

用搜索法集成耕地分等与环境评估成果的研究

张晓沛^{1,2}, 张超¹, 朱德海¹, 桑玲玲¹, 郇文聚^{1,3*}

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 太原 030006;
3. 国土资源部土地整理中心, 北京 100035)

摘要: 在“耕地分等和地化评估成果应该集成”的前提下, 针对集成过程中的权重确定问题, 该文提出权重搜索法, 以最小二乘法计算集成结果的误差, 并通过分析误差的变化趋势, 确定耕地利用等和耕地环境健康等的权重取值范围。其中, 考虑到等级数量对误差变化的影响, 在数据基础不变的前提下, 改变等间距, 设计了 3 种等级划分方案, 进行集成和误差分析。最后, 该文以吉林西部某县为研究区, 对提出的方法进行了实地验证。结果表明, 研究区域内耕地质量综合等级评价中, 耕地利用等权重的合理取值范围为[0.7, 0.9], 采用不同的等级划分方案进行集成, 集成成果能够反映区域耕地质量的分布状况。

关键词: 土地利用, 环境质量评价, 农用地分等, 地球化学评估, 搜索法

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2011.03.059

中图分类号: F301

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2011)-03-0325-06

张晓沛, 张超, 朱德海, 等. 用搜索法集成耕地分等与环境评估成果的研究[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 325—330.
Zhang Xiaopei, Zhang Chao, Zhu Dehai, et al. Integration of cultivated land quality grades and environmental assessment achievements by using searching method[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 325—330. (in Chinese with English abstract)

0 引言

耕地质量等级调查与评定(简称耕地分等)和土地质量地球化学评估(简称地化评估)是当前中国耕地质量评价的两个主要专项研究。中国耕地质量等级调查与评定成果于 2009 年底向公众发布, 该成果第一次全面摸清了中国耕地质量等别与分布状况, 实现了全国耕地质量等别的统一可比, 已应用于土地利用总体规划、耕地占补平衡、基本农田调整、土地整治等工作中^[1]。耕地分等, 即农用地分等, 从耕地的粮食生产能力评定耕地质量, 成果主要包括耕地的自然质量等、利用等、综合等等^[2-6]。地化评估是在多目标区域地球化学调查数据的基础上进行的, 全国多目标区域地球化学调查由中国地质调查局组织实施, 至 2009 年底调查面积达到 160 万 km², 覆盖中国大陆 31 个省(区、直辖市)重要经济区带^[7-9]。地化评估是以生态地球化学理论为指导, 依据耕地中元素含量及其对耕地基本功能的影响而进行的评定, 主要成果包括土地肥力等、土地环境健康等、土地地球化学等等^[10]。地化评估成果已在特色农产品开发、产业结构调整、地方病研究等方面得到应用^[11]。耕地分等和地化评估都涉及到对耕地质量的评价, 是否应集成这两项成

果以对耕地质量进行综合评价, 有不同的观点: 观点一, 两项成果反映耕地质量的不同侧面, 分析耕地不同方面的问题, 不应集成; 观点二, 两项成果的集成有利于较全面的反映耕地质量。目前, 已有一些研究者尝试采用了叠加法、融合法、单因子法等方法进行了集成研究, 并取得了一定的成效^[11-15]。在集成中, 两项成果的权重取值十分关键, 决定了集成成果能否较好的反映耕地质量状况, 但尚未检索到确定集成权重的相关文献。在“两项成果应集成”的前提下, 针对集成权重确定的问题, 本文提出采用搜索的方法, 通过分析集成成果误差的变化趋势, 来确定权重的取值范围, 并采用该方法, 在吉林西部某县进行了实地验证。

1 研究方法

1.1 耕地质量综合评价方法

对耕地分等和地化评估的成果等级赋以权重, 进行耕地质量综合评价的方法, 是集成耕地分等和地化评估两项成果的重要方法之一。它的优点是方法简便, 限制少, 缺点是权重的确定十分困难。它适用于耕地的环境状况未超标时的耕地质量综合评价, 因为在环境超标情况下, 耕地环境健康状况对耕地质量的综合评价有一票否决的作用。

从耕地分等成果中选择反映耕地可实现生产能力的耕地利用等, 从地化评估成果中选择反映耕地环境状况的耕地环境健康等, 建立耕地质量综合等级函数。

$$Y'_{ij} = Y_i \cdot W_j + y_{CEi} \cdot (1 - W_j) \quad (1)$$

式中, Y'_{ij} 为第 i 个评价单元第 j 次权重所确定的耕地质量综合等, 其等别按耕地利用等等别数, 等间距划分所得; Y_i 为第 i 个评价单元的耕地利用等, 按《农用地分等规程》计算耕地利用等指数划分而得; W_j 为耕地利用等 Y_i 的第

收稿日期: 2010-02-10 修订日期: 2011-03-13

基金项目: 国土资源部农用地分等定级与估价项目(2009); 全国土壤现状调查及污染防治专项“东北经济区土地质量地球化学评估与土地分等定级成果整合研究”(1210810806)

