

基于潜在土地利用冲突识别的主城区周边耕地保护

钱凤魁, 王贺兴, 项子璇

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110161; 2. 耕地立体保护与监测重点实验室, 沈阳 110161;
3. 土肥高效利用国家工程研究中心, 沈阳 110161)

摘 要: 科学的潜在土地利用冲突识别能够判别和协调冲突用地类型, 也是有效解决当前日益严峻的土地利用冲突的基础。该研究以鞍山主城区为研究对象, 基于耕作和建设适宜性评价系统开展耕地适宜性评价, 通过 ArcGIS 软件以及耦合协调度模型进行冲突分区识别, 进而根据冲突类型提出耕地差别化利用建议。研究结果表明: 鞍山主城区周边耕地可划分为 9 类区域, 包括 3 类潜在土地利用冲突区, 占总面积的 22.20%; 3 类耕作优势无冲突区, 占总面积的 67.33%; 3 类建设优势无冲突区, 占总面积的 10.47%, 综合考虑城市周边耕地自然、区位和社会经济条件, 将高度和中度潜在冲突区以及耕作优势区内的优质连片耕地划为永久基本农田; 将建设优势区零散耕地作为城市开发边界弹性发展区用地; 将生态红线范围内的低度潜在冲突区耕地划为生态用地。该研究结果为耕地利用适宜类型的冲突判别以及城市周边耕地保护提供参考。

关键词: 土地利用; 冲突; 识别; 耕地保护; 适宜性评价

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.19.031

中图分类号: F01.21

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2021)-19-0267-09

钱凤魁, 王贺兴, 项子璇. 基于潜在土地利用冲突识别的主城区周边耕地保护 [J]. 农业工程学报, 2021, 37(19): 267-275.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.19.031 <http://www.tcsae.org>

Qian Fengkui, Wang Hexing, Xiang Zixuan. Cultivated land protection in the periphery of the main urban areas based on potential land use conflict identification[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2021, 37(19): 267-275. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.19.031 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

近年来, 随着经济社会的快速发展以及城市化水平的持续提高, 城市周边建设用地需求不断增加, 新增建设用地占用优质耕地的现象逐渐增多, 潜在土地利用冲突问题越发明显, 对主城区周边耕地特别是永久基本农田的保护形势愈发严峻。土地利用冲突的发生和各利益相关者之间的竞争结果会严重影响区域土地利用状态, 破坏原有生态环境, 引起土地耕作与建设用途之间的矛盾冲突, 从而直接影响区域经济和产业发展的平衡状态^[1-2]。土地资源具有利用多宜性和供给有限性, 协调好土地农业用途和建设用途之间的关系, 准确识别潜在土地利用冲突是统筹安排各类用地的主要依据, 也是解决耕地利用冲突和促进耕地保护的有效途径之一^[3-7]。土地利用冲突是指在土地资源利用过程中, 各利益相关者均采取对自己有利的土地利用方式以及土地数量等, 从而导致不同土地利用方式与生态环境之间的矛盾状态^[8]。潜在土地利用冲突是指土地利用冲突在不久的将来即将发生的一种潜在状态, 当一些必要条件达到满足时, 即各利益相关者潜在冲突累计一定程度就会转化为现实冲突^[9]。在土地资源面积的有限性和用途的多宜性以及人类需求的多

样性背景下, 土地利用冲突和潜在冲突会永久共存^[10-11]。当前土地利用冲突研究方法集中体现在三方面, 一方面是土地利用冲突综合指数法^[12], 该方法能反映一定程度上土地利用冲突的强弱, 但是无法判断出土地利用冲突类型, 难以对土地利用冲突进行协调与缓解; 第二方面是排列组合方法, 部分学者对不同利用方式用地进行适宜性评价, 将不同适宜性等级进行排列组合, 即可识别出冲突类型以及强度, 如 LUCIS 分析模型^[13-14], 通过该模型可以识别出潜在冲突类型区, 应用在城市规划以及新增城市建设用地选址过程中^[15-18]; 第三方面是构建耕地和建设用地的适宜性评价体系, 并对冲突分区进行识别, 最后将识别结果应用到永久基本农田的划定之中^[19]。土地适宜性评价是用来判断某一土地对于某种用途的适宜程度, 它是科学确定土地利用方式、准确编制土地利用规划以及实现土地资源优化配置的基础^[20-22]。随着 3S 技术的日益成熟, GIS 分析在土地适宜性评价当中起着至关重要的作用, 当前 GIS 技术应用范围越来越广, 除了在土地适宜性评价中有着广泛的应用之外, 在土地资源信息管理、土地利用规划以及三生空间和三线划定当中同样应用颇多^[23-24], 在土地利用冲突识别中, GIS 有助于对冲突强度、类型的测算^[25-26], GIS 在土地适宜性评价的应用为潜在土地利用冲突识别提供了技术支持。

当前, 潜在土地利用冲突问题严重阻碍了区域可持续发展的落地实施和国土空间功能优化的进程, 潜在土地利用冲突的缓解首先需要转变土地利用方式, 其次是要依靠各利益相关者进行有效的协商^[27-29]。尤

收稿日期: 2021-07-15 修订日期: 2021-08-27

基金项目: 国家自然科学基金项目 (42077149; 41671329)

作者简介: 钱凤魁, 教授, 博士, 研究方向: 土地资源利用与评价。

Email: ftkqian@163.com

其是城市周边耕地面临的土地利用冲突形势是最为显著的,因为该区域耕地具有显著的区位条件优势,在快速城镇化背景下,耕地作为农用地和建设用地收益之间的巨大差异和不平衡的需求,从而导致潜在土地利用冲突发生,加剧了耕地在未来土地利用过程中转换成建设用地的风险。如何识别和解决好这种潜在土地利用冲突问题对解决城市周边永久基本农田保护以及城镇开发边界划定等土地利用冲突问题具有十分重要的意义。基于此,本研究以鞍山市主城区为研究对象,基于土地利用冲突理论,建立耕地的耕作和建设适宜性评价体系,运用耦合协调度模型开展城市周边耕地利用的冲突判别及分区保护研究,为缓解城市周边耕地利用冲突以及合理规划耕地空间布局提供理论和方法借鉴。

