

广州市城市生态用地空间冲突与生态安全隐患情景分析

王海鹰¹, 秦 奋¹, 张新长²

(1. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004; 2. 中山大学 地理科学与规划学院, 广州 510275)

摘要: 生态安全隐患区域的空间检测和获取对城市生态安全保护起到重要的作用。论文利用智能计算模型和空间分析技术, 对广州市城市生态用地空间冲突与生态安全隐患进行了多情景模拟和分析。研究表明: ① 空间冲突区域主要分布在城市边缘区。在城市生态用地占广州市总面积的15%、30%和50%情景下, 分别占空间冲突总面积的95.40%、86.28%和77.45%, 白云、花都、天河和番禺是空间冲突发生的主要区域。与之相反, 城市核心区冲突区域面积所占比例逐渐增加。在50%情景时, 空间冲突区域面积急剧增加, 广州市城市生态用地控制指标面临着巨大的空间冲突压力。② 城市生态安全隐患区域主要分布在城市边缘区, 在50%情景时, 城市边缘区的隐患区域面积占隐患区域总面积的74.13%, 白云区和花都区是生态安全隐患区域分布最集中的区域。而位于城市核心区的隐患区域, 面临着更大的生态安全压力。研究结果可为城市生态安全的监控和预警提供参考, 为城市生态保护提供可借鉴的方法和分析工具。

关键词: 城市生态用地; 空间冲突; 生态安全隐患; 广州

中图分类号: F293.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-3037(2015)08-1304-15

DOI: 10.11849/zrzyxb.2015.08.006

在城市空间扩张过程中, 城市系统与外部环境之间会发生各种物质流、信息流交换, 干扰甚至破坏周边的自然和农业景观格局和生态过程, 打破城区与周围系统间原有的平衡^[1-2]。因此, 在城市扩展过程中必须对城市周边生态良好区域加以严格保护和建设限制, 保证城市自身及其所在区域的生态安全^[3]。城市生态用地的保护与城市空间增长的用地需求存在空间利益的博弈。一方面, 城市发展离不开土地资源的开发, 城市对土地资源的巨大需求必然会导致城市空间的扩展。由于城市用地增长形成的生态干扰, 已经成为城市生态安全的主要诱因^[4]。另一方面, 保护必需的城市基本生态用地, 对于维持城市生态系统健康、改善城市居民生活质量^[5], 以及保证城市可持续发展起着举足轻重的作用。这就要求我们在空间上能够有效辨识、合理配置城市生态保护区域, 合理规划城市空间格局和扩展方向、优化整合城市功能区与地域结构, 最大限度地减少城市空间扩张与生态用地保护之间的矛盾。

针对以上问题, Benfield和Doyle等学者提出了“精明增长”理论^[6-7], 其目标是控制城市蔓延, 注重平衡发展和保护的关系。国内王祥荣、俞孔坚等学者提出了“城市生态规划”^[8]和“反规划”^[9-10]的思想和理论, 认为在城市发展空间规划时, 应优先考虑生态

收稿日期: 2014-06-04; 修订日期: 2014-10-18。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目 (41401457); 国家科技支撑计划 (2013BAC05B01); 国家自然科学基金重点项目 (41431178); 高等学校博士学科点专项科研基金 (20120171110030); 河南省高等学校重点科研项目计划 (15A170003); 河南省教育厅人文社会科学研究项目 (2013-QN-079)。

第一作者简介: 王海鹰 (1980-), 男, 理学博士, 博士后, 讲师 (校聘副教授), 主要研究方向为城市地理信息系统、智能计算与空间决策。E-mail: whyhdgis@163.com

因素,强调对不建设区域加以控制,以维护自然过程、生物过程的连续性和完整性。近年来,陈逸敏等提出将城市发展的空间模拟预测与农田保护区空间优化相结合,提取产生冲突的区域,为城市规划决策部门提供参考依据^[11]。彭佳捷等借鉴景观生态指数和景观生态风险评估方法,构建空间冲突测度模型,对快速城市化地区空间冲突水平进行评估^[12]。以上理论和方法强调注重生态保护,维护自然、人文景观完整性,平衡发展与保护的关系,确保城市生态安全,逐渐得到了地理学界和城市规划部门的认同。本文基于仿生智能模型和GIS空间分析模型,对广州市城市生态用地空间冲突与生态安全隐患进行了多情景模拟和分析,为城市生态安全及城市生态保护提供理论和分析工具。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

广州(22°26'~23°56'N, 112°57'~114°3'E)地处珠江三角洲的中心腹地,地势东北高,西南低,北部和东北部为山区,中部为丘陵和盆地,南部是珠江三角洲沿海冲积平原,属亚热带季风海洋性气候。

研究区涵盖了广州市主要城市范围,包括:海珠、黄埔、荔湾、越秀、天河、番禺、白云、萝岗、花都、南沙共10个区,总面积为3 617.35 km²。增城、从化两个县级市由于和广州市中心城区距离较远,且城市发展水平与中心城区存在较大差距,同时,考虑到与之前研究的一致性,故不列入研究范围之内。

1.2 数据来源

主要研究数据:广州市2009年土地利用数据、广州市DEM数据(分辨率30 m)、矢量数据(包括:公共服务设施、政府机构、人口密度、交通、城镇中心、水源及水库、绿地)。其中,土地利用数据采用了中山大学教育部“985”遥感与GIS地学应用创新平台实验室解译成果。DEM数据对数据进行预处理,将所有数据均转化为ArcGIS grid数据格式,分辨率重采样为300 m×300 m。并对空间数据进行归一化处理,以消除量纲影响。

2 概念与研究方法

2.1 相关概念

2.1.1 城市生态用地

城市生态用地是指为了改善和提高城市中人群的生活质量,保护重要的生态系统和生物栖息地,维持和改善城市中各种自然和人工生态单元,将城市生态系统稳定在一定水平所需要的土地^[13],一般包括:一级水源保护区、基本农田保护区、风景名胜区、自然保护区、森林及郊野公园,坡度大于25°的山地以及海拔超过50 m的高地,主要河流及湿地,维护生态系统完整性的生态廊道和绿地等。

2.1.2 空间冲突

空间冲突(Spatial Conflict)是指由于地图目标位置、方向、形状、尺度、属性等的改变导致空间数据库中的地图目标空间冲突的产生^[14]。本文引入空间冲突概念,意在描述城市生态用地与城市地域结构的空间不一致性。将城市生态用地与城市边缘区、城市核心区的空间相交区域定义为城市生态用地的空间冲突区域。

2.1.3 生态安全隐患

一般而言,“隐患”是指潜藏的祸患,是客观存在的“人”、“物”、“环境”的不安全状态^[15]。生态安全隐患是指在人类与自然环境相互作用过程中,客观存在的威胁人类生活、生产和生存安全空间的“环境”不安全状态,包括一切存在或潜伏着的对自然环境、人类社会和人地系统的现状及发展构成危害作用的因素。影响生态安全的隐患全部是隐藏状态因素,在一定条件下又可能相互转化,使生态安全演变过程尤为复杂^[15-16]。如果不及时排除,生态安全隐患有可能被触发,从量变到质变,导致生态安全状态恶化甚至灾变。

