

---

# 基于适宜性评价的中心城区建设用地布局

## — 以杭州市为例<sup>1</sup>

陆张维<sup>1, 2</sup>, 徐丽华<sup>1\*</sup>, 吴亚琪<sup>1</sup>

( 1 浙江农林大学环境与资源学院, 浙江临安 311300 :

2 浙江大学公共管理学院, 浙江杭州 310029 )

**摘要:** 中心城区建设用地布局优化有助于发挥建设用地的最大效益, 关系整个区域土地资源的合理利用和社会经济的可持续发展采用主成分分析方法从栅格尺度评价杭州市中心城区建设用地适宜性, 同时针对中心城区的特点侧重于经济适宜性, 并结合 GIS 技术, 实现基于建设用地适宜性评价的中心城区建设用地布局方案。结果表明: 侧重经济适宜性的建设用地适宜性评价结果作为杭州市中心城区建设用地布局的决策依据是科学合理的, 有助于确定未来城市发展的优势区位, 并且布局方案相对紧凑, 能有效引导城市紧凑化发展, 抑制城市沿主干道蔓延式开发另外, 基于适宜性评价的中心城区建设用地布局是一种自上而下的布局方式, 较难体现邻域动态影响、局部规则的交互作用以及不同主体城市开发决策行为所导致的空间格局, 可能导致布局结果与城市实际发展情况的偏离, 对此仍有待进一步深入研究。

**关键词:** 中心城区; 建设用地; 布局; 适宜性评价; 杭州

**中图分类号:** F301Z 文献标识码: A **文章编号:** 1004 — 8227 ( 2016 ) 06 — 0904 — 09

DOI : 10.11870 / cjlyzyyhj201606006

当前, 我国经济正处于快速增长阶段, 城市化水平不断提高, 城市建设用地扩展加剧。而土地资源的稀缺性和不可再生性, 加上中国人多地少的现实, 导致建设用地日趋紧张, 建设用地指标频频突破规划。为此, 如何将有限的建设用地资源落实到空间上, 实现建设用地合理布局, 发挥建设用地最大效益, 保障社会经济又好又快发展, 已经成为现阶段我国土地管理的重要任务。

---

<sup>1</sup>收稿日期: 201509 — 15 ; 修回日期: 2015 — 11 — 24

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(51508513); 浙江省自然科学基金项目(LY15D010006); 科研启动基金项目(2013FR057); 省高校访问学者专业发展项目(FX2013056)

**作者简介:** 陆张维(1983 —), 男, 博士, 主要研究方向为城市土地利用与管理 Email : zhwtu @ zafu.Edu.cn

\* 通讯作者 E-mail : xulh99g @ 163.com

---

务。特别是中心城区，作为区域经济发展的核心与载体，其建设用地布局优化更是直接关系到整个区域土地资源的合理利用和社会经济的可持续发展。

城镇建设用地布局研究是土地资源优化配置的重要方面，在农用地适宜性评价以及建设用地适宜性评价的基础上，结合定性分析和定量分析方法，来研究城镇建设用地布局是一个主要思路<sup>[1~11]</sup>。另外，针对城镇建设用地布局是大量规划单元、多目标和多空间约束问题，有学者采用遗传算法和模拟退火算法等启发式算法实现土地资源的空间配置<sup>[12~14]</sup>。也有学者将一些规划理念如密度控制和生态环境保护<sup>[15~18]</sup>，以及“多极多核分散式多中心”、“间隙式山水化”等新的布局模式引入到城镇建设用地布局优化中<sup>[19, 20]</sup>。近来，也有学者引入 CA 模型为城市规划空间布局提供决策支持，通过在 CA 模型的转换规则中，嵌入规划目标，根据不同规划情景，模拟相应的城市发展格局，以确定合理的城市发展模式<sup>[21~24]</sup>。可见，城镇建设用地布局研究正朝多样化方向发展。

另一方面，对于土地利用活动，土地适宜性评价是土地利用决策的重要因素<sup>[25]</sup>，《雅典宪章》有关建设用地选择的理论也认为，城市土地用途的确定必须考虑土地适宜<sup>[26]</sup>，才能实现城市土地资源的优化配置<sup>[27]</sup>。因此，虽然城镇建设用地布局研究有着不同的思路，基于适宜性评价的城镇建设用地布局仍然是一个重要方向。已有相关文献在研究尺度的选择上，侧重不同行政单元之间建设用地资源的空间配置，或者城市空间合理发展方向的选择，鲜有针对中心城区从栅格尺度进行建设用地布局优化；另外，在评价指标的选取上则从工程施工因素、生态因素、气象因素和经济因素方面考虑，主要评价某地块是否适宜作为建设用地，以及适宜的程度。然而对于中心城区建设用地布局，其适宜性评价有其特殊性，中心城区是一个区域政治、经济和文化中心，通常是在自然地理等条件相对较好的区域逐渐发展起来的，因而，中心城区通常是建设用地适宜区，适宜性评价应该重点关注作为建设用地的适宜性程度。另外，城市土地的优化配置以“效益”为核心，中心城区尤为如此，并且城市开发主体更关心用地的经济效益，而这种效益的差异主要由土地的经济区位所决定。因此，为实现中心城区建设用地布局优化，其建设用地适宜性评价有其自身特点，应该着重考虑经济因素，辅以生态因素，并且从栅格尺度上借助 GIS 技术进行分析。

