

吉林省辽河流域土地利用对气候变化的响应研究

李昭阳, 李雪, 汤洁, 刘畅, 王筱娇

(吉林大学 环境与资源学院, 长春 130012)

摘要:综合运用遥感技术、GIS 空间分析技术,在获取吉林省辽河流域 1989—2012 年土地利用/土地覆被变化 (LUCC)数据及 1962—2012 年气候数据的基础上,分析了流域气候和土地利用的时空变化特征,并运用 SPSS 软件的 Spearman 秩相关分析,研究土地利用对气候变化的响应规律。结果表明:研究区土地利用类型以耕地和林地为主,湿地、水域萎缩、草地退化已成为生态环境恶化的主要表现;近 50 a 来气温呈显著增加趋势,降水量无明显变化;与土地利用变化数据的同期研究时段(1989—2012 年)内气温呈下降趋势,其空间分布呈现由西南向东北逐渐降低,降水量呈增加趋势,在空间分布上由东南向西北逐渐减少,表明区域干暖化趋势有所改善;研究区不同土地利用类型对气候变化的响应有显著差异,其中,水田、水域和草地的面积变化受降水量的累积滞后效应显著,而与气温相关性较小。

关键词:土地利用/土地覆被变化;气候变化;Kriging 插值;秩相关分析;吉林省辽河流域

中图分类号:P467

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2014)06-0104-07

Study on the Response of Land Use/Land Cover to Climate Change in Liao River Basin of Jilin Province

LI Zhao-yang, LI Xue, TANG Jie, LIU Chang, WANG Xiao-jiao

(College of Environment and Resources, Jilin University, Changchun 130012, China)

Abstract: Utilizing the remote sensing technology and GIS spatial analysis technology, we analyzed the spatio-temporal changes in climate and land uses in Liao River Basin of Jilin Province. Synthesizing the data on land use and land cover change (LUCC) through 1989—2012 and climatic data of 1962—2012, we revealed the response of land use change to climate change with the Spearman rank correlation analysis. The results indicated that the cultivated land and the woodland were the dominant land use types in the study area. The reductions of wetland, water area and the grassland degradation were occurring in this area. In recent five decades, mean annual temperature (MAT) increased significantly while mean annual precipitation (MAP) changed slightly. Through 1989—2012, MAT tended to decrease but MAP tended to rise. MAT decreased from the southwest to the northeast and MAP increased from southeast to northwest, which illustrated that the drier and warmer trend had improved in this area. The determinants of the response of land use types to climate change differentiated in different land use types. The spatial distribution of paddy field, water area and grassland presented a hysteresis response to MAP and showed a little response to MAT variation.

Key words: land use and land cover change; climate change; Kriging interpolation; rank correlation analysis; Liao River Basin of Jilin Province

土地利用变化既是人类活动与气候变化相互作用的结果,也是可持续发展中的重要因素和人类对全球变化反馈的重要表现形式^[1]。土地利用变化与气候变化之间的关系非常复杂^[2]。大部分学者认为 LUCC 是人类活动影响气候环境的一种重要方式,土

地利用类型发生改变将影响到气候变化^[3-4]。目前,大量的研究确定了 LUCC 对气候变化的影响^[5-9],LUCC 主要通过生物地球化学过程和生物物理过程影响地表能量收支以及降水在土壤水、蒸散发和径流间的分配,从而对区域气候尤其是降水和温度产生影

响。气候变化对 LUCC 的影响,大部分研究集中在分析气候变化对土地覆被的影响^[10-14],暖干化和降水量等是影响植被覆盖的重要原因,但直接分析气候变化对土地利用变化影响的相关研究较少。

辽河流域分属于辽宁、内蒙古和吉林三省,本文以吉林省境内辽河流域作为研究区。该区是我国重要的农业种植和牧业养殖区。由于受到自然因素和人为因素的共同影响,研究区土地利用变化剧烈、极端天气事件频发,使农业生产的不稳定性增加。因此,分析研究区气候和土地利用状况的时空变化特征,研究土地利用变化对气候变化的响应规律,有助于掌握气候变化对区域土地利用变化的影响程度,并采取适当的措施应对气候变化的影响,保障粮食安全,维护区域生态安全。

1 研究区概况

吉林省辽河流域位于松辽平原中部,地理坐标为东经 123°18′—125°36′,北纬 42°36′—44°10′,总面积 1.57 万 km²,是吉林省重要的粮食生产和畜牧养殖基地。农业生产和食品、粮食加工是该流域的重点支柱产业之一。

