

城市增长控制规划支持系统：方法、开发及应用*

URBAN GROWTH CONTROL PLANNING SUPPORT SYSTEM: APPROACH, IMPLEMENTATION AND APPLICATION

龙 瀛 沈振江 毛其智 胡卓伟
LONG Ying; SHEN Zhenjiang; MAO Qizhi; HU Zhuowei

【摘要】对城市增长起控制作用的因素(即控制要素,或限定要素)很多,各类控制要素对城市增长的控制不仅体现在控制等级方面,还包括控制用地类型、控制城市活动、控制建设高度、控制地下开发等多个方面,文章提出了考虑多种控制要素的负城市形态,并将其作为城市增长控制规划的最终载体;开发了城市增长控制规划支持系统,用于支持城市增长控制规划。该系统可系统地考虑大量的控制要素,根据各控制要素的控制导则计算城市增长控制规划方案,并具有自动输出规划方案为标准规划图则的功能,可以显著提高城市增长控制规划研究工作的效率和科学性。

【关键词】城市增长; UAZ; 控制导则; 城市增长边界; 北京

ABSTRACT: This paper focuses on the issues associated with supporting an urban growth control plan and its application in China using a planning support system. The background is that the urban growth control plan has been enacted as a new component of the urban plan under the Urban-Rural Planning Act of the People's Republic of China. In China, the accommodating or restrictive features are integrated as control factors (CFs), which include control indicators for land use type, urban activity, building height, as well as underground development. This paper proposes an urban growth control planning support system (UGC-PSS) for automatically compiling the Beijing urban growth control plan considering 60 control factors with various control indicators.

KEYWORDS: urban growth; uniform analysis zone; control guideline; urban growth boundary; Beijing

1 引言

本研究是城市增长控制规划支持系统开发的实例研究,具体以北京市的城市增长控制规划(Beijing urban growth control planning)为例,开发北京市城市增长控制规划的规划支持系统(planning support system)。目前国际上规划领域关于城市增长的控制方面,有很多的研究,但没有规划支持系统在这方面应用的文献报道。

有关城市过度增长的问题,由于城市蔓延所带来的对于开放空间和自然资源的侵蚀已经成为一个全世界所关注的问题,并对人类的可持续发展带来了巨大的挑战,蔓延的可能负面影响主要有土地的大量消耗、基础设施建设费用增加、通勤距离增加、交通拥挤、能耗增加、空气污染等(Burchell,1998; Anas和Rhee,2006)。越来越多的学者开始关注城市增长控制这一问题,各个层面都已经认识到城市增长要进行控制,如果不控制,会造成城市建设过于分散、缺乏整体性,一方面会带来对自然资源的破坏,一方面还会带来严重的环境灾难。

欧美、日本和中国的规划制度中,都有城市增长控制的要求。在欧美,针对城市蔓延带来的一系列负面效果,关于可持续的城市增长(或城市增长控制)模式,可以归纳为新传统邻里模式(neotraditional development)、容纳式城市发展(urban containment)、紧凑城市(compact city)和生态城市(eco-city)四类,目前以提高城市土地利用密度和保护开放空间为目标的容纳式城市发展政策是被广泛采用的一项城市增长控制政策(Nelson和Duncan,1995),通常包含三种形式:绿带(greenbelts)、城市增长边界(urban growth

* 国家自然科学基金项目(51078213);国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAJ14B08)。

【作者简介】

龙 瀛(1980-),男,清华大学建筑学院博士研究生,北京市城市规划设计研究院高级工程师。

沈振江(1965-),男,日本金泽大学环境设计学院,准教授,博导,复旦大学公共管理与公共政策研究国家哲学社会科学创新基地,教授。

毛其智(1952-),男,清华大学建筑学院副院长,教授,博导。

胡卓伟(1979-),男,博士,首都师范大学资源环境与旅游学院,副教授。

boundaries,UGBs)和城市服务边界(urban service boundaries,USBs),这三者都试图将未来的城市形态限制在一定的城市边界内,控制城市蔓延进而实现填充式的开发(infill development),并倡导采取紧凑密集式的形态发展模式(Echenique,2005),例如在美国,截至2004年,已经有超过100个大都市地区及其子区域采用了容纳式城市发展政策,用于控制城市增长(Nelson和Dawkins 2004),该政策的主要目的是保护开放空间和城市用地使用效率(Nelson和Dawkins,1999;Pendall和Martin,2002)。在日本,土地利用规划中设置城市规划区域,城市规划区域又分为市街地区域与市街地调整区域。在市街地调整区域,一般都需对开发进行控制,以保护自然环境和农林渔用地,控制城市的生长,但是高速增长时期的日本并没有严格进行开发控制,实行所谓的“规制缓和”,并没有有效地控制城市的生长,导致出现过于松散的城市形态,日本在城市增长控制上的经验教训是值得吸取的。而在中国,2008年1月1日开始实施的《中华人民共和国城乡规划法》也明确要求划定禁建区和限建区,制定城市增长边界,用于控制城市的蔓延,同时,绿带政策在中国部分城市也有一些实践,如北京和深圳(黄隆建,2001;徐波等,2001)。总体上,从欧美的经验,以及我国的实践来看,城市增长控制已经成为城市规划编制中需要考虑的一项极为重要的内容。

对比欧美与中国的城市增长控制政策,前者的容纳式城市发展政策的特点是制定城市增长或城市服务的刚性的控制边界,对边界之外的地区进行严格控制;而中国的城市增长控制的政策提出晚于欧美,从措施上也主要是绿带、城市增长边界等容纳式城市发展政策,与美国的模式较为相近。在规划管理实践中,二元化的容纳式城市发展政策并不能完全适应,“允许开发”与“不允许开发”缺乏弹性机制,大部分的区域属于限制开发类型,即允许开发,但开发的形式受到限制,如建设高度、用地类型。这种做法在国内提出的“限建区规划”(龙瀛等,2006)已有一定体现,其中禁建区的划定类似于美国的容纳式城市发展政策,即通过刚性的边界进行控制,而限建区在能够严格划定界线的同时,却存在较大的“模棱两可”的特点,其内的城市增长控制规定则往往非常模糊。因此在限建区规划的基础上,笔者提出了城市增长控制规划(Urban growth control planning,UGCP)的概念,主要用于解决城市增长控制这一复杂问题(具体在本文的第二部分进行介绍)。该规划有别于美国的容纳式城市发展政策,除了划定刚性的城市增长控制边界,还需针对不同区域制定详细的针对城市形态的控

