东北地区县域耕地利用系统安全驱动力因子及其空间分异

宋 戈[1,2], 杨皓然[2], 李 丹[2,3], 王 越[1]

(1. 东北大学 土地管理研究所, 辽宁 沈阳 110819; 2. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 3. 寒地黑土利用与保护重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: [目的] 确定耕地利用系统安全变化的驱动力空间差异,为保护耕地和保障粮食安全服务。[方法] 以东北区典型区域巴彦县为研究区,运用"3S"技术,采用相关分析和 Logistic 回归模型,对影响耕地利用系统安全的驱动力因子进行识别和分析;采用单因子评价法和 Kriging 插值法分析驱动因子影响程度及其空间分布,揭示空间分异规律。[结果] (1) 地貌类型、土壤类型、土壤质地、速效磷、排涝能力和政策法规对系统安全具有促进作用,高程、比值植被指数、人口密度和水土流失对系统安全具有抑制作用。(2) 各驱动力因子在空间上打破了原来的耕地利用分区,呈现出以地理空间为基础的空间分异特征。[结论](1) 各驱动因子对研究区耕地利用系统安全均有不同程度的影响。(2) 各驱动因子对耕地利用系统安全的影响程度在地域空间上有明显的分异规律。

关键词: 东北地区县域; 耕地利用系统; 驱动力因子; 空间分异规律

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2015)05-0351-06 **中图分类号**: F301.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.130

Driving Factors and Its Spatial Variation of Cultivated Land Use System Security for Black Soil Region of County Level in Northeast China

SONG Ge[1,2], YANG Haoran[2], LI Dan[2,3], WANG Yue[1]

(1. *Institute of Land Management, Northeast University, Shenyang, Liaoning* 110819, *China*; 2. *College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin* 150030, *China*; 3. *Utilization and Protection of Black Soil in Cold Region Laboratory, Harbin, Heilongjiang* 150030, *China*)

Abstract: [Objective] We aimed to identify the driving factors that influence the cultivated land use system security in order to provide basis for the protection of cultivated land and guarantee of food security. [Methods] Bayan County, a typical black soil region of Northeastern China was selected as a case study to identify the driving factors that influence the security of cultivated land use system. "3S" technology was used, correlation analysis and Logistic regression model were employed. Single factor evaluation and Kriging methods was used to reveal the influence degree and spatial distribution of driving forces. [Results] (1) The landform type, soil type, soil texture, available phosphorus, drainage capability and safety policies and regulations showed a positive effect on cultivated land use system security. While elevation, the ratio vegetation index, water loss, population density and soil erosion showed a negative effect on cultivated land use system security. (2) The driving factors broke the original land use pattern, and presented a spatial distribution properties based on the geographic space. [Conclusion] (1) Each driving factor has different effects on the cultivated land use system security in the study area. (2) The impacts of driving factors on the cultivated land use system security show different spatial distribution and various patterns.

Keywords: county level area in Northeast China; cultivated land use system; driving factors; spatial distribution and variation pattern

收稿日期:2014-07-24 **修回日期**:2014-08-04

资助项目:国家自然科学基金项目"松嫩高原平原土地利用格局变化的时空分异及其优化模式研究"(41571165),"松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全及其调控机制研究:以巴彦县为例"(41071346); 黑龙江省高校寒地黑土利用与保护重点实验室开放资助项目(ht2012-04); 中央高校基本科研业务费(N130714001)

第一作者:宋戈(1969—),女(汉族),黑龙江省庆安县人,博士,博士生导师,主要研究方向为土地利用。E-mail:songgelaoshi@163.com。

耕地利用系统安全是保护耕地的基础，它是由自然、经济社会和生态子系统构成，系统变动因素关系十分复杂，各种要素对耕地利用系统作用的结果具有很大的不确定性，直接影响耕地利用系统的稳定性和安全性。因此，识别和确定影响耕地利用系统安全的敏感性因子，确定耕地利用安全动态变化的驱动力空间差异，探索在不同驱动力因子作用下耕地利用系统安全状态的驱动力因子空间分布，揭示影响耕地利用系统安全的驱动力因子空间分异规律，对于调控耕地利用系统安全具有重要意义，对保护耕地和保障国家粮食安全具有重要意义。

国内外已有的研究表明，不同驱动力因子对区域耕地利用影响机理不同[1]。地形地貌条件是影响局地人类土地利用意识形成最直接、最关键的因素[2-3]；土壤条件是人类土地利用活动的重要自然背景和影响因素[4]；土壤养分的变化会引起土壤物理、化学、生物特性的变化，从而对土壤质量产生重要影响[5-6]；土壤盐渍化，水土流失，土壤重金属污染等土地退化因素引起的生态问题是土地利用的制约因素[7]；人口、投入程度、技术进步、经济利益驱动和农业政策等社会因素是引起耕地变化的间接驱动因子[8-11]。总之，国内外学者更多的研究主要是针对单一因子对不同区域耕地数量、质量以及生态的影响机理研究比较深入，在研究方法上对于自然和生态因素主要采用地统计学与 GIS 技术，试验分析与数理统计，社会经济因素主要采用主成分分析、多元回归分析等方法，研究尺度上以大尺度[12]居多，而以耕地利用系统为切入点，从中观尺度，以局地黑土区为研究区域，综合其自然、经济社会、生态因素识别耕地利用系统安全的驱动力因子及其空间分布研究甚少。

