

元胞自动机模型（栅格）

Raster Cellular Automata Model for Modelling Urban Growth



龙瀛

清华大学建筑学院

2018年4月3日

科学人文

(美) 米歇尔·沃尔德罗普 著
陈玲译

复杂

诞生于秩序与混沌边缘的科学

复杂

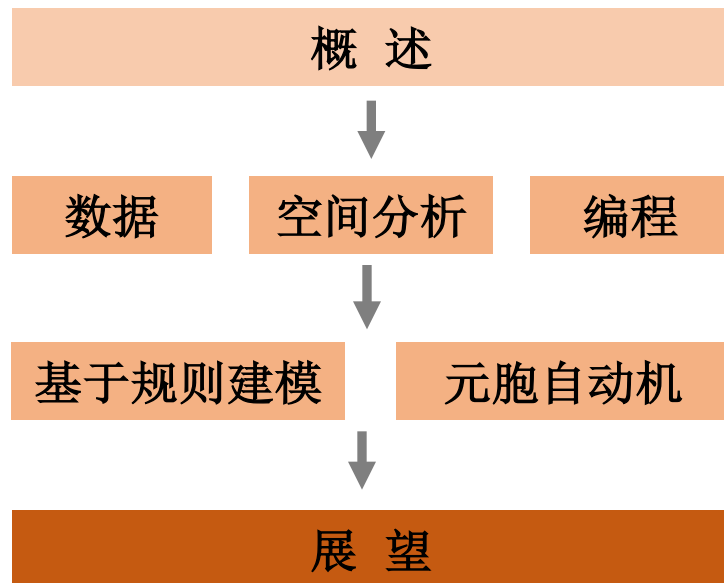
诞生于秩序与混沌边缘的科学

(美) 米歇尔·沃尔德罗普 著
陈玲译

生活·读书·新知三联书店

《城市模型概论》教学大纲

1. 2月27日W1: 城市模型概论之概论
2. 3月06日W2: 模型基础数据
3. 3月13日W3: 基于规则建模
4. 3月20日W4: 城市空间分析方法
5. 3月27日W5: 模型开发语言
6. 4月03日W6: 元胞自动机模型（栅格）
7. 4月10日W7: 元胞自动机模型（矢量）
8. 4月17日W8: 大数据时代的城市模型展望



2017-2018 学年度春季学期和夏季学期

日 星期	星期						
	一	二	三	四	五	六	日
周次	月						
0	19	20	21	22	23	24	25
1	二	26	27	28			
2	三	5	6	7	8	9	10
3		12	13	14	15	16	17
4		19	20	21	22	23	24
5		26	27	28	29	30	31
6	四						1
7		2	3	4	5	6	7
8		9	10	11	12	13	14
9		16	17	18	19	20	21
10		23	24	25	26	27	28
11	五	30					
12	1	2	3	4	5	6	
13	7	8	9	10	11	12	13
14	14	15	16	17	18	19	20

清华大学

2017-2018 学年度校历

春季学期(2018年)

1. 2月24日、25日教职工照常上班，本科生、研究生2月25日前完成注册。
2. 2月26日全校本科生、研究生开始上课。
3. 妇女节：3月8日正常上课，女教工放假半天。
4. 清明节：4月5日-7日放假调休，共3天。
5. 校庆及“五一”：4月28日、29日（校庆日）教职工照常上班；4月30日-5月4日放假调休，共5天。
6. 端午节：6月18日放假，与周末连休。
7. 第8周期中测验。第17周、18周末考试。

所有参考资料（不断更新）

教材（参考书）



龙瀛 2007 化学工业出版社专著_规划支持系统原理与应用.pdf
Adobe Acrobat Document [6.7 MB]

Download



Batty_UrbanModelling.pdf
Adobe Acrobat Document [17.1 MB]

Download

UCL 《Urban Modelling》 课件

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 1:
What are Models:

The Scientific Context: Definitions of Model and Theory: The Model-Building Process, Data Analysis to Calibration to Prediction

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 2:
Modelling Histories: Types and Styles:

Urban Models defined, The Urban Modelling Timeline, What Kind of Cities, Examples of Three Model Types

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 3:
Basic Theories of Space, Social Physics and the Urban Economy:

The Role of Distance in London: Examples: Von Thunen, Population Density, Gravitation

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 4:
Land Use Transportation Models:

Gravitation and Spatial Interaction, Derivation Methods

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 5:
Integrated Urban Models

Some of the previous lecture in the open box is repeated as we now have some better visuals

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 6:
Integrated Assessment:
The Tyndall Models for Greater London:

Topical Issues of Climate Change and Energy Predictions in Models

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 7:
Cellular Automata Modelling:
Principles of Cell Space Simulation

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 8:
Modelling Urban Morphology:

Fractal Geometry, Relations to CA, And Urban Form

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL

MRES IN ADVANCED SPATIAL ANALYSIS AND VISUALISATION

Lecture 9:
Agent-Based Urban Models:

Individual Based Models: Ideas about Dynamics and Movement: Pedestrian Models

Centre for Advanced Spatial Analysis UCL



MRes-Lectures-UCL.zip
Compressed Archive in ZIP Format [7.3 MB]

Download

《土地使用与交通整合模型》课件

Micro-simulating complex Systems: The trend of ILUTM

CE6210 Lecture

Winter 2012

By M. Zhong

University of New Brunswick

Department of Civil Engineering

Integrated Transportation Land Use Package (ITLUP)
(Lecture Presentation)

CE 6210 Spatial Economic Modeling for Integrated Land Use Transportation Planning

UrbanSim (OPUS) – Presentation Outline

- Sleepy Theory
- Model Prototype and Implementation
- Examples
- Conclusions

TRANUS



MEPLAN Model Framework

MUSSA and Its Theoretical Formulations

CE6210 Lecture

Winter 2012



Spatial Input-Output Models: PECAS

Webinar 4 of an 8-part TMP
Webinar series on land use
forecasting methods.

CE6210 lecture notes

Introduction to PECAS

Ming Zhong Ph.D., P. Eng.

Dept. of Civil Engineering, UNB



CE6210 lecture notes

What is and why LUT model?

Ming Zhong Ph.D., P. Eng.

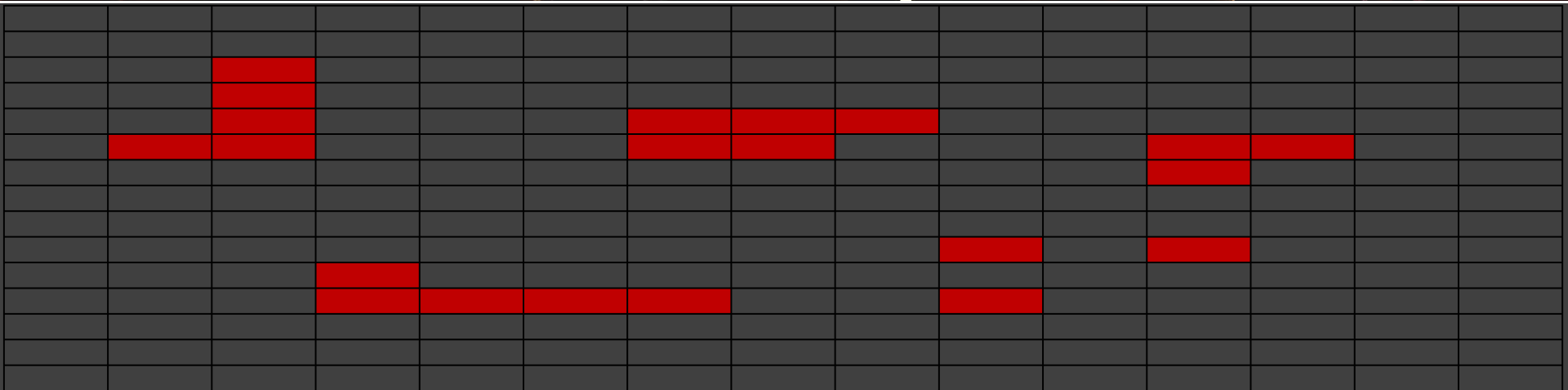
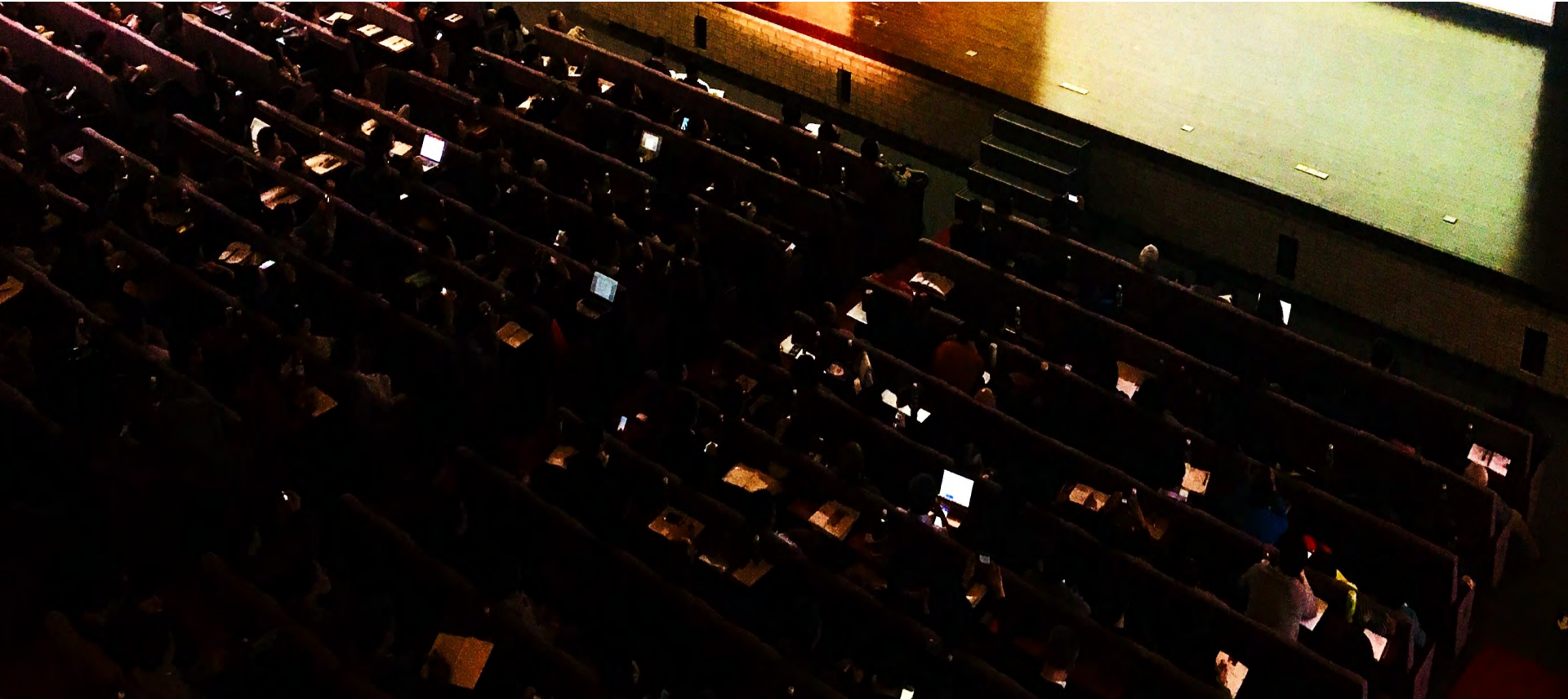
ITS Research Center, Wuhan University
of Technology

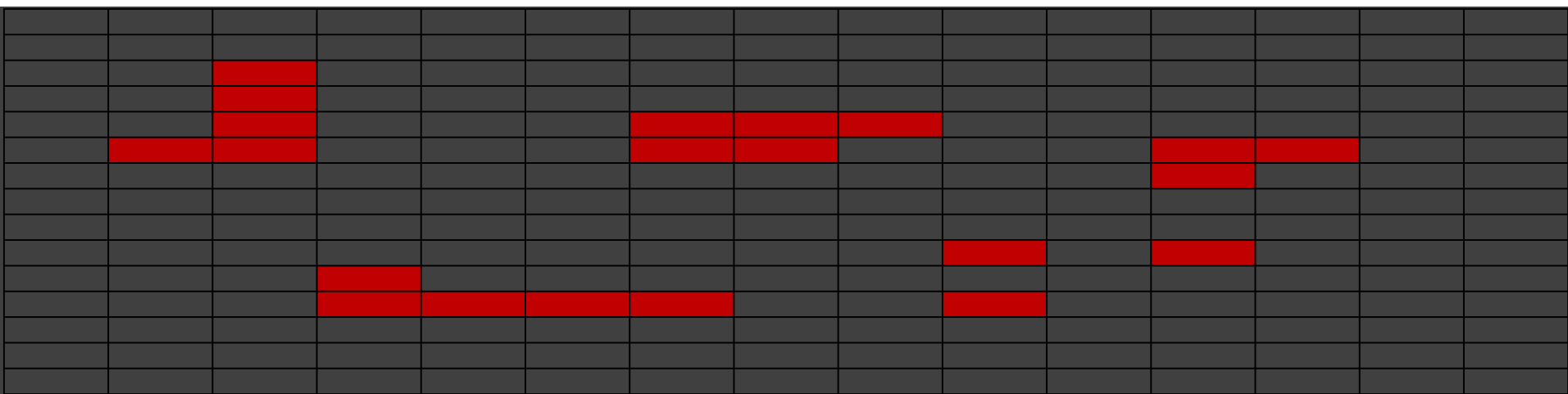


钟鸣《土地利用与交通整合模型》课件.zip

Compressed Archive in ZIP Format [22.7 MB]

Download

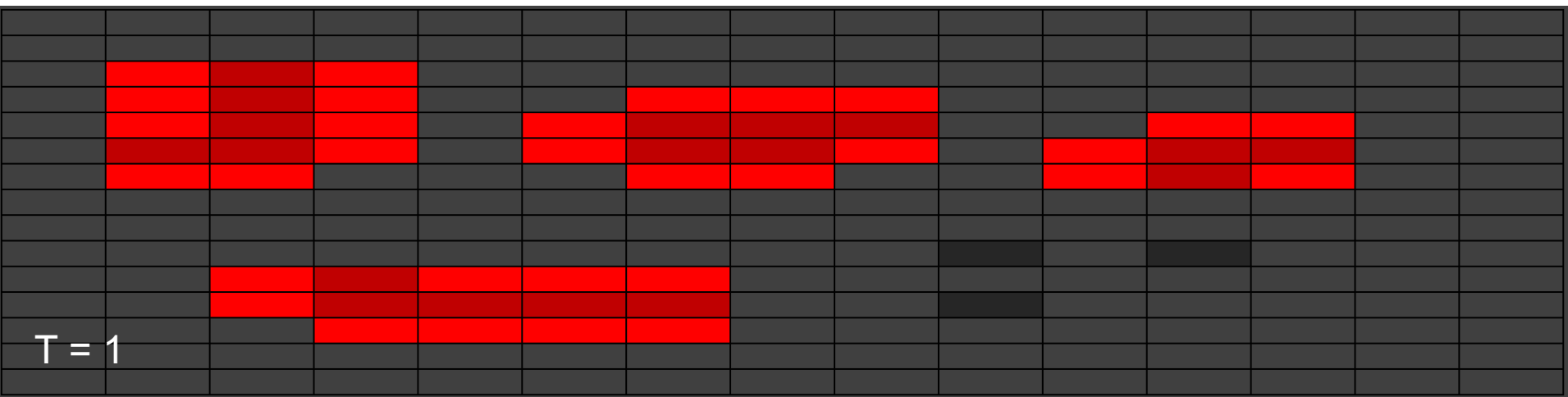
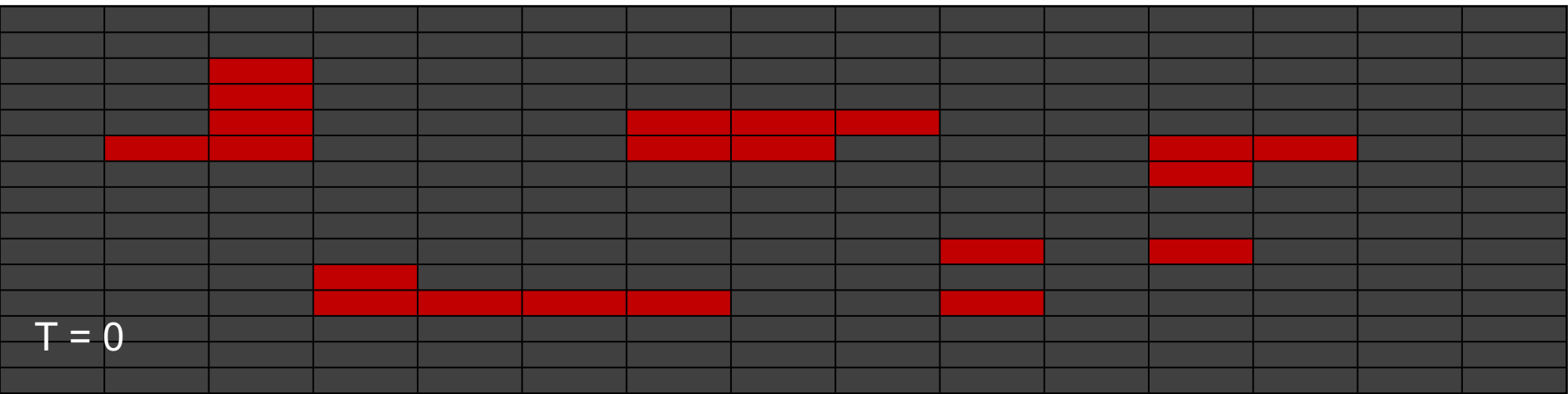




- 红色：1；深灰色：0
- 规则：（不含自身）周边2个或以上为1，则1；周边没有，则0。



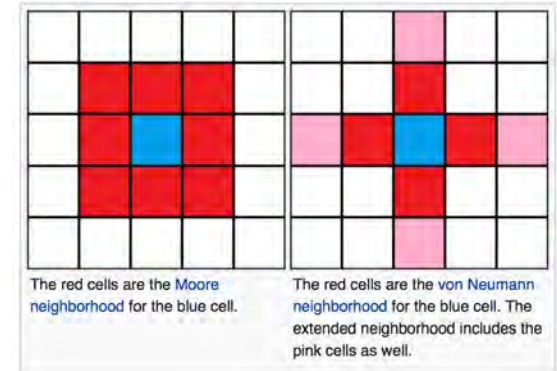
周边：有一条边或者一个顶点相接。



- 规则：（不含自身）周边2个或以上，则1；周边没有，则0。



https://en.wikipedia.org/wiki/Cellular_automaton



Gosper's Glider Gun creating "gliders" in the cellular automaton

Conway's Game of Life

(https://en.wikipedia.org/wiki/Conway%27s_Game_of_Life)

The universe of the Game of Life is an infinite two-dimensional [orthogonal](#) grid of square *cells*, each of which is in one of two possible states, *alive* or *dead*, or "populated" or "unpopulated". Every cell interacts with its eight [neighbours](#), which are the cells that are horizontally, vertically, or diagonally adjacent. At each step in time, the following transitions occur:

1. Any live cell with fewer than two live neighbours dies, as if caused by underpopulation.
2. Any live cell with two or three live neighbours lives on to the next generation.
3. Any live cell with more than three live neighbours dies, as if by overpopulation.
4. Any dead cell with exactly three live neighbours becomes a live cell, as if by reproduction.



- 一. 基本背景
- 二. 建模方法
- 三. 模型数据
- 四. 参数识别
- 五. BEIJING2020
- 六. BEIJING2049
- 七. 讨论与结论