制方案,即不仅应提供哪些地方绝对控制城市增长,还应针对限制城市增长的区域,从城市形态的角度提出具体的控制要求。

为了解决涉及众多控制导则控制要素的城市增长控制这一复杂问题,传统上比较通用的方法是土地利用适宜性分析。该方法自麦克哈格(McHarg,1969)创立以来,经过多年的发展,已成为一项比较成熟的土地利用与城市规划等领域的分析方法,而城市空间布局是土地利用适宜性分析的重要应用领域(Diamond和Wright,1988;Carver,1991;Thill,1999;Sui,1993)。土地利用适宜性分析旨在识别未来适合各种土地利用布局的适宜区域,大多利用GIS的空间叠加(overlay)方法,并结合多属性分析(Multi-criteria analysis,MCA)或其他智能方法(Artificial Intelligence)生成不同用地类型的适宜性分区图。经过对城市增长控制规划的分析可以看出,这一方法并不能完全反映其所考虑的众多控制要素及其控制导则。因此笔者开发了城市增长控制规划支持系统(urban growth control planning support system,UGC-PSS),辅助控制要素信息显示,并控制方案的自动制定,以及自动输出规划方案。

规划支持系统(planning support system,PSS)是目前国际上探讨较多的计算机辅助规划技术(Klosterman和Richard,1997;Brail和Klosterman,2001;Stillwell,2002;Geertman和Stillwell,2004),被认为是计算机辅助规划技术的最新形式(以往应用于城市规划领域的空间决策支持系统部分也被认为属于规划支持系统的范畴),它是一系列计算机软件工具的集合,是与计算机软硬件技术同步发展的,主要建立在地理系统分析理论、规划模型、地理信息技术、可视化等理论和技术的基礎上(龙瀛,2007;龙瀛和毛其智,2010)。目前构成规划支持系统的一系列工具多为松散联结方式,系统性、动态性、交互式是规划支持系统的基本特征。UGC-PSS主要面向规划师开发,控制要素的空间分布,乃至控制导则的具体内容,都是时间动态的,这就需要规划方案不断进行调整,UGC-PSS可以适应这种客观情况,与规划师进行交互,快速地进行方案的重新计算和成果输出。本文旨在对这一系统的理论方法、关键技术、数据需求、开发以及应用情况进行介绍。

2 城市增长控制规划

本文中所指的城市增长控制规划是在对城市增长起到控制作用的因素(即控制要素,control factor,CF)分析,并结合现有的与控制要素相关的法律、法规、技术标准、研究成果、国际条约

与协议,以及已批复规划等依据文件,对控制要素进行综合分析的基础上,给出相应的面向城市规划的城市增长控制规划方案。总体上,城市增长控制规划的编制基础是控制要素及相应的管理规定,是对已有相关地质灾害防护、水源保护、耕地保护、自然环境保护等规划以及相应法律法规等的整合,可以说是“规划的规划”,有别于基于自然地形、地质条件、气候条件、土壤类型等自然要素确定的客观的土地利用适宜性分析(land-use suitability analysis)。虽然不同的规划体制会导致规划的内容有很大的差异,但反观城市增长的过程及其本质,城市增长是在空间上的城市开发及相应城市活动的增长,其中城市开发又分为地上和地下两种。相应地,本文所提出的城市增长控制规划所控制的对象不仅包括地上的城市开发,也包括地下开发,以及相应的城市活动。

城市增长控制规划对城市增长控制的思路是三维的,不仅包括地上的控制开发类型和控制高度,以及控制城市活动,还包括了地下开发的控制。首先,在平面上划分控制等级(zone,Z)、区分刚性的绝对控制范围和弹性的相对控制范围,然后从三维的角度对限制建设的区域进行更具体的控制,包括控制建设高度(height,H)、控制地下开发(underground development,U)、控制城市活动(activity,A)和控制用地类型(type,T)等四项控制指标。为综合说明这四项控制指标的控制力度,又设置参考性的控制指数(index,I)(龙瀛等,2006;He,2008),本文将控制要素的这六项指标定义为控制导则(control guideline,CG),这些控制导则反映了其对当地城市规划与设计的要求。因此该类规划从本质上是对城市形态的控制。各项控制导则,无论是所控制的开发类型和高度、城市活动,还是地下开发,都对城市形态起到了控制作用,本文将其定义为负城市形态(negative form,NF),与其他城市形态的研究不同,其不是传统意义上的推荐发展或者可能发展的城市形态,而是从城市增长控制规划的角度禁止或限制发展的城市形态,在城市的生长中,应该从以上所提及的各个方面控制这种形态的产生,否则会造成生态资源的破坏或引起相应的风险。负城市形态作为城市增长控制规划的最终结论,可以用于指导土地利用规划、城市总体规划、控制性详细规划等的编制,作为这类规划所确定的城市形态的三维控制框架。

城市增长控制规划不仅是城市增长过程中以保护自然资源、实现减灾防灾规避风险为目的的刚性控制规划,而且还是限制城市空间形态的弹性控制规划。其流程是,首先识别控制要素的空间分布,进而基于控制要素对城市的空间进行划分,生成控制单元,并基于所确定的各控制要素

的控制导则,经过综合分析形成最终的规划方案,用于城市增长控制管理,特别是用于指导城市的空间布局及相应的空间发展政策的制定。

控制要素的空间分布可以通过各种渠道获取,控制要素的控制导则作为规划编制的重要基础,主要包括以下几个方面:

控制等级(Z):分为绝对控制(J)和相对控制(X)两种情形。

(1)绝对控制的内容:是指禁止所有类型的城市建设、城市活动以及地下开发,是城市增长的刚性控制范围(其他5项导则均为空),对应我国现有的禁建区概念。

(2)相对控制的内容:指存在严格的城市建设、城市活动或地下开发的制约条件,需要满足相应的其他控制导则(如H、U、A和T)才允许城市增长,是城市增长的弹性控制范围,对应我国现有的限建区概念。

控制建设高度(H):指最大建设高度,如果没有高度上的控制,则数值为空;

控制地下开发(U):指是否控制地下工程的开发,如果是则为“1”,反之为“0”;

控制城市活动(A):包括控制损毁设施与环境(a)、控制物质排放存留(b)、控制取用资源(c)、控制占用场地行为(d)等四方面,每一方面又有具体的内容,详见《北京市限建区规划》规划说明(北京市规划委员会,2007);

控制用地类型(T):指禁止的城市用地类型,本文仅考虑居住R、商业C和工业M三类用地类型;

控制指数(I):主要是为规划管理的方便而建立,用以表征城市建设和活动所受到的综合控制程度,其数值是根据H、U、A和T四项导则综合而成, $I = g(T, H, A, U)$,数值位于0~100(归一化后)之间,该数值越大,表明在该区域的城市增长所受到的控制越大^①。