黑龙江省巴彦县属于小兴安岭余脉向松嫩平原过渡地带，是中国著名的玉米和大豆生产区，此区域具有土壤肥沃，腐殖质深厚，有机质含量高，团粒结构好等得天独厚的自然特点，成为重要的农业土壤，是宝贵的土地资源，年均粮食商品率高达 70%以上。随着经济的发展，近 10 a 间耕地利用状况发生了较大的变化，多年来掠夺性耕种严重破坏了黑土层，土壤养分流失，土层变薄，威胁着区域农业的可持续发展[13]。本文选取东北区典型区域——黑龙江省巴彦县为研究区，从耕地利用系统安全角度，综合其自然、生态、社会、经济因素，以“3S”技术为手段，以 200 m×200 m 的栅格数据为基础，运用皮尔逊相关分析和 Logistic 回归模型识别影响耕地利用系统安全的主要驱动力因子，突破传统只采取单一的主成分分析或回归分析方法识别驱动力因子，并运用单一因子评价法，计算主要驱动力因子的影响程度，通过 Kriging 插值法对驱动力因子的影响程度进行空间插值，进而揭示其空间分异规律。本研究成果可为实现区域耕地利用系统安全提供科学依据，为改善耕地利用生态环境、保护耕地资源和保障粮食安全提供重要参考，为实现区域耕地的可持续利用提供依据。

1 耕地利用系统及其安全的内涵

耕地利用系统是指人类活动所利用的耕地表层及以上和以下所有要素的相互关联和相互制约形成的具有特定功能的有机结合体，它是由地形、地貌、气候、水文、植被、土壤、水土流失、土壤污染等自然生态要素以及人口、投入、区位条件、耕作方式、农业基础设施、农业政策等社会经济因素组成，构成耕地利用系统的各个因子错综复杂、相互联系、共同作用且高度动态。耕地利用系统安全是指上述各影响因子在物质循环和能量转换过程中熵值达到平衡时耕地利用系统达到稳定的状态，即系统在各驱动力因子相互作用和不断运动中达到保持耕地数量的相对稳定，耕地质量的相对良好和耕地生态系统的和谐发展，实现耕地资源的持续有效供给，以满足经济发展、人口增加、生态环境保护等对耕地资源不断增长需求的状态和能力。耕地利用系统安全受系统内各驱动力因子共同作用，在不同时间尺度和空间尺度上表现并不相同[14-16]。

2 研究区概况与数据处理

2.1 研究区概况

巴彦县位于黑龙江省中南部，是黑龙江省粮食主产区和国家重要粮食生产基地。其地理坐标为东经 126°45′53″—127°42′16″，北纬 45°54′28″—46°40′18″，气候类型为中温带大陆性季风气候。巴彦县辖 10 镇，8 乡，116 个行政村。2009 年，巴彦县总人口为 70.65 万人，其中农业人口 59.01 万人，土地面积 3.14×10^5 hm^2，耕地占土地总面积的 72.35%。县内土壤类型有黑土、草甸土、白浆土和暗棕壤等 9 大土类，续分 19 个亚类，33 个土属和 54 个土种，以黑土和草甸土居多。耕地分布集中，有利于农业机械化作业和土地规模经营。研究区地势东高西低、北岗南平、中部多丘陵，地理形状为北宽南窄的楔形。结合巴彦县的耕地利用现状特点，本文将巴彦县的地貌类型划分为低海拔丘陵山坡地、低海拔丘陵坡岗地、缓坡漫岗平地、松花江阶地、河谷滩地、沟谷滩地 6 种，并按照“地理位置＋地貌特征＋地形坡度”且不打破乡镇级行政界线的原则将研究区分为 5 个耕地资源

利用区（附图 11），Ⅰ区：西北部平原耕地区，辖红光乡和万发镇；Ⅱ区：中部漫岗平原缓坡耕地区，辖山后乡、天增镇、德祥乡、兴隆镇、丰乐乡、龙庙镇和华山乡；Ⅲ区：东部低山丘陵坡耕地区，辖黑山镇、洼兴镇、镇东乡和龙泉镇；Ⅳ区：南部平原耕地区，辖西集镇、巴彦镇和巴彦港镇；Ⅴ区：南部冲积平原耕地区，辖松花江乡和富江乡。

