

智慧城市规划仿真模型组织架构与标准体系研究

曹阳¹ 张胜雷² 甄峰¹

1. 南京大学建筑与城市规划学院 2. 中国城市科学研究会数字城市工程研究中心

摘要

随着智慧城市试点工作的深入推进,各试点城市结合自身发展需求与存在问题开展智慧城市顶层设计与规划工作,为智慧城市系统各分支建设及运营管理提供框架引导。然而,现阶段多数智慧城市顶层规划将注意力多度倾向信息化服务建设,忽视了以城市空间节约布局与要素资源合理配置为核心的城市发展的最终诉求。鉴于此,本文将可持续发展理念与智慧城市顶层设计相结合,基于大数据环境下城市要素运行实时数据建构城市规划与仿真模型,通过大数据分析城市运行存在的问题,探索城市运行内在规律,从而有效提升智慧城市城市规划与建设的科学化水平。进而通过对城市资源的优化分配,为城市可持续发展提供科学预测;通过规划的手段提出合理干预措施与公共政策,有针对性地缓解或改善城市居住环境、交通拥堵、污染和其他城市问题,有力支撑新型城镇化过程中所强调的以人为本、提升城市化质量的发展宗旨。

关键词

智慧城市; 可持续发展; 顶层设计; 规划与仿真模型; 大数据

本文支持研究课题:“十二五”国家科技支撑计划项目“智慧城镇综合管理技术集成与应用示范”项目课题“智慧城市顶层设计管理和多规信息融合技术研究与示范”(2015BAJ08B01)

0、引言

2008年11月,在纽约召开的外国关系理事会上,IBM提出了“智慧地球”这一理念,进而引发了智慧城市建设的热潮^[1]。国外智慧城市的建设起步较早,在各个行业都进行了一些有益的尝试。具体来说包括以下几个城市:(1)韩国首尔,2004年,韩国政府发布的《数字时代的人本主义:IT839战略》报告提出了建设无所不在的“智慧城市”计划,并于2006年启动了以首尔为代表的“智慧城市”(U-city)建设,核心是通过建设遍布整个城市的互联网,使市民可以随时随地地使用或办理各项社会服务,运用智慧化商务服务(e-Business)以及云计算推动本地区经济发展。(2)新加坡,新加坡“智慧城市”建设的成绩引人注目,尤其是智能交通系统,使道路、使用者和交通系统之间紧密、活跃和稳定地相互传递和处理信息成为可能,为出行者和其他道路使用者提供了实时、恰当的交通信息,使其能对交通路线、交通模式和交通时间做出充分、及时的判断。(3)纽约,在坚实的信息化基础上,2009年10月,纽约政府宣布启动“连接的城市”(connected city)行动,以增加普通民众与政府的联系、人与人之间的联系、企业与政府的联系以及企业与民众的联系,要利用信息通信技术,使纽约在信息时代依然走在世界城市的前列。这项行动的重点内容包括:一是“311”网络版、移动版服务;二是实施“纽约城市IT基础设施服务行动”计划;三是建立智能停车系

统。除此之外,西班牙巴塞罗那在公共服务与垃圾处理系统;桑坦德市在智能基础设施;葡萄牙帕雷德斯市在智能楼宇方面都进行了很多有益的尝试。

相比国外的智慧城市研究,我国智慧城市的建设起步较晚,前些年还停留在理论与概念的层面,最近几年有部分城市也开展了不同领域的智慧城市建设尝试。(1)深圳,深圳市在2010年2月3日首次提出的“智慧城市”理念,深圳正在从科技、人文、生态等三方面构建新时期的“智慧城市”,进而以信息化打造科技的深圳;以智能交通体现人文的深圳;(2)宁波,宁波是中国首批提出建设“智慧城市”并投入实践的先行者。在智能交通领域,建立宁波智慧交通研发中心,依托原交通管理各子系统的资源网络和业务网络,通过构建由宁波市政府公有云、公安/交警等部门的私有云以及县级区域中心云的三级智慧交通云,整合城市智能交通系统,建立统一的技术规范、数据标准、数据交换格式,实现现有各行业私有云的平滑接入和新业务的快速部署,共同推进建设标准、融合、智能的综合性城市。2015年底,宁波市智慧交通云基本建成。在智慧农业方面,推广应用信息化管理系统,农业专家咨询服务系统和农业电子商务,逐步实现农产品生产、加工、储藏、运输、营销等环节的科学化和智能化。在智慧水务方面,台州市“智慧水务”试点项目是通过传感器技术、网络和移动系统与水务信息系统的结合,构建全方位的智能水务

