

# 1980–2000 年中国 LUCC 对气候变化的响应

高志强, 刘纪远

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

**摘要:** 基于中国 1980~2000 年气候数据及覆盖中国两期的土地利用 / 土地覆盖 (LUCC) 数据, 利用 Holdridge 植被生态分区模型、重心模型及土地利用程度模型, 分析气候变化及人类活动对中国植被覆盖及土地利用的影响程度及变化方向。1980~2000 年间, 中国大部分地区温度升高降水增多, 气候变化不仅影响了中国植被群落分区, 更深深地影响了植被群落的生长状况; 东北、华北、内蒙高原等区域, 未利用土地型, 向草地和灌木生态类型转换, 草地和灌木型生态类型向林地和耕地型转换; 又因为 1980~2000 年间中国经济的发展, 东部沿海区域城市乡村建设用地及交通用地的增多, 使土地利用类型由农业耕地型向建设用地型发展, 导致土地利用程度指数的升高。气候的变化及经济的发展的双重作用, 导致中国土地利用程度重心 20 年来向东北方向移动了 54 km, 东西方向土地利用程度偏移强度气候占 81%, 人类活动占 19%, 南北方向土地利用程度偏移强度气候占 85%, 人类活动占 15%。

**关键词:** 中国; 土地利用 / 土地覆盖; 气候变化; Holdridge; 影响

## 1 引言

陆地生态系统对全球变化 (包括气候变化和人类活动) 的响应过程和机理研究是全球变化研究的重要组成部分。近百年全球气候变暖和人类活动的加剧, 使气候变化对陆地生态系统内部过程及其反馈的影响及未来气候情景下生态安全的研究受到科学界和决策者的重视<sup>[1, 2]</sup>。全球环境变化的研究目标在于研究人类活动引起的全球变化对生态系统和人类生存环境的作用及其反馈, 以预测人类生存环境的变化趋势, 找出应对的策略, 最大限度地减少全球变化的不良作用, 保证地球这一生命支持系统朝着有利于人类生存与持续发展的方向发展<sup>[3-5]</sup>。故此近二十年来, 全球变化研究成为当今人类社会共同关注的研究“热点”。

气候学家对全球近百年的气候变化研究发现地球近百年来温度呈上升趋势, 平均增温约 0.3~0.6 °C, 北半球气温上升趋势明显<sup>[6-10]</sup>, 20 世纪 80 是最暖的 10 年, 增暖主要发生在 1910 年及 1975 年以后, 近百年全球平均降水量也有增加的趋势 (幅度为 21 mm/100 年)<sup>[11-18]</sup>。

气候是大范围影响植被覆盖的决定性因子, 气候是植被赖以生存的自然环境条件, 每一气候类型都有一套相应的植被类型, 每一种植被类型与某一种气候类型对应<sup>[19-21]</sup>。

进入 20 世纪 90 年代以来, 全球环境变化研究领域逐渐加强了对土地利用 / 土地覆盖变化的研究工作, 土地利用 / 土地覆盖变化在全球环境变化和可持续发展中占有重要的地位; 在全球环境变化问题中, 土地利用 / 土地覆盖变化可以说是自然与人文过程交叉最为密切的问题。随着计算机技术、遥感技术和模式模拟技术的发展, 土地利用 / 土地覆盖研究同遥感和数值模拟技术结合, 使气候对土地利用 / 土地覆盖变化的动态影响研究成为

收稿日期: 2005-11-21; 修订日期: 2006-04-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40471097); 国家 973 基础研究项目 (2002CB412507) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40971097; National Project for Basic Research, No. 2002CB412507]

作者简介: 高志强 (1966-), 男, 副研究员, 主要从事遥感与数值模拟研究。E-mail: gaozq@igsrr.ac.cn

可能<sup>[22-24]</sup>。

本文基于中国 20 年每月的气候数据, 利用 Holdridge 生命地带分类, 生成中国每 10 年的植被生态分区, 分析气候变化对中国自然植被覆盖的影响, 之后结合覆盖中国两期 (20 世纪 80 年代和 90 年代, 来自中国资源环境遥感数据库) 的土地利用数据, 分析气候变化对中国土地覆盖及土地利用的影响程度及空间格局变化。

