

# 基于 TM 数字图像的耕地变化检测及其驱动力分析

赵庚星<sup>1</sup>, Ge L in<sup>2</sup>

(1. 山东农业大学资源与环境学院, 泰安 271018; 2 Regional Research Institute,  
West Virginia University, Morgantown, WV 26505-6300, USA 26505-6300)

**摘要:** 以黄河三角洲垦利县为研究靶区, 采用多时相陆地卫星 TM 数据, 对耕地的动态变化及其驱动力进行了系统研究。采用人机交互式的目视解译和人工修正方法提取耕地信息, 以分类后比较法和历史土地利用专题图支持下的目视检测方法进行耕地变化信息的获取。在此基础上, 建立了基于 TM 数字图像的耕地变化及其自然和人为驱动力指标, 通过耕地变化及其相关因素分析、空间一致性分析等, 确定了耕地变化的驱动因子。结果表明: 从 1987 年至 1998 年, 垦利县耕地面积减少了 5 321.8 hm<sup>2</sup>, 平均每年减少 483.8 hm<sup>2</sup>, 耕地的减少主要分布于中部稻田区和东北部旱区。不良的人为活动、土壤盐渍化和水源的匮乏是该区耕地动态变化的驱动因子。

**关键词:** 耕地变化; 驱动力; TM 图像

中图分类号: F301.21; TP753

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0298-04

## 0 引言

土地利用/土地覆盖变化(LUCC)研究是国际地圈-生物圈计划(IGBP)和国际全球变化的人类因素计划(IHDP)共同的核心研究内容, 从生态和社会经济的角度均具有重要的意义<sup>[1]</sup>。目前该方面的研究多为宏观尺度, 而局域尺度的详细研究较少。土地利用及土地覆盖变化驱动力可以归纳为二种类型, 即自然驱动力和人文驱动力<sup>[2]</sup>, 二者相互作用, 共同驱动土地利用变化。卫星遥感的影像特征是地面自然和社会经济现象的共同反映, 体现了自然因素和社会经济条件的融和。根据文献报道, 遥感土地监测中不超出同一土地利用类型光谱特征范围的光谱变化, 常常由自然因素引起, 而超出同一土地利用类型光谱特征范围之外的光谱信息的剧烈变化, 则往往是人为因素作用的结果<sup>[3]</sup>。由此, 基于遥感技术的局域尺度土地利用变化的系统研究, 以及通过遥感信息和地面调查、统计等数据整合, 研究土地利用变化的驱动力, 有望获得新的研究结果<sup>[4]</sup>。

黄河三角洲具有非常特殊的自然和社会经济条件, 生态环境十分脆弱, 土地利用及土地覆盖变化频繁, 是资源环境动态变化研究的典型区域。目前该区的研究主要侧重于对其地貌特征和滨海湿地系统<sup>[5,6]</sup>、土地利用及土地覆被变化监测<sup>[7,8]</sup>等方面。对该区土地利用变化驱动力的系统研究有待进一步的探索。本文选择黄河三角洲的垦利县为研究靶区, 采用多时相陆地卫星 TM 数据, 对该区耕地动态变化及其驱动力进行系统的研究, 旨在探索基于遥感的耕地变化及其驱动力的辨识方法, 并对该区土地资源可持续利用及社会经济的可持续

发展提供依据。

## 1 研究方法

### 1.1 数据准备及预处理

采用研究区 1987~1998 年获取的分辨率为 30 m 的 TM 数字图像, 根据研究区各种植物生长的物候历分析, 经研究对比不同时相图像的光谱特征, 确定 2 月下旬到 5 月上旬为耕地变化监测的适宜时相。由此, 选取了 3 个时相的卫星数据: (1) 1987 年 5 月 7 日; (2) 1992 年 4 月 2 日; (3) 1998 年 5 月 5 日。除此, 对垦利县相关的调查统计等专题图件, 资料也进行了收集。

