

# 城市模型及其规划设计响应

Applied Urban Models and Their Applications in Urban Planning & Design

龙 瀛



北京城市实验室  
Beijing City Lab

合作者包括杜立群、韩昊英、赖世刚、刘伦、刘行健、毛其智、沈尧、沈振江、王江浩、吴康、杨东峰、张俊杰和赵怡婷等

# 城市模型及其规划设计响应

## 1 城市模型与规划支持系统

### 1.1 规划支持系统在城市规划中的应用探索

1.2 多尺度的北京城市空间发展模型

1.3 规划师主体模型：一项低碳城市形态规划支持的工具

1.4 囊括方法、软件和模型的规划支持系统框架体系

1.5 面向空间规划的微观模拟

## 2 大模型与定量城市研究

2.1 大模型及中国应用案例

2.2 基于OpenStreetMap和兴趣点数据的地块特征自动识别

2.3 地块尺度中国所有城市的空间扩张模拟

2.4 中国PM<sub>2.5</sub>的人口暴露评估

2.5 利用北京公共交通刷卡数据的若干定量城市研究

2.6 当前定量城市研究的四项变革

## 3 规划设计响应

3.1 数据增强设计：新数据环境下的规划设计回应与改变

3.2 街道城市主义

3.3 城市规划实施评价：针对中国城市的分析框架

3.4 基于人类活动和移动数据的城市增长边界实施评价

3.5 中国收缩城市及其研究框架

3.6 历史上的北京规划



# Applied Urban Models and Their Applications in Urban Planning & Design

## 1 Urban Models and Planning Support Systems

### 1.1 Planning support systems in urban planning

- 1.2 Beijing urban spatial development model families
- 1.3 Planner Agents: A toolkit for support planning a low carbon urban form
- 1.4 An applied planning support toolkit including quantitative methods, software and models in China
- 1.5 Urban micro-simulation for spatial planning

## 2 Big Models and Quantitative Urban Studies

- 2.1 Big models: Several fine-scale urban studies for the whole China
- 2.2 Automated identification and characterization of parcels (AICP) with OpenStreetMap and points of interest
- 2.3 Simulating urban expansion at the parcel level for all Chinese cities
- 2.4 Estimating population exposure to PM<sub>2.5</sub> in China
- 2.5 Bus landscapes: Analyzing commuting pattern using bus/metro smartcard data in Beijing
- 2.6 Four changes on quantitative urban studies in the big data era

## 3 Applications in Urban Planning & Design

- 3.1 Data augmented design (DAD): Planning & design in new data environment
- 3.2 Street urbanism
- 3.3 Evaluation of urban planning implementation: An analytical framework for Chinese cities and case study of Beijing
- 3.4 Evaluating the effectiveness of urban growth boundaries with human mobility data
- 3.5 Shrinking cities in China and the research agenda
- 3.6 Historical city plans in Beijing



# 交流大纲

1. 规划支持系统发展概述
2. 国内外研究进展与案例
3. 北规院应用分析与实践
4. 规划支持系统框架体系
5. 结论与展望

## **PART1: 规划支持系统发展概述**

- **Planning Support Systems:  
A review**

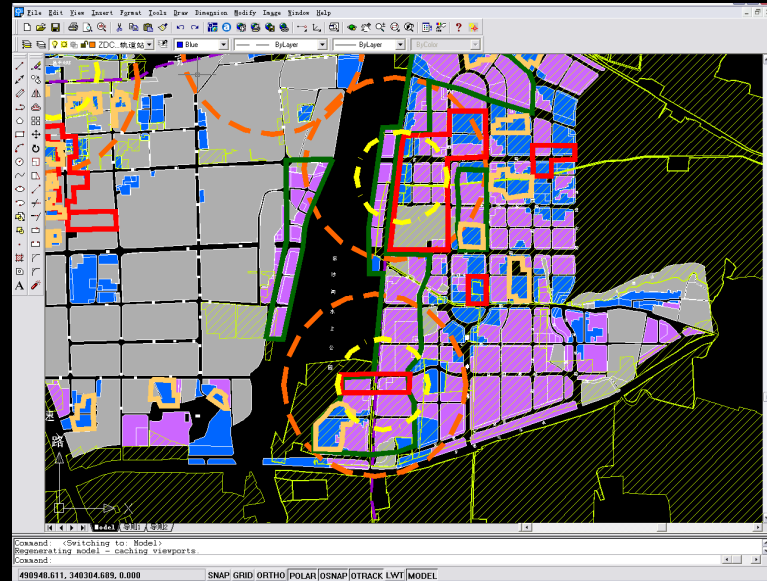
# 城市规划的特征

- 空间性
- 综合性
- 复杂性

经验归纳法 形象思维法 .....

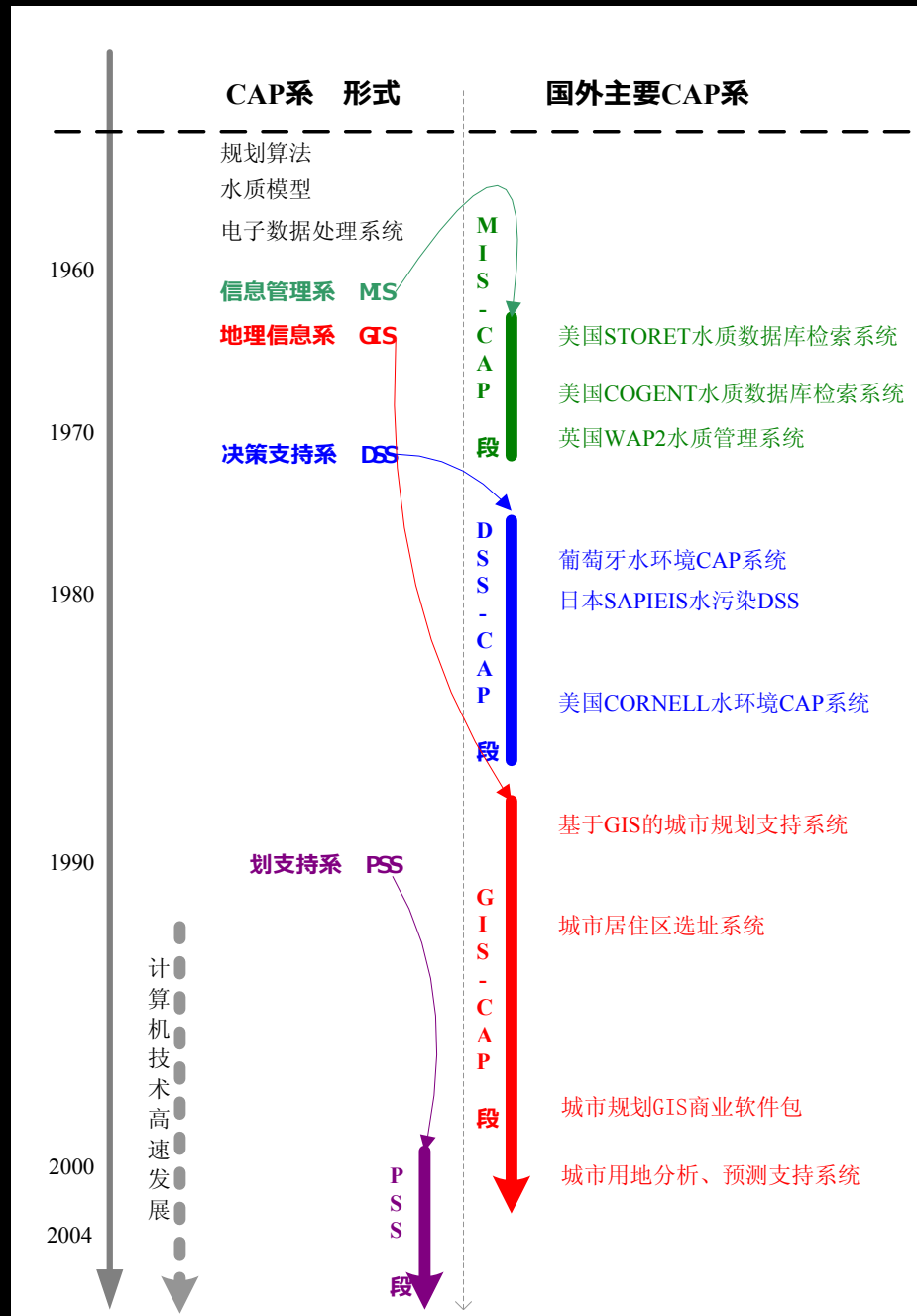
1 定性研究较多，定量研究尚有较大空间

2 现代规划理论的应用尚待提高



# 计算机辅助规划技术的发展

- “计算机辅助规划（Computer Aided Planning, CAP）”的具体技术内涵是结合相关的规划理论，引入各种计算机软硬件技术，来推进规划工作的完成，在整个规划过程中，CAP系统一直担任着规划数据的存储、管理、计算、查询和表达等功能。



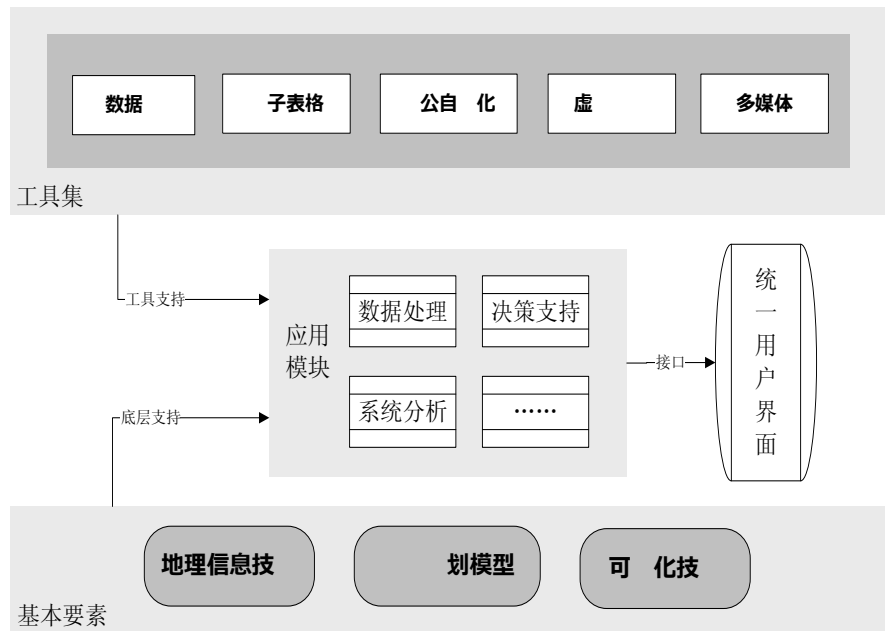
# 系统沿革

- 计算机辅助规划系统：
  - 信息管理系统 (Management Information System, MIS)
  - 计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)
  - 决策支持系统 (Decision Support System, DSS)
  - 地理信息系统 (Geographic Information System, GIS)
  - 空间决策支持系统 (Spatial DSS, SDSS)
  - 规划支持系统 (PLANNING SUPPORT SYSTEM, PSS)



# 规划支持系统沿革及结构

PSS系统基本结构



时间	PSS名称	代表性人物	
1990	提出PSS的概念		
1995	CUF/CUF-2	Landis, 1994&1998	
	SimLand	Wu, 1998	
	What If?	Klosterman, 1999	
2000	WadBos	Engelen, 2000	
	INDEX	Allen, 2001	
	UrbanSim	Waddell, 2002	
	SPARTACUS	Lautso, 2002	
	SketchGIS	Geertman, 2002	
	KBPSS	Yeh and Miao, 2004	
2005	GB-QUEST	Carmichael et al, 2004	
	限建区PSS	Long et al, 2007	北规院 多项 实践
	GeoSOS	Li and Liu, 2008	
	BUDEM	Long et al, 2009	
2010	BUDEM-2	Long et al, 2013	
	PSS框架体系	Huang and Long, 2013	

PSS 高速发展阶段

北规院  
多项  
实践

## 规划支持系统 定义

- **Harris、Batty**等人认为，规划支持系统不应该被认为是封闭的由众多能够接收原始数据并自动生成规划方案的计算机模型构成的系统，它应该是提供了一套实现规划师、公众、政府之间交互的规划信息框架，包含一系列与现实世界相关的结构性的可利用的而不是原始数据，同时还包括一整套软件工具用于分析、预测、制定决策。它还应该支持各方之间的信息交互，并能动态、快速地产生新的规划方案。
- **Stillwell（2002）**认为规划支持系统是**基于地理信息技术的由规划理论、信息、方法、工具等构成的，用于各尺度公共或个人规划任务的专业工具集**。可以说，每一个规划支持系统都包括规划师用来分析和**管理特定规划事务的一套特定组件**，这些组件可以是数据集、计算机算法，也可以是可视化组件、规划理论、规划模型等。规划支持系统通过交换信息用于支持规划过程，也可以辅助规划方案的生成。

## Klosterman (1997)

- 规划支持系统类似于决策支持系统，**主要用于提供交互式的、集成式的、参与式的方式来处理非常务性、非结构性的规划问题；**
- **更应关注长期的战略性的问题**，而不像**DSS**那样用于个人或个体组织处理短期的政策制定问题；
- 并不是一个可以替换目前规划师所采用的软件工具的全新的计算机辅助规划技术，而应该**是一个集成了有利于规划开展的信息技术框架；**
- 它不应该是某一种或某一类技术，而应该是采用所有适合特定规划目的一系列工具；
- 任何一个复杂的**PSS**都应该采用一整套适用不同功能的信息技术平台；
- 总体上更应该是一套松散集成在一起的工具集，其中每个工具在规划过程中实现特定的功能，总体上构成了一套信息技术框架。

## 对PSS的认识

- 规划支持系统是一系列计算机软件工具的集合，它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；
- 规划支持系统并不是传统的计算机信息技术在城市规划领域的简单应用，而是将城市规划自身的基础理论以专业规划模型的形式，溶入到最为先进的信息技术中，相比信息技术在城市规划中的简单应用，这种模式赋予信息技术以灵魂，能够保证规划理论和知识通过信息技术得到更有效的应用，提高规划编制的效率，并通过先进的可视化技术进行规划成果的最终表达；
- 模型依托、动态性、交互式是规划支持系统的基本特征。

## **PART2: 国内外研究进展**

- **Literature review**

# 国际上典型的PSS

论文	名称	核心方法
Landis, 1994; Landis and Zhang, 1998ab	CUF/CUF-2	Rule-based land suitability analysis
Clark et al, 1997	SLEUTH	Cellular automata
Wu, 1998	SimLand	Cellular automata, AHP
Shi and Yeh, 1999	N/A	Case-based reasoning
Klosterman, 1999	<i>What if?</i>	Rule-based land suitability analysis
Allen, 2001	INDEX	Rule-based land suitability analysis
Waddell, 2002	UrbanSim	Microsimulation, Discrete choice models
Lautso, 2002	SPARTACUS (based on MEPLAN)	Input-output model, discrete choice models
Yeh and Qiao, 2004	KBPSS	Knowledge-based reasoning
Carmichael et al, 2004	GB-QUEST	Rule-based land suitability analysis
Placeways, LLC	CommunityViz	Rule-based land suitability analysis
Li and Liu, 2008	N/A	Cellular automata, multi-agent
Long et al, 2009	BUDEM	Cellular automata, logistic regression

## 国内PSS的探索

刘锴(2003)首次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；  
龙瀛和毛其智(2010)对规划支持系统的框架体系也进行了初步梳理；  
李渊(2010)对规划支持系统的现状和未来进行了深入的思考分析；  
李善颖和詹庆明(2011)提出了基于UPlan的规划支持系统；  
龙瀛等(2010)和Long等(2011)建立了北京市限建区规划的支持系统。

## 小结

- 近几年，**PSS**的概念由国外引入国内，在学术领域有升温的趋势
  - **Brail and Klosterman 2001;**
  - **Geertman and Stillwell 2003;**
  - 叶嘉安等, 2006;
  - 龙瀛等, 2007;
  - **Brail 2008;**
  - **Geertman and Stillwell 2009**
- **PSS**在空间规划、环境改善规划、工业区选址、限建区规划、土地使用规划等多种类型的规划中进行了应用；
- 已有**PSS**相关研究多侧重于单个规划支持系统的建立方法和应用案例，对于全面归纳规划编制和评估所涉及的技术方法研究较为缺乏；