## 1 资料与方法

### 1.1 区域与数据

本文以杭州市中心城区为研究靶心，包括主城、江南副城和下沙副城，以绕城高速公路为界，土地总面积为 813.78 km<sup>2</sup>（图 1）。

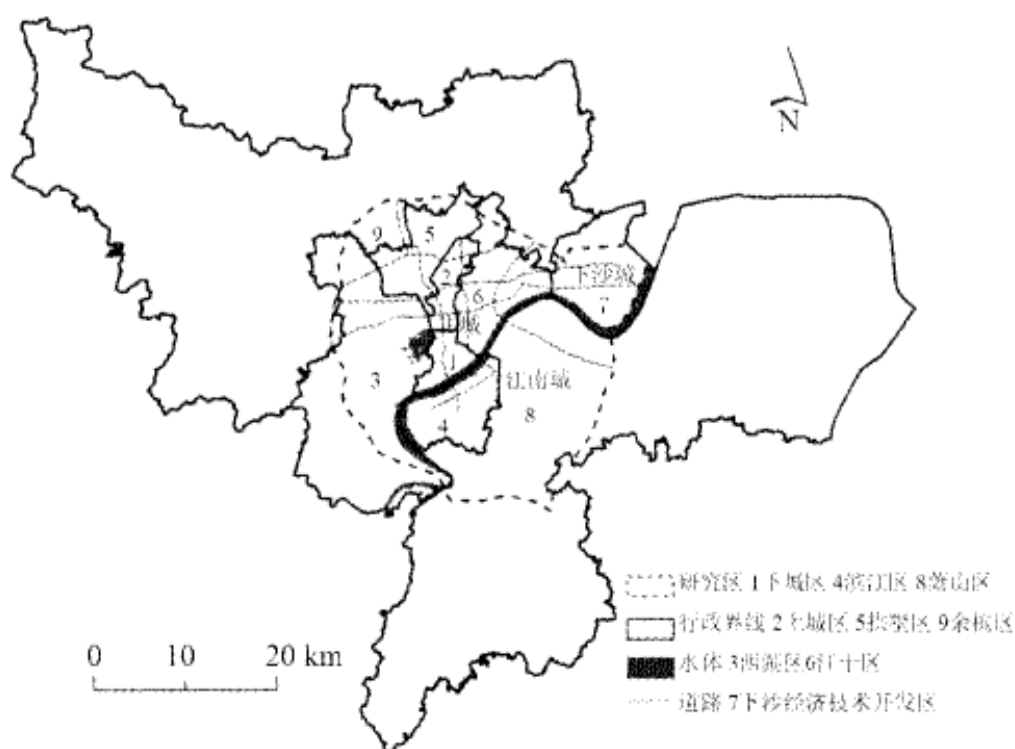


图 1 研究区位置

Fig.1 Position of Study Area

本研究采用的资料主要包括：2005 年 11 月 27 日 Landsat TM 影像和 2010 年 9 月 21 日 Landsat ETM 影像（轨道号为 PI 19 、 R39 ），用于获取建成区邻域密度和水体邻域密度，以及 2005 — 2010 年建设用地扩展情况；其他数据还包括 1987 年杭州市 1 : 5 万地形图，2005 年土地利用现状图、2001 — 2020 年城市规划资料、主城区行政区划图、道路交通图、基本农田分布图和工业中心分布图，用于获取杭州市主城区 2005 年的坡度、农居点邻域密度、城市规划区邻域密度、基本农田邻域密度、道路密度、离工业中心距离和离 CBD 距离。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 评价因子的选取与计算

中心城区建设用地适宜性评价着重考虑用地的经济适宜性，兼顾生态保护。已有建成区周边，规模效益明显，容易引起城市开发的进一步集聚，具有良好的经济效益；交通设施是城市扩展的重要解释变量，交通沿线的土地开发成本较低、通达性好，经济区位优势，因而城市扩展倾向于沿交通线向外扩展；在未来城市规划范围内，政府会提供城市基础设施（如道路）和城市发展所需的配套设施（如安全、健康、教育、医疗），是适宜开发的区域；长期以来，城市工业的发展通常以集聚的方式为主，特别是各工业区、开发区在集聚企业方面更具有吸引力<sup>[28]</sup>；竞租理论认为，市中心具有高的租金，随着离市中心距离的增加租金逐渐降低，因此离市中心的距离越近，用地的经济效益越高，越适宜开发。坡度较大的区域通常是林地，从生态保护角度考虑不适宜开发，而坡度平缓的区域，从经济上考虑建筑成本较低，更适宜开发；大面积水体是优越的景观条件，从环境保护的角度看，认为不适宜开发，并且容易导致可开发土地的破碎化和经济开发成本的上升；基本农田是规划期内未经国务

院批准不得占用的耕地，基本农田保护区的存在限制了某一区域未来的发展空间；城市建设用地扩展过程中会遇到很多农村居民点，征地拆迁困难，而且在土地补偿和村民安置方面需要支付高额的经济成本。因此，本研究选取建成区邻域密度、道路密度、城市规划区邻域密度、离工业中心距离、离 CBD 距离、坡度、水体邻域密度、基本农田保护区邻域密度、农居点邻域密度作为建设用地适宜性评价的评价因子。本研究最终评价单元是 210m× 210m 的栅格，各指标运用 Zonal Statistic 统计方法将结果统计到栅格单元上。

### 1.2.2 主成分分析

主成分分析是一种不掺杂主观意识的客观评价方法，并经过数学分析生成权重值，从而确定每个样本的贡献率。本研究运用主成分分析通过对影响建设用地适宜性的多个因子归纳为几个变量进行评价。

### 1.2.3 指标的标准化

影响建设用地适宜性的多个评价因子，无论从指标的分级值还是从计量单位上看，都不具有可比性，因此，需要对指标标准化处理。采用极差标准化的方法对指标进行标准化，根据指标的不同特点，正相关指标（例如建成区邻域密度）采用式（1）进行处理，负相关指标（例如离 CBD 距离）采用式（2）进行处理。

$$(X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \times 100 \quad (1)$$

$$(X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{\min}) \times 100 \quad (2)$$

式中： $x_{ij}$  为  $i$  栅格单元第  $j$  个指标的实际值； $x_{\max}$  为各栅格单元该指标的最大值； $x_{\min}$  为各栅格单元该指标的最小值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 中心城区建设用地适宜性评价

#### 2.1.1 建设用地适宜性评价因子的主成分分析

采用 SPSS11.5 统计软件对数据进行处理，首先进行 Barlett 球度检验和 KM0 检验，Barlett 球度检验给出的相伴概率为 0.000，小于显著性水平 0.05，KM0 统计量为 0.635，大于 0.5，证明适合于主成分分析。其次利用主成分分析，得到各个主成分的特征值和贡献率，表 1 是建设用地适宜性评价指标的主成分分析结果。由于前 5 个主成分已经包含了原始变量中约 85 % 的信息，已能较好地反映杭州市中心城区建设用地适宜性的空间格局，故选取前 5 个主成分进行分析。

表 1 主成分的特征值及贡献率

Tab.1 Eigenvalues and Their Contribution Rates of the Principal Components

| 主成分 | 特征值   | 贡献率/%  | 累计贡献率/% |
|-----|-------|--------|---------|
| 1   | 2.991 | 33.233 | 33.233  |
| 2   | 1.568 | 17.425 | 50.657  |
| 3   | 1.224 | 13.596 | 64.253  |
| 4   | 1.178 | 13.094 | 77.347  |
| 5   | 0.667 | 7.412  | 84.759  |
| 6   | 0.514 | 5.708  | 90.466  |
| 7   | 0.336 | 3.731  | 94.197  |
| 8   | 0.318 | 3.530  | 97.727  |
| 9   | 0.205 | 2.273  | 100.000 |