所有图像数据以 1:50 000 地形图为基准进行几何精纠正和配准, 叠加垦利县矢量行政界线, 处理生成不同时相的研究区数字图像, 选择 TM 波段 4, 3, 2 进行假彩色合成, 并进行线性拉伸和高斯低通滤波等增强处理, 以获得最佳目视效果的图像。

### 1.2 耕地及其变化信息的获取

研究区耕地包括水浇地、旱地和水稻田 3 个主要类型, 各自具有不同的光谱特征。分析发现, 不同地类的光谱信息混淆现象普遍存在, 特别是旱地与草地、水稻田与盐荒地等, 常规的光谱统计分类方法难以进行准确的区分。由此, 根据不同时相图像的光谱特征, 在地面实况资料专题图等辅助下, 我们采取了人机交互式的分类方法。在 1987 年图像上, 耕地分布成片而集中, 采用了屏幕直接目视解译方法。而对于 1992 年和 1998 年图像, 由于耕地分布零散, 且与其它类型插花较多, 采用了在计算机光谱分类基础上的人工修正方法。分析发现, 这种交互式的目视解译和人工修正方法, 可以使专家智能和背景知识很好地参与分类过程, 较好地解决耕地光谱信息混淆问题, 从而大大提高耕地信息提取精度。我们以同时期的土地详查变更图件和数据为基准, 对提取结果进行了抽样检查, 结果耕地提取的空间精度可达 95% 以上, 面积精度达 98%。

在此基础上, 采用 2 种方法进行耕地变化的监测, 一是分类后比较法, 即进行各时相分类结果的叠加分

收稿日期: 2003-04-08 修订日期: 2003-11-12

基金项目: 国家教育部留学回国人员基金[教外司留(2002)247号]; 山东省优秀中青年科学家基金(02BS044); 山东农业大学博士后科研基金资助

作者简介: 赵庚星(1964-), 男, 山东垦利人, 博士, 教授。从事土地资源信息技术方面的教学及研究工作。泰安市 山东农业大学资源与环境学院, 271018。Email: zhaogx@sdau.edu.cn

析, 直接检测出耕地的增、减及其与其它地类的转化情况。除此, 根据研究区特点, 我们采用了在历史土地利用专题图支持下的耕地变化目视检测方法<sup>[9]</sup>, 如将 1987 年耕地分布专题图复合在 1992 年的卫星图像上, 目视提取出 1987 至 1992 年的耕地变化信息, 依次类推。通过 2 种方法结果比较, 准确获取耕地的变化信息。

### 1.3 耕地变化驱动力分析

#### 1.3.1 不同类型耕地分布区的划分

根据研究区耕地类型分布状况及其自然环境条件, 将垦利县耕地划分为西南、东北和中部 3 个集中分布区。西南区地形部位较高, 土壤以轻盐化、非盐化为主, 土地利用以水浇地分布为主; 东北区为黄河尾部河道两侧, 由于受黄河淡水影响, 土壤为非盐化和轻盐化, 相对较轻, 主要分布旱地; 中部区地势相对较低, 土壤盐碱程度为中度和轻度, 为三区最重, 耕地以水稻田分布为主。

#### 1.3.2 不同土地利用类型及其主要相关因素的辨识

一定的土地利用类型总是与一定的自然及社会经济因素相联系。因此, 耕地与其它地类的转化将预示着其相关影响要素的变化。由此我们以复合分析方法对研究区主要土地利用类型的相关因素进行了分析, 确定了研究区主要土地利用类型的相关要素。

#### 1.3.3 基于 TM 图像的耕地变化及其自然和人为驱动力指标体系

建立了基于 TM 图像的耕地变化及其自然和人为驱动力指标体系。包括二时相耕地变化率、归一化植被指数 (NDVI) 均值、均值比率、河流、坑塘等自然水域面积比率、二时相光谱反射率灰度值 (DN) 均值比率等。同时, 通过调查统计数据计算了人工沟渠水库、交通道路、居民点等面积比率。这些指标的建立为耕地时空变化驱动力的定量化分析提供了保障。考虑不同时相间的光谱辐射差异, 这些指标均采用比值形式, 从而可以有效地避免或减少大气、日照等条件的影响<sup>[10, 11]</sup>。