作者简介: 张晓沛(1983—), 男, 山西运城人, 博士生, 主要从事农业信息化技术、国土资源管理与评价研究。北京 中国农业大学信息与电气工程学院, 100083。Email: 1983zhangxiaopei@sina.com

*通信作者: 郇文聚(1962—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 长期从事土地管理领域相关研究。北京 国土资源部土地整理中心, 100035。

Email: yunwenju@vip.sina.com

j 次搜索确定的权重; y_{CEi} 为第 i 个评价单元的耕地环境健康等, 按《土地质量地球化学评估技术要求(试行)》计算耕地环境健康综合指数划分而得; $i = 1, 2, \dots, j = 0, 1, 2, \dots$ 。

分等单元一般为耕地地块, 地化评估单元则以覆盖整个研究区域的网格为评价单元, 网格属性来自地化调查样点数据。集成研究以耕地为评价对象, 故选择分等单元作为集成耕地质量综合等级的评价单元 i 。叠加分等单元与地化调查样点, 取距离分等图斑中心点最近的地化调查样点属性赋以单元 i 。

式(1)中, $W \in (0, 1)$ 。以 0.1 为步长, 进行搜索(式(2)); 当 $W=1.0$ 时, 搜索结束。

$$W_{j+1}=W_j+0.1 \quad (W_0=0) \quad (2)$$

式中 W_{j+1} 为耕地利用等 Y_i 的第 $j+1$ 次搜索确定的权重。

1.2 误差检验

随着搜索法所确定的权重趋向最佳值, 由其所计算出来的耕地质量综合等也相应地接近实际耕地质量状况, 计算值与实际值间误差的大小就成为评判计算结果的关键。

由于耕地质量综合等级的真实值无法得到, 本文采用当前能为大多数国内研究者所接受, 且集成效果较好的叠加法^[14]所得到的耕地质量综合等来替代真实值。应该说明的是, 以叠加法集成耕地分等与地化评估所确定的耕地质量综合等没有揭示出区域耕地质量状况的关键因素或主导因素。

基于最小二乘法原理^[16], 计算用式(1)获得的耕地质量综合等级的误差。

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (Y'_{ij} - Y_{0i})^2}{m}} \quad (3)$$

式中, σ_j 为第 j 次误差; Y_{0i} 为第 i 个评价单元叠加所确定的耕地质量综合等级; m 为评价单元个数。

1.3 权重取值范围的确定

依据研究方法, 按照公式计算误差 σ 的值, 分析误差 σ 的变化趋势, 找出 σ 的极值点, 确定权重 W 的合理取值范围(图1)。

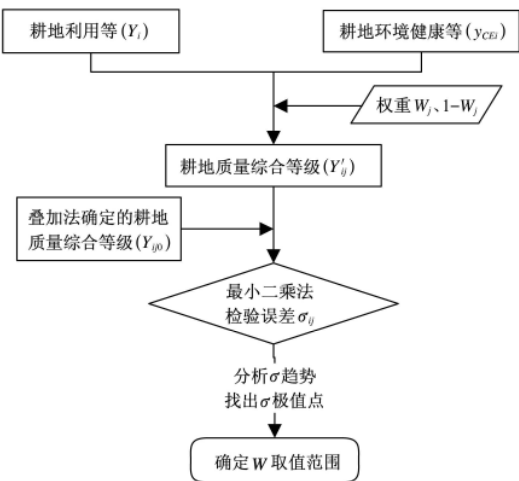


图1 确定权重取值范围流程
Fig.1 Process of analyzing weights value

1.4 试验方案设计

式(1)中 Y 和 y_{CE} 根据计算的指数划分, 等别个数不恒定, 式(1)计算 Y 的等别也因此不恒定, 这可能会对误差 σ 带来影响。基于此, 在数据基础不变的前提下, 改变等间距, 设计出 3 种评价方案, 方案 A: 按照《农用地分等规程》和《土地质量地球化学评估技术要求(试行)》的规定间距, 划分等别, 此时耕地利用等别数、耕地环境健康等别数与农用地分等成果和地化评估结果一致; 方案 B: 在方案 A 的基础上, 间距减小一半, 等级数加倍; 方案 C: 重新界定等间距, 重新划定耕地利用等和耕地环境健康等, 要求二者等别数相同。

2 研究实证

2.1 研究区概况

本文选取吉林省西部某县为研究区, 该县地处松辽平原腹地, 地势平坦开阔, 起伏和缓, 由高到低呈东南—西北走向, 地貌由河谷阶地、湖积低地、垄状岗地与风沙洼地构成。该县处于干旱半干旱地区。土壤类型主要有冲积草甸土、黑钙土、盐碱土、风沙土等。耕地基本分布在平地, 标准耕作制度为一年一熟, 主要作物为水稻、玉米、大豆等。耕地总面积为 278 726.66 hm^2 (2004 年变更数据)。