研究区属东部中温带大陆性季风气候,四季分明,冬季严寒干燥,夏季温暖湿润。该区位于干旱、半干旱区,多年平均蒸发量为 800~1 020 mm,高温主要集中在 7—8 月,降雨多集中在 5—9 月份。近年来,由于不合理的开发利用水、土、生物资源,加上受全球干暖化气候的影响,研究区洪涝、干旱等灾害事件频发,造成巨大的社会经济损失,与此同时,生态环境恶化趋势显著,水域萎缩、湿地减少、土地退化等问题日益严重,已成为制约区内农业经济持续发展的主要障碍因子。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本研究中土地利用/土地覆被变化数据采用 Landsat TM/ETM 卫星遥感影像解译获取,数据时段包括 1989 年 10 月、1996 年 9 月、2000 年 6 月、2008 年 7 月和 2012 年 9 月,共计 15 景影像,图像空间分辨率为 30 m×30 m,云覆盖度小于 5%。数字高程模型(DEM)数据来源于国家科学数据服务平台,分辨率为 30 m。气象数据来源为中国气象科学数据共享服务网,本文选取 1962—2012 年吉林省辽河流域内部及周边共 22 个气象站点^[15]的逐日平均气温、逐日平均降水量、逐月降水距平百分率和逐月平均气温距平等气象数据。

2.2 数据处理

对 Landsat TM/ETM 卫星遥感影像进行去条带、几何校正、坐标转换、图像增强等预处理^[16],取 5, 4, 3 波段合成假彩色图像。在 ERDAS IMAGINE 软件中采用非监督分类的方式对图像进行自动分类,利用 ArcGIS 软件进行人机交互解译,将土地利用类型划分为 10 种,即水田、旱田、林地、草地、水域、滩地、居民用地、沙地、盐碱地和湿地,最终获得研究区 LUCC 空间分布图。

对气象站点逐日和逐月气象资料进行计算得到年均降水量、年平均气温、年平均降水距平百分率和年平均气温距平,并对年平均气温和年均降水量进行趋势分析。基于 ArcGIS 10.0 软件平台对流域内和周边 22 个气象站 1989—2012 年的气温和降水数据进行 Kriging 插值,得到研究区多年平均气温和降水量的空间分布图。

秩相关是一种非参数统计方法,适用于资料不是正态双变量或总体分布未知;数据一端或两端有不确定值的资料或等级资料,Spearman 秩相关分析是利用定序或定距尺度变量转化的“秩”,分析两个变量中至少有一个为定序变量的相关关系。已经通过实例用相关系数证明 Spearman 秩相关系数计算出来的结果是可靠的^[17]。计算公式如下:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

式中: r_s ——Spearman 秩相关系数; d_i ——Y 变量的第 i 个观测值 y_i 的秩和 X 变量的第 i 个观测值 x_i 的秩的差值; n ——样本容量。 r_s 的计算及其显著性检验均可在 SPSS 中自动实现。

由于土地利用数据为非连续数据,且 Spearman 秩相关分析对原始变量的分布不做要求,故选用 Spearman 秩相关分析来研究土地利用变化与气候变化的相关性。土地利用对温度和降水量的响应存在累积滞后效应,故保持土地利用数据不变,与前 n 年温度和降水量的平均值做相关分析,采用以下公式进行计算^[18]:

$$R = \max\{R_0, R_{0-1}, R_{0-2}, \dots, R_{0-n}\}$$

式中: R ——累积滞后相关系数; R_{0-n} ——当年 LUCC 与前 n 年的累积温度和降水量之间的相关系数。若 $R = R_{0-n}$,则累积滞后期为 n 年, $n = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6$ 。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化特征

在土地利用解译的基础上,获取 1989—2012 年

五期土地利用图(附图 4—6),在 ArcGIS 软件中对各地类面积进行分类汇总,结果见图 1。在 20 余年间,吉林省辽河流域土地利用状况发生显著变化。

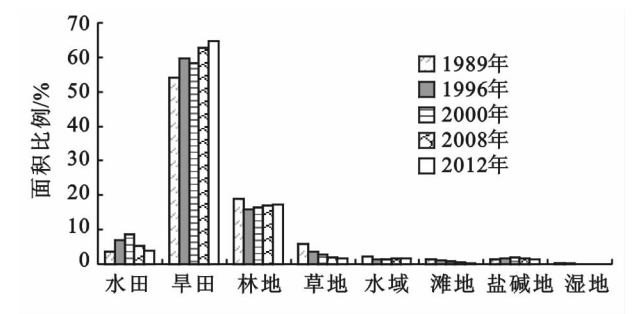
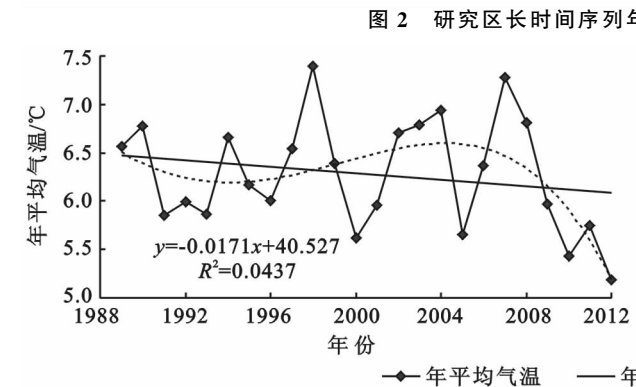
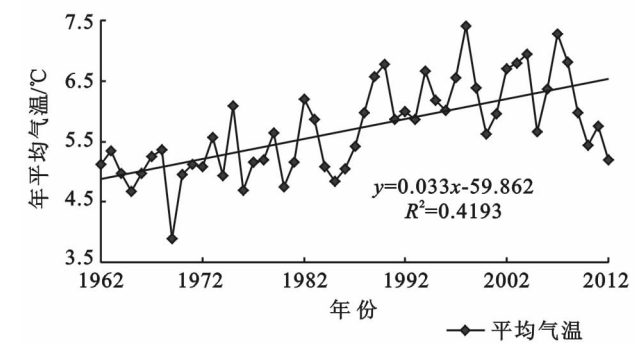