按照隐患的来源,将生态安全隐患分为自然界隐患、人类活动隐患。自然界隐患主要是自然灾害,如全球气候变化、地震、火山爆发等,大多具有不可控性。人类活动隐患,如人类对自然资源的掠夺性开发和不合理利用、在工业化和城市化过程中造成严重的环境污染、在城市建设开发中造成的植被破坏、山体破坏,大多具有可控性。还有的隐患是自然界隐患与人类活动隐患混合的结果,呈现出错综复杂的关系,如水土流失、荒漠化、盐碱化。这类隐患一般具有半可控性^[15-17]。

本文所讨论的生态安全隐患,主要由城市开发、建设活动和城市空间扩张等人类因素为主导而导致的可控性和半可控性的生态安全隐患。所谓的城市生态安全隐患区域,即是这类生态安全隐患的分布区。

2.2 研究方法

城市生态安全隐患具有隐藏性、潜伏性等特点,获取安全隐患分布区域是城市生态安全研究的难点问题。本文提出了获取城市生态用地空间冲突与生态安全隐患区域的研究方法、模型和技术路线。

2.2.1 空间冲突检测方法

城市用地增长形成的生态干扰已经成为城市生态安全问题的主要诱因^[4]。当城市生态用地受到城市用地的入侵和干扰时,往往会在城市边缘地带出现空间冲突的情况。研究认为,在空间冲突区域很可能隐藏着生态安全隐患因素。

1) 城市生态用地空间优化模型

本文建立了基于蚁群优化算法^[18-19]的城市生态用地空间划定模型,利用该模型生成广州市生态用地的空间范围。模型从生态适宜性、空间分布聚集度、空间紧凑度三个方面进行考虑,建立目标函数:

$$F_g = \frac{(ES_{mean}^{ant})^{k_1} \times C^{k_2}}{D^{k_3}} \quad (1)$$

式中: F_g 代表目标函数; ES_{mean}^{ant} 表示蚂蚁的平均生态适宜性; D 表示空间聚集度; C 表示空间紧凑度; k_1 、 k_2 、 k_3 为调节系数,一般在 0.5~2 之间取值。

利用转移概率公式计算蚂蚁到每一个可选栅格(该可选栅格通过禁忌策略获得)的概率。转移概率公式如下:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{[i,n] \in allowed_k} [\tau_{in}(t)]^\alpha [\eta_{in}]^\beta} & \text{if } [i,j] \in allowed_k \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

式中: τ_{ij} 表示第 t 次迭代中在位置 (i,j) 遗留的信息; η_{ij} 表示在位置 (i,j) 上的启发信息; α 为启发因子; β 为期望因子; $allowed_k$ 为第 k 只蚂蚁的禁忌表。

为了增强蚂蚁对邻域栅格的感知能力,模型在信息素更新时,采用信息素扩散机

制^[20], 对蚂蚁所占位置的邻域栅格也进行信息素更新, 信息素更新公式如下:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} Q \times F_G & (i,j) \in \Omega_k \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

式中: Q 为信息素强度; F_G 为目标函数; Ω_k 为第 k 只蚂蚁的邻域。

2) 城市边缘区空间界定方法

借鉴洛杉矶姆区域城市模式, 将广州市由中心至外围划分为城市核心区、城市边缘区、城市影响区^[21]。利用笔者提出的基于多准则 (MCE) 判断方法^[22]划定城市边缘区。首先, 利用逻辑回归模型计算城市特征属性。然后, 再通过累积频率法和 K-Means 空间聚类法相结合, 得到城市边缘区分布范围。

城市特征属性是指反映城市土地单元城市特征的一个综合性指标, 由一系列因子变量来度量, 可以采用多准则方法来获得城市特征属性特征向量, 其函数形式为:

$$z = a + \sum_k \beta_k \alpha_k = a + \beta_1 \alpha_{dem} + \beta_2 \alpha_{population} + \beta_3 \alpha_{manage} + \beta_4 \alpha_{service} + \beta_5 \alpha_{traffic} \quad (4)$$

式中: z 表示城市特征属性的特征向量; a 表示常量; $\beta_1, \dots, \beta_5$ 是待定的自变量的回归系数; α_{dem} 、 $\alpha_{population}$ 、 $\alpha_{service}$ 、 α_{manage} 、 $\alpha_{traffic}$ 分别是城市高程数据、人口密度数据、公共服务设施距离数据、公共管理机构距离数据、交通路线距离数据。利用逻辑回归模型^[23]进行权重求解, 由于得到特征向量 z 值范围一般不在 $0 \sim 1$ 之间, 需要利用 $\log it$ 函数变换, 即 $\log it(P) = \ln(\frac{p}{1-p}) = z$, 城市特征属性可由以下公式表达:

$$A_{urban} = \frac{e^z}{1 + e^z} = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (5)$$

式中: A_{urban} 是某年度的城市特征属性; $z = a + \sum_k \beta_k \alpha_k$ 。

对城市特征属性进行随机采样, 去除数据异常点后, 得到城市特征属性频率分布直方图。根据样本数据的统计分析结果, 在图中寻找界定参考点, 得到城市核心区、城市边缘区、城市影响区的值域区间。

2.2.2 不协调区域空间检测方法

城市生态安全不协调区域内的生态环境较为脆弱, 城市化对生态环境会造成较大生态安全压力。本文提出基于人工蜂群算法的城市生态安全空间检测模型, 利用该模型可以获取生态安全不协调区域。

1) 生态安全空间耦合协调度模型

耦合是指两个 (或两个以上的) 系统或运动形式通过各种相互作用而彼此影响的现象^[24], 耦合作用越大说明系统之间相互作用力越大。通过定义城市系统与生态环境的功效函数^[25], 建立城市化-生态环境的耦合度模型, 以此来度量它们之间的相互作用关系。借鉴物理学中的容量耦合 (Capacitive Coupling) 概念及容量耦合系数模型, 提出城市系统与生态环境系统或要素两个子系统的相互作用耦合度模型, 即

$$SC = 2 \times \sqrt{\frac{f_1(t) \times f_2(t)}{[f_1(t) + f_2(t)]^2}} \quad (6)$$

式中: SC 代表城市-生态系统耦合度, 显然 $C \in [0, 1]$; $f_1(t)$ 代表城市化水平, 用城市特征属性表示; $f_2(t)$ 表示生态水平, 用城市生态适宜性表示; t 表示时间。当耦合度 SC 越大, 说明两子系统相互作用影响力越强。

在此基础上,建立空间耦合协调度模型。空间耦合协调度是衡量系统之间或系统内部要素之间耦合协调程度的定量指标^[26],也是生态安全耦合机制的关键性指标:

$$\begin{cases} SD = \sqrt{SC \cdot ST} \\ ST = a \cdot f_1(t) + b \cdot f_2(t) \end{cases} \quad (7)$$

