

中国耕地变化驱动力分区研究*

刘旭华 ** 王劲峰 ** 刘明亮 孟 斌

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 中国科学院研究生院, 北京 100039; 北京联合大学应用文理学院, 北京 100083; School of Forestry and Wildlife Sciences, Auburn University, Auburn, AL36849, USA)

摘要 耕地变化机制是土地利用/土地覆盖(LUCC)研究的重要问题之一. 文中依据 1980 年代末和 2000 年两期土地利用遥感调查数据, 应用地理信息系统(GIS)和遥感技术对全国近期耕地变化与自然、社会经济状况进行综合分区研究. 研究发现, 各地区耕地减少和增加是在地理背景制约下, 气候系统和社会经济系统变化共同驱动下发生的. 但引起耕地变化的驱动机制具有显著的区域差异, 在中西部地区自然条件的制约和推动起主导作用, 而在东部较发达地区, 社会经济、政策的驱动起主要作用. 耕地面积减少状况在全国范围内普遍存在, 其主导因素包括: 招商引资和对外开放政策背景下的开发区建设、城市化导致的产业结构变化和城镇扩张、人民生活水平提高导致的就业观念的改变、气候变化导致的耕种收益的下降、交通条件的改善等等, 这些因素相互作用、相互依赖, 共同导致了中国近年来耕地大量减少的局面. 耕地增加则主要由于农民集体或个人为增加收入, 并在气候条件允许下, 开垦林地、草地或未利用地. 对 LUCC 驱动机制的研究建立在耕地变化综合分区的基础上, 不仅考虑区域内部的自然与人文因素, 而且还充分考虑了区域外部自然与人文因素的影响作用, 并以定量化的指标反应了各种不同因素对耕地变化的影响作用水平, 本研究可以为综合地理分区与土地利用变化驱动机制研究领域提供一种新的研究方法和思路.

关键词 土地利用变化 驱动力 综合分区 空间统计 耕地 中国

随着人口快速增长、资源紧缺和环境问题的日益突出, 人类发展与自然环境变化之间的相互影响与响应, 特别是土地利用/土地覆盖变化(Land-Use/Land-Cover Change, LUCC)研究, 日益成为全球环境变化研究的前沿和热点领域^[1]. 其中, 土地利用变化

驱动机制是LUCC研究的三大核心问题之一. 中国的自然资源, 特别是耕地资源的严重匮乏, 是我们生存和发展所长期面临的重要制约因素. 据国家统计局的资料, 中国耕地面积在 1980~1995 年间持续减少, 但是国家统计局的耕地面积数据已被广泛认为总数

2004-05-24 收稿, 2005-03-14 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 40471111, 90202002)、国家“863”计划(2002AA135230-1)和国家“973”项目(2001CB5103)资助

** E-mail: liuxh@lreis.ac.cn; wjf@lreis.ac.cn

偏小^[2,3], 因此需要更为直接和高精度的数据了解实际的耕地变化的数量和空间分布特征. 根据最新的遥感资料, 刘纪远等报道 1995~2000 年耕地面积总量没有减少反而有所增加, 但是耕地质量总体有所下降^[4,5]. 根据国土资源部的报道, 仅 2003 年由于生态退耕、建设用地增加等原因, 耕地面积减少达 25374 km²^[6]. 鉴于目前日益紧迫的粮食安全问题, 城市化与农业发展的矛盾以及环境压力, 迫切需要我们根据过去十几年间耕地变化的空间模式, 研究其驱动机制, 从而为耕地变化监测, 耕地保护和土地利用长期规划提供科学指导.

本文依据中国科学院知识创新工程支持下所产生的基于高精度遥感影像的近 10 年土地利用变化空间数据库, 采用地理信息系统(GIS)和空间统计模型对耕地变化驱动力进行综合分区, 建立自然环境要素、社会经济要素以及外部环境要素共同影响下的耕地驱动力模型, 此研究是对地理现象的时空格局和动态模式研究领域的一种新的探索和尝试.

1 研究背景

在土地利用变化研究中, 驱动力机制是一项重要研究内容^[1]. 驱动力是指导致土地利用方式和目的发生变化的物质环境和社会经济等人文因素. 通常, 获取土地利用变化驱动力信息的方法(模型)有两种, 即经验性诊断模型和概念性机理模型^[2]. 前者通常基于丰富的土地利用空间格局变化历史数据, 将景观变量与土地利用变化的直接原因建立联系^[8]; 而后者则基于对土地利用变化因果关系的分析, 通常建立在对土地利用主体的个体行为的微观解释上^[9,10].