图 1 研究区五期土地利用面积变化对比

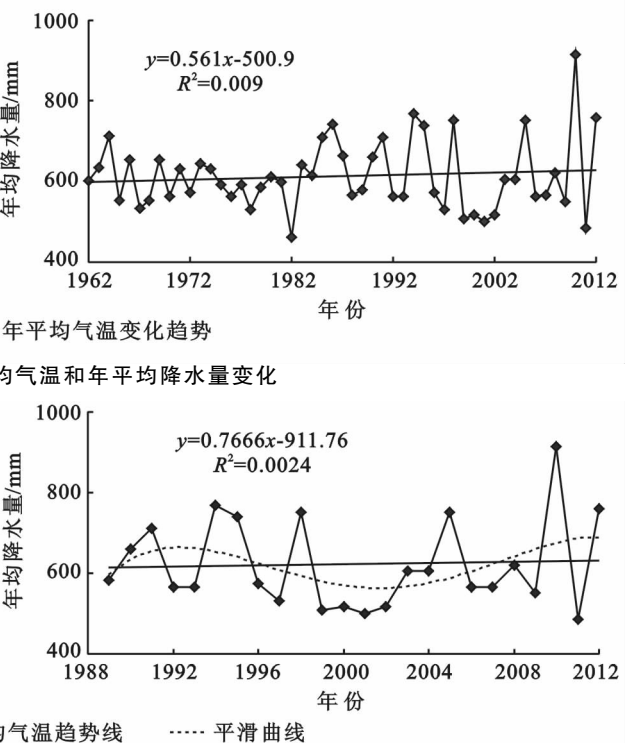
从图 1 可以看出,研究区 1989—2012 年旱田呈增长趋势,草地、滩地和湿地面积不断减少,水田和盐碱地在 2000 年达到峰值,林地在 1989 年面积最大,之后的四个时期林地面积有所增加。耕地和林地是研究区土地利用变化的核心类型,旱田面积基数大,占总土地面积的 54% 以上,年均增长率为 0.78%,水田面积比由 1989 年的 3.67% 增长到 2012 年的 5.39%,年增长率为 0.23%。林地面积在 23 a 间减少了 276.41 km²,但近年来的退耕还林、人工造林等措施使得森林覆盖率有所上升。草地、水域、滩地和湿地均有不同程度的减少,年均减少率分别为 5.62%,1.31%,5.73% 和 7.53%。1989—2012 年盐碱地增加了 25.84 km²,但自 2000 年以来呈逐渐减



少趋势。

3.2 气候变化特征

3.2.1 气候要素年均变化特点 由研究区长时间序列年平均气温和年均降水量变化可知(图 2),50 a 间气温呈波动上升趋势,增加速率为 0.33℃/10 a,呈变暖趋势;降水量变化幅度较小,总体呈上升趋势,上升速率为 5.61 mm/10 a。为分析气候变化对土地利用变化的影响,故主要研究 1989—2012 年的气候变化,从图 3 中可以看出短期气候变化与长期气候变化趋势呈现显著差异,1989—2012 年的 24 a 间年平均气温呈下降趋势,下降速率为 0.17℃/10 a;降水量呈增加趋势,增加速率为 7.66 mm/10 a。气温时段性变化明显,分为一个偏高阶段和两个偏低时段,其中 1998—2009 年为气温偏高时期;1989—1998 年和 2009—2012 年为气温偏低时期。降水时段性变化亦十分显著,分为两个偏多和一个偏少时段,1989—1996 年和 2008—2012 年为降水量偏多时期;1996—2008 年为气温偏少时期。由图 4 可以看出,年均气温距平值 19 a 距平值均为正,只有 5 a 为负,说明研究区 24 a 气温整体处于偏暖阶段。年均降水距平百分率有 16 a 为负值,8 a 为正值,其中 2010 年年均降水量达到最高值,年降水量约为 914.88 mm,这也是降水量趋势增高的主要原因。因此,近年来研究区暖干化趋势有所改善。