2.2　数据来源与处理

运用研究区 1991 年和 2009 年 SPOT 5 遥感解译数据，建立巴彦县 ArcGIS 土地利用数据库，通过等高线和高程点建立不规则的三角网（TIN），再通过线性和双线性内插生成 DEM，获取坡度和坡向数据，利用 ArcGIS 空间分析功能，生成高程图和坡度图专题图。利用 ENV14.7 软件，经计算，获取归一化植被指数（NDVI）、比值植被指数（RVI）和差值植被指数（DVI）。结合巴彦县土壤类型图与地形地貌图，以评价单元图为底图，运用 GPS 对 2009 年实地样点进行空间定位，在研究区耕地上布设点间距为 2 000 m 的采样点 661 个，每个样点均按采样要求在直径 100 m 范围内选择 3～5 个点，记录样点实际经纬度、灌溉条件及农田设施等情况，采集深度为 1.00—1.20 m，划分层次，通过观察、记载耕作层土壤剖面情况，按照四分法取样，记录样点土壤类型、土壤质地、黑土层厚度、地形地貌情况；通过土壤样品测试分析得到有机质、全氮、速效磷、速效钾、pH 值以及土壤污染元素（汞、铬、铅、铜、锌、镉、砷、镍）等的试验数据，运用内梅罗污染指数法计算土壤重金属元素的综合污染指数。运用 ArcGIS 9.3，结合水土流失方程（USLE），获取研究区水土流失量。社会经济数据来源于巴彦年鉴、巴彦县土壤志和巴彦县经济统计年鉴（2010），耕地相关行政法规文件、条例（1991—2010 年）等，采用虚拟变量回归分析法，获取 1991—2010 年土地相关政策法规对耕地利用系统安全的响应结果，并赋值到 661 个耕地采样点上。运用 ArcGIS 将影响耕地利用系统安全的各指标数据匹配到 661 个耕地采样点上，再利用 Kriging 空间插值法获得其分辨率为 200 m×200 m 的栅格数据，确保各图层栅格一一对应。

2.3　研究方法

本文利用研究区 200 m×200 m 栅格数据，运用皮尔逊相关分析法筛选出对耕地利用系统安全影响较大的因子，通过建立 Logistic 回归模型识别耕地利用系统安全主要驱动力因子，运用单因子评价法计算驱动力因子对耕地利用系统安全的影响程度，通过 Ordinary Kriging 对驱动力因子的影响程度进行空间插值，进而揭示驱动力因子的空间分异规律。

3　研究区耕地利用系统安全驱动力因子识别

3.1　影响因子选取

结合研究区耕地资源特点，按照普适性与地域性、实用性与系统优化、非相容性与可比性原则，运用皮尔逊相关分析法（显著性水平取 0.01）从自然子系统、经济社会子系统、生态子系统筛选出 26 个对耕地利用系统安全影响较大的影响因子（表 1）。

3.2　驱动力因子识别与影响强度分析

本文利用 Logistic 回归模型识别耕地利用系统安全驱动力因子及进行影响强度分析[17]。

$$\mathrm{Lg}\left(\frac{P_i}{1-P_i}\right)=\beta_0+\beta_1 X_{1i}+\beta_2 X_{2i}+\cdots+\beta_n X_{mi} \quad (1)$$

式中：P_i——空间上每个栅格单元可能成为耕地 i 的概率；X——各驱动力因子；β——各驱动力因子的回归系数。

将筛选出的 26 个影响因子在 2009 年的数据代入 Logistic 完全回归模型，取显著性水平为 0.05，通过多次回归，剔除不显著因子，通过 Wald 值检验，识别出影响耕地利用系统安全的主要驱动力因子有 10 个，分别是：地貌类型（X_1）、高程（X_2）、土壤类型（X_4）、土壤质地（X_5）、速效磷（X_9）、人口密度（X_{13}）、排涝能力（X_{18}）、政策法规（X_{20}）、比值植被指数（X_{23}）、水土流失（X_{24}），这 10 个因子对耕地利用系统安全的贡献极大，是最主要的驱动力因子（表 2）。Logistic 回归模型的 ROC 值为 0.807。

各驱动力因子 β 系数绝对值大小反映了驱动力因子对耕地利用系统安全的影响强度，绝对值越大影响强度越大。

由表 2 可知，各驱动力因子对耕地利用系统安全的作用强度依次为：土壤类型（X_4）＞地貌类型（X_1）＞土壤质地（X_5）＞水土流失（X_{24}）＞政策法规（X_{20}）＞比值植被指数（X_{23}）＞排涝能力（X_{18}）＞速效磷（X_9）＞人口密度（X_{13}）＞高程（X_2）。

