

吉林西部开垦初期的 LUCC 类型空间分布重建——基于 GEOMOD 模型

吕妍¹, 张树文^{2,3}, 杨久春² (1. 国家测绘地理信息局第二地形测量队, 陕西西安 710054; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林长春 130012; 3. 吉林大学地球科学学院, 吉林长春 130061)

摘要 百年尺度上的土地利用/覆被变化研究是全球土地系统变化和土地利用变化研究的主要内容, 开垦初期的 LUCC 研究也必不可少, 但其数据来源较少, 获取困难。该研究依据土壤类型、坡度、20 世纪 30 年代的人口数量以及距居民点距离对耕地分布的驱动影响, 在 GEOMOD 模型中输入 20 世纪 30 年代的耕地数量、20 世纪 50 年代的耕地与非耕地空间分布图, 从而模拟出 20 世纪 30 年代的耕地与非耕地空间分布图, 同时也生成了一个耕地分布的适宜性图。该方法重建了当时的耕地空间分布, 其重建结果比较理想, 具有一定的参考意义。

关键词 开垦初期; GEOMOD 模型; 重建; 土地利用/覆被

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)13-304-05

Reconstruct the Spatial Distribution of Land Use/Land Cover in the Early Reclaimed Time of the Western Jilin Province—Based on the GEOMOD model

LV Yan¹, ZHANG Shu-wen^{2,3}, YANG Jiu-chun² (1. The Second Topographic Survey Team of the National Mapping Geographic Information Bureau, Xi'an, Shaanxi 710054; 2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, CAS, Changchun, Jilin 130012; 3. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun, Jilin 130061)

Abstract Centennial-scale land use and land cover change research is the main content of the global land system change and land use change research, the land use and land cover change research in the early reclaimed time is essential, but the data sources is fewer, and access to difficult. Based on the impact of soil type, slope, population in the 1930s' and the distance from the settlements on arable land, we enter the amount of cultivated land in the 1930s', arable land and non-arable land space maps in the 1950s' into GEOMOD model, and simulate a 1930s' arable land and non-cultivated land space maps, but also generates an arable land distribution suitability map. The model reconstructs arable land spatial distribution, the reconstruction results are ideal, so this model has a certain reference significance for other studies.

Key words The early reclaimed time; GEOMOD model; Reconstruction; Land use/land cover

土地变化科学是全球环境变化和可持续发展研究的基本组成部分, 而土地利用/土地覆被变化(LUCC)和人与环境系统的动态耦合关系, 作为土地变化科学的主要研究内容, 是目前全球变化研究的核心内容之一。历史时期的土地利用/覆被变化作为 LUCC 和 GLP 的重要组成部分, 是许多科学计划的研究对象。目前在全球变化研究全面开展阶段, 基于遥感等技术手段的当代土地利用与土地覆被变化监测及研究已经取得了巨大进展, 但是开垦初期的研究很少, 主要是因为数据来源较少, 获取困难。开垦初期的人类活动受当时的生产技术和政策制约, 其土地利用/覆被变化有着自身的规律和空间变化特点。而且, 土地利用/覆被变化对全球变化的影响有着其累积作用, 对各个时期的研究都是必须且非常重要的。而由于技术方法的限制, 开垦初期的 LUCC 研究目前还是比较少的, 所以探讨开垦初期的研究方法不仅能够解释区域内的土地利用/覆被变化, 对于其他区域的研究也有着重要的借鉴意义。

东北地区是我国重要粮食生产基地、重要畜牧业基地、重要工业生产基地、重要资源基地, 也是对东北亚开放的窗口, 吉林省作为重要的组成部分, 其粮食生产与生态安全之间的权衡关系关系到东北地区乃至全国的粮食安全与生态安全。吉林省西部是中国北方农牧交错带的典型区域, 属于半干旱温带大陆性季风气候, 具有高度的环境敏感性和生态脆弱性^[1]。由于植被、地貌、土壤、气候、水文等自然条件和

土地利用方面带有明显的过渡特征, 因此, 该区生态系统对人类的生产活动异常敏感。笔者主要利用 GEOMOD 模型来研究吉林西部开垦初期的土地利用/覆被类型的重建, 重建了开垦进程中耕地与非耕地两种土地覆被类型的空间分布, 对于识别土地利用类型变化带来的生态环境影响有重要作用, 对于合理指导和安排土地生态恢复和建设具有重大的现实意义。