Introduction

Method

Data

Calibration

Application1

Application2

Discussions & Conclusion

一、模型建立的背景

研究背景

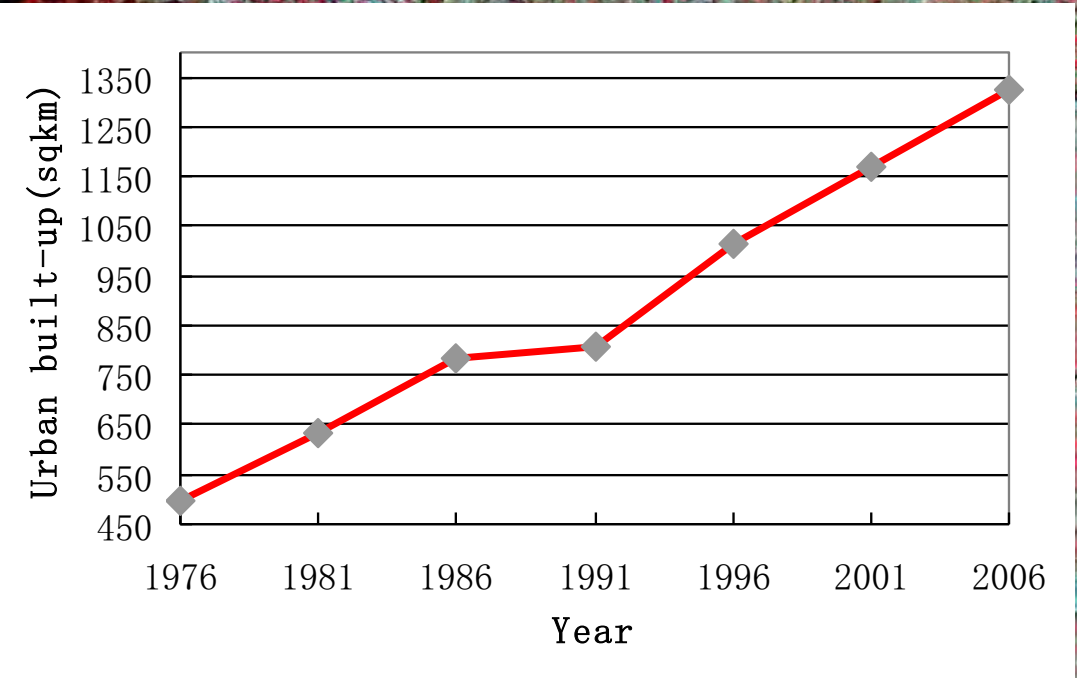
城镇建设用地

农村建设用地

Beijing SPOT5

2007-10-16~11-07

By courtesy of Prof. Mao



北京近年来城市建设用地的快速增长

- 1976年：495 km²
- 2006年：1324 km²

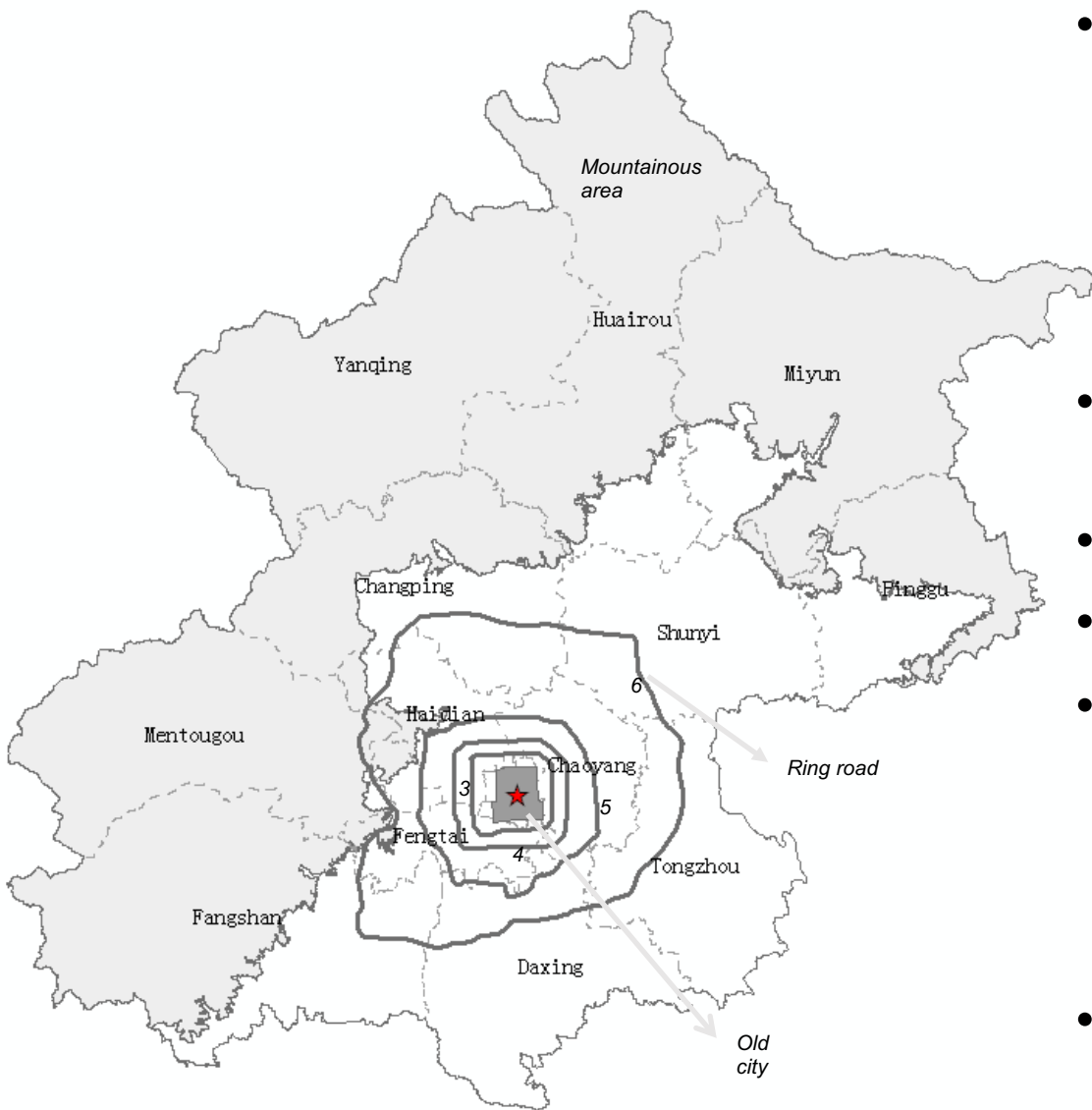
城市规划的应对

- 如何制定城市的空间布局
- 如何评估空间政策的影响
- 如何实现指定的规划布局
- 以往城市规划所起的作用

城市增长模型的需要

- 国际上CUF、MEPLAN等城市模型
- 北京城市发展模型：BUDEM

模型概况

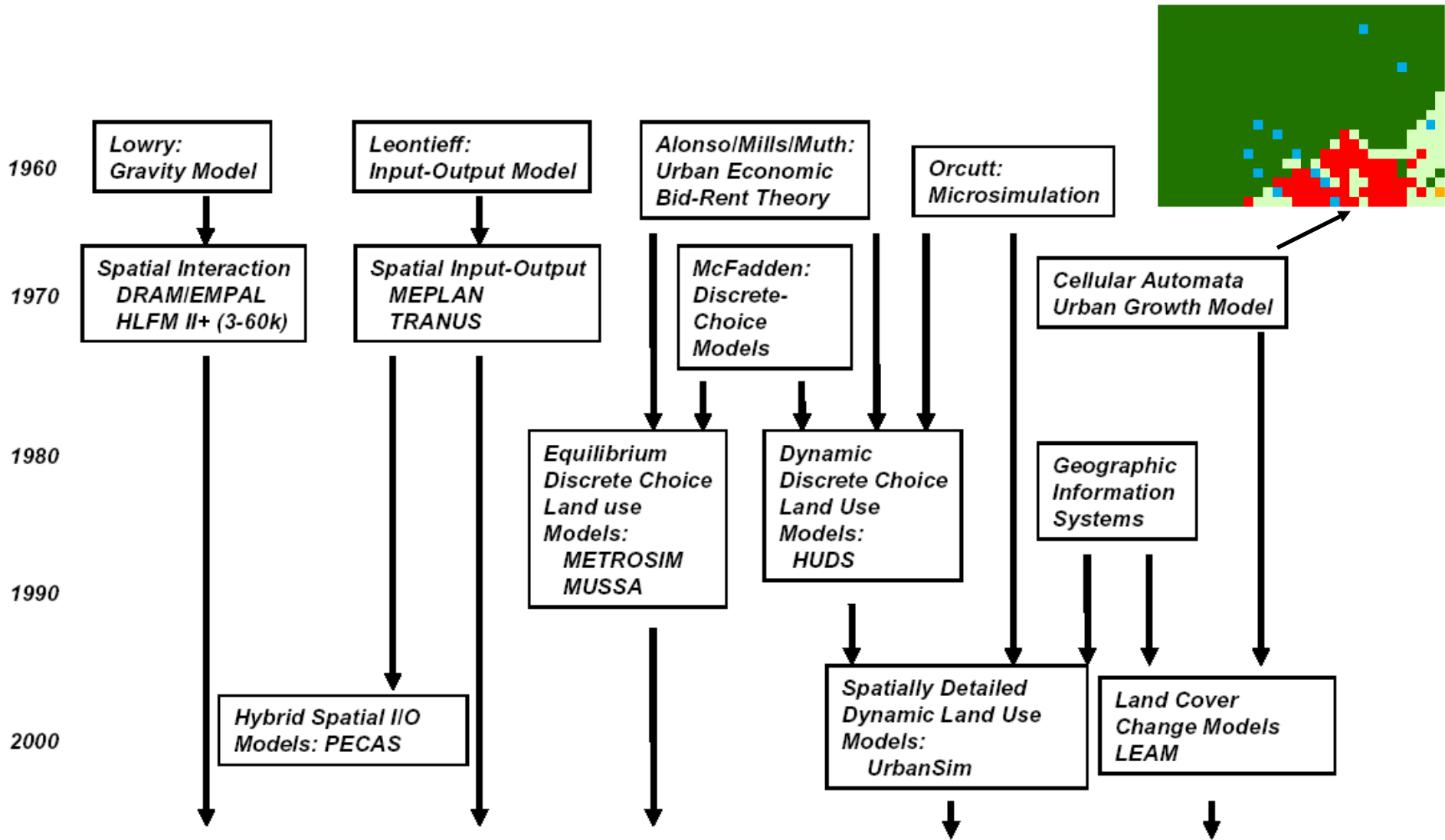


- 北京城市发展模型（Beijing Urban Developing Model, **BUDEM**），规划院管理项目，2007年5月启动，规划研究室和规划信息中心共同完成（属于所管项目）
- 空间范围：北京市域16410平方公里
- 模型精度：500m
- 建模方法：CA、Logistic回归
- 模型定位：可应用的城市空间增长模拟模型，直接面对超大城市的城市规划编制和管理部门，远景为综合的城市模型
- 开发平台：VB，ESRI Engine9.x

研究内容/目的

1. 作为城市空间发展政策模拟的平台，为下一阶段开展区域规划、战略规划、总规修编、重大空间战略提供决策支持
2. 识别北京的不同历史阶段（自1976年）的城市空间增长的驱动因素
3. 对历次城市总体规划的实施效果及其作用进行评价
4. 提出2020年（规划期末）总体规划方案实现的空间政策保障及相应的空间增长过程
5. 模拟2049年（建国100周年）不同发展模式的城市空间增长情景
6. 作为相关研究的规划支持系统（京津冀、其他城市、专项、总规、深度应用），对信息部门数据收集提供建议

相关研究进展 (城市模型演变)



Source: Waddle

相关研究进展（基于CA的城市空间增长模拟：国外）

国外基于CA开展城市空间增长方面的研究起步比较早，也是CA当前应用的一个重点：

- Tober (1970) 首次正式基于CA模拟美国五大湖区底特律的城市扩展；
- Couclelis (1985, 1988, 1989, 1997) 通过对虚拟城市的模拟来说明简单的规则能够产生复杂的城市形态，显示了CA在模拟城市增长方面的巨大潜力；
- Batty等 (1991, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999) 基于分形理论和CA对城市的形成和扩展进行了系列研究，取得了较大的进展；

- White和Engelen (1993) 对将CA应用于城市规划领域进行了尝试，White和Engelen (1997) 利用CA模拟了美国辛辛那提的土地利用模式；
- XIE (1994) 对美国Buffalo城市土地利用变化进行有效模拟；
- Clark和Gaydos (1998) 利用所建立SLEUTH模型，对美国旧金山湾和华盛顿-巴尔的摩地区进行城市增长的远景模拟，是对真实城市进行模拟的早期实践；
- Wu (1998a, 1998b, 2002) 实现CA与MCE的有机集成，分别采用AHP和Logistic等方法获得转换规则，对中国广州的城市扩张进行模拟。

复杂的系统驱动于简单的规则

相关研究进展（基于CA的城市空间增长模拟：国内）

国内的关于基于CA模拟城市增长的文献，部分属于文献综述性质：

- 叶嘉安、黎夏（Li和YEH, 1998, 2000, 2002, 2004; YEH和Li, 2001, 2002, 2006; 黎夏和叶嘉安, 1999, 2001, 2002; 黎夏和叶嘉安等, 2007）在MCE、ANN、灰度、遗传算法、蚁群算法等方法提取转换规则方面的进展，同时开展了CA模型的不确定性的研究，并提出了地理模拟系统的概念；
- 周成虎和谢一春（2001）建立GeoCA-Urban模型，考虑元胞的生命阶段；
- 武晓波等（2002）利用CA模型模拟海口市的城市发展；
- 郭鹏和薛惠锋等（2004）利用CA模型对西安市的城市增长过程进行模拟；
- 罗名海（2005）利用CA模型预测武汉市主城空间增长过程；
- 李森林（2005）利用CA模型模拟福州市的城市发展；
- Chunyang He等（2006）等利用系统动力学和CA相结合的方法进行对中国北方13省未来20年土地利用变化的情景模拟
- 沈体雁等（2007）将Forrester城市动态学与元胞自动机相结合，建立了城市增长的时空动态模拟模型，对北京部分地区的城市增长进行了模拟研究；
- 欧金明等（2007）基于CA和人工神经网络对北京东部平原区的城市形态进行了情景分析；
- Chunyang He等（2008）利用潜力模型和CA对北京市域的城市增长进行模拟（至2015年）。

相关研究进展（小结）

- 总体上，采用CA模拟城市空间增长在国际上有过较多探讨，相对比较成熟；国内的部分学者做了一定的文献综述、理论分析、框架层次的工作，并有在珠江三角洲、海口、武汉、西安、福州、北京等真实城市模拟的应用案例，以北京市域为研究区域只有（Chunyang He等，2008）。但针对规划方案实现策略模拟和远景预测（2049年）并没有文献报道；
- CA约束条件方面，已有的CA城市模型的约束条件，考虑四类约束条件较少（也少有考虑约束条件的时空复杂性），对于邻域的影响往往是通过主观赋值的方式确定的，失之于科学性。特别地对于制度性约束条件这一类，在应用中考虑的较少，制度性约束条件设置的过于简单，因而对规划政策的模拟还有待深入研究。

上述案例为以北京为研究对象，采用CA模型开展城市增长模拟提供了诸多参考，本项目在研究时序、转换规则获取方法、制度性约束、政策模拟获取、面向规划应用等方面做了一定的突破。

二、建模方法

1. 城市空间增长理论
2. 模型逻辑
3. 相关因素选择
4. CA概念模型
5. 转换规则
6. 模型开发与测试

城市空间增长理论

- 在宏观层面，城市空间增长的基本驱动力分为人口变化、贫富状况、技术变化、经济增长、政治经济结构变化以及观念和价值等多方面 (P. C. Stern, 1992)；
- 本研究的城市空间增长范畴，与宏观层面的不同，本研究侧重于利用空间要素进行微观层面的研究；
- 经典的城市土地利用模型显示，土地开发受区位和地理条件影响，Alonso (1964) 在其单中心城市区位理论中指出，距离城市中心的距离是影响城市土地利用的主要因素，随着距离的增大，可达性和交通成本升高，最优的用地类型也随之改变；
- C. A. Doxiadis 创建的人类聚居学指出，人类聚居的区位主要受到三种力的吸引：现有城市中心、交通干道、自然景观；(吴良镛, 2001)
- 城市经济学家多采用回归的方法计算城市开发概率，Logistic 回归或多元 Logit 模型可以用于检验土地利用变化与区位特征的关系 (MaMillen, 1989)。但它仅反应土地利用变化的宏观分布，并没有考虑到土地开发的自组织过程。集成了自发增长和自组织增长是 CA 模拟城市空间增长的特点所在。

中国的城市增长特点：

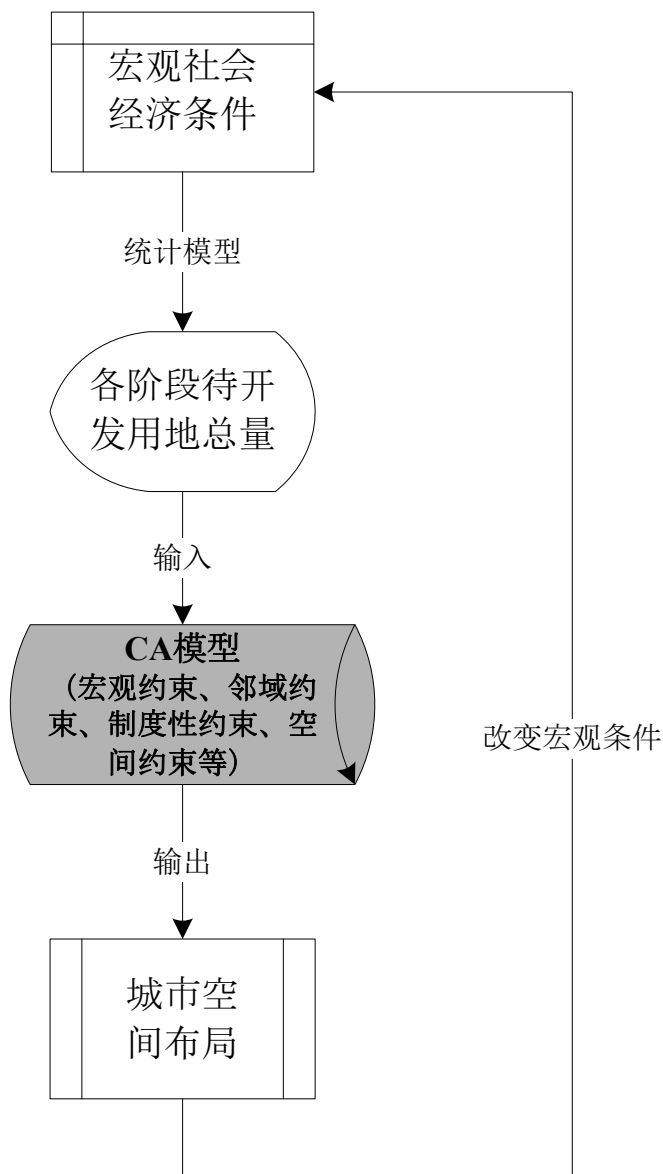
既有自上而下的政府行为，又有自下而上的基层自发开发：

• 自上而下控制：

- 根据宏观社会经济条件，政府制定宏观发展目标（存量及增量土地供应计划、近期建设规划、年度实施计划），也部分进行一级开发
- 开发商持有指定的开发项目，由政府根据客观的土地综合评价（自然地形、规划控制等），寻找适宜的开发地区（有competing的过程，即基层行政单位或区域bidding）

• 自下而上发展：

- 基层土地使用权持有者自发开发行为（农地开发，城镇中心附近、公路附近等），这种行为也受到制度性约束（城市规划、生态保护政策等）和自然约束（坡度、灾害等）的影响
- 基层开发行为反馈至政府，调整规划或发展目标（影响社会经济条件，形成完整的反馈）



参考城市增长的中国现实特点，可以看出中国的城市增长既受到宏观层面上政府的控制，也有为微观层面的自发增长。本模型的模拟思路总体上分为两个步骤：

- 首先在宏观上由政府（或开发商 Planner agents）根据宏观社会经济条件确定每一阶段的待开发土地的总量（社会经济因素作为外生变量引入模型）
- 之后在微观上采用CA的方法考虑各种约束条件，模拟城市增长，基于模拟结果进行拟开发总量的空间分配（Allocation），给出与开发总量相对应的土地的空间分布。

（模拟中并没有考虑Competing的过程）

相关因素选择

- **Hedonic模型** (Hedonic Price Model, 享乐价格模型) 认为商品由很多不同的属性构成, 其价格由所有属性带来的效用决定, 由于各个属性的数量和组合方式的不同, 商品价格产生差异 (Lancaster, 1966);
- Butler (1982) 认为影响住宅价格的因素有三类, 区位Location、建筑结构Structure和邻里环境Neighborhood;
- 住宅价格反映的是消费者对住宅属性的偏好之和, 而城市的开发同样如此, 也是开发商对地块的相关属性的偏好之和, 因此参考Hedonic价格法的理论框架, 同时考虑数据的可获得性, 选择影响城市增长的相关要素, 作为CA模型的变量。
- 基于Hedonic模型
- 区位 (空间约束):
 - 与各级城镇中心的最短距离
 - 天安门 d_{tam} 、边缘集团 d_{edge} 、重点新城 d_{vcity} 、新城 d_{city} 、重点镇 d_{vtown} 、一般镇 d_{town}
 - 与河流的最短距离 d_{river}
 - 与道路的最短距离 d_{road}
 - 与镇行政边界的最短距离 d_{bdtown}
 - 京津冀区域吸引力 f_{rgn}
- 邻里 (邻里约束):
 - 邻域内的开发强度 $neighbor$ (即邻域内不包括自身的城市建设元胞数目与8的商)
- 政府 (制度性约束)
 - 城市规划 $planning$
 - 土地等级 $landresource$
 - 限建分区
 - 禁止建设 con_f , 限制建设 con_s

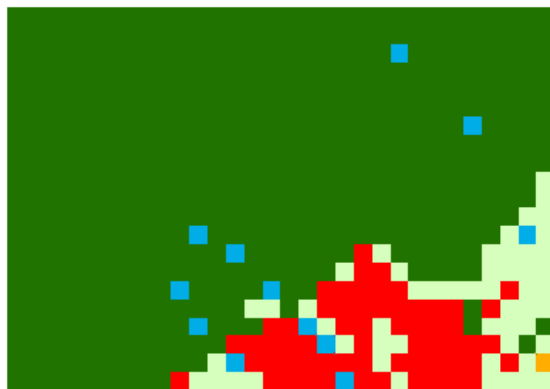
CA概念模型

$$\begin{aligned} V_{i,j}^{t+1} &= f \{ V_{i,j}^t, Global, Local \} \\ &= \{ V_{i,j}^t, LOCATION, GOVERNMENT, NEIGHBOR \} \\ &= f \left\{ \begin{array}{l} V_{i,j}^t, \\ d_tam_{i,j}, d_vcity_{i,j}, d_city_{i,j}, d_vtown_{i,j}, d_town_{i,j}, \\ d_river_{i,j}, r_road_{i,j}, d_bdtown_{i,j}, f_rgn_{i,j}, \\ planning_{i,j}, con_f_{i,j}, landresource_{i,j}, \\ neighbor^t_{i,j} \end{array} \right\} \end{aligned}$$

$V_{i,j}^t$ 为t时刻的ij位置的元胞状态

$V_{i,j}^{t+1}$ 为t+1时刻的ij位置的元胞状态

f 为元胞的状态转换规则



- 元胞空间 Lattices
 - 市域16410sqkm (可随时调整)
- 元胞 Cells
 - 500m*500m
 - 65628个
- 状态变量 CellStates
 - V=1: 城市建设用地
 - V=0: 非城市建设用地
- 转换规则 TransitionRules
 - 多属性分析方法MCE
 - 具体见
- 邻域 Neighborhoods
 - 摩尔 (Moore) 邻域
 - 3*3, 矩形, 8个邻近元胞
- 离散时间 DiscreteTime
 - 1iteration = 1month

转换规则

- 转换规则是CA研究的热点和核心之一，其获取方法有多种：多准则判断MCE、灰度、主成分分析PCA、人工神经网络ANN、遗传算法GA、Fisher判别、非线性核学习机、支持向量机、海量参数枚举(黎夏, 2007)；
- 本研究采用MCE方法建立元胞状态转移规则，建立CA转换规则的过程，也就是BUDEM模型参数率定 (Identification) 的过程。

以Hedonic模型作为城市空间增长因素选择的框架，对Wu(2002)和Clark(1998)的方法作一定的改进：

- 把除邻域作用 $neighbor$ 的全部空间变量引入Logistic回归方程中，获取其回归系数，在此基础上利用单一参数循环的方式 (MonoLoop) 识别 $neighbor$ 的权重系数，一方面利用历史数据获得更为真实的发展规律，一方面大大降低了模型运算的时间。

转换规则：形式及流程

$$1. LandAmount = \sum_t stepNum^t$$

$$2. s_{ij}^t = \beta_0$$

$$+ \beta_1 * d_tam_{ij} + \beta_2 * d_vcity_{ij} + \beta_3 * d_city_{ij} + \beta_4 * d_vtown_{ij} + \beta_5 * d_town_{ij} \\ + \beta_6 * d_river_{ij} + \beta_7 * r_road_{ij} + \beta_8 * d_bdtown_{ij} + \beta_9 * f_rgn_{ij} \\ + \beta_{10} * planning_{ij} + \beta_{11} * con_f_{ij} + \beta_{12} * landresource_{ij}$$

$$+ \beta_{13} * neighbor^t_{ij}$$

$$3. p_g^t = \frac{1}{1 + e^{-s_{ij}^t}}$$

$$4. p^t = \exp \left[\alpha \left(\frac{p_g^t}{p_g^{t,max}} - 1 \right) \right]$$