1 研究区概况

鞍山市位于辽东半岛中部,环渤海经济区腹地($122^{\circ}10'\sim 123^{\circ}41'E$, $40^{\circ}27'\sim 41^{\circ}34'N$) (图 1)。全市下辖 4 个区、1 个县,代管 1 个县级市和 1 个自治县,4 个区分别为铁东区、铁西区、立山区、千山区,总面积 $9\,252.35\text{ km}^2$,常住人口 359.8 万人,城镇人口 259.99 万人。鞍山市属于温带季风性气候区,地势东南高西北低,自东南向西北倾斜。鞍山市作为沈大黄金经济带的重要支点,经济发展十分迅速,2018 全年实现地区生产总值 1 602.1 亿元,按可比价格计算,比上年增长 3.5%。2018 年鞍山市城镇化率为 53.51%,高于全省平均水平,快速城镇化加剧了建设用地需求,2018 年鞍山市建成区面积达到 233.9 km^2 ,对比 2014 年鞍山市建成区面积 167.2 km^2 ,5 年内共增长了 66.7 km^2 。

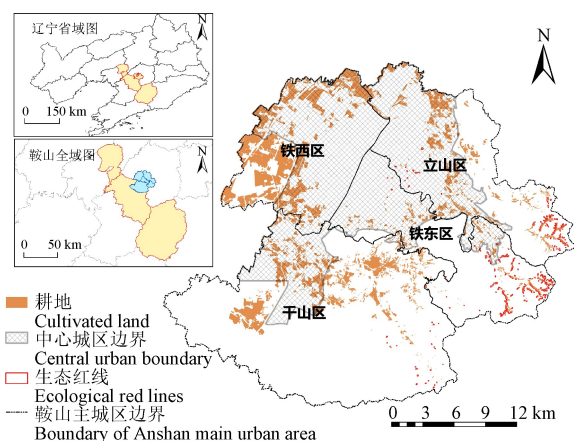


图 1 鞍山市主城区区位图

Fig.1 Location of the main urban area of Anshan City

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

1) 耕地、交通道路以及城市用地等基础地类信息来自鞍山市土地利用变更数据,利用 ArcGIS 软件提取地类

信息,耕地区位因素数据利用 ArcGIS 软件作近邻分析获取如距城镇、道路距离等。2) 耕地适宜性评价指标数据来自鞍山农用地分等数据,包括土壤有效土层厚度、表层土壤质地、土壤有机质含量等指标属性数据。3) 鞍山市 DEM 提取自地理空间数据云平台提供的 GDEM V2 (30 m) 分辨率数字高程数据 (<http://www.gscloud.cn/>),经过数据投影校正获得耕地坡度数据。4) 社会经济、人口数据来源于《鞍山市社会经济统计年鉴》和《中国县域统计年鉴》,将空间化后的 GDP、人口指标数据与分等数据叠加,得到耕地斑块的社会经济数据。5) 为保障数据精确性,数据年份均为 2018 年,各矢量数据统一转换为西安 80 坐标系高斯克列格投影 Shape 格式数据,社会经济数据采用指标回归分析处理,各类数据均与耕地地类图斑相关联,建立本研究的基础数据库。

2.2 技术方案

本研究主要通过耕地适宜性评价和利用冲突识别,从多目标决策角度探讨城市周边耕地与三线划定协同关系,充分发挥和利用好城市周边耕地适宜的生产、生活和生态功能价值。在研究区生态保护红线范围确定条件下,重点从城市周边耕地的耕作用途和建设用途两个方面建立适宜性评价系统,识别耕地利用冲突类别,建立差异化耕地利用分区模式。该评价过程包括评价单元确定、评价因子选择、指标权重确定、评价因子分级赋值、适宜性评价和冲突判别及分区。

2.2.1 确定评价单元

本研究选取鞍山市土地利用变更数据中的耕地图斑作为评价单元,研究区内共 2 521 个评价单元,总面积为 $9\,945.46\text{ hm}^2$,单元平均面积为 3.95 hm^2 。

2.2.2 评价体系的建立

评价体系包括评价指标的选取、权重的确定和因子作用分的确定。耕作适宜性评价主要考虑对农作物种植影响较大的土壤理化性质条件、灌排水条件和地形地貌条件,结合研究区的实际状况,遵循主导性、稳定性、差异性和现实性原则^[30-31],选取地形坡度、表层土壤质地、土壤有机质含量等 10 个评价指标,评价指标相对稳定,充分反应了耕地的宜耕性;建设适宜性指标的选取主要考虑建设选址要求,其中自然条件指标作为建设适宜性的基本限制因素,以地形坡度、距河湖距离和地下水位等指标为主,反映耕地的建设用途适宜性。社会经济指标和区位指标主要体现了其建设适宜性的经济发展条件和区位条件优势特征,其中社会经济因素为人均 GDP、人口密度和人均建设面积,将社会经济因素空间化后与分等数据叠加,得到各评价单元的社会经济属性。区位因素主要通过距道路距离、距城镇距离来描述。

本研究对耕作适宜性指标采用 0~100 分区间进行分级赋值,等级越高,赋值越高。通过 ArcGIS 分析提取耕地耕作适宜性评价的指标数据,参考《农用地分等规程》对各指标进行分级赋值,采用特尔斐法确定评价指标权重,耕作适宜性评价指标体系及权重如表 1。

表 1 耕作适宜性评价指标体系及权重

Table 1 Evaluation index system and weights of cultivation suitability			
评价指标 Evaluation index	权重 Weights	因素分级值 Factor rating value	作用分 Action points
表层土壤质地 Surface soil texture	0.110	壤土	100
		黏土	80
		砂土	60
		砾质土	40
土壤有机质含量 Organic matter content/(g·kg ⁻¹)	0.150	1 级	100
		2 级	90
		3 级	80
		4 级	70
		5 级	60
		6 级	50
灌溉保证率 Probability of irrigation	0.130	充分满足	100
		基本满足	90
		一般满足	70
		无灌溉条件	50
盐渍化程度 Degree of salinity	0.080	无	100
		轻度	90
		中度	70
		重度	40
障碍层距地表深度 Depth of barrier layer from surface /cm	0.060	60~90	100
		30~60	80
		30 以下	60
排水条件 Draining conditions	0.090	1 级	100
		2 级	90
		3 级	70
		4 级	30
灌溉水源 Irrigation water source	0.100	1 级	100
		2 级	90
		3 级	80
剖面构型 Profile construct	0.050	通体壤、壤/砂/壤	100
		壤/黏/壤	90
		砂/黏/砂、壤/黏/黏	70
		砂/黏/黏	60
		黏/砂/黏、通体黏	50
		通体砂、通体砾	40
坡度 Slope/(°)	0.110	<2	100
		2~5	80
		5~8	60
		8~15	40
		>15	20
		>150	100
有效土层厚度 Effective depth of soil/cm	0.230	100~150	90
		60~100	70
		30~60	40
		<30	0