DOI: 10.16116/j.cnki.jskj.2017.13.005

管理系统，以实现水环境、水安全和水资源管理智能化应用。

(3) 上海“智慧上海”建设的内涵包括三大网络：一是物质网络，以物联网为代表；二是信息网络，以“云计算”为代表；三是以“智能电网”为代表的能量网。(4) 台湾桃园，自2002年开始，中国台湾的桃园县就积极推动“E化(电子化)”、“M化(移动化)”及“U化(泛在化)”等各项信息化建设计划及其实施，其中较为突出的两项内容是智能生活和桃园航空城。

从目前智慧城市设计与实践成果来看，国内外在智慧城市顶层设计过程中将注意力过多集中在城市信息化设施的建设上，忽视了以城市空间集约布局与要素资源合理配置为核心的城市发展最终诉求。鉴于此，本文研究城市规划与仿真系统致力于在利用大数据等信息技术手段科学诊断城市问题的基础上，充分考虑城市居民和企业的需求，构建多要素城市可持续空间增长模型，进而对城市发展进行科学预测与动态模拟，以实现城市资源的时空配置最优。提出基于ICT的智慧城市规划体系标准化的发展路径，推动城市规划与建设的科学化。

1、智慧城市发展问题挑战及应对措施

通过对智慧城市发展现状进行梳理，找寻目前智慧城市建设过程中遇到的问题及瓶颈。进而从可持续发展的视角出发构建智慧城市规划与仿真模型，通过实时监控城市运行过程，找寻城市发展问题、评估城市发展水平，最终明确城市发展目标、优化城市发展路径。从智慧城市规划、建设、管理全时段、全链条层面进行顶层设计，从而有效保障城市可持续发展的目标的最终实现。

1.1 智慧城市发展面临的挑战及模型应对

当前智慧城市的规划与仿真，将研究的视角聚焦到优化城市空间布局，以及城市空间模拟与可持续发展上。主要为了应对以下挑战：(1) 城市规划与仿真数据缺乏统一的数据标准与体系：目前影响城市规划仿真模型构建的数据因子越来越丰富，如现状三维模型与二维地理信息、绿化率、建筑密度、文物保护、基础设施配套、人口分布、人均消费水平、交通枢纽等，这些因子或多或少地影响着城市规划仿真模型的搭建，而合理架构由众多影响因子构成的数据体系将成为城市规划仿真数据模型科学、合理、高效的保障。(2) 城市规划与仿真数据缺乏高效共享。随着空间信息技术的迅猛发展，城市空间信息虽然呈爆炸式增长，但缺乏有效的互通和共享方法，从而造成数据之间相对孤立，难以对城市进行整体的宏观的仿真模拟，非常需要针对城市三维空间的共享服务标准来促进信息共享，更加智慧地开展城市三维仿真。(3) 城市空间规划与设计缺乏智慧化的辅助。通过城市仿真系统，可以对城市空间规划所需信息进行采集、处理和利用，对城市空间发展趋势进行模拟，有助于实现规划的辅助决策，实现城市规划与设计的智慧化。(4) 城市空间资源需要优化配置。借助城市仿真系统，对城市空间的分布、利用效率、最优配置等进

行模拟和仿真，从而解决城市空间资源短缺、利用效率不高的困境，实现智慧的资源和能源利用。(5) 应对城市空间扩展过快的挑战。快速的城市化发展带来了城市空间扩展过快、空间分布不平衡、格局较为分散、土地集约化程度不高等问题，如何通过信息技术、物联网、大数据等技术手段，从而对城市空间利用状况进行仿真模拟并及时调控。