表 2 旋转后的主成分载荷矩阵

Tab.2 Rotated Component Matrix

| 指标        | 第一主成分 | 第二主成分  | 第三主成分  | 第四主成分  | 第五主成分  |
|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 农居点邻域密度   | 0.068 | 0.012  | -0.060 | 0.958  | -0.045 |
| 城市规划区邻域密度 | 0.816 | 0.256  | 0.061  | -0.064 | 0.138  |
| 建成区邻域密度   | 0.907 | 0.120  | 0.008  | -0.064 | 0.039  |
| 水体邻域密度    | 0.530 | -0.040 | 0.669  | 0.089  | -0.149 |
| 基本农田邻域密度  | 0.141 | 0.248  | -0.056 | -0.042 | 0.944  |
| 离CBD距离    | 0.188 | 0.773  | -0.178 | 0.125  | 0.214  |
| 离工业中心距离   | 0.071 | 0.872  | 0.153  | -0.085 | 0.086  |
| 坡度        | 0.354 | -0.013 | 0.836  | -0.229 | -0.151 |
| 道路密度      | 0.854 | 0.000  | 0.084  | 0.225  | 0.064  |

表 2 显示了每个主成分包含原来变量的信息载荷情况，对应的载荷系数越大，包含原变量的信息就越多，借此分析各个主成分的内涵，可以概括为区位、集聚规模效应、生态环境、征地拆迁成本和空间约束等 5 个主因子。

## 2.1.2 建设用地适宜性综合评价

影响建设用地适宜性的因素很多，主成分分析得到的五个主成分基本上可以概括影响建设用地适宜性格局的主导因子。利用主成分分析，确定杭州市中心城区建设用地适宜性的综合评价模型如下：

$$Y = 0.332\ 3 \times Y_1 + 0.174\ 3 \times Y_2 + 0.136\ 0 \times Y_3 + 0.130\ 9 \times Y_4 + 0.074\ 1 \times Y_5 \quad (3)$$

式中：Y 为建设用地适宜性综合得分；Y<sub>1</sub>为区位因子；Y<sub>2</sub>为集聚规模效应因子；Y<sub>3</sub>为生态环境因子；Y<sub>4</sub>为征地拆迁成本因子；Y<sub>5</sub>为空间约束因子。按照上述评价模型，根据上述各个主导因子的得分，可以模拟出杭州市中心城区建设用地适宜性的空间格局

（图 2）。其空间结构与第一主成分基本一致，呈从已有建成区、主干道沿线以及未来城市规划区向外递减的圈层分布，根据中心城区建设用地的适宜性空间格局，接下来城市的发展可能是中心城区往城区北部，城东往下沙方向，下沙城西部往主城区方向，滨江区沿线塘江南岸，以及萧山城区往北部发展。

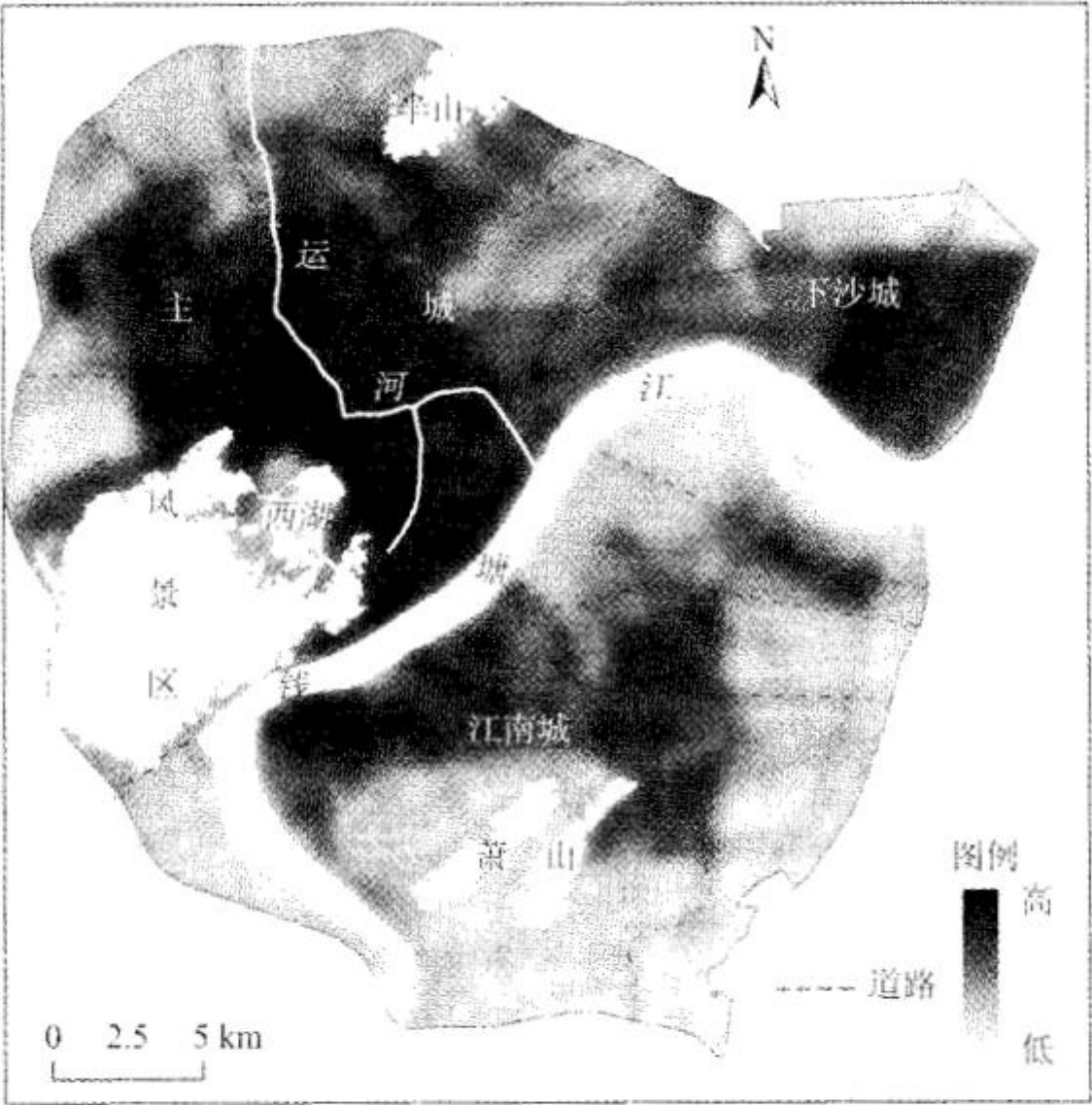


图 2 杭州市中心城区建设用地适宜性空间格局图

Fig.2 Spatial Pattern of Construction Land Suitability in Central Urban Area of Hangzhou