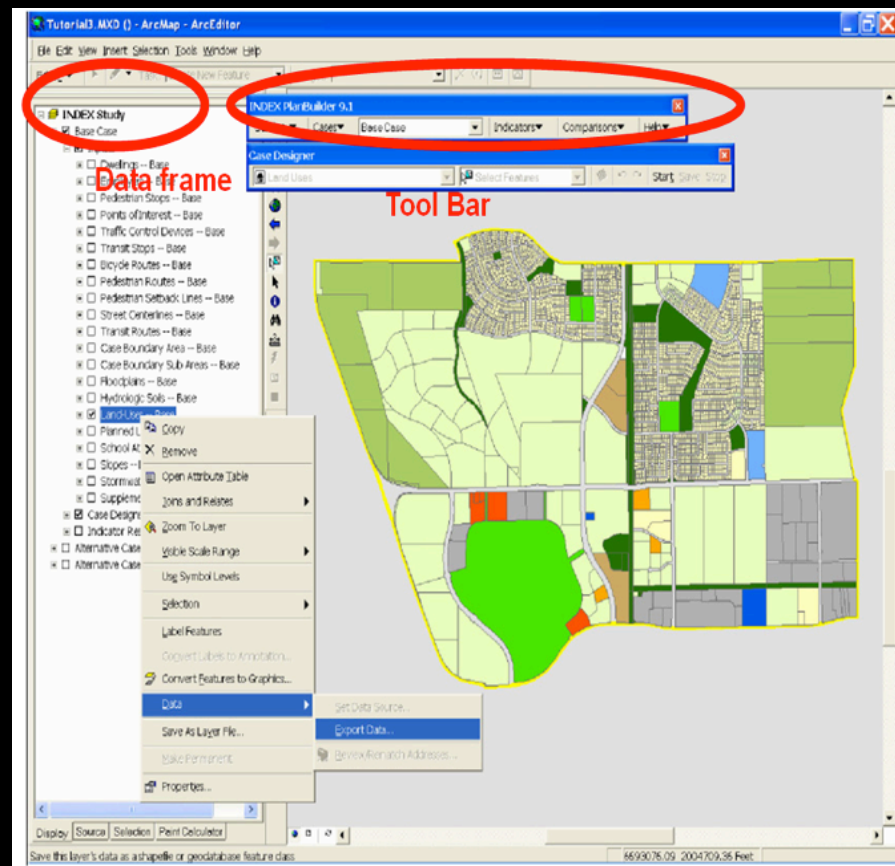


## 国际典型系统

- International PSSs

# INDEX——系统简介

- INDEX是目前美国使用最广泛的商业性分布式规划支持系统之一。该系统由ESRI公司于1994年开发完成，开发平台是ArcGIS 9.0和ArcIMS。目前有面向不同领域客户的三个版本，分别是绘图版（Paint the Region）、规划设计版（PlanBuilder）以及定制版（Client-specific custom versions），主要用于土地利用规划、交通运输规划、建筑设计、环境规划等领域，此外，在水资源规划、能源利用规划、公共财政规划、非点源污染控制规划、洪涝灾害防治规划等方面也有应用。



## 应用案例1

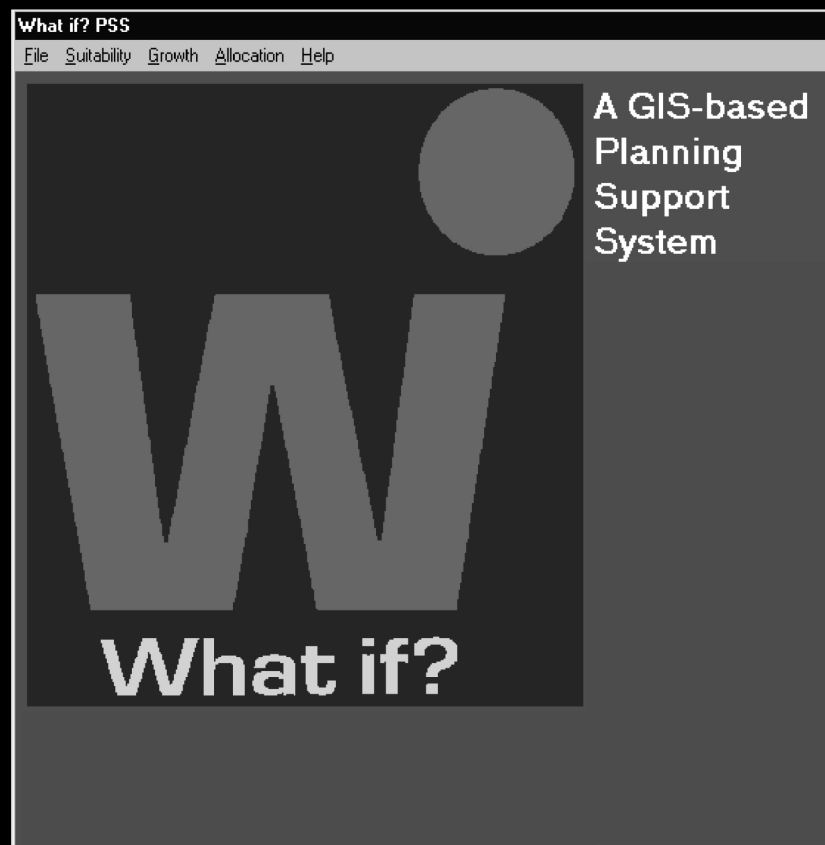
- 2006年3月APH杂志上刊登了N.E.伊利诺斯州区域规划获年度最佳规划的消息，该规划所应用的就是INDEX系统；佛罗里达州的Indian River郡、马萨诸塞州的South Weymouth郡等都在其城市规划中采用INDEX作为规划支持系统。
- INDEX的数字化研讨设计工具决定了其广泛的社区和市民参与性，甚至孩子们都可以参与城市的规划设计。在2004年11月13日举行的社区规划节上，美国俄勒冈州波特兰市的500个儿童和青少年应用INDEX，通过触摸屏的方式，参与了14个街区的规划活动，孩子们不仅了解了他们的城市，而且在专家的指导下，通过INDEX很快就能参与社区规划规划方案的选择，为他们所居住的社区贡献意见。在美国第四届理性增长会议上，INDEX被作为一种专家研讨工具参与到城市的理性增长讨论中。

## 应用案例2

- **INDEX**还可以被应用于除社区规划和城市规划以外的其他很多领域，加利福尼亚州的城市**Chula Vista**为减少**CO2**的排放量，就曾应用**INDEX**软件对专家所提出的发展建议进行评估，作为制定更合理发展计划的有利向导，并取得了很好的效果。
- **INDEX**在国内还处于起步阶段。**2004年**，北京市城市规划设计研究院与林肯土地政策研究院及马里兰大学理性增长国家研究中心合作，首次将**INDEX**系统作为计量分析支持技术引入《北京城市总体规划**2004—2020年**》中，辅助确定城市空间布局。

## WHAT IF?——系统简介

- “WHAT IF?”是美国Richard E. Klosterman教授与ESRI公司联合开发的商业化的交互式规划支持系统，该系统主要是在ESRI公司MapObject组件的基础上用VB语言编写而成的，并在开发过程中吸取了其他诸多系统的规划思想，其主要应用于土地利用规划、城市规划等领域，此外，在财政、运输、环境等部门也有应用。

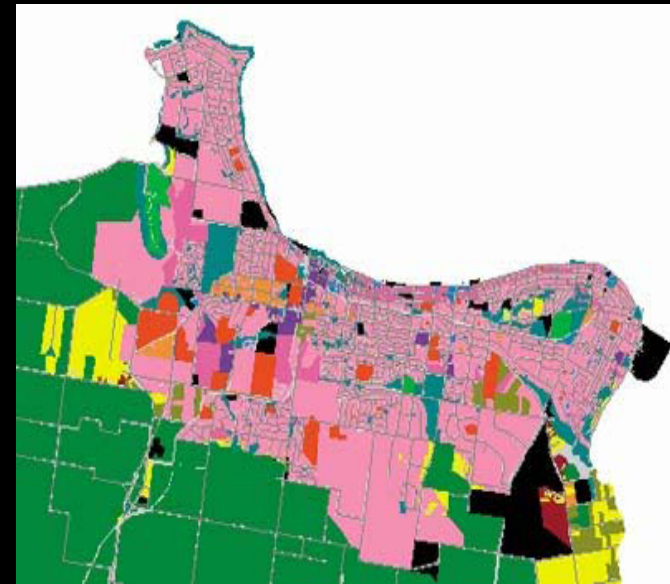
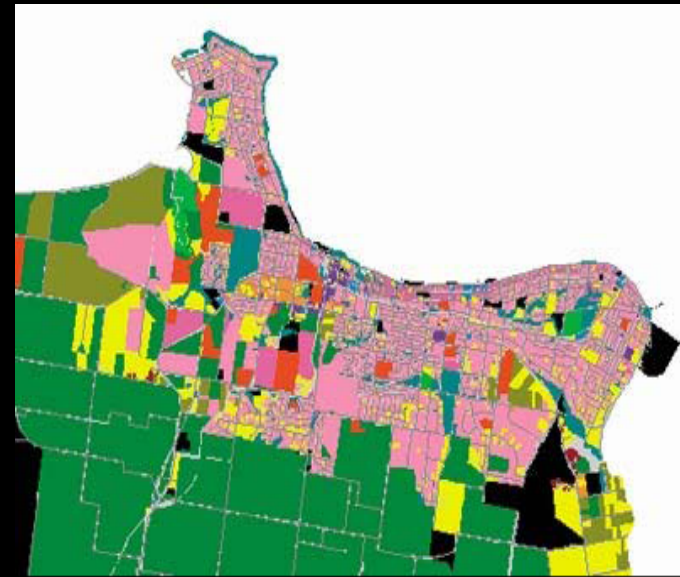


## 模块设置

- **土地适宜性评价模块**（Determining Land Use Suitability）：  
确定土地适宜性要素及要素的权重和等级，给出土地适宜性空间分布图；
- **土地利用需求分析模块**（Projecting Land Use Demands）：  
分别从住宅、工业、商业、生态保护地等几方面计算土地的需求情况，根据不同分析因子的计算，得出不同用地类型的供给和需求结果；
- **土地利用需求分配模块**（Allocating Projected Land Use Demands）：  
在土地利用需求分析的基础上，对不同类型土地根据一定的标准进行空间分配，并通过设置优先级的方式优先满足某种土地类型的需求，得出相应的分配方案。

## 应用实例

- 在国内外规划实践中，“WHAT IF?”已经有了一定的应用，较为成功的应用有美国俄亥俄州Medina县的农田保护政策评估、澳大利亚Hervey湾土地使用规划等。
- 右图为两幅由“WHAT IF?”生成的土地利用图，分别表示两种不同的假设方案，左图为未受土地利用规划控制的假设方案，在这种假设场景下，橙色所表示的居民区分散于整个区域，显得杂乱无章。右图为经过土地利用控制的假设方案，在这种假设场景下，密集分布的居民区显然比前一场景合理，黄色所表示的未利用土地和绿色所表示的城市边缘绿地也有较优化的配置。



## **PART3: 北规院应用分析与实践**

- **BICP practices**

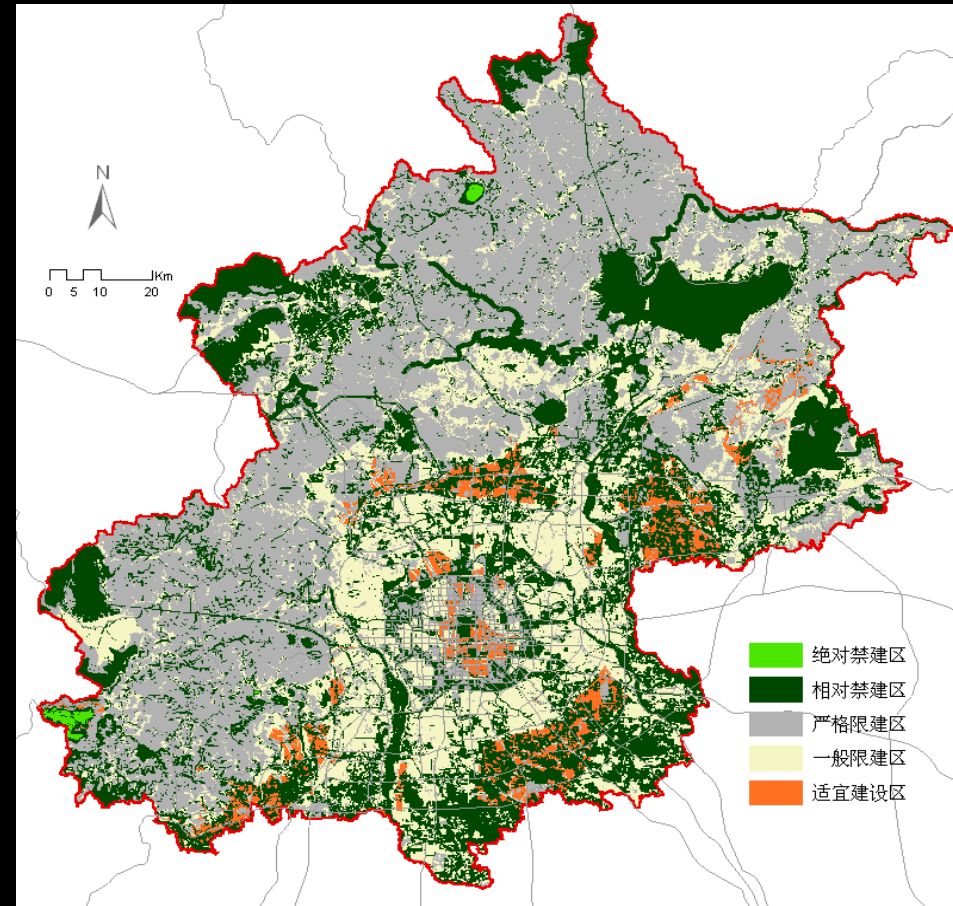


# 典型案例分析

1. 限建区规划
2. **BUDEM**模型
3. 低碳城市规划模型
4. 城市交通承载力分析评估
5. 公交刷卡数据挖掘模型

# 应用案例1：限建区规划支持系统

- 研究背景：为了在规划层面解决城市空间发展与生态限制性条件的冲突，保护生态资源，控制非建设用地向建设用地的演变，开展北京市限建区规划，限建要素数量繁多，空间分布各异，需要建立PSS支持规划。
- 建设目标：整合110个限建要素，生成基本规划单元，并支撑方案的自动生成和可视化表达。



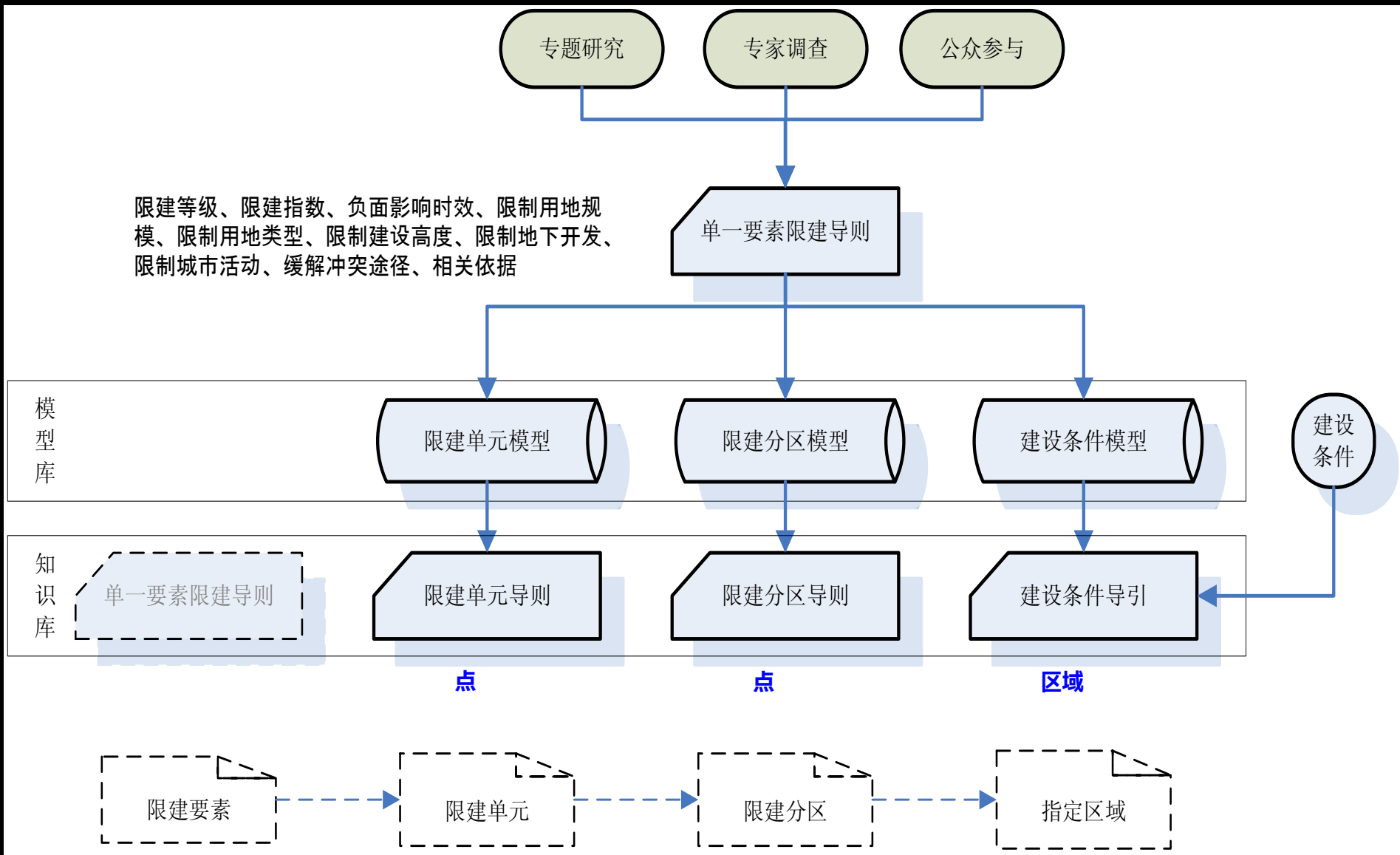
# 水 绿 文 地 环

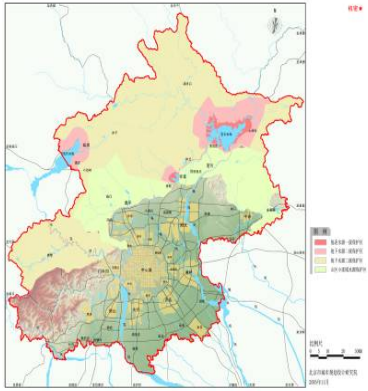
序号	限建要素大类
1	河湖湿地
2	水源保护
3	地下水超采
4	超标洪水风险
5	绿化保护
6	城镇绿化隔离
7	农地保护
8	文物保护
9	地质遗迹保护
10	平原区工程地质条件
11	地震风险
12	水土流失与地质灾害防治
13	污染物集中处理处置设施防护
14	电磁辐射设施（民用）防护
15	市政基础设施防护
16	噪声污染防治

