

规划支持系统框架体系及其应用

龙瀛, 黄晓春, 张永平, 何莲娜, 程辉, 喻文承, 张鑫, 王强

摘要: 近年来, 规划支持系统(Planning Support Systems, PSS)引起了学者和决策者的广泛关注, 但已有研究多集中在单一系统(如*What if?*, *CommunityViz*和*INDEX*等)的设计、开发和应用, 还没有提出一个能综合考虑不同城乡规划类型的PSS框架。在广泛的文献调研和多轮针对规划师、决策者的问卷调查和访谈后, 本文提出了一个涵盖国内各项规划(如总体规划、详细规划、市政基础设施建设规划和交通规划等)的PSS框架。该框架针对城乡规划的编制和评估两方面, 将规划支持系统分为三类, 即方法、软件和模型, 逐项列出了每项规划的内容和与之相关的PSS。该框架已在北京市城市规划设计研究院进行了数月的实践, 产生数百次的应用请求, 并取得较好的实际效果, 证明其能够促进规划信息化由数据服务向知识服务扩展。

关键词: 规划支持系统; 框架; 城乡规划; 北京

1 引言

中国正处于快速的城市化进程, 中国的大部分地区尤其是大城市, 都经历了显著的城市用地增长过程, 城乡规划在促进城市物质空间和社会的可持续发展中起着十分重要的作用。目前支持城乡规划编制和评估的规划支持系统(Planning Support Systems, PSS)引起了学者和决策者的广泛关注, 但已有研究多集中在单一系统(如*What if?*, *CommunityViz*和*INDEX*等)的设计、开发和应用, 还没有提出一个能综合考虑不同城乡规划类型(如总体规划、详细规划、市政基础设施建设规划和交通规划等)的PSS框架。同时国内的规划师大多来自于建筑学背景, 量化分析的技能还有提升空间, 实际规划工作中较少使用PSS。因此本文在广泛的文献调研和多轮针对规划师、决策者的问卷调查和访谈后, 提出一个能涵盖国内各项规划的PSS框架, 该框架已在北京市城市规划设计研究院(简称北规院, 下同)开展了初步应用, 取得较好的实际效果, 并希望能在实际的城乡规划中进一步推广, 促进规划信息化水平的发展。

“规划支持系统”的概念最初由Harris (1960)提出, 被认为是计算机辅助规划技术的最新形式(Geertman and Stillwell 2004; Klosterman 1997; Saarloos 2006)。近年来, 一些研究PSS的研究相继问世(Rugg 1992; Chan 1997; Brail and Klosterman 2001; Geertman and Stillwell 2003; Geertman 2006; Brail 2008; Geertman and Stillwell 2009; Mao et al. 2008; Saarloos et al. 2008), 其应用主要体现在空间规划(Geneletti 2008; Kammeier 1999)、城市环境改善规划(Edamura and Tsuchida 1999)、政策制定(Ballas et al. 2007)和土地利用规划(Klosterman 1999; Veregin 2007; Sante-Riveira et al. 2008; Sun et al. 2009)等方面。较多文献从单一案例的角度对PSS的实施和应用进行介绍, 表1列出了一些典型的土地利用PSS, 它们运用元胞自动机等方法分析和预测不同场景下的土地利用模式, 但上述PSS多侧重于城乡规划的某一方面, 还没有研究提出能涵盖所有城乡规划类型的PSS框架。仅有少数研究与本文类似, 如Geertman和Stillwell(2004)建立了世界范围内已有的规划支持系统名录, 分析并识别了PSS的主要特征。

作者简介

龙瀛: 博士, 北京市城市规划设计研究院高级工程师, longying1980@gmail.com

黄晓春: 北京市城市规划设计研究院规划信息中心主任、高级工程师(教授级)