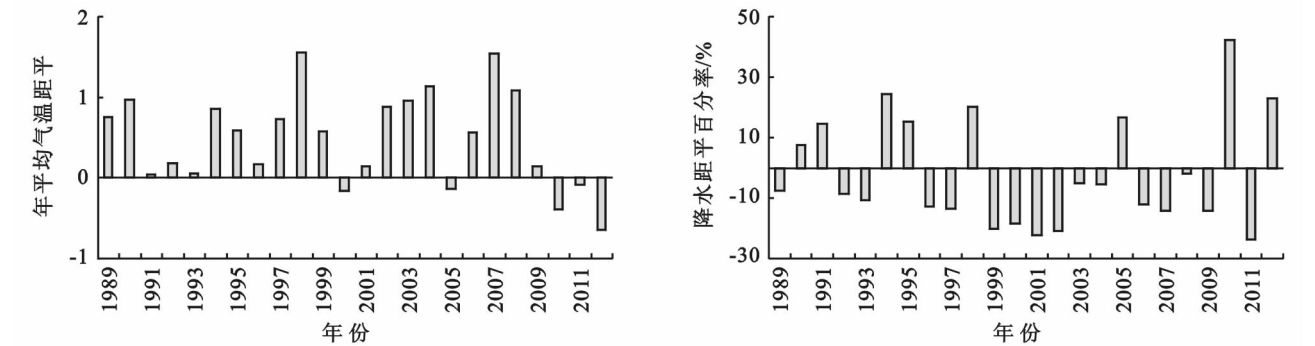


图 4 研究区年平均气温距平、年均降水量距平百分率

3.2.2 气候要素空间变化特征 为进一步分析研究区气候的空间分布特征和变化规律,将 1989—2000 年和 2001—2012 年多年平均气温和降水量进行空间插值分析,得到多年平均气温和降水量的空间分布图(图 5 和图 6)。从图 5 中可看出研究区多年平均气温空间分布呈由西南向东北逐渐降低的特征,21 世纪初期平均气温较 20 世纪 90 年代的平均气温变化幅度较小,但部分地区气温较 90 年代有所降低,1989—2000 年和 2001—2012 年年平均气温分别为 6.24℃

和 6.27℃。从研究区多年年均降水量分布图(图 6)中可以看出,降水量的空间分布特征由东南向西北减少,研究区东南部降水量较大,而西北地区降水量较少,最大降水量和最小降水量相差约为 330 mm,研究区东南地区 2001—2012 年降水量较 1989—2000 年降水量增加,但降水量大的范围有所减少,降水量减少趋势向西北方向推移。研究区西北地区气温较高而降水较少,气候较为干旱;东南地区降水量最大,较为湿润。