1.1 概念性机理模型

按照新古典经济学理论, 土地用途的转移是土地经营者追求效用最大化的结果. 当占用不同土地的各种用途获利相同时, 便达到了各种用途之间在空间上的均衡状态. 从这一理论出发, 产生了大致两类概念性机理模型.

1.1.1 一般概念性屠能-李嘉图模型

屠能地租理论假设在平原地区, 地表均质, 一个消费中心, 与周围地区不发生经济关系的区域, 土地

经营的产品纯收益, 即总收入除去生产、运输的耗费, 就完全取决于距离消费中心的远近^[11]. 自从 1960 年代以来, 经济地理学、区域经济学、城市经济学及土地经济学领域重新发展了屠能地租理论. Konagaya 提出的一般概念性屠能-李嘉图模型(GTR)^[12], 运用了两种解释变量. 一类是反映区位差异的变量, 称为屠能成分; 一类是反映立地质量的变量, 通常是土地的自然条件, 称为李嘉图变量. 由于 GTR 模型中的解释变量有许多空间成分, 因而可以用来对土地利用变化的空间分布进行详尽化的描述与预测. 然而, 完善的竞租曲线模型在现实中难以实现, 原因包括地租难以从利润中分离出来; 与地租和地价直接相关的经济数据不易获得; 尽管巴洛维曾提出综合区位与立地质量的土地利用能力的概念^[13], 但在实际操作上, 两者难以综合.

1.1.2 一般均衡模型

局地的土地利用格局被看作是各个土地经营者自我决策的结果, 即基于自然条件的可能性、经济的可行性以及体制的可容性等三重框架. 其数值形式可以有多种, 如采用了线性规划方法的英国 Newcastle 大学的 NELUP 项目的土地利用模型^[14], 美国的森林和农业领域最优化模型(FASOM)^[15]等.

1.2 土地利用变化的经验诊断模型

此种模型的典范是 Ehrlich 的公式, 他将环境变化(包括土地利用变化)(I)与人口(P)、贫富状况(A)和技术(T)联系起来^[16]. 此后不断有新的研究者考虑了更多的个体行为因素与空间过程^[17,18]. 国内学者在此理论上对中国不同地区的土地利用变化进行了分析和模拟, 取得了一定的成果^[19~21].

综上所述, 尽管概念性机理模型依据机制过程, 但是复杂的客观条件往往限制模型的应用. 例如, 其模型假设条件有很大局限性, 如土地的非完全市场化. 此外, 土地利用变化在很多情况下受制于外部因素, 并且大量难以获取的模型输入数据也限制了模型的应用. 现有的经验诊断模型中, 即使时空模拟效果较好的模型也往往不能准确把握土地利用变化的内在驱动机制. 大部分经验诊断模型是孤立的个例

研究,研究者局限于研究区内的驱动因素,而忽略了来自区域外部的驱动力。大部分的回归分析往往忽视了土地利用变化本身的空间不独立性而直接采用普通最小二乘法进行参数估计和结果检验,因此研究结果是不可靠的^[22,23]。

本文将全国耕地变化作为一个整体进行系统综合分区,综合考虑区域内部和区域外部的驱动因素差异,不仅考虑自然条件的制约作用与变化过程,而且考虑社会、经济和人文因素的动态过程和区域差异,并通过空间统计模型对全国耕地变化驱动力的综合分区进行验证。

2 数据基础及预处理

本研究主要基于中国科学院资源环境数据中心提供的 20 世纪 80 年代末和 2000 年两期全国土地利用遥感调查数据,数据的初始比例尺为 1:10 万^[4],以及公里栅格土地利用/土地覆盖变化数据^[5,24]。此外还包括,1:25 万全国地理背景数据,80 年代末公里栅格全国生态环境图,石玉林等的中国土地资源潜力分区图^[25],1961~2000 年的气候数据以及 1990,2000 年国家统计局公布的城市和农村分县、市社会经济数据。

自然条件变化以及社会经济的发展均会制约和推动土地利用方式的变化^[15-17]。本文通过采用驱动力映射变量的方法,即通过驱动力的表征或与驱动力相关的数据,首先建立土地利用变化与这些变量之间的关系,然后再对驱动力进行解释。

3 耕地变化驱动力分区

中国 1980 年代末至 2000 年期间,土地利用变化的空间格局具有显著的区域差异^[5],驱动力指数也有不同的区域表现^[26]。因此,构建一个各区域普适性的驱动力模型在目前条件下几乎是不可能的。因此在对全国土地利用变化驱动力进行系统分析与模型构建时首先要进行分区,在此基础上分析驱动力的区域特征并为模型构建提供基本框架。这里的分区不同于传统的区划,即某一类型区可以分布在多个不相邻的单元。