## 2 研究方法

### 2.1 数据说明

本研究用的 20 年气候资料是来自国家气象局的 中国地面气候资料, 包括: 降水量、平均气温、水气压、日照百分率、相对湿度和风速等指标。

对站点数据, 我们利用 arc/info 提供的 GRID 模块下 IDW 命令对原数据进行了插值处理, 生成 8 km 的中国 20 年气候栅格数据集。

两期土地利用数据来自中国科学院资源环境遥感数据库, 为了研究土地利用 / 土地覆盖 (LUCC) 时空变化, 对数据库 1:10 万土地利用矢量数据进行了 1km 百分比成分处理, 生成了 LUCC 的 1km 百分比成分数据库。本文利用两期百分比成分数据同气候数据结合, 分析中国气候变化对土地利用影响程度<sup>[25]</sup>。

### 2.2 Holdridge 生命地带分类模型

Holdridge 生命地带模型以年生物温度 (Biotemperature, Bt)、年平均降水量 (Average Annual Precipitation, Aap) 和可能蒸散率 (Potential Evapotranspiration Ratio, Per) 等 3 个气候指标为主要参数。Bt、Aap 和 Per 在 Holdridge 坐标系中的组合构成了 36 个正方形和 39 种生命地带<sup>[25-27]</sup>。

Holdridge 模型之所以能为世界各国科学家广泛应用的重要原因在于 ① 采用的气候指标简单、易得; ② 具有简明的计算机程序, 运算便捷、迅速。Holdridge 模型的运算, 首先是确定一系列知识规则表, 即每个生命地带类型在 Holdridge 三角体系中中心点的坐标 ( $Bt_{10}$ ,  $Aap_{10}$ ,  $Per_{10}$ ), 然后将待判点 (Bt, Aap, Per) 与各个生命地带类型的中心点坐标作欧氏距离比较, 找其中的最短距离。

$$d_{\min} = \min \{d_1, d_2, \dots, d_{39}\}$$

$$d_i = [(Bt' - Bt'_{i0})^2 + (Aap' - Aap'_{i0})^2 + (Per' - Per'_{i0})^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

利用上面气候数据集, 分 10 年一个时间段, 生成 Holdridge 生命带模型需要的生物温度和年平均降水量, 利用 C 语言根据 Holdridge 生命带模型的算法编制程序, 生成中国 20 世纪 80 年代和 90 年代的 Holdridge 生命带类型, 数据转为 arc/info 的 GRID 格式进行分析和制图。

Holdridge 生命带模型对中国植被的分布模拟的一致性和适用性问题, 杨正宇等利用 KAPPA 一致性检验方法进行了检验, Holdridge 生命带模型对中国不同植被地理分布模拟的效果最好, 其模拟的一致性指数达到 0.57, 此模型可以作为研究中国植被生态分区变化的较好的模型<sup>[26]</sup>。

### 2.3 土地利用程度模型

土地利用程度指数模型是刘纪远等人在西藏自治区土地利用现状调查中提出土地利用的分级模型, 并给出了量化表达式<sup>[27]</sup>:

$$UINDEX = 100 * \sum_{i=1}^n A_i * C_i \quad (2)$$

式中: UINDEX 为土地利用程度综合指数;  $A_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级指数;  $C_i$  为第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比。

综合指数的大小, 即反映了土地利用程度的高低。基于中国两期 1 km 土地利用程度百分比成分数据集, 利用以上公式计算中国 1 km 格网单位上的土地利用程度。

### 2.4 重心模型

重心模型用于表述各种物质和能量在空间上在某一个时刻的聚散和迁移程度,重心的运动方向、速度和强度是标征某一物质在空间上变化的最好指标<sup>[28]</sup>。

重心模型数学表达: 设已知某区域, 有  $P_1、P_2、P_3、\dots、P_n$   $n$  个质点, 其质量 (如人口、土地类型覆盖面积、土地利用程度等) 分别为  $Q_1、Q_2、Q_3、\dots、Q_n$ , 求其重心, 设重心在  $M$  处,  $P_i(X_i, Y_i)$  到  $M(X, Y)$  的距离为  $R_i$ , 则总力距为  $S = \sum_{i=1}^n Q_i * R_i$ , 其中,  $R_i =$

$$\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$
 (欧氏距离), 求  $S$  的最小值,  $S_{\min}$  值, 即:

$$\begin{cases} \partial s / \partial x_i = 0 \\ \partial s / \partial y_i = 0 \end{cases}$$