上述控制导则之间的关系如图1所示(‘J’为绝对控制等级,‘X’为相对控制等级)。

控制要素的每项控制导则都是负城市形态NF的组成部分,如Z表示是否允许城市开发,即如果Z=‘J’则完全禁止城市开发,NF为自然的地理形态;H和T对地上的城市形态即物质空间起到控制作用;A对城市活动起到控制作用,更多关注的是社会空间;U对地下开发起到控制作用;I表示H、T、A和U四项指标对城市形态的综合控制。这六项指标与NF的关系可以用公式1表示:

$$\begin{aligned} F &= \{UF \cup NF\}, \\ UF &= \{x | x \notin NF\}, \\ NF &= \{y | y \in Z, Z = J \cup X, X = T \cup H \cup A \cup U\} \end{aligned}$$

公式1

式中:

F:城市行政区域

UF:城市空间形态

NF:负城市形态

控制导则当中I为间接指标, 不对NF起到直接作用。每一个指标组合, 都对应一种NF, 因为每个控制要素都有一套控制导则, 因此都对应NF, 北京市域部分控制要素对应的NF如图2所示(也可表达为三维的形式)。

一般在规划范围内, 控制导则的项目较多, 控制单元y是符合各个控制导则的空间单元的并集。在地理信息系统中, 控制单元y包含各种属性, 可以作为规划的基本分析单元。为了识别控制单元y对城市增长的控制作用, 需要让各个空间单元具有各个控制导则的属性, 则可以生成对应控制单元的NF(图3), 即为最终的规划方案。具体将在下一节中给出计算方法。

3 实现规划支持的方法

鉴于城市增长控制规划的基本研究单元—控制单元的要素构成及其空间分布复杂, 因此采用基于GIS的规划支持系统用于辅助规划工作的开展, 进而计算每个控制单元的NF, 下面对PSS实现规划支持的方法进行介绍, 主要包括制作控制单元、生成规划方案、输出控制方案等三个方面。

3.1 制作控制单元

从系统需求的角度来看, UGC-PSS相比传统的土地利用适宜性分区类似的系统, 需要依次解决如下两个方面的问题: 第一, 需要能够根据大量的控制要素及其控制导则进行综合计算; 第二, 需要能够对计算后的城市增长控制规划方案自动输出, 以提高规划编制的效率。因此笔者开发的UGC-PSS选择均一属性分析单元(uniform analysis zone, UAZ)这种非规则多边形的矢量数据格式作为基础数据模型, 用于表征控制单元(以下如无特殊说明, “UAZ” 等同于“控制单元”)②, 作为负城市形态NF的空间载体。UAZ最早是由克洛斯特曼(Klosterman, 1999)提出的, 并应用于其开发的规划支持系统“what if?”中。在what if?中, UAZ是土地适宜性评价、土地需求分配等模块的基本分析单元。在兰迪斯(Landis, 1994, 1995)所开发用于模拟城市发展形态的加州未来城市模型(California urban future model, CUF)中, 基本研究单元(developing land unit, DLU)与UAZ相类似, 都是不规则的矢量多边形数据(Regular polygon)。在UGC-PSS中, 利用UAZ这种数据模型, 结合GIS的空间分析工具

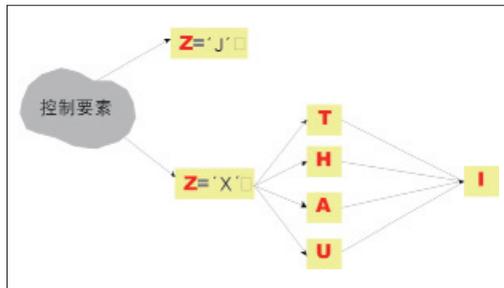


图1 控制导则关系

Fig.1 Relationship of guidelines

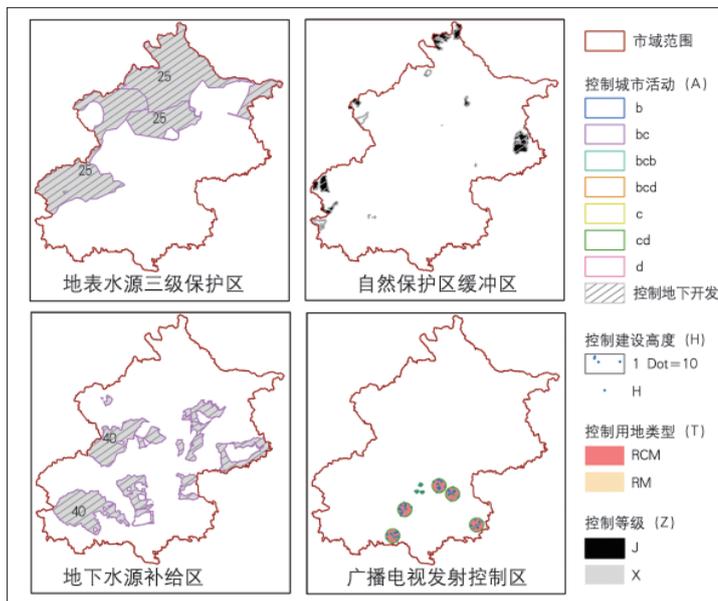


图2 单一控制要素对应的NF示意

Fig.2 Negative form by a single control factor

注: 图2~图3代码意义参见“2 城市增长控制规划”的控制导则部分。

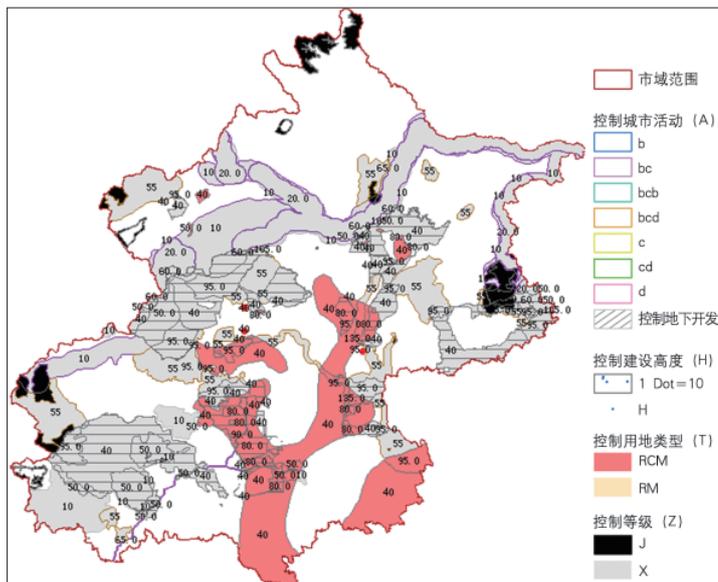


图3 控制单元对应的NF示意图(图中标注为“1”指标的数值)

Fig.3 Negative form by control units (value of “1”)