2.2 数据准备

耕地利用等的数据引自吉林省土地勘测规划院的吉林省农用地分等成果(2004), 区域内共 6249 个分等单元, 选择有机质含量、表层土壤质地、排水条件、盐渍化程度、距障碍层深度、土壤 pH 值、剖面构型等因素进行评价, 按照《农用地分等规程》计算得到耕地利用等指数为 510~1090; 耕地环境健康等评价, 采用吉林省多目标区域地球化学调查分析的表层土壤元素全量数据(吉林省地质调查研究院, 2008), 依据《土地质量地球化学评估技术要求(试行)》, 选择 pH 值、As、Cd、I、Se 等因素进行评价, 计算得耕地环境健康综合指数为 0.25~0.97。

2.3 数据处理

2.3.1 耕地等级划分

依据试验方案设计, 建立耕地利用等 Y 和耕地环境健康等 y_{CE} 的等级划分方案(表1)。各等级划分方案中 1 等均为最优等。

表1 等级划分方案
Table 1 Grading program

方案 设计	耕地利用等 (Y)		耕地环境健康等 (y_{CE})	
	间距	等别数量	间距	等别数量
A	100	6	<0.3	
			0.3~0.7	
			0.7~1.0	
B	50	12	<0.15	
			0.15~0.3	
			0.3~0.5	
			0.5~0.7	
			0.7~0.85	
C	60	10	0.85~1.0	
			0.1	10

按方案 A 划分后, 耕地利用等从 1 到 6 等分别占耕地总面积的 11.35%、8.53%、9.47%、39.17%、5.43%、26.04% (图 2a); 耕地环境健康 1 到 3 等分别占耕地总面

积的 25.99%、72.17%、1.84% (图 2b)。按方案 B 和 C 划分等别后, 耕地利用等和环境健康等的分布如图 2c~图 2f。

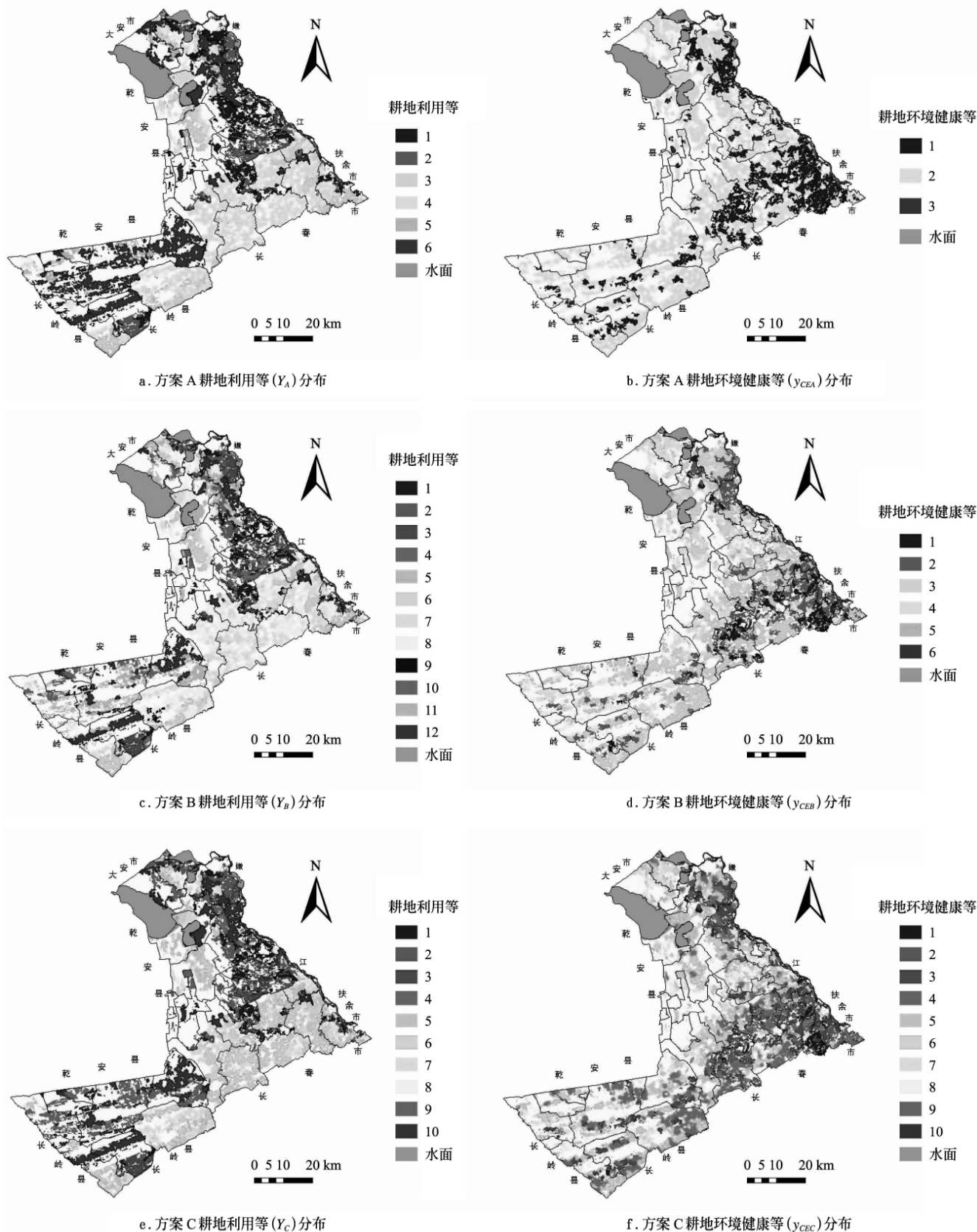


图2 方案 A、B、C 的耕地利用等和环境健康等分布

Fig.2 Distribution of cultivated land utilization grades and environmental health grades in scheme A, B, and C