3.1 方法

理论上讲,驱动力分区应该以对驱动力的区域理解为前提。然而由于驱动因素的复杂性和大量数据的处理需求,目前我们还不能直接根据驱动因素本身在县域单元进行分区。本文采用的方案是:首先选取可获得的、从定性上可以反映驱动力作用的映射因子,然后分析这些映射因子与土地利用变化之间的关系,进而分析驱动力与驱动力映射因子的关系,最终,将具有相似驱动力映射变量集并具有相似土地利用变化强度的区域单元划分为同一类型。

3.1.1 基于机理的驱动力映射因子的选择

从长时间尺度看,自然条件对土地利用变化具有重要的影响,而在短时间区间更多的表现为一种约束力。因此我们从地理背景的限制、自然条件的约束、社会经济推动等方面对获取耕地变化驱动力的映射变量。

(1)控制力变量集:包括基本单元内平均高程、坡度和土地资源农作潜力变量。高程和坡度可以影响耕地开垦、耕作的难度,本文以基本单元内平均高程、坡度作为度量。土地资源潜力变量采用石玉林等的中国土地资源潜力分区结果作为先验知识,采用各潜力区的宜农土地比例对其进行定量化,来表示其农作的潜力或饱和度。该潜力分区指标体系包括土壤侵蚀、地形坡度、基岩裸露、土壤质地、有效土层厚度、土壤盐碱化、水文与排水条件、水分条件、温度条件等^[25]。

(2)自然条件变化变量集:包括年均降水量和年均气温的变化。多项研究表明近 10 年来中国北方大部分地区持续干旱^{1)[24,27-30]},降水量的显著减少将会导致耕地转向草地、未利用地等。积温增加将导致蒸散量增加,加剧旱情,已使旱带北移^[30]。目前全球增温现象已得到证实,国际大米协会和美国卡内基协会(Carnegie Institution)的研究发现,气温每上升 1 摄氏度,谷物产量将下降 10%,因为热量增加会抑制植株生长^[31]。若过去十几年的气候极端气候事件频繁

1) Liu J, Liu M, Tian H, et al. Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990-2000: An analysis based on Landsat TM data. submitted to Remote Sensing of Environment, 2005

的趋势继续的话,将使得发展中国家粮食产量降低 3%~5%(亚洲国家为 5%~8%)^[32]. 降水和气温数据采用全国 476 个气象站点逐日气象观测资料数据通过空间插值生成的年均降水和年均积温图层^[24],将 1991~2000 年和 1981~1990 年的年均降水量的差值作为近 10 年年均降水变化变量值,同样方法用于年均积温变化的度量.

(3)经济动力映射变量集:包括各基本单元内 1990~2000 三类产业 GDP 比重变化和人均 GDP 变化、GDP 变化、总人口变化、城镇人口变化. 中国近年来实现了快速的经济增长,经济的发展带动了全国产业结构的调整以及城市的发展;人口增加会增加对粮食的需求,同时生活水平对居住环境也产生不同的需求,特别是随着城市化进程的不断加快,不可避免需要向周边耕地寻求发展的地理空间. 因此通过衡量经济发展的总量(GDP 和人均 GDP)和性质变化(以三类产业的比重表示),人口特别是城镇人口的变化,作为耕地变化的可能驱动因素.

(4)经济社会发展基础映射变量集:包括公路密度、铁路密度. 交通是一个地区发展的基础,土地利用方式的改变部分地制约于交通状况. 交通条件的区域差异可以部分地反映区域土地利用方式转变的可能性差异.

(5)经济政策变量:开发区比例,即采用开发区规划面积占所属市、县的面积比来表示,包括经济技术开发区、高新技术产业开发区、出口加工区、保税区和边境经济合作区. 自 20 世纪 80 年代末至 2002 年底,受改革开放招商引资、高技术革命等政策的影响,全国各地掀起了建设开发区的热潮,全国兴建了大小各类开发区 6866 个,规划面积 3.86 万平方公里. 很多开发区圈了地却没钱开发,导致大量良田荒废. 直到 2004 年国家花大力气清理整顿,近 5000 个开发区被核减,目前全国的开发区数量已经减少到 2053 个,规划面积压缩到 1.37 万平方公里. 但开放政策间接导致的开发区建设将是 20 世纪 90 年代耕地减少的一个重要因素. 但由于有开发区的县市零星分布,不宜将该变量纳入分区图层,仅在分区后各类型区的驱动力分析中考察其作用.