2 . 1 . 3 建设用地的适宜性空间格局与城市扩展的对比分析

---

理论上讲，城市发展过程当中，建设用地适宜性最高的区域应该是优先开发的区域。因此，通过对比分析杭州市中心城区 2005 — 2010 年新增建设用地的分布与本研究分析得到的 2005 年建设用地适宜性评价的空间格局，以验证中心城区建设用地适宜性评价的现实性。

从遥感解译上看，2005 — 2010 年杭州市中心城区新增建设用地增长情况如图 3 所示，新增建设用地  $50.34 \text{ km}^2$ ，发现杭州市中心城区的城市扩展具有 10 个增长点，分别是文一西路两侧、古墩路和莫干山路两侧、上塘高架两侧、石大快速路北侧、良山东路和德胜东路两侧、下沙 1 号大街西侧、下沙城区的填充开发、滨江城区的填充开发、萧山市心北路两侧和萧山城区东北部杭甬高速南侧的工业区，这与建设用地适宜性评价所确定的适宜性较好的区域基本吻合。具体来看，在研究区范围内，除去已有建设用地、山地、水域、风景保护区和基本农田等用地，共有  $213.66 \text{ km}^2$  土地可供开发，根据建设用地适宜性评价结果，选取其中  $50.34 \text{ km}^2$  最适宜的用地，则 2005 — 2010 年间，在栅格尺度上有  $14.31 \text{ km}^2$  约 30 % 的新增建设用地位于该区域内。若将  $213.66 \text{ km}^2$  可开发土地按 30 %、30 %和 40 %划分为适宜性一等、二等和三等，则 2005 — 2010 年间位于一等、二等和三等的新增建设用地比例分别为 47.16 %、30.18 %和 22.66 %。可见，杭州市中心城区建设用地适宜性的评价结果作为杭州市中心城区建设用地布局的决策依据是科学合理的。

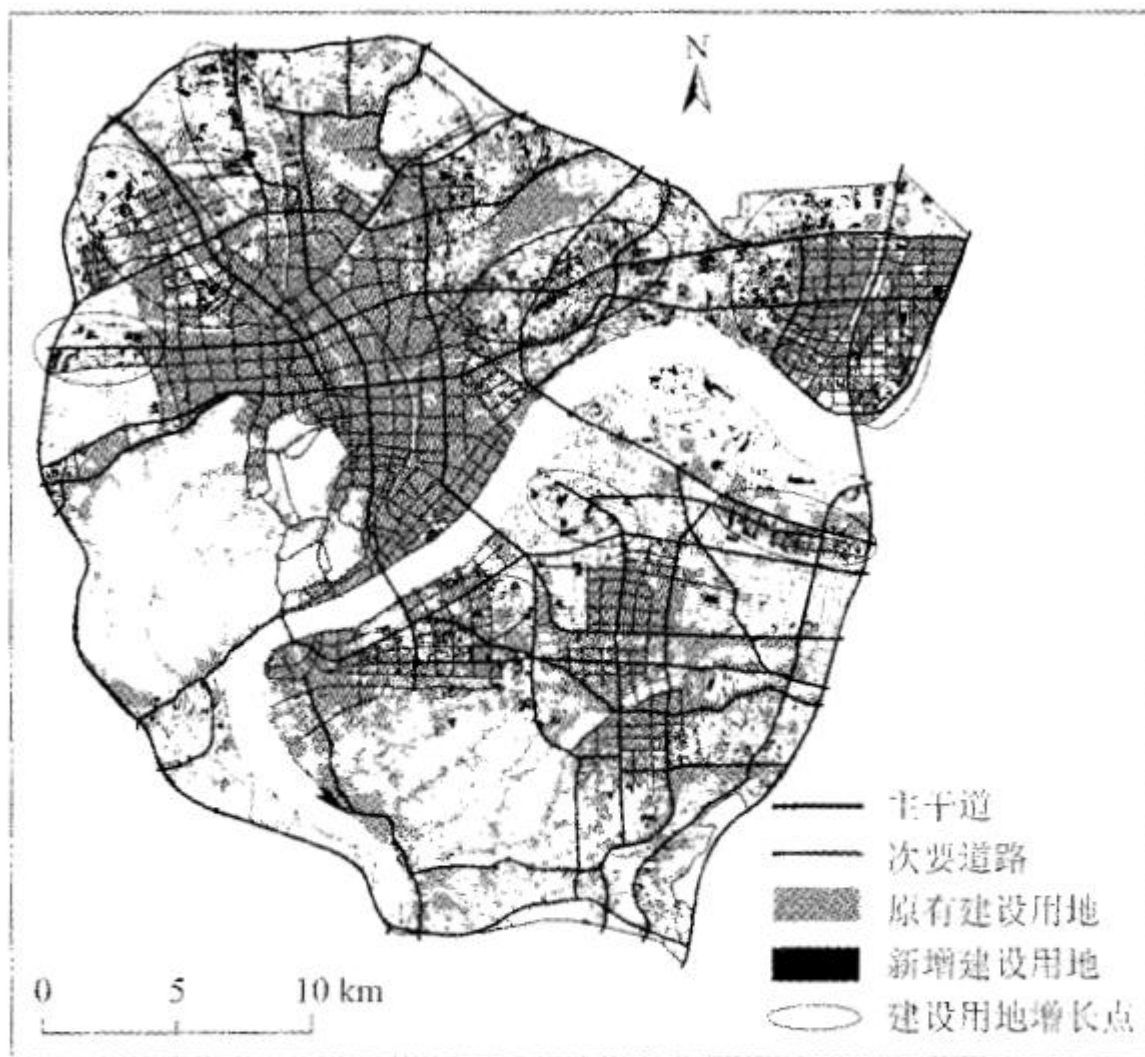


图3 2005-2010年杭州市中心城区建设用地增长  
Fig.3 Constructed Land Expanding in Central Urban Area of  
Hangzhou Between 2005 and 2010