此式无解析解, 可用叠代法求解。

两期土地利用程度数据同对应时期的 Holdridge 生命带类型数据进行叠加分析, 利用重心模型, 计算不同时期下的 Holdridge 生命带类型下的土地覆盖类型的土地利用程度指标, 通过比较土地利用程度重心的偏移方向和大小, 分析中国土地利用 / 土地覆盖对气候变化及人为影响的响应程度及偏移方向。

## 3 结果分析

### 3.1 20 年来气候变化空间格局

利用中国 20 年的气候资料分两个时间段: 20 世纪 80 年代(1981~1990) 和 90 年代(1991~2000) 分析温度和降水变化的空间格局状态。

用 90 年代的平均温度和降水空间数据减 80 年代的数据, 之后做成温度和降水变化等直线图 (图 1)

由图 1a 可见, 中国 1980~2000 年间降水的空间变化, 平均年降水减少的区域集中在东北北部的三江平原和大兴安岭的部分地区、塔里木盆地的东缘、青藏高原、四川盆地和沿秦岭淮河一线的广大地区, 占国土面积的

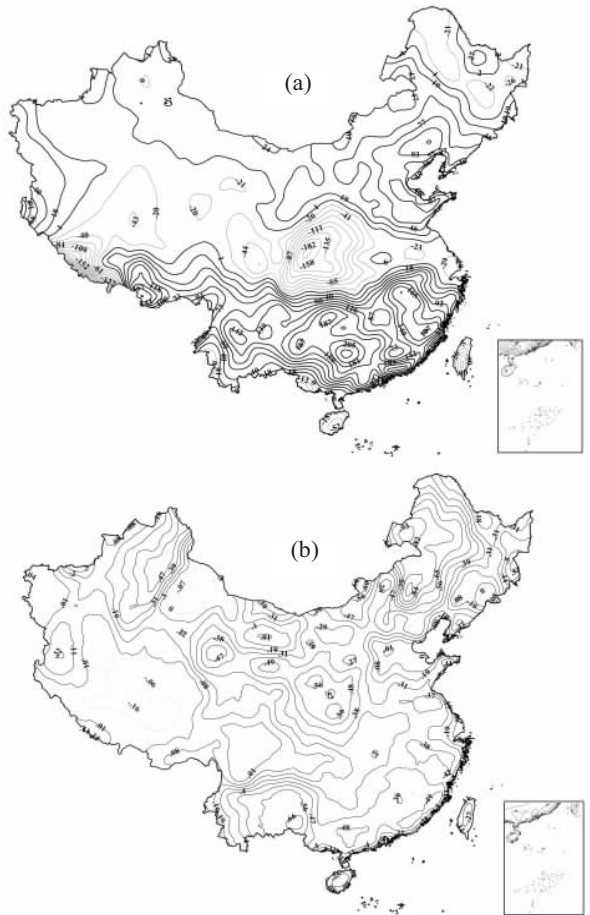


图 1 中国 1980~2000 年降水(a)与温度(b)变化等值线

Fig. 1 Contours of precipitation and temperature variations

in China between 1980 and 2000

约 42%，降水增加的区域集中在中国南方、华北平原、东北和西北的大部分地区，占国土面积的 58%。

中国 1980~2000 年间温度的空间格局的变化如图 1b 所示，90 年代温度显著升高，温度升高的区域占了国土面积的 87%，分布在中国南方、东北、华北和西北的广大区域，许多地方升温高达近 1℃。温度降低的地方集中在青藏高原及吐鲁番盆地及北边，面积仅占国土面积的 13%，平均温度降低为 0.24℃。

### 3.2 气候及人类活动对土地利用的影响

1980~2000 年中国气候变化对生态环境产生了显著的影响，基于 Holdridge 模型，利用气候数据，计算出中国 80 (1980~1990) 年代和 90 (1990~2000) 年代植被生态分区，分析气候变化对中国植被生态分区空间格局的影响。因为 1980~2000 年来中国大部分地区温度升高和降水量增加，导致了生态覆盖类型面积的空间位置的显著变化 (图 2)。

气候变化不仅深刻地影响了中国植被生态分区及其植被生长的好坏，而且通过对环境生存适宜度的影响，影响了人类的生存及其对环境改造的程度，本文利用来自中国科学院资源环境遥感数据库 1 km 百分比成分数据，利用前面的土地利用程度模型，将土地利用 4 大类型 (未利用土地级，林、草、水用地级，农业用地级和城镇聚落用地级)，分别赋以 1、2、3 和 4 的作为土地利用高低的权重，根据 1km 像元中各种土地利用程度所占百分比大小，同上面的权重系数相乘，乘以 100 变为整数，得出 1 km 像元上的土地利用程度指数，是离散的土里利用分类类型变为土地利用程度连续的指数 (图 3)，便于分析环境变化对土地利用影响大小。