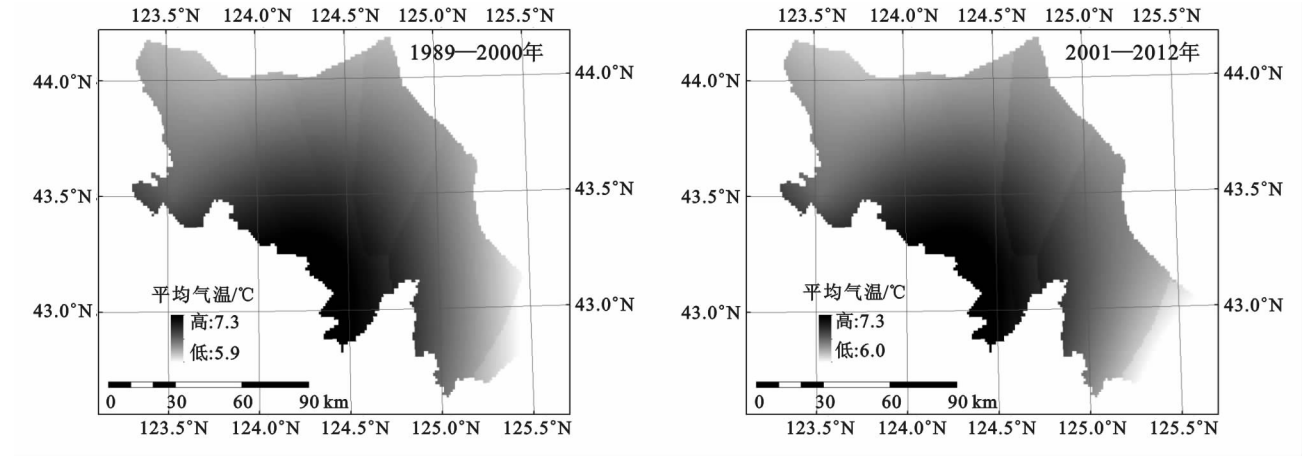


图 5 研究区各时段年均气温空间分布

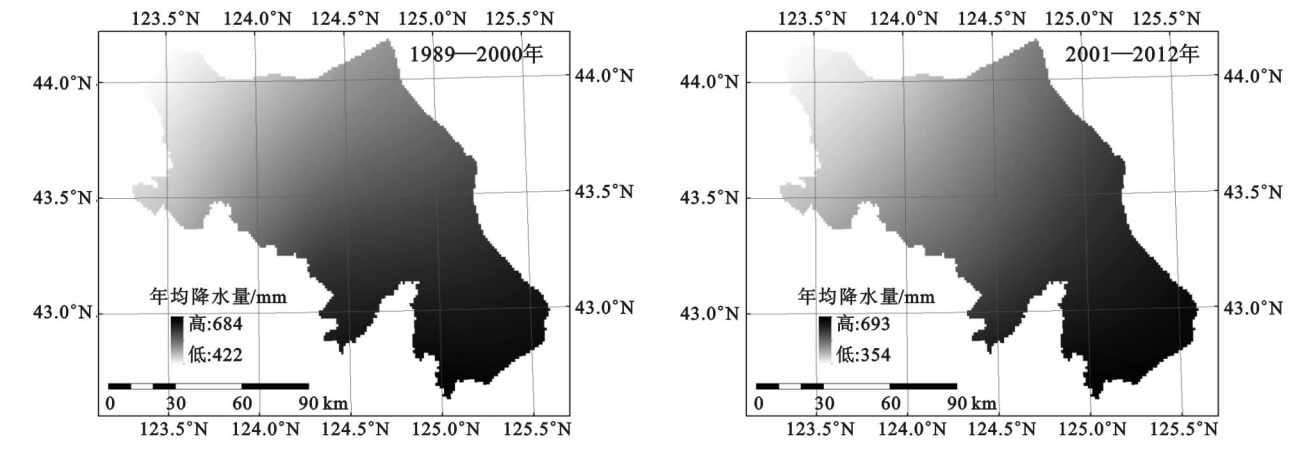


图 6 研究区各时段年均降水量空间分布

3.3 土地利用对气候变化的响应关系

在一定程度上,气候变化会导致土地利用状况发生变化^[2,19]。本文选用 SPSS 软件中的 Spearman 秩

相关分析功能,分析研究区土地利用变化对气候变化的响应关系。考虑到土地利用变化对降水和气温可能存在一定的累积滞后性,故分别对土地利用状况与前 n 年的平均气温和降水量进行相关分析。经计算发现土地利用状况对累积气温和降水量的相关系数

最大值出现在前 6 a,对于 n 大于 6 a 时相关性不显著,故 n 值选取 0—6 a。分别从气温和降水量的 7 个相关系数中挑选出绝对值最大的相关系数作为对应的滞后期。土地利用状况与不同滞后时段累积降水量和气温的相关系数见图 7。