OVERLAY, 可以方便地对可能多达上百个控制导则各异、空间分布各异的作为规划编制数据基础的控制要素数据集(面状矢量图层)进行概括,生成记录控制单元空间分布的UAZ图层,并结合每个控制要素的控制导则,以UAZ作为基本计算单元,完全自动地生成作为规划方案载体的各控制单元的规划控制指标。利用GIS组件,通过设定不同的图幅范围,可以自动生成规划方案。相比CUF和what if?, UGC-PSS侧重于考虑自然资源保护和风险避让的城市增长控制,而不是城市增长自身。

传统的适宜性分析一般都是基于栅格数据的代数运算实现的,相比规则矩形栅格数据模型,UAZ数据模型不受数据精度的影响,可在属性字段中记录丰富的用于模型计算的信息,这点是栅格数据模型所不易实现的。UGC-PSS正是在UAZ生成之后,利用UAZ的属性数据的计算实现方案计算的目的,从而可以将研究者建模的主要精力放在数学算法而不是GIS的空间分析等接口上。

UGC-PSS另外一个优点在于,其具有良好的可扩展性,如果控制要素的空间分布或控制导则发生变化,可以便捷地根据基础数据的修改,利用该模型进行重新计算并输出方案,不需要进行代码层次的修改,同时控制要素数量的增加或减少,导则内容的扩展等需求,也只需要在数据库层次解决,不需要调整代码。该系统具有较好的可移植性,其开发思路具有一定的普适性,可以作为城市增长控制规划支持系统的原型。

但是采用UAZ数据模型的缺点在于,相比一般的栅格数据的代数运算,其计算的时间往往要长得得多,如果UAZ数量达到5万,则总的计算时间约为10h。这就需要对基于UAZ的计算的算法进行绝对的优化,并力争在高性能的硬件平台上开展UAZ的计算。鉴于控制要素数量较多,同时各控制要素的控制导则也比较复杂,下面以虚拟空间(virtual city)为例说明利用UAZ数据模型进行城市增长控制规划方案的自动计算和自动输出的方法(图4,灰色区域为虚拟空间)。

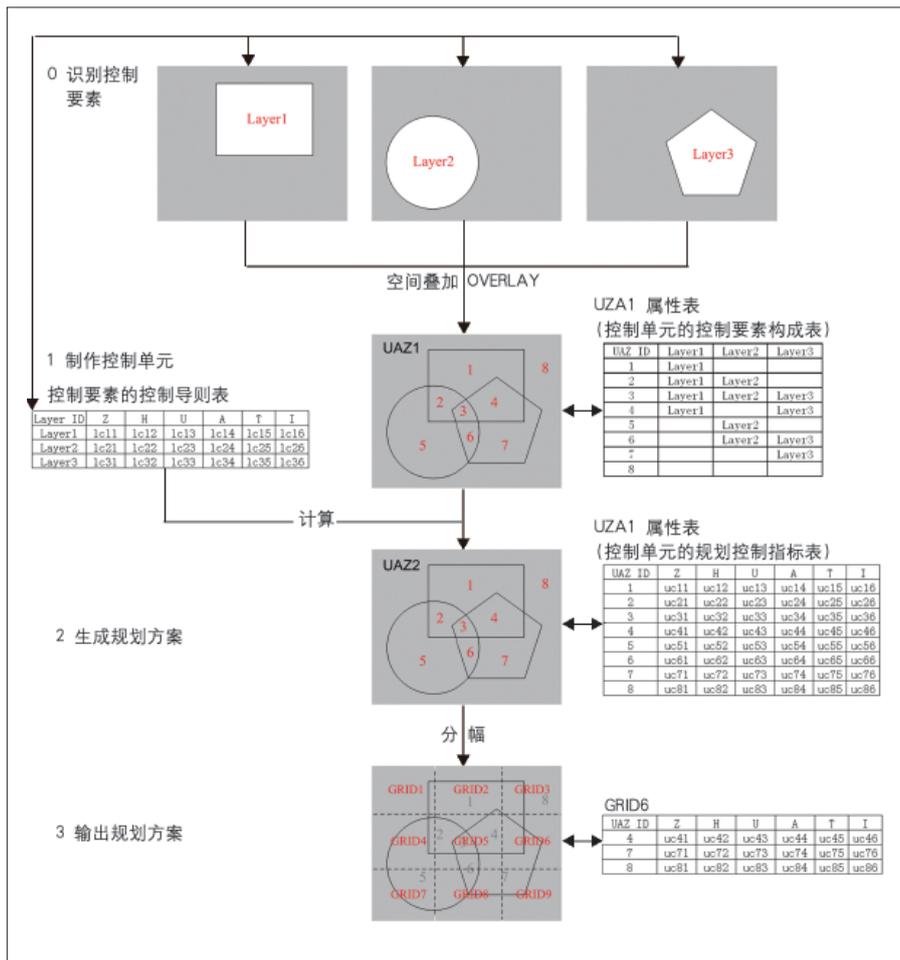


图4 基于UAZ的方案自动计算和输出流程示意
Fig.4 Flow diagram of automatic scheme calibration and output

3.2 生成规划方案

假设在该区域内共分布有三个控制要素Layer1、Layer2和Layer3,各控制要素的控制导则见图4中的“控制要素的控制导则表”(在数据库中,其形式为标准的数据库表格,即为表L),假定每个控制要素有三个方面的控制导则code1、code2和code3(例如,控制等级、控制用地类型、控制建设高度,具体说明见“5.2数据”)。利用GIS的OVERLAY及二次开发功能,可以生成图层UAZ1(由8个UAZ构成),并可以获得每个UAZ的控制要素构成并将其保存至UAZ1空间图层的属性表,结果形式见图4中的“UAZ1属性表”。UAZ1属性表记录了每个UAZ的控制要素构成,而“控制要素的控制导则表”记录了事先确定的每个控制要素的多方面控制导则,根据“UAZ1属性表”和“控制要素的控制导则表”,通过计算可以得到UAZ2的属性表^③,该属性表与UAZ图层的空间分布一并,即为最终的城市增长控制方案。具体算法参见公式2(见下页):

式中:

$$\begin{aligned}
 Y &= UAZ = NF = \{y_k | k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\} \\
 L &= \{l_i | i = 1, 2, 3\} = \{\text{'Layer1'}, \text{'Layer2'}, \text{'Layer3'}\} \\
 C &= \{c_j | j = 1, 2, 3, 4, 5, 6\} = \{(Z, H, U, A, T, I)\} \\
 \text{table}L &= \{e_{ij} | e_{ij} \in E, i = 1, 2, 3, j = 1, 2, 3, 4, 5, 6\} \\
 \text{table}UAZ1 &= Z = \{z_{ki} | z_{ki} \in L, y_k \in Y, l_i \in L, y_k \triangleleft l_i\} \\
 \text{table}UAZ2 &= \{r_{kj} | r_{kp} = \text{Max}(e_{ip}), p = 1, 2; r_{kq} = \text{Max}(\bigcup_i e_{iq}), q = 3, 4, 5; r_{kg} = \sum_i e_{ig}, z_{ki} \in Z, e_{ij} \in E\} \\
 R &= \{r_{kj}\}
 \end{aligned}$$