1.2 智慧城市规划仿真模型建设目的与意义

为了建立一个城市长期可持续发展目标，智慧城市的构想应运而生。在综合考虑城市的资源和运作，包括交通、能源、水资源、土地、建筑、民用、信息等各种数据的信息共享、信息整合与协同管理的基础上，建设城市仿真系统为城市预测、城市规划决策、城市规划编制、城市规划评估等方面做出可视化支持与辅助决策功能，通过系统的建设可以预测未来城市的发展。与此同时，基于城市实时产生的“大数据”，建设动态、实时的仿真系统，可以在城市发展过程中同步获取的信息，使用模拟仿真手段推进城市发展模式，阐明城市规划决策的内在规律，做出更为明智的决策。一方面，通过优化资源配置，对在可持续发展时期的城市规划和公共政策提供必要的干预措施；另一方面城市系统优化及相关技术更新可以改善城市居住环境、交通拥堵、污染和其他城市问题。

城市规划与仿真系统的构建有助于维护与提升城市各利益群体的切身利益与生活品质。(1) 对于城市市民来说，系统的构建可以促进公共参与城市规划编制过程，城市居民分享和使用城市空间管理的动态信息和数据，可以给用户带来强烈、逼真的感官冲击。(2) 对于城市管理者来说，系统地构建为城市管理者提供更加真实、立体的城市空间布局展示，并进行管理，为城市规划者提供城市规划辅助决策服务。(3) 对于城市规划人员来说，城市规划仿真系统为规划师编制城市规划提供新的技术手段，利于设计与管理人员对更加直观地开展各种规划设计方案进行辅助设计与并进行方案评审。

2、智慧城市规划仿真模型架构总体思路

智慧城市规划仿真模型在深度剖析城市各要素运行机理的基础上，通过构建包括城市公共安全、社区发展、资源承载调控、污染控制、交通运输管理、社会资源优化、基础设施调控、经济发展等在内的8类要素运行子模型的基础上，以城市运行数据感知、存储及管理平台为支撑，最终构建城市空间要素模拟系统、城市资源优化配置模拟系统、城市空间发展政策评估系统、城市运行动态仿真模拟等系统有机整合构成的智慧城市规划仿真应用平台，从而为智慧城市顶层设计提供信息资源和决策辅助支撑。

2.1 模型建设功能要求

2.1.1 地区级城市要素运行信息共享平台

理清与城市规划密切联系的数据，进行分级、分层、分类的

整理，比如应按照自然条件、规划条件、区位与交通条件、设施配套条件、社会经济因素、安全防护等信息进行分级，再按照其大部分与空间相关特性来分层，最后按照其级别进行信息类别细分与编码，最终构建完整、有序、通用的数据分类、分级及编码规范，为城市规划仿真模型的搭建提供数据标准化基础。通过仿真系统平台，进行城市各类信息数据的采集、存储、整合和可视化展示，为城市居民、管理者等不同人群提供信息服务。这些信息包括城市人口、社会经济、各类设施、资源、能源、交通、住房、安全等各个方面，既包括结构化的统计信息，也包括动态的大数据信息。通过城市地区数据和信息共享来实现城市的可持续发展协同。

2.1.2 城市要素运行模拟分析与方案辅助决策

在城市运行数据采集、存储和分析的基础上，对城市空间要素运行状况进行评估和模拟分析，结合城市开发建设规模、强度和人口密度状况，进行城市的土地、水、建设工程、能源、食品、技术、信息资源、社会服务（教育、医疗、交通运输、物流、住宅）等要素的优化配置，以城市三维仿真数据服务标准为核心，形成满足城市规划仿真要求的信息共享机制方法，在此基础上建立仿真系统平台，进行城市空间信息数据的采集、存储、整合和可视化展示，并与包括城市人口、社会经济、各类设施、资源、能源、交通、住房、安全等在内的各个方面的信息展开交互，从而有效还原城市空间形态，并对城市空间发展趋势进行多方案的模拟和比较，为规划师开展规划编制以及城市管理者进行规划管理提供信息服务。