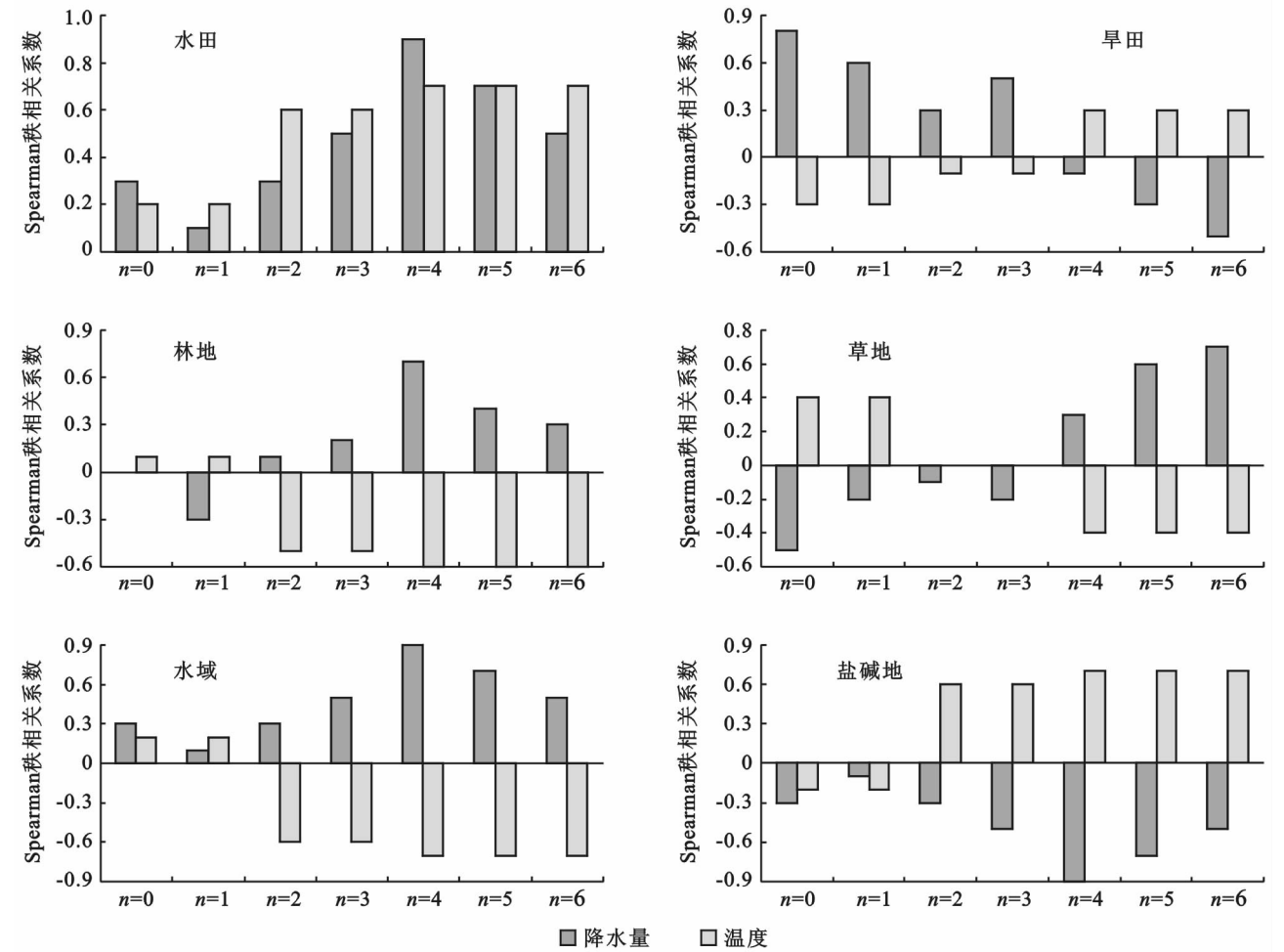


图 7 土地利用状况与不同滞后时段累积降水量和气温的相关系数

(1) 耕地。研究区为国家重要商品粮基地,耕地受短期气候变化影响不明显。水田与当年的降水量和气温无明显相关性,但是水田面积变化明显受多年降水量的影响,且存在滞后效应,水田面积与前 4 a 累积降水量呈显著正相关,显著性 <0.05 。水田面积的变化受多年气温影响较小,与前 4 a 累积降水量呈较大相关性,即区域前 4 a 年均降水量较多且气温较高,区内水资源较丰富,水田的种植面积会有所增加。

旱田面积对气候和降水的相关性不显著,旱田作为研究区的主要土地利用类型,抗旱能力强,不易受气候变化的影响,该区旱田主要受到人为影响,为保证粮食生产和经济增长的需求,旱田面积不断扩大。2002 年吉林省水利部要求各县市按照本省水资源条件合理确定水田规模,供水紧缺导致大量水田改为旱田。

(2) 林地和草地。林地的面积与当年降水量无

相关性,由于森林具有较强的自我调节能力,受短期降水和气温的影响较小,但与前 4 a 累积降水量呈较强的正相关性,表明 5 a 连续较高的降水量有益于林地面积的增加。同时,前四年累积气温较高时林地面积会有所减少,气温升高会增加森林灾害发生的频率^[20]。为分析林地面积变化与地形特点的关系,将林地分布与 DEM 高程数据进行叠加分析,从图 8 中可以看出,1989—2012 年林地分布特征未发生较大变化,故林地的减少与地形特点的关系较小。研究区草地面积变化主要受降水影响,对降水的累积滞后期为 6 a。草地面积对气温变化的响应不显著。草地面积的变化(图 9)与地形关系较密切,2012 年较 1989 年比,在 DEM 值较大区域草地几乎没有分布,在 DEM 值较小区域草地面积也大量退化,因此,草地面积的减少受到人为、气候和地形的共同影响。