各驱动力因子 β 系数正负值反映了驱动力因子对耕地利用系统安全的作用方向，其中地貌类型、土壤类型、土壤质地、速效磷、排涝能力和政策法规 β 系数为正值，对耕地利用系统安全具有促进的作用；高程、比值植被指数、人口密度和水土流失 β 系数为负值，对耕地利用系统安全具有抑制作用。

在 1991—2009 年近 20 a 间，研究区耕地利用系统安全是自然因素和人文因素的共同作用的结果，但土壤类型、地貌类型、土壤质地、水土流失等自然生态因子的影响较大，为主要驱动力。

表 1 研究区耕地利用系统安全影响因子

系统	子系统	影响因子	含义	数据获取方法
耕地利用系统	自然子系统	地貌类型 X_1	反映地表形态信息	德尔菲法
		高程 X_2	反映海拔高度信息	数字化地形图提取
		坡度 X_3	反映地表单元陡缓程度	DEM 数据
		土壤类型 X_4	反映土壤理化性状	德尔菲法
		土壤质地 X_5	反映土壤物理性质	德尔菲法
		黑土层厚度 X_6	反映土壤有效耕种深度	实测值
		钙 X_7	反映土壤本底钙含量	EDTA 络合滴定法
		全氮 X_8	反映土壤本底养分水平	半微量开氏法
		速效磷 X_9	反映土壤磷含量的投入状况	碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法
		速效钾 X_{10}	反映土壤钾含量的投入状况	1 mol/L 乙酸铵浸提,火焰光度法
		有机质 X_{11}	反映土壤本底肥力水平	重铬酸氧化—外加热法
		pH 值 X_{12}	反映土壤本底酸、碱性水平	水土比 2.5∶1,电位法
	经济社会子系统	人口密度 X_{13}	反映劳动力投入水平	乡镇人口数量与行政面积比值
		地均 GDPX_{14}	反映耕地产出水平	乡镇 GDP 与乡镇面积比值
		交通便捷度 X_{15}	反映利用耕地的便捷程度	运用 ArcGIS 9.3 软件中的 Distance 功能计算耕地到道路的距离
		耕作便利度 X_{16}	反映人工耕作的便利程度	运用 ArcGIS 9.3 软件中的 Distance 功能计算耕地到居民点的距离
		灌溉潜力 X_{17}	反映抗御旱灾能力	运用 ArcGIS 9.3 软件中的 Distance 功能计算耕地到水域的距离
		排涝能力 X_{18}	反映水土保持能力	运用 ArcGIS 9.3 软件中的 Classification 功能进行坡度分级
		人工耕作效应 X_{19}	反映耕作水平	运用 Fragstats 3.3 软件中的耕地连通性指数
		政策法规 X_{20}	反映政府调控能力	虚拟变量回归分析法
	生态子系统	归一化植被指数 X_{21}	反映植被覆盖信息	NDVI=(NIR−R)/(NIR+R)
		比值植被指数 X_{22}	间接反映土壤盐渍化信息	RVI=NIR/R
		差值植被指数 X_{23}	间接反映植物生物量信息	DVI=NIR−R
		水土流失 X_{24}	反映土壤侵蚀和水土流失程度	水土流失方程(USLE)
		重金属污染指数 X_{25}	反映土壤重金属污染程度	内梅罗污染指数法
		农药污染指数 X_{26}	反映农药污染程度	硝酸银滴定法

表 2 Logistic 回归结果

驱动力因子		回归系数 β	标准差	Wald 值	自由度	显著性水平	Exp (B)
自然子系统	地貌类型 X_1	0.569	0.098	33.751	1	0.000	1.767
	高程 X_2	−0.014	0.001	254.557	1	0.000	0.986
	土壤类型 X_4	0.611	0.101	36.593	1	0.000	1.843
	土壤质地 X_5	0.247	0.010	664.589	1	0.000	1.280
	速效磷 X_9	0.048	0.015	9.958	1	0.002	1.050
社会经济子系统	排涝能力 X_{18}	0.079	0.007	127.090	1	0.000	1.082
	政策法规 X_{20}	0.182	0.010	324.057	1	0.000	1.199
	人口密度 X_{13}	−0.023	0.002	85.447	1	0.000	0.977
生态子系统	比值植被指数(X_{23})	−0.167	0.021	63.549	1	0.000	0.847
	水土流失 X_{24}	−0.187	0.021	76.803	1	0.000	0.830

4 研究区耕地利用系统安全驱动力因子空间分异

4.1 驱动力因子对耕地利用系统安全的影响程度

为研究驱动力因子的空间分布及分异规律,本文采用单因子指数评价法计算评价标准不一的各驱动因子对耕地利用系统安全的影响程度。该方法的原理是通过将各因子的指标值与标准值进行对比,得出各因子对目标的影响程度见公式(2)。