## 限建要素

- 资源类
  - » 一 生态环境敏感区保护
- 风险类
  - » 一 灾害避让或危险源、污染源防护

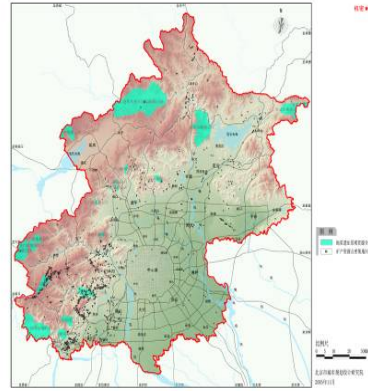






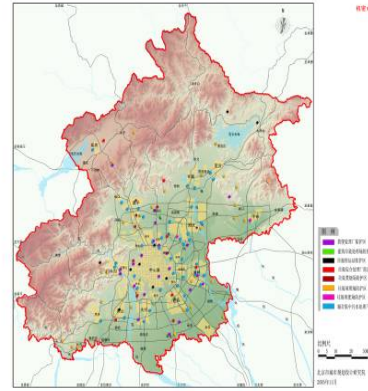
北京市总体规划

地表水源保护



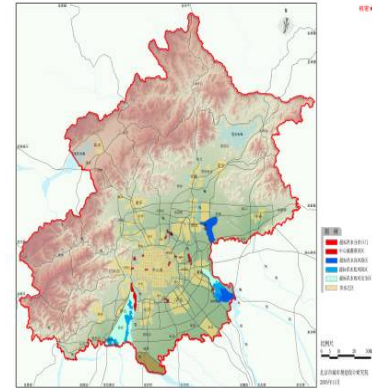
北京市总体规划

地质遗迹景观资源分区及矿产资源分布



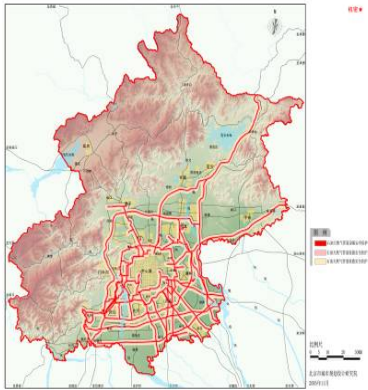
北京市总体规划

污染物集中处理处置设施防护区



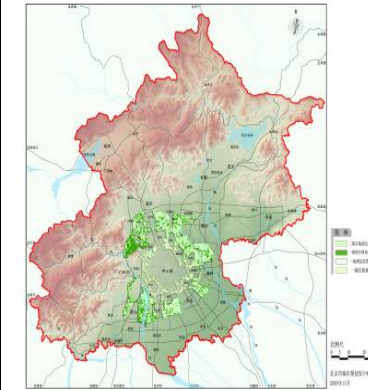
北京市总体规划

防洪调蓄



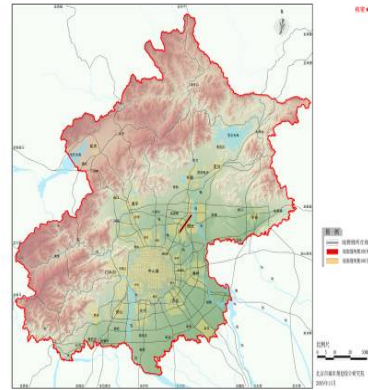
北京市总体规划

石油天然气管道设施安全防护区



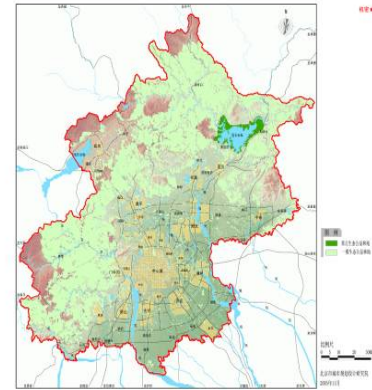
北京市总体规划

绿化隔离地区



北京市总体规划

地震危险区



北京市总体规划

生态公益林地



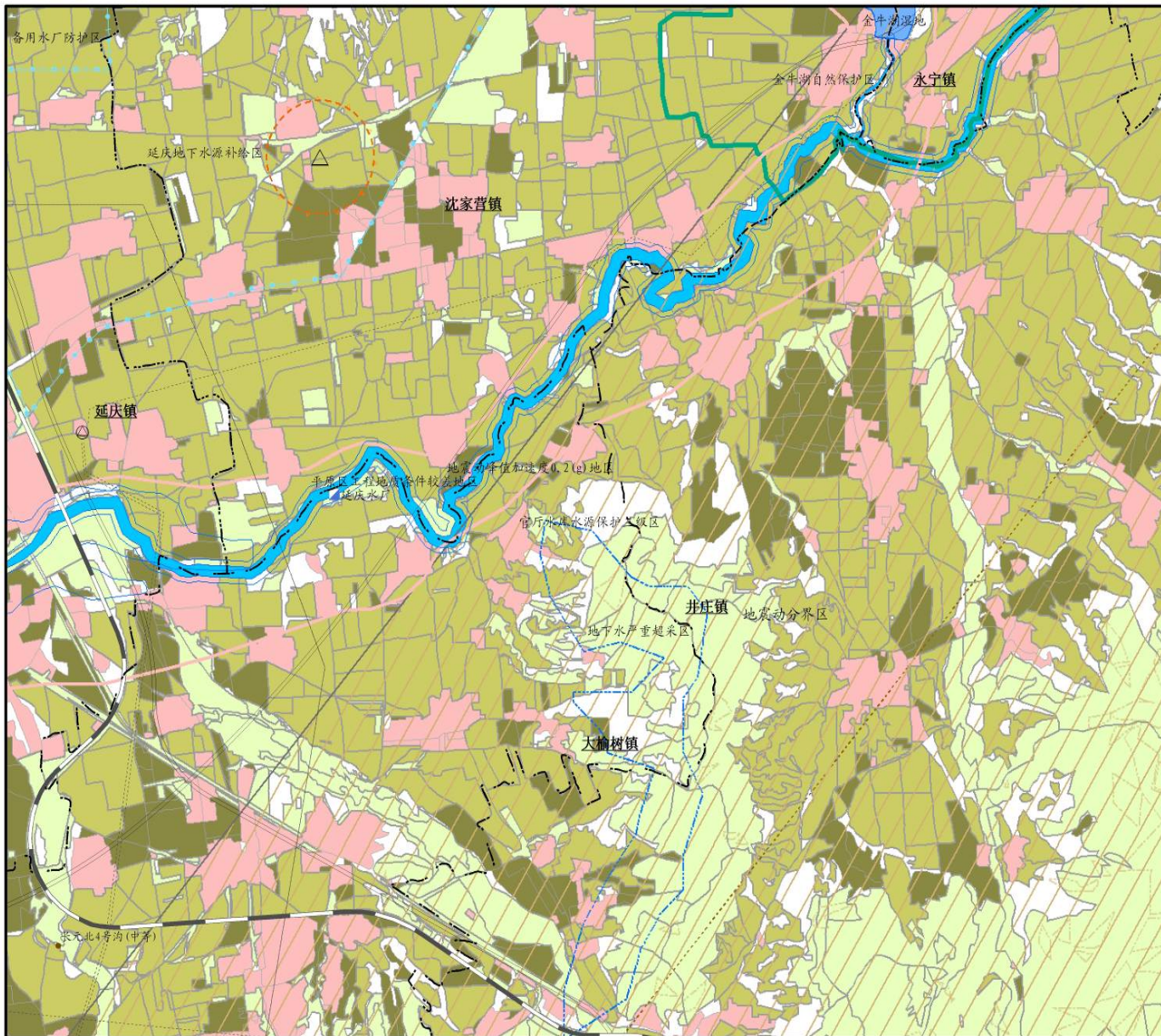
PSS in Urban Planning



# 北京市限建区规划规划图则 2 限建要素分布图

469841, 370512

K125c1



北京市城市规划设计研究院  
2006年10月



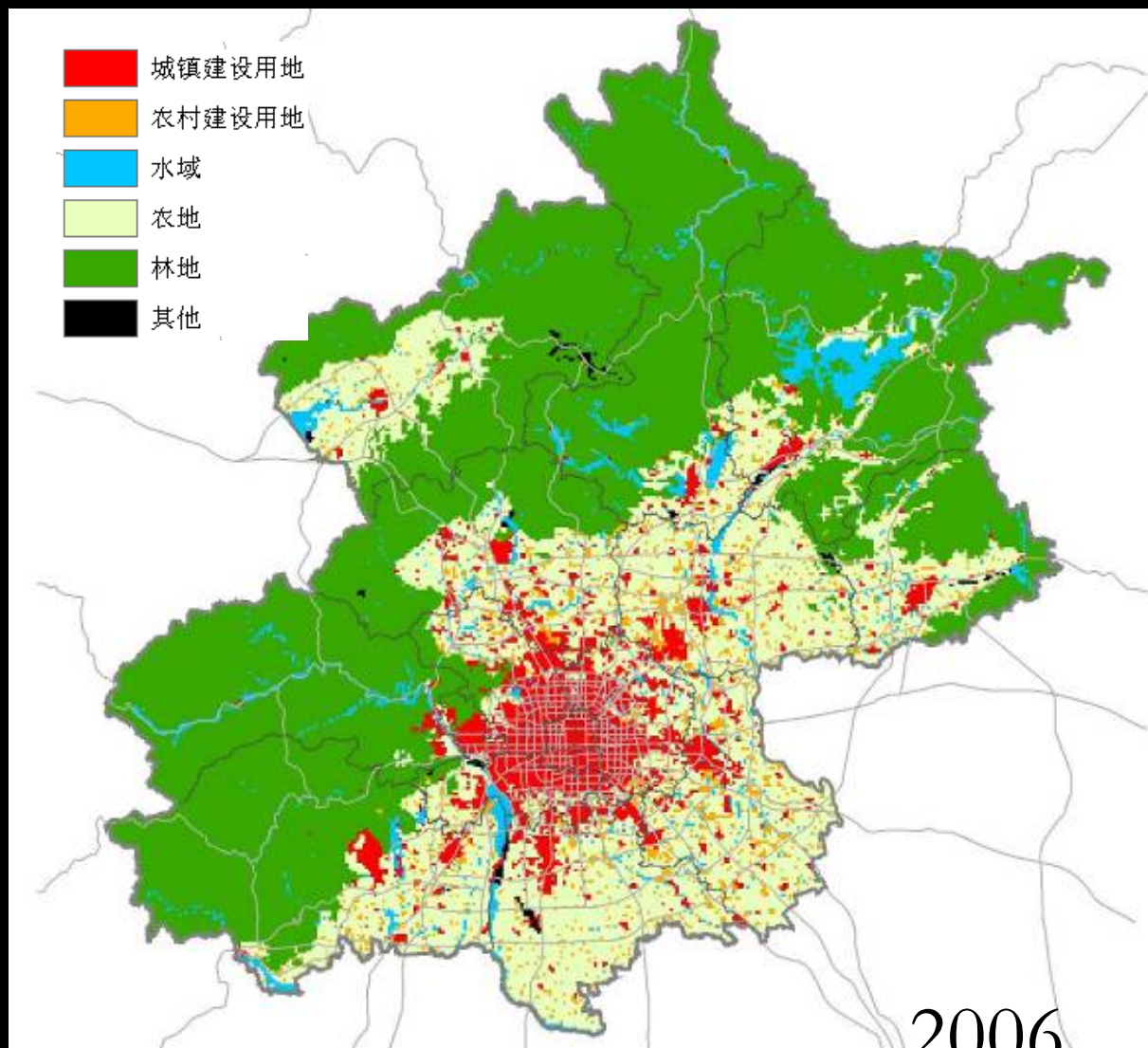


## 应用案例2：北京城市发展模型（BUDEM）

- 研究背景：北京市近年来经历了快速的城市扩张，这种趋势在未来短期尚没有减缓趋势，其对资源环境的占用不容忽视，对空间规划的实施也造成了较大压力，因此建立北京城市发展模型

（Beijing Urban Developing Model, **BUDEM**），用于对历史进行客观判断，对未来进行科学预测。

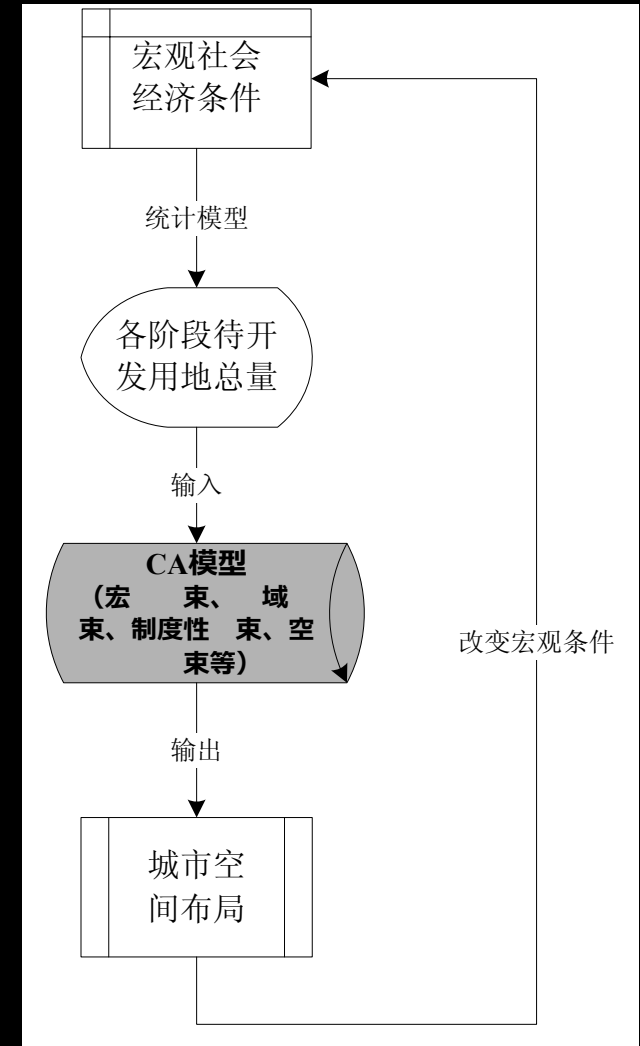
- 建设目标：建立北京市城市空间发展的模拟平台，进而对历史各阶段的城市空间扩展的驱动因素进行识别，提出支持实现规划方案的政策建议，并对远景的城市空间扩展进行情景分析。