张永平: 北京大学城市规划与设计学院, 在读硕士

何莲娜: 北京市城市规划设计研究院工程师

程辉: 北京市城市规划设计研究院工程师

喻文承: 博士, 北京市城市规划设计研究院高级工程师

张鑫: 北京市城市规划设计研究院工程师

王强: 博士, 北京市城市规划设计研究院高级工程师

表1. 典型PSS一览表
Table 1. An inventory of typical PSS

文献	PSS名称	方法
Landis 1994; Landis and Zhang 1998a, 1998b	CUF/CUF-2	基于规则的土地适宜性分析 (Rule-based land suitability analysis)
Clark et al. 1997	SLEUTH	元胞自动机(Cellular automata)
Wu 1998	SimLand	元胞自动机(Cellular automata), 层次分析法(Analytic hierarchy process)
Shi and Yeh 1999	N/A	案例式推理(Case-based reasoning)
Klosterman 1999	What if?	基于规则的土地适宜性分析 (Rule-based land suitability analysis)
Allen 2001	INDEX	基于规则的土地适宜性分析 (Rule-based land suitability analysis)
Waddell 2002	UrbanSim	微观模拟(Microsimulation), 离散选择模型(discrete choice models)
Lautso 2002	SPARTACUS (based on MEPLAN)	输入输出模型(Input-output model), 离散选择模型(discrete choice models)
Yeh and Qiao 2004	KBPSS	知识推理(Knowledge-based reasoning)
Carmichael et al. 2004	GB-QUEST	基于规则的土地适宜性分析 (Rule-based land suitability analysis)
Placeways, LLC	CommunityViz	基于规则的土地适宜性分析 (Rule-based land suitability analysis)
Li and Liu 2008	N/A	元胞自动机(Cellular automata), 多智能体(multi-agent)
Long et al. 2009	BUDEM	元胞自动机(Cellular automata), 罗杰斯特回归(logistic regression)

国内, 刘锴(2003)首次在公开发表物上将规划支持系统的概念引入中国; 杜宁睿和李渊(2005)将规划支持系统“WHAT IF?”应用于我国的规划实践中; 叶嘉安(2006)和龙瀛(2007)分别出版了关于规划支持系统的专著, 其中前者关注多个案例研究, 而后者关注建立规划支持系统的各项技术, 如地理系统分析、专业模型和可视化技术等; 钮心毅(2008)构筑了一个适用于城市总体规划的土地使用规划支持系统; 朱彦和沈体雁(2008)提出SuperPlanner这一规划支持系统的软件框架设计, 张进洁(2009)则从功能分析、系统结构等方面深入对其进行了介绍; 李渊(2010)对规划支持系统的现状和未来进行了深入分析; 李善颖和詹庆明(2011)建立了基于UPlan的规划支持系统; Long等(2011)建立了支持制定北京市限建区规划的PSS。

虽然面向单一规划的PSS发展和应用仍然是国内研究者的研究重点, 但是已有学者开始关注整合与PSS有关的一般性技术和多样化的案例。如牛强(2012)探讨了城市规划相关的40多种GIS技术, 主要包括基础技术、空间叠加分析技术、三维分析技术、交通网络分析技术、空间研究分析和规划信息管理技术六方面; 罗静等(2009)提出一个城市规划有关的数字技术框架, 并开发了一系列支持总体规划和详细规划的工具。中国的城市管理机构在数据管理和土地许可证颁发的过程中广泛运用了决策支持系统(Decision support system, DSS)和管理信息系统

(Management information system, MIS)。然而，相较于城市管理领域的信息技术应用，城乡规划相关部门和机构在编制规划方案时仍较少运用PSS技术。

总之，国内已出现大量相关的研究文献，并有部分学者尝试整合有关PSS的各种新方法和技术，本研究将在龙瀛等(2010)的基础上，对涉及各类城乡规划内容的规划支持技术进行整合，提出一套完整的PSS框架体系。本文在第二部分介绍建立PSS框架体系的建立方法，第三部分介绍建立的PSS框架和旨在促进框架体系应用而开发的在线查询系统，第四部分讨论该框架体系在北规院的应用及潜在的学术贡献，并在最后进行总结和展望。