如图 3 所示，土地利用程度指数大于 300 的区域，为城镇聚落用地型，主要分布在东部沿海大中城市聚集区，占国土面积的 6% 左右；土地利用程度指数小于 300 和大于 200 的区域，农业用地类型区，主要分布在东部及西部适合耕种利用的区域，以东北平原、华北平原、长江中下游平原和四川盆地最为集中，占国土面积的 30% 左右；土地利用程度指数小于 200 和大于 100 的区域，为林草水用地类型，主要分布在东北森林覆盖区、内蒙高原草地区、南方森林灌丛覆盖区、西藏高原高寒草甸区域，占国土面积的约 50%；土地利用程度指数小于 100 的区域为未利用土地类型区，主要分布在内蒙高原西部、青藏高原北部、新疆沙漠戈壁区域，占国土面积的 14%。

中国过去 1980~2000 年间 20 年随着中国经济的高速发展，土地利用类型发生了重大变化，耕地变为建设用地、草地和林地被开垦，未利用土地经过改造和改良变为草地

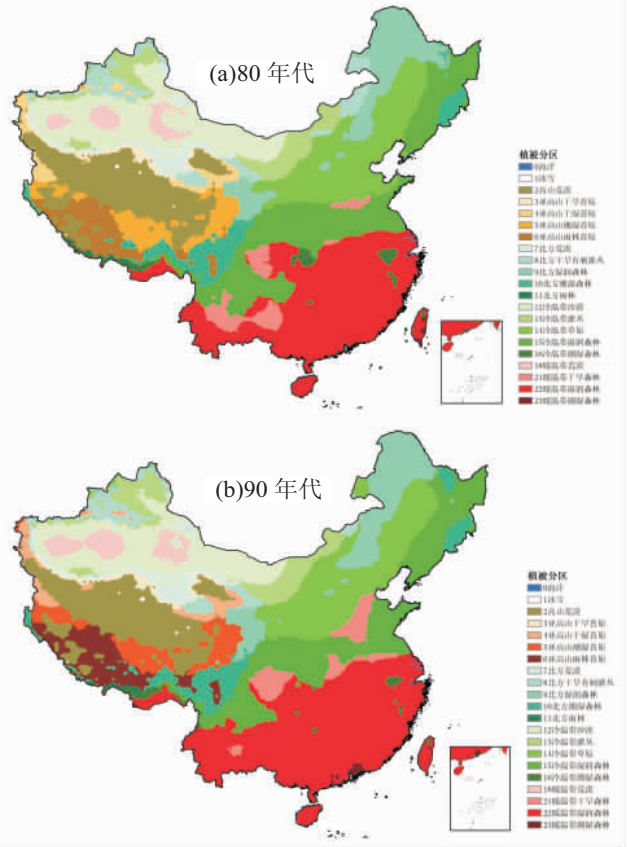


图 2 中国 80 年代(a)和 90 年代(b)植被生态分区类型  
Fig. 2 Spatial distribution of vegetation-ecological zones in China in the 1980s and 1990s



和林地，高山坡度大的耕地区域进行退耕还林、半干旱的耕作区域被退耕还牧，土地利用类型之间的变化导致了土地利用指数的大小变化。

我们利用 90 年代的土地利用程度指数减去 80 年代土地利用程度指数 (图 4)，中国 1980~2000 年间 20 年随着经济发展和气候环境的变化导致了土地利用格局的空间变化。中国土地程度指数变小的区域零星分布在东北及南方的山区、内蒙的农牧交错带、新疆及青藏高原区域，是由于退耕还林、退耕还牧及草地退化等原因造成的，约占国土面积的 7% 左右；中国土地利用程度指数增加的区域集中分布在东部沿海及新疆天山南北，是由于经济的发展导致建设用地增多、草地林地被开垦、荒地被利用或是生境条件的变化，荒地变草地原因造成的，约占国土面积的 10%；中国干旱和半干旱草地未利用土地覆盖区域及东部耕地林地覆盖区域基本覆盖状况没有大的变化，土地利用程度指数没有变化。

结合中国 80 年代和 90 年的 Holdridge 生态分区，同中国两个时期的土地利用程度指数结合，利用重心模型分别计算两个时期的土地利用重心，可以看出因为气候环境的变化及经济发展对土地利用和改造，总体上土地利用程度的空间偏移及趋势。

