问题、提出切合实际的解决办法，从而真正起到指导城市发展和建设的关键作用的基础。当前现状城乡规划数据资源的积累已非常丰富，为了实现现状资源的高度整合和深度挖掘，开展了现状综合分析模型的建设。

现状综合分析模型是在全面分析人、地、房、自然地理、社会经济、历史沿革、交通市政、生态环境等多源现状资料在制作、分析、应用等工作环节的特点和要求的基础上，依托规划辅助决策支持平台，综合利用3S技术、网络技术、数据挖掘技术、模型分析技术，建立有针对性地分析现状基础条件和各类现状专题问题的平台。现状

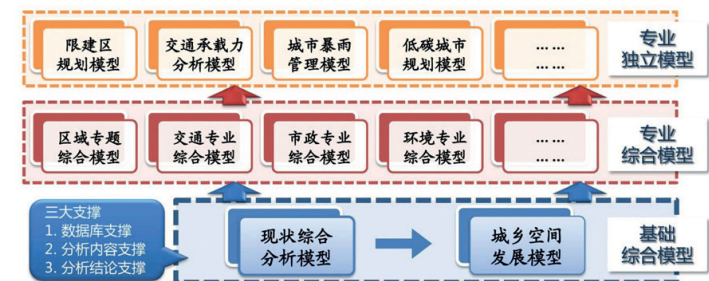


图5 基于框架体系的模型建设策略

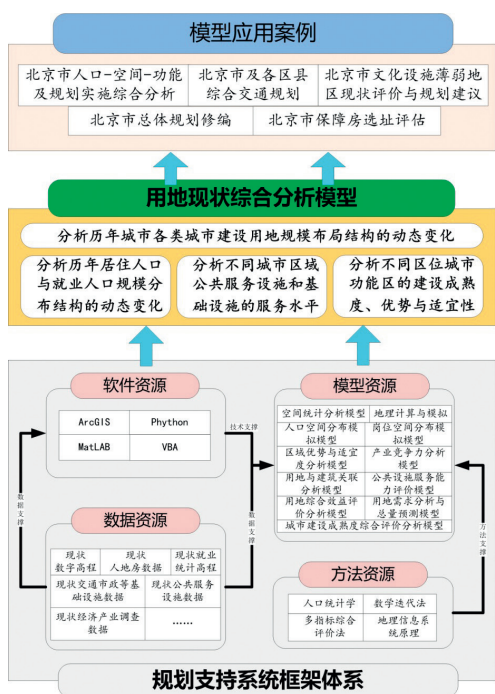


图6 现状综合分析模型框架图

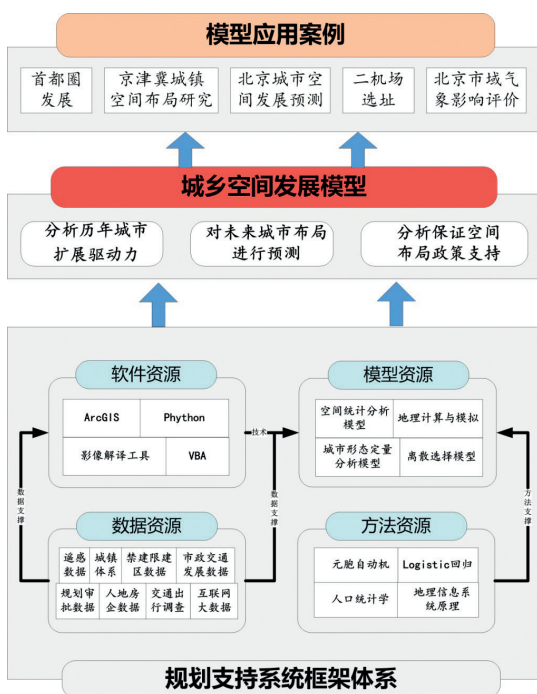


图7 城乡空间发展模型框架图

综合分析模型运用规划支持系统框架体系中的回归分析、相关分析等方法，使用SPSS、MatLAB等工具和空间统计分析、人口空间分布模拟等模型，对城市人口、社会经济、开发建设等的发展现状进行分析，从地理、交通、社会经济、环境等区位建设和发展条件要素上为不同层次规划提供客观依据。