建设适宜性指标采用等级赋分法和数据标准化法进行单因子评价和作用分赋值。社会经济因素的突变情况不明显，本研究采用极差数据标准化法对其进行赋值。其计算公式为

$$\begin{cases} \text{正向指标: } f_i = 100(X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \\ \text{负向指标: } f_i = 100(X_{\max} - X_i) / (X_{\max} - X_{\min}) \end{cases} \quad (1)$$

式中 f_i 为指标 i 的作用分值； X_i 为评价指标实际值； f_{\min} 为该指标最小值； f_{\max} 为该指标最大值。建设适宜性指标通过主成分分析法确定指标权重，使用 SPSS 软件中的分析功能对各指标进行分析、降维、因子分析，根据主成分方差贡献率确定指标权重。建设适宜性评价指标体系和权重如表 2 所示。

表 2 建设适宜性评价指标体系及权重

Table 2 Evaluation index system and weights of construction suitability				
评价因素 Evaluation factors	评价指标 Evaluation index	权重 Weights	因素分级值 Factor rating value	作用分 Action points
自然因素 Natural factors	坡度 Slope/(°)	0.116	<2	100
			2~5	80
			5~8	60
			8~15	40
			>15	20
	距河湖距离 Distance from river and lake/m	0.135	>800	100
			600~800	80
			400~600	60
			200~400	40
			<200	20
社会经济因素 Socioeconomic factors	地下水位 Groundwater level/m	0.079	>15	100
			10~15	80
			5~10	60
			<5	40
	人口密度 Population density/(人·hm ⁻²)	0.065	根据公式 (1) 计算赋值	
区位因素 Location factors	人均建设面积 Per capita construction area/(hm ² ·人 ⁻¹)	0.124	根据公式 (1) 计算赋值	
	人均 GDP Per capita GDP/(元·人 ⁻¹)	0.081	根据公式 (1) 计算赋值	
建设适宜性	距道路距离 Distance from road/m	0.232	<300	100
			300~600	80
			600~900	60
			900~1 200	40
			>1 200	20
	距城镇距离 Distance from town/m	0.168	<200	100
			200~400	80
			400~600	60
			600~800	40
			>800	20

2.2.3 计算评价分值和划分适宜性等别

研究运用加权指数模型方法来计算各评价单元的耕作和建设适宜性分值，公式如下：

$$F = \sum_{j=1}^n (f_{ij} \cdot w_{ij}) \quad (2)$$

式中 F 为评价结果总分值； f_{ij} 为第 i 个单元的第 j 个评价指标分值； w_{ij} 为第 i 个单元的第 j 个评价指标权重值。

本研究将耕作和建设适宜性总分值结果导入到 SPSS 中，利用总分值频率曲线来最终确定评价单元的适宜性等别，将频率曲线的突变点作为划分不同等别的界限，

将鞍山市主城区周边耕作用途适宜性划分为高度适宜(S1)、中度适宜(S2)以及低度适宜(S3)3个区域;对建设用途适宜性划分为高度适宜(M1)、中度适宜(M2)以及低度适宜(M3)3个区域。

2.3 潜在土地利用冲突区判别

当一块土地仅适合一种利用方式时,正常情况下就会进行该方式的利用,即该地块发生土地利用冲突的概率很低;当土地位于特殊的区位,同时有多种利用方式并且具有相当的适宜性时,就会导致各利益相关者对该地块进行争夺,这类地块就有很大概率发生土地利用冲突^[4]。本研究利用耦合协调度模型来分析量化耕地耕作用途和建设用途之间的耦合协同关系,结合耕作和建设适宜性评价结果识别鞍山市主城区周边潜在耕地利用冲突区,耦合协调度 D 值在 $0\sim 1$ 范围内, D 值越趋近于 1 表示两系统的相互作用程度越高,即耦合关系越协调^[32]。

$$\begin{cases} C = \frac{2\sqrt{f(x)g(x)}}{f(x) + g(x)} \\ T = \alpha f(x) + \beta g(x) \\ D = CT \end{cases} \quad (3)$$

式中 C 为两个系统之间耦合度; T 为耕作用途和建设用途适宜性评价结果的综合协调指数; D 为耕作和建设用途耦合协调度; $f(x)$ 为耕作适宜性评价系统; $g(x)$ 表示建设适宜性评价系统, α 、 β 为系统间比例关系。综合考虑耕地必须优先保障耕作用途和粮食安全,本研究令 $\alpha=0.7$, $\beta=0.3$ 。

耕地的耕作用途和建设用途适宜性的耦合协同关系的含义是:二者间达到高度耦合协同时,耕作和建设适宜性都达到高度适宜,即耕地斑块在具有高度耕作适宜性的同时也具有高度建设适宜性,这种情况下发生潜在耕地利用冲突的风险就高,认为该地块具有高度潜在冲突性;二者为中度耦合协同时,说明该区域内地块适于耕作和建设的程度一般,发生潜在耕地利用冲突的可能性不大,该耕地可认为存在中度的潜在冲突;若二者存在低度耦合协同,该类耕地具有较低的耕作和建设适宜性,不易发生潜在耕地利用冲突,该类耕地存在低度的潜在冲突。利用频率曲线的突变点作为界限,将耦合协调度划分为 3 个区间:1) 当 $0 < D \leq 0.38$ 时,为低度耦合协调,两种用途之间彼此制约,协调状况较差;2) 当 $0.38 < D \leq 0.73$ 时,属于中度耦合协调;3) 当 $0.73 < D \leq 1$ 时,属于高度耦合协调状态,说明两种用途之间相互作用程度较高。根据耦合协调度划分区间同时结合耕地适宜性评价结果,将鞍山市域主城区周边潜在耕地利用冲突分区划分为以下 9 种类型,如表 3 所示。

耕地地块的耕作和建设适宜性相当时,结合耦合协调度划分为高度潜在冲突区(C1)、中度潜在冲突区(C2)以及低度潜在冲突区(C3);对比耕地地块耕作和建设适宜性大小,当耕作适宜性占优时,可划分为高度耕作优势区(A1)、中度耕作优势区(A2)以及低度耕作优势区(A3)3类耕作优势无冲突区;当耕地建设适宜性占优时,可划分为高度建设优势区(B1)、中度建设优