2.1.3 城市空间发展政策评估，提高规划管理科学性

通过对不同的城市空间发展政策实施情况及其空间影响进行仿真模拟，根据模拟结果对城市发展政策的优劣进行评估，并从城市可持续发展的角度对城市内在的运行机制和发展政策实施干预措施，提高城市协调发展能力，提高城市规划和管理决策的科学性。

2.1.4 城市要素运行状态实时动态展示，拓展信息应用范围

借助信息技术、互联网、物联网等技术手段，实时采集城市的环境（大气、水污染、噪音污染）、能源（电力使用、照明系统）、交通（公共交通、道路拥堵情况）、基础设施（电力、电信、给水、排水等）、公共安全（犯罪、食品流通、突发灾害）、公共服务（商业、物流配送、医疗）、社会舆情、企业生产、技术创新等数据，对城市空间运行状况进行动态监测、预警和管理，为城市管理者提供城市管理信息，以及为市民提供城市相关服务信息。

2.2 模型总体架构

城市规划与仿真系统整体架构分为三个层次，首先是数据层：从数据的采集、数据的整合与管理、数据服务的发布以及采用三维可视化的方法与用户进行交互；其次是模型层，（1）从城市空间现行运营情况的动态展示、模拟入手构建城市空间管理模

型集；（2）从城市目前发展状况评价角度构建城市空间评估模型集；（3）从城市发展战略与空间布局优化角度构建城市空间预测模型集；第三应用系统层，主要构建城市规划仿真模型系统、城市资源优化配置模拟系统、城市运行动态仿真系统、城市空间发展评估系统几个方面构建涵盖城市交通、资源、安全、基础设施、生态环境等要素可持续发展的城市空间动态增长模型。（图1）

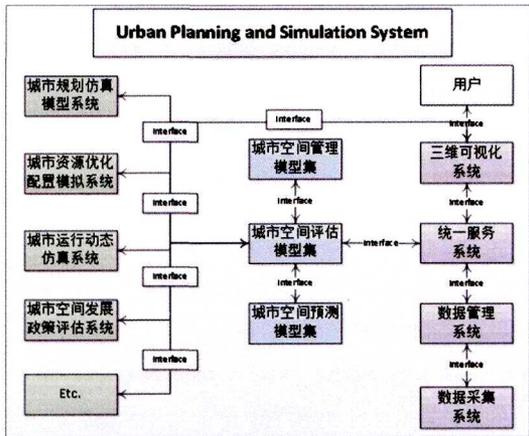


图1 城市规划与仿真系统总体架构图

2.3 子模型功能分解

2.3.1 公共安全模型 (public security)

以维护城市发展所必须的食品安全、能源安全、生产安全为目标，通过建立一整套的评估、预警、反馈机制，实现软硬件的统一整合。基于这一理念构建公共安全预警系统、公共安全评估体系、公共安全反馈系统。（图2）

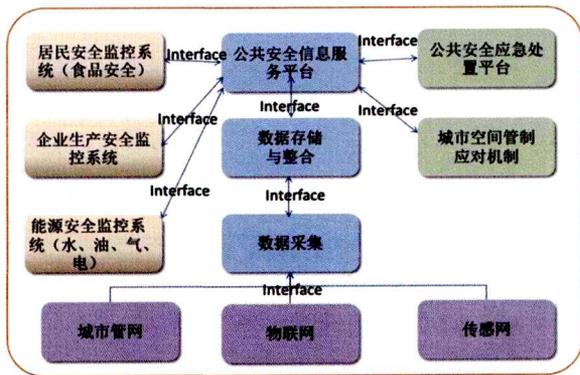


图2 公共安全模型架构

2.3.2 社区发展模型 (community development)