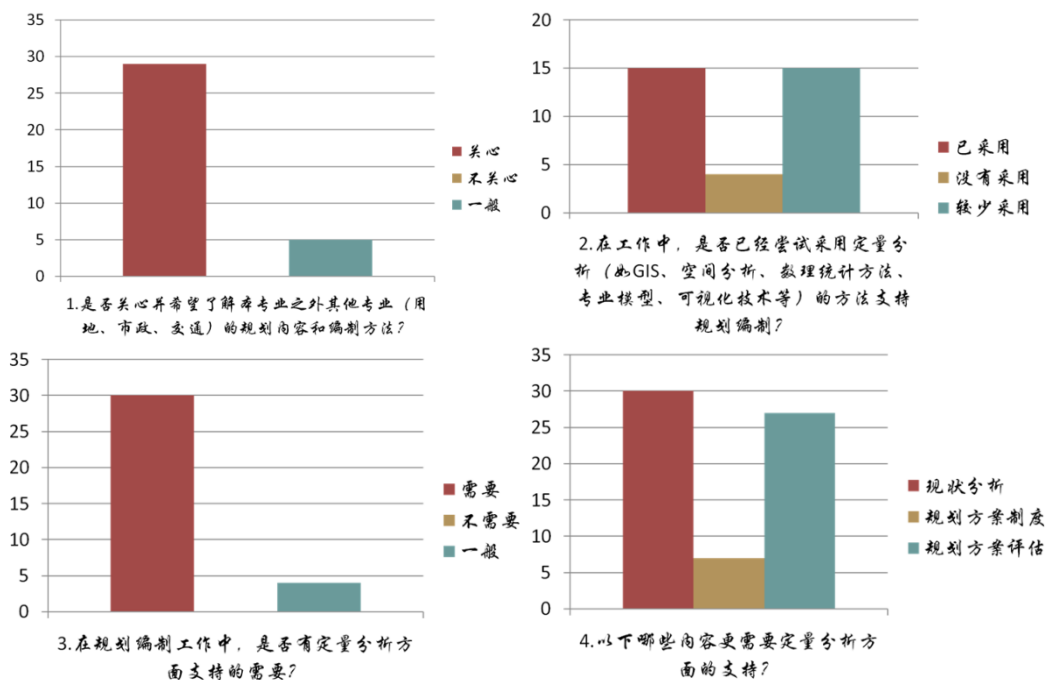
2 框架建立方法

2.1 需求分析

本研究通过两轮研讨会和一次调查问卷进行PSS框架的需求分析。在最开始的阶段，举行第一次研讨会；框架初步建立后，需要获得反馈意见时，进行第二次研讨会。第一次研讨会中，北规院与会的10位规划师共提出20项建议，大多数关注框架的可用性，并建议应涵盖尽可能多的规划类型，也有人提出该框架应该为北规院下一阶段的规划支持系统发展做好铺垫。第二次研讨会中，与会的20位规划师共提出30条评语和建议。根据已有经验，大多数人建议框架应包括一些更具体的规划模型，其中一些是北规院自行研发的；同时，规划评估也应作为一个重要方面纳入框架；还应该对各PSS需要的数据集进行必要的说明。

此外，我们在北规院内网发布了一份自行设计包含6个问题的调查问卷，最终获得34份有效问卷(全院约有300位规划者)，结果如图1所示。我们发现，34位规划师中有29位关心并希望了解本专业之外其他专业的规划内容和编制方法；19位在开展工作中没有或较少采用定量分析方法(如GIS、数理统计、专业模型和可视化技术等)；30位在开展工作中有定量分析的需要，分别有30、7和27位反映这些需要体现在现状分析、规划方案制定和规划方案评估方面。