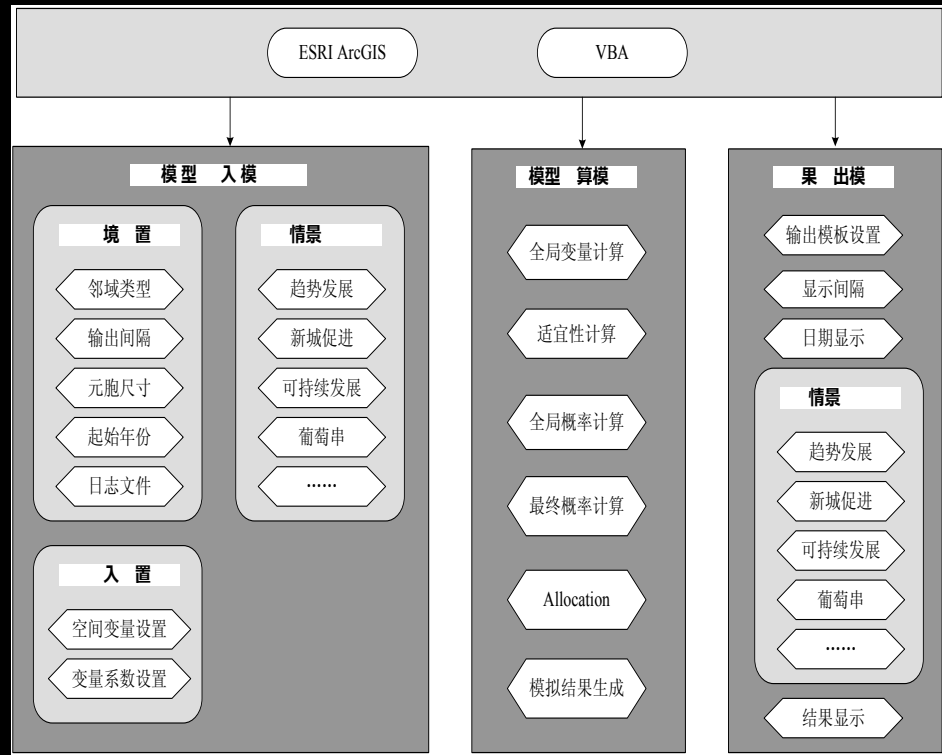
## 基本原理：模型建立的逻辑框架

- 城市是一复杂适应系统，采用自下而上的方法进行城市空间增长的模拟；
- 城市增长的驱动力分为刺激增长因素（城市规划学科的适宜性评价）和限制增长因素（城市生态学理论）两类；
- 历史的规律适用于预测同样趋势的未来；
- 可在基准发展的未来情景的基础上，根据发展模式的不同生成不同的其他情景



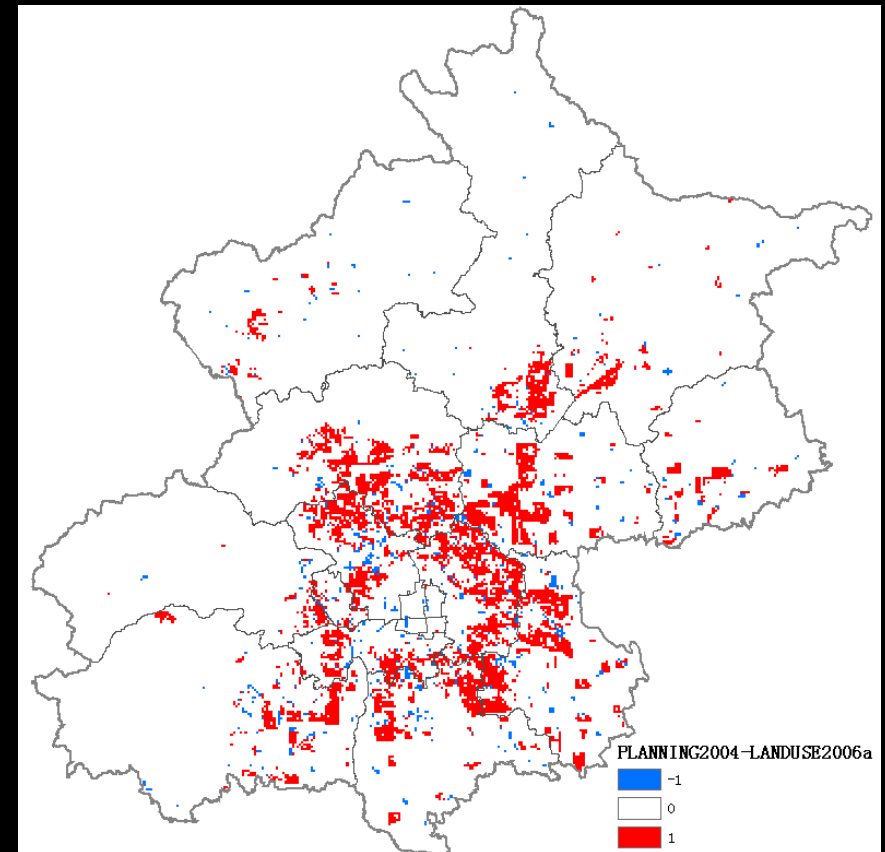
# 基本原理：CA基本要素

- 元胞空间Lattices
  - 市域16410sqkm
- 元胞Cells
  - 500m\*500m
  - 65628个
- 状态变量CellStates
  - 1：建设用地
  - 0：非建设用地
- 转换规则TransitionRules
  - 多属性分析方法
  - 具体见状态转移方程等
- 邻域Neighborhoods
  - 摩尔(Moore)邻域
  - 3\*3，矩形，8个邻近元胞
- 离散时间DiscreteTime
  - 通过建设用地总量建立其与实际时间（年份）的关系



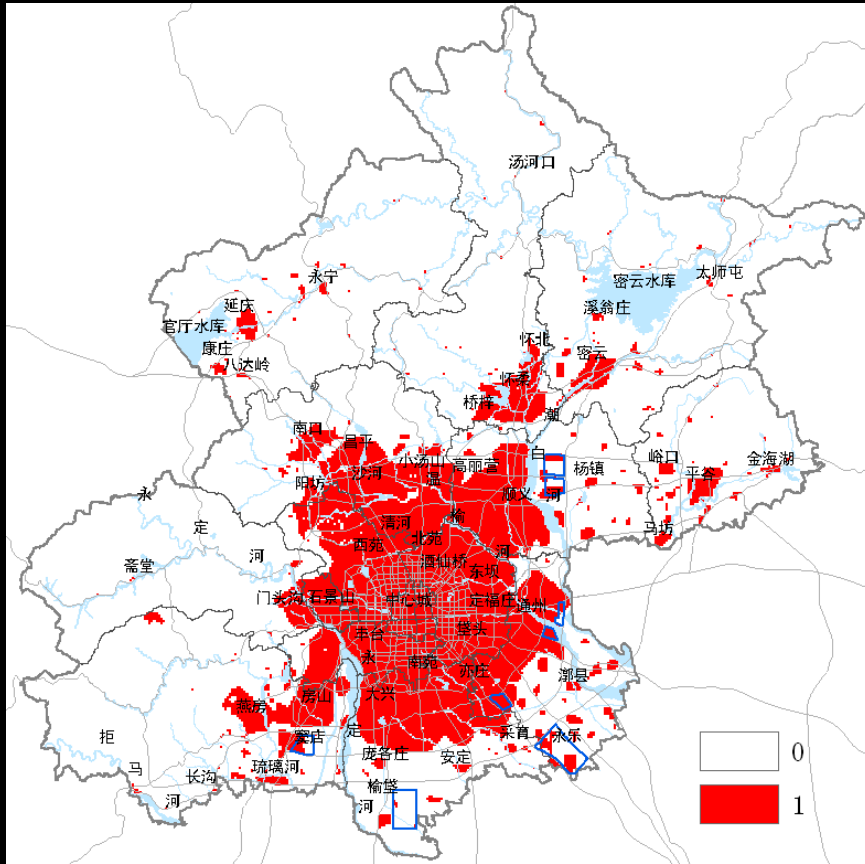
## 模型应用：实现总规方案的政策建议

- 以与**2001-2006年**的回归系数对比结果为例，相比这一历史阶段的城市增长策略，规划期内需强化规划的实施力度，强化乡镇的发展，弱化中心城的扩张和建设用地的自发增长，增大对良田的保护力度。但规划期内对禁止建设区的保护力度弱于该历史阶段。

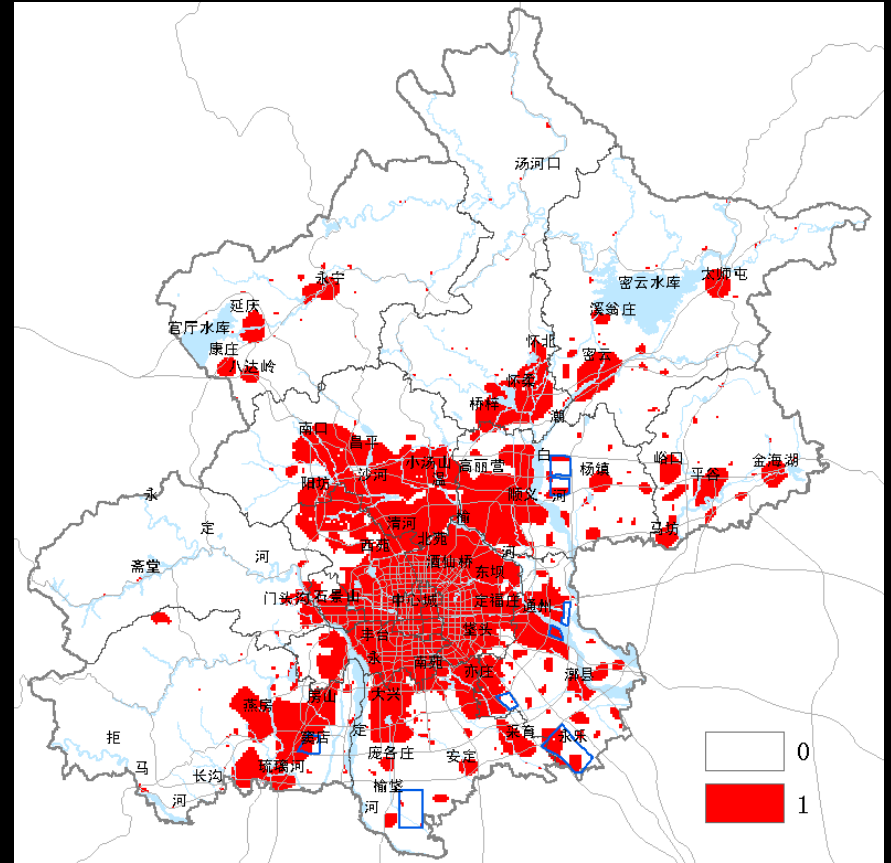




## 蔓延情景



## “葡萄串”情景



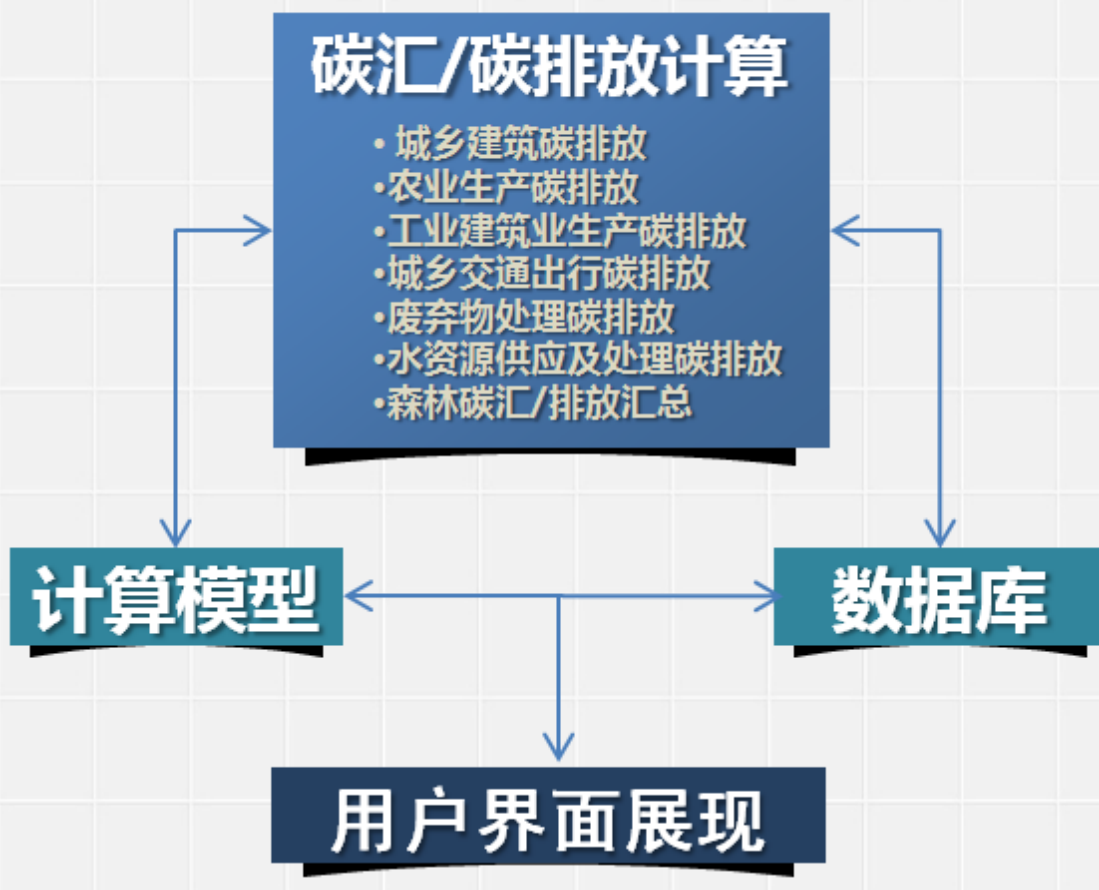
# 应用案例3：低碳城市规划模型

- **CARP**
  - **Carbon emission Analysis in urban and Rural Planning**
- 推广应用评估技术，针对应用人员开发更为直观、方便的城乡规划碳排放分析模型。
- 将碳排放计算方法和通用系数装载在模型中，使规划人员可以直接进行城乡规划碳排放水平计算评估。



# 模型结构

## CARP模型系统逻辑结构

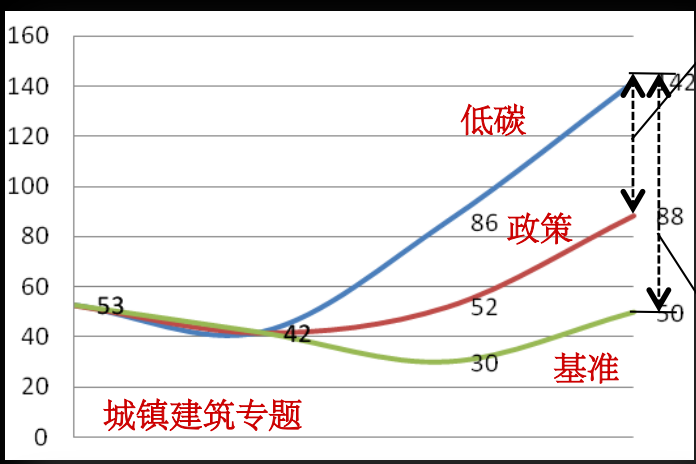


## 模型功能

- 以规划数据作为输入参数，将碳排放计算方法和通用系数装载在模型中，使规划人员可以直接进行城乡规划碳排放水平计算评估。
- 可进行分类、分地域空间、分情景的评估分析。
- 可对计算结果进行总体水平、内部结构的动态统计分析。
- 可与**GIS**系统结合，进行空间碳排放、碳汇可视化分析。