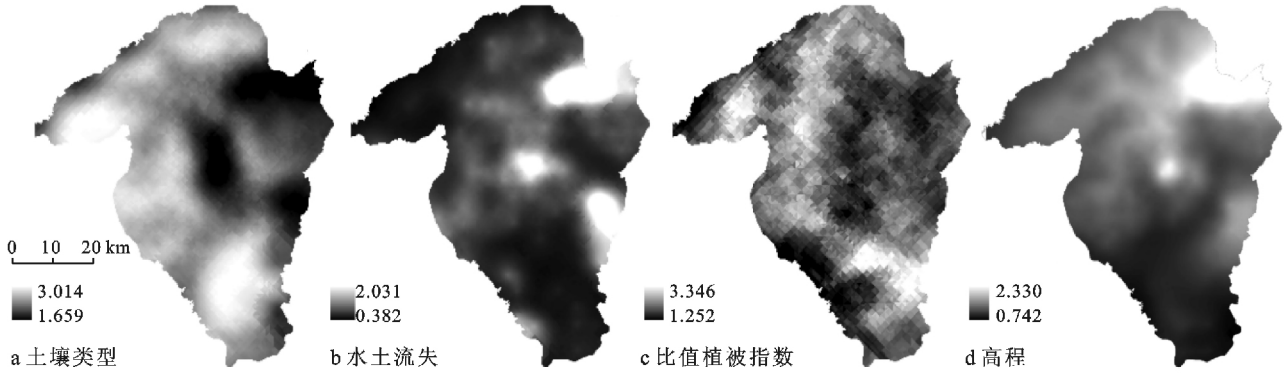
$$P_i=\begin{cases} C_i/C_1 & (0<C_i\leqslant C_1) \\ 1+(C_i-C_1)/(C_2-C_1) & (C_1<C_i\leqslant C_2) \\ \vdots & \vdots \\ 2+(C_i-C_2)/(C_n-C_2) & (C_2<C_i\leqslant C_n) \end{cases} \quad (2)$$

式中:P_i——第 i 种驱动力因子的单因子指数;C_i——第 i 种驱动力因子的实际值;C_1,C_2,…,C_n——评价标准中的Ⅰ,Ⅱ,…,n 级标准值。评价标准主要根据全国第二次土壤普查分类标准、土地利用现状调查技术规程,对于不能采用国家标准界定的,

采用专家确定法,还有一些指标标准采取一系列的数学处理方法来确定。根据以上方法计算出 661 个采样点的各驱动力因子的影响程度。

4.2　驱动力因子空间分异规律

上述样本数据符合正态分布,可以采用 Kriging 插值法对驱动力因子的影响程度进行空间插值,利用最小二乘法进行曲线拟合,根据变异函数模型,估测研究区域内其余样点的数值,用球状模型拟合变异函数曲线图,得出研究区 2009 年驱动力因子影响程度空间分布(图 1),图中颜色越浅,影响程度越大。



a 土壤类型　b 水土流失　c 比值植被指数　d 高程

图 1　巴彦县 2009 年耕地利用系统安全驱动力因子影响程度空间分异

各驱动力因子对耕地利用系统安全的影响程度在地域空间上存在明显的分异规律。受土壤类型(图 1a)影响较大的区域为西北部平原耕地区和南部平原耕地区,并以红光乡和巴彦镇为中心形成 2 个高值岛,这一区域的土壤类型主要为黑土,影响较小的区域为东部低山丘陵坡耕地区和中部漫岗平原缓坡耕地区的华山乡,这一区域的主要土壤类型为暗棕壤和白浆土,土壤类型影响程度总体呈现出由西南向东北逐渐减弱的分布规律;受地貌类型影响较大的区域为西北部平原耕地区、中部漫岗平原缓坡耕地区和东部低山丘陵坡耕地区,这一地区的主要地貌类型为缓坡漫岗平地、低海拔丘陵坡岗地,影响较小的区域为南部冲积平原耕地区,其中富江乡影响最小,这一区域的主要地貌类型为河谷滩地,地貌类型影响程度总体呈现出由北向南逐渐减弱的分布规律;土壤质地影响较大的区域为分中部漫岗平原缓坡耕地区的南部和东部低山丘陵坡耕地区,以龙庙镇和洼兴镇为中心向四周扩散,影响程度逐渐减弱,这一地区的主要土壤质地为轻壤土和中壤土,影响较小的区域为中部漫岗平原缓坡耕地区的北部、南部平原耕地区和南部冲积平原耕地区,其中巴彦镇和松花江乡影响程度最小,主要土壤质地为重壤土和轻黏土,土壤质地总体呈现出中部高,南北低的空间分异规律;水土流失(图 1b)影响较大的区域为中部漫岗平原缓坡耕地区和东部低山丘陵坡耕地区的黑山镇,以黑山镇最高,影响较小的区域为西北部平原耕地区、南部平原耕地区和南部冲积平原耕地区,巴彦镇和富江乡影响最小,总体上呈现出中部和东北部高,西北部和南部低的空间分异规律;政策法规集中对西北部和东南部的红光乡、巴彦港镇、兴隆镇、天增镇影响较大,对巴彦镇影响最小,其余地域影响程度相差不大,呈现出对局部地域影响较大的局地空间分布特征,这是由于政策法规在量化的过程中考虑了农作物总产量,而红光乡、巴彦港镇、兴隆镇、天增镇的农作物总产量比较大,因此对政策法规的影响较大;比值植被指数对 5 个分区均有不同程度的影响,在空间上呈现出分散不规则的特点(图 1c);排涝能力影响较大的区域为西北部平原耕地区、南部平原耕地区和南部冲积平原耕地区,影响较小的区域为中部漫岗平原缓坡耕地区,总体呈现出西北部和南部高,中部和东北部低的空间分异规律;速效磷影响较大的区域为中部漫岗平原缓坡耕地区北部的山后乡、东部低山丘陵坡耕地区的黑山镇以及南部冲积平原耕地区的富江乡,总体上呈现出中部低,南北高的空间分异规律;人口密度以南部平原耕地区的巴彦镇和中部漫岗平原缓坡耕地区的兴隆镇影响最大,东部低山丘陵坡耕地区的黑山镇影响最小,其余地域影响程度相近;高程集中影响中部漫岗平原缓坡耕地区的山后乡、天增镇、德祥乡和东部低山丘陵坡耕地区的黑山镇,在空间上呈现出由东北向西、南逐渐减弱的分异规律(图 1d)。