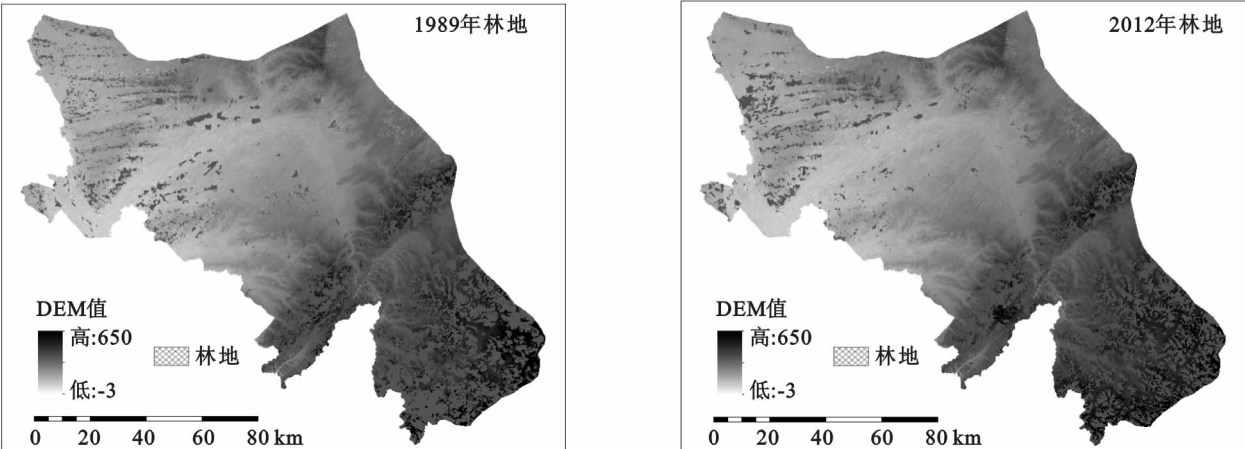


图 8 林地分布与 DEM 高程图

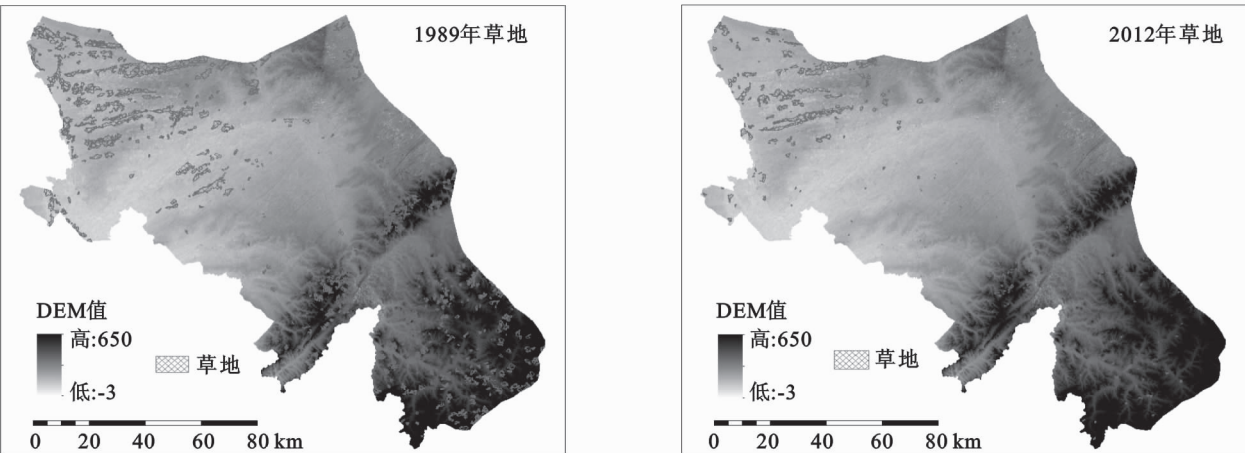


图 9 草地分布与 DEM 高程图

(3) 水域。水域与降水量和气温表现出显著滞后效应,累积滞后期均为 4 a。其中水域面积与前 4 a 累积降水量显著正相关,相关系数到达 0.9,与前 4 a 累积气温相关性最大,相关系数为-0.7,说明若降水量连续五年较高且气温较低,则蒸发量小于降水量,使得水域面积明显增加。

(4) 盐碱地。盐碱地与降水量始终呈现负相关,对降水量和气温累积滞后效应较强,尤其与前 4 a 累积降水量呈显著负相关,相关系数为 0.9,且显著性 <0.05 。盐碱地与气温累积滞后期为 4 a,即连续 4 a 的气温增加和降水减少就会加剧研究区的盐碱化。

总体上看,吉林省辽河流域不同土地利用类型对气温、降水量的响应有所不同,但都会不同程度受到气候要素变化的影响。

4 结论与建议

本文将 RS 与 GIS 相结合,对吉林省辽河流域 1989—2012 年气候变化和 5 个时段土地利用变化的时空特征进行了分析。结果表明,气温呈下降趋势,而降水量呈增加趋势,但增加幅度较小。土地利用变

化总体趋势为耕地(旱田和水田)、居民地、盐碱地面积增加,草地、林地、水域、滩地和湿地面积减少,土地利用结构不合理。其原因主要是该区人口密度较大,土地开发利用强度逐年增大,加之气候变化的影响,使得土地退化,大量未利用地被开垦为农田。

气候变化尤其是温度和降水量的变化对土地利用/土地覆被变化有重要影响。本文采用相关分析的方法,揭示出该区土地利用变化对气候变化的响应具有累积滞后性,特别是降水量对土地利用变化起主导作用,其中水田、水域和盐碱地对前 4 a 累积降水量呈显著相关。

为适应气候变化,推进我国可持续发展战略的实施、保障研究区粮食安全,采取适当的应对措施十分必要。根据社会需求和发展目标,有计划地进行农、林、牧生产结构调整并建立土地利用可持续优化模式;改进作物品种布局,有计划地培育和选用抗旱、抗涝、抗高温等抗逆品种,以尽量减少损失和实现潜在效益,提高农业对对气候变化不利影响的抵御能力;增强农业基本建设,改善农业生态环境,发展节水农业、科学灌溉,提高农业用水效率;加强农业气象灾害

预警;加强水库河道堤和分蓄滞洪区等水利基础设施建设,提高抵御极端气候等自然灾害的能力;加强农业土地资源的合理规划,在土地适宜性评价的基础上构建符合生态安全的土地利用格局。