2.3.2 叠加法确定耕地质量综合等级 (Y_0)

采用叠加法确定耕地质量综合等级并进行分析。以方案 A 为例,按照叠加法制订集成规则(表 2),获得耕地质量综合等。评价结果即为方案 A 的“真值 Y_{0A} ”。

表 2 叠加法集成 Y_{0A}
Table 2 Superposition integration Y_{0A}

耕地利用等 (Y_A)	耕地环境健康等 (Y_{CEA})		
	1	2	3
1	1	1	2
2	1	2	3
3	2	3	4
4	3	4	5
5	4	5	6
6	5	6	6

方案 A 经叠加集成后的耕地质量等级 1 到 6 等,分别占耕地总面积的 13.12%、8.81%、20.58%、26.25%、10.71%、20.53%,分布如图 3 所示。

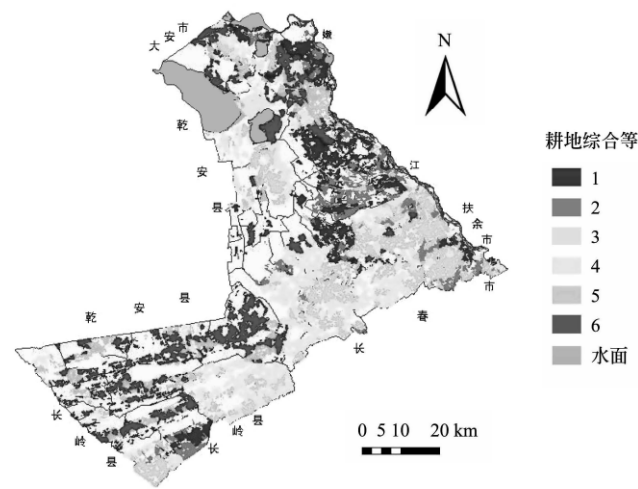


图 3 方案 A 叠加集成的耕地综合等 (Y_{0A}) 分布
Fig.3 Distribution of integrated grades of cultivated land quality (Y_{0A}) in scheme A

评价结果反映出该县的中东部及松花江西面是高质量耕地集中的区域;西南部靠近乾安县一带的耕地生产能力低且环境质量差,耕地质量最低;南部靠近长岭县和长春市的耕地质量等级中等偏高。

分析实际耕地质量状况:研究区内靠近嫩江和松花江水系的区域,土地肥沃,没有污染,Se、I 健康元素含量相对较高,是优质耕地集中的区域;在松花江边仅有一片耕地质量较差,这是由于该区域是河滩地,沙石较多影响了耕地质量;西南部靠近乾安县一带的耕地土壤主要为沙土,有机质含量低且缺乏灌溉措施,Se、I 等健康元素含量少,耕地质量差;南部靠近长岭县和长春市的耕地由于灌溉渠系完备,健康元素含量相对较高,耕地质量较好。

方案 A 集成结果符合该县耕地质量实际分布特征。

方案 B 和 C 的叠加法集成过程及分析类似,集成结果均符合该县耕地质量实际分布特征。

2.3.3 数据计算

遵从图 1 的流程,方案 A、B、C 所划分的等级均按照式(2)搜索耕地利用等的权重 W ,代入式(1)计算,划分等级,得到 Y ,按照式(3)计算误差 σ 。

3 结果及分析

误差 σ 随耕地利用等权重 W 的变化如图 4 所示。

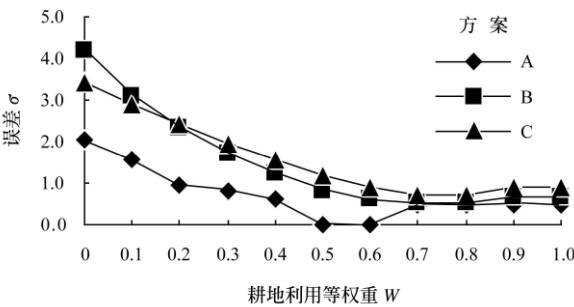


图 4 误差 σ 随耕地利用等权重 W 不同的变化
Fig.4 Error (σ) changes with weights of utilization grades (W)

由图 4 可以看出,3 个研究方案中误差 σ 曲线的变化趋势基本一致,分为三段。首先误差 σ 随 W 的增大迅速减小;然后误差 σ 随 W 的继续增大降至极小值;越过极小值后,误差 σ 随 W 的继续增加而缓慢增加。