## 2.2 中心城区建设用地布局

### 2.2.1 布局规则

在中心城区建设用地布局中，将非建设用地空间分为  $30\text{ m} \times 30\text{ m}$  的栅格，每个栅格看成一个元胞，代表最小的土地开发单元<sup>②</sup>。

布局规则是中心城区建设用地布局的核心，决定了各元胞在规划期内的动态转化过程，元胞在土地利用总体规划的控制指标的约束下，在规划目标的引导下，通过一定的规则来完成建设用地的规划布局。

<sup>2</sup> ①本研究中并未用到元胞自动机的方法，考虑到可开发单元的格子形状，因而借用元胞这个名词来代表



$$L_i = F(P_i^{t+1}, Q) \quad (4)$$

式中：L 表示中心城区建设用地规划布局； $P_i^{t+1}$  表示元胞 i 在规划期内的建设用地适宜性指数；Q 表示土地利用总体规划中的建设用地控制指标；F 表示函数，该函数主要由以下规则决定。

规则 1：建设用地适宜性最大的元胞优先转化为建设用地。

规则 2：为控制建设用地的自发式增长，设定只有与已有建设用地相邻的元胞才有可能转化为建设用地。

规则 3：基本农田、西湖风景区以及自然与文化遗产保护区不能占用。对于水体，设定钱塘江、京杭运河、西溪湿地、西湖等重要水体，以及另外一些面积较大的水体（假设面积超过 5 个元胞的水体）不能占用。另外，根据 DEM 图提取坡度信息，其中坡度大于 100 的山体排除在开发之外。

规则 4：标准农田是经过土地整理之后，生产条件改善显著的耕地。规划期内应尽可能地少占用标准农田，设定当标准农田邻域内的建设用地元胞达到 4 时，才可以占用标准农田。

规则 5：《杭州市生态带概念规划》规划建设六条生态带，涉及杭州市区和上游钱塘江水源保护区，面积 2097km<sup>2</sup>。在生态带内应限制建设用地开发，设定生态带内元胞的建设用地适宜性统一调整为原来的 80 %。

规则 6：为了控制城市扩展的形态，引导城市往紧凑型方向发展，优先开发在凸壳范围内的城市用地<sup>[29]</sup>，设定凸壳外的建设用地适宜性调整为原来的 90 %。

规则 7：转换为建设用地的元胞数量按以下公式控制：

$$Q = M / A \quad (5)$$

式中：Q 为规划期内转换为建设用地的元胞数量；M 为新增建设用地的规划控制面积；A 为元胞面积。

在规划中，政府配置建设用地资源不仅应做到在空间分布上的最佳配置，还应使得不同规划期内用地数量达到最优。Tietenberg 提出了有效使用自然资源的动态时间模型<sup>[30]</sup>，将涉及时间因素的贴现率放入了模型，以平衡当代人和将来人对自然资源使用的需要，产生最大的经济效益。未来资源分配应满足如下的最大值条件：

$$\max_{q_t} \sum_{t=1}^n (aq_t - bq_t^2/2 - cq_t)/(1+r)^{t-1} + \lambda(Q - \sum_{t=1}^n q_t) \quad (6)$$

式中：Q 为总的建设用地指标； $q_t$  是 t 时期所对应的建设用地量；a 为建设用地边际收益曲线的截距；b 为边际收益曲线的斜率，可设为 1；c 为边际费用的常数，其值比 a 小，可设为 a / 2；r 为贴现率；t 为时间；h 为极值公式的常数。

黎夏和叶嘉安对这一模型进行了改进<sup>[31]</sup>，在模型中引入了人口增长的因素，用来分配未来建设用地资源的使用，以获得最大的纯效益值，土地资源动态分配方程如下：

$$(a - bq_t/P_{ta} - c)/(1 + r)^{t-1} - \lambda = 0 \quad t = 1, \dots, n \quad (7)$$

$$Q - \sum_{t=1}^n q_t = 0 \quad (8)$$

式中： $P_{ta}$  为  $t$  时期内新增加的人口，其他参数跟式（6）一致。

在中心城区建设用地布局过程中， $q_t$  作为总的控制变量，以确定一定时期内的新增建设用地规模。

根据杭州市土地利用总体规划（2006 — 2020）的数据，中心城区规划范围内 2006 — 2020 年，主城区新增建设用地 2020hm<sup>2</sup>，江南城新增建设用地 3 035hm<sup>2</sup>，下沙城新增建设用地 2923hm<sup>2</sup>，总计 7 978hm<sup>2</sup>。规划期内转换为建设用地的元胞数量，其中主城区为 22 444 个元胞，江南城为 33 722 个元胞，下沙城为 32 478 个元胞。但是考虑到下沙城增加 2923hm<sup>2</sup> 建设用地之后，建设用地图斑将几乎填满整个下沙城范围，如此一来，该规划布局方法对于布局结果的影响差异很难显现，为便于分析，缩减下沙城规划期内的建设用地指标至原来的 750；0，为 2 192 hm<sup>2</sup>（表 3）。

**表 3 规划期内新增建设用地指标配置**

**Tab.3 Newly-increasing Construction Land Quotas in Planning Period (hm<sup>2</sup>)**

| 行政区   | 城区         | 主城    | 江南城   | 下沙城   |
|-------|------------|-------|-------|-------|
| 允许建设区 | 2006 ~2010 | 1 070 | 1 557 | 1 192 |
|       | 2011 ~2020 | 950   | 1 478 | 1 000 |
|       | 合计         | 2 020 | 3 035 | 2 192 |