基于 LAMBERT 投影，通过计算可见：80 年代的基于 Holdridge 生态分区的土地利用程度重心位于 O (-531 km, 448 km)，90 年代的土地利用程度的重心为 P1(-495 km, 488 km)，以 80 年代的重心为基准，90 年代中心由东偏北 42 度移动了 54 km。

因为两期 Holdridge 生态分区的差异是因为气候变化原因造成的，我们假设土地利用程度的变化没有气候影响，仅由人类活动影响造成，我们计

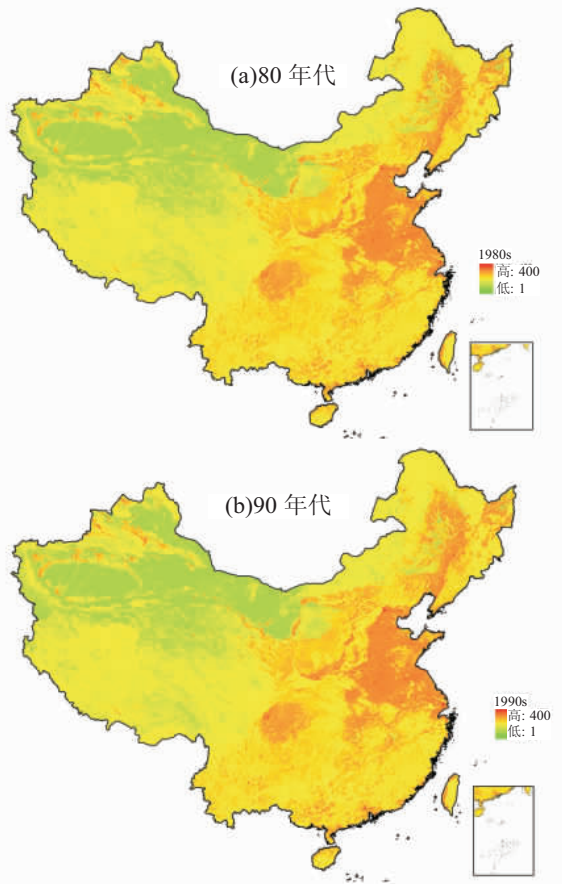


图 3 中国 80 年代和 90 年代土地利用程度空间分布  
Fig. 3 Spatial distribution of land use degree index in China in the 1980s and 1990s

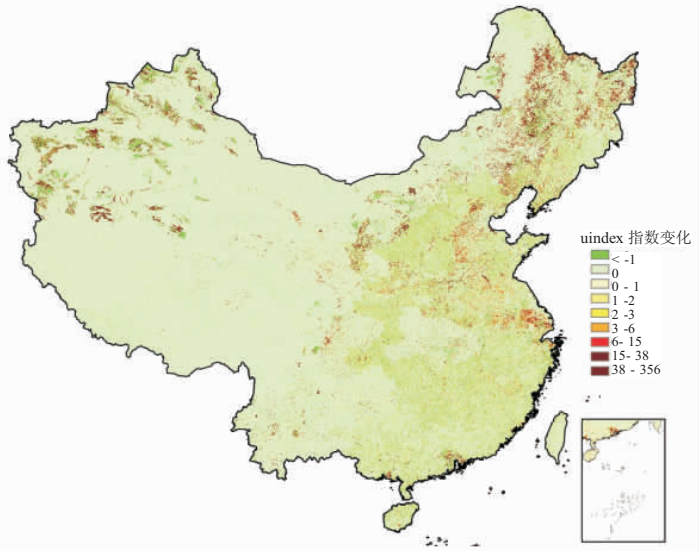


图 4 1980~2000 年间中国土地利用程度指数变化图  
Fig. 4 Variations of land use degree index in China between 1980 and 2000

算两期土地利用程度重心时都用 80 年代的生态类型分区, 基于 80 年代生态分区, 计算两期土地利用程度重心坐标为 O (-531 km, 448 km) 和 P2 (-524 km, 442 km), 我们按照上面各重心得坐标值, 生成如下的重心空间关系:

如图 5 所示点 O 代表 80 年代的土地利用程度重心, 设为原点, 其他重心点依次变为 O (0, 0), P1 (36 km, 40 km), P2 (6.7 km, -6.9 km)。由前面的分析知 OP1 是气候和人为共同影响下的土地利用程度偏移量, OP2 是仅为人为影响下的土地利用程度偏移量, 设 OP3 是气候影响下的土地利用程度偏移量, 根据矢量合成原理, 可得如下矢量等式:

$$\overrightarrow{op3} + \overrightarrow{op2} = \overrightarrow{op1};$$

设 P3(x, y), 将 p1, p2, p3 三个点的值代入上式:

$$xi + yj + 6.7j = 36.3i + 40j, \text{ 由此式可得 P3 的坐标为: } x = 30 \text{ km, } y = 47 \text{ km}$$

基于上面三个点的坐标, 可计算出 A = 9.6 km, B = 55.2 km, C = 53.8 km, 根据余弦定理

$$\cos\alpha_1 = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2bc}, \text{ 可得 } \cos\alpha_1 = 0.985, \alpha_1 = 10^\circ, \text{ 同理可得 } \alpha_2 = 42^\circ, \alpha_3 = 44^\circ$$

根据矢量合成原理可计算: 土地利用程度在东西方向偏移强度上气候影响占 81%, 人为影响占 19%; 南北方向偏移强度上气候影响占 85%, 人为影响占 15%。

经过计算可得, 在过去 20 年气候和人为影响下, 中国土地利用程度的空间位移是气候影响是中国土地利用程度由东偏北 52 度移动了 55 km, 人为影响是中国土地利用程度东偏南 44 度移动了 9.6 km; 在气候和人为为双重影响下是中国土地利用程度由东偏北 42 移动了 54 km。

## 4 结论

本文基于中国 20 年气候数据及覆盖中国两期的土地利用 / 土地覆盖数据, 利用 Holdridge 植被生态分区模型、重心模型及土地利用程度模型, 分析气候变化及人类活动对土地利用 / 土地覆盖的影响程度及变化方向。

1980~2000 年间, 除了青藏高原以外, 中国大部分地区温度升高降水增多。90 年代较 80 年代降水减少的区域占国土面积的约 42%, 降水增加的区域占国土面积的 58%。温度升高的区域占了国土面积的 87%, 温度降低的地方占国土面积的 13%。

中国 1980~2000 年间, 因为经济和发展及气候变的变化, 导致中国土地利用程度重心 20 年来向由东偏北 42 度移动了 54 km。气候影响是中国土地利用程度由东偏北 52 度移动了 55 km, 人为影响是土地利用程度由东偏南 44 度移动了 9.6 km; 东西方向土地利用程度偏移强度气候影响占 81%, 人为影响占 19%; 南北方向土地利用程度偏移强度气候影响占 85%, 人为影响占 15%。

土地利用程度的以上位移结果同中国 1980~2000 年间的气候及经济发展变化相关, 20 年中国气候变化为北暖南冷, 降水增多, 使得中国北方土地利用朝着未利用地到草地,

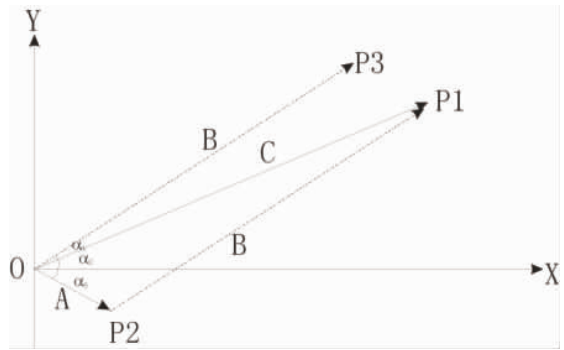


图 5 中国土地利用程度重心位移

Fig. 5 Weight centre shifted of land use degree index in China between 1980-2000

草地到林地或耕地, 耕地到建设用地的转化, 是土地利用程度由低向高变化, 土地利用程度变化集中在北方, 使土地利用程度向东北偏移。1980~2000 年间人为影响主要集中在东南沿海, 因为 1980~2000 年间年中国经济的发展以东南沿海为主, 是中国土地利用程度的变化集中在东部沿海的耕地向建设用地转化, 导致人为影响的土地利用程度向东南偏移。