方案 A 中,当 $W \in [0.5, 0.6]$ 时,误差 σ 的极小值为 0,但不能表示此时所计算出的耕地质量综合等与实际耕地质量状况完全一致,只能说明其与叠加法所确定的耕地质量综合等一致。事实上,叠加法所确定的耕地质量综合等只是耕地质量真实值的替代值,它与实际耕地质量间存在误差。当 $W \in [0.7, 0.9]$ 时,误差 σ 值变化很小,说明耕地利用等和耕地环境健康等对区域内耕地质量的贡献率趋于稳定。方案 B 中, $W \in [0.6, 0.9]$ 时,误差 σ 误差较小,其中 $W=0.8$ 时误差 σ 最小,说明此时所确定的权重值能较好地将耕地利用等和耕地环境健康等进行集成,表达出区域内耕地质量状况。方案 C 中, $W \in [0.6, 0.9]$ 时,误差较小,其中当 $W=0.8$ 时误差 σ 最小。综合分析,该县耕地质量综合评价中,耕地利用等权重的合理取值范围为 $[0.7, 0.9]$ 。

选用 $W=0.8$,对方案 A、B、C 所划分的等级进行集成,结果如图 5。不同方案的集成结果反映区域内的耕地质量差异趋势一致。

权重取值范围的研究结果说明,研究区内耕地利用等能更多地反映出当地耕地质量状况。分析该县耕地质量的实际情况,该县为传统农业大县,工业化和城镇化水平较低,污染来源较少,耕地自身生产力以及人类利用水平是本区域内决定耕地质量的主要因素。但耕地环境健康的作用也不容忽视,它是粮食品质和健康的决定因素,也是未来人类在区域内合理利用耕地、保护耕地安全的关键因素。

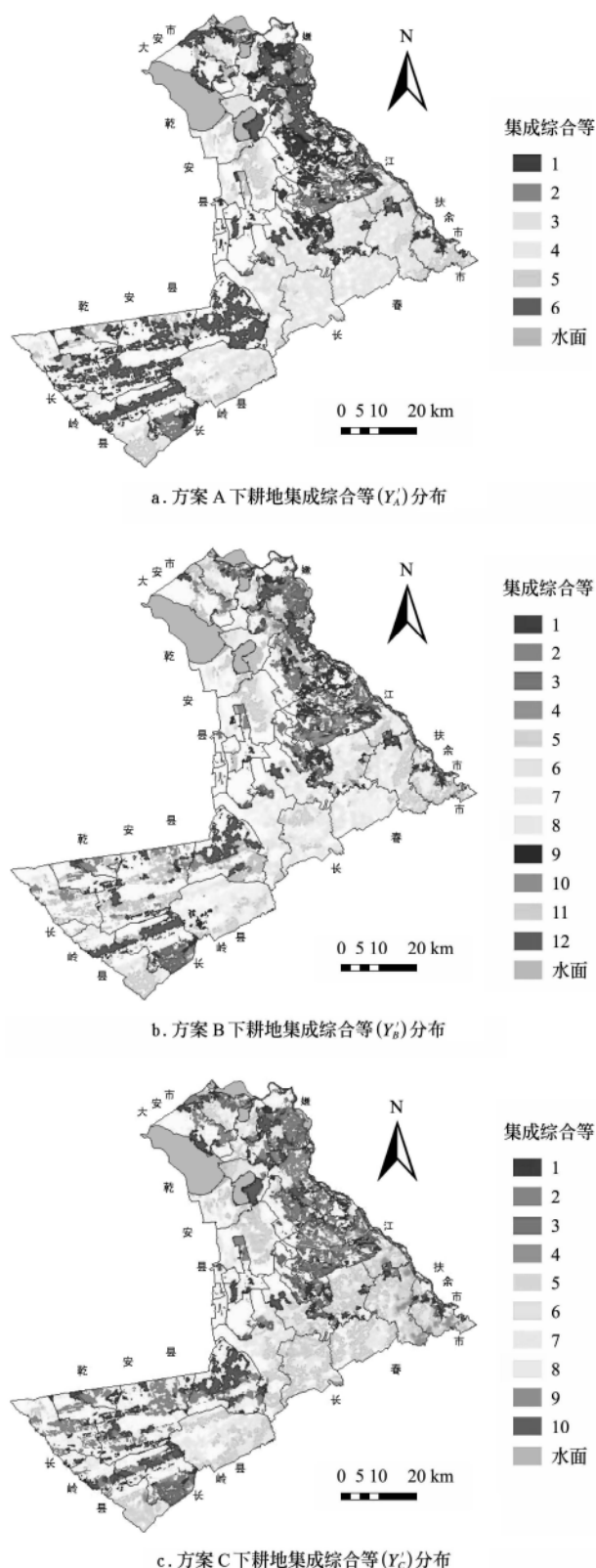


图5 方案A、B、C集成的耕地集成综合等分布

Fig.5 Distribution of the integrated grades of cultivated land quality in scheme A, B, and C

4 结论与讨论

权重的取值，反映生产能力和环境健康在耕地质量综合评价中的影响，是耕地分等和地化评估集成整合成果的重要组成部分。吉林西部某县的耕地质量综合评价

结果说明，采用权重法集成耕地分等和地化评估成果，可以较全面地反映耕地质量状况。本文提出的权重搜索方法是可行的，采用该方法确定耕地利用等和耕地环境健康等的权重取值范围是有效的。