(6)城市影响力变量:耕地变化除了受区域内部

的社会经济因素的作用,区域之间以及区域外的因素也是不可忽视的. 区域联系强度是用来衡量区域间经济联系强度大小的指标,既反映了经济中心对周围地区的辐射(扩散与极化)能力,也反映了周围地区对经济中心辐射潜能的接受能力^[33]. 著名地理学家 Taaffe 认为,“经济联系强度同它们的人口乘积成正比,同它们之间的距离平方成反比”^[34]. 笔者认为,同等人口规模而经济基础较好的大城市将更有可能导致周围区县的产业结构的调整从而导致耕地的减少,因此衡量大城市的辐射作用力时选用国内生产总值和总人口的乘积作为一个区域的质量(规模),同时考虑大城市的城市化程度和工业化程度. 而一个县或市受到的城市影响力应该是某个半径内的所有对其有影响的大城市产生的综合辐射力.

借鉴区域经济联系已有的研究成果^[33,34]及考察区域耕地变化的实际情况,定义城市影响力公式如下

$$CityEffect_i = \frac{1}{k_i} SQRT \left(\sum_{j=1, j \neq i}^{k_i} \frac{1}{2} \left(\frac{Townpop_j}{Totpop_j} + \frac{ScndGDP_j}{GDP_j} \right) \times \left(\frac{(Totpop_j \times GDP_j)^a \times (Totpop_i \times GDP_i)^b}{dist_{ij}^d} \right) \right),$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

(1)

式中 $CityEffect_i$ ——一定搜索半径 r 内某县市 i 受到的所有 k_i 个大城市 j (j 为行政级别为地级以上城市) 的平均影响力, $Totpop_i$ 和 $Totpop_j$ 为县 i 和城市 j 的总人口, GDP_i 和 GDP_j 为县 i 和城市 j 的国内生产总值, $Townpop_j$ 为城市 j 的城镇人口, $ScndGDP_j$ 为城市 j 的第二产业增加值, $dist_{ij}$ 为 i 与 j 的距离, 参数 a, b, d 现分别取值为 1, 1, 2. 为了确定城市影响力搜索半径的合理值, 设定搜索半径 r 分别为 100, 150, 200, 250 和 300 km, 将得到的城市影响力分别与各县的耕地减少量进行相关性分析(样本数为 2249), 得其相关系数分别为 0.218, 0.270, 0.266, 0.283 和 0.276, 在 0.01 的显著性水平下均显著相关. 可见, $r=250$ km 是全国各大城市的平均最佳影响半径. 城市影响力图见图 1.