## 2.2.2 布局结果和分析

根据上述布局规则得到杭州市中心城区建设用地布局结果如图 4 和图 5 所示。

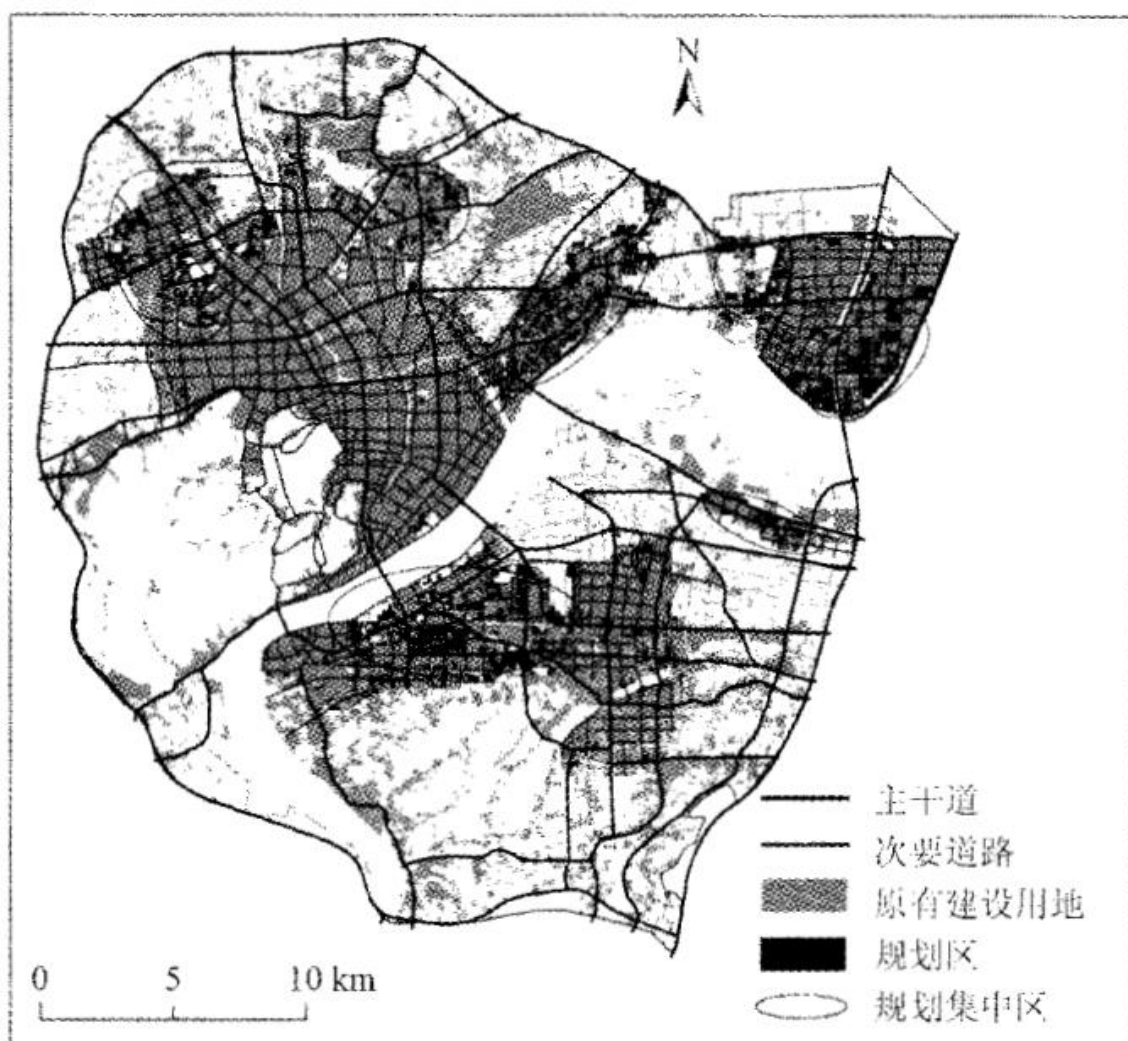


图 4 2006~2010年杭州市中心城区建设用地规划布局

Fig.4 Spatial Distribution of Construction Land in Central Urban Area of Hangzhou Between 2006 and 2010