以维护城市社区绿化环境、人工环境、交通可达性、环境卫生等为目标，通过构建检测、管理平台，解决社区问题为社区发展提供保障。基于这一理念构建社区环境监测系统、智能社区管理平台。（图3）

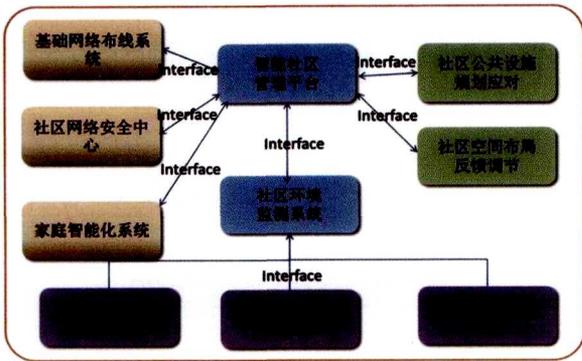


图3 社区发展模型架构

2.3.3 资源承载调控模型 (Resource control)

以实时检测包括水、生态、土地、能源等资源承载力为手段，通过合理调控资源分配，整合资源管理实现城市资源的可持续发展。基于这一理念构建资源状态监测系统、资源承载力实时计算模型、资源智能调控平台。(图4)

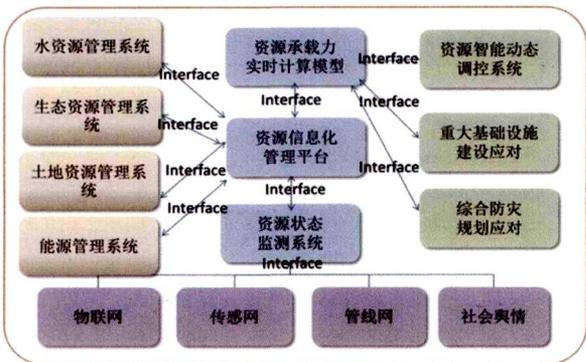


图4 资源承载调控模型架构

2.3.4 污染控制模型 (pollution control)

以实时监测城市水污染、大气污染、固体颗粒物污染、噪声污染等为手段，通过构建信息化的监测、评估、管理、反馈平台，实现城市污染实时、联动控制。基于这一理念构建智能污染源管理平台、污染源监测平台、污染评估反馈系统。(图5)

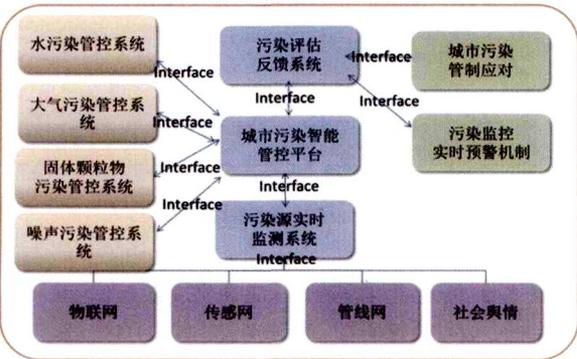


图5 污染控制模型架构

2.3.5 交通运输管理模型 (transportation management)

以协同整合包括河港、海港、航空港在内的城市交通运输基础设施为目标，建立起一整套交通设施管理、资源调配、应急处置系统等联动机制。基于这一理念构建交通运输基础设施管理系统、交通运输协同调配系统、交通运输应急处置系统。(图6)

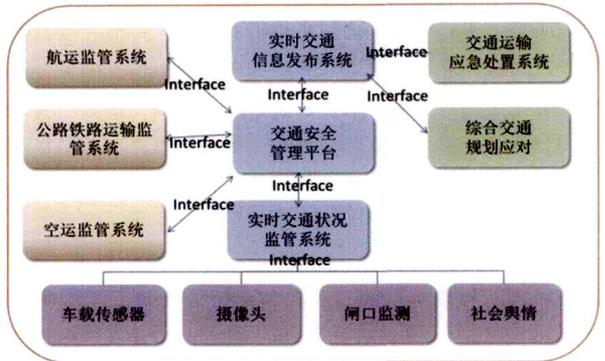


图6 交通运输管理模型架构

2.3.6 社会资源优化模型 (Social Resources Optimization)