1 研究区概况

研究区为吉林省西部的白城市和松原市, 包括白城市区、镇赉县、扶余县、前郭尔罗斯蒙古族自治县、洮安县、大安县、长岭县、乾安县及通榆县, 而 20 世纪 80 年代时这 2 个市所辖范围统称为白城地区, 研究区位置示意图 1。

白城地区位于吉林省西北部, 松嫩平原西部, 科尔沁草原东部。东、东南与长春市的榆树、德惠、农安 3 县接壤; 南与四平市的双辽、怀德两县毗邻; 西、西北与内蒙古自治区的科尔沁左翼中旗、科尔沁右翼中旗、突泉县、科尔沁右、翼前旗相连; 北、东北与黑龙江省泰来县、杜尔伯特旗、肇源县、双城县隔江相望。幅员面积 47 011 km²。辖 1 市、8 县(其中有 1 个蒙古族自治县), 213 个乡(镇), 9 个街道办事处, 2 026 个村民委员会, 6 177 个自然屯。据《白城地区志》记载, 至 1985 年末, 白城地区有 909 431 户, 4 002 547 人, 其中, 农业人口 3 009 742 人, 非农业人口 992 805 人, 分别占全区人口的 75.2% 和 24.8%。

全区地势走向为西北高, 中间低, 东南略有起伏。全区属中温带大陆性季风气候, 春季干燥多风, 夏季温热多雨, 秋季凉爽, 冬季寒冷而少雪。温差大, 光、热较充足。白城地区



图1 研究区在中国东北部的地理位置

素以幅员广阔著称,全区人均占有土地 1.175 hm^2 ,是吉林省人均占有土地的1.37倍,是全国人均占有土地的1.3倍。白城地区是以粮豆生产为主的农业地区,农作物主要有旱种玉米、葵花、谷子、蓖麻、高粱、小麦、甜菜等。全区草场位于科尔沁大草原的东部,是全国天然羊草草场分布的中心。境内水域宽广,有发展渔业生产的自然优势。松花江、第二松花江、嫩江、洮儿河、拉林河等江河流经境内,水库、塘坝、泡沼星罗棋布。

2 模型介绍

2.1 GEOMOD 模型原理 GEOMOD 是一种模拟土地利用类型由一种向另一种转变的模型(如耕地转化为非耕地)。为了实现这一目标,GEOMOD 模型需要的初始数据包括模拟开始和结束的时间点的相关信息、2种类别的初始状态图层、发生土地利用变化的地表区域、土地利用变化的驱动因素以及一幅成层的地图。成层的地图可以允许将研究区划分为多个区域。每一个区域只允许一种转换方向。GEOMOD 包含了表层覆被的可能的转换的机会,通过一种简单的深入,从而介入在开始时间发生土地利用变化的临近区域。GEOMOD 的设计是用来预测土地覆被变化的位置,而并不是变化的区域的数量。

2.2 GEOMOD 模型所需数据 该研究运用 IDRISI 软件中的 GEOMOD 模型,因为该模型主要模拟 2 种类型之间的转换,根据需要,主要研究耕地以及非耕地之间的转换。这是因为 20 世纪 30 年代在研究区内所发生的主要人类活动是开垦,主要土地利用覆被类型变化是人类将荒地、草地等类型开垦为可用于种植农作物的耕地。

利用 GEOMOD 模型重建 20 世纪 30 年代土地利用覆被类型即重建当时的耕地与非耕地分布。需要准备的数据有:①20 世纪 50 年代的土地利用覆被类型图,将其合并为只有耕地和非耕地 2 种类型的分布图;②20 世纪 30 年代的耕地面积,从历史统计资料中可以提取;③影响耕地和非耕地之间转换的驱动因素——选择几个主要的影响因子,并对每个影响因子进行量化并分级,依据每个因子的影响权重,将所

有图形进行加权可以生成适宜性图。

GEOMOD 模型中输入的数据需要是栅格格式,由于该研究所用的 DEM 数据精度最高,栅格大小为 $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$,所以将其他数据也都转换成 $90 \text{ m} \times 90 \text{ m}$ 大小的栅格数据,统一大小以便于模型计算。