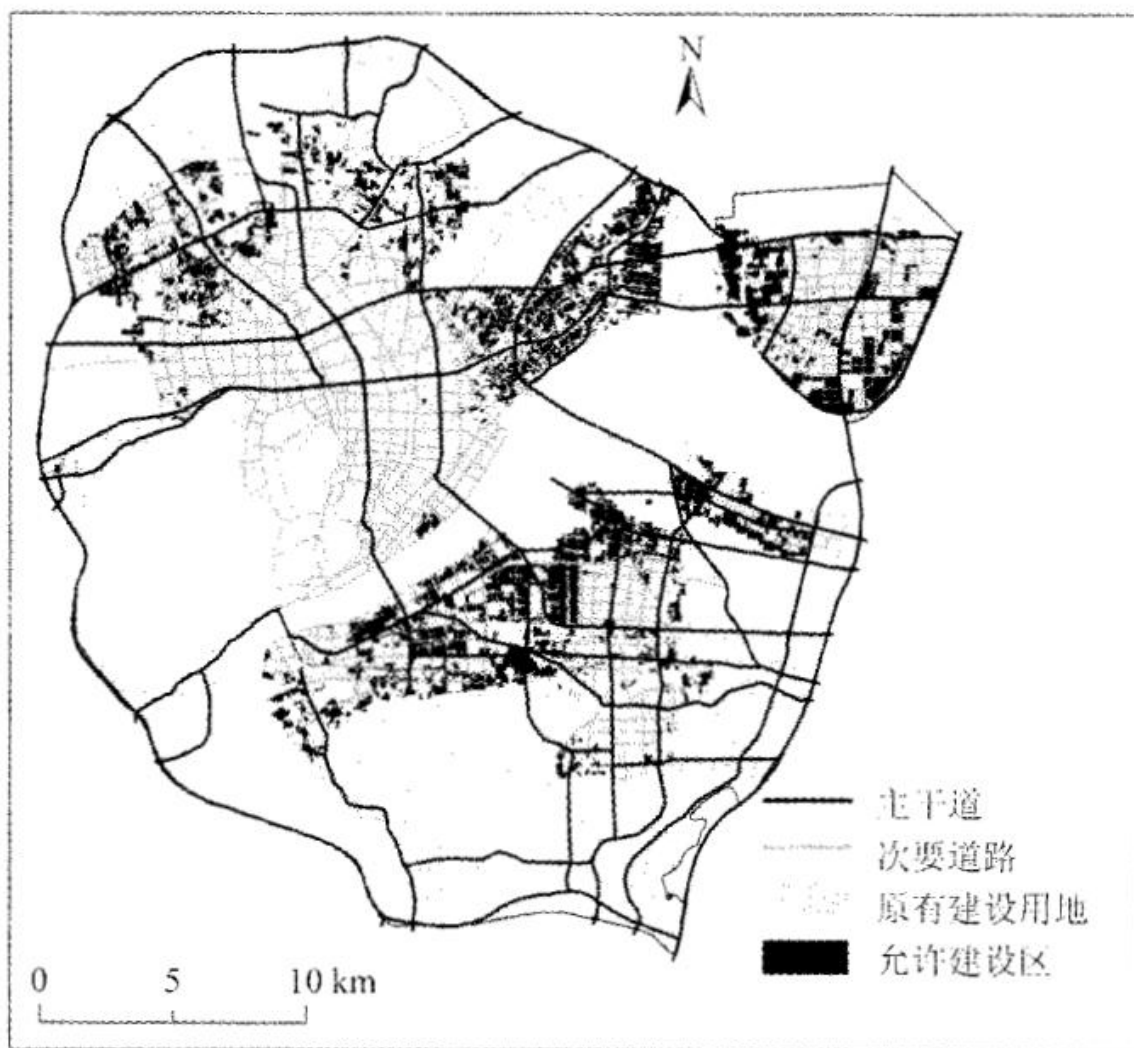


图5 2006~2020年杭州市中心城区建设用地规划布局  
Fig.5 Spatial Distribution of Construction Land in Central Urban Area of Hangzhou Between 2006 and 2020

2010年8月20日，国务院原则同意修订后的《杭州市土地利用总体规划（2006—2010）》，可以说，2006—2010年这段时间内，杭州市的用地缺乏土地利用规划的有效指导，该阶段内实际的建设用地扩展结果一定程度上反映了城市增长的自主性。通过比较2010年的建设用地布局结果和2010年实际的建设用地分布情况来分析基于适宜性评价的中心城区建设用地布局方法的优劣。

根据2005年现状建设用地与2010年实际建设用地格局之间的差异（图3），发现杭州市主城区城市扩展的10个增长点，城市扩展集中在主干道附近，其中文一西路两侧、上塘高架两侧和市心北路两侧为蔓延式发展，其他的为填充式发展。另外在各自的发展增长点内，建设用地布局相对分散，2005年杭州市中心城区斑块数量为1108，集聚度指数为90.17，到2010年，斑块数量增加为1785，而集聚度指数降为89.99，中心城区建设用地图斑变得破碎而分散。从2006—2010年杭州市中心城区建设用地规划布局结果看（图4），该布局方案相对紧凑，可以有效抑制城市沿主干道蔓延式发展，而代之为沿城市主

干道填充式开发，其 7 个规划集中区与 2006 — 2010 年实际建设用地增长点相一致，其他 3 个沿主干道蔓延式发展的增长点未布局建设用地。若按照杭州市中心城区基于适宜性评价的建设用地规划布局结果发展，到 2010 年其建设用地斑块数量降低为 1 057，集聚度指数增加到 92.25，到 2020 年其建设用地斑块数量降低为 959，集聚度指数增加到 93.71，城市格局趋于紧凑。因而基于适宜性评价的中心城区建设用地布局方案对于促进城市紧凑式发展具有重要的意义。

另外，基于适宜性评价的城镇建设用地布局是一种自上而下的布局方式，对于建设用地适宜性的评判取决于规划者的价值判断。例如开发主体认为道路沿线（特别是主干道）的用地是适宜开发的，而从规划者的角度看，如此的开发模式容易导致城市的蔓延，所以规划者为了充分利用已有道路等基础设施资源，选择路网密度作为评判指标，以提高现有建成区的投资强度；开发主体若从事商业开发，认为离 CBD 的距离越近，则越适宜开发，但是对于居住或者工业用地来说，离 CBD 的距离对于建设用地适宜性的优劣关系甚微，但是规划者为了控制城市紧凑的形态，促进城市发展以 CBD 为圆心圈层式往外逐步发展，统一认为离 CBD 的距离越近，则越适宜开发。因而，基于适宜性评价的城镇建设用地布局很难体现邻域的动态影响、局部规则的交互作用以及不同主体城市开发决策行为所导致的空间格局，很难区分较小范围内不同空间之间的异质性，所以倾向于集中式的布局，容易导致布局结果与城市实际发展情况的偏离，虽然可以避免诸如沿交通干道蔓延式的发展，但是也剥夺了部分相对优势区域发展的权利。从图中可以看出，除了 7 个规划集中区外，几乎没有其他的用地布局了，而像诸如城西天目山路和西溪路之间以及德胜快速路、秋石快速路和良山西路之间的区域，要完全限制其开发是很难的。

### 3 结论

土地适宜性评价在土地利用规划中起着基础性的作用，是土地利用决策的重要因素。本研究采用主成分分析方法评价杭州市中心城区建设用地适宜性，并在此基础上综合考虑中心城区内基本农田、西湖风景区以及自然与文化遗产保护区的保护，标准农田的占用限制，生态带内城市开发的控制，城市形态的约束等因素，科学合理地确定中心城区建设用地的布局方案，主要得出以下结论：

（1）侧重经济适宜性的建设用地适宜性评价结果作为杭州市中心城区建设用地布局的决策依据是科学合理的。杭州市中心城区建设用地适宜性的空间格局呈从已有建成区、主干道沿线以及未来城市规划区向外递减的圈层分布，适宜性评价较好的区域与杭州市中心城区 2005 — 2010 年间新增建设用地的分布情况基本吻合。

（2）基于适宜性评价的中心城区建设用地布局可以有效确定未来城市发展的优势区位，未来城市发展的重点可能是城区北部填充式发展，城东往下沙方向，下沙城西部往主城区方向，滨江区沿钱塘江南岸，以及萧山城区往北部发展，并且布局方案相对紧凑，可以有效引导城市紧凑化发展，抑制城市沿主干道蔓延式发展，而代之以沿城市主干道填充式开发。

（3）基于适宜性评价的中心城区建设用地布局是一种自上而下的布局方式，很难体现邻域的动态影响、局部规则的交互作用以及不同主体城市开发决策行为所导致的空间格局，以及区分较小范围内不同空间之间的异质性，所以倾向于集中式的布局。然而现实情况是任何区域的城市开发主体都有着追求经济利益的动机，已有建城区周边具有较好区位条件的地块都有可能被开发，城市集中式开发过程中始终伴随着分散式的开发。因此，自上而下的建设用地布局方法由于未充分考虑城市发展自下而上的发展规律，可能导致布局结果与城市实际发展情况的偏离，未来仍需要进一步深入研究。