以维护社会发展中教育、医疗、卫生、文化、保险、科技人才、养老等社会资源有序发展为目标，通过建设统一的信息化管理平台、一体化统筹调配机制，实现社会资源的可持续发展。基于这一理念构建公共安全预警系统、公共安全评估体系、公共安全反馈系统。(图7)

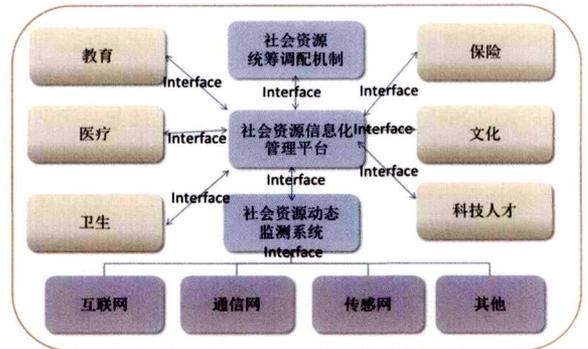


图7 社会资源优化模型架构

2.3.7 基础设施调控模型 (Social Resources optimization)

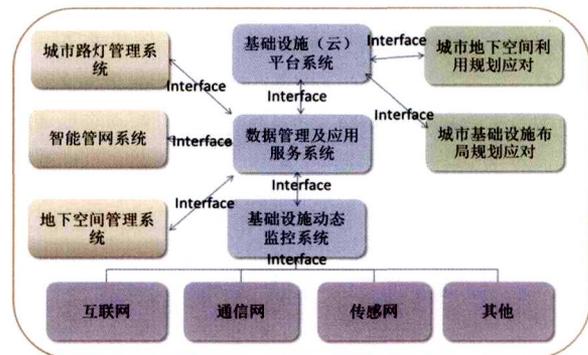


图8 基础设施调控模型架构

以维护包括城市照明、城市地下空间、城市管网体系在内的

城市基础设施调控为目标，建立一整套管理应用服务、动态信息监控网络系统。基于这一理念构建管网（云）平台系统、数据管理及应用服务系统、管网动态信息监控网络系统。（图8）

2.3.8 经济发展模型（Social Resources optimization）

以维护城市内部正常金融秩序与必要的经济发展为目标，建立起一整套金融管理平台与金融市场实时监控系统。基于这一理念构建金融市场宏观调控和监管体系、智慧金融管理平台、金融机构体系。（图9）

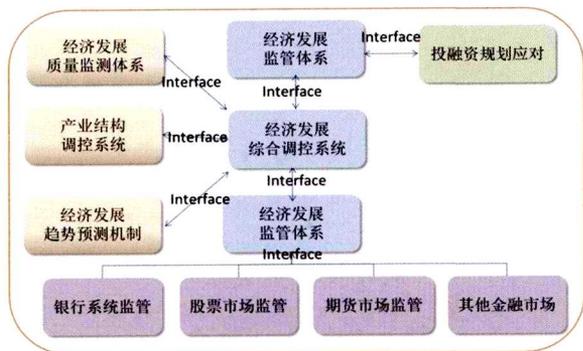


图9 经济发展模型架构

3、智慧城市规划仿真模型标准体系

3.1 城市地区数据和信息共享平台标准

通过仿真系统平台，进行城市各类信息数据的采集、存储、整合和可视化展示，为城市居民、管理者等不同人群提供信息服务。这些信息包括城市人口、社会经济、各类设施、资源、能源、交通、住房、安全等各个方面，既包括结构化的统计信息，也包括动态的大数据信息。通过城市地区数据和信息共享来实现城市的可持续协同发展。