式中: SD 为空间耦合协调度; ST 为城市特征与生态适宜性的综合性评价指标; a 、 b 作为待定系数,一般均取值为0.5。将式(6)代入式(7),得到:

$$SD(i,j) = \sqrt[4]{f_1(t) \cdot f_2(t)} \quad (8)$$

空间耦合协调度 $SD(i,j)$ 表示城市发展水平与生态环境之间的耦合协调作用程度, $SD(i,j) \in [0,1]$ 。一般而言,城市化发达区域的耦合协调度水平普遍高于城市化不发达区域。空间耦合协调度越大,城市化与生态环境相互耦合协调作用力越大。如果 $f_1(t) \geq f_2(t)$,说明生态环境滞后于城市化水平^[27]。利用空间耦合协调度指标可以定量分析城市化与生态环境的生态安全耦合协调度水平。将该模型应用于城市生态安全空间检测,寻找城市化及半城市化区域的生态安全不协调地区。

2) 城市生态安全空间检测模型

人工蜂群算法(Artificial Bee Colony Algorithm, ABCA)是由土耳其学者Karaboga在2005年提出的一种新的仿生智能算法^[28]。研究基于人工蜂群算法构建了城市生态安全空间检测模型。

生态安全目标函数由自然与社会综合影响因子 F_{NS} 、城市生态安全空间耦合协调度因子 F_D 和生态安全压力指数因子等构成。当城市特征属性 $A_u(i,j) \geq$ 生态保护适宜性 $Eco(i,j)$ 时,定义目标函数如下:

$$F_G = \frac{\sum_{k=1}^N W_1 \times F_{NS}(i,j) + W_2 \times F_D(i,j) \times [1 - Eco(i,j)/A_u(i,j)]}{N} \quad (9)$$

式中: F_G 为目标函数, W_1 、 W_2 表示权重,默认 W_1 、 W_2 各取0.5, N 表示引导蜂(PL)的种群空间。通过目标函数获得引导蜂群的最大平均值。蜜蜂角色统一命名为引导蜂、跟随蜂、侦查蜂,分别用英文字符PL、PF和PS表示。状态转移公式为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} 1/n & (k \in PS, k_{ij} \in A_k^{PS}) \\ \frac{l_{ij}^k(t)}{\sum_{k_{ij} \in A_k^{PF}} l_{ij}^k(t)} & (k \in PF) \\ 1 & (k \in PL, k_{ij} \in A_k^{PL}) \end{cases} \quad (10)$$

式中:对于引导蜂(PL)完全选择上一次位置,概率等于1;对于跟随蜂(PF)根据引导信息大小,依据概率选择位置, l_{ij} 为引导信息;对于侦查蜂(PS), n 为可选位置的总数,其倒数表示选择某一位置的概率,通过轮盘赌构造累积概率 PS_{sum} ,通过计算机随机产生(0,1)的随机数,确定 PS_{sum} 所选的位置; A_k 表示各角色蜜蜂所允许选择的栅格位置。

2.2.3 生态安全隐患空间分析模型

利用空间分析提取生态安全隐患区域,隐患区域公式如下:

$$A_{SH} = A_{UF} \cap A_{EL} \cap A_{ES} \quad (11)$$

式中: A_{SH} 代表生态安全隐患区域; A_{UF} 代表区域城市结构空间分布; A_{EL} 代表城市生态

用地； A_{ES} 代表城市生态安全不协调区域。

提取方法如下：首先，对2009年的城市边缘区界定结果与多情景空间优化结果（城市生态用地占广州市总面积的比例分别为15%、30%、50%）进行空间冲突分析，提取生态用地空间冲突结果。然后，将空间冲突结果和城市生态安全不协调区域进行空间交集操作，提取城市生态安全隐患区域。

3 情景分析

3.1 数据处理

3.1.1 城市边缘区界定

对数据处理分别得到城市特征属性影响因子，进行归一化处理。利用SPSS进行逻辑回归分析，得到2009年广州市城市特征属性，见表1。



图1 广州市城市边缘区
Fig. 1 Urban fringe of
Guangzhou City

由式（5）得到城市特征属性，生成城市特征属性的频率分布直方图，获得城市核心区、城市边缘区、城市影响区的参考区间。选取上述3个参考区间的中值作为空间聚核，再利用K-Means聚类法进行城市核心区、城市边缘区以及城市影响区的定量划分^[29]，得到城市边缘区空间分布（图1）。

3.1.2 城市生态用地空间模拟

广州市总体规划规定广州基本生态控制线划定规模为2 111.3 km²，约占广州市总面积的54.9%。参照此规模，本研究分别模拟了城市生态用地占广州市总面积50%、30%、15%情景时的城市生态用地的空间分布格局（图2）。

研究区的有效空间栅格数量为40 191个，当城市生态用地占其面积的50%、30%、15%时，其栅格数量分别约为20 096、12 057、6 028。蚂蚁数量分别设置为以上数值，实验仅考虑最邻近距离指数和生态适宜性权重。模型参数设置见表2。

3.1.3 城市生态安全空间检测

城市生态安全空间耦合协调度所需原始数据有：广州市城市生态适宜性数据、广州市城市特征属性数据，所需数据的年份均为2009年。根据式（8），可计算得到2009年的广州市生态安全耦合协调度[图3(c)]。

自然与社会综合影响因子所需要的数据为：城镇中心数据、主要道路数据、重要水源数据、坡度数据等。根据下式，计算自然与社会综合影响

表1 逻辑回归系数

Table 1 Logistic regression coefficients

变量	2009年
人口密度	14.381
交通道路	-28.978
公共管理	-3.628
公共服务设施	-12.673
城市高程	-10.419
常量	1.917

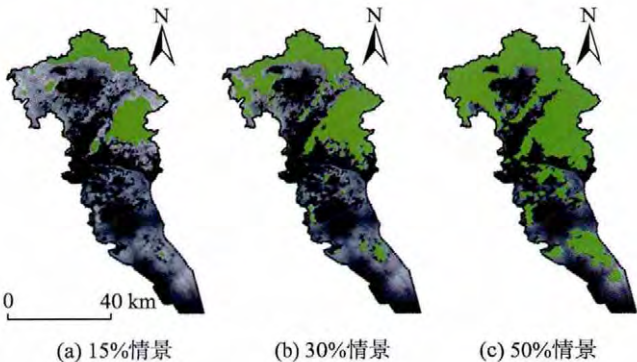


图2 城市生态用地空间分布模拟结果

Fig. 2 Simulated spatial distribution of urban ecological land

表 2 城市生态用地空间模拟参数
Table 2 Parameters of urban ecological land space simulation

参数设置	50%情景	30%情景	15%情景
生态适宜性参数	1	1	1
空间聚集度参数	1	1	1
信息素强度	50	50	50
初始信息量	20	20	20
挥发系数	0.2	0.3	0.3
启发因子	4	4	4
期望因子	5	4	4
迭代次数	6 000	1 000	1 000