公式2

i:控制要素的ID

j:控制导则或规划控制指标的ID

k: UAZ的ID

◁: 空间包含于

E:所有控制要素的控制导则

R:控制规划方案

从公式2可以看出, 规划方案中的规划控制指标与控制要素的控制导则一一对应, 每个UAZ内的控制要素构成各不相同, 由其所包含的诸多控制要素的控制导则计算该UAZ的规划控制指标。每个规划控制指标的计算方法各不相同, 例如, 控制要素1(层)控制指数为30, 控制等级为绝对控制, 控制要素2(层)的控制指数为20, 控制等级为相对控制, 则对于构成为控制要素1(层)和控制要素2(层)的UAZ, 根据控制等级和控制指数可以得到新的规划控制指标, 如其控制指数可以另设为50m(之和), 而控制等级仍为绝对控制(较为严格的, 公式中用Max表示)。

3.3 输出规划方案

规划方案需要解释控制单元的空间分布及每个控制单元的规划控制指标等内容, 并且还需要引入地图要素。控制要素的复杂性和海量的控制单元难以在一个完整的图幅内进行方案表达, 因此在计算得到UAZ2及其属性表的基础上, 根据结果输出的需要, 可以对UAZ2的空间图层进行分幅(girding), 生成多个图幅(grid), 如可以根据行数 and 列数分幅, 或根据标准的地图比例尺(1:25000、1:10000和1:2000等), 以实现规划方案表达和输出的目的。在每个图幅内, 可以显示该图幅中的控制要素分布、UAZ分布、规划控制指标表等内容。

分幅示意参见图4中的“3 输出规划方案”, 基本方法是: 根据分幅类型的选择, 生成一个POLYGON图层, 记录不同图幅的空间分布, 其中每个多边形对象对应一个图幅的空间范围; 根据获取的图幅的空间范围, 设定每个图幅内的空间数据的输出范围, 并利用空间分析功能对每个图幅内的UAZ2对象进行筛选, 以用于其属性表即控制导则的输出; 增加标题、图例、指北针、比例尺、分幅索引图等地图辅助要素; 设置

打印方式和打印精度等参数, 通过打印机批量打印各图幅, 也可以输出为JPEG图片。

4 系统开发

UGC-PSS主要包括六个模块, 环境设置、数据显示、综合查询、控制单元生成、方案自动计算、方案自动输出模块等。其中控制单元生成、方案自动计算、方案自动输出是UGC-PSS的核心模块。UGC-PSS运行的过程中, 首先用户通过登录界面进入系统, 之后设置系统的运行环境, 加载相应的基础数据和控制要素, 并设置其显示效果。基本环境设置之后, 一方面用户可以进行空间和属性的查询, 对给定区域内的建设条件进行客观的分析, 另一方面可以利用控制单元生成模块, 基于控制要素生成控制单元, 进而计算相应的规划控制指标, 最后自动输出城市增长控制规划方案。具体的系统基本结构 and 应用流程如图5所示。

根据系统结构及应用流程, 基于ESRI ArcGIS Engine 9.0开发UGC-PSS。主程序采用Visual Basic 6.0进行开发, 考虑到计算效率, 方案自动计算模块采用Visual C++进行开发, 选用的数据库平台为基于Microsoft Access的ESRI Personal Geodatabase。系统主界面如图6所示, 主要由标题栏、菜单栏、工具栏、地图窗口、图层控制窗口、缩略图窗口和查询结果输出面板7个部分构成, 通过主界面, 可以实现数据浏览、查询等功能, 而系统的其他功能, 可以通过菜单栏进入。

特别地, 对于UGC-PSS的方案自动生成模块, 其界面如图7所示, 通过该界面可加载“方案自动计算模块”计算得到规划方案, 添加地图要素, 并设置相应的分幅方式, 实现规划方案的批量、自动生成。由于Engine组件不能很好地支持图幅的页面设置、批量输出, 因此用到了第三方报表开发组件ActiveReport2.0, 该组件主要用于制作基于数据库的各种报表, 提供强大的排版、动态查询, 并且报表数据可随时刷新, 也可将其制定成模板, 为其他用户调用, 设置简单, 维护方便。

5 系统应用

5.1 研究范围

在北京城市快速发展的进程中，城市无序蔓延的趋势并没有得到有效遏制，同时北京城市的空间增长受到诸多控制要素的制约。针对这一发展条件比较复杂的超大城市地区，北京市规划委员会开展了北京市城市增长控制规划，UGC-PSS起到了全程支持规划编制的作用。规划的空间范围为北京市域，总面积16410km²。

5.2 数据

UGC-PSS涉及的基础数据主要包括地形数据、边界数据和控制要素数据等，其中地形数据主要包括不同比例尺的地形图、1m分辨率航拍图、数字高程模型、现状道路、现状水系、土地

利用现状图、城市建设用地规划图等；边界数据主要包括各级行政区边界。地形数据和边界数据不参与系统的计算，主要作为基础底图用于规划方案的表达，并可辅助规划查询。控制要素数据是UGC-PSS的重要基础数据，在研究区域内，自然地形、资源保护、风险避让等方面对城市增长有控制作用的控制要素较多，如水源涵养、生物多样性保护、农地保护、洪水防治、地质灾害防治、陡坡地区、污染源防护等类别，共60项^④(对应于图4中的Layer图层)，名称及导则见表1(对应于图4中的“控制要素的控制导则表”)，各控制要素的空间分布参见《北京市限建区规划》的规划说明(北京市规划委员会,2007)。