3.2 基于实时数据的城市空间运行动态管理系统标准

借助信息技术、互联网、物联网等技术手段，实时采集城市的环境（大气、水污染、噪音污染）、能源（电力使用、照明系统）、交通（公共交通、道路拥堵情况）、基础设施（电力、电信、给水、排水等）、公共安全（犯罪、食品流通、突发灾害）、公共服务（商业、物流配送、医疗）、社会舆情、企业生产、技术创新等数据，对城市空间运行状况进行动态监测、预警和管理，提高城市空间运行效率。

3.3 城市资源优化配置模拟系统标准

通过仿真模拟系统，结合城市开发建设规模、强度和人口密度状况，进行城市的土地、水、建设工程、能源、食品、技术、信息资源、社会服务（教育、医疗、交通运输、物流、住宅）等要素的优化配置，提高资源利用效率，实现城市空间的可持续发展。

3.4 城市规划仿真模型系统标准

在城市运行数据采集、存储和分析的基础上，对城市空间要素运行状况进行评估，并进行城市空间发展趋势进行多方案的模拟和比较，从而为城市规划方案制定提供辅助决策。

3.5 城市空间发展政策评估标准

对不同的城市空间发展政策实施情况及其空间影响进行仿真模拟，根据模拟结果对城市发展政策的优劣进行评估，并从城市可持续发展的角度对城市内在的运行机制和发展政策实施干预措施，提高城市协调发展能力。（表1）

表1 智慧城市规划仿真模型标准体系结构

编号	标准体系结构	标准所属管理机构
1	城市规划空间资源数据体系标准	城市规划空间数据委员会
1.1	城市规划空间资源元数据标准	
1.2	城市规划空间资源数据标准	
1.3	城市规划空间资源建库标准	
1.4	城市规划空间资源可视化表达规则	
2	城市规划仿真模型系统建设标准	城市规划仿真系统委员会
2.1	城市规划仿真资源三维数据服务标准	
2.2	城市规划空间资源三维功能服务标准	
2.3	城市规划空间模型管理系统建设标准	
2.4	城市规划辅助决策仿真系统建设标准	
3	城市资源优化配置模拟系统建设标准	城市资源优化配置委员会
3.1	城市资源要素分类标准	
3.2	城市资源整合标准	
3.3	城市资源配置标准	
3.4	城市资源调控模拟标准	
4	城市运行动态仿真系统建设标准	城市规划仿真系统委员会
4.1	城市运行监测相关标准	
4.2	城市运行评价相关标准	
4.3	城市运行动态模拟标准	
5	城市空间发展政策评估系统建设标准	城市空间发展政策评估委员会
5.1	城市舆情监控标准	
5.2	城市舆情解析标准	
5.3	城市发展政策评估标准	

4、结论与展望

本文通过对国内外智慧城市发展情况进行梳理与总结，深度分析智慧城市发展面临的挑战及模型应对方法，进而明确智慧城市规划仿真模型的建设目的与意义。在构建包括城市公共安全、社区发展、资源承载调控、污染控制、交通运输管理、社会资源优化、基础设施调控、经济发展等在内的8类要素运行子模型的基础上，以城市运行数据感知、存储及管理平台为支撑，最终构建城市空间要素模拟系统、城市资源优化配置模拟系统、城市空间发展政策评估系统、城市运行动态仿真模拟等系统有机整合构成的智慧城市规划仿真应用平台，从而为智慧城市顶层设计提供信息资源和决策辅助支撑。C

参考文献：

[1] 张荣. 城市可持续发展动力学模型及评价指标体系研究[D]. 河南农业大学, 2003.