势区(B2)以及低度建设优势区(B3)等3类建设优势无冲突区。

表 3 潜在土地利用冲突识别结果统计表

Table 3 Statistics of potential land use conflict identification results

类型 Type	子类型 Subtype	冲突分区 Conflict partition
高度耦合协调 Highly coupled coordination ($0.73 < D \leq 1$)	$f(x)-g(x) > 0.1$	高度耕作优势区(A1)
	$g(x)-f(x) > 0.1$	高度建设优势区(B1)
	$0 \leq f(x)-g(x) \leq 0.1$	高度潜在冲突区(C1)
中度耦合协调 Moderately coupled coordination ($0.38 < D \leq 0.73$)	$f(x)-g(x) > 0.1$	中度耕作优势区(A2)
	$g(x)-f(x) > 0.1$	中度建设优势区(B2)
	$0 \leq f(x)-g(x) \leq 0.1$	中度潜在冲突区(C2)
低度耦合协调 Lowly coupled coordination ($0 < D \leq 0.38$)	$f(x)-g(x) > 0.1$	低度耕作优势区(A3)
	$g(x)-f(x) > 0.1$	低度建设优势区(B3)
	$0 \leq f(x)-g(x) \leq 0.1$	低度潜在冲突区(C3)

注: $f(x)$ 代表耕作适宜性评价系统; $g(x)$ 代表建设适宜性评价系统; D 为耕地耕作和建设用途耦合协调度。

Note: $f(x)$ represents cultivated suitability evaluation system; $g(x)$ represents the construction suitability evaluation system; D refers to the coupling of cultivated land cultivation and construction use.

3 结果与分析

3.1 耕地适宜性评价结果分析

通过利用总分频率直方图法,对评价单元耕地适宜性级别进行划分,耕作和建设适宜性评价结果如图 2a、b 和表 4 所示。该区域耕地中,高度宜耕面积为 2 459.00 hm^2 ,所占比例为 24.72%,中度宜耕面积为 7 423.05 hm^2 ,所占比例为 74.64%,说明鞍山市域主城区周边有 90%以上的耕地具有较强的耕作适宜性,是因为城市周边耕地地势平坦,田间基础设施比较完善,便于机械化作业,有效土层较厚,利用过程中的耕作限制因素较少。该区域耕地中,高度适宜建设和中度适宜建设的面积分别为 1 738.63 和 7 666.78 hm^2 ,所占比例分别为 5.43%和 77.09%,主要分布在距离主城区较近的位置,地理位置优越,坡度平缓且高程较低,距主干路距离较近,交通非常便捷,距离河流距离及距离湖泊的距离较为适宜。由此可见,城市周边大部分耕地同样具有较强的建设适宜性,说明鞍山市域主城区周边耕地耕作适宜性和建设适宜性具有高度重叠性,即大部分耕地存在较大发生潜在耕地利用冲突的可能性。

3.2 潜在耕地利用冲突识别结果分析

通过耦合协调度模型对耕作和建设适宜性评价结果进行分析计算,根据协调程度判别耕地资源的不同潜在冲突区域类型,如表 5、图 3 所示。

从耕地冲突数量分析,鞍山市域主城区周边有 22.20%的耕地存在发生潜在土地利用冲突的风险,其中风险性最高的高度潜在冲突区(C1)面积最大,为 1 240.36 hm^2 ,所占比例为 12.47%,有 1.83%的耕作和建设适宜性都比较低的高度潜在冲突区;耕作优势区(A1、A2、A3)和建设优势区(B1、B2、B3)分别占比为 67.33%和 10.47%。上述分析表明,鞍山市主城区周边有超 2 000 hm^2 的耕地发生潜在土地利用冲突的风险较高,城市周边耕地保护压力较大,发生非耕地利用

的转化风险较大。

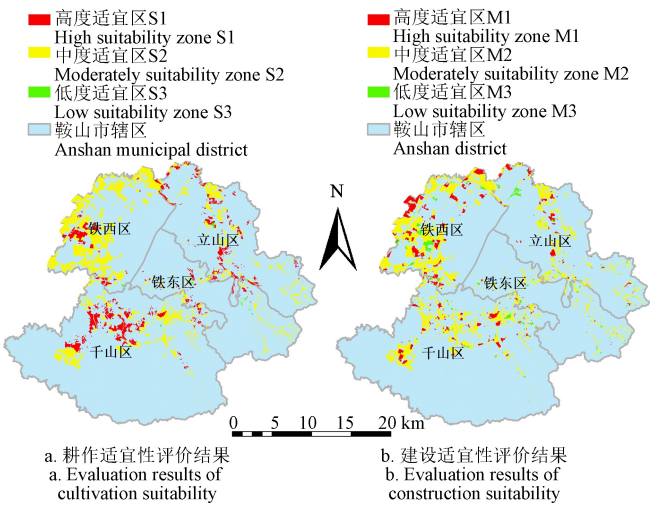


图 2 耕作适宜性和建设适宜性评价结果图
Fig.2 Evaluation results of cultivation suitability and construction suitability

表 4 耕作适宜性和建设适宜性评价结果统计表						
Table 4 Statistics of cultivation suitability and construction suitability results						
项目 Item	耕作适宜性 Cultivation suitability			建设适宜性 Construction suitability		
	S1	S2	S3	M1	M2	M3
总分值范围 Total score range	>93	80~93	<80	>60	32~60	<32
面积 Area/hm ²	2 459.00	7 423.05	63.40	1 738.63	7 666.78	540.05
比例 Proportion/%	24.72	74.64	0.64	17.48	77.09	5.43

表 5 潜在土地利用冲突识别结果统计表			
Table 5 Statistics of potential land use conflict identification results			
冲突分区 Conflict partition	面积 Area/hm ²	比例 Proportion/%	
高度耕作优势区 High cultivated dominant zone (A1)	1 650.43	16.59	
高度建设优势区 High construction dominant zone (B1)	246.27	2.48	
高度潜在冲突区 High potential conflict zone (C1)	1 240.36	12.47	
中度耕作优势区 Moderate cultivated dominant zone (A2)	4 924.71	49.52	
中度建设优势区 Moderate construction dominant zone (B2)	658.44	6.62	
中度潜在冲突区 Moderate potential conflict zone (C2)	785.32	7.90	
低度耕作优势区 Low cultivated dominant zone (A3)	120.87	1.22	
低度建设优势区 Low construction dominant zone (B3)	136.76	1.37	
低度潜在冲突区 Low potential conflict zone (C3)	182.30	1.83	