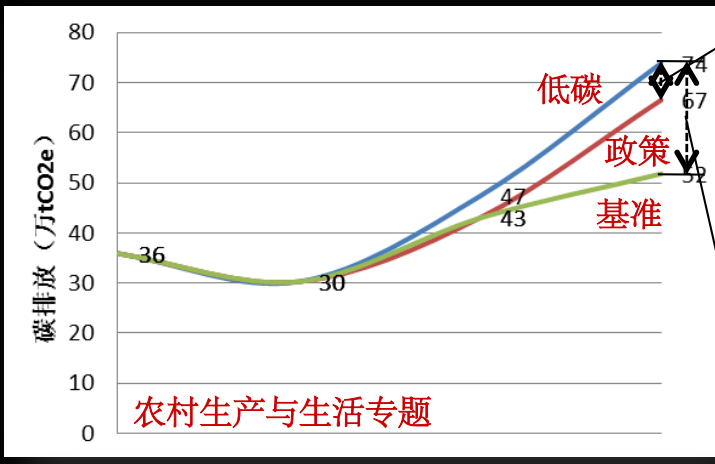


# 模型应用：分专题计算



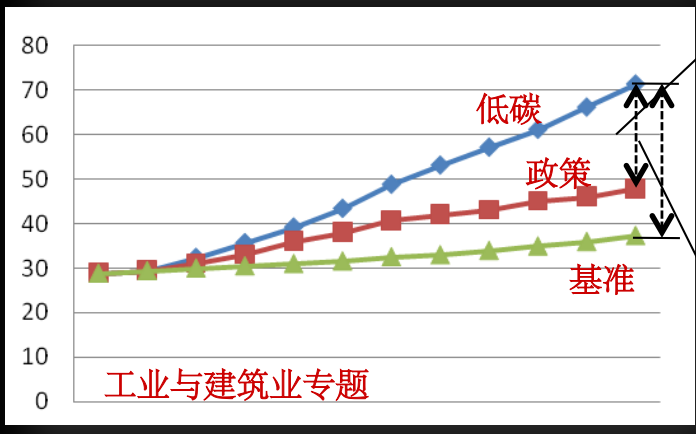
- 能源结构调整
- 城镇建筑节能技术
- 建筑可再生能源利用

- 能源结构调整
- 城镇建筑节能技术
- 建筑可再生能源利用



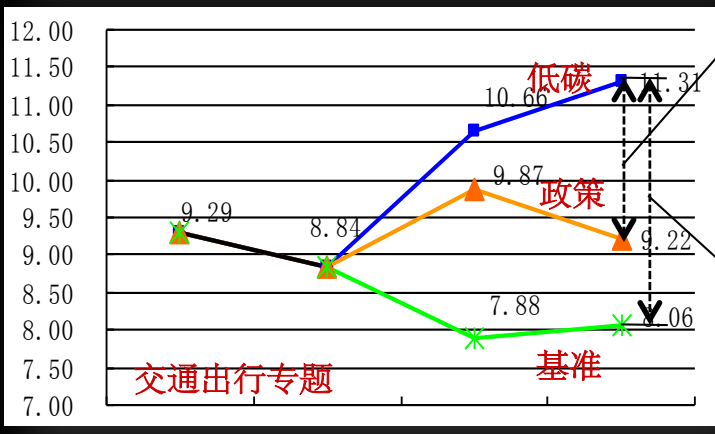
- 能源结构调整
- 农村建筑节能技术
- 农村生活可再生能源利用

- 能源结构调整
- 农村建筑节能技术
- 农村生活可再生能源利用



- 其他
- 产业结构优化调整
- 提高能源利用效率

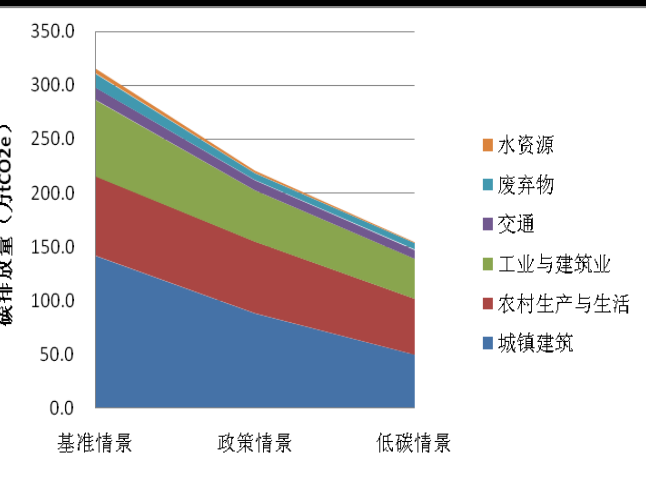
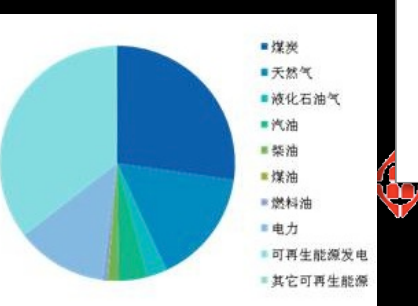
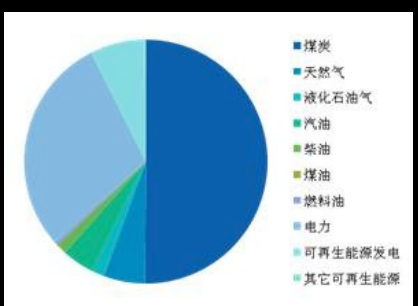
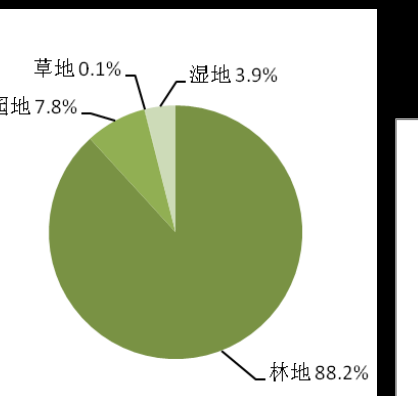
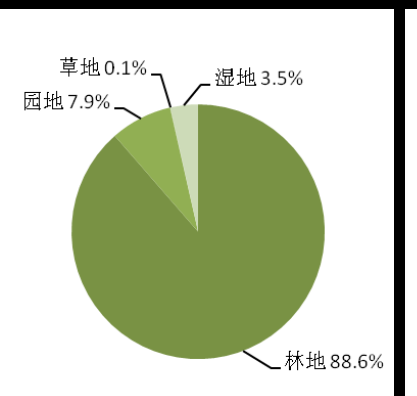
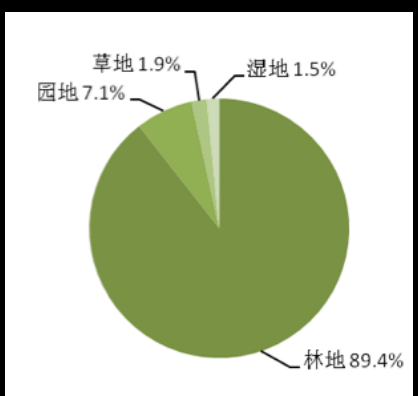
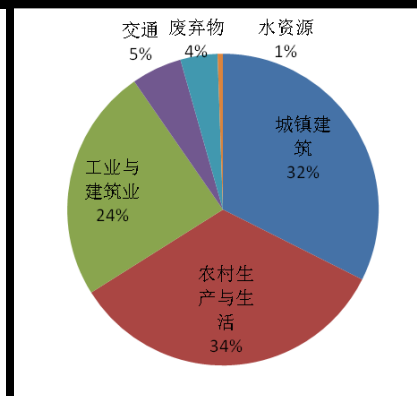
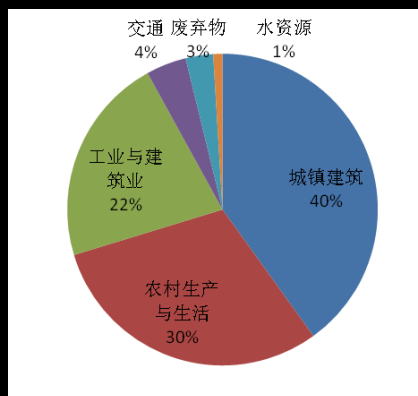
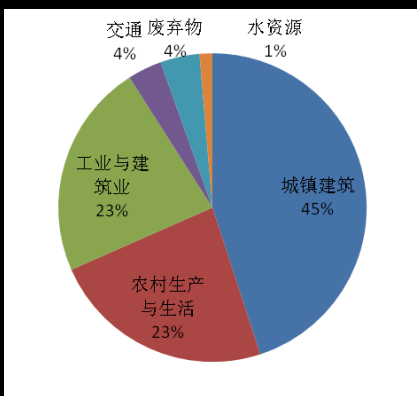
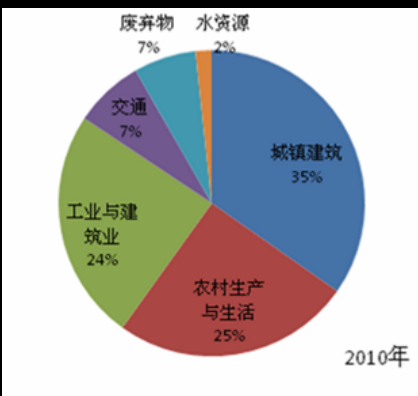
- 其他
- 产业结构优化调整
- 提高能源利用效率



- 优化出行距离
- 优化出行结构
- 能源结构调整

- 优化出行距离
- 优化出行结构
- 能源结构调整

# 模型应用：评估规划方案



## 应用案例4：城市交通承载力分析评估系统

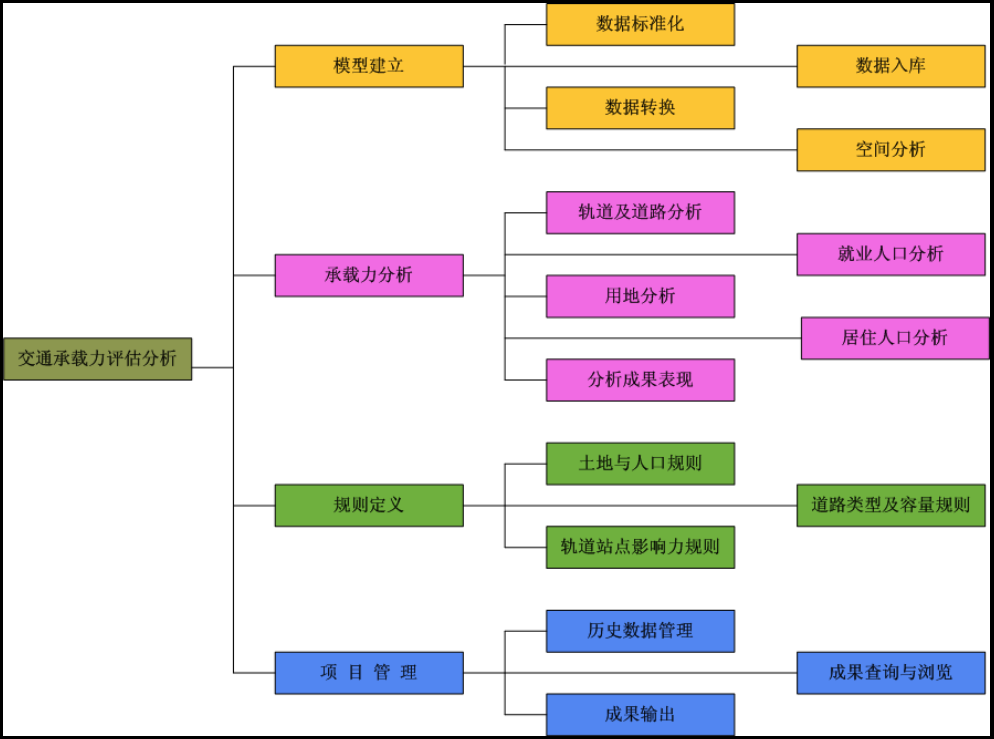
- **研究背景：**重视用地和交通的交互作用，寻求城市活动与其用地和交通之间的供求平衡，是维持城市自身健康发展的需要，也是指导城市用地和交通规划的基本原则。在规划编制过程中，需要对城市用地和交通协调发展进行研究，以便更好地从解决城市无序蔓延、交通拥挤、环境污染等问题。
- **建设目标：**在城市用地规划和交通规划中，对交通与土地的互动关系做出全面、系统地分析和研究，探讨建设对二者的规划编制成果进行测试和评估的软件系统工具的方法，定量分析和科学判断交通和土地利用的协调关系，实现规划编制阶段土地和交通的互动，

## 基本原理

- 以一定规模的测算小区为研究对象，根据测算小区内居住用地、各产业用地的开发强度**计算各小区内的居住人口数和就业岗位数**，以此度量早高峰时段交通产生、吸引的强度。
- 依据上位规划所确定的规划年城市交通设施专项规划方案，**计算各小区内的交通承载力**，从而获取各测算小区内交通产生、吸引度量值与交通承载力的比值（简称**“G值”**和**“A值”**）
- 根据规划确定的城市交通发展策略和城市客运交通结构等内容，**匡算城市土地开发强度与交通承载力的合理比值区间**（简称**“H区间”**）
- **比较各测算小区的“G值”、“A值”与“H区间”的关系**，若高于该区间，降低相应用地的开发强度或增加测算小区内交通供给能力，促使二者空间分布相协调。

# 建设思路

- 以GIS技术为核心，通过规划知识和规划经验提炼出模型规则和相关数学计算方法，建立交通小区内土地使用类型、居住人口、就业人口、交通基础设施之间的联系
- 定量分析计算一定空间范围内，某种土地开发性质和开发强度模式下，交通基础设施规划的客运承载能力

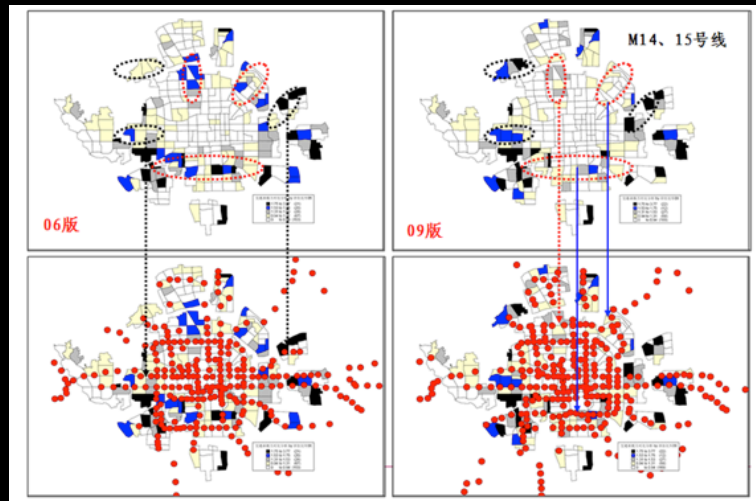
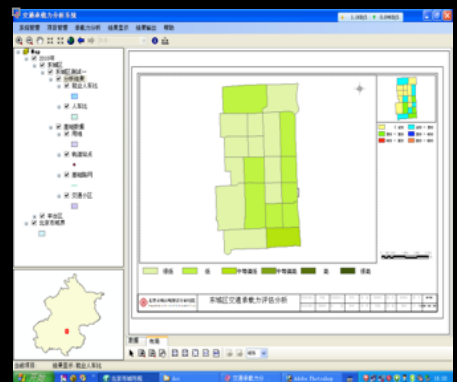
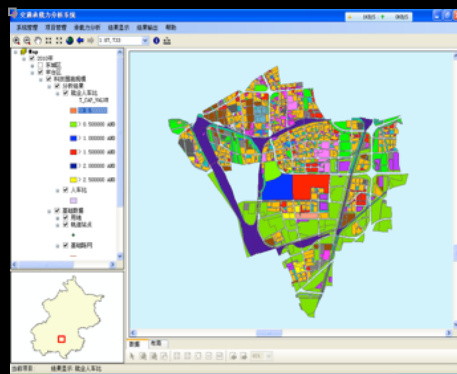


# 系统应用

- 经过测试和使用，交通承载能力分析系统可应用在不同尺度的规划编制工作中，包括总体规划、区域规划以及街区控规层面，为规划师定量分析交通和土地使用的相互关系提供了软件工具。

- 应用项目：

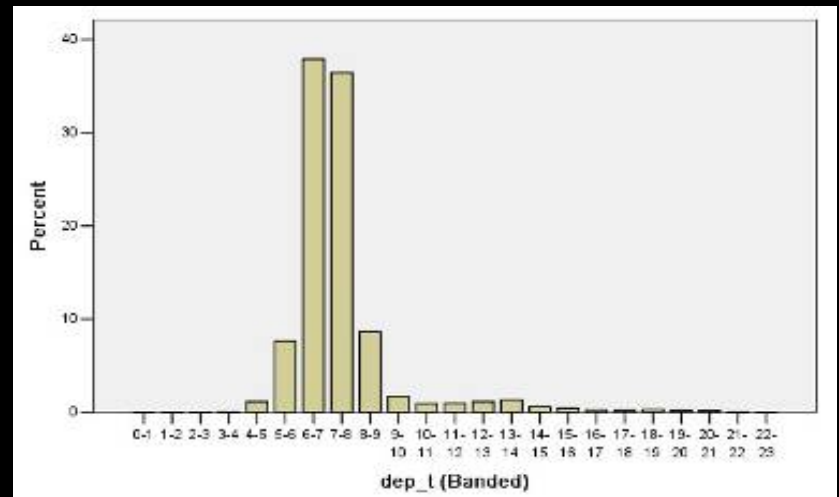
- 北京市中心城控规动态维护
- 北京市东城区控制性详细规划
- 北京市丰台区科技园区规划
- . . . . .