5. for k = 1 to stepNum^t

if $p_{ij}^t = p_{max}^t$ then $V_{ij}^{t+1} = 1$

$p_{ij}^t = p_{ij}^t - p_{max}^t$

p_{max}^t update

next k

变量解释：

$LandAmount$ 元胞总增长数目

$stepNum^t$ 每次循环元胞增长数目

s_{ij}^t 土地利用适宜性

β 空间变量权重系数

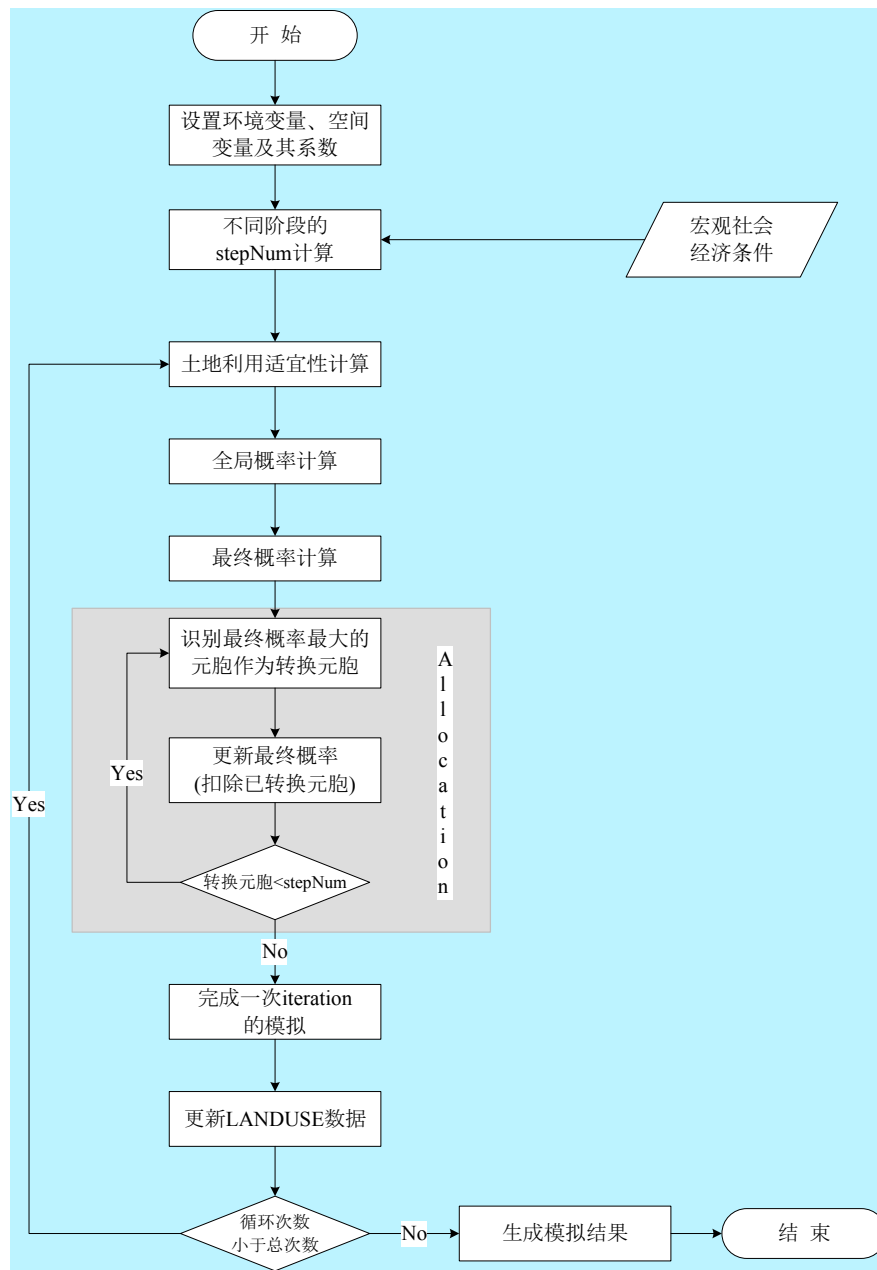
p_g^t 变换后的全局概率

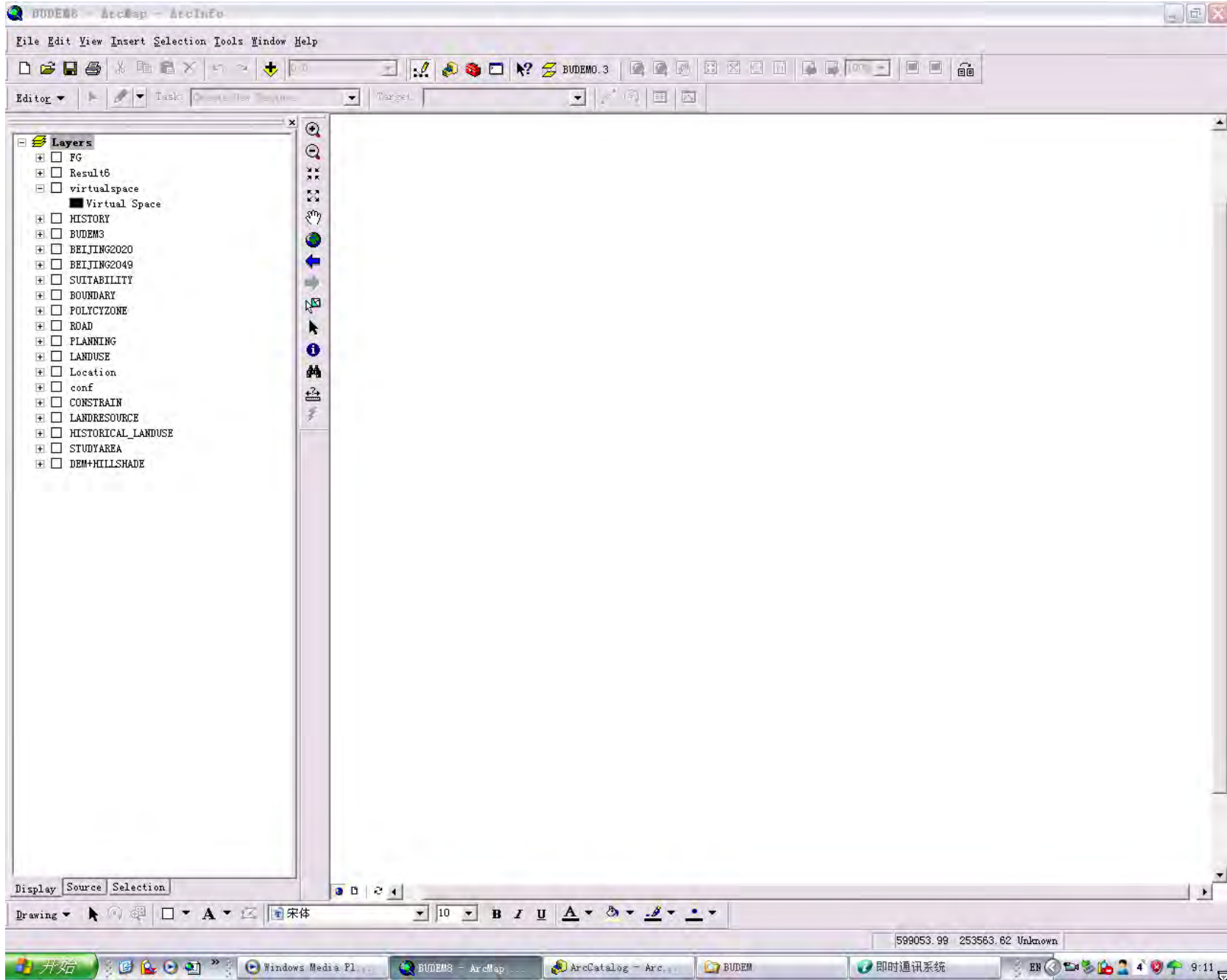
$p_{g,max}^t$ 每次循环中全局概率最大值

α 扩散系数 (1-10)

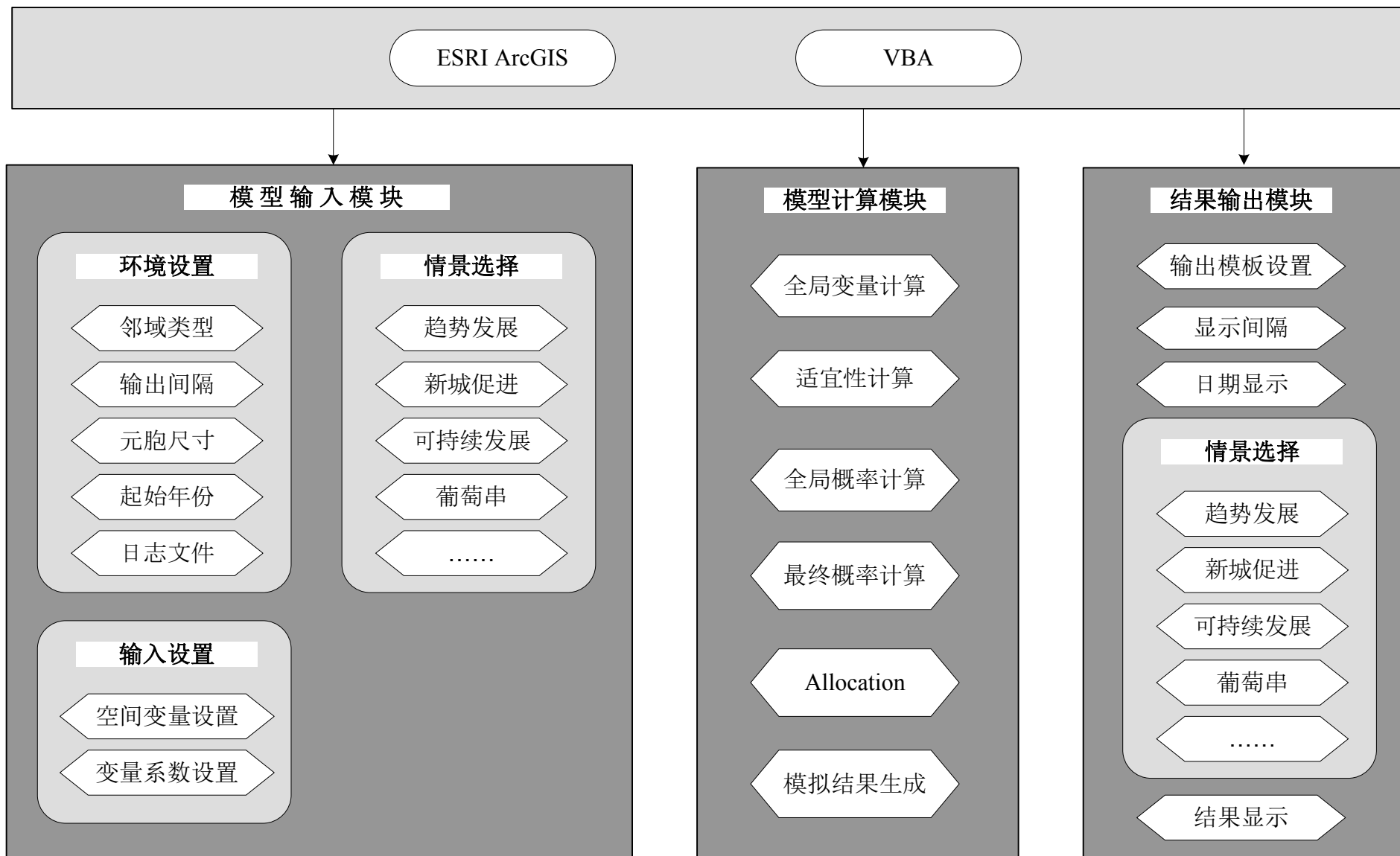
p^t 最终概率

p_{max}^t 每次循环不同子循环内最终概率最大值，其数值在子循环内不断更新





模型系统结构图

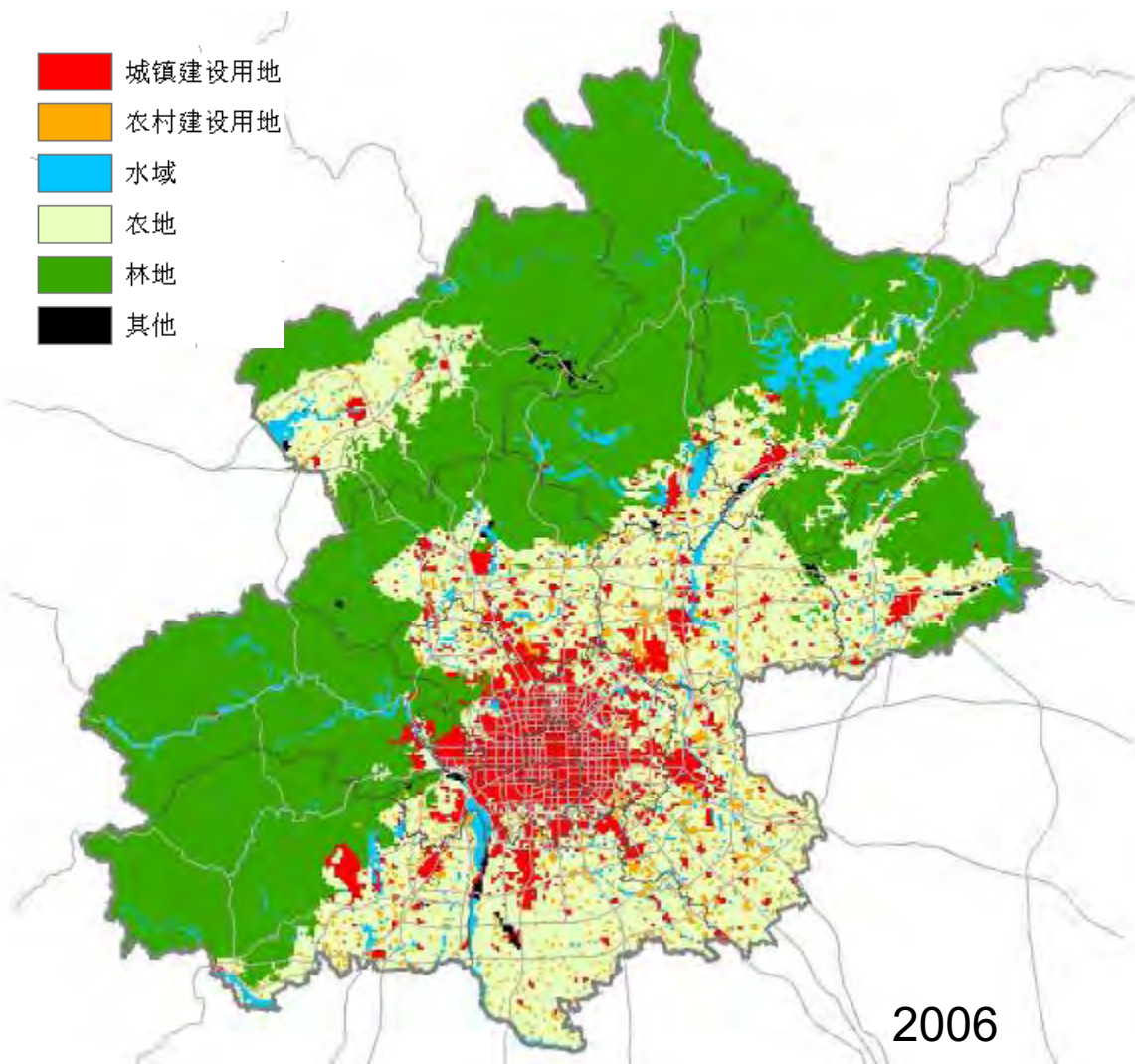


三、模型数据

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1. 土地利用 | LANDUSE |
| 2. 限建分区 | CONSTRAIN |
| 3. 土地等级 | LANDRESOURCE |
| 4. 区位 | LOCATION |
| 5. 城市规划 | PLANNING |
| 6. 边界 | BOUNDARY |
| 7. 政策区 | POLICYZONE |
| 8. 城市发展时间序列表 | UrbanInfoSeries |

1. LANDUSE

- 城镇建设用地
- 农村建设用地
- 水域
- 农地
- 林地
- 其他



- 近期土地利用数据，用于表征不同年份的土地利用情况
- 数据来源：TM、MSS等影像1947~2006，时间跨度近60年，其中1976年至2006年的时间间隔为5年

- ① Land2006TM
- ② Land2001TM
- ③ Land1996TM
- ④ Land1991TM
- ⑤ Land1986TM
- ⑥ Land1981MSS
- ⑦ Land1976MSS
- ⑧ Land1964DISP
- ⑨ Land1955-1982
- ⑩ Land1947MAP

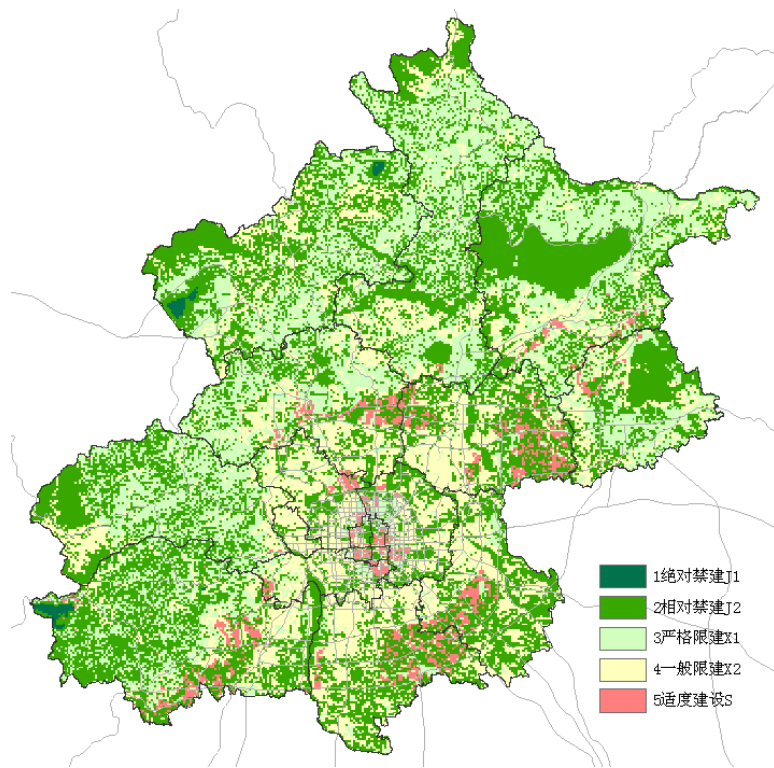
2. CONSTRAIN

限建分区	面积 (平方公里)	百分比 (%)
1 绝对禁建区	55.5	0.3
2 相对禁建区	7130.1	43.5
3 严格限建区	4819.2	29.4
4 一般限建区	3878.2	23.6
5 适度建设区	527.1	3.2

- **绝对禁建区：**严格禁止一切城乡建设。
- **相对禁建区：**严格禁止与限建要素无关的建设。
- **严格限建区：**存在严格的生态制约条件，对城市建设的用地规模、用地类型、建设强度以及有关的城市活动、行为等方面的限制较多，难以克服或减缓限制要求与建设之间的冲突，否则易产生重大的负面影响。
- **一般限建区：**存在较为严格的生态制约条件，尽管对城市建设的用地规模、用地类型、建设强度以及有关的城市活动、行为等方面加以限制，但在特殊情况下通过技术经济改造等手段可以减缓限制要求与建设之间的冲突。
- **适宜建设区：**生态制约条件较少，对城市建设的用地规模、用地类型、建设强度以及有关的城市活动、行为等方面的限制较为单一，在一般条件下可以适度开展城市建设的地区。

• 限建分区数据，用于表征对城镇建设的限制程度

数据来源：北京市规划委员会，2007，北京市限建区规划(2006年-2020年)



2. CONSTRAIN

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	洪涝调蓄
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

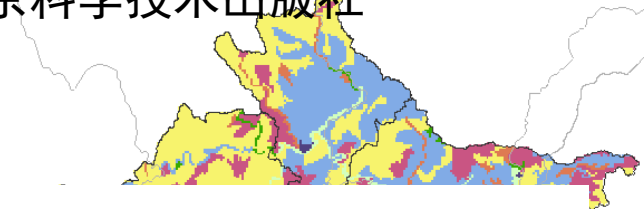
- 该规划的基础为现有的法律、法规、规范等；
- 限建要素分为水、绿、地、环、文五个专业，16类（如左表），56个限建要素，110个限建图层；
- 规划结论为近30万个计算斑块，每个单元对应相应的导则；
- 该规划保持滚动更新（限建要素、限建导则、PSS）；
- *con_f*: 绝对禁建区和相对禁建区为1，其余为0

3. LANDRESOURCE

ID	Description
1	土地质量好，限制因素强度为零级，一般无旱、涝、盐、碱、砂等限制性因素。土地适宜性广，生产力高。
2	土地质量较好，有旱、涝、砂、姜等限制性因素，但强度轻微，均为一级。土地适宜性和生产力较高。
3	土地质量中等，易旱、易涝、易盐渍化，限制强度达二级。应采取各种土地改良措施。
4	土地质量较差，限制性因素较多，有砂、粘、涝、盐、风蚀、坡度、土层厚度等限制性因素，限制强度为三级，土地改良困难。
5	土地质量很差，限制因素强度达到四级，不宜农耕。
6	土地质量更差，土薄、坡陡、限制强度达到五级，仅能宜牧。
7	土地质量极差，限制强度达到五级活六级。缺少细土层，质地粗疏，宜封滩育草或固定沙丘。
8	限制因素强度最大，主要是裸岩等难以利用的土地。

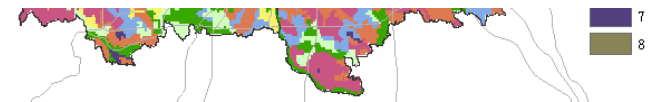
• 土地等级数据，用于表征适合作为农业用地的程度，可直接转换为 *landresource*