（下转29页）

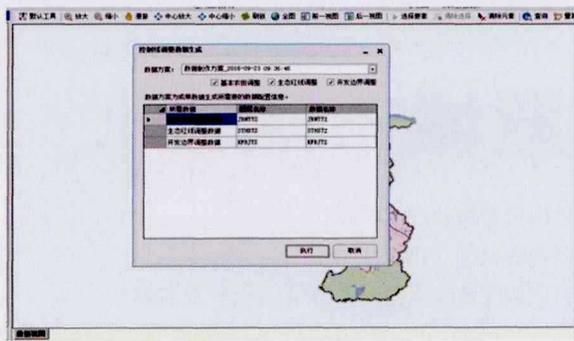


图7 多规“一张蓝图”成果自动生成



图8 多规信息成果目录管理



图9 系统用户权限管理

4.2 实践特色

结合南京市的具体做法和实际情况，研究成果的应用实践使南京市“多规合一”工作形成了以下几方面的特色：

(1) 实现了多规差异图斑一键化生成，构建的系统可以依据各部门规划的数据标准，灵活建立空间差异分析模型，并提供自动化差异图斑差异分析和图斑筛选，从而高效地比对土地利用总体规划、城市总体规划、环境保护规划等在用地性质、边界等方面的差异，并快速生成差异图斑。(2) 实现了全方位数据入库质检。主要针对运维管理人员，基于多规数据建库标准，为用户提供入库成果质量检查和更新管理应用，强化多规数据管控。模块支持按不同数据类型定制数据逻辑属性、拓扑关系质检方案，进行全方位数据入库质检，确保“多规合一”数据质量。基于多规数据建库标准，提供入库成果质量检查和更新管理应用，支持可视化的多规数据质检，通过引进数据法则建构，实现多规数据一键检查，提升系统灵活性与复用性，有效的提高了数据质量。

(3) 实现了快速化的“一张蓝图”成果生成，系统可以根据对每个差异图斑填写的协调意见，快速生成多规“一张蓝图”。系统

根据“多规合一”的数据标准，预置标准化的“多规合一”一张蓝图成果制图模板，帮助规划业务人员进行快速的图件制作和输出，提高了成果生成的效率，降低错误的发生。

5、结束语

本文充分利用智慧城市建设的理念和技术成果，从多规信息融合可视化系统建设最为核心的数据规整与成果建库、冲突检测与矛盾协调、成果管理与资源共享等方面入手，依托智慧城市地理信息公共服务平台，开展共享、统一、高效、动态更新的多规信息融合可视化系统构建研究。研究形成了“多规融合”数据体系目录，完成了多规数据的规格化和建库，实现了各部门规划数据的统一；构建了多规信息融合可视化系统，消除了“多规”数据之间的差异，实现了跨部门的信息融合和共享；并以南京市为应用实践，指导“多规合一”信息化的实施和应用，保障了南京市“多规合一”工作的全面落地。

本文的研究成果可以为“多规合一”工作建立统一的工作底图，有效的规避了不同部门规划底图的空间差异，引导各部门技术融合与协同，提高“多规合一”规划工作的效率和质量，为城乡空间精准规划与智慧发展提供了高效的技术支撑。C

参考文献：

- [1] 郭理桥. 新型城镇化与基于“一张图”的“多规融合”信息平台[J]. 城市发展研究, 2014, 21(3):1-3, 13.
- [2] 吴掠梳. 基于GIS的“多规合一信息平台构建研究”[A]. 江苏省测绘地理信息学会. 江苏省测绘地理信息学会2015年学术年会论文集[C]. 南京: 江苏省测绘地理信息学会, 2015.
- [3] 陈雯, 闫东升, 孙伟. 市县“多规合一”与改革创新: 问题、挑战与路径关键[J]. 规划师, 2015, 02:17-21.

(上接25页)

- [2] 范士陈. 城市可持续发展能力成长过程理论解析与模型[J]. 经济地理, 2006, 06:961-964.
- [3] 李锋, 刘旭升, 胡聃, 王如松. 城市可持续发展评价方法及其应用[J]. 生态学报, 2007, 11:4793-4802.
- [4] 曹斌, 林剑艺, 崔胜辉. 可持续发展评价指标体系研究综述[J]. 环境科学与技术, 2010, 03:99-105+122.
- [5] 尹伯悦. 城市可持续发展评价指标体系的研究与应用[D]. 北京科技大学, 2003.
- [6] 孟宪振. 城市可持续发展指标体系的比较研究[D]. 重庆交通大学, 2012.