总体而言，规划师对规划支持系统的应用表现出了极大的兴趣，他们在研讨会和问卷调查中的积极参与有效提高了PSS框架的适用性。



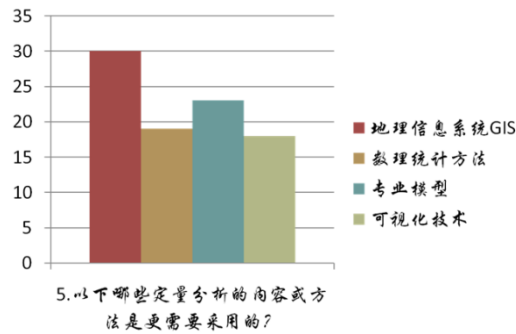


图 1. 问卷调查结果一览
Fig. 1. The survey results regarding the requirements for the framework

2.2 框架形式选择

根据上述需求分析的结果，设计PSS框架体系。

首先，框架主要包括城乡规划的编制和评估两类；第二，框架集成了现有的和北规院正在开发的PSS；第三，框架包括一些不能称为规划支持系统的定量分析理论和方法，这有助于具有建筑学背景但缺乏定量分析技能的规划师了解和掌握定量分析理论和方法；第四，框架强调城市现状是规划编制和评估的基础；五，框架为规划者的查询和应用提供了尽可能详细的服务。

根据以上原则，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。



图 2. 规划支持系统框架示意
Fig. 2. The simplified PSS framework

2.3 规划内容划分

根据北京城乡规划体系和新技术支撑的特点、研究时间的限制，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，主要依据是《中华人民共和国城乡规划法》(2007-10-28颁布，2008-1-1生效)、《中华人民共和国城市规划编制办法》(2006-4-1施行)，和中华人民共和国住房和城乡建设部《城市、镇控制性详细规划编制审批办法》(2010-12-1颁布，2011-1-1生效)。如表2所示，规划编制细分为战略规划、总体规划、详细规划、专

项规划、市政专题和交通专题六类(每一类又细分为若干子类), 而本研究中的规划评估部分仅考虑城市的总规评估。每一个三级分类中, 还包括若干项具体的规划内容, 如战略规划的空间发展研究还包括问题分析、发展趋势与规模判断和空间发展战略三个第四级分类, 问题分析还包括地形地貌、现状基础条件、用地适宜性和人口空间分布等具体规划内容(第五级分类), 每一项对应更为详细的解释。

表 2. PSS框架的规划内容划分

Table 2. Plan types involved in the PSS framework

一类	二类	三类1	三类2	三类3
一、规划编制				
	1战略规划	1.1空间发展研究		
	2总体规划	2.1城市总规	2.2新城总规	2.3镇总规
	3详细规划	3.1街区层面	3.2地块层面	3.3城市设计
	4市政专题	4.1供水规划	4.2雨水排除规划
	5交通专题	5.1交通需求预测	5.2道路网规划
	6专项规划	6.1基础教育设施专项规划	6.2城市消防设施专项规划
二、规划评估				
	1总规评估	1.1城市总规评估		

2.4规划支持系统划分

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。

1、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。

2、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, 如 ArcGIS、What if? 和 INDEX等软件。这些软件需要规划师掌握, 但不需要北规院额外进行开发。因为部分城市模型, 如 UrbanSim, 不是北规院开发的, 本文特别将其也归入软件的范畴。

3、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。模型是本课题的研究重点, 我们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。

2.5 规划支持系统确定

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。上述过程是构建PSS框架最核心的工作。

3 PSS框架体系

3.1框架描述

本研究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, 表3显示其部分内容。用户可通过北规院内网直接查询每一项PSS的详尽说明(如图3)。部分模型为北规院自己开发的。