2.3 适宜性图的生成原理 GEOMOD 模型中最重要的步骤是通过利用几个属性地图和一个土地利用地图创建了“适宜性”经验地图。而适宜性图的准确与否取决于这几个属性地图,这就需要选择合适的驱动力并将其定量化,生成驱动力图。选取的驱动力则对要模拟的土地利用类型影响明显,并且易被量化,一般都包含自然因素和社会经济因素。将每个驱动力量化生成驱动力图后,再根据其模拟的土地利用类型的影响大小,进行加权汇总,生成该种土地利用类型的适宜性图。

3 数据处理

3.1 GEOMOD 重建模型中驱动因素的选取 土地系统是自然—人文综合体。土地利用不仅受到自然因素的影响,而且受社会经济因素的综合作用。自然因素在大环境背景上控制着土地利用/覆被变化,而社会经济因素则是在较短时间尺度上影响土地利用/覆被变化的主要外部驱动力^[2]。历史时期的土地利用/覆被变化大都是人类通过土地利用活动造成的。因此,分析社会经济因素对土地利用/覆被变化的作用应放在重要位置。所以该研究选取的驱动因素前两者为自然因素,后两者为社会经济因素。

3.1.1 土壤类型。耕地分布及其变化受气候、地形、土壤等各种自然因素和社会经济因素的影响,短期的耕地变化是驱动因素中的社会经济因素起决定性作用^[3],但长期的耕地分布及其变化受自然环境背景因素制约,土壤(包括地表特征)是对耕地质量的影响最为显著的驱动因素之一。在许多特定情况下,如在区域范围内,气候条件变化微小,农田基础设施条件一样的条件下,土壤会成为影响耕地分布的唯一因素^[4]。因此,研究耕地分布及其变化与土壤类型的空间关系,有利于掌握耕地开发及其变化规律。所以,该研究将土壤类型作为耕地的转变的一个主要驱动力。

上述分析表明,耕地的开垦与土壤类型有着重要的关系。一般在正常情况下,适宜耕种的质量好的土地首先被开垦,肥沃土地开垦完后进一步开垦质量差不适宜耕种的土地。事实上,并非是首先将一等地完全开发完后,再开发次一等的土地,其原因主要是,有些土质较好的地区,人类进入较晚,还有一部分是公有制土地,限制个人开发。

土壤类型作为 GEOMOD 模型中所要利用的主要驱动力,首先要将土壤类型分布图转换成模型可用的图像,即用数字类型代替土壤类型生成新的土壤类型图,例如,用 1 代替黑钙土,2 代替草甸土,以此类推,用 1~16 表示每种土壤类型,生成的新土壤分类图可以直接输入模型中,用于生成适宜性图及模拟耕地的变化(表 1)。

由图 2 和表 1 可以看出,研究区内的主要土壤类型为黑钙土、草甸土、风沙土、碱土、暗栗钙土、冲积土等。

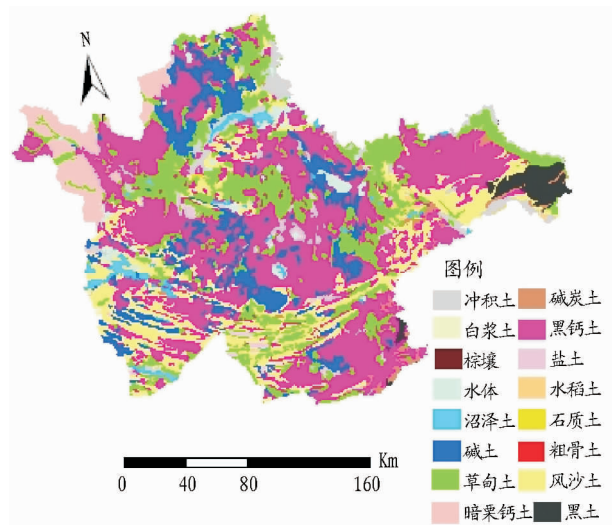


图2 研究区土壤类型分布

表1 研究区内的土壤类型面积汇总表

代号	土壤类型	总面积
1	黑钙土	1 844 063.57
2	草甸土	877 588.63
3	风沙土	717 898.76
4	碱土	477 705.48
5	暗栗钙土	208 139.50
6	冲积土	162 437.32
7	黑土	94 180.76
8	沼泽土	83 884.18
9	盐土	73 821.51
10	水体	68 607.09
11	泥炭土	63 289.25
12	水稻土	14 383.71
13	石质土	2 184.00
14	白浆土	869.44
15	棕壤	509.20
16	粗骨土	176.13