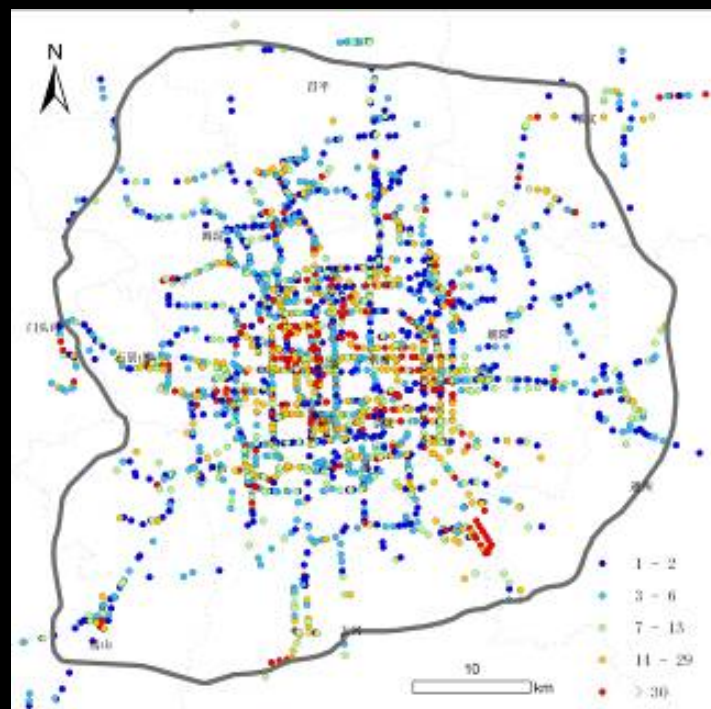
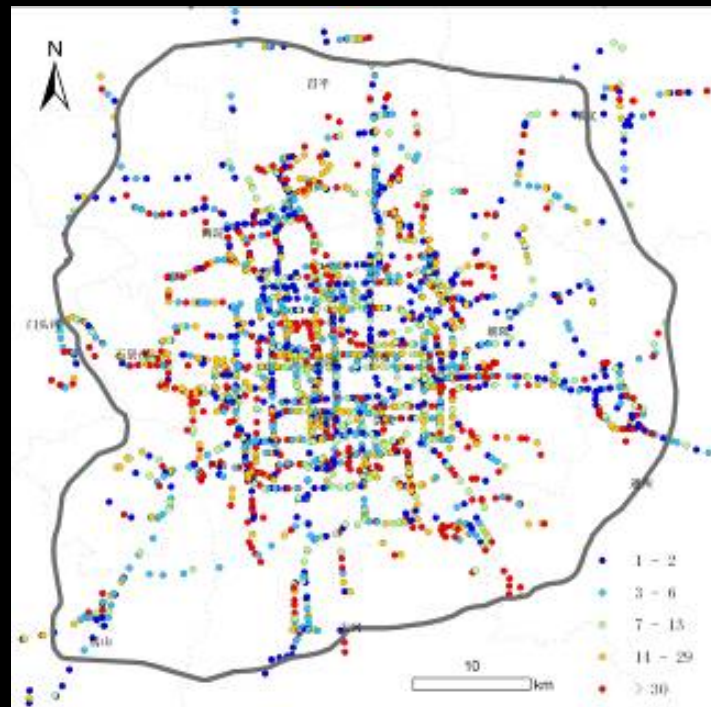
## 应用案例5：公交刷卡数据挖掘模型

- 研究背景：基于位置服务（**location based service, LBS**）技术为研究时空动态的复杂的城市系统提供了新的视角，已有研究利用移动通讯（**GSM**）、全球定位系统（**GPS**）、社会化网络（**SNS**）数据进行城市研究，但少有研究利用公交**IC**卡刷卡数据进行城市系统分析。
- 建设目标：识别持卡人的居住地和就业地，进而对北京公共交通通勤交通的格局进行判断，并评价职住平衡情况。

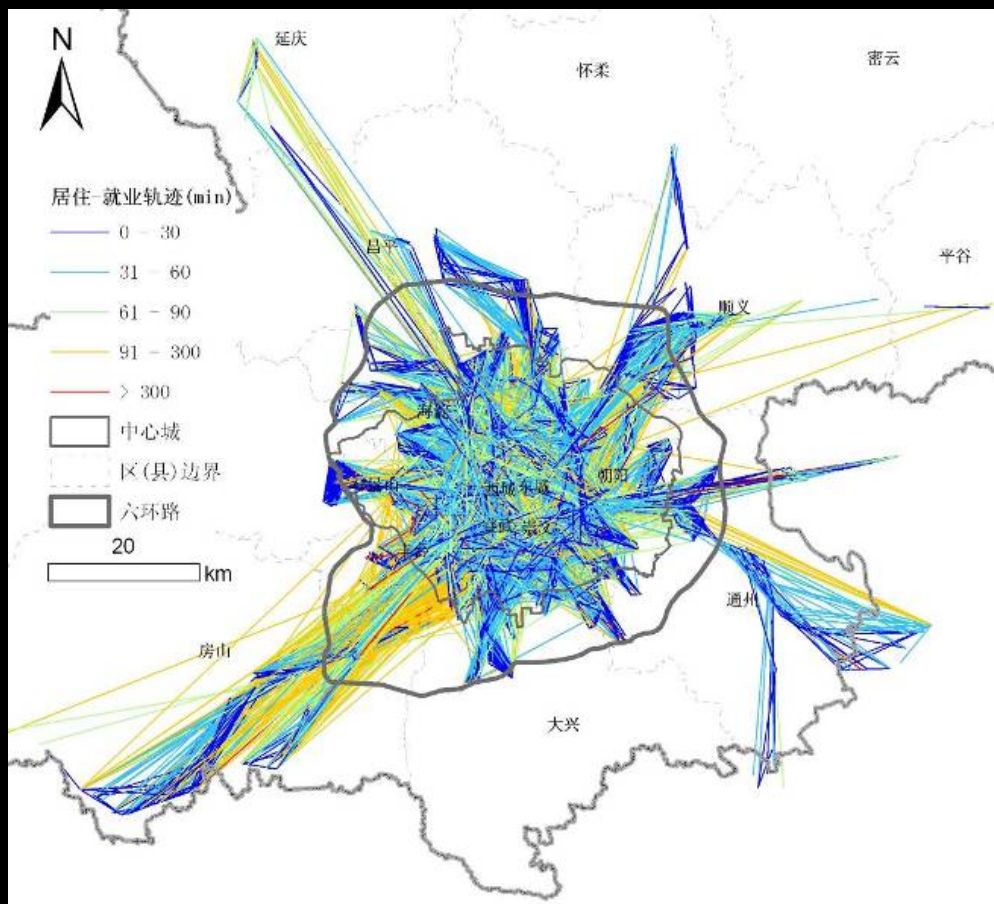


## 建设思路

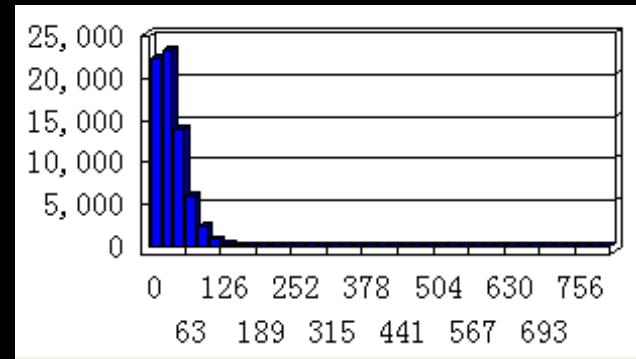
- 对于居住地的识别，假设第一次出行和第二次出行是逆向关系，同时满足上下班高峰时段，则属于居住地。
- 如果在上下班高峰到达和离开某地，且中间间隔较长，则假设属于就业行为。
- 基于Python开发，并在ArcMap中进行可视化表达。



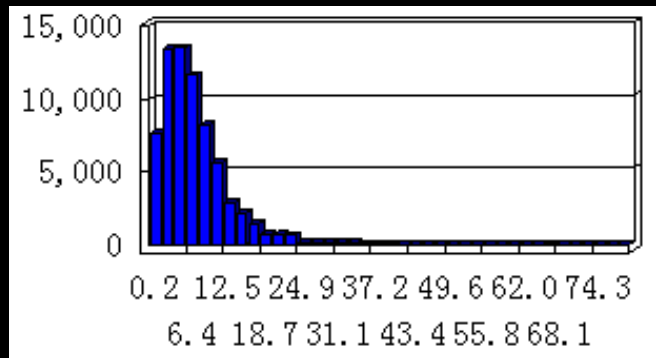
# 模型应用：通勤交通识别



出行轨迹



出行时间

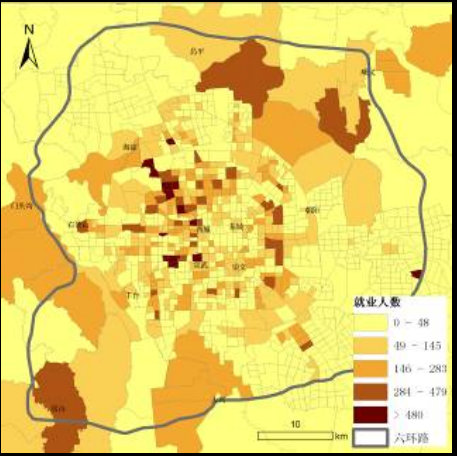
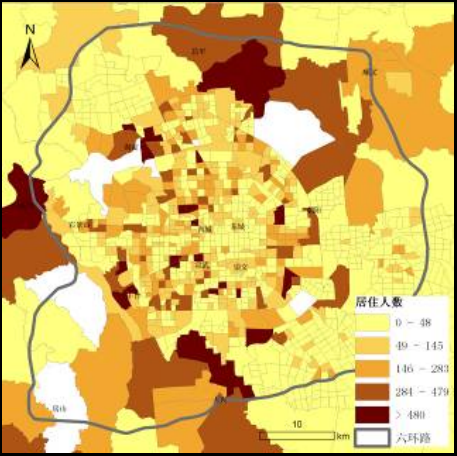


出行距离

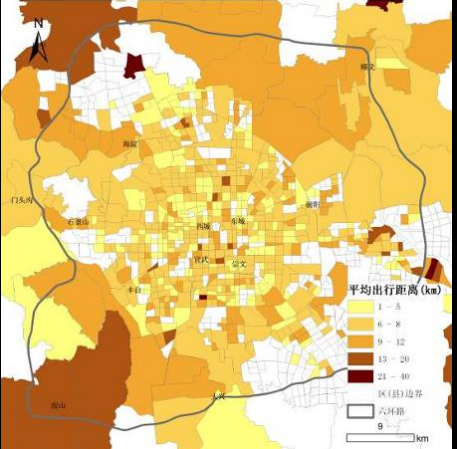
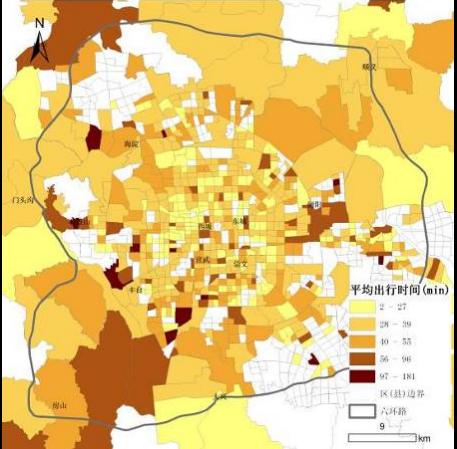


# 模型应用：居住和就业强度识别

识别的居住地和就业地在TAZ尺度进行求和，计算每个TAZ的居住强度和就业强度。



北京市中心区域各TAZ的居民平均出行时间和平均出行距离



# 典型案例应用

宏观交通模型

微观交通模型

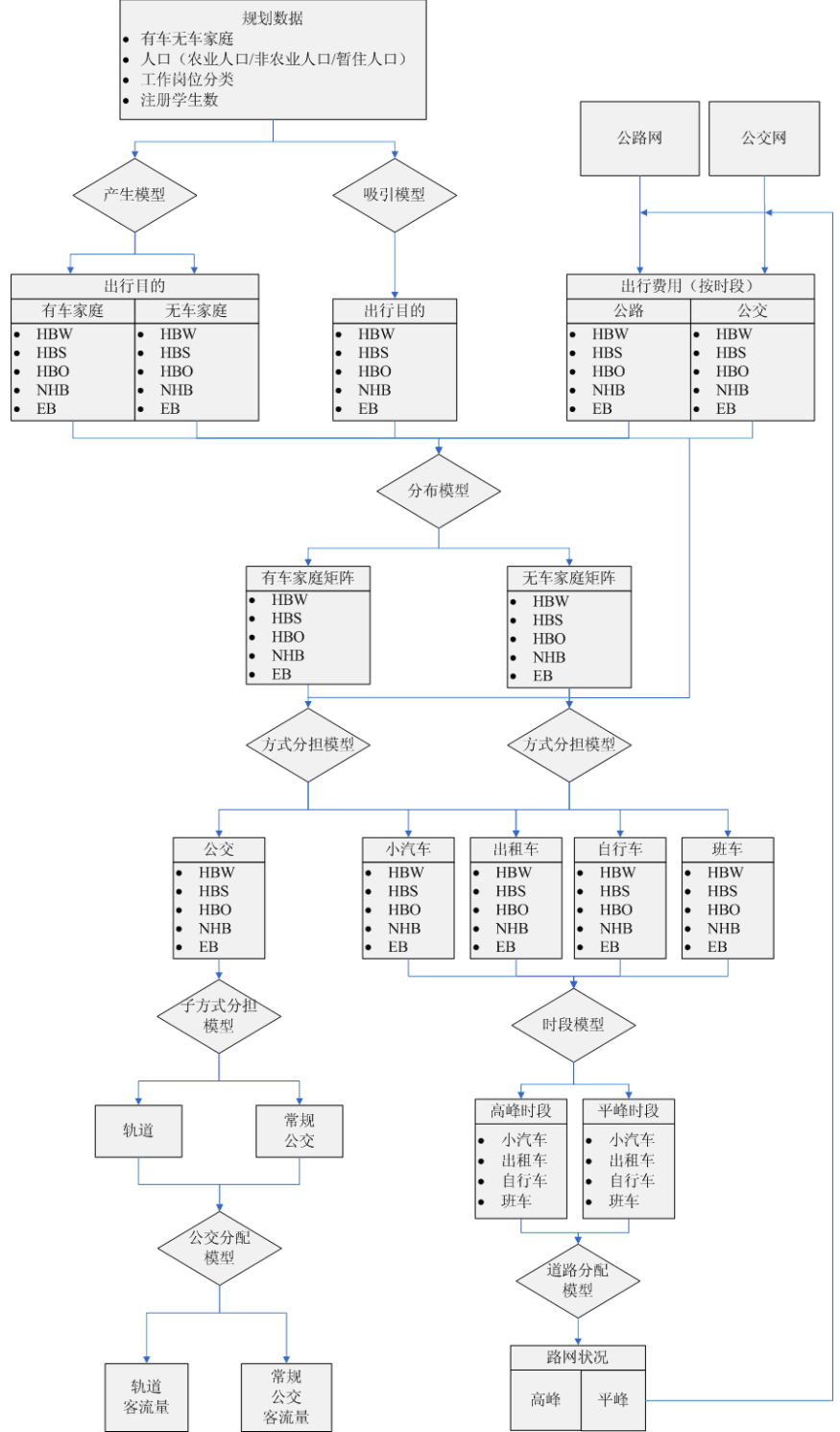
土地使用与交通整合模型

节约用水规划支持模型

城市暴雨管理模型

# 宏观交通模型

北京市宏观交通战略模型，简称**BMI**模型，是在北京市规划设计研究院**2000**年的**BUTS**模型基础上，基于**2005**年交通大调查的相关数据更新完成的北京市域宏观交通战略模型。**BMI**模型的构建工作完成于**2008**年，是北京市为数不多的市域宏观交通模型之一。