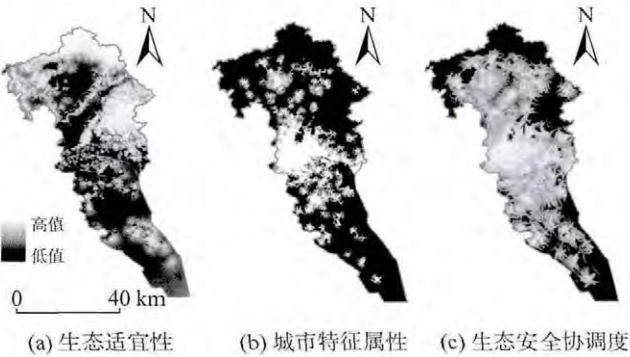


图 3 生态安全耦合协调度
Fig. 3 Coupling coordination degree of ecological security

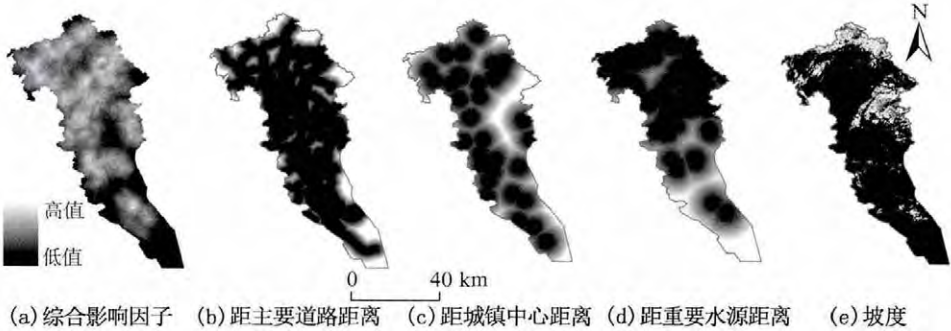


图 4 自然与社会综合影响因子
Fig. 4 Natural and social comprehensive impact factor

3.2 情景分析

3.2.1 城市生态用地空间冲突情景分析

利用 GIS 空间分析模型对 2009 年广州市城市边缘区（图 1）和城市生态用地的三种空间模拟情景（图 2）进行空间叠置分析，提取了生态用地与城市边缘区的空间冲突区域（图 6）。由图 6 可见，生态用地冲突区域主要位于研究区边缘区，尤其以中部和北部为多。对以上 3 种情景的空间冲突区域面积统计，如表 4。

由表 4 可知，在城市边缘区内的空间冲突区域，15%、30%和 50%情景下分别为冲突区域总面积的 95.40%、86.28%和 77.45%，城市边缘区是空间冲突发生的主要区域，虽然比

因子 F_{NS} [图 4(a)]:

$$F_{NS}(i,j)=\omega_{water}[1-d_{min}^{water}(i,j)]+\omega_{slope}slope(i,j)+\omega_{town}[1-d_{min}^{town}(i,j)](1-d_{min}^{road}) \quad (12)$$

式中： $F_s(i,j)$ 表示自然与社会综合影响因子， $d_{min}^{water}(i,j)$ 表示距重要水源最近距离， $d_{min}^{town}(i,j)$ 表示距城镇中心的距离， $d_{min}^{road}(i,j)$ 表示距主要道路的距离， $slope(i,j)$ 表示坡度。

蜂群比例设定如下：50%为引导蜂（红色）、20%为侦查蜂（天蓝色）、30%为跟随蜂（黄色）。由于空间冲突区域的栅格数量分别为：1 473 和 5 069（30%情景和 50%情景），因此设置两组蜂群大小：第一组实验蜂群设置 1 850；第二组实验蜂群设置 6 336。模型的具体参数设置见表 3。

将数据输入模型，经过迭代运算，形成了城市生态安全不协调区域的空间分布格局（图 5）。

表3 空间检测模型参数

Table 3 Parameters of space detection model		
参数设置	30%情景	50%情景
蜂群总数	1 850	6 336
限制次数	66	66
PL 比例	50%	50%
PS 比例	20%	20%
W_1	0.8	0.8
W_2	0.2	0.2
迭代次数	500	500

生态用地规划指标将会面临着巨大的空间压力。

对以上3种情景的空间冲突区域进行分区面积统计,得到表5、表6和表7。

由表5可知,在15%的情景中,发生空间冲突的区域比较少,冲突面积仅为8.260 km²,冲突区域主要分布在白云区、天河区、萝岗区,在越秀区也有极少量分布。

由表6可知,在30%情景中,空间冲突情况加剧,冲突区域面积急剧增加到135.310 km²,区域分布进一步扩大到广州市其余9区。主要冲突区域除了白云区、萝岗区和天河区外,还增加了花都区,其冲突区域面积增长非常明显,总计百分比达到17.43%。说明花都区在城市空间扩张背景下,城市生态用地将被大量侵占。

由表7可知,当城市生态用地为50%情景时,空间冲突进一步加剧,区域面积陡增到460.789 km²,空间冲突区域扩大到广州市的全部10个区。白云区、天河区、花都区依然是空间冲突重点区域,其冲突区域的面积总百分比分别达到26.86%、12.06%和19.75%。在50%情景时,番禺区的冲突区域增加较为明显,由原来的5.70%增加至12.18%。

3.2.2 城市生态安全隐患情景分析

将城市生态用地的空间冲突区域(图6)与城市生态安全不协调区域(图5)进行空间叠置分析,提取了30%情景和50%情景下的城市生态安全隐患区域(图7)。由图7可见,生态安全隐患区域主要分布在城市边缘区。

对生态安全隐患区域内的空间耦合平均协调度(*SDA*)和生态安全压力平均指数(*ESPA*)进行分析计算,得表8。

由表8可知,城市核心区的*SDA*值大于城市边缘区的*SDA*,这说明处于城市核心区的生态安全隐患区域,空间耦合协调作用更加强烈。同时,还发现城市核心区的*ESPA*要大于城市边缘区的*ESPA*,说明处于城市核心区的生态安全隐患区域面临着更大的生态安全压力。因此,要特别重视发生在城市核心区的生态安全隐患问题,首先防范和消除处

例不断降低,但在其空间范围内发生的空间冲突比例占主体。与此相反,城市核心冲突面积比例随之不断增加。不同情景分析说明,随着城市生态用地指标的增加(由15%情景增加到50%情景),城市用地与城市生态用地的空间矛盾越来越突出。进一步分析表明,城市边缘区冲突区域面积增长较城市核心区冲突区域面积增长快。在50%情景下,空间冲突区域面积急剧增加。这从一个侧面反映,目前广州市占总面积54%的城市