本研究是对耕地质量综合评价中权重确定问题的初步尝试，尚存在一定的局限性。首先，研究确定的权重取值范围仅适用于吉林西部某县的集成，在其他区域的集成研究仍需结合实际情况，重新确定。第二，理论建立的条件还不够全面，尤其是耕地质量真实值的选用。耕地质量的真实值实际是无法确定的，只能无限的靠近，文中用大多数研究者可接受叠加法的成果替代，也是有误差的。此外，需进一步分析不同等别数量集成的差异，以选择恰当的等别数量进行集成。

志谢：在本文的写作过程中，得到杨忠芳、吴克宁、奚小环、白荣杰、侯青叶、王洪波、彭茹燕等专家的支持和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

[参 考 文 献]

- [1] 吕苑鹃. 中国耕地质量等别见分晓[N]. 中国国土资源报, 2009-12-25(1).
- [2] 李天杰, 鄢文聚, 赵焯, 等. 土地质量、生产能力与粮食安全相关研究的现状及展望[J]. 资源与产业, 2006, 8(1): 19—23.
Li Tianjie, Yun Wenju, Zhao Ye, et al. Situation and prospects of researchers on land quality[J]. Land Productivity and Food Security, 2006, 8(1): 19—23. (in Chinese with English abstract)
- [3] 张凤荣, 鄢文聚, 胡存智. 《农用地分等规程》的几个理论问题及应用方向[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 33—38.
Zhang Fengrong, Yun Wenju, Hu Cunzhi. The theory and application of the regulations of farmland grading[J]. Resources Science, 2005, 27(2): 33—38. (in Chinese with English abstract)
- [4] 鄢文聚. 农用地分等及其应用研究[D]. 中国农业大学, 2005.
Yun Wenju. Agricultural Land Classification and its Application[D]. China Agricultural University, 2005. (in Chinese with English abstract)
- [5] 高向军, 马仁会. 中国农用地等级评价研究进展[J]. 农业工程学报, 2002, 18(1): 165—169.
Gao Xiangjun, Ma Renhui. Research advances of gradation and evaluation of agricultural land in China[J]. Transactions of the CSAE, 2002, 18(1): 165—169. (in Chinese with English abstract)
- [6] 中华人民共和国国土资源部. 《农用地分等规程》(TD/T1004-2003)[S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- [7] 奚小环. 生态地球化学与生态地球化学评价[J]. 物探与化探, 2004, 28(1): 10—15.
Xi Xiaohuan. Eco-geochemical research and eco-geochemical evaluation[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 28(1): 10—15. (in Chinese with English abstract)
- [8] 奚小环. 多目标区域地球化学调查与生态地球化学—第四纪研究与应用的新方向[J]. 第四纪研究, 2005, 25(3):

- 269—274.
Xi Xiaohuan. Multi-purpose regional geochemical survey and eco-geochemistry: new direction of quaternary research and application[J]. *Quaternary Sciences*, 2005, 25(3): 269—274. (in Chinese with English abstract)
- [9] 杨忠芳, 侯青叶, 余涛, 等. 农田生态系统区域生态地球化学评价的示范研究: 以成都经济区土壤 Cd 为例[J]. *地学前缘*, 2008, 15(5): 23—35.
Yang Zhongfang, Hou Qingye, Yu Tao, et al. An example of eco-geochemical assessment for agroecosystems: a study of Cd in Chengdu economic region[J]. *Earth Science Frontiers*, 2008, 15(5): 23—35. (in Chinese with English abstract)
- [10] 中国地质调查局. 《土地质量地球化学评估技术要求 (试行)》DD2008-06[S]. 北京, 2008.
- [11] 何中发, 孙彦伟, 方正, 等. 生态地球化学成果应用于农用地分等及质量动态监测初步构想[J]. *上海地质*, 2009, 03: 35—43.
He Zhongfa, Sun Yanwei, Fang Zheng, et al. Preliminary conception of the application of ecological geochemistry for farmland gradation and quality dynamic monitoring[J]. *Shanghai Geology*, 2009, 03: 35—43. (in Chinese with English abstract)
- [12] 吴克宁, 高硕, 汤怀志, 等. 农用地分等与土地质量地球化学评估整合方案的探讨[C]//2008 年中国土地学会学术年会论文集, 2008.
Wu Kening, Gao Shuo, Tang Huaizhi, et al. Discussions on combination of agricultural land classification and land quality geochemical assessment[C]//Symposium of China Soil Society Annual Meeting in 2008, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [13] 朱明仓, 郑景骥. 农用地质量评价与粮食安全研究[D]. 西南财经大学, 2006.
Zhu Mingcang, Zhen Jingji. Study on Agricultural Land Quality and Food Security[D]. Southwestern University of Finance and Economics, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [14] 黄勇, 杨忠芳. 四川省罗江县土地质量地球化学评估与农用地分等结果整合研究[D]. 中国地质大学, 2008.
Huang Yong, Yang Zhongfang. Study on Integration Of Land Quality Geochemical Assessment And Agricultural Land Gradation Results in Luojiang County in Sichuan Province[D]. China University of Geosciences, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [15] 赵颖丽, 吴克宁. 区域土地质量地球化学评估及其与农用地分等整合研究[D]. 中国地质大学, 2008.
Zhao Yingli, Wu Kening. Regional Land Quality Geochemical Assessment and Integration Study on Farmland Gradation[D]. China University of Geosciences, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [16] 王宁侠. 最小二乘法在空间直线度检测中的应用[J]. *陕西科技大学学报自然科学版*, 2009, 27(5): 124—126.
Wang Ningxia. Application of least square method to space linearity surveying[J]. *Journal of Shaanxi University of Science and Technology*, 2009, 27(5): 124—126. (in Chinese with English abstract)