#### 1.3.4 空间一致性分析

将获取的耕地变化图与研究区土壤、水文、气候等

专题图件复合, 进行耕地变化与其相应影响要素变异的相关分析, 研究其空间上变化的一致性, 由此筛选耕地变化的主要影响因子。

## 2 结果及分析

### 2.1 耕地的动态变化分析

根据以上的动态监测结果, 不同时相的耕地面积及其变化如表 1 所示。可以看出, 从 1987 年至 1998 年, 垦利县耕地面积减少了 5 321. 8 hm<sup>2</sup>, 平均每年减少 483. 8 hm<sup>2</sup>, 根据前后 2 个时段耕地减少的对比, 1987~ 1992 年减少 330. 82 hm<sup>2</sup>, 而后一阶段为 611. 28 hm<sup>2</sup>, 耕地面积呈现为加速减少的趋势。

表 1 垦利县不同时相的耕地面积及其变化

Table 1 A rea of cultivated land and its changes in different periods in Kenli County

时间	1987-05-07	1992-04-02	1998-05-05	1987~1992	1992~1998	1987~1998
耕地面积 /hm <sup>2</sup>	45608. 8	43954. 7	40287. 0	- 1654. 1	- 3667. 7	- 5321. 8

表 2 垦利县 1987~ 1998 年不同区域耕地动态变化分析

Table 2 Cultivated land changes of different regions during 1987~ 1998 in Kenli County

区域	耕地增加 /hm <sup>2</sup>	耕地减少 /hm <sup>2</sup>	净减少 /hm <sup>2</sup>	地类转换	影响因素
西南区	2001. 4	3314. 6	1313. 2	耕地 盐荒地 盐荒地 水稻田	土壤盐渍化 人为活动
中部区	1906. 1	5136. 9	3230. 8	旱地 水稻田 盐荒地 水稻田	人为活动 水源匮乏 人为活动
东北区	5080. 3	5858. 1	777. 8	耕地 草地 盐荒地 旱地	土壤盐渍化 人为活动
垦利县	8987. 8	14309. 6	5321. 8		

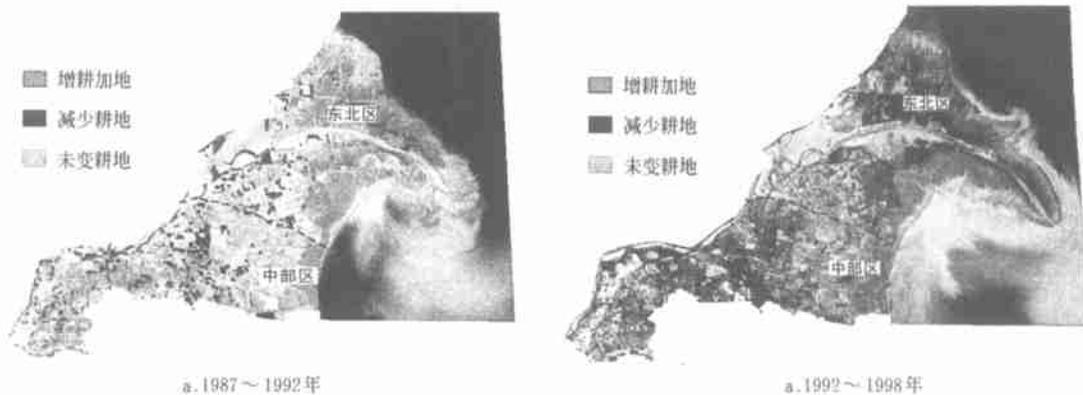


图 1 垦利县 1987~ 1998 年耕地动态变化图

Fig. 1 Cultivated land change during 1987~ 1998 of Kenli County

图 1 和表 2 显示了从 1987~ 1998 年垦利县不同区域的耕地变化情况。可以看出, 减少的耕地集中分布于中部稻田区 (5136. 9 hm<sup>2</sup>) 和东北部旱地区 (5858. 1 hm<sup>2</sup>), 此部分耕地的减少一是水库、沟渠的修建占用;