表 3. PSS框架示意

Table 3. Part of the PSS framework proposed

规划层次	规划内容	方法	软件	规划模型
总体规划				
现状分析	基础地理（地形地貌、高程、坡度、坡向等）	坡度等	ArcGIS (3D analyst)	
	基础条件、区位特征分析	灰色理论	规划信息发布系统、CH规划数据管理工具	现状综合分析模型
	用地适宜性分析	栅格代数运算	ArcGIS	用地适宜性分析模型
	城市建设用地演变分析	OVERLAY	ArcGIS	
	城镇体系评估			现状综合分析模型
	城镇建设用地规模与布局影响因素分析	线性回归、系统动力学、主成分分析		
	公共服务设施现状分析与评估			现状综合分析模型、公共服务设施综合模型
	产业发展现状分析	投入产出分析		现状综合分析模型
社会经济	预测城市人口规模	回归分析、时间序列分析、贝叶斯预测、小波分析、情景分析、趋势分析	SPSS、SAS	人口模型（如马尔萨斯人口模型、Logistic人口模型、Leslie人口模型、刘易斯二元经济模型、托达罗人口流动模型、人口再分布理论等）
	就业岗位预测	情景分析、系统动力学		
	人口承载力分析	情景分析		人口承载力分析模型
	人口空间分布模拟	密度核分析、空间插值	ArcGIS, GeoDA	
空间布局	城市发展方向制定	多属性分析、基础地形分析、流域分析、OVERLAY	ArcGIS	区位模型、用地适宜性分析模型
	城市空间结构	空间相互作用	ArcGIS	BUDEM
	空间形态评价（城市重心、紧凑度、离散度等）	多属性分析	ArcGIS	Fragstats
	地块方向评价（评估城市肌理变化）		ArcGIS	PARCTION
	路网评价	空间句法	AxWoman	
	制定城市增长边界	元胞自动机	CH规划数据管理工具	城市增长模型BUDEM

流域划分

流域划分方法主要有数字高程（DEM）流域自动分割法，基于水系图和DEM 的人工划分法。国家级流域划分方案主要有 4 类：

方案I：主要考虑流域管理隶属关系。

方案II：主要考虑水系分布

方案III：考虑自然流域的完整性和隶属关系，将全国分为互不相属的一级流域单元，每个单元之间不相隶属，每个单元对应一个一级流域，再根据需要一级流域单元合并成为9 个流域片，分别为松辽河、海河、黄河、淮河、长江、珠江、东南诸河、西南诸河、内陆流域¹。

方案IV：考虑流域所在大江大河的属性，依据独立的汇流关系、人口和径流深度空间分布状况将我国主要河流所在流域提取为一级流域，再参照方案I 和方案II 对内陆流域进行分割，将全国划分为34 个一级流域，二级流域的数量为83 个，该方案首次提出了三级流域的划分方法并将全国划分为255 个三级流域单元¹。

土地利用演变分析

主要是通过遥感图像分析，通过区域性案例的研究，了解过去不同时段城市土地覆盖的空间变化过程，并将其与改变土地利用方式的自然和经济主要驱动因子联系起来，建立解释土地覆盖时空变化的经验模型，再结合土地利用的地面调查，建立区域性的驱动因子—土地利用—土地覆盖变化的诊断模型（史培军等，2004）。常用的研究方法则主要包括数理统计方法、遥感方法、地理信息系统方法和模型方法等。其中土地利用变化的解释模型可分为两种基本类型，即经验性诊断模型和概念性机理模型（李秀彬，2002）：前者通常基于丰富的土地利用空间格局变化数据，将景观变量与土地利用变化的直接原因建立联系；而后者则基于对土地利用变化因果关系的分析，通常建立在对土地利用主体的个体行为和社会群体行为的解释上。

图 3. PSS说明示意

Fig. 3. An example of the detailed description for a PSS

3.2在线查询系统

该框架的最终成果包括纸质版和网络版两种形式。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。在线查询系统的主界面如图4所示，本系统基于 Asp.Net和 C#在Windows 2003开发，内容存储在SQL Server2005的数据库中。系统功

能包括：(1)查询某一类型规划的PSS、数据、指导说明等内容；(2)查询某一特定的PSS的详尽说明；(3)下载已有的PSS；(4)查询PSS的负责人；(5)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。