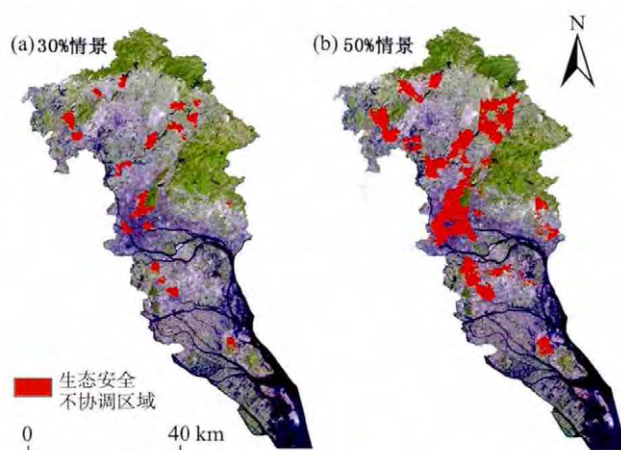


图5 城市生态安全不协调区域分布

Fig. 5 Distribution of inharmonious area of urban ecological security

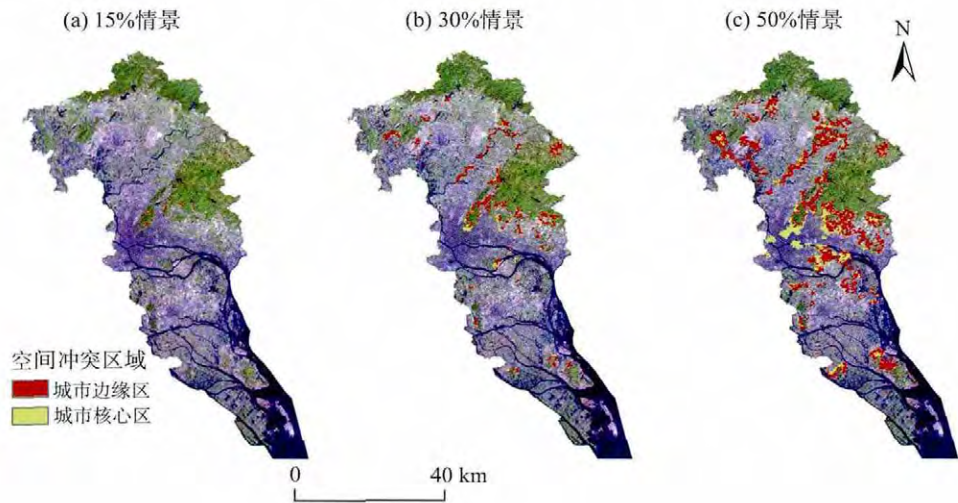


图6 生态用地空间冲突区域

Fig. 6 Spatial conflict areas of ecological land

于城市核心区的生态安全隐患。

50%情景与目前广州市的生态控制线规划指标相近，对其分析更具有实际意义。在50%情景下，城市生态安全隐患区域的面积急剧增加，在空间上表现为在原有分布基础上的周边蔓延和出现新的空间分布点（如番禺和南沙区）。城市生态安全隐患区域主要分布在白云区 and 花都区，两者面积分别为82.815和59.323 km²，共占生态安全隐患区域总面积的71.30%。由于以上两区是城市边缘区的主要分布区，是广州市城市空间扩张的重要方向，面临着比较严峻的生态安全形势。越秀区、荔湾区、天河区、海珠区的城市生态隐患区域以分布于城市核心区为主，这一情况特别值得关注。对50%情景的结果进行数量统计分析，见表9。

在50%情景下，广州市共有199.350 km²的区域是生态安全隐患区域。其中，处于城市边缘区的生态安全隐患面积为147.780 km²，处于城市核心区的生态安全隐患区域为51.570 km²。城市边缘区内的生态安全隐患区域面积占生态安全隐患区域面积的74.13%，说明城市边缘区是城市生态安全隐患最多的区域。

具体而言，白云区的景泰街、人和镇、同和街、钟落潭镇等辖区，花都区的赤坭镇、花东镇，南沙的黄阁镇以及越秀区的登封街，是生态安全隐患重点区域，应该作为城市的生态安全重点防范区。另外，越秀区的白云街，荔湾区的昌华、桥中街，海珠区

表4 空间冲突面积统计

Table 4 Statistics of spatial conflict area			
情景	冲突面积/km ²		
	城市边缘区	城市核心区	冲突区域
15%	7.88	0.38	8.26
30%	116.75	18.56	135.31
50%	356.90	103.89	460.79

表5 15%情景的分区统计

空间冲突区域	城市边缘区		城市核心区		冲突总面积	
	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比	总计/km ²	总计百分比
白云区	4.786	60.74%	0.315	82.83%	5.101	61.76%
萝岗区	1.070	13.58%	0.000	0.00%	1.070	12.95%
天河区	2.022	25.66%	0.044	11.60%	2.066	25.01%
越秀区	0.002	0.02%	0.021	5.57%	0.023	0.28%
总计	7.880	100.00%	0.380	100.00%	8.260	100.00%

表6 30%情景的分区统计

Table 6 Statistics of each region area in 30% scenario

空间冲突 区域	城市边缘区		城市核心区		冲突总面积	
	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比	总计/km ²	总计百分比
白云区	47.614	40.78%	4.962	26.74%	52.576	38.86%
番禺区	6.354	5.44%	1.355	7.30%	7.709	5.70%
海珠区	2.136	1.83%	2.335	12.58%	4.471	3.30%
花都区	21.960	18.81%	1.624	8.75%	23.584	17.43%
黄埔区	4.846	4.15%	1.570	8.46%	6.416	4.74%
萝岗区	15.688	13.44%	0.820	4.42%	16.508	12.20%
南沙区	5.500	4.71%	0.400	2.16%	5.900	4.36%
天河区	12.646	10.83%	3.231	17.41%	15.877	11.73%
越秀区	0.007	0.01%	2.262	12.19%	2.269	1.68%
总计	116.750	100.00%	18.560	100.00%	135.310	100.00%

表7 50%情景下的分区面积统计

Table 7 Statistics of each region area in 50% scenario

空间冲突区域	城市边缘区		城市核心区		冲突总面积	
	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比	总计/km ²	总百分比
白云区	106.184	29.75%	17.584	16.93%	123.768	26.86%
番禺区	46.866	13.13%	9.274	8.93%	56.141	12.18%
海珠区	17.502	4.90%	14.173	13.64%	31.675	6.87%
花都区	82.059	22.99%	8.951	8.62%	91.009	19.75%
黄埔区	19.684	5.52%	7.762	7.47%	27.446	5.96%
荔湾区	0.499	0.14%	5.904	5.68%	6.404	1.39%
萝岗区	27.008	7.57%	2.943	2.83%	29.951	6.50%
南沙区	22.070	6.18%	1.830	1.76%	23.900	5.19%
天河区	35.020	9.81%	20.548	19.78%	55.568	12.06%
越秀区	0.007	0.00%	14.920	14.36%	14.927	3.24%
总计	356.899	100.00%	103.890	100.00%	460.789	100.00%

的滨江、新港、赤岗街，天河区的沙东街，也是重要的生态安全隐患区域。白云区的景泰、同和、永平等街的隐患区域主要分布在环白云山以西和以东地区，在隐患区域范围内及附近有多个水库，具有较高的生态价值。人和镇的隐患区域主要分布在流溪河沿线一带。钟落潭镇的隐患区域主要分布在沿流溪河形成的环状地带以及安乐塘一带，附近有大量乡镇工业聚集的工业区。太和镇的隐患区域分布在京珠高速与北二环高速交叉区域，紧临和龙水库。花都区的赤坭、炭步等镇的生态安全隐患区域主要分布在白坭河流域，流域内有集益水库等生态资源；花东镇的生态安全隐患区域分布在流溪河以北的落柴岗一带，附近是工业聚集地，有多个工业园以及建立在山坡上的大片别墅区。狮岭镇的隐患区域主要分布在东部芙蓉嶂水库和南部的洪秀全水库附近。南沙区黄