参考文献:

- [1] Turner B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land-use and Land-cover Change, Science/Research Plan [A]. IGBP Report No 35 and HDP Report No 7[C]. Stockholm: IGBP, 1995.
- [2] 闫丹, Uwe A, Schneider, Erwin Schmid, 等. 未来气候变化对鄱阳湖区土地利用变化的影响评估[J]. 资源科学, 2013, 35(11): 2255-2265.
- [3] Dale V H. The relationship between land-use change and climate change[J]. Ecological applications, 1997, 7(3): 753-769.
- [4] Dilly O, Hüttel R F. Top-down and Europe-wide versus bottom-up and intra-regional identification of key issues for sustainability impact assessment[J]. Environmental Science & Policy, 2009, 12(8): 1168-1176.
- [5] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global consequences of land use[J]. science, 2005, 309(5734): 570-574.
- [6] Pielke R A. Land use and climate change[J]. Science, 2005, 310(5754): 1625-1626.
- [7] 张润森, 濮励杰, 刘振. 土地利用/覆被变化的大气环境效应研究进展[J]. 地域研究与开发, 2013, 32(4): 123-128.
- [8] 刘纪远, 邵全琴, 延晓冬, 等. 土地利用变化对全球气候

影响的研究进展与方法初探[J]. 地球科学进展, 2001, 26(10): 1015-1022.

- [9] 毛慧琴, 延晓冬, 熊喆. 土地利用变化对气候影响的研究进展[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(4): 513-524.
- [10] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [11] 高志强, 刘纪远. 1980—2000 年中国 LUCC 对气候变化的响应[J]. 地理学报, 2006, 61(8): 865-872.
- [12] 韦振锋, 任志远, 张翀. 近 12 年广西植被覆盖与降水和气温的时空响应特征[J]. 水土保持研究, 2013, 20(005): 33-38.
- [13] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [14] 王兮之, 梁钊雄, 周显辉, 等. 黄河源区玛曲县植被覆盖度及其气候变化研究[J]. 水土保持研究, 2012, 19(2): 57-61.
- [15] 刘畅. 吉林省辽河流域生态环境因子时空变化及综合评价研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2013.
- [16] ERDASIMAGINE 遥感图像处理办法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [17] 金屯. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [18] 赵玉萍, 张宪洲, 王景升, 等. 1982 年至 2003 年藏北高原草地生态系统 NDVI 与气候因子的相关分析[J]. Resources Science, 2009, 31(11): 1988-1998.
- [19] 李克让, 陈育峰, 黄玫, 等. 气候变化对土地覆被变化的影响及其反馈模型[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 57-63.
- [20] 魏书精, 孙龙, 魏书威, 等. 气候变化对森林灾害的影响及防控策略[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 36-40.

(上接第 103 页)

本文阐述了基于熵权的改进 TOPSIS 模型,并将该方法应用于灌区运行状况评价中。由于熵权的确定对灌区运行状况评价的结果有显著影响,本文运用改进的 TOPSIS 模型方法避免了权重确定的主观性^[8],使求得的综合权重更加准确可信,克服了单纯依赖专家意见打分或样本数据来确定指标体系权重的缺点。应用改进的 TOPSIS 模型法,可以在一定程度上消除因各评价指标的相关性与容斥性对评价结果造成的影响。并且,更好地分析出了灌区运行状况是否达到了预期效果。

目前,适用于所有类型的灌区运行状况评价的标准还不成熟,本研究设定的评价指标体系可能并不完全适用于所有灌区或对于其他灌区应该增加或减少某项评价指标,因此,如何确立一套完整且权威的灌区运行状况综合评价的标准还有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 严以新, 杨邦杰, 李远华. 农田水利建设是农业增产之本

[J]. 中国发展, 2009, 9(2): 1-6.

- [2] 张会敏, 李占斌, 姚文艺, 等. 灌区续建配套与节水改造效果多层次多目标模糊平均[J]. 水利学报, 2008, 39(2): 212-217.
- [3] 方崇, 张春乐, 陆明本. 基于熵权的 TOPSIS 模型在右江灌区节水改造效益综合评价中的应用[J]. 节水灌溉, 2011(2): 52-54.
- [4] 柯劲松. 江西省大型灌区运行状况综合评价[J]. 中国农村水利水电, 2008(10): 64-68.
- [5] 姚杰, 郭宗楼, 陆琦. 灌区节水改造技术经济指标的综合主成分分析[J]. 水利学报, 2004, 35(10): 106-111.
- [6] 马涛, 迟道才, 郅君, 等. 改进的可拓评价模型在灌区综合评价中的应用[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(2): 127-130.
- [7] 李慧伶, 王修贵, 崔远来, 等. 灌区运行状况综合评价的方法研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(4): 543-548.
- [8] 朱秀珍, 崔远来, 李远华, 等. 灌区运行状况综合评价权重系数的确定[J]. 灌溉排水学报, 2004, 23(1): 10-13.