图 4. 在线查询系统主界面

Fig. 4. The main interface of the online query system for the PSS framework

4 讨论

4.1 实际应用和评估

该框架已在北规院进行了数月的实践，产生数百次的应用请求。应用主要包括：

首先，规划师将该框架作为规划支持系统的知识库。框架中的每个PSS都由一位经验丰富的规划师负责，用户可通过即时通讯工具向相关负责人获取更多知识；该框架建立在北规院现有空间数据库的基础上，可促进新技术在城乡规划编制和评估中的应用，而这些新技术在目前国内的多数规划机构中仍很少被运用，因此该框架具有潜在的推广空间；该框架介绍了大量的规划支持方法，可以开阔规划师的眼界，有助于提高规划工作效率和科学性。

第二，规划师将该框架作为城乡规划理论方法的知识库。新来的规划师可从框架中获取信息来更有效地完成实际任务，可通过查询规划类别了解某一类规划具体的工作流程，如总体规划 and 详细规划；拥有不同规划专业背景的人，可学习到不熟悉的规划领域的知识，促进规划师自身能力的提升，该框架有望改善国内不同规划专业背景的规划师较难了解其它规划专业的知识的情况。

第三，基于该框架拟定北规院的规划支持模型发展战略。该框架能明晰实现不同规划类型所需的PSS，结合北规院的规划支持系统发展现状，能拟定相应的发展战略。2011至2015年，北规院计划开发一些基础的城市空间模型，如土地现状分析模型、城乡空间发展分析模型、土地使用和交通整合模型、低碳城市模型、城乡规划实施评估模型、市政设施评估模型和城市暴雨管理模型等。

4.2 主要贡献

首先, 本文是第一次尝试建立能涵盖不同规划类型的PSS框架的研究, 该框架包括方法, 模型和软件三方面内容, 整合了现有和即将要开发的PSS; 第二, 该框架是城乡规划知识库的一种形式, 具有不同专长的规划师可在城乡规划理论与规划支持系统等方面分享知识, 是研究空间数据库的数字基础设施的有效补充, 促进规划支持系统的潜在应用, 并能作为在规划领域的新手培训材料; 第三, 可基于该框架拟定北规院的规划支持模型发展战略制, 为长期目标和短期发展提供平台。

4.2 后续研究

本文建立的PSS框架还可以在以下几方面进一步深化: 首先, 依据《中华人民共和国城乡规划法》, 横向增加该框架尚缺的规划内容, 如部分专项规划; 第二, 纵向继续基于文献调研、规划师访谈等方式补充相应的方法、软件和模型; 第三, 完善在线查询系统, 数据部分与已有的数据发布系统挂接, 软件提供下载接口, 模型可在线直接调用; 第四, 北规院将开发新的规划支持模型, 作为该框架的实际应用。

5 结论

本文提出了一个能涵盖不同规划类型的PSS框架。基于广泛的文献调研和对规划师和决策者的几轮问卷调查和访谈, 将框架内容分为两方面。一方面, 逐项列出不同规划类型各阶段的规划内容, 如总体规划中的人口预测和城市增长边界确定; 另一方面, 列出与不同规划类型有关的PSS。本文中PSS包含三种形式, 即方法(如情景分析和logistic回归等)、软件(如What if?和INDEX), 以及已有或即将开发的规划支持模型。该框架提供了一个能全面了解PSS在各类规划中应用的平台, 其应用可表现为纸质和在线查询系统两种形式。该框架根据规划师的讨论和反馈进行了多次修订, 系统整合了现有的规划支持技术, 为规划师提供了解规划流程和PSS提供了一个共用平台。