从耕地冲突空间分析，C1 型冲突区主要分布在铁西区西北部、立山区中部和千山区西北部等城镇主城区周边及主干道沿线。该区域耕地适宜耕作和建设的自然资源条件和地理区位优势显著，经济基础和辐射效应较强，因此该区域既是高质量的农地分布区，又是未来建设用地的重点拓展区，有极大可能性发生现实的土地利用冲突的风险。C2 型冲突区主要分布在铁西区北部和西南大部分地区、立山区的中部和北部地区以及千山区的北部

和西部等地势平坦区，该区域具有较优的耕作和建设适宜性的自然条件和社会经济条件，相对而言区位因素不突出，耕地距中心城区和主干道距离相对较远，区位影响分值集中在 40~50 分之间，该区域耕地适宜耕作和建设等级均为中度适宜。受区位因素影响，该区域耕地在短期内被占用为建设用地的可能性不大，但是未来还是存在一定的发生土地利用冲突的风险。耕作优势区（A1、A2、A3）主要分布在铁西区西南部、立山区北部和千山区东北部，该区域耕作自然条件优越，灌排设施齐全，耕作适宜性较高，但是该地区区位条件一般并且存在洪涝等风险，具有较低的建设适宜性，因此该区域耕地更适合做农业用途。建设优势区（B1、B2、B3）主要分布在铁西区西南部、立山区中北部和千山区东北部等城市周边和道路沿线，耕地有效土层厚度较薄，以粘质土壤为主并且灌排设施缺乏，导致耕作适宜性不高，但是距中心城区和道路距离较近，具有独特的区位优势，建设适宜性较高，是新增建设用地的备选区域。C3 型冲突区（S3M3）主要分布在千山区北部山地丘陵区，该区域的地形坡度较高且基础设施较差，对于耕作和建设适宜性都不高，所以该区域发生土地利用冲突的风险很低。

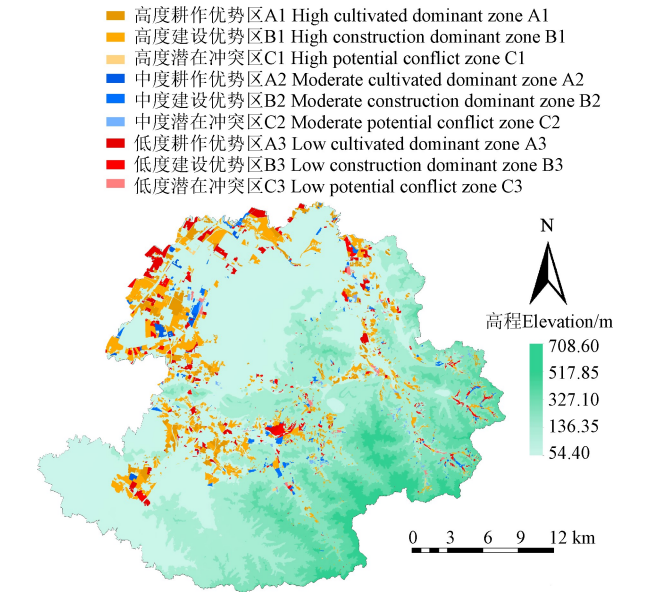


图 3 潜在耕地利用冲突识别结果图
Fig.3 Identification results of potential land use conflict

3.3 基于冲突识别结果的耕地差异化保护策略

通过对鞍山市域主城区周边耕地利用冲突评价分析，利用耦合协调度模型划分了潜在耕地利用冲突类别，同时结合耕地自然和区位等条件特征，为耕地保护与国土空间规划中三线融合提供辅助决策支持，有利于对鞍山市域主城区周边耕地实施差异化利用和保护。

1) 耕地保护与永久基本农田红线融合策略
为保障粮食安全，加强永久基本农田的稳定性，结合冲突判别结果将耕作优势区（A1、A2、A3）的耕地作为划入永久基本农田的首选区（如图 4），该区域自然条件优越，耕地质量高，耕作适宜性高于建设适宜性，并且与

周边耕地连片,有利于提高机械化水平和农业规模化生产布局;其次是冲突区(C1、C2)内的优质连片耕地应划入永久基本农田加以保护,冲突区同时具有相当的耕作和建设适宜性,防止优质耕地被建设用地占用,由于其具有城市周边的区位优势,引导该区域发展设施农业和高价值经济作物来提升农业竞争力,同时建议给予耕地保护补贴。该区域约占主城区周边耕地的85%,建议对该区域的中低产田开展土地整治,优化农业种植结构,提高该地区耕地质量,同时要严格管控建设用地的扩张;建设优势区的高质量耕地可以适量划入永久基本农田,综合考虑城市化的快速发展引起的建设用地扩张会占用城市周边耕地,一旦划入须加强对该区域耕地的严格保护。

2) 耕地保护与城市开发边界红线融合策略

根据城镇开发边界集约利用原则,严控城市无序蔓延,对现状已为建设用地的区域应结合区域产业发展规划,挖掘存量集体建设用地,同时高效利用新增集体建设用地,来提高土地使用效率,降低对城市周边耕地的挤压占用。建设优势区(B1、B2、B3)主要分布在铁西区的南部以及千山区的西南方向,与鞍山市城市空间拓展方向相一致,该区域距离中心城区和主干道距离较近,同时耕作适宜性较低,是城镇集中建设区的首选区域(图4),千山区东北部的建设优势用地距离主城区较远,可作为城镇特别用途区;冲突区(C1、C2)内耕地具有耕作和建设的高度重叠性,对部分零碎不连片耕地区域,可根据需要划为城镇弹性发展区,同时需要严格控制建设用地增量,加大存量盘活力度,提高城市主城区土地节约集约利用程度,减少占用城市周边耕地,持续优化城镇用地结构,保证区域社会经济发展与耕地保护相协调。

3) 耕地保护与土地生态保护红线融合策略

生态红线是为维护国家或区域生态安全和可持续发展,根据生态系统完整性和连通性的保护需求,划定的需实施特殊保护的区域^[33]。根据鞍山市生态保护红线初步划定结果(图4)可以发现城市周边生态保护红线集中分布在千山风景区及其周边和铁东区中部的玉佛山风景区附近,紧邻主城区建设发展空间。根据本次冲突识别结果,低度潜在冲突区(C3)与周边连片耕地脱离,做建设用地不利于周边生态环境保护,因此应优先划为生态用地和生态保护红线区,确保城市周边生态安全格局稳定。