综上分析可以看出,各驱动力因子的影响程度在地域空间上呈现出各不相同的空间分布特征,且打破了原来的耕地利用分区,呈现出以地理空间为基础的空间分异规律。

5 结论与讨论

(1) 耕地利用系统安全同时受自然因子和人文因子共同作用,且影响强度大小存在明显差异,影响耕地利用系统安全的 26 个因子中有 10 个最为敏感的驱动力因子,分别为土壤类型、地貌类型、土壤质地、水土流失、政策法规、比值植被指数、排涝能力、速效磷、人口密度、高程,影响强度依次减弱,其中地貌类型、土壤类型、土壤质地、速效磷、排涝能力和政策法规对耕地利用系统安全具有促进的作用,高程、比值植被指数和水土流失对耕地利用系统安全具有抑制作用。驱动力因子对耕地利用系统安全的影响与行政区划无关,主要受土壤类型、地貌类型、土壤质地、水土流失等自然生态因子影响,其中,研究区水土流失、土壤退化等生态问题是人类长期从事生产和生活活动的响应,人文因素对耕地利用系统安全的影响同样不可忽视。

(2) 各驱动力因子对耕地利用系统安全的影响程度在地域空间上各自存在明显的分布特征,并且在空间上打破了原来的耕地利用分区,呈现出以地理空间为基础的空间分异规律。其中,土壤类型为由西南向东北逐渐减弱;地貌类型为由北向南逐渐减弱;土壤质地为中部高,南北低的空间分异规律;水土流失为中部和东北部高、西北部和南部低;政策法规对西北部和东南部作物产量大的地区影响较大;比值植被指数对各区均有不同程度的影响,在空间上呈现出分散不规则的特点;排涝能力为西北部和南部高、中部和东北部低;速效磷为中部低,南北高;人口密度仅对巴彦镇和兴隆镇影响最大,黑山镇影响最小,其余地域影响程度相近;高程呈现出由东北向西、南逐渐减弱的特点。

本文运用 Logistic 回归模型成功地提取了反映耕地利用系统安全的驱动力因子,采用单因子评价法确定了驱动力因子影响程度,利用 Kriging 空间插值法将驱动力因子对耕地利用系统安全的影响准确地量化到空间上。在研究方法上,本文突破了传统指标体系建立的研究模式,避免了研究带有主观性的弊端,研究得出的结论与实际基本相符,说明本文的研究方法具有科学性,研究成果对改善县域耕地生态环境、实现县域耕地持续利用和保障粮食安全具有重要的理论意义和实践应用价值。但是,耕地利用系统是一个极其复杂的系统,影响耕地利用系统安全的因子既有单一作用,又有相互作用,本研究是在假定其他因子不变的前提下,研究单一因子对耕地利用系统安全的影响程度和空间分异规律,因子相互间协同作用对耕地利用系统安全影响的空间分布规律将是下一步研究的重点。另外,一些难以量化的社会经济数据(如耕作方式、种植习惯等)对耕地利用系统安全也有重要的影响,仍然也需要考虑。

[参 考 文 献]

[1] Li Xiubin, Wang Xiuhong. Changes in agricultural land use in China: 1981—2000[J]. Asian Geographer, 2003, 22(1/2):27-42.

[2] 王成,魏朝富,袁敏,等. 不同地貌类型下景观格局对土地利用方式的响应[J]. 农业工程学报,2007,23(9):64-71.