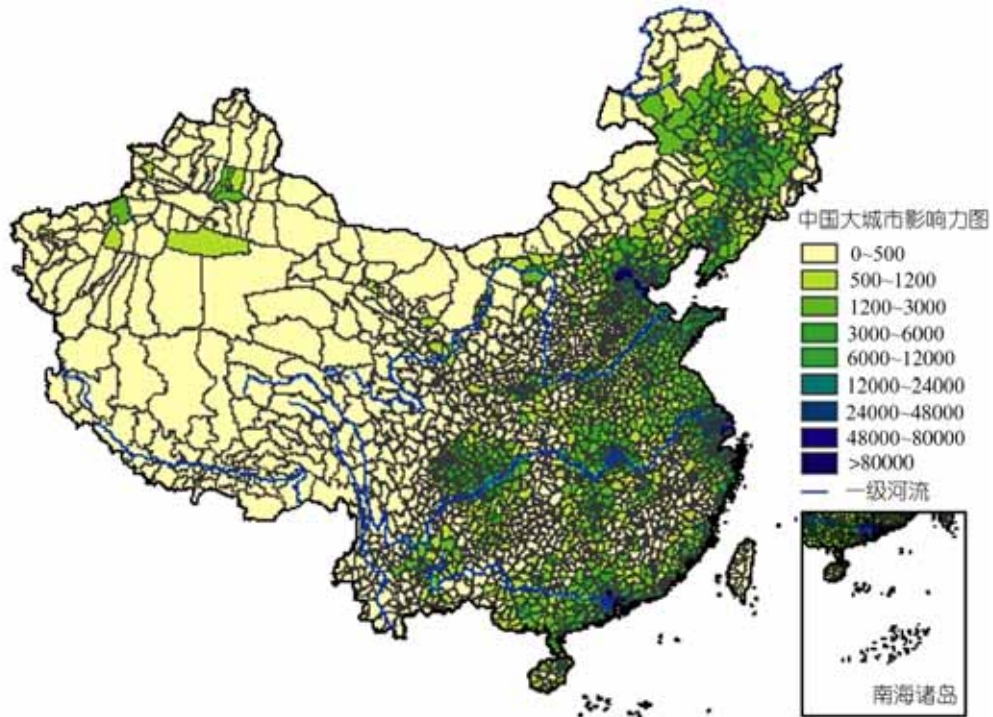


图 1 2000 年中国大城市影响力图

3.1.2 多指标空间变量综合分类方法

耕地变化指标采用县域耕地减少比例和增加比例来表示。上述各驱动力映射变量栅格化后进行标准化处理，使得所有值均处于[-1, 1]。此后将上述栅格变量图层和耕地减少量和增加量数据输入到遥感影像处理软件 ERDAS IMAGINE 中，利用动态聚类方法(ISODATA)(一种非监督自动分类方法)进行综合分类。ISODATA 意为迭代自组织数据分析技术，即首先用最小光谱距离把每一个候选像素赋给一个类，然后不断重复进行整个分类过程并且重新计算统计值，直到达到分类精度或满足最大重复次数为止。在本应用中，中国土地资源潜力分区图是较大尺度的空间数据，直接栅格化为公里格网图层；而高程、气候变化、耕地变化等数据是公里格网数据，为使分类能够收敛，将其向上收集到县域行政单元，取其平均值再栅格化为公里格网；按行政单元收集的社会经

济统计数据直接按行政单元栅格化。通过将不同尺度的数据栅格化、标准化处理再叠加分类，较好的解决了不同尺度空间或属性数据难以进行叠加分析的问题。

3.2 耕地变化驱动力综合分区结果分析

采用上述空间聚类方法对上述驱动力映射因子集和耕地变化数据集进行综合分区，得结果如图 2 所示。

图 2 每类型区内具有相似的自然、社会经济背景和相似的耕地变化情况。根据研究期内土地利用变化^{1) [28]}及分区后耕地变化空间自回归分析，全国及各类型区耕地变化驱动因素及其贡献率见表 1。

各类型区耕地变化特点及驱动因素归纳如下：

类型区 1：位于青藏高原山区，耕地增加和减少面积分别占全国的 4.31%和 2.82%，生态环境恶劣，

1) Liu J, Tian H, Liu M, et al. China's changing landscape during the 1990s: large-scale land transformations estimated with satellite data. Geophysical Research Letter, 2005, (in press)