现状分析模型着眼点是微观尺度，属于精细化城市模型，其应用场景可适用于多尺度多层次数据制作、规划要素统计分析、规划要素综合叠加分析和复杂模型计算。既可以满足宏观的战略性规划、总体规划，或大区域范围基础设施布局、产业等专题规划编制的前期现状分析研究，又可以支撑微观的详细规划阶段的规划指标计算、现状与规划内容比较分析等具体需求，还能实现中宏观的人口与就业信息按照科学的算法合理的分配到用地层面，并进行职住平衡、房屋空置等相关研究。

城乡空间发展模式

受整体的宏观经济以及奥运经济的影响，北京近年来的城镇空间扩展速度较快，为了对后奥运（2009年）、总体规划期末（2020年）和新中国成立100周年（2049年）等未来不同阶段的城市空间布局进行判断和预警，进而为下一阶段开展新一轮的城市总体规划提供支持，同时考虑到目前国际上主要的大城市都已经有了自身的城市模拟模型，而北京在这一领域仍为空白，因此开发了北京城乡发展模型（Beijing Urban Spatial Developing Model, BUDEM）。

BUDEM模型运用规划支持系统框架体系中的元胞自动机、人口统计学、Logistic回归等方法，使用SPSS、Python、ArcGIS等工具和空间统计分析、地理计算与模拟等模型，系统整理了自1947年以来北京市域土地利用、道路数据，以及其他重要的基础数据，建立了完善的城市空间增长模拟的数据体系；开发了友好的用户界面，可模拟

土地利用、经济、人口等宏观政策，不同的城市规划方案，以及不同的城市增长模式对城市空间增长的影响；识别了不同阶段的城市空间增长物理层面的驱动力，并单一断面各因素之间进行了横向的对比分析，纵向对不同阶段的发展模式进行了对比，特别分析了历次总体规划对空间增长的作用，并进行了时空对比；针对北京新版总规2020年的期望空间布局，提出基于Logistic回归和MonoLoop结合的创新方法，并结合历史分析，给出了要实现规划方案所需的城市增长策略；针对北京2049，给出反应不同规划政策控制力度的多个城市空间增长情景。

直接面向北京城市规划的实践工作，是BUDEM相比其他基于CA的城市模型的特点之一，已经证明CA适用于规划研究的实践工作，在建模方法、理论基础、区域因素、远景预测等方面，BUDEM都做出了创新的工作，是对CA应用于城市规划的初次全面的探索。

主要结论

本研究针对现实背景下规划行业信息化领域遭遇的瓶颈，综合考虑了目前国内规划支持系统发展所面临的问题，全面梳理了城乡规划编制管理流程，系统分析了我国城乡规划业务工作特点，深入了解了一线规划人员对于规划信息化的实际需求。并以此作为基础，从“建立理论体系——确定框架内容——提出实施策略——构建决策平台——实现推广应用”等方面入手，最终实现了“构建完整性好的规划支持系统理论框架体系、提供实操性强的规划支持系统实施策略、建立体验度佳的规划支持系统平台”的总体目标。作为规划新技术在规划编制中应用的总体框架，该框架体系可以作为本领域入门、更新规划理念的基本参考，一方面可以有助于不同专业的规划人员了解其他专业的规划编制和评估内容，另一方面可以起到提高规划工作效率和科学性的作用。

本研究的贡献主要体现在三个方面：首次提出并建立了针对不同类型规划的规划支持系统框架，完善了规划支持系统理论内容，在框架体系的构建方面处于国际前沿水平；本研究基于规划支持系统框架体系，开创性地提出规划支持系统建设的实施策略，并通过多个规划支持模型的典型应用得以验证，在行业内具有推广价值；本研究基于规划支持系统框架体系，首次将城乡规划支持资源以 workflow 方式在规划支持平台上进行聚合，在技术上实现了较大突破。■

作者单位：北京市城市规划设计研究院

责任编辑：文爱平