5.3 北京案例

在北京市城市增长控制规划中，所开发的

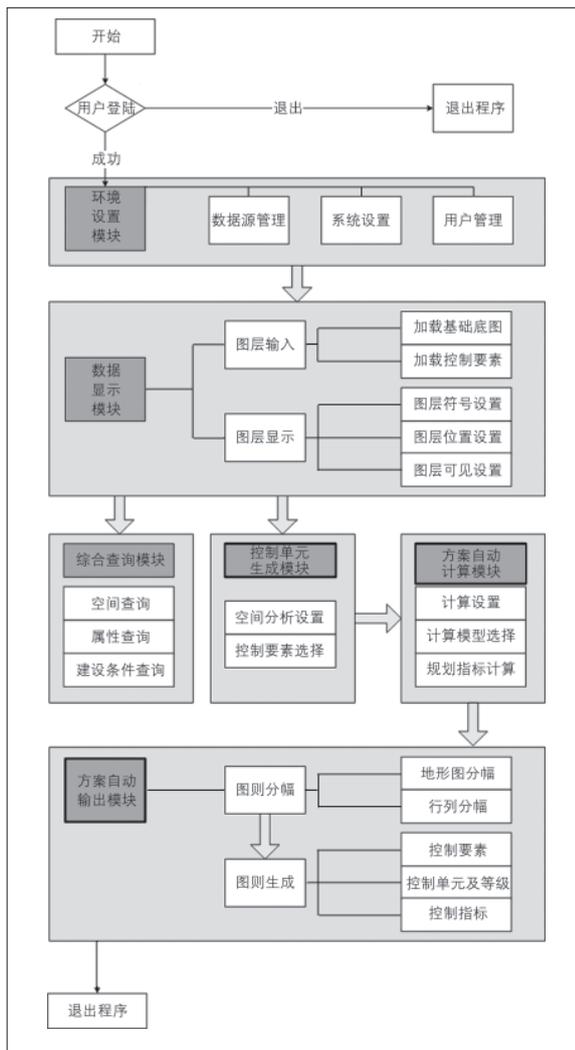


图5 UGC-PSS系统结构及应用流程
Fig.5 Framework and flow diagram of UGC-PSS

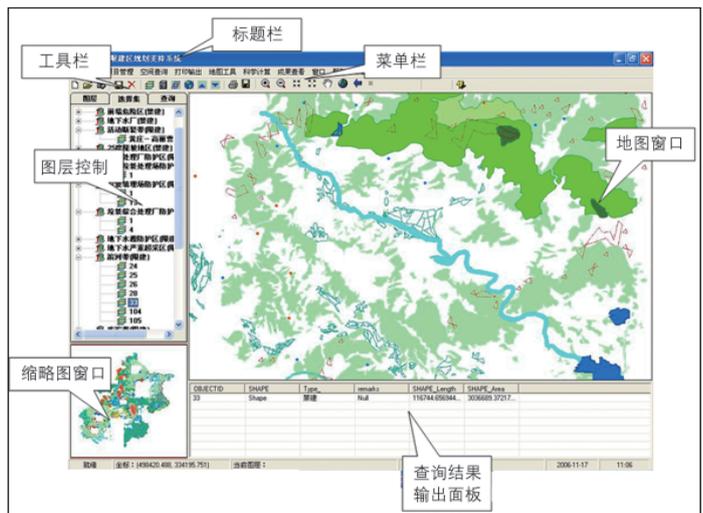


图6 UGC-PSS主界面
Fig.6 Main graphical user interface of UGC-PSS

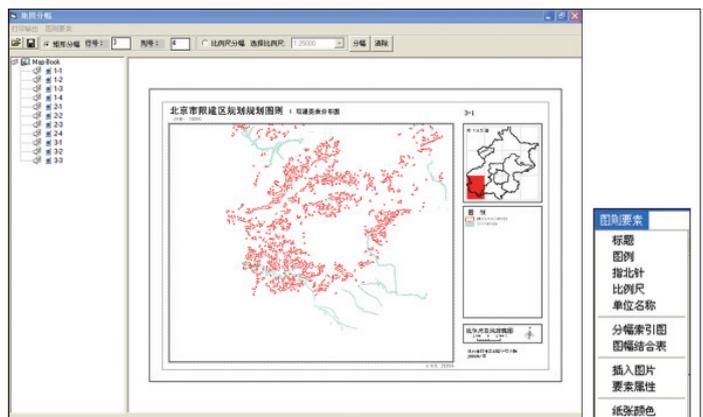


图7 UGC-PSS方案自动输出模块界面
Fig.7 Scheme output module interface

UGC-PSS一直起到支持规划编制的作用。最主要的,利用该系统可以实现制定规划方案和绘制规划图则的功能,这在实践工作中比较烦琐。基于控制要素生成相应的控制单元(图8),60项控制要素最终形成了近20万个控制单元。海量的控制单元如果直接输入UGC-PSS进行计算,则会导致计算时间的冗长,所以在应用中对控制单元图层进行了聚类分析,以控制单元内控制要素构成相同的原则^⑨,采用ArcGIS的DISSOLVE工具,搜索整个控制单元图层,最终将控制单元数目缩减到51126个,进而缩减后续方案计算的时间。

在生成控制单元图层的基础上,计算规划方案。控制单元的空间分布及相应的规划控制指标即为北京市城市增长控制规划的方案。规划方案计算生成之后,需要对规划方案进行表达并输出为图片或纸质图纸。规划方案的表达主要利用计算获得的控制单元空间分布(图8)及其规划控制指标表,结合基础底图数据,根据不同的表达目的进行方案输出。利用UGC-PSS可以对整个市域范围进行分幅处理,生成不同比例尺或任意行列分幅的规划图则,可以作为规划管理部门的重要工作参考。规划图则所表达的内容可以根据实际的工作需要进行较为灵活的调整,以1:25000地形图的分幅标准为例(北京市域内共213幅图幅),可以利用UGC-PSS输出的规划图则如图9和图10所示。在图9中列出了60项控制要素中在该图幅中所包括的控制要素,针对每一项控制要素,统一设置专门的渲染方式,并给出相应的图例,可以作为客观了解该区域城市增长控制基本情况的媒介;图10则系统地给出了控制单元的空间分布及相应的规划控制指标(即为各控制单元的NF描述),需要指出的是,如果某一页的控制单元数目过多,无法在一页内将其规划控制指标完全列出,UGC-PSS可以自动地进行多页输出。

UGC-PSS作为北京市城市增长控制规划的载体,已经应用于诸多城乡规划中,如北京市东部发展带协调规划、北京市西部发展带协调规划、中心城控制性详细规划、9个新城规划、12个镇域规划以及八达岭-十三陵风景名胜区规划等。该系统也应用于多个控制条件查询的案例,并将在后续的相关空间规划中有更为全面和深入的应用。通过UGC-PSS在实践中的应用,城市增长控制规划编制的效率大幅提高,可以节省90%以上的方案制定和表达的时间,同时其作为规划方案查询的平台,促进了规划本身的应用。