• 数据来源：北京市计划委员会国土环保处，1988，北京国土资源。北京：北京科学技术出版社



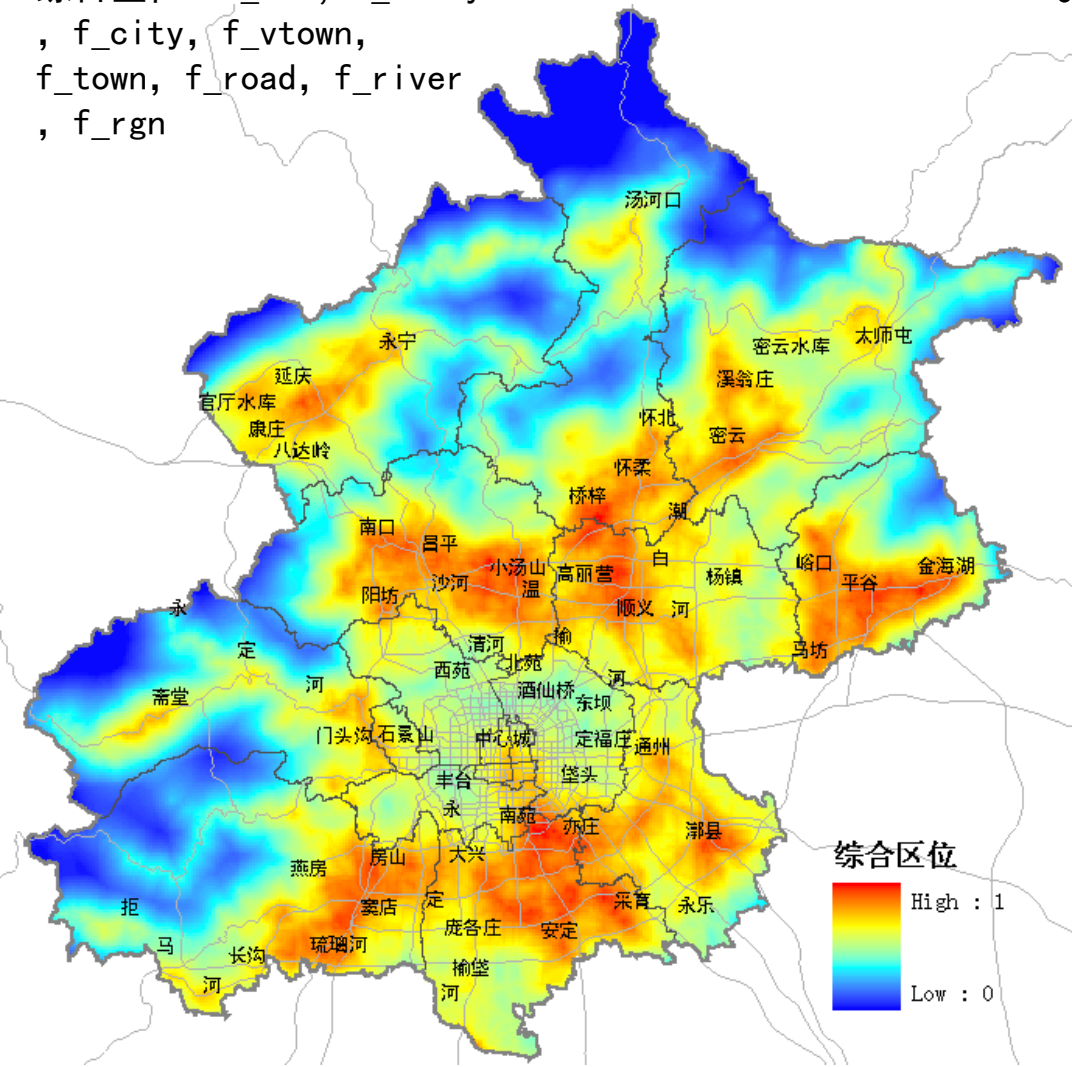
LANDRESOURCE

Valid	1	7831	11.9	11.9
	2	6982	10.6	22.6
	3	10198	15.5	38.1
	4	11984	18.3	56.4
	5	15630	23.8	80.2
	6	11973	18.2	98.4
	7	971	1.5	99.9
	8	59	.1	100.0
Total		65628	100.0	100.0



4. LOCATION

综合区位: f_tam, f_vcity, f_city, f_vtown, f_town, f_road, f_river, f_rgn

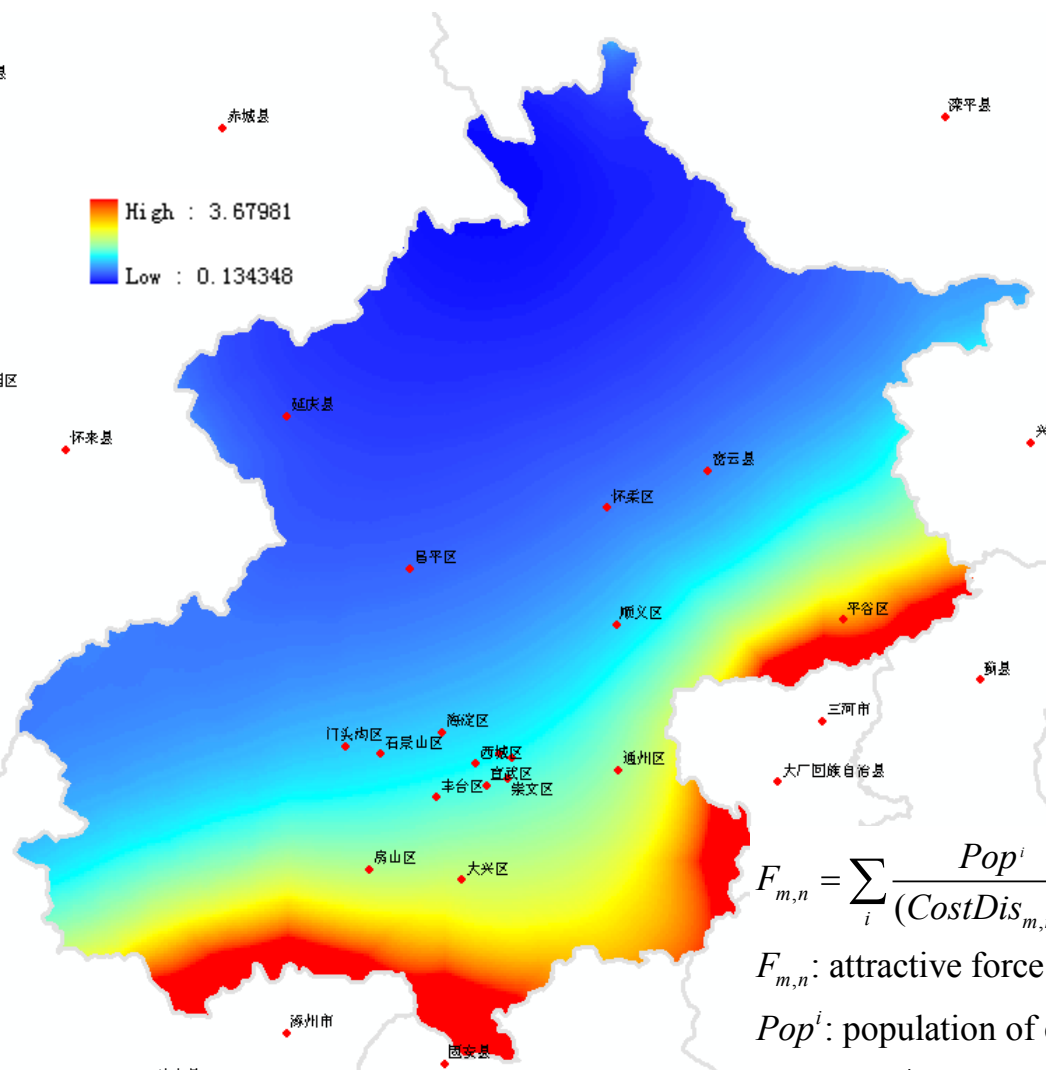


• 区位数据

- 城镇中心
 - 天安门tam
 - 重点新城vcity
 - 新城city
 - 重点镇vtown
 - 一般镇town
- 道路road
- 河流river
- 乡镇边界bdtown
- 京津冀吸引力rgn

表征距离要素的欧式距离 (Euclidean distance), 采用 ESRI ArcGIS/Spatial Analyst 模块的 Distance/Straight Line 命令获取

直线距离在宏观阶段可以选用, 如果研究范围缩小、研究精度增大, 则可以考虑细化道路等级, 并引入轨道交通站点、快速路出入口、高速公路出入口等要素, 以及时间因素。



- 根据城市空间相互作用理论，采用引力模型计算京津冀区域对北京的吸引力，以此来表征研究范围之外的区域对北京城市空间增长的影响（目前为初步应用，以后将不断完善区域因素的影响）；
- 数据：2003年京津冀各区县的人口数据及区县中心的分布；
- 结论：南、东南方向受区域影响显著

$$F_{m,n} = \sum_i \frac{Pop^i}{(CostDis_{m,n}^i)^2} = \sum_i \frac{Pop^i}{(EucDis_{m,n}^i)^2} * \cos^4(slope)$$

$F_{m,n}$: attractive force of all counties to cell m,n;

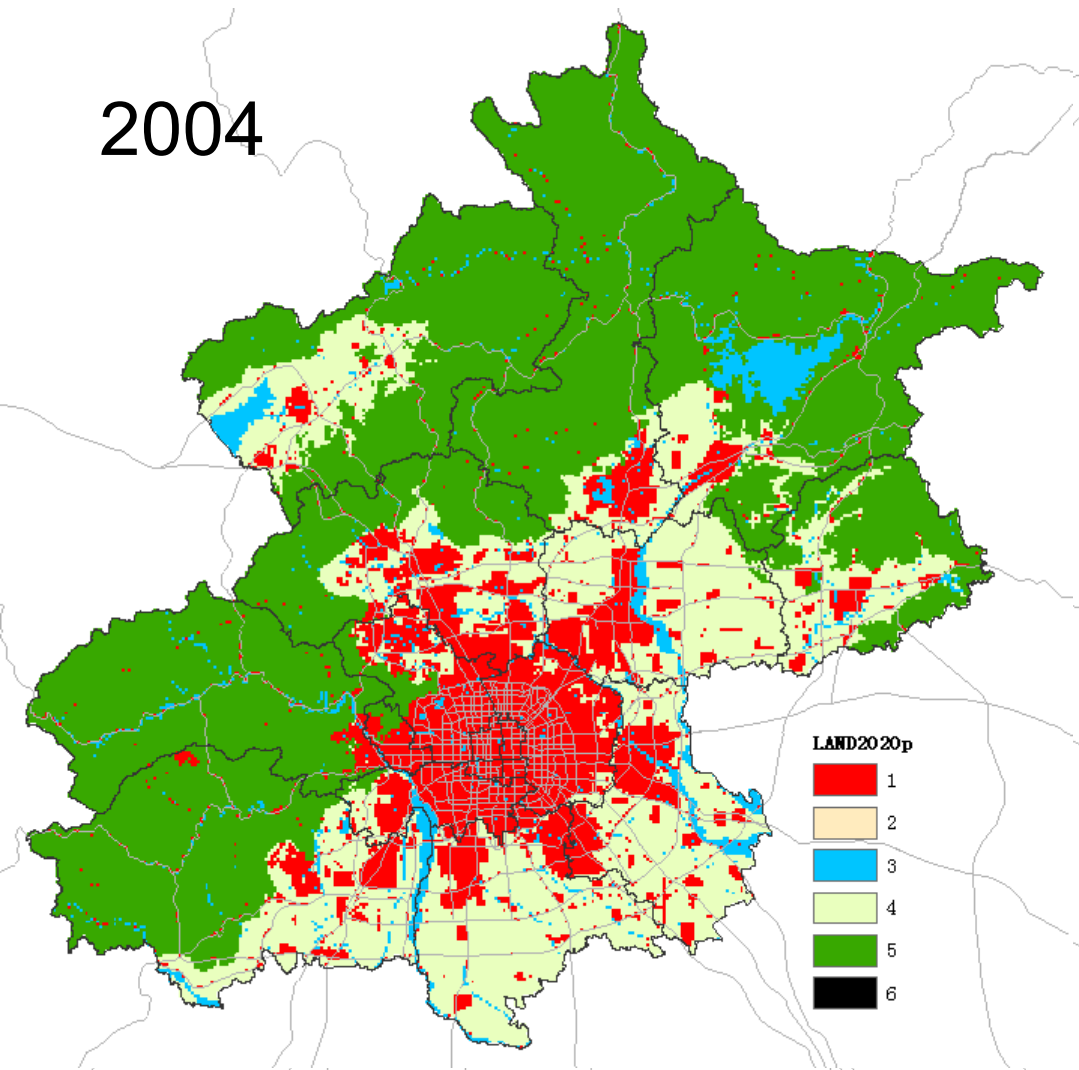
Pop^i : population of county i;

$CostDis_{m,n}^i$: minimum cost distance from county i to cell m,n of study area;

$EucDis_{m,n}^i$: minimum euclidean distance from county i to cell m,n of study area.

5. PLANNING

2004

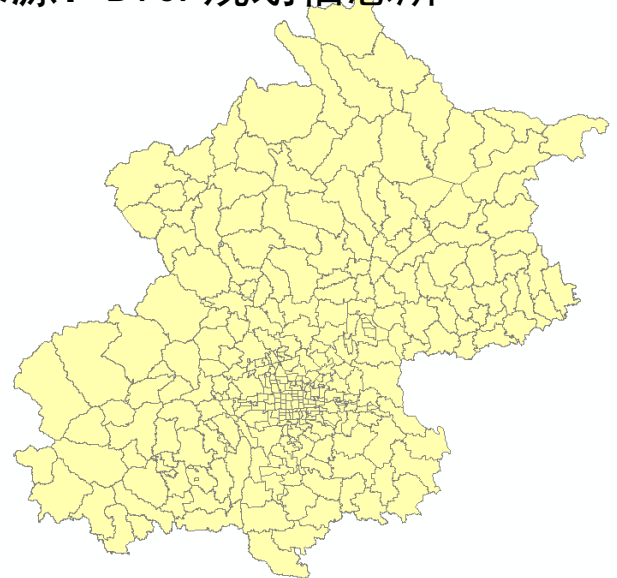


- 城市规划，包括北京市建国以来历次市域范围内的总体规划
 - 2004年
 - 1992年
 - 1982年
 - 1973年
 - 1958年
- *planning*: 规划为城市建设用地为1，其余为0
- 数据来源：北京市规划委员会，北京市城市规划设计研究院，北京城市规画学会，北京城市规画图志 (1949-2005)，2006

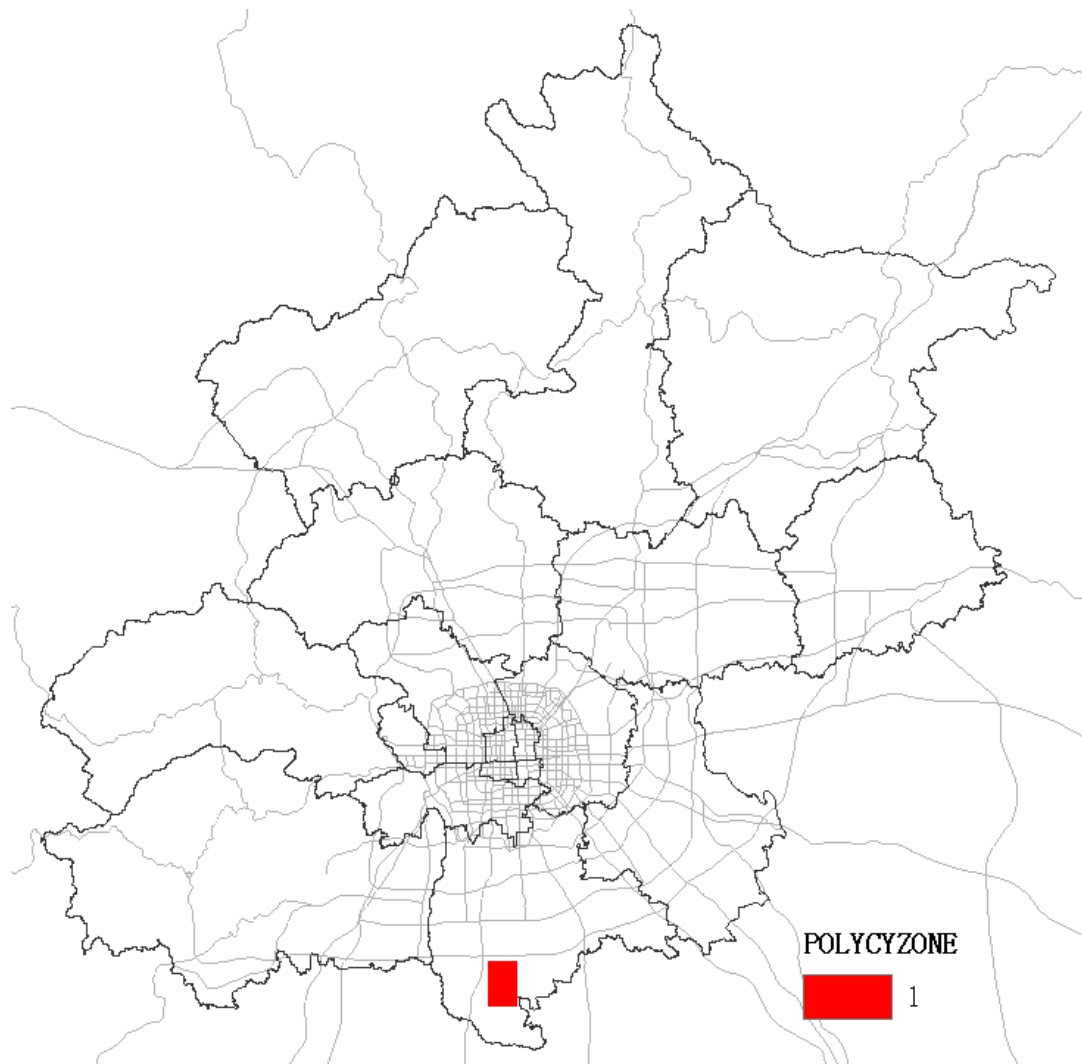
6. BOUNDARY

- SysBouM_WuHuan
- SysBouM_Watershed
- SysBouM_Village
- SysBouM_Town
- SysBouM_STYQ
- SysBouM_STQ
- SysBouM_STGNQ
- SysBouM_SiHuan
- SysBouM_SanHuan
- SysBouM_Region
- SysBouM_PlanningCity2004
- SysBouM_PlanningCity1993
- SysBouM_PlainArea
- SysBouM_OldCity
- SysBouM_NewCity
- SysBouM_MouArea
- SysBouM_LiuHuan
- SysBouM_JQ
- SysBouM_District
- SysBouM_CQY
- SysBouM_City

- 边界，用于表征北京市域范围内的不同级别的行政边界、环路边界、中心城规划范围、生态功能区边界、流域边界等
- 用于转换规则的空间分异，进而实现在不同区域采用不同的转换规则
- 数据来源：BICP规划信息所

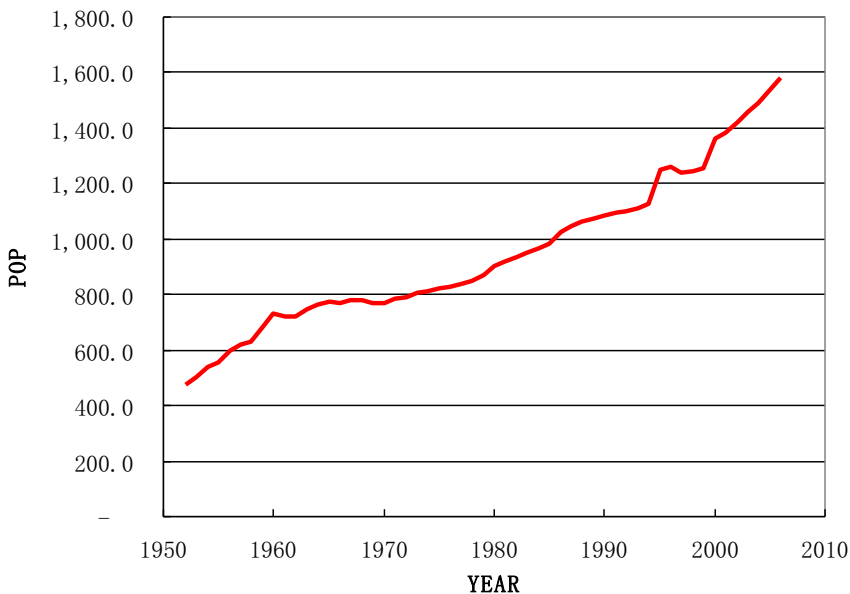
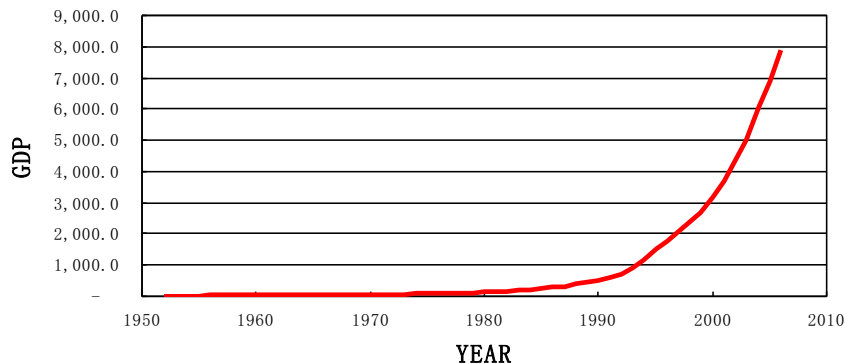


7. POLICYZONE



- 政策区，用于表示重点开发地区（区别于城市规划的开发地区）
- 目前政策区为大兴区的第二机场备选区域（也可为奥体公园等）
- 政策区作为user event，并不是一典型的空间变量，可在相应的模拟阶段将其空间范围代入LANDUSE，作为城市建设用地（邻域影响，并可增加基础设施作为保障）
- 可以基于历史已有的类似政策区的分析获得其相应的模拟参数

8. UrbanInfoSeries



- 城市发展时间序列表，内含1952年-2002年的GDP、人口等指标；
- 对历史上各主要年份的城市建设用地与GDP和人口POP指标进行线性回归；
- 数据来源：北京市统计局，1999，北京50年，北京：中国统计出版社

$$y = -553.607 - 0.0183 * GDP + 1.281 * POP$$

y: 城市建设用地，平方公里

Coefficients^a

Model					t	Sig.
1	(Constant)	-553.607	92.107		-6.010	.004
	GDP	-1.83E-02	.009	-.178	-2.110	.102
	POP	1.281	.093	1.160	13.719	.000

a.