参考文献

1. Allen E. INDEX: Software for community indicators. In R. K. Brail & R. E. Klosterman (eds) Planning support systems: Integrating geographic information systems, models, and visualization tools. ESRI Press, Redlands, CA, 2001.
2. Ballas D, Kingston R, Stillwell J, Jin J. Building a spatial microsimulation-based planning support system for local policy making. Environment and Planning A, 2007, 39(10) 2482-2499.
3. Brail R K (ed). Planning support systems for cities and regions. Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, MA, 2008.
4. Brail R K, Klosterman R E (eds). Planning support systems: Integrating geographic information systems, models and visualization tools. ESRI Press, Redlands, CA, 2001.
5. Carmichael J, Tansey J, Obinson J. An integrated assessment modeling tool. Global Environmental Change Part A, 2004, 14: 171-183.
6. Chan S. The development of planning support system by integrating urban models and geographic information systems: a framework and implementation [D]. University of Pennsylvania, the United States, 1997.
7. Clark K C, Hoppen S, Gaydos L. A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. Environment and Planning B: Planning and Design, 1977, 24:247-261.
8. Edamura T, Tsuchida T. Planning support system for an urban environment improvement project. Environment and Planning B: Planning & Design, 1999, 26: 381-391.

9. Geertman S, Stillwell J (eds). Planning support systems best practice and new methods. Springer, Berlin, 2009.
10. Geertman S, Stillwell J (eds). Planning support systems in practice. Advances in spatial science. Springer, Berlin, 2003.
11. Geertman S, Stillwell J. Planning support systems: An inventory of current practice. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004, 28: 291-310.
12. Geertman S. Potentials for planning support: a planning-conceptual approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, 33(6): 863-880.
13. Geneletti D. Incorporating biodiversity assets in spatial planning: Methodological proposal and development of a planning support system. *Landscape and Urban Planning*, 2008, 84:252-265.
14. Harris B. Plan or projection: An examination of the use of models in planning. *Journal of the American Institute of Planners*, 1960, 26: 265-272.
15. Kammeier HD. New tools for spatial analysis and planning as components of an incremental planning-support system. *Environment and Planning B: Planning & Design*, 1999, 26:365-380.
16. Klosterman R E. Planning support systems: A new perspective on computer-aided planning. *Journal of Planning Education and Research*, 1997, 17: 45-54.
17. Klosterman R E. The What if? Collaborative planning support system. *Environment and Planning B: Planning and Design* 1999, 26:393-408.
18. Landis J D, Zhang M. The second generation of the California urban futures model. Part1: Model logic and theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1998a, 25:657-666.
19. Landis J D, Zhang M. The second generation of the California urban futures model. Part2: Specification and calibration results of the land-use change submodel. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1998b, 25:795-824.
20. Landis J D. The California Urban Futures Model: A new generation of metropolitan simulation models. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1994, 21:399-420.
21. Lautso K. The SPARTACUS system for defining and analysing sustainable urban land use and transport policies. In S. Geertman, & J. Stillwell (eds), *Planning support systems in practice*, Heidelberg: Springer, 2002.
22. Li X, Liu X. Embedding sustainable development strategies in agent-based models for use as a planning tool. *International Journal of Geographical Information Science*, 2008, 22:21-45.
23. Long Y, Mao Q, Dang A. Beijing urban development model: Urban growth analysis and simulation. *Tsinghua Science and Technology*, 2009, 14:787-794.
24. Long Y, Shen Z, Mao Q. An urban containment planning support system for Beijing. *Computers Environment and Urban Systems*, 2011, 35: 297-307.
25. Mao F, Yu W, Zhou W, He G. An urban-rural spatial development planning platform using GIS. *Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built Environment: The Built Environment and its Dynamics*, 2008.
26. Rugg R D. A feature-based planning support system. *Computers, Environment and Urban Systems*, 1992, 16(3): 219-226.
27. Saarloos D, Arentze T A, Borgers A W J, Timmermans H J P. A multi-agent paradigm as structuring principle for planning support systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2008, 32(1): 29-40.
28. Saarloos D. A framework for a multi-agent planning support system[D]. Technische Universiteit Eindhoven, the Netherlands, 2006.
29. Sante-Riveira I, Crecente-Maseda R, Miranda-Barros D. GIS-based planning support system for rural land-use allocation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2008, 63(2): 257-273.
30. Shi X, Yeh A G O. The integration of case-based systems and GIS in development control. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1999, 26:345-364.
31. Sun Z; Deal B, Pallathucheril V G. The land-use evolution and impact assessment model: a comprehensive urban planning support system. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association*, 2009, 21(1): 57-68.
32. Veregin G. Integrating planning support system technologies in a rural land planning application[M]. University of Wyoming, the United States, 2007.
33. Vonk G. Bottlenecks blocking widespread usage of planning support systems. *Environment and Planning A*, 2005, 37:909-924.