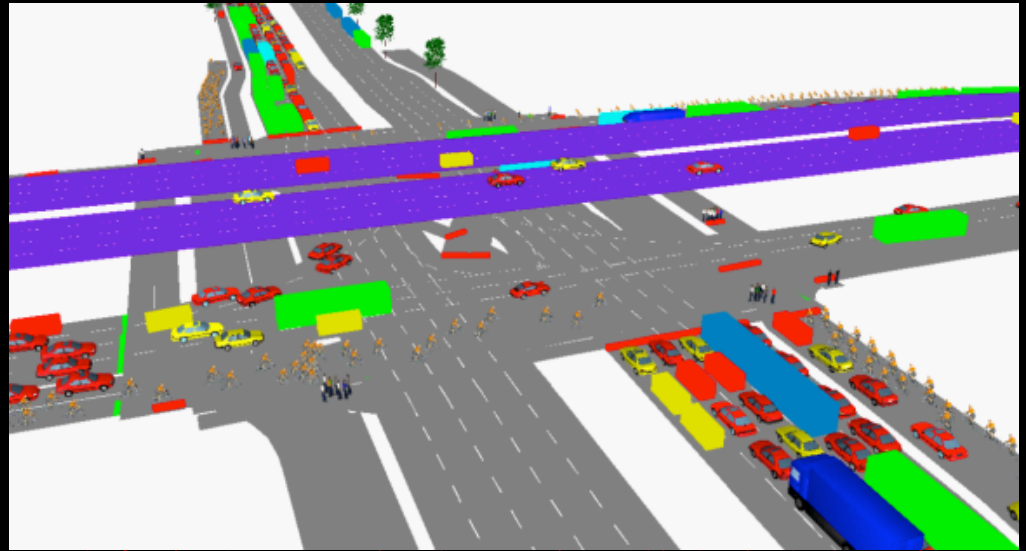




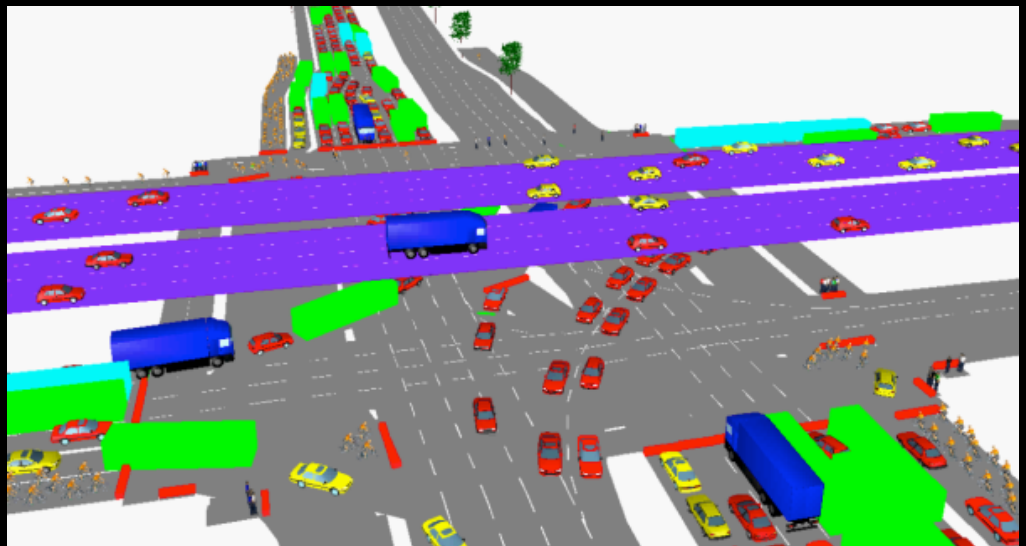
## 微观交通模型

微观交通模型是集合了驾驶人的心理模型、交通流模型、城市空间模型等于一体的综合模型。微观交通模型以人的行为和心理为基础，以交通流模型为原理，对交通设施或交通政策进行模拟。

右图为以PTV公司的Vissim微观仿真软件对四通桥交叉口及其上下游相邻交叉口进行了交通改善方案仿真研究；



晚高峰时段四通桥路口局部现状车流仿真示意图



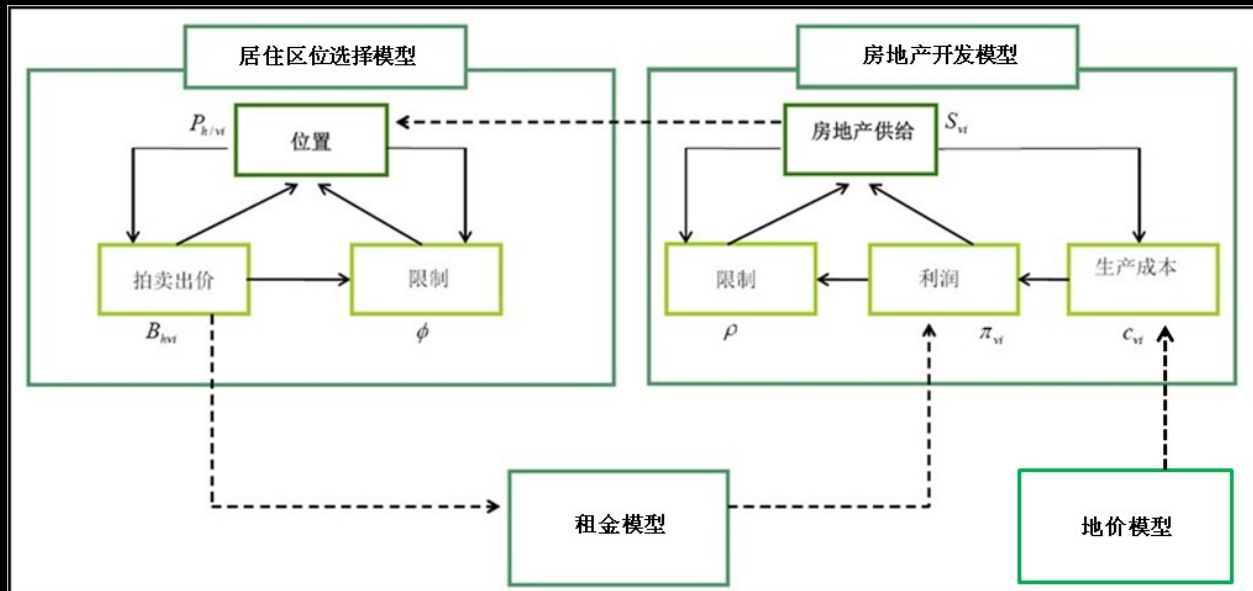
晚高峰时段改善方案仿真示意图（四通桥路口局部）

# 土地使用与交通整合模型 (1)

北京市宏观交通战略模型的建立为本次交通土地整合模型的构建奠定了交通子模型的基础，本模型使用美国Citilabs公司开发的Cube专业交通及城市规划预测模型软件。

具体方法是通过对居民择居的区位选择、交通选择和房地产市场开发等几类主要个体选择行为规律的探寻，建立模拟模型以体现一定经济背景下的交通与土地使用的互动关系，对房价进行预估、对交通状况进行模拟、对城市发展策略和政策进行预判

土地使用子模型计算关系流程图

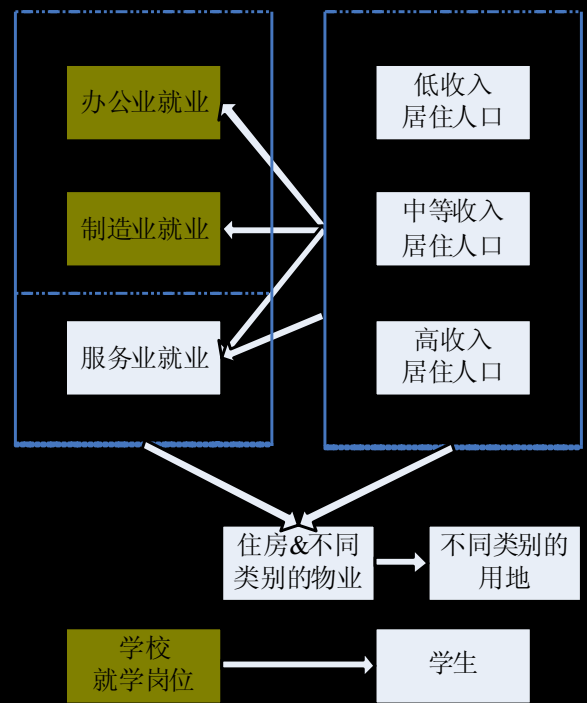


anning

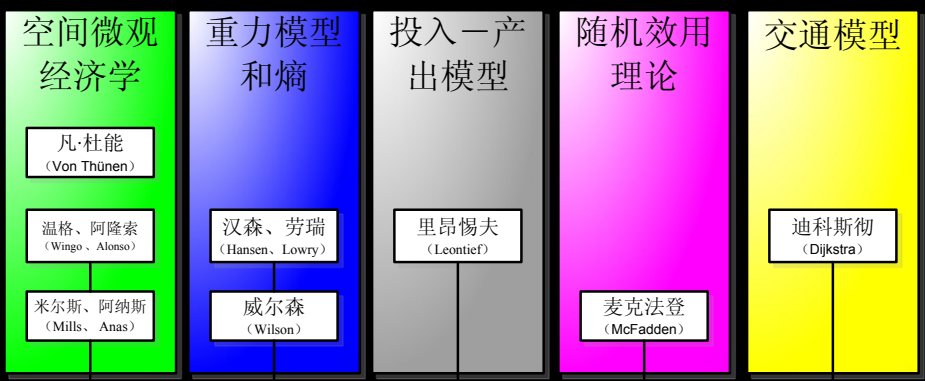
# 土地使用与交通整合模型 (2)

Tranus模型集合了空间微观经济学、重力模型和熵理论、投入—产出模型、随机效用理论和交通的“四阶段”模型；

Tranus模型主要有两部分组成，即活动模型和交通模型。其中活动模型主要是指家庭的出行活动、商品生产、消费以及为所有经济活动应提供相应的土地等，交通模型则是指所有经济活动中对交通运输的需求。

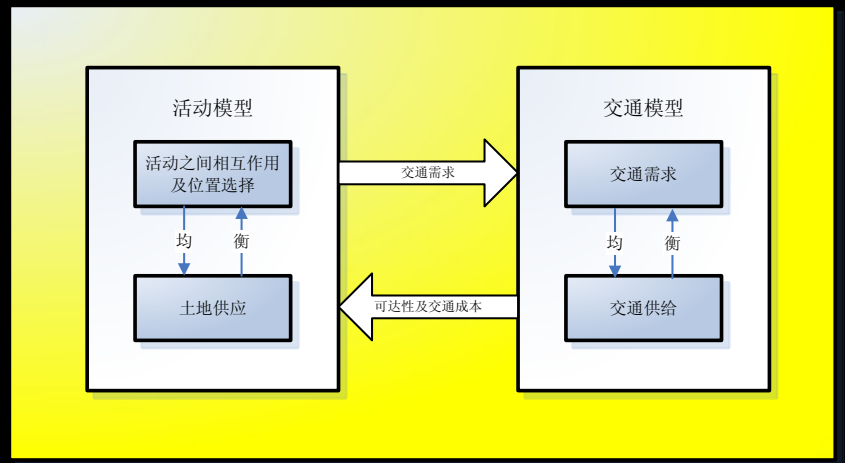


Tranus模型理论架构



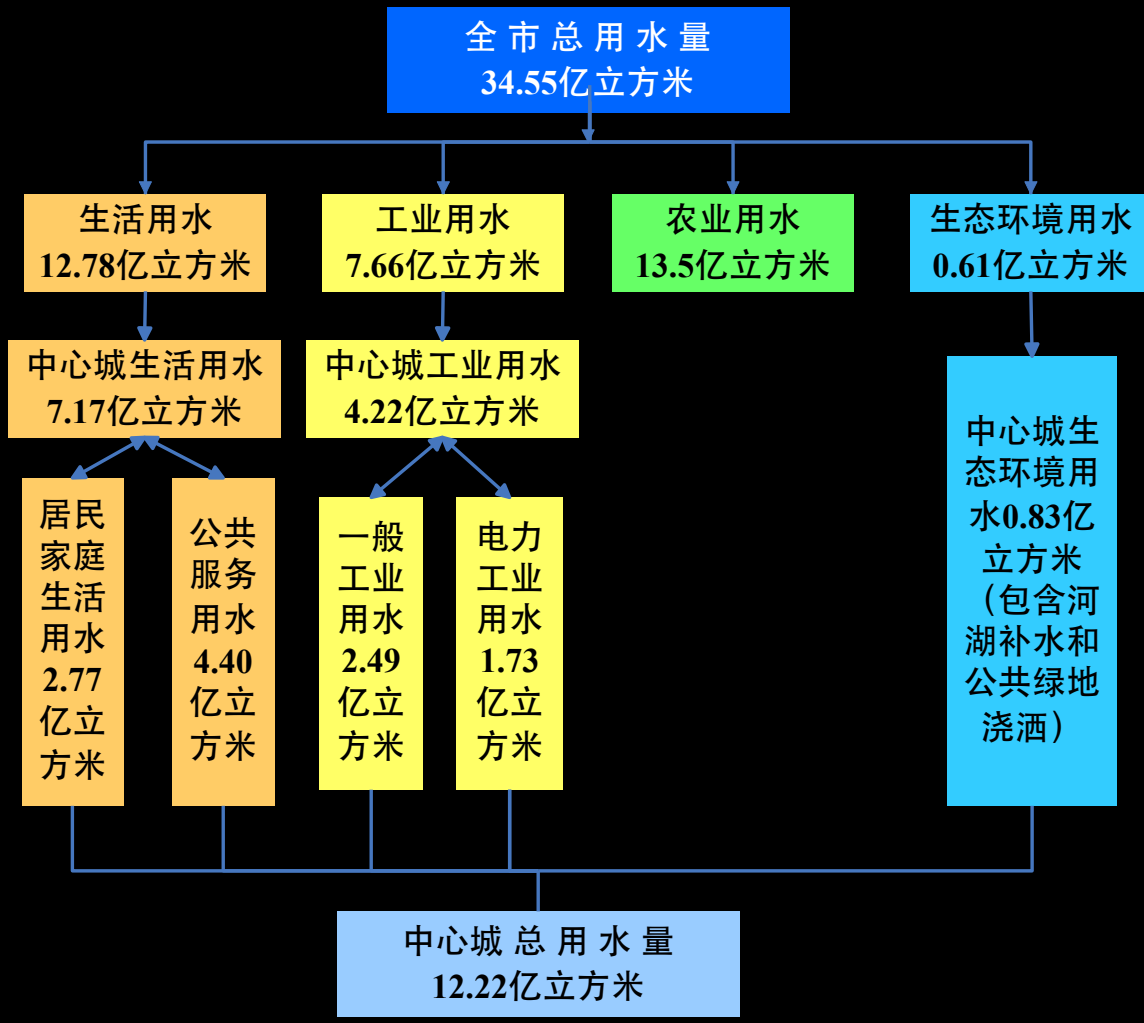
TRANUS

Tranus土地与交通模型互动关系



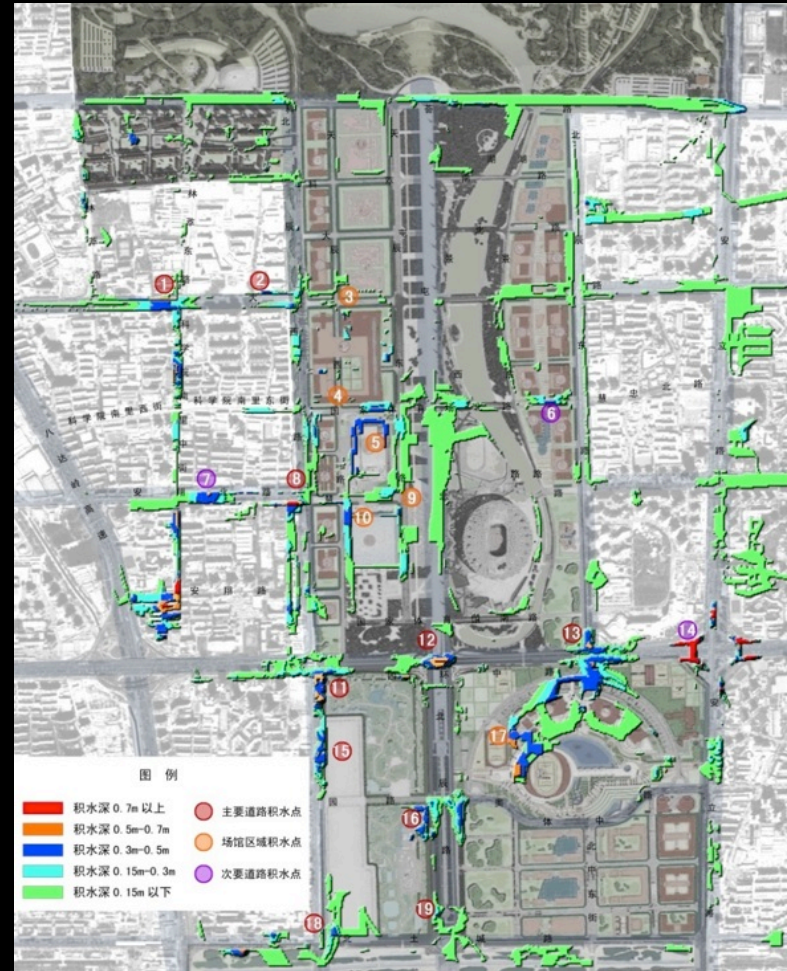
# 节约用水规划支持模型

- 建设目标：通过对各个用水终端进行系统建模，建立节水目标与政策措施的动态响应关系，进而实现规划方案的辅助制定和多方案比较（从经济、社会和环境效益三方面）。



# 城市暴雨管理模型

- 模型作用
- 辅助和校核城市防洪排涝系统的规划和设计；
- 为系统规划决策提供技术支撑；
- 评估城市内涝风险，为编制防汛应急预案提供技术支撑；
- 通过风险分析，有利于加强防洪排涝基础设施的日常维护与管理。