四、模型参数识别

1. Logistic回归
2. 结果分析
3. 历史模拟

不同历史阶段回归结果表

	B(2001-2006)	B(1996-2001)	B(1991-1996)	B(1986-1991)	B(1981-1986)	B(1976-1981)
d_tam	-0.000016*	-0.000035*	-0.000041*		-0.00005*	-0.000041*
d_vcity	-0.000025*	-0.000031*		-0.000031*		-0.000008
d_city	-0.000019*	-0.000066*	-0.000033*		-0.000016*	-0.000039*
d_vtown			0.000025*	0.000058*	-0.000016	-0.000021
d_town		0.000089*	0.000066*		0.000036*	0.000107*
d_river	-0.000138*				-0.000069	-0.000094*
d_road	-0.000256*	-0.000804*	-0.000524*	-0.001092*	-0.000307*	-0.000477*
d_bdtown		-0.000377*			0.000136	0.000191*
f_rgn	4.302458*	-13.737258*				-7.229687*
planning	-0.410472*	0.254173	0.575671*	1.310654*	-0.666907*	
con_f	-0.521103*	-0.453115*	-0.497453*	-1.506241*	-1.027513*	-0.948654*
landresource			-0.075543	-0.233262		
Constant	-0.174524	0.588961	-0.998267*	-3.610055*	-1.592485*	-1.614358*

*Significant at 0.001 level

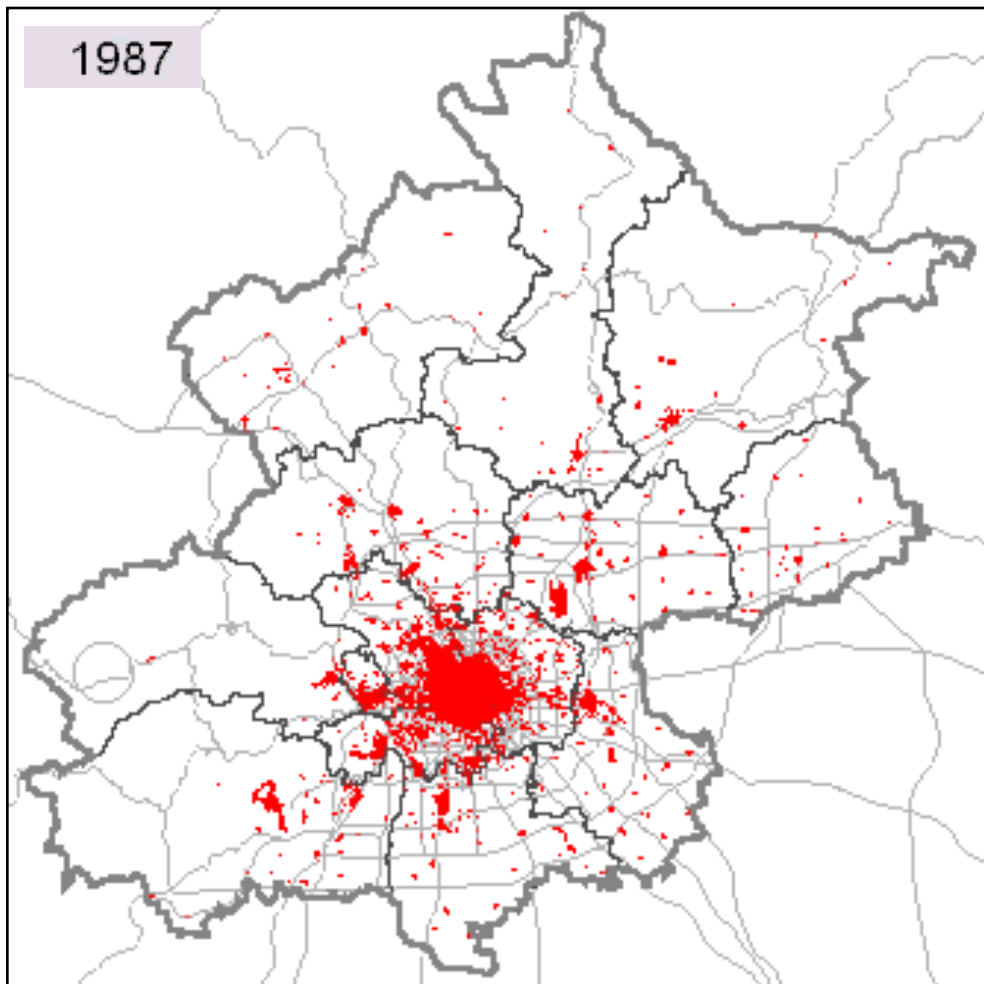
□ 结果分析：纵向

- 各个历史发展阶段的城市增长驱动力差异较大，即市场和政府在其中所起到的作用也存在差异（对改革开放的背景也是个印证）；
- 共同点：沿道路开发显著，对禁建区的保护显著
 - 2001-2006：滨河显著，新城次之，区域影响显著；
 - 1996-2001：新城显著，一般乡镇开发较慢，行政界限促进开发，区域影响为负，规划影响显著；
 - 1991-1996：中心城显著，一般新城次之，乡镇开发较慢，区域影响不显著，规划正影响，良田占用显著(轨道交通显著)；
 - 1986-1991：重点新城显著，重点镇开发较慢，规划正影响，良田占用显著；
 - 1981-1986：滨河显著，中心城次之，规划负影响，行政界线阻碍开发；
 - 1976-1981：滨河显著，中心城次之，一般镇开发较慢，规划影响不显著，区域影响为负。
- 1993年规划的市区向远郊区发展的战略转移通过 d_vtown 和 d_town 变量可以得到印证。

结果分析：横向

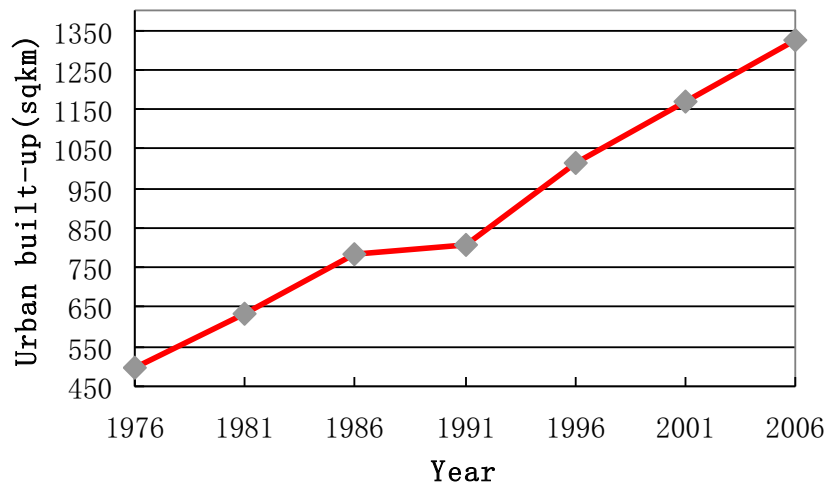
1. *f_rgn*: 2001–2006受区域影响为正，即区域吸引力越大开发概率越大，而1996–2001和1976–1981为负，说明近年来的北京与周边的区域协调程度已显著增强；
2. *planning*: 除2001–2006和1981–1986为负外其余均为正值，1986–1991所起到的作用最大，而近年来不断弱化，也反映了社会主义市场经济初期城市规划对开发的引导作用更大，而近年来随着社会主义市场经济的强化，使得开发受市场选择的影响不断增大；
3. *con_f*: 保持负值，其中1986–1991的绝对值最大，即对禁建区的保护力度最大，而而近年来基本持平，对保护力度依然显著；
4. *landresource*: 1986–1996保持负值，即开发对等级较高的适于农业生产的土地有一定占用，而其他阶段该变量不显著，即对农地保护考虑的较少；
5. *d_tam*: 1986–1991中心城开发不显著，近年来中心地区的开发不断降低，说明中心城的发展速度已经放缓；
6. *d_vcity*: 除了中间两个阶段外，重点新城的开发都比较显著；
7. *d_city*: 1996–2001一般新城的开发最为显著，而1986–1991不显著；
8. *d_vtown*: 1996以前重点镇的开发较弱，近年来也不显著，说明重点镇的开发还没有真正启动；
9. *d_town*: 一般镇的开发也或者为布显著或者较弱，说明近年来的开发重点仍主要分布于中心城和新城；
10. *d_river*: 近年的2001–2006河流对开发的促进作用开始显著，在1976–1986阶段，滨河开发也较为显著；
11. *d_road*: 一直保持显著并且是区位因素中对开发影响最大的因素，1986–1991最大，而2001–2006最小；
12. *d_bdtown*: 1996–2001显著且为负值，说明乡镇行政界线对开发甚至有吸引作用，而1976–1986为正，说明行政界线对开发有限制作用。

历史模拟：1986-2006



• 采用类似2001-2006的方式，根据历史回归和MonoLoop获取模拟参数，对历史进行模拟。

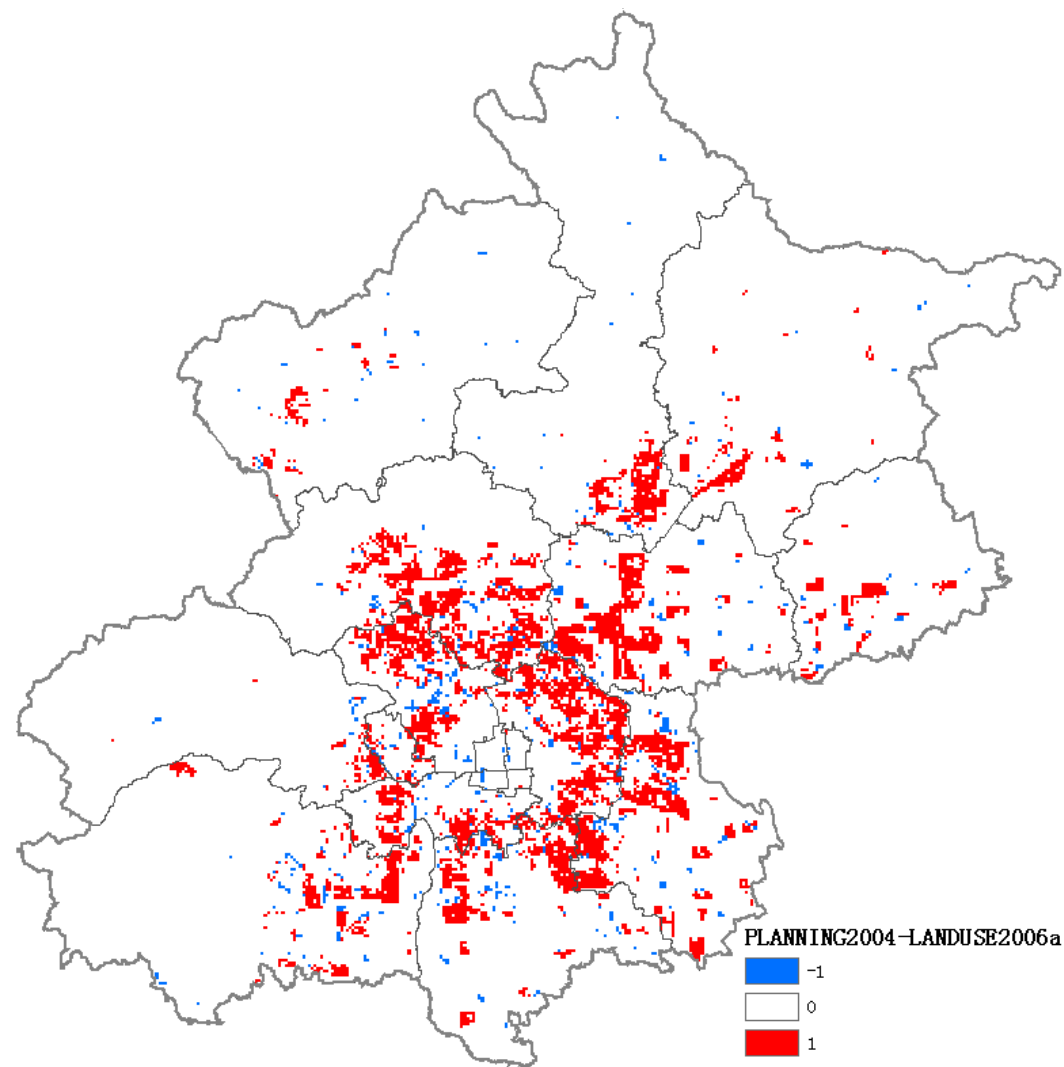
- wN^* (1986-1991) = 6.0
- wN^* (1991-1996) = 8.0
- wN^* (1996-2001) = 8.4
- wN^* (2001-2006) = 12.5



五、北京2020：如何实现总规方案

1. 样本概况
2. Logistic回归
3. MonoLoop
4. 模拟结果
5. 参数响应
6. 结果验证
7. 结果分析

样本概况



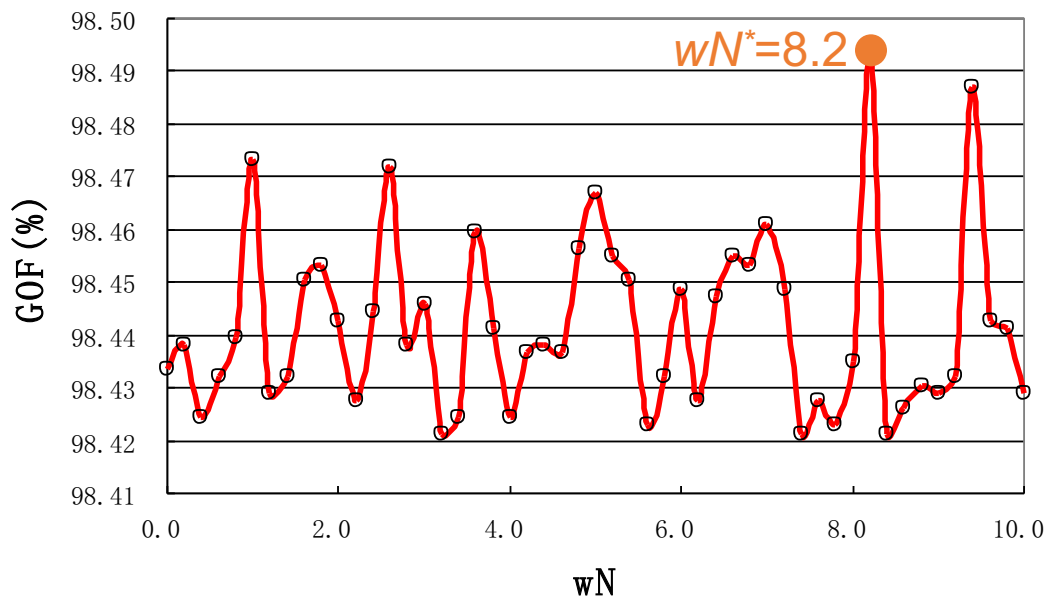
- PLANNING2004
 - 9376个元胞为城市建设用地
- LANDUSE2006a
 - 5297个元胞为城市建设用地
- PLANNING2004-LANDUSE2006a
 - -1: 712 规划外的现状用地
 - 0: 4585 现状与规划一致 (0、1)
 - 1: 5256 规划新增
- 则模拟终期的城市建设用地所占的元胞预期总量为:
 - $9376+712=10088$ 个
- 需增长的总量为 $10088-5297=4791$

BEIJING2020回归结果表

variable	B	S. E.	Wald	df
<i>d_tam</i>	0.00001	0	10.542	1
<i>d_vcity</i>	-0.00002	0	55.241	1
<i>d_city</i>	0.00001	0	11.149	1
<i>d_vtown</i>	-0.00009	0	383.699	1
<i>d_town</i>	-0.00010	0	192.663	1
<i>d_river</i>	-0.00009	0	33.037	1
<i>d_road</i>	0.00068	0	128.971	1
<i>d_bdtown</i>				
<i>region</i>				
<i>planning</i>	23.17397	3.482	44.286	1
<i>con_f</i>	1.20516	0.064	352.253	1
<i>landresource</i>	0.14143	0.019	53.82	1
<i>Constant</i>	-21.36664	3.513	36.997	1

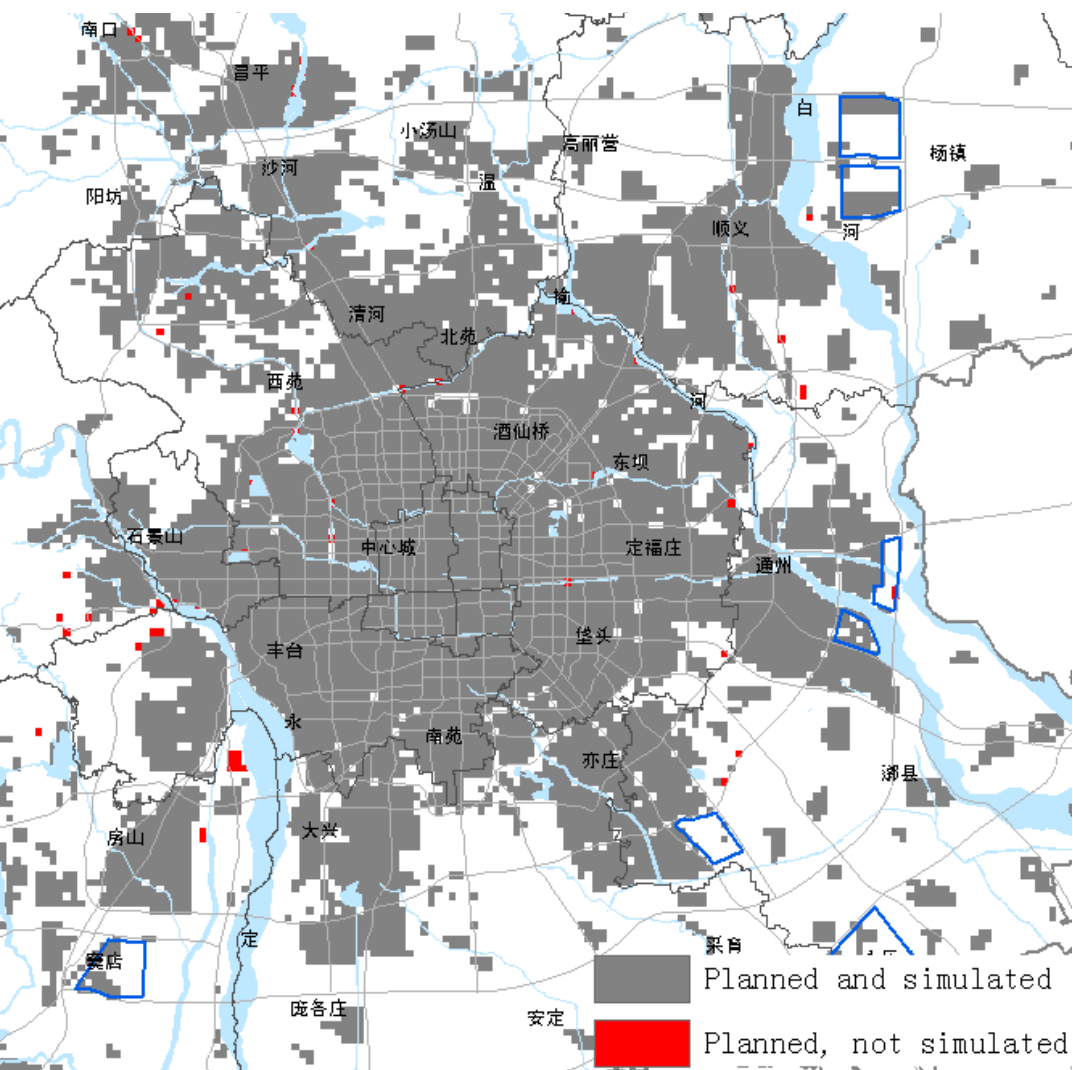
- 采样范围选取全部元胞样本，以规划新增现状建设用地（2006年为基准年）作为因变量，其他空间变量作为自变量；
- 结果显示，回归准确度为96%，*d_bdtown*和*region*变量没有进入回归方程，其余所有变量的显著水平均为0.001，回归可以接受。

		Predicted			
		Y		Percentage Correct	
Observed			0		1
	Step 10	Y	0	59079	1603
1			1046	3900	78.9
Overall Percentage					96



- 从左图可以看出， wN 取值范围处于 $0 \sim 20$ 之间时， GOF 较为稳定，保持在98.4%左右；
- $wN > 20$ ， GOF 不断下降，经过 $wN=76$ 这一拐点，最终 $wN=100$ 时 GOF 达到最小值92.7%；
- 选取 $wN^*=8.2$ 用于BEIJING2020的模拟，其点对点准确度可以达到98.493%的水平，距离最佳准确度98.915%差0.422%，较为理想。

模拟结果

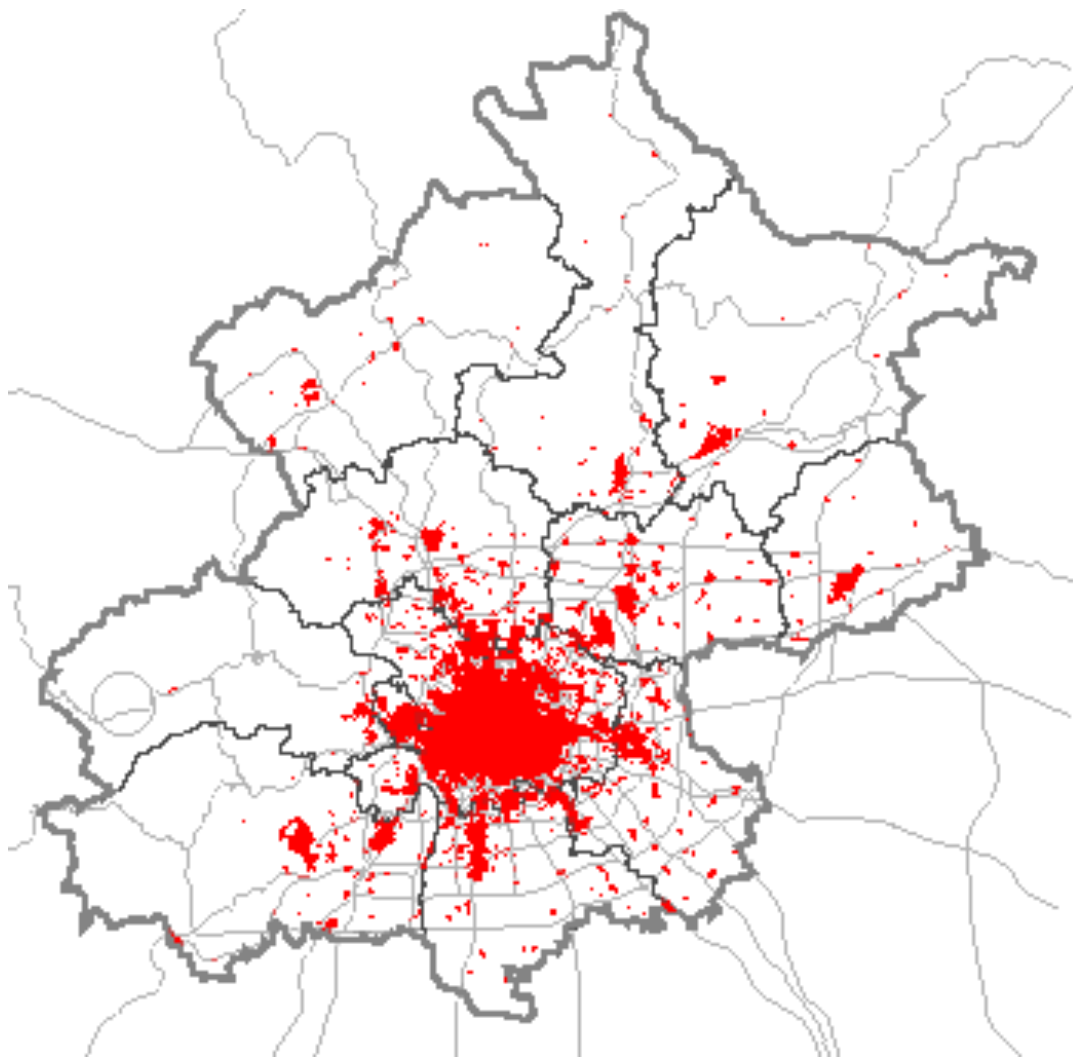


• 模型设置:

- $stepNum=29$ cells/iteration
- 168 iterations (14 years)
- Logistic回归结果 w^{1-12}
- MonoLoop识别的 wN^*
- 运算时间为6297s (30.3s/iteration)
- 总的已开发元胞为10170

2006-2020逐月增长过程

2007-1



结果验证

1. **GOF: 98.493%**

2. **Spatial pattern:**

(1) **Moran I index**

– **Planned: 0.12**

Z Score = 31.1

– **Simulated: 0.14**

Z Score = 38.0

(2) **Separated clusters**

(3) **Edge cells**

– **Planned form: 4045**

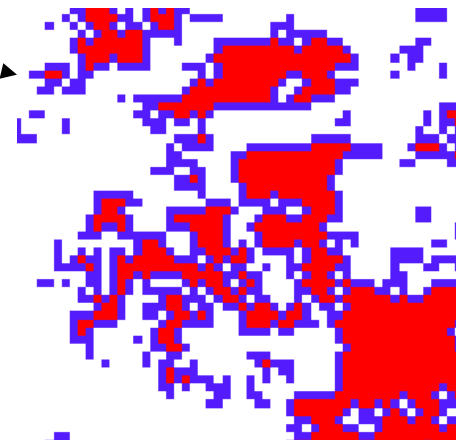
– **Simulated form: 4219**

– **4.3%(sim/plan-1)**

– **Good fit**

Separated clusters analysis result

Cluster size (cell)	Cluster number	
	Planned form	Simulated form
1-5	173	238
6-10	32	39
11-20	23	27
21-50	15	17
51-100	2	1
100-	11	11
sum	256	333



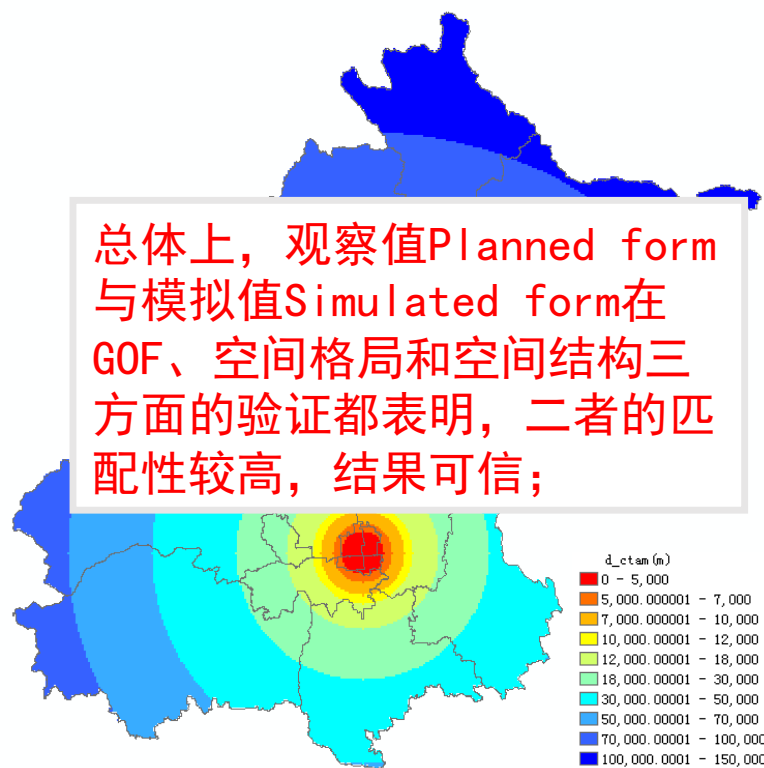
Edge cells sketch map (in blue)

3. Spatial structure

Spatial structure for simulated and planned forms

ID	d_{ctam} (km)	Planned form		Simulated form		%
		cell	%	cell	%	
1	0-5	305	3.3	317	3.1	-4.2
2	5-7	287	3.1	296	2.9	-4.9
3	7-10	604	6.4	624	6.1	-4.8
4	10-12	513	5.5	525	5.2	-5.7
5	12-18	1737	18.5	1849	18.2	-1.9
6	18-30	3010	32.1	3238	31.8	-0.8
7	30-50	1938	20.7	2204	21.7	4.8
8	50-70	789	8.4	868	8.5	1.4
9	70-100	189	2.0	237	2.3	15.6
10	100-150	4	0.0	12	0.1	176.6
sum		9376	100.0	10170	100.0	

- d_{tam} , 10 annulus, set according to the spatial distribution of ring roads, new cities and towns

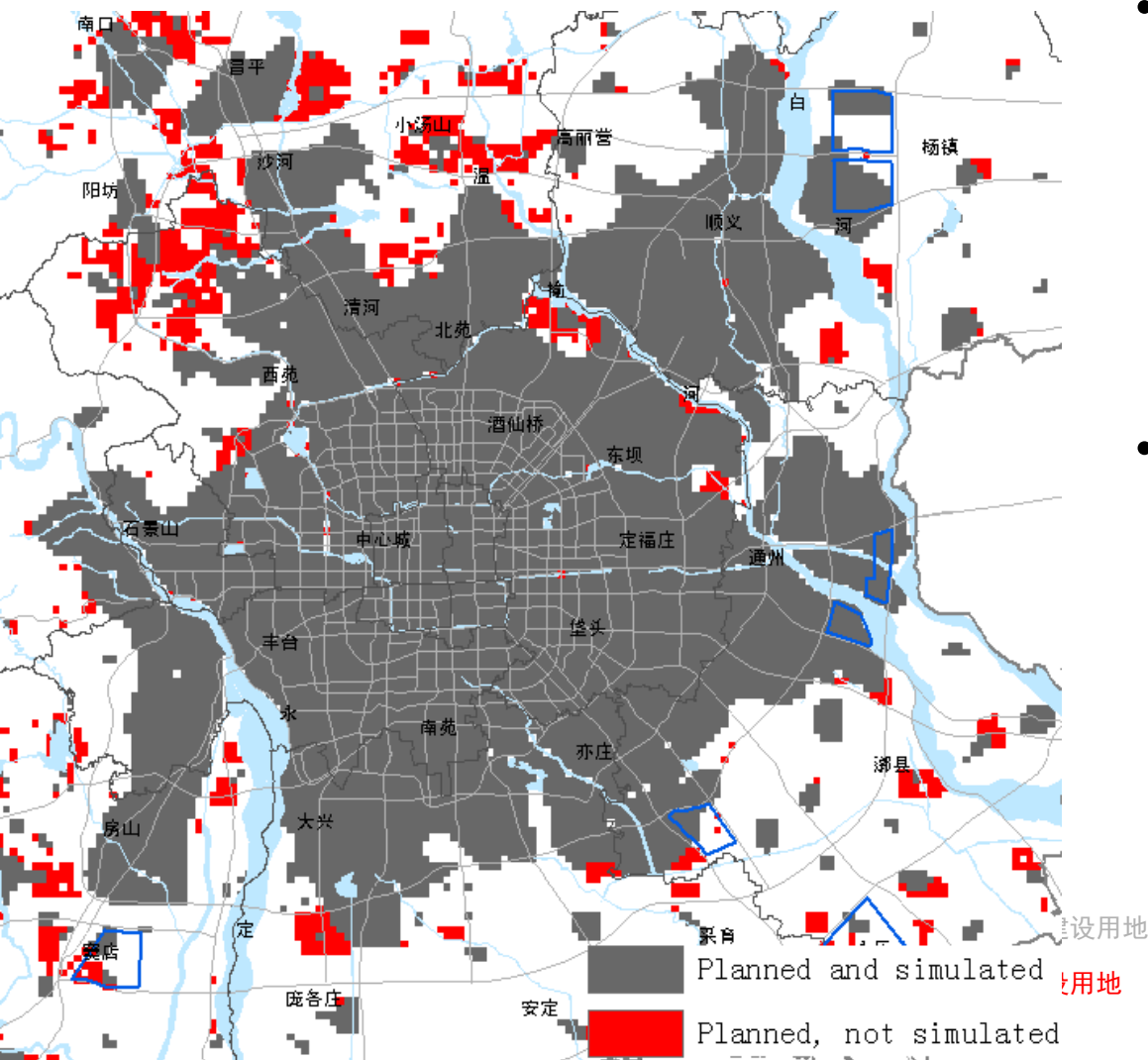


结果分析

	B(2001-2006)	BEIJING2020	Ratiao
<i>neighbor</i>	12.5	8.2	0.66
<i>d_tam</i>	-0.000016	0.000008	-0.50
<i>d_vcity</i>	-0.000025	-0.000017	0.68
<i>d_city</i>	-0.000019	0.000009	-0.47
<i>d_vtown</i>		-0.000094	
<i>d_town</i>		-0.000095	
<i>d_river</i>	-0.000138	-0.000094	0.68
<i>d_road</i>	-0.000256	0.000684	-2.67
<i>d_bdtown</i>			
<i>f_rgn</i>	4.302458		
<i>planning</i>	-0.410472	23.173968	-56.46
<i>con_f</i>	-0.521103	1.205157	-2.31
<i>landresource</i>		0.141429	
<i>Constant</i>	-0.174524	-21.366643	

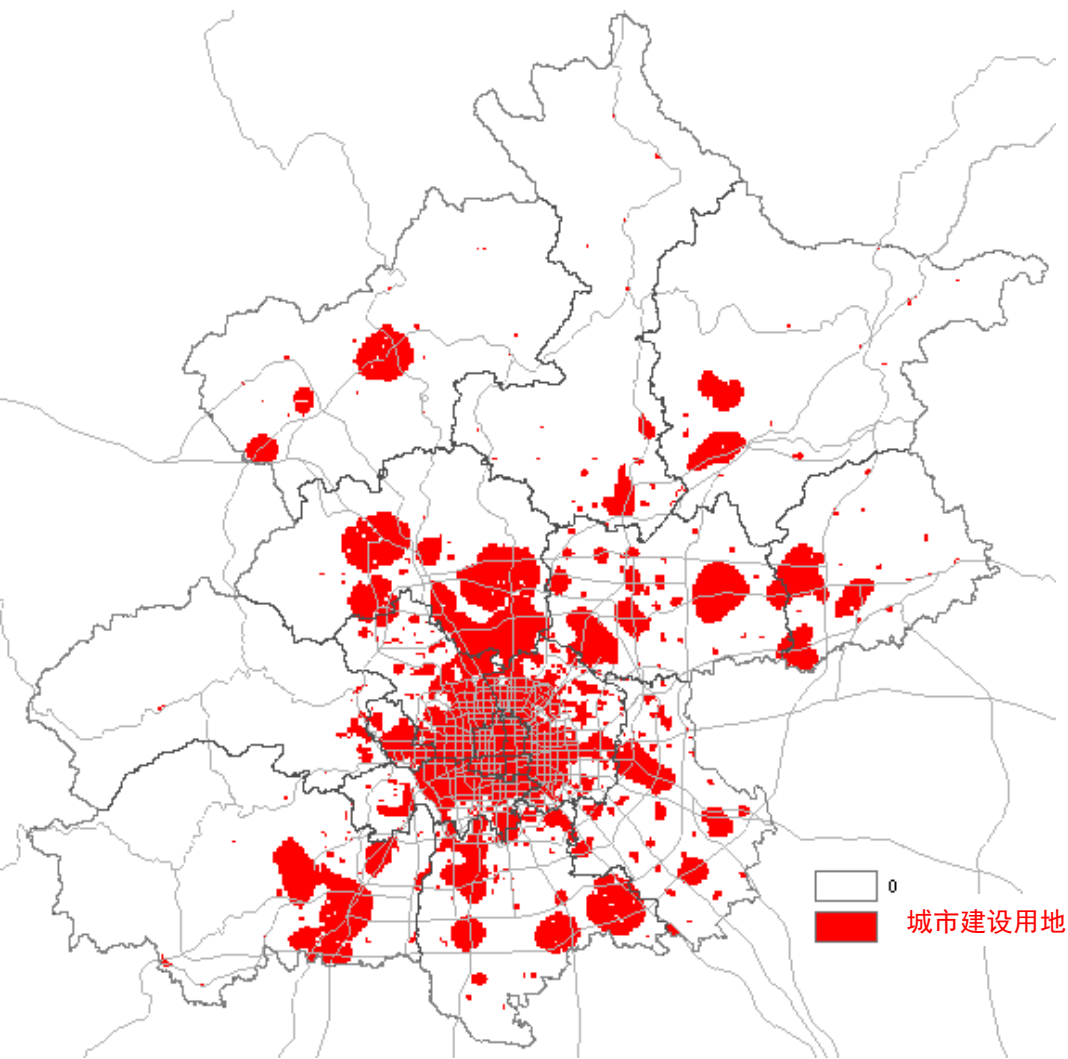
- 根据回归获取的系数与不同历史阶段的回归系数进行对比，进而可以给出相应的空间发展政策的配套，即需要怎样的政策才可以保障实现BEIJING2020的规划方案，如果现行的政策与所需政策不符合，则可以给出相应的调整建议；
- 以与2001-2006年的回归系数对比结果为例，相比这一历史阶段的城市增长策略，规划期内需强化规划的实施力度，强化乡镇的发展，弱化中心城的扩张和建设用地的自发增长，增大对良田的保护力度。但规划期内对禁止建设区的保护力度弱于该历史阶段。

2001-2006发展情景



- 如果不以BEIJING2020，即面向规划实现的发展模式，而采用延续2001-2006的发展模式，则2020年北京的城市增长如左图所示，该情景的 $GOF=93.526\%$ ，与BEIJING2020相差 4.967% ；
- 相比BEIJING2020，延续目前的发展模式，会出现北部昌平将面临更大的发展机遇。

葡萄串情景



• 条件:

- $w_{road} = -0.0006$
- $w_{vtown} = -0.0006$
- $w_{town} = -0.0004$
- $w_{neighbor} = 8.2$
- 其余参数不变

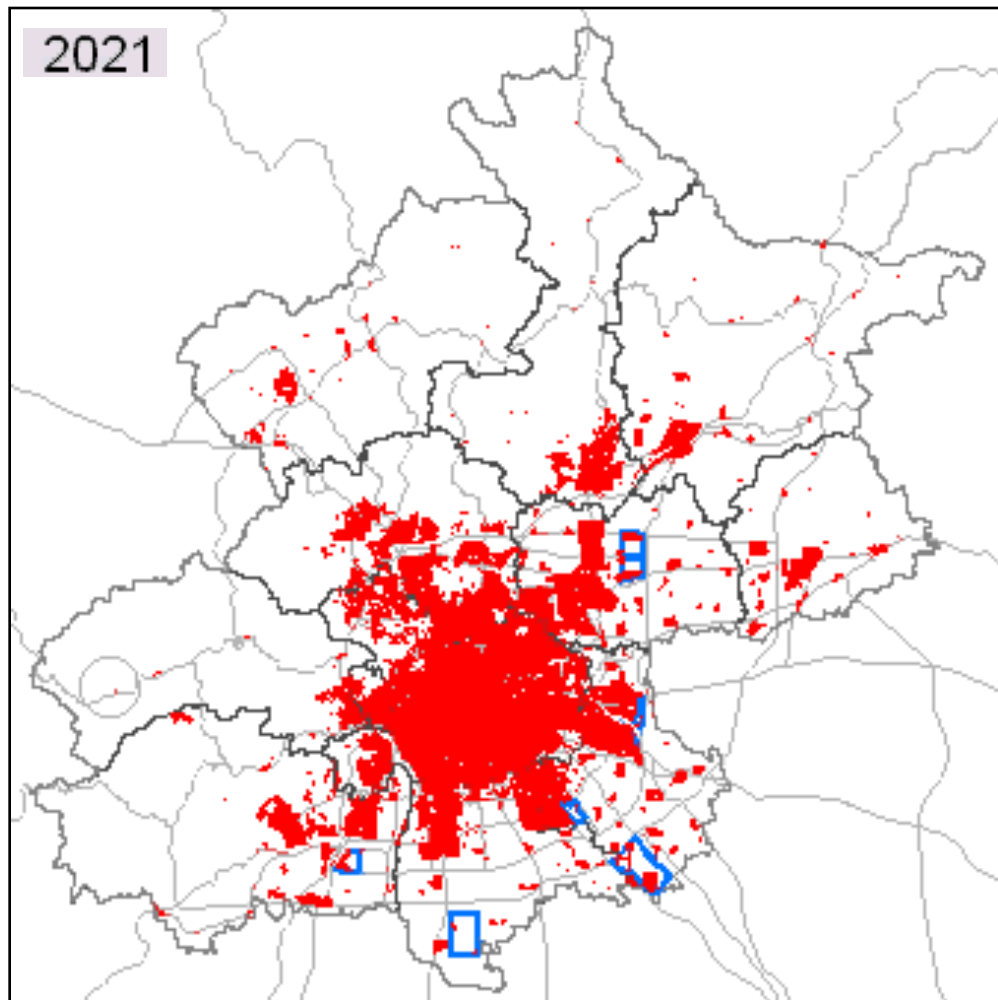
• 解释:

- 城市建设用地沿交通干道增长，小城镇作为增长的节点其规模不断扩大，中心城和新城的规模得以控制，形成“葡萄串”式的空间格局。

六、北京2049

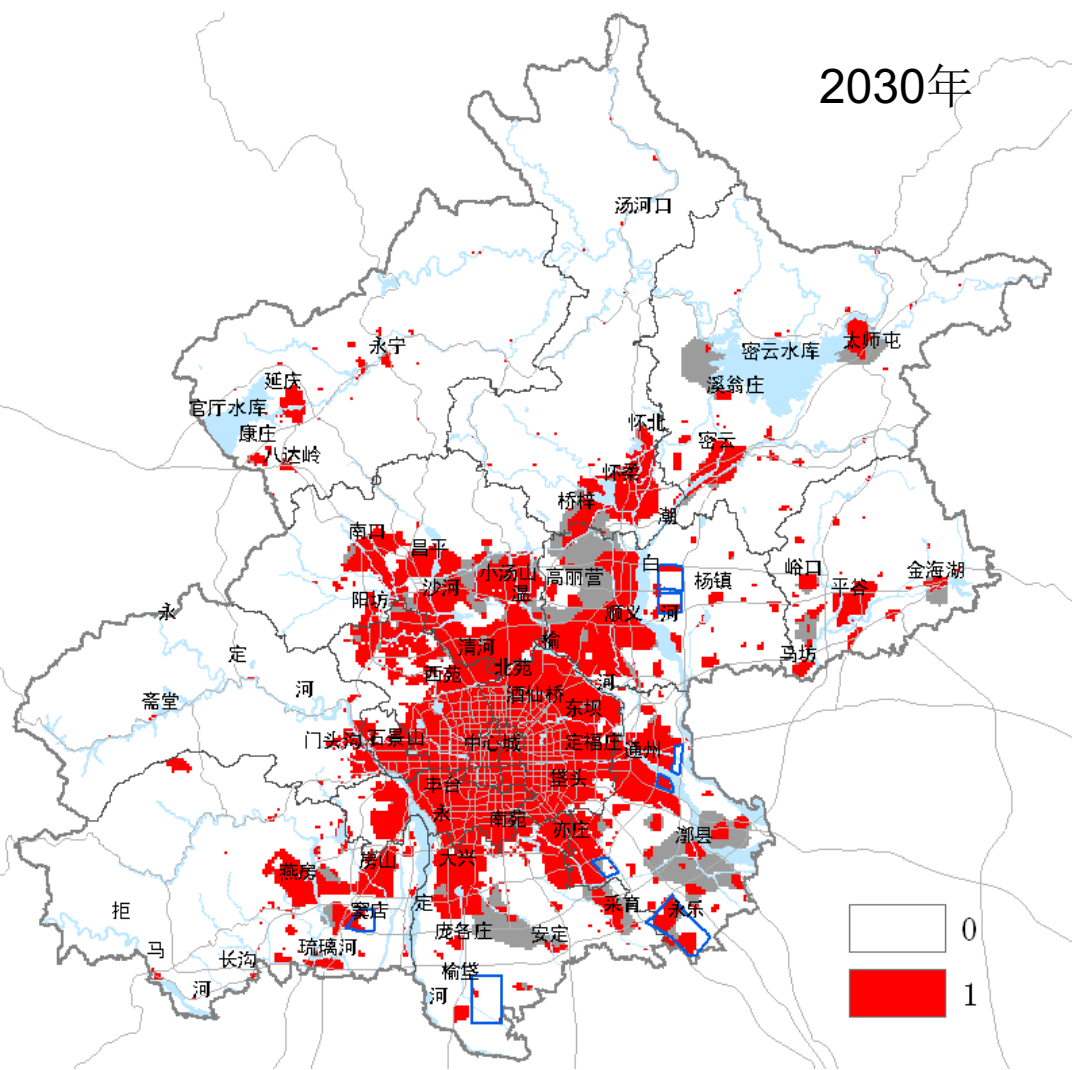
1. 基准情景
2. 其他情景
3. 模拟结果对比

1 基准情景



- 在中国，土地的开发受规划的引导作用较强，规划可以解释的土地开发比例较大，即大多数开发都处于规划区范围内，因此可以认为BEIJING2020规划方案实现的不确定性小于以现状为基准预测的不确定性；而在国外，土地私有，政府对城市的增长走向的控制作用不如中国显著，尤其是对远景的预测，这是有中国特色的
- 参数设置：
 - 空间变量权重同BEIJING2020
 - 348iterations (29 years)
 - stepNum=10cell/iteration (每年增长30sqkm)，即2049年的城市用地面积为3412km²(13650cells)

1 基准情景



- 基准方案的空间增长主要位于顺义、昌平、通州以及密云水库周边，南城相比北城的发展较弱；
- 部分BEIJING2020的发展备用地并没有得到较大发展（永乐、潮白河东岸）；
- 基准情景是在延续BEIJING2020发展政策的基础上生成的，如果不采取该政策，则相应的空间增长将会发生变化，在后续的情景中将分别给出，进而对不同的城市空间发展政策的实施效果进行评价。