Integration of cultivated land quality grades and environmental assessment achievements by using searching method

Zhang Xiaopei^{1,2}, Zhang Chao¹, Zhu Dehai¹, Sang Lingling¹, Yun Wenju^{1,3*}

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Institute of Agricultural Resources Comprehensive Survey, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China;

3. Land Consolidation and Rehabilitation Center, the Ministry of Land Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: On the premise of the necessity of integration of cultivated land quality grades and geochemical assessment achievements and aiming at the weights determination in the integration process, the searching method was put forward to determine weights value range of cultivated land utilizations and environmental health grades by analyzing the changes of errors. Considering the influences the grade numbers on the changes of errors, the equal interval was changed and three gradation projects were designed on the premise of unchanged data base, which aimed to the integration and analysis of errors. The method proposed was verified in a county of west part in Jilin Province. The results indicated that the reasonable value range of cultivated land utilization grades was [0.7, 0.9]. The integration achievements can reflect the distribution of cultivated land quality by using different gradation projects in the integrated evaluation of the cultivated land in the researching region.

Key words: land use, environment assessments, farmland classification, geochemical assessment, searching method

张晓沛, 等. 用搜索法集成耕地分等与环境评估成果的研究(图2)

Zhang Xiaopei, et al. Integration of cultivated land quality grades and environmental assessment achievements by using searching method (Figure 2)