案例：奥运中心区百年一遇降雨积水风险模拟图

## PART4: PSS框架体系

- PSS framework





# 确定支持的规划体系

总体上分为规划编制和规划评估两大类，规划编制是研究重点；  
每类规划从规划内容上进行细分

- 例如，总体规划分为现状分析、社会经济、空间布局、历史文化名城保护等，而现状分析又细分为区位分析、地形地貌、现状基础条件、用地适宜性和城镇建设用地扩展等。

一类	二类	三类1	三类2	三类3
规划编制	战略规划	空间发展研究		
	总体规划	城市总规	新城总规	镇总规
	详细规划	街区层面	地块层面	城市设计
	专项规划	公共服务设施专项（教育等）	公共安全专项（消防等）	
	市政专题 交通专题			
规划评估	总规评估	城市总规评估		

## 确定规划支持类型

根据技术方法的来源分为三类：方法、软件和模型；

□ 采用深入的文献调研和专家访谈等方法，确定三类技术方法

1. 方法：是城市规划相关学科，如城市经济学、城市地理学、系统科学、地理信息科学等，广为应用的理论方法，如情景分析、Alonso地租理论、系统动力学等；
2. 软件：是目前已经存在的商业、共享或免费软件，可以支撑规划的编制和评估工作的开展，如ArcGIS、AutoCAD等通用软件。软件需要规划师掌握，但不需要额外去开发；
3. 模型：是指针对具体的规划任务，基于已有的理论方法，规划院已经开发或建议未来开发实现的规划支持工具。

# 建立框架体系

BICP规划支持系统框架体系(汇报版2012.06)					方法、软件和模型的颜色示意:	我院已有基础	我院没有	
一级	二级	三级	四级	规划内容	规划内容的具体解释	涉及的基础数据	方法	软件
一、规划编制	1 战略规划	1.1 空间发展研究	问题分析	<b>地形地貌</b>	分析地形地貌条件,建立数字高程模型,计算坡度、坡向等	数字高程模型DEM、遥感资料		ArcGIS (3D Analy
				<b>现状基础条件</b>	分析自然资源、历史沿革、空间布局、基础设施、社会经济等方面的现状情况	自然资源(生态环境、土地资源和水资源等)、工程地质条件、历史文化资源、土地使用现状、土地利用现状、市政基础设施、交通基础设施、人口、产业、OSM		CH规划应用分析工具 Excel
				<b>用地适宜性</b>	根据各项土地利用的要求,分析土地开发利用的适宜性(一般分为适宜、较适宜、不适宜几个等级),确定区域开发的制约因素,寻求最佳的土地利用方式和合理的规划方案	高程、坡度、土地使用现状、土地利用现状、市政基础设施、交通基础、自然资源(水源地、湿地、公益林地等)	栅格代数运算、多属性评价、基础地形分析、灰色系统理论	ArcGIS (Overlay)
				<b>人口空间分布</b>	根据各统计单元的人口数量,通过插值得到连续的人口密度曲面,用于分析和显示人口空间分布信息	各街道办、乡和镇人口数、土地使用现状(人口总量、建筑量)	核密度分析、空间插值、蒙特卡洛	ArcGIS (Spatial Analyst, Kernel d GeoDA
			发展趋势与规模判断	<b>人口发展趋势</b>	分析历史不同阶段人口总规模,并对未来作出趋势判断	多年代人口资料	综合增长率法	SPSS、Excel
				<b>城镇化发展趋势</b>	分析城镇建设用地在不同历史阶段的空间分布、规模扩张、扩展方向和机理(如区位条件、可达性、公共政策等)	多年代土地使用现状、土地利用现状、数字高程模型DEM、市政基础设施、交通基础设施	遥感解释、Logistic回归、主成分分析、相关性分析、土地利用演变分析	Erdas、Envi、Arc (Overlay)、SPS regression, corr analysis, princi
				<b>空间发展的制约条件</b>	结合所处的区域位置,分析发展的有利条件和限制因素	京津冀、全国乃至全世界的行政边界、数字高程模型DEM(或可生成DEM的高程点、地形图和等高线等)、社会经济情况、区域交通系统、重大基础设施	多属性评价	ArcGIS (Spatial
				<b>人口与用地规模预测</b>	基于城市合理发展要求,预测城镇人口和农村人口总量,及城镇用地规模	多年代人口资料(常住人口、暂住人口;户籍人口、流动人口;城镇人口、农村人口)、人口详细构成(年龄、性别、教育程度、职业)、多年代土地使用现状、历次土地使用规划	综合增长率法、相关分析、人口资源承载力分析、指数增长模型、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	SPSS (Time Serie
				<b>人口承载力分析</b>	在有限的资源条件下,确定资源所能供养的人口数量	土地资源、水资源、农地、绿地资源总量	单因子分析法、资源综合平衡法、情景分析	
			空间发展战略	<b>城乡统筹</b>	根据需求,提出与相邻行政区域在空间发展布局、重大基础设施和公共服务设施建设、生态环境保护、城乡统筹发展等方面进行协调的建议	京津冀、全国乃至全世界的行政边界、社会经济情况、区域交通系统、重大基础设施		ArcGIS、Excel



# 框架体系

一级	二级	三级	四级	规划内容	规划内容的具体解释	涉及的基础数据	方法	软件	模型
				现状基础条件	分析自然资源、历史沿革、空间布局、基础设施、社会经济等方面的现状情况	自然资源（生态环境、土地资源和水资源等）、工程地质条件、历史文化资源、土地使用现状、土地利用现状、市政基础设施、交通基础设施、人口、产业		GIS规划应用分析工具集、ArcGIS (Analysis Tools)、Excel	现状综合分析模型
				用地适宜性	根据各项土地利用的要求，分析土地开发利用的适宜性（一般分为适宜、较适宜、不适宜几个等级），确定区域开发的制约因素，寻求最佳的土地利用方式和合理的规划方案	高程、坡度、土地使用现状、土地利用现状、市政基础设施、交通基础、自然资源（水源地、湿地、公益林地等）	模糊代数运算、多属性评价、基础地形分析、灰色系统理论	ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	用地适宜性分析模型
				城镇建设用地扩展	分析城镇建设用地在不同历史阶段的空间分布、规模扩张、扩展方向和机理（如区位条件、可达性、公共政策等）	多年代土地使用现状、土地利用现状、数字高程模型DEM、市政基础设施、交通基础设施	遥感解译、Logistic回归、主成分分析、相关性分析、土地利用演变分析	Erdas, Envi, ArcGIS (Spatial Analyst Tools)、SPSS (Logistic regression, correlation analysis, principal component analysis)、GWR3X	土地利用演变分析模型、北京城市空间发展分析模型
				公共服务设施	从规模、类型和布局等方面评估教育、医疗、体育等公共服务设施的现状情况	公共服务设施（商业、教育、医疗、体育、娱乐、文化、科研、养老、殡葬等）的级别、规模、空间布局		ArcGIS (Analysis Tools)	现状综合分析模型、公共服务设施综合模型
				人口空间分布	根据各统计单元的人口数量，通过插值得到连续的人口密度曲面，用于分析和显示人口空间分布信息	各街道办、乡和镇人口数、土地使用现状（人口总量、建筑量）	核密度分析、空间插值、蒙特卡洛	ArcGIS (Spatial Analyst Tools)、GeoDA	人口空间分布模拟模型
				住房建设与住房保障	从规模、类型和布局等方面评估商品房和保障性住房的现状情况	人口、土地使用现状、建筑规模、房地产开发资料（规模、布局 and 价格等）		ArcGIS (Analysis Tools)、Excel	房地产价格模型、居民居住区位选择模型、开发房地产选址模型
			社会经济	人口与用地规模预测	基于城市合理发展要求，预测城镇人口和农村人口总量，及城镇用地规模	多年代人口资料（常住人口、暂住人口、户籍人口、流动人口；城镇人口、农村人口）、人口详细构成（年龄、性别、教育程度、职业）、多年代土地使用现状、历次土地使用规划	综合增长率法、相关分析、人口资源承载力分析、指数增长模型、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	SPSS (Time Series)、Excel	人口总量预测模型
				就业岗位预测	基于城市经济发展要求，预测就业岗位总量及构成	多年代就业岗位总规模及各行业构成	情景分析、系统动力学	Excel	就业岗位预测模型
				人口承载力分析	在有限的资源条件下，确定资源所能供养的人口数量	土地资源、水资源、农地、绿地资源总量	单因子分析法、资源综合平衡法、情景分析		人口承载力分析模型
			空间布局	城镇空间扩展方向	综合考虑区域间的有机联系和自然条件的限制，确定未来城镇空间开发的主要方向	京津冀的社会经济情况、区域交通系统、重大基础设施等，周边城市的发展规划、土地使用现状、限制性要素（如高程、坡度、湿地、绿地、地质、地貌、环保、文物等）	多属性评价、分形分析	ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	区位分析模型、用地适宜性分析模型
				城市空间结构	制定城市未来的空间结构，即城市要素在空间范围内的分布和组合状态，一般表现在城市密度、城市布局和城市形态三种形式。评估城市空间布局，如城镇空间分布的重心、紧凑度、离散度、混合度等。	数字高程模型、社会经济情况、市政基础设施、交通基础设施、土地使用现状、限制性要素、土地使用规划	重力模型、劳瑞模型、中心地理论、多属性评价、情景分析、Alonso地理理论	ArcGIS (Spatial Analyst Tools)、Fragstats	北京城市空间发展分析模型、城市空间形态结构评价模型
				城市增长边界	制定城市扩展的边界，划定建成区范围	多年代建成区边界与面积、历次土地使用规划、数字高程模型、社会经济情况、市政基础设施、交通基础设施、土地使用现状、限制性要素	元胞自动机、趋势分析	GIS规划应用分析工具集、SWAM、MCPAST、NETLOGO、ArcGIS (Spatial Analyst Tools)、UrbanSim	北京城市空间发展分析模型、限定区划定模型
				市域用地规划	划定市域各类用地边界并确定土地使用性质	历次土地使用规划、规划人口规模、规划用地规模、产业发展规划、城市功能分区、地籍、土地使用现状、公共服务设施、市政基础设施、交通基础设施	元胞自动机、多智能体系统、情景分析、多属性评价	What If、GUP、ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	北京城市空间发展分析模型、限定区划定模型、用地功能布局分析模型
				中心区用地规划	详细划定中心区各类用地边界并确定土地使用性质	历次土地使用规划、规划人口规模、规划用地规模、产业发展规划、城市功能分区、地籍、土地使用现状、公共服务设施、市政基础设施、交通基础设施	元胞自动机、多智能体系统、情景分析、多属性评价	What If、GUP、ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	北京城市空间发展分析模型、限定区划定模型、用地功能布局分析模型、居民居住区位选择模型、产业区位选择模型、居民就业区位选择模型
				低碳城市形态分析	评价规划空间布局对应的生活、生产和交通能耗和碳排放	土地使用规划、规划人口规模、产业发展规划、居民家庭交通出行调查、绿地系统规划、市政基础设施规划、交通基础设施规划		ArcGIS (Spatial Analyst Tools)、TRNMOVE、ECHANMS、NCAR-CCS3D	低碳城市形态分析模型
			历史文化名城保护规划	历史沿革	分析旧城在不同历史阶段的位置、规模和形态的变化	各历史阶段的旧城地图	空间句法	ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	
				旧城空间格局	对旧城区的空间形态采用景观生态学的理论进行评估	空间句法、文物（分布、规模、等级和保护范围等）		Fragstats、ArcGIS (Spatial Analyst Tools)	现状综合分析模型、城市空间形态结构评价模型
				城市景观线和街道对景保护	对城市景观线进行提取，保护路口和曲折道路转角处的街道对景，从城市设计角度提出高度、体量和建筑形态控制要求	景观敏感点、主要街道、土地使用规划（控规层面）、高度控制分区	视域分析、空间句法、天际线分析	ArcGIS (3D Analyst Tools)、DIP 3D、AxWoman、SketchUp	可视性分析模型

## 涉及的方法、软件和模型（部分）

128个方法  
59个软件  
58个模型

方法	软件	模型
情景分析	ArcGIS	区位分析模型
多属性评价	CAD	用地适宜性分析模型
规范和经验结合法	GIS	现状综合分析模型
叠加分析	Excel	基础地形分析模型
拟合客流法	SPSS	交通设施选址模型
经验法	What If?	公共服务设施综合模型
邻近分析	ArcGIS (Overlay)	人口承载力分析模型
相关分析	ArcGIS (Spatial Analyst)	人口总量预测模型
趋势分析	控规汇总系统	BUDEM模型
辐射区分析	Cube	建筑-用地关联模型
密度核分析	ArcGIS(Overlay, Proximity)	规划指标计算模型
回归分析	Trips	人口空间分布模拟模型
聚类分析	ArcGIS (3D Analyst)	用地功能布局分析模型
平衡计算	CH规划数据管理工具	限建区划定模型
最优化理论	BICP 3D	网络优化模型
最优理论	Erdas	土地利用与交通整合模型
重力模型	Fragstats	土地利用与市政整合模型
综合增长率法	Envi	居住区位选择模型
栅格代数运算	EPAnet	管网水力模型
指数增长模型	SketchUp	产业区位选择模型
整数规划	美国海思德	空间形态评价模型
遗传算法	上海三高宏扬NetSimu	流域划分模型
元胞自动机	SWMM	路网结构评价模型
水力计算	SPSS (Time Series)	路网均衡模型
投入产出分析	规划辅助平台MDPAP	景观指数综合评价模型
资源承载力预测法	宏业计算软件	视域分析模型
人工神经网络	CUF, ArcGIS	现状与规划比较分析模型
节点水头平差法	GeoDA	灾害分布特征及诱因分析模型
马尔萨斯人口模型	EcoTech	文物保护范围分析评定模型



# 技术方法的解释说明

## 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, 再根据需要将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<sup>1</sup>。

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<sup>2</sup>。

## 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。

## **PART5: 结论与展望**

- **Conclusions and perspectives**

## 北规院开展的诸多已有研究

- 早在**2007年**已启动**PSS**方面的研究
- 已经形成了**PSS**研究和应用的核心工作团队
- 出版了一部专著、多篇国内核心和**SSCI**学术论文
- 设计开发了多个应用于规划实践的**PSS**
- 建立了多项规划支持模型，并获得了多项省部级奖励
- 在已有研究基础上，尝试建立了**PSS**框架体系

## 研究展望

- 规划支持系统对于科学决策必将发挥重大作用
- 规划支持系统将是规划信息化未来的研究热点
- 大数据时代已经来临，“数据就是模型”

## 推荐阅读

- Long Y, Shen Z, Mao Q, 2011, “An urban containment planning support system for Beijing” *Computers, Environment and Urban Systems* 35(4) 297-307
- 龙瀛, 沈振江, 毛其智, 胡卓伟, 2011, “城市增长控制规划支持系统: 方法、开发及应用” *城市规划* 35(3) 62-71
- 龙瀛, 毛其智, 2010, “城市规划支持系统的定义、目标和框架” *清华学报* 50(3) 335-337
- 龙瀛, 2007, “规划支持系统原理与应用” 北京: 化学工业出版社



**BCL网站**



**BCL微信公众号**

<http://www.beijingscitylab.com/>

新浪微博：@龙瀛a1\_b2 @北京城市实验室

微信公众号：beijingscitylab

**未来更新将在BCL网站公布，敬请关注。**

这套课件为龙瀛及其合作者近年来在城市模型领域研究的部分合集，包括传统的城市模型、基于大数据的城市模型、大模型这一城市与区域研究新范式，以及最近的面向规划设计应用的初步探索。

这些PPT在不同的学术会议和论坛上做过发表，时间和精力有限，并没有专门针对此课件进行调整。课件内容难免有不完善之处，欢迎将意见和建议致信到longying1980@gmail.com