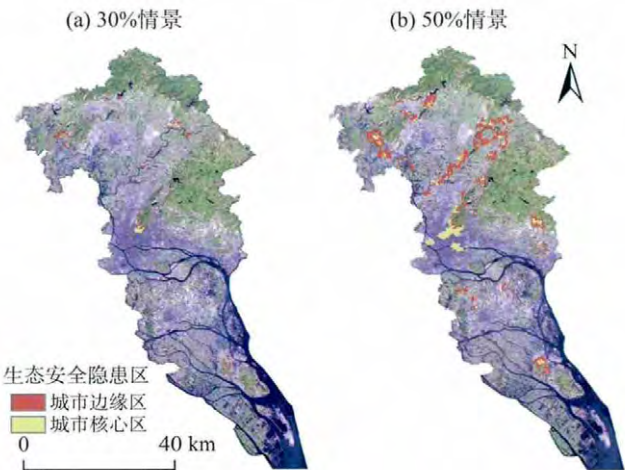


图7 城市生态安全隐患区域

Fig. 7 Region of urban ecological security hidden dangers

表 8 SDA 指数和 ESPA 指数

Table 8 SDA index and ESPA index

情景	城市核心区			城市边缘区		
	SDA 值	ESPA 值	隐患区域面积/km ²	SDA 值	ESPA 值	隐患区域面积/ km ²
30%	0.798	0.239	6.570	0.686	0.129	17.730
50%	0.774	0.354	51.570	0.659	0.123	147.780

表 9 城市生态安全隐患区域面积统计

Table 9 Statistics of each region area of urban ecological security hidden danger

名称	城市边缘区		城市核心区		总计	
	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比
白云区	65.862	44.57%	16.954	32.88%	82.815	41.54%
黄石街	0.241	0.16%	1.304	2.53%	1.545	0.78%
嘉禾街	0.000	0.00%	0.071	0.14%	0.071	0.04%
江高镇	6.145	4.16%	1.607	3.12%	7.752	3.89%
京溪街	0.316	0.21%	0.159	0.31%	0.475	0.24%
景泰街	0.793	0.54%	3.009	5.83%	3.802	1.91%
均禾街	0.949	0.64%	0.374	0.73%	1.323	0.66%
人和镇	15.145	10.25%	3.420	6.63%	18.565	9.31%
三元里街	0.000	0.00%	0.117	0.23%	0.117	0.06%
石井街	1.815	1.23%	0.359	0.70%	2.174	1.09%
太和镇	4.400	2.98%	0.720	1.40%	5.120	2.57%
同和街	5.196	3.52%	0.819	1.59%	6.015	3.02%
新市街	0.168	0.11%	0.173	0.34%	0.342	0.17%
永平街	3.333	2.26%	1.307	2.53%	4.640	2.33%
钟落潭镇	27.361	18.51%	3.514	6.81%	30.876	15.49%
番禺区	9.270	6.27%	0.630	1.22%	9.900	4.97%
大石街	2.928	1.98%	0.540	1.05%	3.468	1.74%
东环街	0.011	0.01%	0.000	0.00%	0.011	0.01%
化龙镇	1.013	0.69%	0.000	0.00%	1.013	0.51%
南村镇	1.700	1.15%	0.000	0.00%	1.700	0.85%
沙头街	0.569	0.39%	0.000	0.00%	0.569	0.29%
石基镇	0.492	0.33%	0.000	0.00%	0.492	0.25%
石楼镇	0.630	0.43%	0.090	0.17%	0.720	0.36%
新造镇	0.614	0.42%	0.000	0.00%	0.614	0.31%
钟村街	1.313	0.89%	0.000	0.00%	1.313	0.66%
海珠区	0.000	0.00%	1.865	3.62%	1.865	0.94%
滨江街	0.000	0.00%	0.427	0.83%	0.427	0.21%
赤岗街	0.000	0.00%	0.673	1.30%	0.673	0.34%
素社街	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%
新港街	0.000	0.00%	0.764	1.48%	0.764	0.38%
花都区	51.498	34.85%	7.826	15.17%	59.323	29.76%
赤坭镇	9.943	6.73%	1.653	3.21%	11.596	5.82%
花东镇	14.520	9.83%	2.426	4.70%	16.945	8.50%
花山镇	1.261	0.85%	0.222	0.43%	1.484	0.74%
狮岭镇	12.702	8.60%	1.758	3.41%	14.460	7.25%
炭步镇	11.783	7.97%	1.497	2.90%	13.280	6.66%

续表9

	城市边缘区		城市核心区		总计	
	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比	面积/km ²	面积百分比
新华街	1.288	0.87%	0.270	0.52%	1.558	0.78%
黄埔区	1.894	1.28%	0.136	0.26%	2.030	1.02%
红山街	0.503	0.34%	0.062	0.12%	0.565	0.28%
南岗街	0.126	0.09%	0.046	0.09%	0.172	0.09%
穗东街	1.078	0.73%	0.028	0.05%	1.106	0.55%
文冲街	0.187	0.13%	0.000	0.00%	0.187	0.09%
荔湾区	0.180	0.12%	4.331	8.40%	4.511	2.26%
彩虹街	0.000	0.00%	0.130	0.25%	0.130	0.07%
茶窖街	0.000	0.00%	0.461	0.89%	0.461	0.23%
昌华街	0.000	0.00%	1.069	2.07%	1.069	0.54%
东街	0.000	0.00%	0.069	0.13%	0.069	0.03%
多宝街	0.000	0.00%	0.048	0.09%	0.048	0.02%
逢源街	0.000	0.00%	0.170	0.33%	0.170	0.09%
海龙街	0.000	0.00%	0.100	0.19%	0.100	0.05%
南源街	0.000	0.00%	0.581	1.13%	0.581	0.29%
桥中街	0.146	0.10%	1.160	2.25%	1.306	0.66%
石围塘街	0.034	0.02%	0.173	0.33%	0.207	0.10%
站前街	0.000	0.00%	0.369	0.72%	0.369	0.19%
萝岗区	9.356	6.33%	2.474	4.80%	11.830	5.93%
东区街	3.692	2.50%	0.314	0.61%	4.007	2.01%
萝岗街	5.663	3.83%	2.160	4.19%	7.823	3.92%
南沙区	9.450	6.39%	1.980	3.84%	11.430	5.73%
黄阁镇	8.932	6.04%	1.980	3.84%	10.912	5.47%
南沙街	0.518	0.35%	0.000	0.00%	0.518	0.26%
天河区	0.238	0.16%	1.391	2.70%	1.630	0.82%
龙洞街	0.030	0.02%	0.000	0.00%	0.030	0.02%
沙东街	0.160	0.11%	0.806	1.56%	0.965	0.48%
沙河街	0.000	0.00%	0.216	0.42%	0.216	0.11%
冼村街	0.000	0.00%	0.279	0.54%	0.279	0.14%
兴华街	0.045	0.03%	0.077	0.15%	0.122	0.06%
元岗街	0.004	0.00%	0.012	0.02%	0.016	0.01%
越秀区	0.032	0.02%	13.984	27.12%	14.016	7.03%
白云街	0.000	0.00%	2.338	4.53%	2.338	1.17%
大东街	0.000	0.00%	0.208	0.40%	0.208	0.10%
登峰街	0.032	0.02%	4.424	8.58%	4.456	2.24%
东风街	0.000	0.00%	0.662	1.28%	0.662	0.33%
东湖街	0.000	0.00%	1.430	2.77%	1.430	0.72%
广卫街	0.000	0.00%	0.200	0.39%	0.200	0.10%
洪桥街	0.000	0.00%	1.447	2.81%	1.447	0.73%
华乐街	0.000	0.00%	0.077	0.15%	0.077	0.04%
黄花岗街	0.000	0.00%	1.289	2.50%	1.289	0.65%
建设街	0.000	0.00%	0.190	0.37%	0.190	0.10%
流花街	0.000	0.00%	1.290	2.50%	1.290	0.65%
六榕街	0.000	0.00%	0.428	0.83%	0.428	0.21%
梅花村街	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.000	0.00%
总计	147.780	100.00%	51.570	100.00%	199.350	100.00%