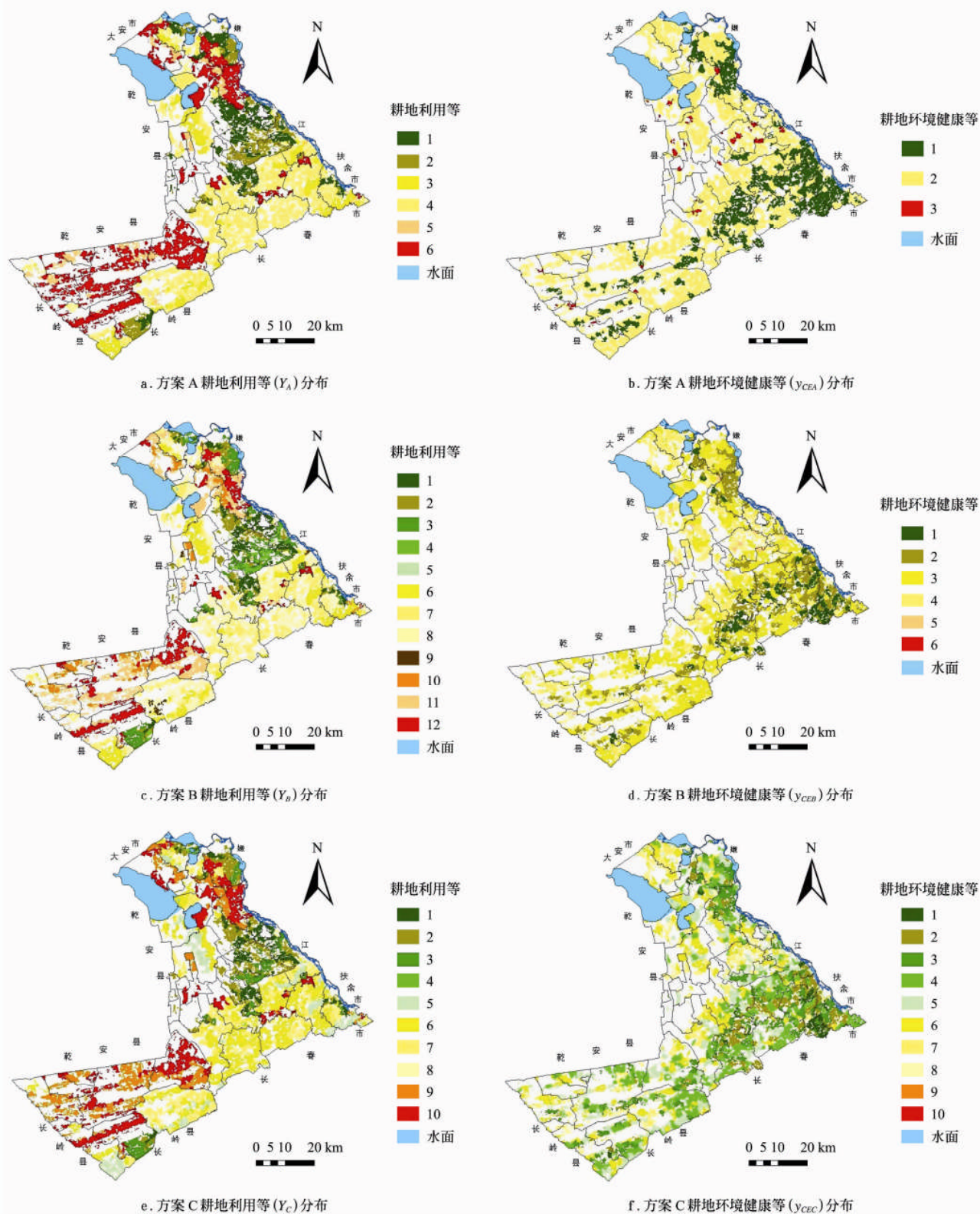


图2 方案A、B、C的耕地利用等和环境健康等分布

Fig.2 Distribution of cultivated land utilization grades and environmental health grades in scheme A, B, and C

张晓沛, 等. 用搜索法集成耕地分等与环境评估成果的研究 (图3、5)

Zhang Xiaopei, et al. Integration of cultivated land quality grades and environmental assessment achievements by using searching method (Figure 3, 5)

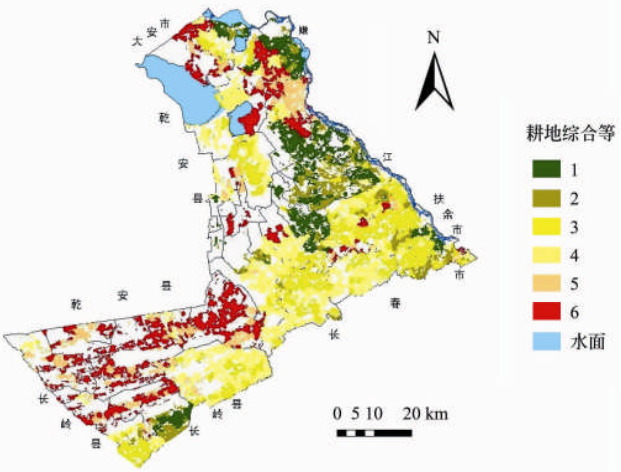
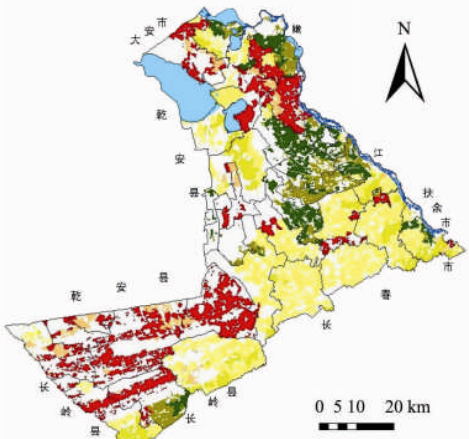
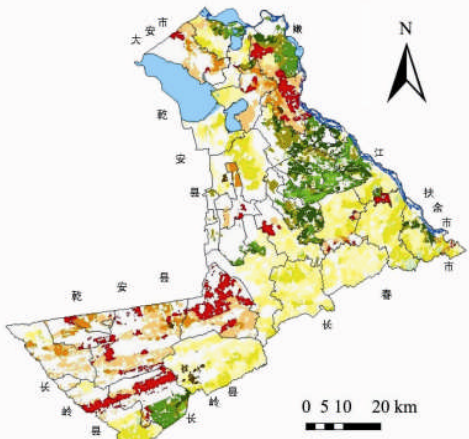


图3 方案A叠加集成的耕地综合等 (Y_{04}) 分布

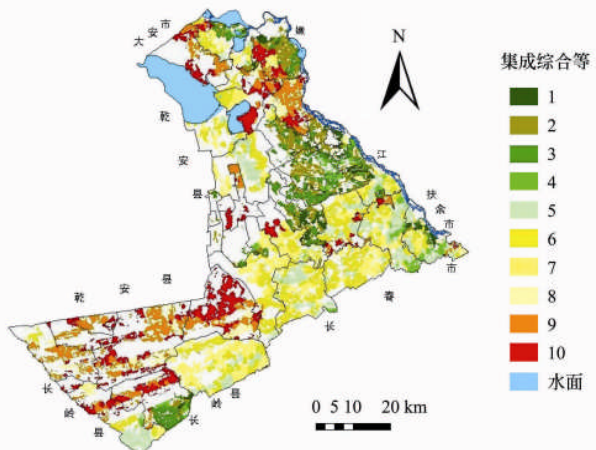
Fig.3 Distribution of integrated grades of cultivated land quality (Y_{04}) in scheme A



a. 方案 A 下耕地集成综合等 (Y'_4) 分布



b. 方案 B 下耕地集成综合等 (Y'_5) 分布



c. 方案 C 下耕地集成综合等 (Y'_6) 分布

图5 方案A、B、C集成的耕地集成综合等分布

Fig.5 Distribution of the integrated grades of cultivated land quality in scheme A, B, and C