[3] 葛翠萍,赵军,尹升,等. 典型黑土区地形因子对土地利用变化的影响[J]. 农业系统科学与综合研究,2009,25(1):69-73.

[4] 王宗明,刘殿伟,宋开山,等. 土壤类型对三江平原土地利用/覆被变化的影响[J]. 资源科学,2008,30(5):694-701.

[5] 赵庚星,李秀娟,李涛,等. 耕地不同利用方式下的土壤养分状况分析[J]. 农业工程学报,2005,21(10):55-58.

[6] 王卫,李秀彬. 中国耕地有机质含量变化对土地生产力影响的定量研究[J]. 地理科学,2002,22(1):22-28.

[7] 卜坤,张树文,闫业超,等. 三江平原不同流域水土流失变化特征分析[J]. 地理科学,2008,28(3):361-368.

[8] 邹健,龙花楼. 改革开放以来中国耕地利用与粮食生产安全格局变动研究[J]. 自然资源学报,2009,20(8):1366-1377.

[9] Yang Hong, Li Xiubin.. Cultivated land and food supply in China[J]. Land Use Policy, 2000,17(2):73-88.

[10] Liu Y S, Wang J Y, Long H. L. Analysis of arable land loss and its impact on rural sustainability in Southern Jiangsu Province of China[J]. Journal of Environmental Management, 2009,91(3):646-653.

[11] Shriar A J. Food security and land use deforestation in northern Guatemala[J]. Food Policy, 2002, 27(4): 395-414.

[12] Davy R J, Troccoli A. Continental-scale spatial optimisation of a solar irradiance monitoring network[J]. Solar Energy, 2014 (109):36-44.

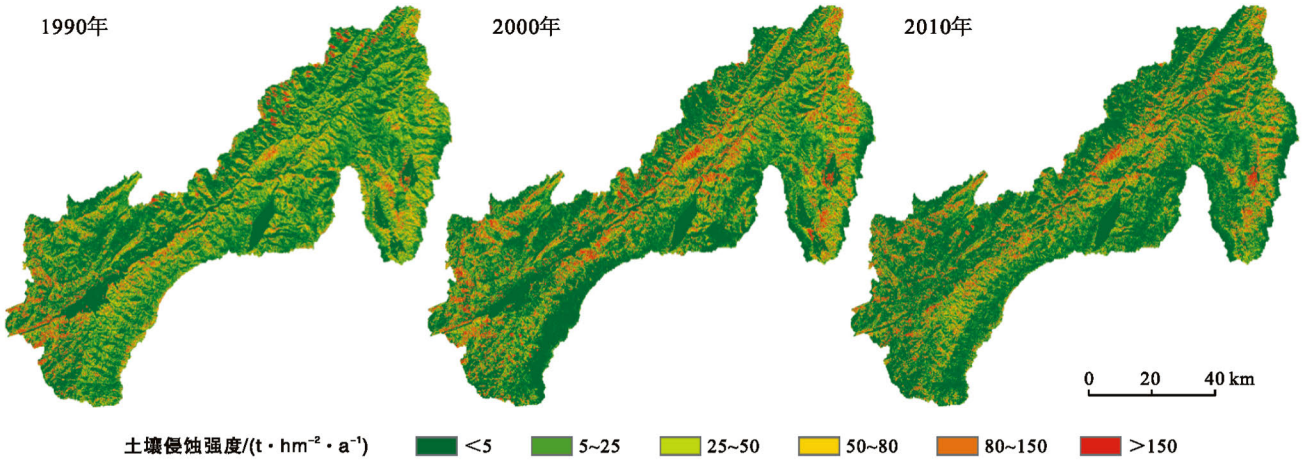
[13] 张晓平,梁爱珍,申艳,等. 东北黑土水土流失特点[J]. 地理科学,2006,26(6):687-692.

[14] 宋戈,王越,雷国平. 松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全影响因子作用机理研究:以黑龙江省巴彦县为例[J]. 自然资源学报,2014,29(1):13-26.

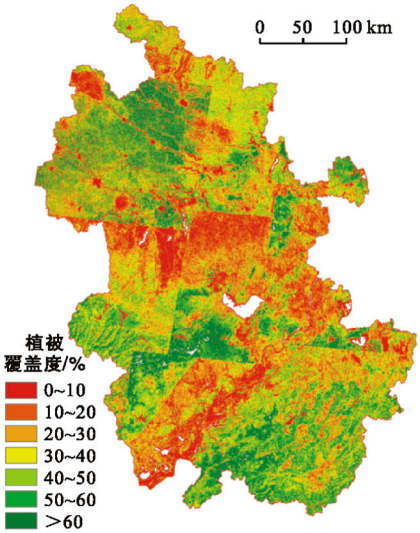
[15] 宋戈,李丹,王越,等. 松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全格局及其空间演变[J]. 农业工程学报,2014,30(4):212-221.