阁镇的生态安全隐患区域主要分布在镇中心以及环绕南部山地一带。越秀区的登封街、白云街,其生态安全隐患区域主要分布在越秀山东北部、白云山南部,区域内水域较多,有流花湖公园、越秀公园、麓湖公园多个生态重点保护区。荔湾区的昌和街、桥中街区域内河网水域密布,有荔湾湖、珠岛花园、青年公园等多个生态区。海珠区的滨江、新港、赤岗沿滨江路一带,河网较密,有大量河涌,区域内还有中山大学等重点人文单位。天河区沙东街的隐患区域分布在白云山东南侧一带。

研究建议对以上区域加大生态保护力度,加强生态保护措施建设,寻找和控制生态安全隐患源头,抑制不良趋势发展。对区域内生态安全恶化状态进行积极调控,做好城市生态安全管理与监控。

4 结论

由于城市生态安全隐患具有隐藏性、潜伏性等特点,准确定位、获取生态安全隐患分布区域是城市生态安全研究的难点问题。对此,本文提出利用仿生智能计算模型和GIS空间分析获取生态安全隐患区域的情景分析方法,并以广州市为例进行生态安全隐患区域的模拟和分析。研究结果表明:

1) 空间冲突区域主要分布在城市边缘区。随着城市生态用地比例的不断增加(15%、30%和50%),分别占空间冲突区域总面积的95.40%、86.28%和77.45%。当达到50%情景时,处于城市边缘区、城市核心区的城市生态用地空间冲突的面积均会急剧增加,广州市城市生态用地指标将会面临着巨大的空间压力。白云、花都、天河和番禺是发生空间冲突的重要区域。在50%情景下,以上4区的空间冲突区域面积占冲突总面积的70.85%。

2) 城市生态安全隐患区域主要分布在城市边缘区。在30%情景和50%情景下,城市边缘区内的隐患区域面积分别占隐患区域总面积的72.96%和74.13%。位于城市核心区的隐患区域,其空间耦合协调作用会更加强烈,同时也面临更大的生态安全压力。白云区和花都区是生态安全隐患区域分布最集中的区域。在50%情景下,共占生态安全隐患区域总面积的71.30%。

3) 利用仿生智能计算模型和GIS空间分析模型和多情景分析方法,可以提取多个情景下的城市生态安全隐患区域。研究结果可用于定位生态安全隐患区域,查找城市生态安全隐患来源。也可以通过对多情景方案的综合比较和分析,获得解决空间利益冲突的最佳方案,促进经济社会与生态环境相互协调发展。

本研究为城市生态安全的空间定量分析以及生态安全隐患的监控、预警,提供了一种新的方法和工具。

参考文献(References):

- [1] 肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 354-358. [XIAO Dunning, CHEN Wen-bo, GUO Fu-liang. On the basic concepts and contents of ecological security. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3): 354-358.]
- [2] 沈清基. 城市空间结构生态化基本原理研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 14(6): 6-11. [SHEN Qing-ji. Study on the fundamental of economization of urban spatial structure. *China Population, Resources and Environment*, 2004, 14(6): 6-11.]
- [3] 李月辉, 胡志斌, 高琼, 等. 沈阳市城市空间扩展的生态安全格局 [J]. 生态学报, 2007, 26(6): 875-881. [LI Yue-hui, HU Zhi-bin, GAO Qiong, et al. Ecological safety pattern of spatial extension in Shenyang City. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(6): 875-881.]