3.1.2 坡度。理论上来说,人们开垦土地应该遵循先开垦土壤肥力好的土地,而一般不完全符合这个结论。这是因为早期人们开垦土地主观选择性较大,并且受技术水平影响,是以开垦难易程度来选择的,所以,多是以地势平坦与否作为决定因素。

现实中,耕地在低平原区分布面积最多,其次为平原和台地区。海拔高度 500 m 以下,耕地随海拔高度的升高而呈增长趋势。人类活动受海拔高程的影响明显,人类对土地资源的开发利用主要集中在平原和低平原上。该研究区地势较平坦,海拔最高为 649 m,其中 90% 以上地区的海拔在 500 m 以下,所以该研究区内耕地被开垦的几率极大。

不同的地面坡度直接影响农林牧用地的分布、水土流失状况、农田基本建设的难易。一般情况下,坡度小于 3°时,最适宜作为耕地;坡度 3~7°时,可作为农耕地,但要注意水土保持;坡度 7~15°属于尚可耕种的坡度;坡度 15°以上水土流失比较普遍,农耕地必须采取水土保持措施,一般认为是坡地开垦的限制坡度,更适于林业和草业的发展。从图 3 可以

看出,研究区内地面坡度大多数小于 3°,而多数更是小于 0.5°,均为适宜耕作的地区,只有极少数台地地区的坡度较大,不适宜耕种。由于研究区内地面坡度较小,所以分级较细,参考上述原则,坡度分类如下所示:类型 1 = (0°, 0.5°), 类型 2 = (0.5°, 1°), 类型 3 = (1°, 3°), 类型 4 = (3°, 7°), 类型 5 = (7°, 15°), 类型 6 为大于 15°。

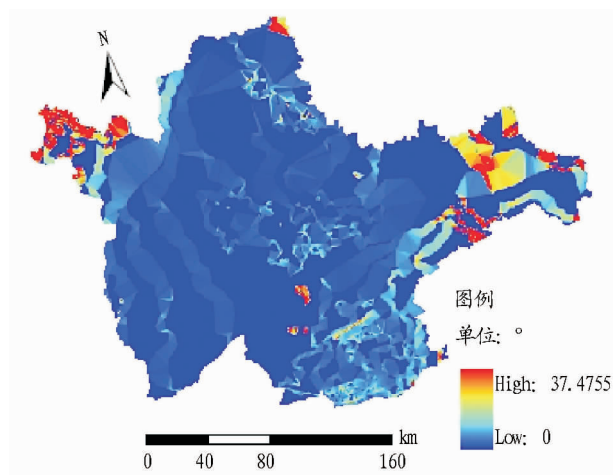


图3 研究区的坡度信息

3.1.3 距居民点距离。由于 20 世纪 30 年代的技术水平有限,人们采用较原始的方法进行耕作,所以,人们对荒地的开垦利用都以就近为原则,而居民点是人们生活的最主要场所,为了方便生活及劳作,一般都会选择距离居民点较近的地方开垦耕地,所以距居民点距离对耕地的变化有着重要的作用。依据 20 世纪 30 年代地形图提取出的土地利用/覆被类型图中也包含了城镇居民点及农村居民点,将所有居民点都选择出来,利用 ArcGIS 中的“Euclidean Distance”工具生成图表示距居民点距离,如图 4 所示。

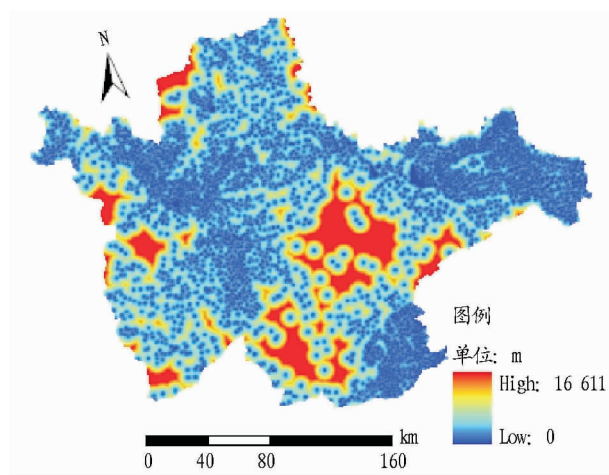


图4 研究区的距离居民点距离图示

3.1.4 人口数据。人口作为一个独特的因素,对土地利用/覆被变化的影响,是人类社会经济因素中最积极、最活跃的因素,也是土地利用/覆被变化的驱动力之一^[5]。人口增长是耕地扩大的主要因素之一,随着人口的增长以及人们生活水平的提高,人们对农产品的需求数量也日益增加,致使耕地面积不断扩大。从民国二十年(1932年)的《东北年鉴》中