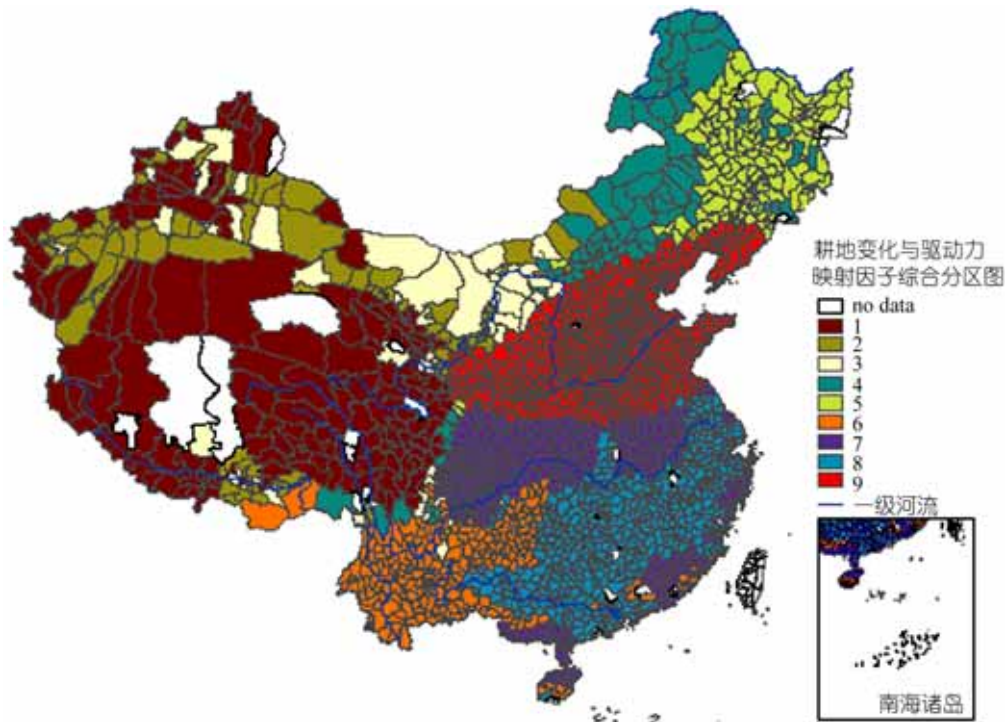


图 2 中国 1980 年代末至 2000 年耕地变化与驱动力映射因子综合分区图

表 1 中国耕地变化驱动因素一览表^{a)}

类名	因变量	自相关系数	开发区比例	城市影响力	人均 GDP 变化	一产比例变化	二产比重变化	三产比重变化	城镇人口变化	总人口变化	年均温变化	坡度	高程	铁路密度	R ²
全国 (2323)	O	0.57	0.18	0.13	0.03		-0.005*		0.02			-0.007		0.02	0.63
1	I	0.65					-0.007		-0.007*		-0.02		-0.02		0.46
(153)	O			-0.13*									-0.005		0.28
2	I								-1.36				-0.006		0.18
(94)	O								0.66						0.13
3	I	0.75													0.54
(55)	O	0.53												0.22	0.28
4	I	0.49			-0.1			-0.05				-0.01			0.42
(79)	O	0.29*													0.08
5	I	0.38											-0.02		0.31
(140)	O	0.29	0.5						-0.21			-0.01			0.17
6	I	0.5					-0.08								0.28
(238)	O	0.31		0.83					0.06		0.01		0.008		0.44
7	I	0.46		0.37					-0.01				-0.004*		0.18
(356)	O	0.57	0.19	0.28	0.06	0.006*				-0.04*		-0.005		-0.02	0.58
8	I														
(519)	O	0.57	0.15	0.16	0.07	-0.03	-0.04		0.03	-0.07		-0.01			0.79
9	I			0.007	0.007		0.002								0.03
(689)	O	0.36	0.15	0.38				0.008	-0.03	0.36	0.02*				0.54
	I	0.64							-0.008						0.35

a) 表中类名下的括号值为该类包含的县(市)数; 因变量值 O 表示减少, 即转出, I 表示增加, 即转入; 带*的表示其 t 值通过 0.05 的显著性检验, 其余为通过 0.01 的显著性检验

经济发展缓慢，耕地稳定少动。耕地减少的主要影响因素是高程、城市影响力；耕地增加的主要影响因素是城镇人口的减少。

类型区 2：主要位于西北自然条件相对较好地区，耕地增加和减少面积分别占全国的 8.83% 和 4.87%，耕地少量减少，大量草地开垦为耕地。耕地减少主要受城镇人口增加影响，耕地转向建设用地；耕地增加则主要是由于积温升高，更适宜开垦耕作。

类型区 3：主要位于西北荒漠化干旱地带，耕地增加和减少面积分别占全国的 3.33% 和 3.95%，草地和未利用地与耕地相互转换，由于生态环境较差，开垦和撂荒并存。耕地减少受高程影响，并且主要在铁路沿线变化；耕地增加与第三产业变化、坡度和人均 GDP 变化负相关，说明耕地主要在地势平坦、第三产业增长和人均 GDP 增长缓慢的地区增加。

类型区 4：主要位于内蒙古中东部半干旱区，耕地增加和减少面积分别占全国的 17.31% 和 10.98%。耕地主要转向草地和未利用地，水土流失^[35]和退耕还林还草政策是其主要原因；耕地增加与高程和人均 GDP 变化负相关，说明耕地主要在地势低洼、人均 GDP 增长缓慢的地区增加。

类型区 5：主要位于东北地区，耕地增加和减少面积分别占全国的 48.7% 和 9.86%，大量林地转为耕地，部分草地和未利用地转为耕地；在部分地区有少量耕地转为林地。耕地主要在平原地区流失，由于本研究的研究时段截止到 2000 年，退耕还林的效果不是太明显，该地区开发区的建设及城镇人口的增加，都是耕地减少的原因；大量增加的耕地与高程和 GDP 的变化关系为负相关，即受利益驱动和贫困生活所迫，并且积温增加更利于耕种，从而农民盲目进行耕地开垦，但近几年气候变干旱，并未带来较高经济增长。

类型区 6：该区位于云贵高原，耕地增加和减少面积分别占全国的 2.15% 和 4.59%。耕地变化的原因有：受周围大城市的拉动、城镇人口增长影响，在海拔较高、积温增加且交通较发达的地区耕地转变为林草地和建设用地，并在部分地区林地转为耕地。

类型区 7：主要位于四川盆地、江淮之间及华南部分沿海地区，耕地增加和减少面积分别占全国的

2.9% 和 11.97%。耕地减少的原因有：开发区占地，收入增加弃耕，周围大城市拉动引致的产业结构调整，第一产业下降，第三产业上升，且主要是在城市边缘或外围地区耕地减少显著。