- [4] 龙宏, 王纪武. 基于空间途径的城市生态安全格局规划 [J]. 城市规划学刊, 2009(6): 99-104. [LONG Hong, WANG Ji-wu. A study on space method of urban patten for ecological security. *Urban Planning Forum*, 2009(6): 99-104.]
- [5] 张林波, 李伟涛, 王维, 等. 基于 GIS 的城市最小生态用地空间分析模型研究——以深圳市为例 [J]. 自然资源学报, 2008, 23(1): 69-78. [ZHANG Lin-bo, LI Wei-tao, WANG Wei, *et al.* Research on space modeling for minimum urban ecological land based on GIS: A case in Shenzhen. *Journal of Natural Resource*, 2008, 23(1): 69-78.]
- [6] Benfield F K, Vorsanger T J. Solving Sprawl: Models of Smart Growth in Communities across America [M]. Island Press, 2003.
- [7] Doyle D G, 陈贞. 美国的密集化和中产阶级化发展——“精明增长”纲领与旧城倡议者的结合 [J]. 国外城市规划, 2002(3): 2-9. [Doyle D G, CHEN Zhen. Densification and gentrification in the USA: Linking the agendas of “smart growth” and inner-city advocates. *Urban Planning Overseas*, 2002(3): 2-9.]
- [8] 王祥荣. 城市生态规划的概念, 内涵与实证研究 [J]. 规划师, 2002, 18(4): 12-15. [WANG Xiang-rong. Studies on concept connotation and pragmatism for urban ecological planning. *Planners*, 2002, 18(4): 12-15.]
- [9] 俞孔坚, 李迪华, 韩西丽. 论“反规划” [J]. 城市规划, 2005(9): 64-69. [YU Kong-jian, LI Di-hua, HAN Xi-li. On the “Negative Planning”. *City Planning Review*, 2005(9): 64- 69.]
- [10] 俞孔坚, 王思思, 李迪华, 等. 北京市生态安全格局及城市增长前景 [J]. 生态学报, 2009, 29(3): 1189-1204. [YU Kong-jian, WANG Si-si, LI Di-hua, *et al.* The function of ecological security patterns as an urban growth framework in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1189-1204.]
- [11] 陈逸敏, 黎夏, 刘小平, 等. 基于耦合地理模拟优化系统 GeoSOS 的农田保护区预警 [J]. 地理学报, 2010, 65(9): 1137-1145. [CHEN Yi-min, LI Xia, LIU Xiao-ping, *et al.* Coupling geosimulation and optimization (GeoSOS) for zoning and alerting of agricultural conservation areas. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(9): 1138-1145.]
- [12] 彭佳捷, 周国华, 唐承丽, 等. 基于生态安全的快速城市化地区空间冲突测度——以长株潭城市群为例 [J]. 自然资源学报, 2012, 27(9): 1507-1519. [PENG Jia-jie, ZHOU Guo-hua, TANG Cheng-li, *et al.* The analysis of spatial conflict measurement in fast urbanization region based on ecological security—A case study of Changsha- Zhuzhou- Xiangtan Urban Agglomeration. *Journal of Natural Resources*, 2012, 27(9): 1507-1519.]
- [13] 邓小文, 孙貽超, 韩士杰. 城市生态用地分类及其规划的一般原则 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(10): 2003-2006. [DENG Xiao-wen, SUN Yi-chao, HAN Shi-jie. General principles of urban ecological land classification and planning. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(10): 2003-2006.]
- [14] 刘万增. GIS 数据库更新中的空间冲突自动检测方法 [M]. 北京: 测绘出版社, 2009. [LIU Wan-zeng. Automatic Detection of Spatial Conflict in GIS Database Updating. Beijing: Surveying and Mapping Press, 2009.]
- [15] 王耕, 吴伟. 区域生态安全机理与扰动因素评价指标体系研究 [J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(5): 11-15. [WANG Geng, WU Wei. Regional ecological security mechanism and impact factors indicator system. *China Safety Science Journal*, 2006, 16(5): 11-15.]
- [16] 王耕, 王利, 吴伟. 区域生态安全概念及评价体系的再认识 [J]. 生态学报, 2007, 27(4): 1627-1637. [WANG Geng, WANG Li, WU Wei. Recognition on regional ecological security definition and assessment system. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(4): 1627-1637.]
- [17] 王耕. 基于隐患因素的生态安全机理与评价方法研究 [D]. 大连: 大连理工大学, 2007. [WANG Geng. The Mechanism and Methodology Investigation of Regional Ecological Security Assessment from a Perspective on Hidden Danger. Dalian: Dalian University of Technology, 2007.]
- [18] Bonabeau E, Dorigo M. Inspiration for optimization from social insect behavior [J]. *Nature*, 2000, 406(6): 39-42.
- [19] Dorigo M, Stützle T. Ant Colony Optimization [M]. London: The MIT Press, 2004: 65-67.
- [20] 黄国锐, 曹先彬, 王煦法. 基于信息素扩散的蚁群算法 [J]. 电子学报, 2004, 32(5): 866-868. [HUANG Guo-rui, CAO Xian-bin, WANG Xu-fa. An ant colony optimization algorithm based on pheromone diffusion. *Acta Electronica Sinica*, 2004, 32(5): 866-868.]
- [21] 周春山. 城市空间结构与形态 [M]. 北京: 科学出版社, 2007. [ZHOU Chun-shan. City Spatial Structure and Morphology. Beijing: Science Press, 2007.]
- [22] 王海鹰, 张新长, 康停军, 等. 基于多准则判断的城市边缘区界定及其特征 [J]. 自然资源学报, 2011, 26(4): 703-714. [WANG Hai-ying, ZHANG Xin-chang, KANG Ting-jun, *et al.* Urban fringe division and feature analysis based on the multi-criterion judgment. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(4): 703-714.]
- [23] 蒙古军, 严汾. 大城市边缘区 LUCC 驱动力的时空分异研究——以北京昌平区为例 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2008(3): 137-144. [MENG Ji-jun, YAN Fen. Temporal and spatial variation of LUCC driving forces on the edge of metropolis: A case study of Changping District. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2009, 45(2): 311-318.]

- [24] 周宏. 现代汉语辞海[M]. 北京: 光明日报出版社, 2003. [ZHOU Hong. The Modern Chinese Dictionary. Beijing: Guangming Daily Publishing House, 2003.]
- [25] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国城市化与生态环境耦合度分析[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1): 105-112. [LIU Yao-lin, LI Ren-dong, SONG Xue-feng. Analysis of coupling degrees of urbanization and ecological environment in China. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(1): 105-112.]
- [26] 司马义孜比布拉, 木沙江苏力叶, 阿不来提帕夏古. 阿克苏市城市化与生态环境综合水平协调度评析[J]. 地理研究, 2011, 30(3): 496-503. [Ismayil Z, Musajan S, Ablat P. The analysis of the comprehensive level coordination degree between the urbanization and eco-environment system in Aksu city. *Geographical Research*, 2011, 30(3): 496-503.]
- [27] 贾士靖, 刘银仓, 邢明军. 基于耦合模型的区域农业生态环境与经济协调发展研究[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 573-575. [JIA Shi-jing, LIU Yin-cang, XING Ming-jun. On coordination development of agricultural ecological environment and economy in different regions based on coupling degree model. *Research of Agriculture Modernization*, 2008, 29(5): 573-575.]
- [28] Karaboga D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization [R]. Technical Report-TR06, Erciyes University, 2005.
- [29] 苏伟忠, 杨英宝. 基于景观生态学的城市空间结构研究[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 115-150. [SU Wei-zhong, YANG Ying-bao. Urban Spatial Structure Based on Landscape Ecosystem. Beijing: Science Press, 2007: 115-150.]

The Scenario Analysis on Urban Ecological Land Spatial Conflict and Ecological Security Hidden Danger in Guangzhou

WANG Hai-ying¹, QIN Fen¹, ZHANG Xin-chang²

(1. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475004, China;

2. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The detection and obtainment of ecological security hidden danger area plays an important role in the protection of urban ecological security. In this paper, based on the intelligent model and spatial analysis method, scenario simulation and analysis of spatial conflict and ecological security hidden danger were made for urban ecological land use in Guangzhou. Three scenarios with different proportion of ecological land were simulated. The research shows that: 1) spatial conflict areas mainly distribute in the urban fringe. In 15%, 30% and 50% scenarios, the urban fringe areas take 95.40%, 86.28% and 77.45% of the total area of spatial conflict respectively. Baiyun, Huadu, Tianhe and Panyu districts of Guangzhou are the major area of spatial conflict. With the increase of the percentage of ecological land, the proportion of spatial conflict in urban core area increase gradually. In 50% scenario, the urban ecological land in Guangzhou will face huge pressure of spatial conflict. 2) Areas with urban ecological security hidden danger mainly distribute in urban fringe area. In 50% scenario, the hidden danger area of urban fringe takes 74.13% of the hidden danger areas. Baiyun and Huadu districts are the most concentrated area of ecological security hidden dangers. While the areas with hidden dangers in the urban core area face greater ecological security pressure. The research results can provide advices for urban ecological security monitoring and pre-warning, and provide referential methods and tools for urban ecological protection.

Key words: urban ecological land; spatial conflict; ecological security hidden danger; Guangzhou