可以提取当时东北地区各个县的人口数据,但是从 20 世纪 30 年代到现在部分县市经历了行政变更,根据《白城地区县志》等历史资料中的行政变更描述,经过汇总,可以得出 20 世纪 30 年代白城地区各个县市的人口数据,如表 2 所示。在 ArcGIS9.3 软件中,对各个县市的人口数据进行空间化,再进行重分类,生成研究区内的人口空间化分类图,从而用于重建模型。

表 2 从《东北年鉴》中提取的 20 世纪 30 年代人口数据 人

序号	行政县(市)	人口总计
1	白城市	74 653
2	镇赉县	3 9143
3	扶余县	393 876
4	大安县	86 062
5	乾安县	37 975
6	洮安县	132 939
7	通榆县	60 559
8	长岭县	147 782
9	前郭县	30 589

国家制定的各种政策、制度以及法规对约束人们的行为和促进区域经济的增长和发展起着至关重要的作用,尤其是与土地资源开发、利用相关的各种政策、制度、法规,对区域土地利用/覆被变化产生了巨大的影响^[6]。1906 年左右,东北地区全面解禁,所以 20 世纪 30 年代白城地区最重要的政策影响就是“开禁”,但是一方面政策、制度、法规对土地利用/覆被变化的影响很难量化的表示,另一方面,开禁带来的影响已经由人口的增加导致开垦的增加表示出来了,所以该研究未选择政策制度作为一个单独的驱动因素。

3.2 数据源及预处理

3.2.1 20 世纪 50 年代的土地利用/覆被空间分布。20 世纪 50 年代的土地利用/覆被类型空间分布数据是中国科学院东北地理与农业生态研究所土地遥感学科组已经研究取得的成果,在这里直接用作本文的数据源。如图 5 所示为研究区内土地利用/覆被类型空间分布,其中面积较大的类型有旱地、草地、沼泽地、盐碱地、湖泊等(表 3)。

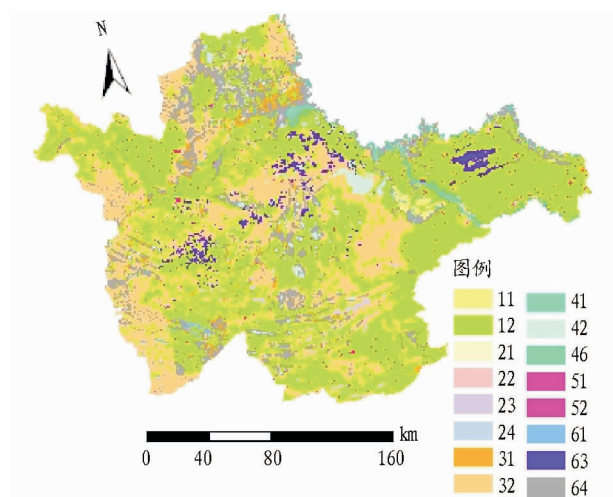


图 5 研究区 20 世纪 50 年代土地利用/覆被空间分布

在 GEOMOD 模型中为了重建 20 世纪 30 年代的土地利用/覆被类型空间分布,必须以已有的土地利用/覆被类型空间分布数据为依据,在各种自然和社会经济因素的驱动下进行模拟。而 20 世纪 50 年代的土地利用/覆被数据作为重建模型的输入,必须符合模型的格式要求。所以,首先要将 20 世纪 50 年代的土地利用/覆被类型空间分布图中的类型汇总成只有耕地和非耕地两种类型,其中水田和旱地归为耕地,其余类型均为非耕地;然后将其重分类结果转换成 90 m × 90 m 的栅格数据备用。

表 3 研究区 1950 年代土地利用/覆被类型面积汇总

土地利用类 型编码	土地利用/ 覆被类型	总面积 hm ²	面积所占 比例//%
11	水田	26 318.79	0.561
12	旱地	2 415 728.05	51.511
21	有林地	1 165.20	0.025
22	灌木林地	4 233.71	0.090
23	疏林地	29 424.56	0.627
24	迹地	356.00	0.008
31	高覆盖度草地	67 416.60	1.438
32	中覆盖度草地	1 216 673.35	25.943
41	河流	45 922.04	0.979
42	湖泊	97 910.36	2.088
46	滩地	12 618.27	0.269
51	城镇用地	4 693.71	0.100
52	农村居民点	35 848.18	0.764
61	沙地	13 800.11	0.294
63	盐碱地	96 664.84	2.061
64	沼泽地	620 964.43	13.241