6 结论与讨论

本研究提出的城市增长控制规划支持系统UGC-PSS,提供了进行城市增长控制研究的平

表1 控制要素及其控制导则一览

Tab.1 Control factors and their control guidelines

编号	中文名称	Z	I	H(m)	U	A	T
L060012	规划风景名胜胜区	X	55	27		bcd	
L050001	洪水高风险区	X	10			d	
L060005	国家级自保区实验区	X	25			bc	
L020002	地表水源二级保护区	X	55			b	RCM
L010004	库滨带	X	55			abcd	
L010003	滨河带	X	100			abcd	RCM
L060011	县级风景名胜胜区	X	100	21		bcd	RCM
L060009	风景名胜胜区二级保护区	X	55	9		bcd	
L170007	南水北调管道防护区	X	10			d	
L170002	石油天然气管道二级区	X	10			d	
L180016	首都机场三类区	X	25				RM
L030003	地下水源地防护区	X	40		1	bc	
L150005	垃圾焚烧场防护区	X	40				RCM
L160002	广播电视发射控制区	X	85	120		cd	RCM
L160001	广播电视发射保护区	X	25			cd	
L030002	地下水源地补给区	X	40		1	bc	
L040002	地下水严重超采区	X	40			c	RM
L150003	垃圾堆肥场防护区	X	40				RCM
L150006	粪便处理厂防护区	X	40				RCM
L060006	县级自然保护区	X	55			bc	RM
L060010	风景名胜胜区三级保护区	X	85	18		bcd	RM
L100004	历史文化保护区	X	10	15			
L180006	轻轨噪声二级区	X	25				RC
L180008	城市道路噪声二级区	X	25				RC
L090007	山前生态保护区	X	40			bc	R
L100002	长城三千米保护区	X	10	9			
L020003	地表水源三级保护区	X	25			bc	
L100003	地下文物埋藏区	X	10	15			
L060003	森林公园	X	40	21		bc	
L120004	平原区工程地质较差区	X	55	45			RCM
L070004	二隔现有和规划林地	X	25				RC
L080003	一般耕地	X	40			c	RC
L080002	一般农地	X	70	9	1	bcd	
L070002	中心城一隔规划范围	X	10	18			
L060002	一般生态公益林地	X	55			cd	RM
L140008	地裂缝两侧100至500m	X	25				RM
L060008	风景名胜胜区一级保护区	J					
L050004	中心城蓄滞洪区	J					
L060013	国家级自保区核心区	J					
L060004	国家级自保区缓冲区	J					
L050006	分洪口门	J					
L020001	地表水源一级保护区	J					
L100006	文物保护单位范围	J					
L090006	25°陡坡地区	J					
L070008	楔形绿地绿色空间	J					
L100001	长城五百米保护带	J					
L080001	基本农田	J					
L070006	城市绿线	J					
L070001	一隔钉桩绿地	J					
L170004	110KV输电线路防护区	J					
L060007	风景名胜胜区特级保护区	J					
L010002	库塘型湿地	J					
L010001	河流型湿地	J					
L170001	石油天然气管道一级区	J					
L170005	220KV输电线路防护区	J					
L170006	500KV输电线路防护区	J					
L160003	110KV变电站防护区	J					
L160004	220KV变电站防护区	J					
L160005	500KV变电站防护区	J					
L060001	重点生态公益林地	J					

注:表中代码的意义参见“2 城市增长控制规划”的控制导则部分。

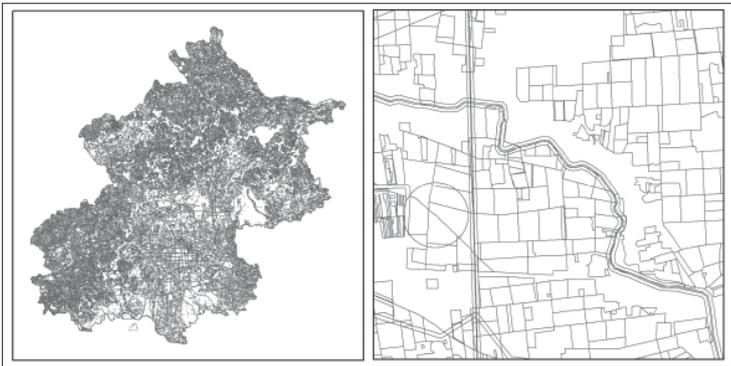


图8 北京市域控制单元空间分布(左)及其局部放大示意(右)
Fig.8 Control units' spatial distribution of Beijing metropolitan area (left) and a magnified part (right)

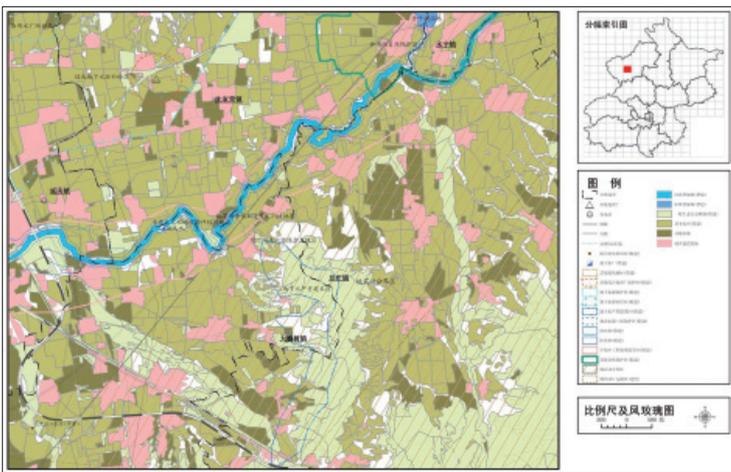


图9 某图幅控制要素分布
Fig.9 Control factors' spatial distribution of a grid

台,可以在一个框架下对众多的控制要素进行综合考虑,方便地进行规划控制方案的自动计算和输出,适用于解决城市增长控制这一复杂问题,对提高工作效率、改善规划的科学性都有很大的促进作用。

在UGC-PSS中,考虑了60个控制要素,构建了一套相对完善的控制要素体系,但由于研究经历及数据支持有限,还有部分控制要素没有列入该应用的控制要素体系,如军用控制要素、市域文物类要素、环境容量、资源承载力等,需要进一步完善控制要素体系,以更全面、客观地反映对城市增长的控制。本研究提出的“负城市形态”,可以用于城市增长的分析与模拟,作为模拟的约束条件,下一步力争细化控制地下开发导则,并增加控制建设容积率、控制建设密度等控制导则内容,以丰富负城市形态的研究。同时,目前笔者拟将UGC-PSS升级为基于WebGIS的规划支持系统,以使得更多的终端用户可以更方便地利用该系统,也将为公众参与城市增长控制规划提供技术基础。

UGC-PSS中用于UAZ的导则计算和方案自动生成方法,不仅适用于城市增长控制方面的研究,还可在增加相应城市增长的促进因素(如制度性因素、交通可达性因素、现状建设情况等)的基础上,对城市的空间增长进行综合研究,作为城市增长的研究平台[Long等(2009)和龙瀛等(2008)是初步尝试],甚至可以将该系统应用于其他涉及多因素影响的地理分析和地理计算领域,如水土流失分析,选址分析等。更为深入地,也可以将元胞自动机(cellular automata, CA)引入UGC-PSS,将每个UAZ作为一个非规则多边形元胞(irregular cellular automata),结合复杂适应系统模拟(complex adaptive system, CAS)的理念,将水平控制过程引入城市增长控制研究,以模拟更为真实的城市增长控制方案。