2 其他情景：A 宏观政策模拟

$$stepNum = \frac{y_t - y_{t_0}}{t - t_0} = dPOP * x * k$$

y_t : urban built-up amount in year t , sqkm

y_{t_0} : urban built-up amount in year t_0 , sqkm

$dPOP$: annual population increased, *10000 persons per year

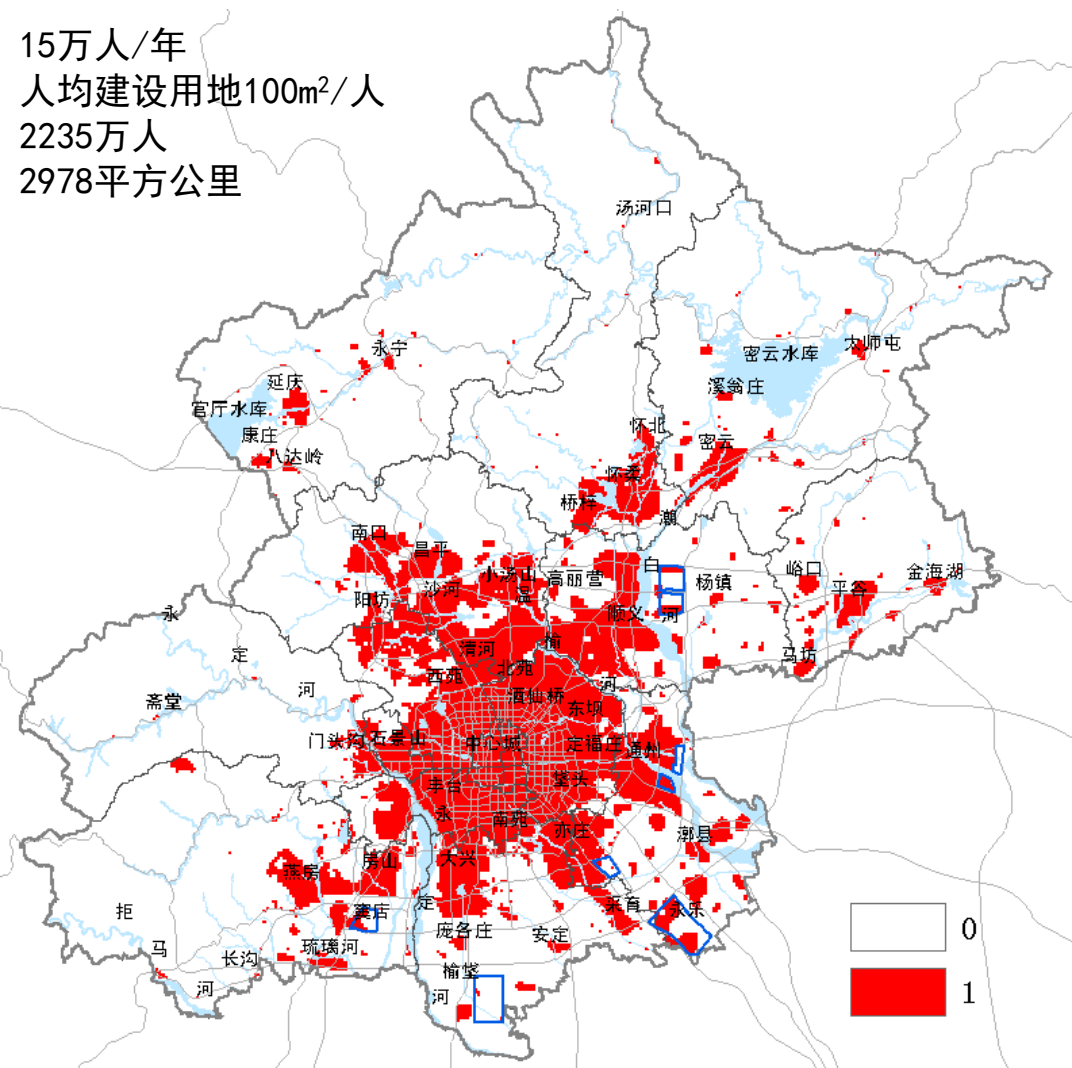
x : urban built-up per person, m^2 per capita

k : adjusting parameter

- 宏观政策，如人口发展、经济发展等，对城市增长速度（ $stepNum$ ）有较大影响，通过历史分析，可以识别他们之间的关系，进而可以通过调整未来的宏观政策预测不同的 $stepNum$ ；
- $stemNum$ （或城市建设用地面积）可以写为GDP、总人口、平均城市工资、交通费用、农地产出、工业用地面积、交通设施等数值的函数（利用回归获得公式），进而可以进行相应的宏观政策模拟；
- 参数设置同BEIJING2020，即认为目前到2049年的城市增长规律与BEIJING2020一致，只通过改变宏观政策改变 $stepNum$ 数值。

2 其他情景： A2 人口低速增长情景

15万人/年
 人均建设用地100m²/人
 2235万人
 2978平方公里



A3 低密度发展政策 (150m²/人)

A4 紧凑城市发展政策 (80m²/人)

Compact city

.....

2 其他情景

B 规划方案模拟

- 调整空间变量的分布：调整城镇中心的位置或路网布局等，改变空间政策自身的分布
 - B1 七环新建
 - B2 中心移动
 - B3 环境限制改变（自然保护区规划、国家公园规划、风险避让）

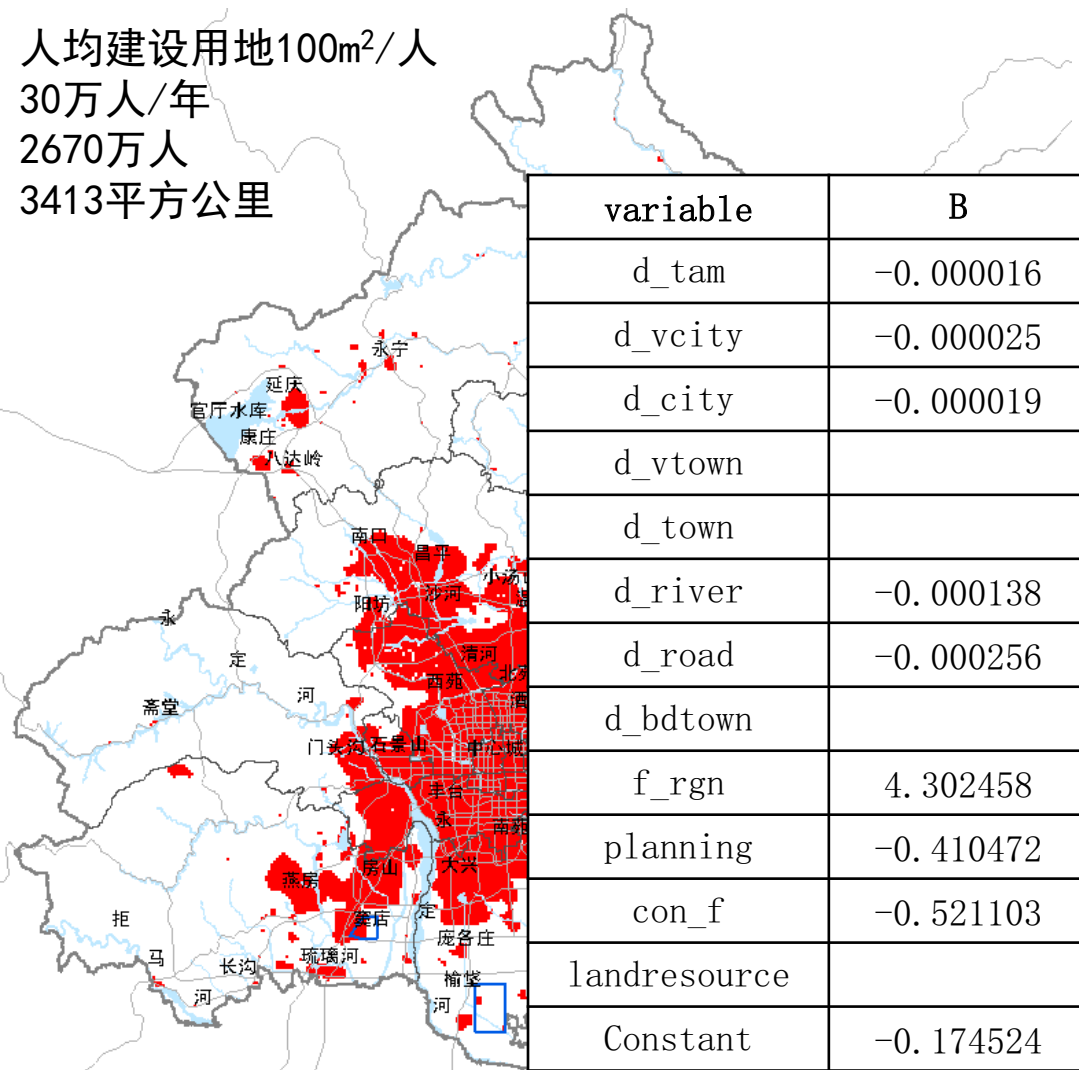
C 其他情景

2020-2049，总建设用地规模保持与基准情景相同（3412sqkm）调整空间变量的权重，即改变相应空间政策的实施力度（当为0时表示不引入该政策），生成不同侧重的城市空间增长情景：

- C1 趋势发展情景
- C2 蔓延情景
- C3 “葡萄串”情景
- C4 可持续发展情景
- C5 新城促进发展情景
- C6 滨河促进发展情景
- C7 道路促进发展情景
- C8 区域协调发展情景

2 其他情景： C1 趋势发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
 30万人/年
 2670万人
 3413平方公里



• 条件:

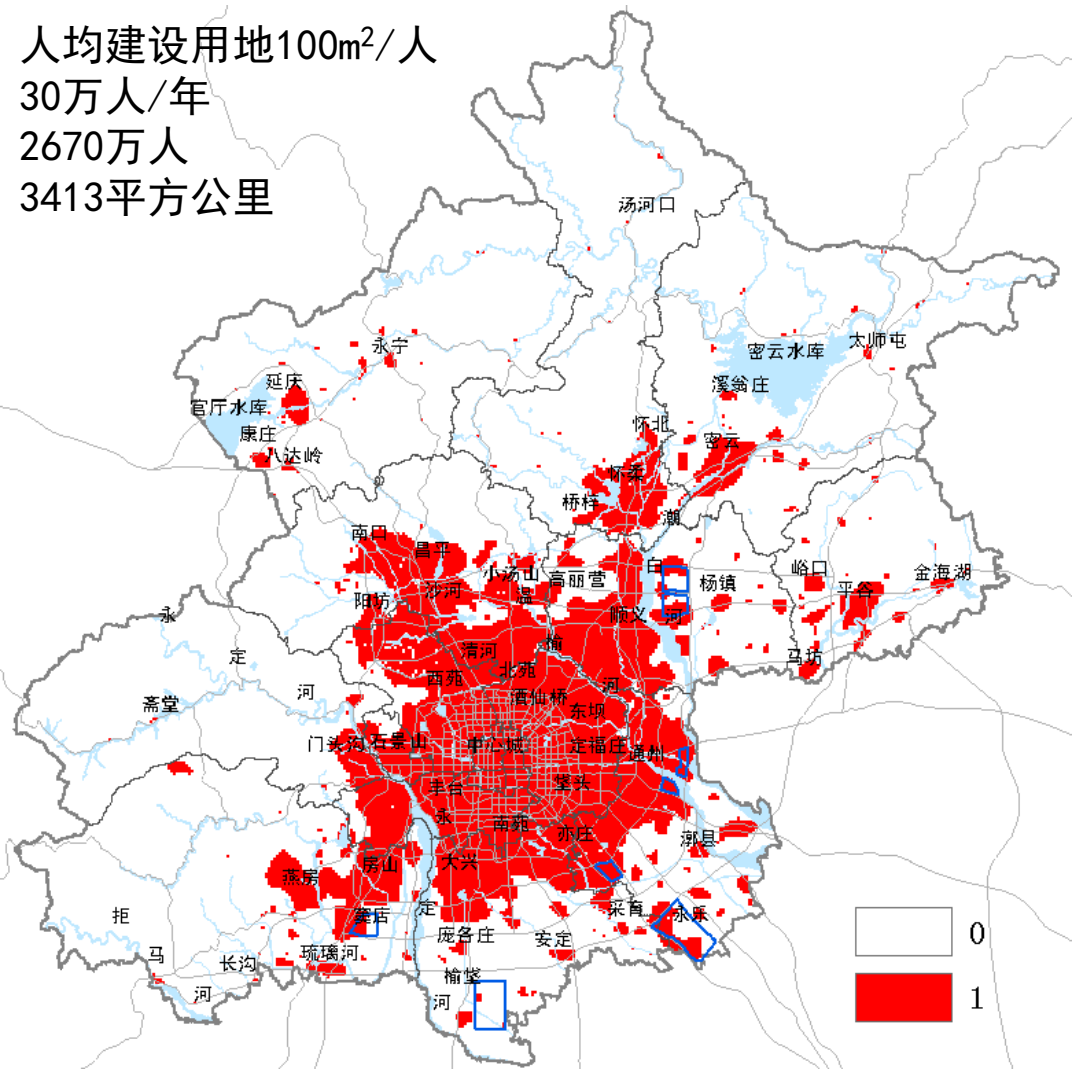
- 空间变量的权重采用2001-2006的历史回归结果（也可以用其他年份）

• 解释:

- 未来的城市增长采用2001-2006年的增长模式，即道路、新城和中心城引导开发，乡镇的开发不显著。

2 其他情景： C2 蔓延情景

人均建设用地100m²/人
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

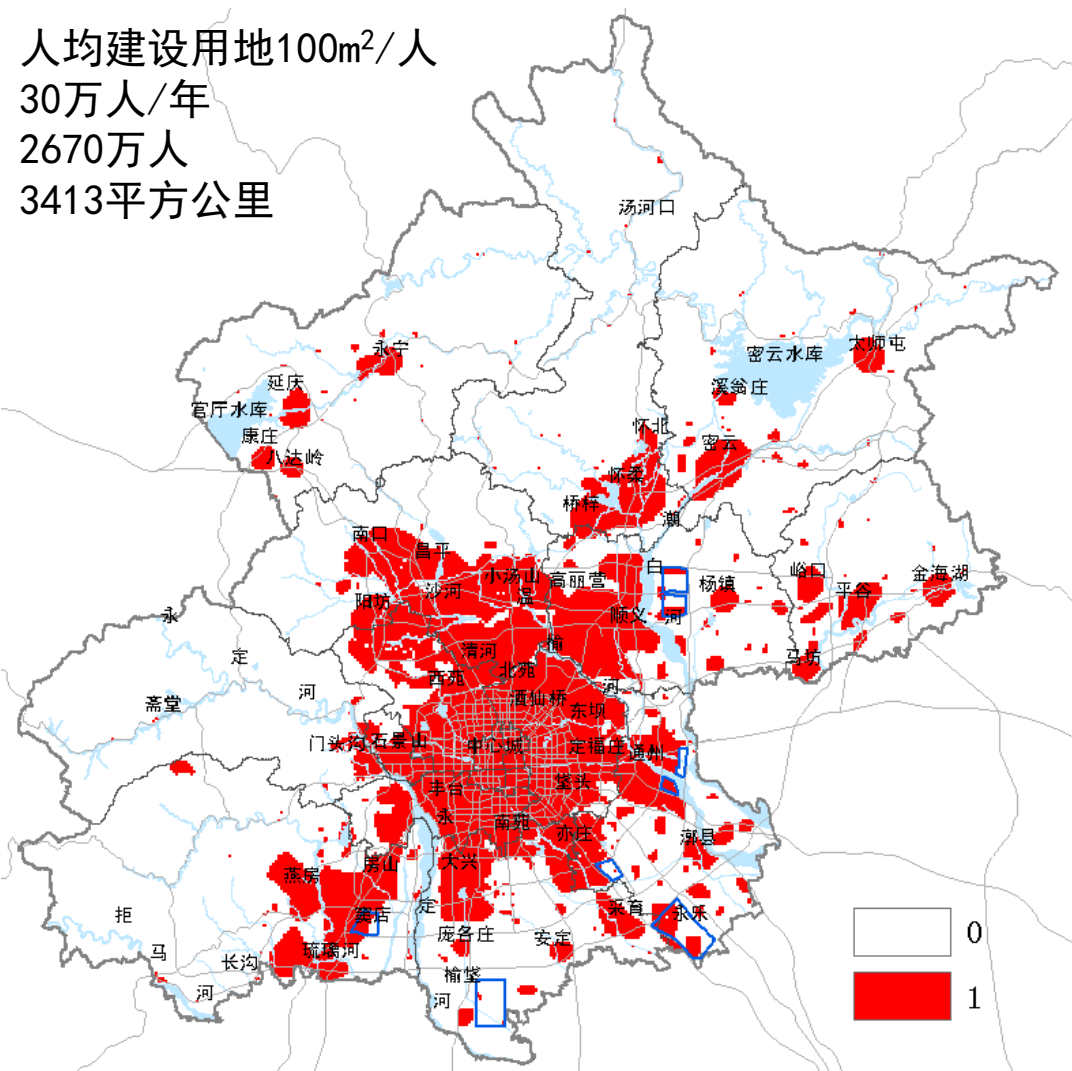
- $w_{tam} = -0.00005$
- $w_{vcity} = -0.00004$
- $w_{city} = -0.00003$
- $w_{vtown} = -0.00001$
- $w_{town} = -0.00001$
- $w_{neighbor} = 8.2$
- 其余参数为0

• 解释:

- 城市向现有城市建设用地的周边增长，不会出现蛙跳式的生长，形成所谓的“摊大饼”现象；
- 蔓延的过程中没有考虑生态环境、城市规划等约束因素，也没有考虑区位因素。

2 其他情景： C3 “葡萄串” 情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

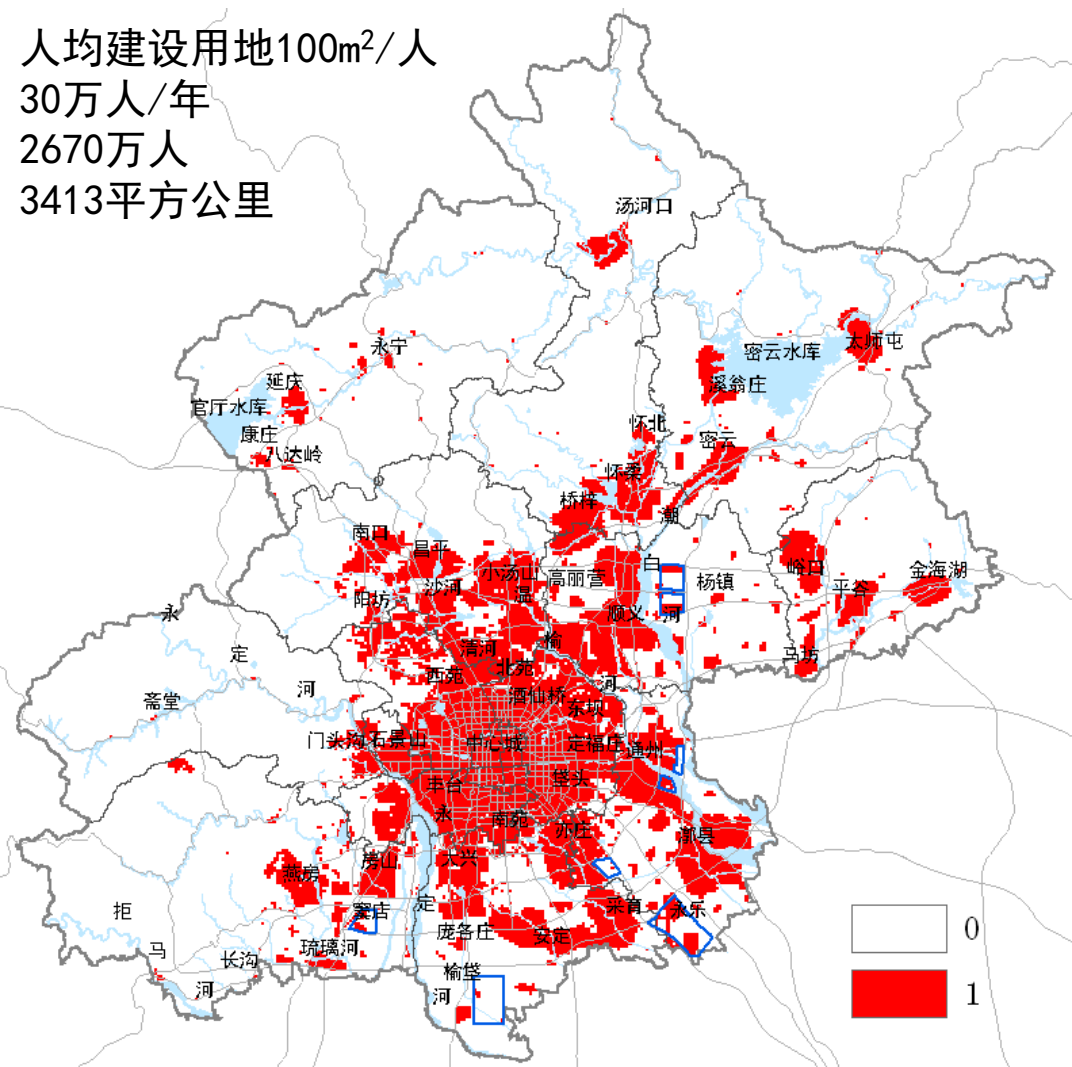
- $w_{road} = -0.00002$
- $w_{vtown} = -0.00008$
- $w_{town} = -0.00004$
- $w_{neighbor} = 5$
- 其余参数为0

• 解释:

- 城市建设用地沿交通干道增长，小城镇作为增长的节点其规模不断扩大，中心城和新城的规模得以控制，形成“葡萄串”式的空间格局。

2 其他情景： C4 可持续发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

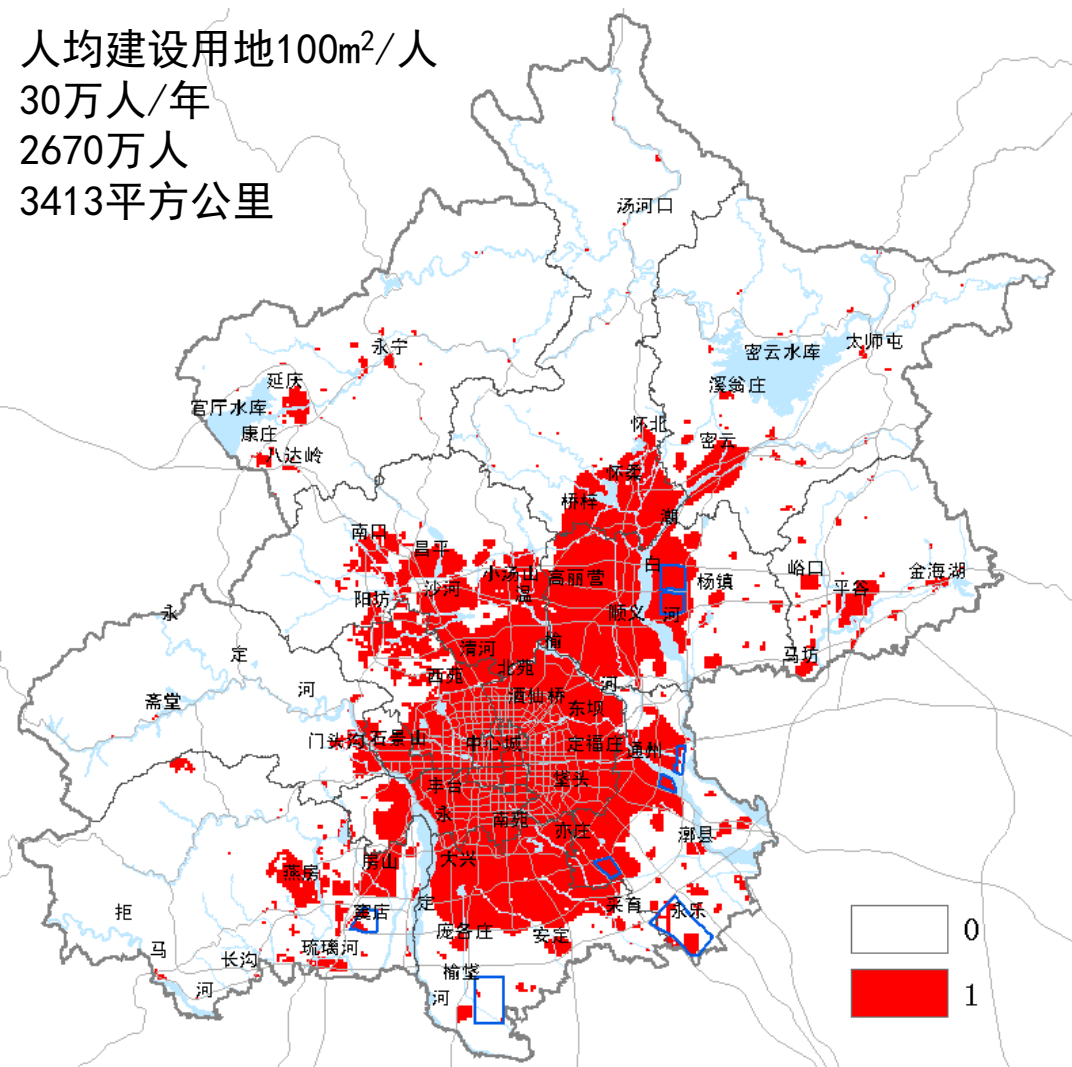
- $w_{conf} = -0.0004$
- $w_{road} = -0.00002$
- $w_{neighbor} = 1$
- $constant = -10$
- 其余参数不变