3.2.2 20 世纪 30 年代的耕地数据。从民国二十年(1932 年)的《东北年鉴》中可以提取当时东北地区各个县的耕地面积,但是从 20 世纪 30 年代到现在部分县市经历了行政变更,根据《白城地区县志》等历史资料中的行政变更描述,经过汇总,可以得出 20 世纪 30 年代白城地区各个县市的耕地面积数据,如表 4 所示。因为 GEOMOD 模型中使用的数据均为栅格格式,所以输入模型的耕地面积也要表示为栅格的个数,所以按照每个栅格为 90m × 90m 的大小,计算出每个县市的耕地栅格个数,然后将该数字输入模型中进行模拟。

表 4 从《东北年鉴》中提取的 20 世纪 30 年代耕地面积数据

行政县(市)	总面积//m ²	耕地栅格个数//个
白城市	673 336 700	83 128
镇赉县	600 003 000	74 074
扶余县	2 150 185 418	265 455
大安县	2 133 618 001	263 410
乾安县	465 848 996	57 512
洮安县	4 166 687 500	514 406
通榆县	732 151 661	90 389
长岭县	2 953 414 767	364 619
前郭县	366 916 501	45 298

4 模型应用

4.1 利用 GEOMOD 模型重建 该研究选取的驱动力主要有土壤类型、坡度、距居民点距离和人口数据。每种驱动力

因素都对耕地的分布有着重要的影响,通过对各因素和耕地的相关性分析,最终对各因素的权重赋值分别为:土壤类型为 0.3、坡度为 0.2、距居民点距离为 0.3,人口数据为 0.2。

在 GEOMOD 模型中输入 20 世纪 50 年代的耕地与非

耕地分布图、耕地分布的驱动力影响因素及其权重、20 世纪 30 年代的耕地数据进行模拟,最终的结果不仅生成了 20 世纪 30 年代的耕地与非耕地分布图,还生成了一个中间数据——即根据各因素及其权重形成的耕地分布适宜性结果(图 6)。