类型区 8：长江中下游及华南部分地区，耕地增加和减少面积分别占全国的 2.18% 和 22.55%。该地区耕地减少的原因主要是：开发区占地，周围大城市拉动引致产业结构调整，第一产业下降，第二、三产业上升，收入增加弃耕，快速城市化进程导致城市扩张占地。

类型区 9：黄土高原及环渤海地区，耕地增加和减少面积分别占全国的 10.28% 和 28.4%。耕地主要在黄河沿线和辽宁省增加，主要是由于气候变暖变干，农民围垦河流以及人口增加所致；该地区耕地减少的原因主要是：开发区占地，受大城市辐射，积温升高降水减少导致产量下降，收入增长缓慢导致弃耕，产业结构调整，第三产业显著上升。

4 结论与讨论

从上述分析可以看出，中国自 20 世纪 80 年代末到 2000 年发生的耕地变化格局和原因区域差异显著。各地区耕地减少和增加是在地理背景制约下、气候系统和社会经济系统变化共同驱动下发生的。在中西部地区自然条件的制约和推动起主导作用，而在东部较发达地区，社会经济、经济政策的驱动起主要作用。耕地减少在全国范围内是普遍现象，其中起主导作用的因素有：招商引资和对外开放政策背景下的开发区建设、城市化导致的产业结构变化和城镇扩张、人民生活水平提高导致的就业观念的改变、气候变化导致的耕种收益的下降、交通条件的改善等等，这些因素相互作用、相互依赖，共同导致了近年来耕地大量减少的局面。耕地增加则主要由于农民集体或个人为增加收入，并在气候条件允许下，开垦林地、草地或未利用地。为了提高决策参考的精度，对全国进行分区，分别探索其驱动力是非常必要的。

需要指出的是，在检验分区的合理性时，需要采用空间统计的方法进行。因为社会经济数据和耕地变化数据是按行政界线统计的，具有固定的空间位置，往往存在空间效应，即空间数据通常不满足一般

回归分析所要求的独立性分布^[36]。从而使得普通线性回归的结果不可靠。因此需要对其进行空间自相关检验,并建立空间自回归模型来检验分区的合理性。通过对耕地减少最显著的类型区 7, 8 和 9 分别建立空间自回归模型发现,其拟合度分别从普通最小二乘拟合的 0.43, 0.68 和 0.48 提高到 0.58, 0.79 和 0.54,在大样本条件下,回归结果是可以接受的。这说明本文的研究结果是合理的。

综上所述,本文采用 GIS 和遥感技术首先对全国耕地变化与自然、社会经济状况进行分区,然后对其分而治之探求驱动力因素的思路是正确的。从变量选择方面,本文引入了区域经济研究领域中很重要的区域经济联系因素来解释耕地变化的原因,并取得了良好的结果。另外本文采用空间统计分析方法构建空间自回归模型进行分区合理性检验,避免了对空间数据采用普通最小二乘估计带来的不充分的缺陷。本文的研究结果可以为国家领导人制订相应的法规、政策提供依据,本文的研究方法为进一步研究其他种类土地利用变化提供了借鉴。

在今后的研究中,将继续完成其它土地利用变化的驱动力探索。另外,对非线性强烈的类型区,将采用人工神经网络方法和遗传规划方法对其进行研究。

致谢 作者对中国科学院资源环境数据中心的土地利用遥感调查数据和基础地理数据的支持,以及刘纪远、庄大方、刘彦随研究员,王英安、武继磊、韩卫国、李新虎、孙腾达、赵永博士的帮助,在此一并表示感谢!