34. Vonk G, Geertman S, Schot P. A SWOT analysis of planning support systems. *Environment and Planning A*, 2007, 39:1699-1714.
35. Waddell P. Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning. *Journal of the American Planning Association*, 2002, 68:297-314.
36. Wu F. Simland: a prototype to simulate land conversion through the integrated GIS and CA with AHP-derived transition rules. *International Journal of Geographical Information Science*, 1998, 12:63-82.
37. Yeh A G O, Qiao J. Component-based approach in the development of a knowledge-based planning support system (KBPSS). Part 1: The architecture of KBPSS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2004, 31: 517-537.
38. 杜宁睿, 李渊. 规划支持系统(PSS)及其在城市空间规划决策中的应用. *武汉大学学报(工学版)*, 2005, 38(1): 137-142.
39. 李善颖, 詹庆明. 基于UPlan的规划支持系统应用研究. *中华建设*, 2011(9): 90-91.
40. 李渊. 规划支持系统: 现状与思考. *城市发展研究*, 2010, 17(5): 59-65.
41. 刘楷. 与计算机技术创造性结合的规划支持系统——巴基斯坦旁遮普省引导工业定位决策的研究案例. *国外城市规划建设*, 2003, 18(5): 15-20.
42. 龙瀛, 毛其智. 城市规划支持系统的定义、目标和框架. *清华大学学报(自然科学版)*, 2010, 50(3): 335-337.
43. 龙瀛. 规划支持系统原理与应用. 北京: 化学工业出版社, 2007.
44. 罗静, 党安荣, 毛其智. 面向服务的数字城市规划平台集成研究. *北京规划建设*, 2009 (2):113-116.
45. 钮心毅. 城市总体规划中的土地使用规划支持系统研究[D]. 同济大学, 2008.
46. 张进洁. 基于3DGIS的规划支持系统研究[M]. 中国地质大学(北京), 2009.
47. 朱彦, 沈体雁. SuperPlanner: 规划支持系统软件框架设计. *规划师*, 2008, 24(12): 24-27.

An applied planning support toolkit including quantitative methods, software and models in China

Abstract: Planning support systems (PSS) have attracted extensive attention from scholars and decision makers for decades. Most of the existing research on PSS is related to system design, implementation, application as well as evaluation of a standalone system in one area, e.g. *What if?*, CommunityViz and INDEX. There is no existing research on an entire framework of PSS for various types of plans. In this paper, we propose a PSS framework for various types of plans in China, e.g. master plan, detailed plan, municipal infrastructure plan and transport plan. Based on an extensive literature review and multiple rounds of planner and decision maker surveys, the framework focuses on two aspects. On one hand, we itemize plan contents (termed as “plan elements”) into various steps for each type of plan, e.g. population forecasting and establishing urban growth boundaries in a master plan. On the other hand, we list related PSS for each plan element. In our research, PSS embody three forms, which are existing PSS software (e.g. *What if?* and INDEX), planning support models to be developed or already developed as well as quantitative methods (e.g. scenario analysis, systems analysis, and logistic regression). The two dimensional framework provides a full picture of PSS applications in various types of plans. The framework has been applied in the Beijing Institute of City Planning (BICP) for several months, and has attracted hundreds of application requests from planners.

Keywords: planning support systems (PSS); framework; urban and rural planning; Beijing