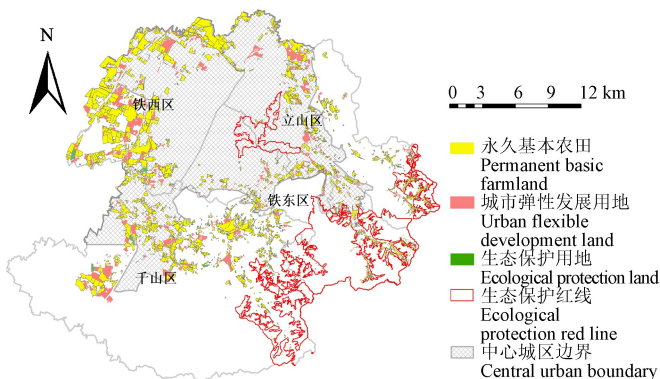


图4 耕地差异化利用分区

Fig.4 Zoning of differential utilization of cultivated land

4 讨论

通过对鞍山主城区周边耕地的适宜性评价和冲突利用判别结果分析,提出了耕地差异化利用分区对策。本研究中耕作适宜性评价体系采用农用地分等评价技术标准,评价结果科学地反映了耕地质量对农业用途的适宜性,有效保障了永久基本农田划定的数量和质量条件;耕地对建设适宜性评价体系考虑了自然、社会经济和区位等因素条件,评价结果反映了耕地对建设用途的可行性。通过冲突利用判别,近80.93%的耕地在耕作和建设适宜性冲突,其中76.51%的耕地适宜性在中度和高度冲突区域,与其他学者相关研究相比^[19],城市周边耕地冲突利用类型和比例远高于非城市区域耕地,进一步表明研究和解决城市周边耕地布局 and 有效利用问题,本研究建立的耕地差异化利用分区对保障耕地对城市生产、生活和生态功能意义重大。

本研究继承和采用了传统的耕地适宜性评价和冲突区域识别的方法^[3,15],采用GIS技术和加权指数模型开展耕地适宜性评价,研究结果与众多学者观点相一致^[5,16,27],表明土地利用冲突问题已成为影响土地利用决策、国土空间规划以及城市有序发展的关键问题。本研究引入了耦合协调度模型对耕地耕作用途和建设用途之间协同关系进行量化,通过定量化模式建立耕地利用冲突类别的识别方法,突破了传统的冲突类别定性识别模式,研究结果对城市周边土地利用布局决策更具有可行性。

本研究所采用的多目标决策主要基于国土空间三线划定思想和技术要求,从生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界三条控制线角度,探讨城市周边耕地保护与三线划定的协同关系。由于研究区域零星耕地分布于生态保护红线范围内,本研究从多目标决策角度提出耕地与生态红线协同保护利用关系,该目标主要针对和局限于生态红线范围内的耕地差异化管理措施,因此后续研究需要加强对耕地生态功能价值评价。同时研究表明城市周边耕地利用冲突目标类别以耕作和建设为主导类型^[9],因此本研究在生态保护红线范围确定条件下,从多目标决策角度开展了城市周边耕地的耕作和建设适宜性评价和冲突类别判定,重点考虑了城市发展与永久基本农田布局的协同关系,该成果对城市发展空间优化和永久基本农田保护具有参考借鉴价值。

5 结论

1) 通过开展耕地的耕作和建设适宜性评价,结果表明研究区90%以上的城市周边耕地既具有较强的耕作适宜性,又具有较强的建设适宜性,充分说明城市周边耕地耕作和建设适宜性存在较大潜在耕地利用冲突的可能性。

2) 根据潜在耕地利用冲突识别结果判别,通过耦合协调度模型判别出研究区城市周边耕地适宜性存在9类不同级别的冲突区以及宜耕作和宜建设区域,超过22.20%的耕地具有发生潜在土地利用冲突的风险,其中高度潜在冲突区域比重较大,具有显著的区位优势;还有67.33%的耕作优势无冲突区,主要分布在自然条件优越,灌排

设施齐全, 耕作适宜性较高区域; 另外 10.47%的建设优势无冲突区, 零散分布在城市主城区周边。

3) 依据耕地利用冲突判别结果, 结合国土空间规划三线划定思想, 提出耕地差别化利用分区与优化措施。将高度和中度潜在冲突区以及耕作优势区内的优质耕地优先划入永久基本农田红线区, 该区域约占主城区周边耕地的 85%, 是城市粮食供给的主要保障区; 将符合城市空间拓展方向的建设优势区内耕地划入城镇开发边界的弹性发展区, 提供城市发展用地保障; 将生态红线保护范围内耕作和建设适宜性均较低的耕地纳入生态整治空间范围。

[参 考 文 献]