## 参考文献 (References)

- [1] IPCC. Land-Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. Cambridge University Press, 2000.
- [2] IGBP SCIENCE NO.1. The terrestrial biosphere and global change: Implications for natural and managed ecosystems. Synthesis of GCTE and Related Research.
- [3] Wang Lianxi, Yang Youlin, He Yuhong et al. Discussion of research methods on relationship between climate change and plant. Chinese Journal of Ecology, 2003, 22(1): 43-48. [王连喜, 杨有林, 何雨红等. 气候变化和植被关系研究方法探讨. 生态学杂志, 2003, 22(1): 43-48.]
- [4] Zhou Guangsheng, Wang Yuhui. The feedback of land use/cover change on climate. Journal of Natural Resources, 1999, 4(4): 318-322. [周广胜, 王玉辉. 土地利用 / 土地覆盖变化对气候的反馈作用. 自然资源学报, 1999, 4(4): 318-322.]
- [5] Zhou Guangsheng, Zhang Xinshi. Study on climate-vegetation classification for global change in China. Acta Botanica Sinica, 1996, 38(1): 8-17. [周广胜, 张新时. 全球变化的中国气候-植被分类研究. 植物学报, 1996, 38(1): 8-17.]
- [6] Houghton J T, Jenkins G T, Ephraums J J. Climate Change: the IPCC Scientific Assessment. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 32-45.
- [7] Jones P D, Wigley T M L, Wright P B. Global temperature variations between 1861 and 1984. Nature, 1986, 322: 430-434.
- [8] Karl T R, Knight R W, Plummer N. Trends in the high-frequency climate variability in the twentieth century. Nature, 1995, 377: 217-220.
- [9] Qian Weihong, Zhu Yafen. Climate change in China from 1880 to 1998 and its impact on the environmental condition. Climatic Change, 2001, 50: 419-444.
- [10] Jiang J, Zhang D, Fraedrich K. Historical climate variability of wetness in East China (1960-1992): a wavelet analysis. Int. J. Clim. 1997, 17: 968-981.
- [11] Ding Yihui, Dai Xiaosu. Temperature variation in China during the last 100 years. Meteorological Monthly, 1996, 20(12): 19-26. [丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年来的温度变化. 气象, 1996, 20(12): 19-26.]
- [12] Shi Neng Chen Jiaqi. 4-phase climate change features in the last 100 years over China. Acta Meteorologica Sinica, 1995, 53(4): 431-439. [施能, 陈家其. 1995. 中国近 100 年来 4 个年代的气候变化特征. 气象学报, 1995, 53(4): 431-439.]
- [13] Wang Shaowu. Diagnostic studies on the climate change and variability for the period of 1880-1990. Acta Meteorologica Sinica, 1994, 52(3): 261-273. [王绍武. 近百年气候变化与变率的诊断研究. 气象学报, 1994, 52(3): 261-273.]
- [14] Wang Shaowu. Scientific intersection of pages and clivar. Acta Meteorologica Sinica, 1997, 55(6): 662-669. [王绍武. PAGES 计划与 CLIVAR 计划中的交叉科学问题. 气象学报, 1997, 55(6): 662-669.]
- [15] Wang Shaowu, Cai Jingning, Zhu Jinhong et al. The interdecadal variations of annual precipitation in China during 1880's-1990's. Acta Meteorologica Sinica, 2002, 60(5): 637- 639. [王绍武, 蔡静宁, 朱锦红等. 19 世纪 80 年代到 20 世纪 90 年代中国年降水量的年代际变化. 气象学报, 2002, 60(5): 637-639.]
- [16] Tu Qipu, Deng Ziwang, Zhou Xiaolan. Study of regional characteristics on mean annual temperature variation of near 117 years in China. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1999, 10(suppl.): 34-42. [屠其璞, 邓自旺, 周晓兰. 中国近 117 年年平均气温变化的区域特征研究. 应用气象学报, 1999, 10(增刊): 34-42.]
- [17] Chen Longxun, Zhou Xiujie, Li Weiliang. Characteristics of the climate change and its formation mechanism in China in last 80 years. Acta Meteorologica Sinica, 2004, 62(5): 634-646. [陈隆勋, 周秀骥, 李维亮. 中国近 80 年来气候变化特征及其形成机制. 气象学报, 2004, 62(5): 634-646.]
- [18] Zhang Cunjie, Li Dongliang, Wang Xiaoping. Study on precipitation variability in last 100 years and trend prediction in Northeast Asia in future 10-15 years. Plateau Meteorology, 2004, 23(6): 919-929. [张存杰, 李栋梁, 王小平. 东北亚近 100 年降水变化及未来 10-15 年预测研究. 高原气象, 2004, 23(6): 919-929.]
- [19] Zhou Guangsheng, Zhang Xinshi. Study on Chinese climate-vegetation relationship. Acta Phytocologica Sinica, 1996, 20(2): 113-119. [周广胜, 张新时. 中国气候-植被关系初探. 植物生态学报, 1996, 20(2): 113-119.]
- [20] Zhou Guangsheng, Zhang Xinshi. Study on climate-vegetation classification for global change in China. Acta Botanica