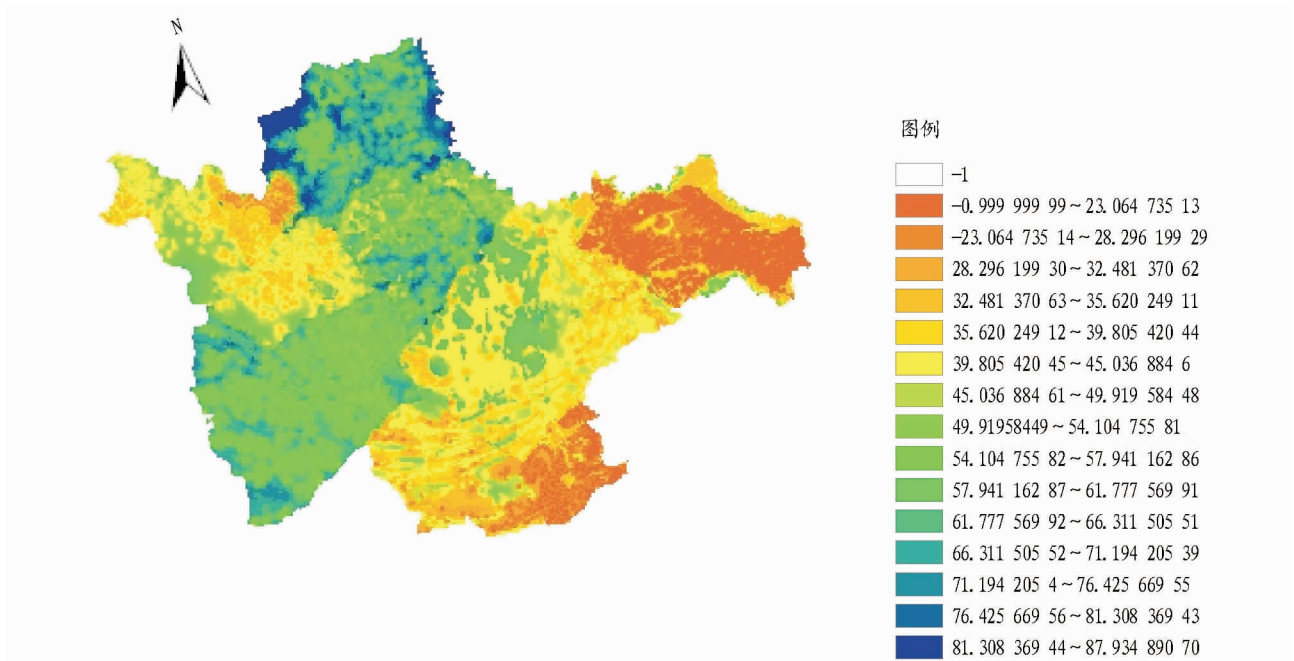


图 6 GEOMOD 模型中根据各驱动因素加权生成的适宜性分布

4.2 GEOMOD 模型重建结果分析 依据各种驱动力因素的影响,GEOMOD 模型重建的研究区内 20 世纪 30 年代的耕地与非耕地空间分布如图 7 所示。该图是从《东北年鉴》上获取的 20 世纪 30 年代各县市耕地数据空间化的结果。所以该研究不仅依据历史资料获取了 20 世纪 30 年代的耕地数量,还利用模型重建了当时的耕地空间分布。

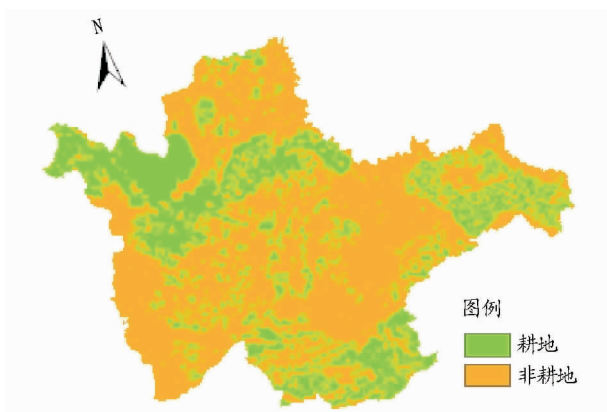


图 7 GEOMOD 模型模拟的研究区内 20 世纪 30 年代耕地与非耕地空间分布

适宜性图表示了这几种影响因素对耕地分布的综合影响效果。其中数字大的地方表示耕地和非耕地之间的转换较少,数字小的地方表示的耕地和非耕地之间的转换较多,意思就是数字小的地方表示 20 世纪 30 年代的非耕地可能

性较多地增加为 20 世纪 50 年代的耕地,数值较大的地方其由非耕地增加为耕地的概率较小。

5 结论

依据土壤类型、坡度、20 世纪 30 年代的人口数量以及距居民点距离对耕地分布的驱动影响,在 GEOMOD 模型中输入 20 世纪 30 年代的耕地数量、20 世纪 50 年代的耕地与非耕地空间分布图,可以模拟出 20 世纪 30 年代的耕地与非耕地空间分布图,同时也生成了一个耕地分布的适宜性图。适宜性图表示了这几种影响因素对耕地分布的综合影响效果,数值小的地方表示 20 世纪 30 年代的非耕地可能性较多地增加为 20 世纪 50 年代的耕地,数值较大的地方其由非耕地增加为耕地的概率较小。该重建方法不仅重建了 20 世纪 30 年代的耕地数量,还重建了当时的耕地空间分布,其重建结果比较理想,具有一定的参考意义。

参考文献

- [1] 李海毅. 3S 技术支持下的吉林省土地退化动态研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [2] 白淑英, 张树文, 张养贞. 耕地分布及其扩张过程与土壤类型空间相关分析[J]. 土壤通报, 2005, 36(5): 652-654.
- [3] 摆万奇, 赵土洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学, 2001, 23(3): 39-41.
- [4] 张凤荣. 耕地分等中的土壤质量指标体系与分等方法[J]. 资源科学, 2002, 24(3): 71-75.
- [5] 黄方, 湘南, 王平, 等. 松嫩平原西部地区土地利用/覆被变化的驱动力分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 14-17.
- [6] 张秋玲, 马金辉, 赵传燕. 基于 GIS 和 RS 技术评价兰州市土地利用状况及变化过程[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(1): 96-100.