参 考 文 献

- Turner II B L, Meyer W B, Skole D L. Global land-use / land-cover change: towards an integrated study. *Ambio*, 1994, 23(1): 91~95
- Frolking S J, Qiu S, Boles X. Combining remote sensing and ground census data to develop new maps of the distribution of rice agriculture in China. *Global Biogeochem. Cycles*, 2002, 16(4): 1091, doi:10.1029/2001GB001425
- Crook F W. Underreporting of China's cultivated land area: Implications for world agricultural trade, In: USDA, International Agriculture and Trade Report, China. Document RS-93-4. Washington D C (ERS, USDA), 1993
- Liu J, Liu M, Deng X, et al. The land use and land cover change database and its relative studies in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(3): 275~282
- 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. *中国科学, D 辑*, 2002, 32(12): 1031~1040
- 王敬中. 国土资源部: 2003 年我国耕地净减近四千万亩. 新华网, 2004-02-24. http://news.xinhuanet.com/zhengfu/2004-02/24/content_1328752.htm
- 李秀彬. 土地利用变化的解释. *地理科学进展*, 2002, 21(3): 195~203
- Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land-use and land-cover Change (LUCC)-implementation strategy. IGBP Report 48 & IHDP Report 10. IGBP: Stockholm, 1999
- Lambin E F. Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 1997, 21(3): 375~393
- Irwin E G, Geoghegan J. Theory, data, methods: developing spatially explicit economic models of land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, 85: 7~24 [\[DOI\]](#)
- 吴湘玲. 运用区位地租促进农业发展. *陕西师大学报(自然科学版)*, 1994, 22(1): 67~70
- Konagaya K, Morita H, Otsubo K. Chinese land use predicted by the GTR-Model. Discussion paper in the 1999 Open Meeting of the Human Dimensions of Global Environmental Change Research Community, Tokyo, 1999
- 巴洛维. 谷树忠等译. *土地资源经济学——不动产经济学*. 北京: 北京农业大学出版社, 1989
- O Callaghan J R. Land use-the interaction of economics, ecology and hydrology. London: Chapman & Hall, 1996
- IGBP/HDP. Land-use and land-cover change science/ research plan. IGBP Rep, 1995(35) and HDP Rep, 1995(7)
- Ehrlich P R, Ehrlich A H. The population explosion. New York: Simon & Schuster, 1990
- Riebsame W E, Parton W J, Galvin K A, et al. Integrated modeling of land use and cover change. *Bioscience*, 1994, 44(5): 350~356
- Irwin E G, Bockstael N E. Interacting agents, spatial externalities and the evolution of residential land use patterns. *Journal of Economic Geography*, 2002, 2: 31~54 [\[DOI\]](#)
- 朱会义, 何书金, 张 明. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析. *地理研究*, 2001, 20(6): 669~677
- 张永民, 赵士洞, 张克斌. 科尔沁沙地及其周围地区土地利用变化的时空动态模拟. *北京林业大学学报*, 2003, 25(3): 68~73
- 史培军, 陈 晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. *地理学报*, 2000, 55(2): 151~160
- Anselin L. *Spatial econometrics: methods and models*. Kluwer Academic Publishers: The Netherlands, 1988
- Haining R. *Spatial data analysis: theory and practice*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003
- 刘明亮, 唐先明, 庄大方, 等. 基于融合技术的结构性栅格时空数据平台的构建. *地球信息科学*, 2003, 4: 63 ~ 68

- 25 石玉林等编. 《中国 1:100 万土地资源图》土地资源数据集. 北京: 中国人民大学出版社, 1991
- 26 李平, 李秀彬, 刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析. 地理研究, 2001, 20(2): 129~138
- 27 Deng X, Liu J. Modeling the relationship of land use change and some geophysical indicators for the interlock area of farming and pasturing in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, 12(4): 397~404
- 28 Liu J, Liu M, Zhuang D, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995~2000. *Science in China, Ser D*, 2003, 46(4): 373~384
- 29 刘明亮. 中国陆地生态系统碳循环对气候和土地利用变化的响应. 博士后出站报告. 2003
- 30 张国平, 刘纪远, 张增祥. 近 10 年来中国耕地资源的时空变化分析. 地理学报, 2003, 58(3): 323~332
- 31 中国谷价上涨是世界粮食危机先兆. 翁牛特农业信息网, 2003-11-23. <http://www.wntagri.gov.cn/news/about.asp?id=379>
- 32 曹明奎. 气候变化挑战农业系统和食物安全. 科学时报, 第四版, 2004-05-13
- 33 Taaffe E J, Gauthier H L. Transportation geography and geographic thought in the United States: an overview. *Journal of Transport Geography*, 1994, 2(3): 155~168 [\[DOI\]](#)
- 34 张落成. 城市区域辐射与沿海经济低谷崛起. 规划师, 2001, 34(4): 34~37
- 35 全国水土流失公告(2000). 中国水资源网, <http://www.ewater.net.cn/public/public/bulletin.asp>
- 36 王劲峰, 李连发, 葛咏, 等. 地理信息空间分析的理论体系探讨. 地理学报, 2000, 55(1): 92~103
- 37 Xiao X, Liu J, Zhuang D, et al. Uncertainties in estimates of cropland area in China: a comparison between an AVHRR-derived dataset and a Landsat TM-derived dataset. *Global and Planetary Change*, 2003, 784(37): 297~306
- 38 刘旭华, 王劲峰. 空间权重矩阵的生成方法与实验. 地球信息科学, 2002, 4(2): 38~44
- 39 国家统计局. 中国分县农村经济统计概要. 北京: 中国统计出版社, 1991
- 40 国家统计局. 中国县(市)社会经济统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2001
- 41 国家统计局. 中国城市统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1991, 2001