- Sinica, 1996, 38(1): 8-17. [周广胜, 张新时. 全球变化的中国气候-植被分类研究. 植物学报, 1996, 38(1): 8-17.]
- [21] Zhou Guangsheng, Zhang Xinshi. Study on NPP of natural vegetation in China under global climate change. *Acta Phytocologica Sinica*, 1995, 19(3): 193-200. [周广胜, 张新时. 自然植被的净第一性生产力模型初探. 植物生态学报, 1995, 19(3): 193-200.]
- [22] Liu Jiyuan, Zhang Zengxiang, Zhuang Dafang. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 1-12. [刘纪远, 张增祥, 庄大方. 20世纪90年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, 22(1): 1-12.]
- [23] Liu J Y, Zhuang D F, Luo D et al. Land-cover classification of China: integrated analysis of AVHRR imagery and geophysical data. *Int. J. Remote Sensing*, 2003, 24(12): 2485-2500.
- [24] Liu Jiyuan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China (Series D)*, 2003, 46(4): 373-385.
- [25] Chen Yufeng. Research on impacts of global climate change to Holdridge's life zones of China by geo-information system. *Journal of Remote Sensing*, 1997, 1(1): 74-80. [陈育峰. GIS支持的全球气候变化对中国 Holdridge 生命地带的可能影响研究. 遥感学报, 1997, 1(1): 74-80.]
- [26] Yang Zhengyu, Zhou Guangsheng, Yang Dian'an. Comparison of simulated vegetation distribution in China produced by four popular climate-vegetation classification models. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, 27(5): 587-593. [杨正宇, 周广胜, 杨奠安. 4个常用的气候-植被分类模式对中国分布模拟的比较研究. 植物生态学报, 2003, 27(5): 587-593.]
- [27] Gao Zhiqiang, Liu Jiyuan, Zhuang Dafang. The relationship between ecological environmental background and used degree of land resource in China. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(suppl.): 36-43. [高志强, 刘纪远, 庄大方. 中国土地资源的生态背景与土地利用程度的关系. 地理学报, 1998, 53(增刊): 36-43.]
- [28] Gao Zhiqiang, Liu Jiyuan, Zhuang Dafang. The dynamic changes of gravity center of the farmland area and the quality of the farmland ecological background in China. *Journal of Natural Resources*, 1998, 13(1): 92-96. [高志强, 刘纪远, 庄大方. 我国耕地面积重心及耕地生态背景质量的动态变化. 自然资源学报, 1998, 13(1): 92-96.]

## The LUCC Responses to Climatic Changes in China in Recent 20 Years

GAO Zhiqiang, LIU Jiyuan

(*Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CASs, Beijing 100101, China*)

**Abstract:** Adopted with Holdridge Life Zone Model (HLZM), Weight Centre Model (WCM) and Land Use Degree Model (LUDM), Climate data of China in recent 20 years and 2-period LUCC data covering China are used to analyze impacts and direction of changes caused by climatic changes and human activities to China vegetation covers and land use. In recent 20 years, rise in temperature and more precipitation in most areas of China has not only influenced China biome, but also growth conditions of Holdridge life zone so deeply. In recent 20 years, increasing precipitation as well as rising temperature in Chinese areas such as Northeast China, North China, Inner Mongolia Plateau has improved living environment, Nature Covered Ecological Type transformed from unutilized land to grassland and shrubland Types, grassland and shrubland types transformed to forest and arable land. Meanwhile, China economy development in recent 20 years, as well as land use increment in urban, arable and transportation in East Coast Areas including Northeast China, North China, and South China, have made Land Use Type developed from Type of Agricultural Arable to construction one, and have led to increment in Land Use Degree Index, thereby the dual impacts by climatic changes and economic development have led to Land Use Degree Weight Centre shifted to Northeast 54km. In East-West direction, Land Use Degree Excursion Intensity is caused 81% by climatic changes and 19% by anthropogenic impacts; while in South-North direction, is caused 85% by climatic changes and 15% by anthropogenic impacts.

**Key words:** China; land use/land cover; climate change; Holdridge; impacts