二是水稻田面积的萎缩; 三是部分旱地沦为盐荒地。增加的耕地主要包括 2 个部分, 其一是黄河口两侧及东北旱地区, 草地被开垦为耕地; 其二则是零散扩展的水稻田。由此, 耕地的减少一方面是受土壤的盐渍化和水源

供应等自然因素影响,另一方面与水库沟渠的兴建等人为活动有关,而耕地的增加则主要是受草地的开垦、稻田开发等人为活动的制约。

## 2.2 耕地变化的驱动力分析

表3显示了垦利县1987~1998年不同区域的耕地变化及其相应的自然和人为因素指标。其中耕地变化率反映耕地增减变化的程度;NDVI均值比率(1998/1987)反映地表植被及土壤自然特性的变化,实际预示着研究区土壤盐渍化程度的变化;DN均值比率(1998/1987)则是反映自然和人为因素影响的综合指标,我们首先计算了二时相研究区各主要土地利用类型的DN均值,然后根据土地利用类型间的转化情况计算其DN均值比率,最后发现同种土地利用类型的变化,其DN均值比率介于0.80~1.20之间,即主要是由于自然因素的影响,而DN均值比率小于0.80或大于1.20则是主要是人为活动影响的结果。同时我们认为,发生于良

好土壤质量条件之上的耕地变化主要是由人为因素造成,而发生于不良土壤质量条件之上的耕地变化则主要是由自然因素造成,或是二者共同作用的结果。

分析对比垦利县3个不同的耕地分布区,可以看出,在西南部水浇地、旱地分布区,耕地变化率最低,而此区二时相的NDVI均值、均值比率和水域比率等自然因素指标是3个区的最高,其它人为因素指标相对较低,因此自然因素,特别是土壤性状的变化是此区耕地变化的主要原因;东北部旱地、水浇地分布区,耕地的变化率中等,NDVI均值比率最低,而反映人为因素指标的DN均值比率差较高,因此人为活动,特别是草地的开垦是导致此区耕地变化的主要原因;中部稻田分布区耕地的变化率最高,二时相NDVI均值最低,NDVI均值比率中等,其DN均值比率之差、水库沟渠比率、居民点比率均为最高,因此,此区土壤条件相对较差,自然因素和人为活动是驱动此区耕地变化的共同原因。

表3 垦利县1987~1998年耕地变化及其影响因素分析

Table 3 Cultivated land changes and related affecting factors during 1987 to 1998

区域	主要耕地类型	耕地净减少/hm <sup>2</sup>	耕地变化率* <sup>1</sup>	自然因素				人为因素				
				1987年NDVI均值* <sup>2</sup>	1998年NDVI均值	NDVI均值比率	水域比率	DN均值比率	DN均值比率差* <sup>3</sup> <0.8~>1.2	居民点比率	水库沟渠比率	交通用地比率
西南区	水浇地 旱地	1313.2	0.4851	0.161	0.310	1.925	1.555	0.646~ 1.495	0.849	1.0343	1.137	1.160
中部区	水稻田	3230.8	0.7674	0.0420	0.0787	1.874	1.296	0.597~ 1.637	1.040	1.0663	1.207	1.0128
东北区	旱地 水浇地	777.8	0.5314	0.0791	0.102	1.290	1.0273	0.661~ 1.574	0.913	1.0015	1.0961	1.0183

\* 1: 耕地变化率= (增加的耕地+ 减少的耕地)/(增加的耕地+ 减少的耕地+ 未变化的耕地);

\* 2: NDVI均值= NDVI/ 像元数;