参考文献：

[1] 程建权，兰运超，杨仁．基于 GIS 的城镇发展布局优化方法研究[J]．武汉城市建设学院学报，1999，16（1）：17 — 22．

- 
- [ 2 ] 黎夏, 叶嘉安. 基于遥感和 GIS 的辅助规划模型 — 以珠江三角洲可持续土地开发为例[ J ]. 遥感学报, 1999 , 3 ( 3 ) : 215 — 219 .
- [ 3 ] 赵涛, 郑新奇, 邓祥征. 城市土地利用优化配置分析应用 — 以济南市为例[ J ] . 地球信息科学, 2004 , 6 ( 2 ) : 53 — 57 .
- [ 4 ] 张在志, 孙毅中, 陆艺, 等. 规则约束的南京市用地布局多情景模拟[ J ] . 测绘科学, 20 14 , 39 ( 5 ) : 99 — 103 .
- [ 5 ] 孙晓莉, 赵俊三. 基于 GIS 的宾川县城建设用地布局优化研究[ J ] . 贵州大学学报 ( 自然科学版 ), 20 12 , 29 ( 1 ) : 1 35 — 140 .
- [ 6 ] 陈诚, 陈雯, 吕卫国. 基于空间开发适宜性分区的城镇建设用地配置 — 以海安县为例[ J ]. 地理科学进展, 2009 , 28 ( 5 ) : 775 — 781 .
- [ 7 ] 王晓, 路建国, 朱伟亚, 等. 基于空间开发适宜性评价的建设用地扩展配置研究[ J ]. 山东农业大学学报 ( 自然科学版 ), 2014 , 45 ( 2 ) : 243 — 25 1 .
- [ 8 ] 金志丰, 陈雯, 孙伟, 等. 基于土地开发适宜性分区的土地空间配置 — 以宿迁市区为例[ J ] . 中国土地科学, 2008 , 22 ( 9 ) : 43 — 50 .
- [ 9 ] 吴克宁, 史原柯, 冯新伟, 等. 基于农用地分等的城区扩展用地空间布局优化研究 [ J ] . 中国土地科学, 2007 , 21 ( 6 ) : 16 — 22 .
- [ 10 ] 赵雷, 华楠. 城市空间发展方向选择的层次分析方法[ J ] . 山东建筑工程学院学报, 1996 , 11 ( 3 ) : 38 — 42 .
- [ 11 ] 蔡仕谦, 王剑波. 用地评价与城市发展方向选择[ J ]. 惠州学院学报 ( 自然科学版 ), 2004 , 24 ( 3 ) : 53 — 59 .
- [ 12 ] BALLING RJ, TABER JT, BROWN MR, et al. Multiobjective urban planning using genetic algorithm [ J ]. Journal of Urban Planning and Development , 1 999 , 125 ( 2 ) : 86 — 99 .
- [ 13 ] FENG CM , LIN J J . Using a genetic algorithm to generate alternative sketch maps for urban planning [ J ] . Computers , Environment and Urban Systems , 1 999 , 23 ( 2 ) : 91 — 1 08 .
- [ 14 ] 王新生, 姜友华. 模拟退火算法用于产生城市土地空间布局方案[ J ] . 地理研究, 2004 , 23 ( 6 ) : 727 — 735 .
- [ 15 ] 刘丽荣, 袁泽, 张磊. 基于密度分区的城市经济发展空间布局研究 — 以桂林漓东新城为例 [ J ]. 青岛科技大学学报 ( 社会科学版 ), 2008 , 24 ( 1 ) : 15 — 20 .

---

[ 16 ] FARIS JM , BEEVER LB , BROWN M . Geography information system ( GIS ) and urban land use allocation model ( ULAM ) techniques for existing and projected land use data [ M ] . Washington : Transportation Research Board , 2000 .

[ 17 ] 肖长江, 欧名豪, 李鑫. 基于生态—经济比较优势视角的建设用地空间优化配置研究—以扬州市为例[ J ] . 生态学报, 2010, 35 ( 3 ) : 696 — 708 .

[ 18 ] 段学军, 秦贤宏, 陈江龙. 基于生态—经济导向的泰州市建设用地优化配置[ J ] . 自然资源学报, 2009, 24 ( 7 ) : 1181 — 1191 .

[ 19 ] 段进. 城市空间发展论[ M ] . 南京: 江苏科学技术出版社, 2006 .

[ 20 ] 张忠国, 赵建军. 青岛市城市功能布局的现状特征与发展构想[ J ] . 哈尔滨工业大学学报, 2003, 35 ( 11 ) : 1332 — 1334 .

[ 21 ] LIX , YEH A G O . Modeling sustainable urban development by the integration of constrained cellular automata and GIS [ J ] . International Journal of Geographical Information Science , 2000 , 14 ( 2 ) : 131 — 152 .

[ 22 ] WARD DP , MURRAY AT , PHINN S R . A stochastically constrained cellular model of urban growth [ J ] . Computers , Environment and Urban Systems , 2000 , 24 ( 6 ) : 539 — 558 .

[ 23 ] YEH A G O , LIX . A constrained CA model for the simulation and planning of sustainable urban forms by using GIS [ J ] . Environment and Planning B : Planning and Design , 2001 , 28 ( 5 ) : 733 — 753 .

[ 24 ] 杨小雄, 刘耀林, 王晓红, 等. 基于约束条件的元胞自动机土地利用规划布局模型[ J ] . 武汉大学学报 ( 信息科学版 ) , 2007 , 32 ( 12 ) : 1164 — 1167 .

[ 25 ] 黄杏元, 倪绍祥, 徐寿成, 等. 地理信息系统支持区域土地利用决策的研究[ J ] . 地理学报, 1993 , 48 ( 2 ) : 114 — 121 .

[ 26 ] 南晓娜. GIS 支持下的山地城市建设用地适宜性评价研究[ D ] . 西安: 西北大学硕士学位论文, 2009 .

[ 27 ] 吴次芳, 王建弟, 许红卫, 等. 城市土地资源分类评价及其与土地优化配置的关系[ J ] . 自然资源学报, 1995 , 10 ( 2 ) : 158 — 164 .

[ 28 ] 冯健. 转型期中国城市内部空间重构 [ M ] . 北京: 科学出版社, 2004 .

[ 29 ] 刘纪远, 王新生, 庄大方, 等. 凸壳原理用于城市用地空间扩展类型识别[ J ] . 地理学报, 2003 , 58 ( 6 ) : 885 — 892 .

[ 30 ] TIETENBERG T H . Environmental and Natural Resource Economics [ M ] . New York : Harper Collins , 1992 .