- [1] 李俏, 吴秀芹, 王曼曼. 荒漠化地区县级潜在土地利用冲突识别[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2018, 54(3): 616-624.
Li Qiao, Wu Xiuqin, Wang Manman. Identification of potential land use conflict in desertification area at the county level[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2018, 54(3): 616-624. (in Chinese with English abstract)
- [2] 张丽荣, 孟锐, 潘哲, 等. 生态保护地空间重叠与发展冲突问题研究[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1351-1360.
Zhang Lirong, Meng Rui, Pan Zhe, et al. Research on the space-overlap and development conflicts between types of protected areas[J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(4): 1351-1360. (in Chinese with English abstract)
- [3] 刘巧芹, 赵华甫, 吴克宁, 等. 基于用地竞争力的潜在土地利用冲突识别研究: 以北京大兴区为例[J]. 资源科学, 2014, 36(8): 1579-1589.
Liu Qiaoqin, Zhao Huaifu, Wu Kening, et al. Identifying potential land use conflict based on competitiveness of different land use types in Beijing, China[J]. Resources Science, 2014, 36(8): 1579-1589. (in Chinese with English abstract)
- [4] 阮松涛, 吴克宁. 城镇化进程中土地利用冲突及其缓解机制研究: 基于非合作博弈的视角[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(S2): 388-392.
Ruan Songtao, Wu Kening. Research of the land use conflict and mitigation mechanism during the urbanization in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(S2): 388-392. (in Chinese with English abstract)
- [5] 冉娜, 金晓斌, 范业婷, 等. 基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究: 以常州市金坛区为例[J]. 资源科学, 2018, 40(2): 284-298.
Ran Na, Jin Xiaobin, Fan Yeting, et al. 'Three Lines' delineation based on land use conflict identification and coordination in Jintan District, Changzhou[J]. Resources Science, 2018, 40(2): 284-298. (in Chinese with English abstract)
- [6] 戴智勇, 杨朝现, 信桂新, 等. 丘陵山区土地利用冲突评价及调控优化[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2019, 41(11): 82-91.
Dai Zhiyong, Yang Chaoxian, Xin Guixin, et al. Evaluation of land use conflicts in hilly and mountainous areas and optimization of their control[J]. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2019, 41(11): 82-91. (in Chinese with English abstract)
- [7] 王检萍, 余敦, 卢一乾, 等. 基于“三生”适宜性的县域土地利用冲突识别与分析[J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1238-1251.
Wang Jianping, Yu Dun, Lu Yiqian, et al. Recognition and analysis of land use conflicts at county level based on "Production-Living-Ecological" suitability[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(5): 1238-1251. (in Chinese with English abstract)
- [8] 于伯华, 吕昌河. 土地利用冲突分析: 概念与方法[J]. 地理科学进展, 2006, 25(3): 106-115.
Yu Bohua, Lv Changhe. The progress and prospect of land use conflicts[J]. Progress in Geography, 2006, 25(3): 106-115. (in Chinese with English abstract)
- [9] 周德, 徐建春, 王莉. 近 15 年来中国土地利用冲突研究进展与展望[J]. 中国土地科学, 2015, 29(2): 21-29.
Zhou De, Xu Jianchun, Wang Li. Process of land use conflict research in China during the past fifteen years[J]. China Land Sciences, 2015, 29(2): 21-29. (in Chinese with English abstract)
- [10] 江颂, 蒙古军. 土地利用冲突研究进展: 内容与方法[J]. 干旱区地理, 2021, 44(3): 1-13.
Jiang Song, Meng Jijun. Process of land use conflict research: Contents and methods[J]. Arid Land Geography, 2021, 44(3): 1-13. (in Chinese with English abstract)
- [11] 肖练练, 刘青青, 虞虎, 等. 基于土地利用冲突识别的国家公园社区调控研究: 以钱江源国家公园为例[J]. 生态学报, 2020, 40(20): 7277-7286.
Xiao Lianlian, Liu Qingqing, Yu Hu, et al. Community regulation in national park based on land use conflict identification: A case study on Qianjiangyuan National Park[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(20): 7277-7286. (in Chinese with English abstract)
- [12] 朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 643-650.
Zhu Huiyi, Li Xiubin. Discussion on the index method of regional land use change[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(5): 643-650. (in Chinese with English abstract)
- [13] Von Thenen M, Maar M, Hansen H S, et al. Applying a combined geospatial and farm scale model to identify suitable locations for mussel farming[J]. Marine Pollution Bulletin, 2020, 156: 111254.
- [14] Zou L, Liu Y, Wang J, et al. An analysis of land use conflict potentials based on ecological-production-living function in the southeast coastal area of China[J]. Ecological Indicators, 2021, 122: 107297.
- [15] 史宇微, 杨朝现, 信桂新, 等. 山地丘陵区潜在土地利用冲突: 以重庆市江津区为例[J]. 水土保持研究, 2021, 28(5): 316-324.
Shi Yuwei, Yang Chaoxian, Xin Guixin, et al. Identification of potential land use conflict and its coordination strategies in Hilly mountains region-A case study of Jiangjin district in Chongqing[J]. Research of Soil and Water Conservation,

- 2021, 28(5): 316-324. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王建英, 邹利林, 李梅淦. 基于“三生”适宜性的旅游度假区潜在土地利用冲突识别与治理[J]. 农业工程学报, 2019, 35(24): 279-288.
- Wang Jianying, Zou Lilin, Li Meigan. Identification and governance of potential land use conflicts in tourism resort based on ecological-production-living suitability[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(24): 279-288. (in Chinese with English abstract)
- [17] 陈竹安, 冯祥瑞, 洪志强, 等. 南昌市土地利用的空间冲突测算与分析[J]. 地域研究与开发, 2020, 39(3): 150-155.
- Chen Zhuan, Feng Xiangrui, Hong Zhiqiang, et al. Calculation and analysis of spatial conflicts in land use of Nanchang city[J]. Areal Research and Development, 2020, 39(3): 150-155. (in Chinese with English abstract)
- [18] 杨绪红, 金晓斌, 贾培宏, 等. 多规合一视角下县域永久基本农田划定方法与实证研究[J]. 农业工程学报, 2019, 35(2): 250-259.
- Yang Xuhong, Jin Xiaobin, Jia Peihong, et al. Designation method and demonstration of permanent basic farmland in county level on view of multi-planning integration[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(2): 250-259. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王秋兵, 郑刘平, 边振兴, 等. 沈北新区潜在土地利用冲突识别及其应用[J]. 农业工程学报, 2012, 28(15): 185-192.
- Wang Qiubing, Zheng Liuping, Bian Zhenxing, et al. Potential land use conflict identification and its application in Shenbei New District[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(15): 185-192. (in Chinese with English abstract)
- [20] 钱凤魁, 王卫雯, 张靖野, 等. 基于 Citespace 的土地利用领域研究态势分析[J]. 农业工程学报, 2016, 32(增刊 2): 344-351.
- Qian Fengkui, Wang Weiwen, Zhang Jingye, et al. Analysis on land use research progress by Citespace[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(Supp.2): 344-351. (in Chinese with English abstract)
- [21] 钱凤魁, 王秋兵, 李娜. 基于耕地质量与立地条件综合评价的高标准基本农田划定[J]. 农业工程学报, 2015, 31(18): 225-232.
- Qian Fengkui, Wang Qiubing, Li Na. High-standard prime farmland planning based on evaluation of farmland quality and site conditions[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(18): 225-232. (in Chinese with English abstract)
- [22] 郑宇, 胡业翠, 刘彦随, 等. 山东省土地适宜性空间分析及其优化配置研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(2): 60-65.
- Zheng Yu, Hu Yecui, Liu Yansui, et al. Spatial analysis and optimal allocation of land resources based on land suitability evaluation in Shandong Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2005, 21(2): 60-65. (in Chinese with English abstract)
- [23] 宋如华, 齐实, 孙保平, 等. 区域土地资源的适宜性评价和空间布局[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(3): 24-31.
- Song Ruhua, Qi Shi, Sun Baoping, et al. Suitability assessment of regional land resources and its spatial distribution[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1997, 3(3): 24-31. (in Chinese with English abstract)
- [24] 尹君, 刘文菊. 多目标土地利用总体规划方法研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(4): 160-164.
- Yin Jun, Liu Wenju. Study on method of overall land use planning master planning based on modelling multiple general-purposes[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2001, 17(4): 160-164. (in Chinese with English abstract)
- [25] 钱凤魁, 张琳琳, 贾璐, 等. 基本农田划定中的耕地立地条件评价研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3): 447-456.
- Qian Fengkui, Zhang Linlin, Jia Lu, et al. Study on time sequence of high-standard prime farmland based on LESA[J]. Journal of Natural Resources, 2016, 31(3): 447-456. (in Chinese with English abstract)
- [26] 杜红悦, 李京. 土地农业适宜性评价方法研究与系统实现: 以攀枝花为例[J]. 资源科学, 2001, 23(5): 41-45.
- Du Hongyue, Li Jing. Agricultural land suitability evaluation: model and system implementation: A case study of Panzhihua[J]. Resources science, 2001, 23(5): 41-45. (in Chinese with English abstract)
- [27] 王越, 吕冰, 邵祥东, 等. 基于“三生”功能的沈阳经济区土地利用冲突诊断及影响因素[J]. 水土保持研究, 2021, 28(3): 249-255.
- Wang Yue, Lv Bing, Shao Xiangdong, et al. Identification of land use conflict based on the function of ‘production-living-ecological’ in Shenyang economic zone[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2021, 28(3): 249-255. (in Chinese with English abstract)
- [28] 冯宇, 毕如田, 王瑾, 等. 流域矿业开采引发的土地利用空间冲突及优化配置[J]. 中国土地科学, 2016, 30(11): 32-40.
- Feng Yu, Bi Rutian, Wang Jin et al. Spatial conflict of land use caused by mining exploitation and optimal allocation scheme of land resources in river basin [J]. China Land Science, 2016, 30(11): 32-40. (in Chinese with English abstract)
- [29] 张孟真, 金晓斌, 韩博, 等. 基于改进 CoMOLA 模型的镇域土地利用优化[J]. 农业工程学报, 2020, 36(12): 257-267.
- Zhang Mengzhen, Jin Xiaobin, Han Bo, et al. Optimization of township land use using improved CoMOLA model[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2020, 36(12): 257-267. (in Chinese with English abstract)
- [30] 付海英, 郝晋珉, 朱德举, 等. 耕地适宜性评价及其在新增其他用地配置中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 60-65.
- Fu Haiying, Hao Jinmin, Zhu Deju, et al. Cultivated land suitability evaluation and its application to other increased land allocation[J]. Transactions of the Chinese Society of

- Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 23(1): 60-65. (in Chinese with English abstract)
- [31] 许倍慎, 周勇, 李冀云. 基于 GIS 的耕地多目标适宜性评价在土地利用规划中的应用: 以湖北省老河口市为例[J]. 华中师范大学学报: 自然科学版, 2008, 42(2): 286-290. Xu Beishen, Zhou Yong, Li Jiyun. Cultivated land suitability evaluation for multi-objective and its application for land use planning based on GIS[J]. Journal of Huazhong Normal University: Natural Sciences, 2008, 42(2): 286-290. (in Chinese with English abstract)
- [32] 魏金义, 祁春节. 农业技术进步与要素禀赋的耦合协调度测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(1): 90-96. Wei Jinyi, Qi Chunjie. Coupling coordination degree analysis of the agricultural technology progress and factor endowment in China[J]. China Population, Resources and Environment, 2015, 25(1): 90-96. (in Chinese with English abstract)
- [33] 林勇, 樊景凤, 温泉, 等. 生态红线划分的理论和技术[J]. 生态学报, 2016, 36(5): 1244-1252. Lin Yong, Fan Jingfeng, Wen Quan, et al. Primary exploration of ecological theories and technologies for delineation of ecological redline zones[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(5): 1244-1252. (in Chinese with English abstract)

Cultivated land protection in the periphery of the main urban areas based on potential land use conflict identification

Qian Fengkui, Wang Hexing, Xiang Zixuan

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161, China; 2. Key Laboratory of Trinity Protection and Monitoring of Cultivated Land, Shenyang 110161, China; 3. National Engineering Research Center for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer Resources, Shenyang 110161, China)

Abstract: Accurate and rapid conflict identification of potential land use can effectively coordinate the conflicting land types to deal with the ever-increasingly severe land use in recent years. Taking the main urban area of Anshan as the research object, a multi-objective suitability evaluation was carried out to protect the cultivated land near the main urban areas using ArcGIS software. A mapping function and coupling coordination degree model were also selected to identify the conflict zones. Auxiliary decision-making support was provided to integrate with the third line in the land and space planning, particularly to implement differentiated use and protection of surrounding cultivated land. The research results show that the height suitable for cultivated land was 2 459.00 hm²; accounting for 24.72%, and the moderate cultivated land was 7 423.05 hm², accounting for 74.64%, indicating more than 90% of the surrounding areas of the main urban area. The cultivated land presented strong farming suitability. The areas of highly suitable construction and moderately suitable construction were 1 736.63 hm² and 7 666.78 hm² respectively, accounting for 5.43% and 77.09%, respectively. Most cultivated land around the city presented strong construction suitability, indicating a greater risk of potential cultivated land-use conflicts. Cultivated land around the main urban area was divided into 9 types of areas, including 3 types of potential land use conflict zones, accounting for 22.20% of the total area. These lands were mainly distributed around the main urban area and along the main roads, indicating superior natural resource conditions and significant geographical advantages. Geographical location factors, 3 types of farming advantages were non-conflict areas, accounting for 67.33% of the total area. The area presented complete irrigation and drainage facilities, as well as high organic matter content, but it was far away from the main road with low construction suitability, particularly suitable for agricultural purposes. 3 types of construction advantages were conflict-free areas, accounting for 10.47% of the total area. The effective soil thickness of cultivated land in this area was thin, mainly clay soil and lack of irrigation and drainage facilities, but the distance from the central city and roads was relatively short. Recently, good location and high construction suitability were a candidate area for newly-added construction land. Taking into account the natural, geographical and socio-economic conditions of cultivated land around the city, the high-quality contiguous cultivated land in the high and medium potential conflict areas and the farming advantaged areas were designated as permanent basic farmland, particularly benefits to the higher level of mechanization and large-scale agricultural production. There was construct scattered cultivated land in advantageous areas as land for flexible development of urban development boundaries. The land greatly contributed to the vitality of inventory, the degree of land saving, and intensive use in the main urban area, but to reduce the occupation of cultivated land around the city. The cultivated land in the low potential conflict area within the ecological red line was designated as Ecological land to ensure the stability of the ecological security pattern around the city. The finding can provide strong references for the conflict discrimination of suitable types of cultivated land use, while the protection of cultivated land around cities.

Keywords: land use; conflict; identification; cultivated land protection; suitability evaluation