注释(Notes)

- 1 控制指数的计算在本阶段比较简单, H如果为非空, 则I加1, U指标同H, 再加上A和T的内容(如ab为2, RCM为3)个数, 即为I, 最后将其数值归一化为10~100之间的数值。
- 2 UAZ内所考虑的所有空间因素都相同, 例如, 对于一个UAZ内的任意点, 都具有相同的坡度, 同属于一个自然保护区。
- 3 实际上UAZ1和UAZ2的空间分布相同, 区别在于属性表的字段结构和内容。
- 4 控制要素的分层原则是, 在一项控制要素内任意区域的控制导则都相同, 如果局部不同, 则应该再细分为若干个控制要素。
- 5 不考虑在空间上是否邻近。

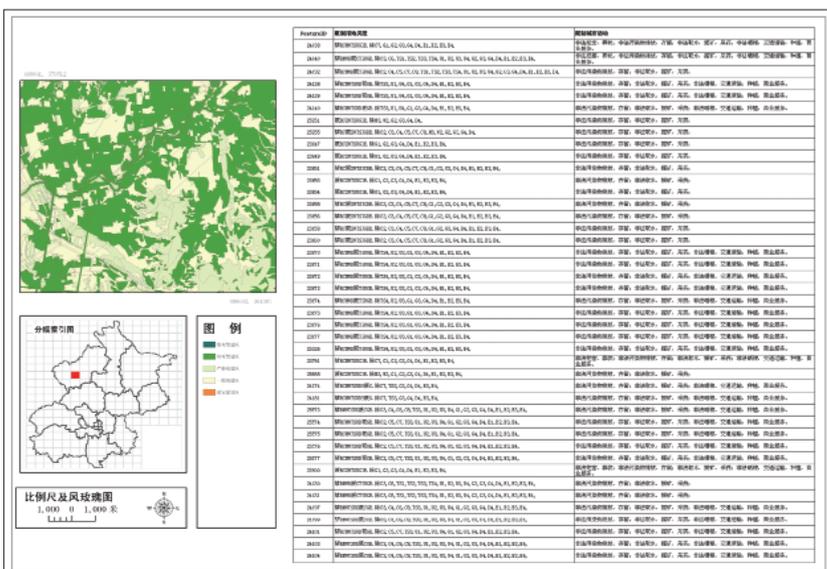


图10 某图幅控制单元分布图及其规划控制指标表(首页)
Fig.10 Control unit map and control indicator table

参考文献(References)

- 1 A Anas, H Rhee. When are Urban Growth Boundaries not Second-best Policies to Congestion Tolls?[J]. *Journal of Urban Economics*, 2006(8): 263-286.
- 2 K Brail R, E Klosterman R. *Planning Support Systems: Integrating Geographic Information Systems, Models and Visualization Tools*[M]. California: ESRI Press, 2001.
- 3 R Burchell. *Cost of Sprawl Revisited*[M]. New York: Rutgers, 1998.
- 4 J Carver S. Integrating Multi-criteria Evaluation with Geographical Information Systems[J]. *International Journal of Geographical Information Systems*, 1991, 5(3): 321-339.
- 5 T Diamond J, R Wright J. Design of an Integrated Spatial Information System for Multiobjective Land-use Planning[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1988, 15(2): 205-214.
- 6 M Echenique. Forecasting the Sustainability of Alternative Plans[M]// In Mike Jenks and Nicola Dempsey. *Future Forms and Design for Sustainable Cities*. London and New York: Elsevier, 2005.
- 7 S Geertman, J Stillwell. Planning Support Systems an Inventory of Current Practice [J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2004 (28): 291-310.
- 8 He Y. Planning in Restraints of Beijing Urban Non Built-up Space[C]//Proceedings of 44th ISOCARP Congress, Dalian, China, 2008.
- 9 E Klosterman R, E Richard. Planning Support Systems: A New Perspective on Computer-aided Planning [J]. *Journal of Planning Education and Research*, 1997, 17(1).
- 10 E Klosterman R. The What if? Collaborative Planning Support System[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1999, 26(3): 393-408.
- 11 D Landis L. The California Urban Future Model: a New Generation of Metropolitan Simulation Models[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 1994, 21(4): 399-420.
- 12 D Landis L. Imaging Land Use Futures: Applying the California Urban Future Model[J]. *Journal of American Planning Association*, 1995, 61(4): 438-457.
- 13 Long Y, Mao Q, Dang A. Beijing Urban Development Model: Urban Growth Analysis and Simulation [J]. *Tsinghua Science and Technology*, 2009, 14(6), 787-794.
- 14 L McHarg I. *Design with Nature*[M]. Wiley, New York, 1969.
- 15 C Nelson A, J Dawkins C. Unpublished Survey of US Metropolitan Planning Organizations[R], 1999.
- 16 C Nelson A, J Dawkins C. *Urban Containment in the United States: History, Models and Techniques for Regional and Metropolitan Growth Management*[R]. Chicago, IL, American Planning Association, 2004.
- 17 C Nelson A, B Duncan J. *Growth Management Principles and Practices*[R]. Chicago, IL; Washington D.C.: Planners Press; American Planning Association, 1995.
- 18 J Pendall R, J Martin, W Fulton. *Holding the Line: Urban Containment in the United States*[R]. Washington, D C, Brookings Institution Center on Urban and Metropolitan Policy, 2002.
- 19 J Stillwell. *Planning Support Systems in Practice (Advances in Spatial Science)* [M]. Springer, 2002.
- 20 Z Sui D. Integrating Neural Networks with GIS for Spatial Decision Making[J]. *Operational Geographer*, 1993, 11(2): 13-20.
- 21 C Thill J. *Multicriteria Decision-making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach*[M]. Ashgate, New York, 1999.
- 22 北京市规划委员会. 北京市限建区规划[R]. (内部报告), 2007.
- 23 黄隆建. 深圳市组团绿化隔离带的建设 [J]. *中国园林*, 2001(4): 62-63.
- 24 龙瀛. *规划支持系统原理与应用*[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- 25 龙瀛, 何永, 刘欣, 等. 北京市限建区规划: 制定城市扩展的边界[J]. *城市规划*, 2006, 30(12): 20-26.
- 26 龙瀛, 毛其智. 城市规划支持系统的定义、目标和框架[J]. *清华学报*, 2010, 50(3): 335-337.
- 27 龙瀛, 沈振江, 杜立群, 等. 综合约束CA城市模型: 规划控制约束及城市增长模拟[J]. *城市规划学刊*, 2008(6): 83-91.
- 28 徐波, 郭竹梅, 钟继涛. 北京城市环境建设的新课题——北京市绿化隔离地区绿地总体规划研究[J]. *中国园林*, 2001, 17(4): 67-69.