[16] 宋戈,王越,赵可,等. 东北区耕地利用系统安全格局模拟及其阈值的确定[J]. 地理研究,2015,34(3):555-566.

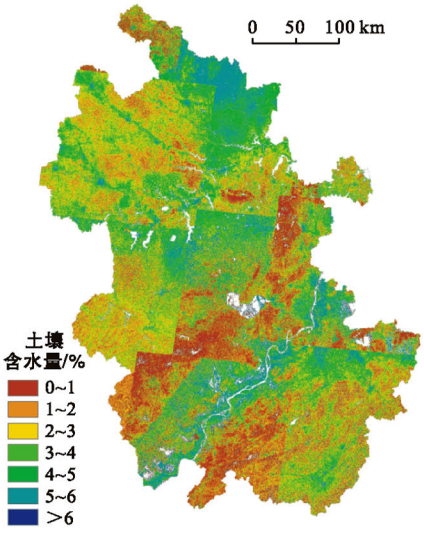
[17] 张良,吕斌. 城市机动化爆炸性增长的 Logistic 模型分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(5):31-35.



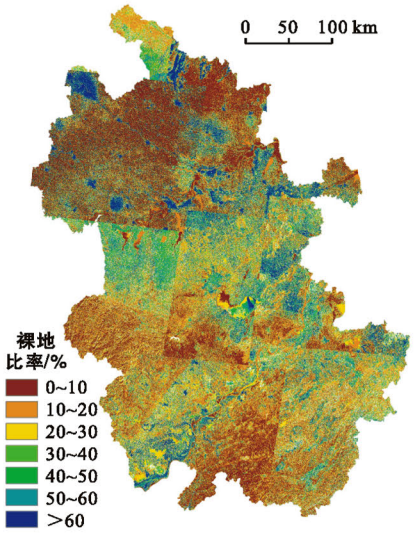
附图5 南汀河流域土壤侵蚀强度(337页)



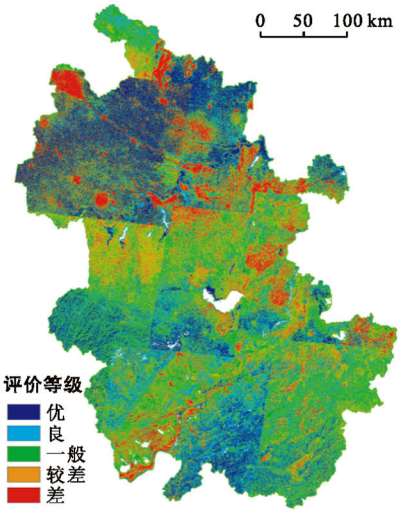
附图6 利用NDVI和像元二分模型提取的安徽省植被覆盖度(343页)



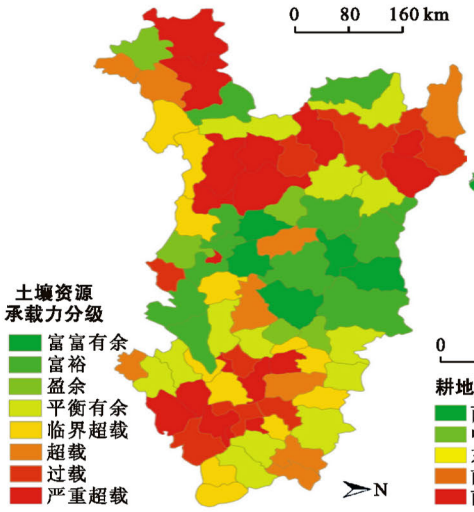
附图7 用热惯量法反演的安徽省土壤含水量(343页)



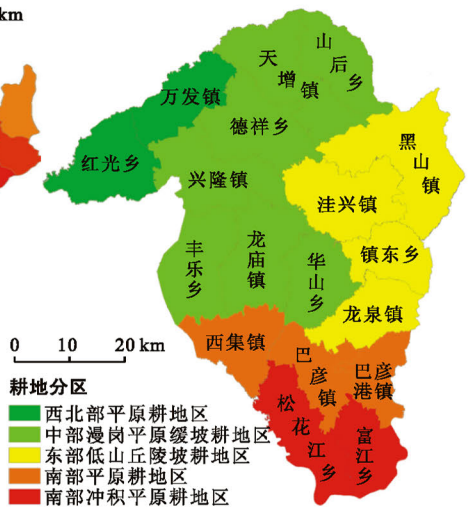
附图8 利用线性光谱混合像元分解提取的安徽省裸地比率(344页)



附图9 安徽省生态质量评价结果(344页)



附图10 2012年湖北省分县土地资源承载力空间格局(348页)



附图11 黑龙江省巴彦县耕地利用分区(353页)