• 解释:

- 强化对禁止建设区的保护，以保证城市增长对自然资源的破坏更小，面临的灾害风险更小。

2 其他情景： C5 新城促进发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

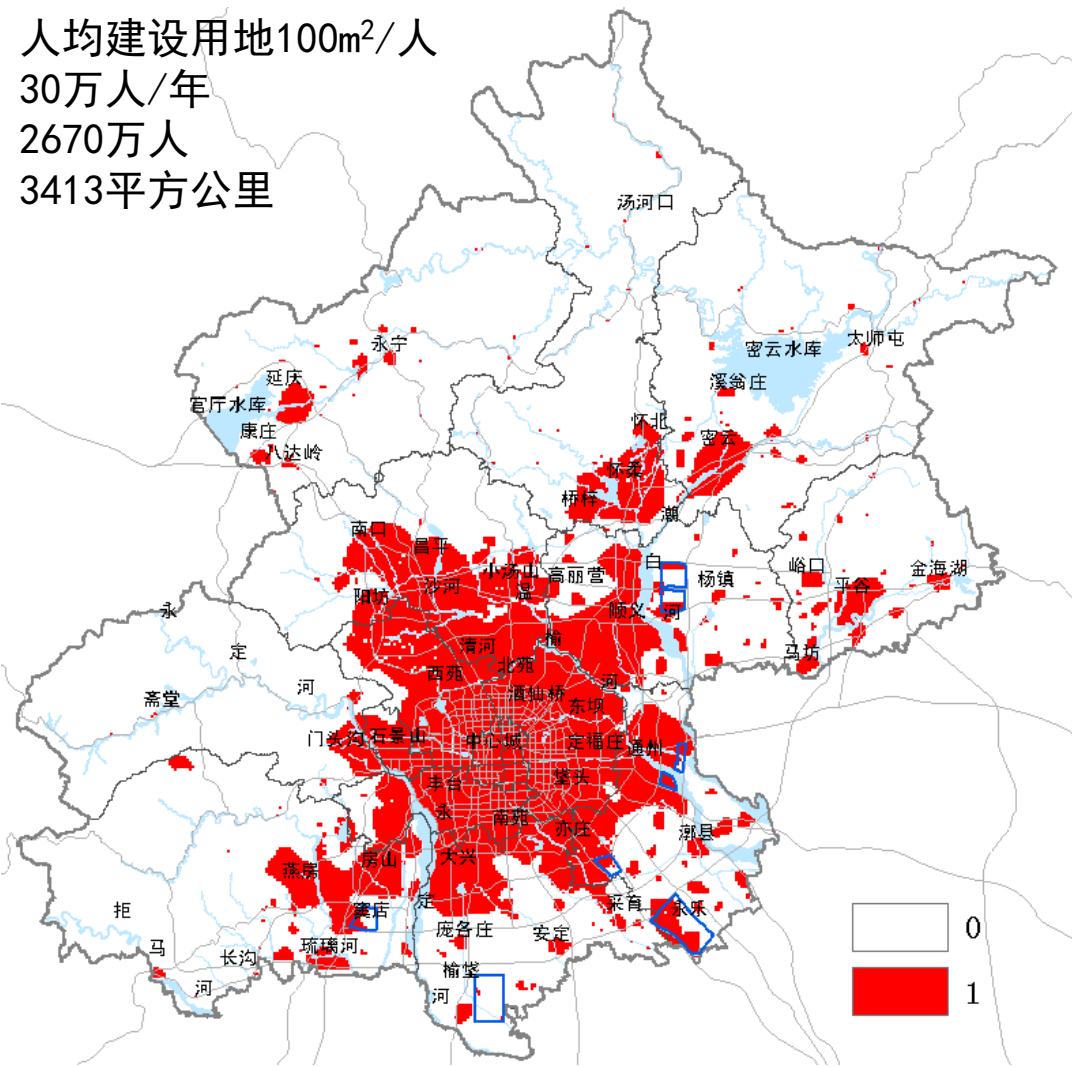
- $w_{vcity} = -0.00010$
- $w_{city} = -0.00007$
- $w_{road} = -0.00002$
- $w_{neighbor} = 3$
- 其余参数为0

• 解释:

- 新城作为未来城市的重要空间增长点，有必要促进重点新城和一般新城的开发，从图中可以看出，大力发展新城会造成城市的蔓延，因此更需要在大力发展新城的过程中做好规划控制工作。

2 其他情景： C6 滨河促进发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

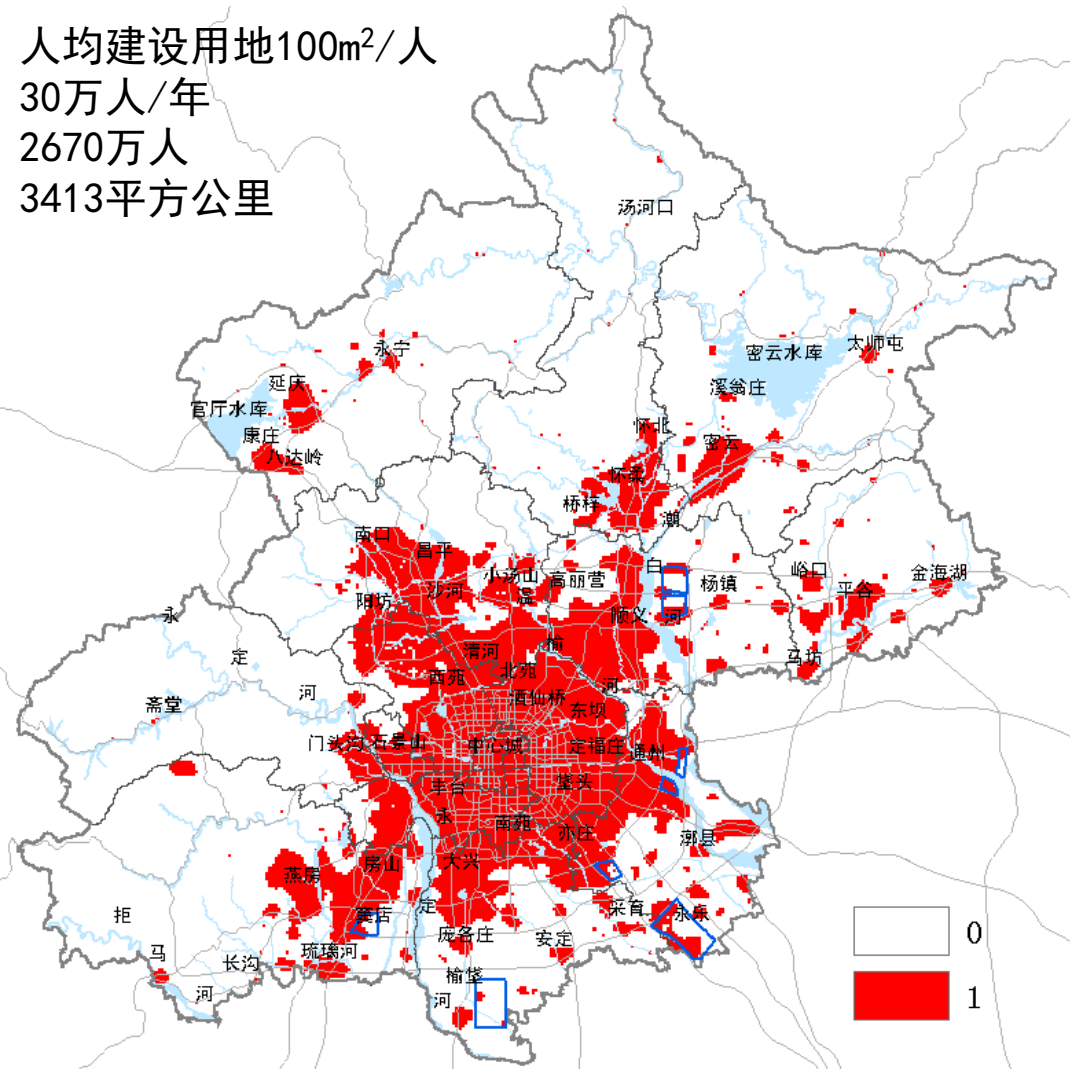
- $w_{river} = -0.00010$
- $w_{road} = -0.00002$
- $w_{neighbor} = 3$
- 其余参数为0

• 解释:

- 促进滨河地区的开发, 这点在2001-2006这一发展阶段中已有体现。

2 其他情景： C7 道路促进发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



• 条件:

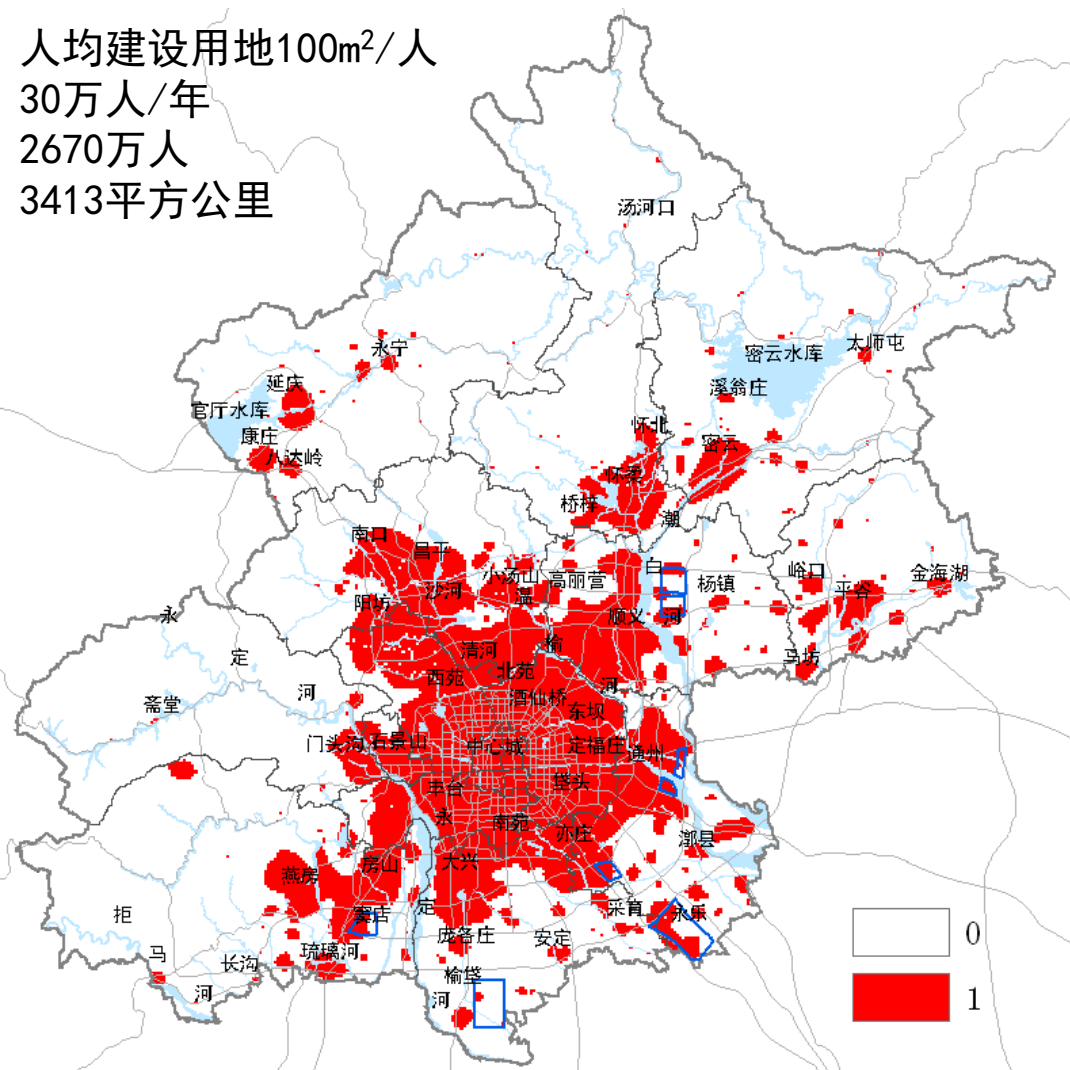
- $w_{road} = -0.00010$
- $w_{neighbor} = 4$
- 其余参数为0

• 解释:

- 加快道路沿线的城市开发，使得交通干线成为城市布局的轴线，这一过程同时也考虑了沿已有城市建设用地的扩展。

2 其他情景： C8 区域协调发展情景

人均建设用地 $100\text{m}^2/\text{人}$
30万人/年
2670万人
3413平方公里



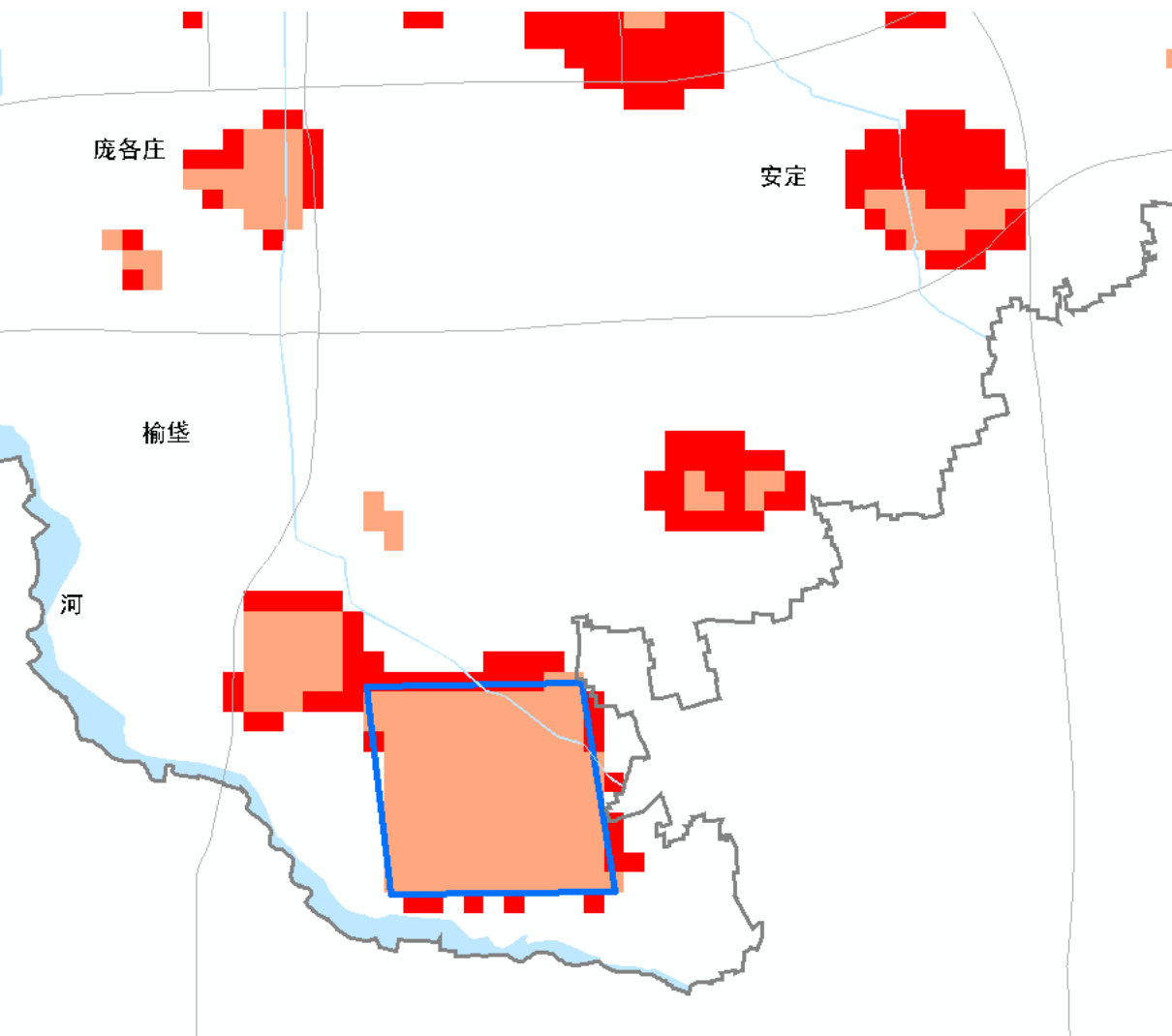
• 条件:

- $f_{rgn} = 0.001$
- $w_{road} = -0.00002$
- $w_{neighbor} = 0.5$
- 其余参数为0

• 解释:

- 加大北京与周边省市的协调力度，促进主要区域走廊周边的开发，可以看到南和东南两个方向的开发比基准模式要多。

2 其他情景： D 特殊政策模拟



- user event, 根据与土地利用相关的特殊政策颁布的时间、位置、规模、配套设施等信息作为输入进行模拟，这里以第二机场大兴方案作为一个事件进行模拟（也可以以2020年用了开发作为特殊政策来模拟）；
- D1 第二机场大兴情景
 - 时间：2015年
 - 位置：大兴备用地南侧
 - 规模：26sqkm
- 如果考虑机场的相关配套设施和规划控制，如高速联络线、周边规划调整、机场周边建设控制等因素，以及首都机场的建设对周边的影响，则模拟结果可更为可靠。

3 模拟结果对比

单位：平方公里

Name	conf	conr	green	agri	rural	Moron I
BJ2020	538	1807	1128	150	169	0.14
BASE	1050	2119	1312	542	244	0.19
a1	1890	2775	1539	1227	403	0.14
a2	768	1976	1287	347	201	0.18
c1	843	2376	1595	397	284	0.25
c2	918	2257	1630	469	272	0.25
c3	912	2253	1369	455	258	0.20
c4	765	2214	1181	492	248	0.13
c5	1007	2230	1457	563	280	0.17
c6	906	2352	1555	438	268	0.24
c7	905	2345	1526	438	266	0.22
c8	919	2385	1544	445	269	0.23

- 为了对各情景进行对比，选择以下几个参数进行分析：占用禁建区conf、占用限建区conr、占用绿化隔离带green、占用基本农田agri、占用农村建设用地rural、蔓延程度（Moron I）
- A情景中，同规模增长情景a1对各类敏感性用地的占用都明显高于低增长情景a2，聚集程度低于a2；
- C情景中：
 - 可持续发展情景c4相比其他情景，在敏感性用地的占用方面都处于最低，这也体现了“可持续”的特点；
 - 趋势发展情景c1对农村建设用地的占用最大，这点在01-06年已有所体现；
 - 蔓延情景c2的集聚程度最高，而可持续发展情景c4最低。


七、讨论与结论

1. 讨 论 Discussions
2. 结 论 Conclusion

1. 作为城市空间形态模拟的平台，BUDEM直接面向北京城市规划的实践工作，可以用于模拟宏观政策、规划方案、发展策略等，是对CA在超大城市城市规划部门应用的可能性和实际效果的有力尝试；
2. 基于享乐价格模型 (Hedonic) 选择CA模拟的空间变量；
3. 在建模方法上，BUDEM采用Logistic回归和MonoLoop集成的方法获取CA状态转换规则，并以此作为实现指定空间形态的核心方法；
4. 在考虑的城市发展因素方面，引入了复杂环境约束、城市规划等其他CA城市增长模型少有考虑并体现中国城市发展特色制度性约束的研究视角；
5. 基于空间吸引力模型，首次将区域（大北京）影响作为一个空间变量考虑在模型中；
6. 提出了结合中国国情的基于中期规划方案预测远景城市空间增长的模式（基于2020规划方案预测2049城市形态）。

结论

1. 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，并对我院数据收集提出了相应建议；
2. 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，特别地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；
3. 针对北京总规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；
4. 利用BUDEM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情景对城市空间增长的影响。本研究针对北京2049，给出不同的空间发展策略作用下的多个城市空间增长的情景。



直接面向北京城市规划的实践工作，是BUDEM模型相比其他基于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，考虑将该模型应用于南城复兴、规划实施评估等规划研究中；

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；

考核方式：考查

- 成绩构成：出勤及过程（30分）+大作业（70分）
- 大作业（任选一种形式）：
 - 形式1：每人撰写某一类城市模型综述的课程论文
 - 形式2：每人撰写城市模型发展趋势与未来展望的课程论文
 - 形式3：利用课程发放的北京五环内数据，开发一个地块尺度的轻量级城市模型（straight forward and light-weight），并附模型介绍（建议2-3人一组）
 - 建议选题：城市开发密度模拟(2035年)
 - 欢迎与任课教师讨论（建议OPEN OFFICE HOUR时间）
- 提交方式：W13周末（5月27日）前提交给助教陈婧佳
 - W8结课后也同样欢迎约任课教师讨论大作业

课后安排

- 阅读材料待放到课程网站
 - <https://www.beijingcitylab.com/courses/aium2018/>
- OPEN OFFICE HOUR
 - 每周二下午12:30-13:30
 - 需要提前通过info预约
 - ylong@tsinghua.edu.cn, 新建筑馆501, 13661386623
- 答疑邮箱
 - ylong@tsinghua.edu.cn



北京城市实验室
Beijing City Lab

<http://www.beijingcitylab.com>