\* 3: DN均值比率差<0.8~>1.2: DN均值比率大于1.2与小于0.8之差。

由此看出,驱动垦利县耕地变化的主要原因包括自然和人为两个方面,其自然因素一是土壤盐渍化,二是水源的丰缺状况。人为因素主要是不合理的人为活动,包括对草地的盲目开垦、不合理用水,以及对耕地的掠夺式利用等。高蒸降比的气候条件、高矿化埋深浅的地下水,以及偏沙的土壤质地等是研究区土壤盐渍化的内在客观原因,加之由严重的春季干旱和黄河断流造成的水源匮乏,这些自然要素最终导致耕地土壤质量的退化、生产力的降低,使其直至转化为盐荒地等,使耕地面积减少。此过程是一自然的渐变过程,是相对缓慢的。在此基础上,由于不良的人为活动,造成对以上自然过程的扰动,加速耕地土壤的盐渍化进程而导致其土壤质量的加速退化。

## 3 结论及讨论

光谱信息混淆是影响研究区耕地信息提取及其动态监测的重要问题,本研究中利用相关辅助信息,采用交互式的目视解译和人工修正方法提取耕地信息,采用历史土地利用专题图支持下的目视检测方法获取耕地变化信息,取得了理想的结果。

研究结果显示:从1987年至1998年,垦利县耕地面积减少了5321.8hm<sup>2</sup>,平均每年减少483.8hm<sup>2</sup>。耕地的减少主要分布于中部稻田区和东北部旱地区,对比1987~1992年和1992~1998年前后2个时段,耕地的变化呈现为加速减少的趋势。

研究发现,耕地的变化与人为活动、土壤盐渍化和水源的匮乏有高度的一致关系,这3个要素是研究区耕地动态变化的驱动因子。其中土壤盐渍化和水源的匮乏是耕地变化的自然、内在的驱动力,而不良的人为活动则是研究区耕地变化的外部原因、人为驱动力,对耕地的变化过程起加速和推动作用。

要改变研究区耕地迅速减少的现状,应从协调耕地、人类、环境的关系入手,停止对自然植被的破坏,摒弃不合理的土地利用习惯,促使耕地土壤性状的逐步改善和肥力提高,努力创造良好的生态环境条件,使研究区资源环境走上可持续发展之路。

### [参考文献]

- [1] Lucas L F J, Molenaar M. Terrain objects, their dynamics and their monitoring by the integration of GIS and Remote Sensing [J]. IEEE Transactions on Geoscience and

- Remote Sensing, 1995, 33(3): 749- 758
- [2] Turner B L, Skole D, Moss R. Relating land use and global land-cover change [A]. IGBP Report No. 24 and HDP Report No. 5, IGBP/HDP [C], 1993, Stockholm, Sweden
- [3] El-Gamily H I, Nasr S, El-Raey M. An assessment of natural and human-induced changes along Hurgada and Ras Abu Soma coastal area, Red Sea [J]. Egypt, N T. J. Remote Sensing, 2001, 22(15): 2999- 3014
- [4] Kaufmann R K, Seto K C. Change detection, accuracy, and bias in a sequential analysis of landsat imagery in the Pearl River Delta, China: econometric techniques [J]. Agriculture, Ecosystems And Environment, 2001, 85 (1-3): 95- 10
- [5] Xiao D, Li X, Hu Y, et al. Protection of the littoral wetland in northern China: ecological and natural environmental characteristics [J]. Ambio, 1996, 25(1): 2- 5
- [6] Xue C. Historical changes in the Yellow River Delta, China [J]. Marine Geology, 1993, 113(3&4): 321- 329
- [7] Fang H L, Xu J. Land cover and vegetation change in the Yellow River Delta Nature Reserve analyzed with landsat thematic mapper data [J]. Geocarto International, 2000, 15 (4): 41- 47.
- [8] 叶庆华, 刘高焕, 陆洲, 等. 基于 GIS 的时空复合体- 土地利用变化图谱模型研究方法 [J]. 地理科学进展, 2002, 21(4): 349- 357.
- [9] 赵庚星, 田文新, 张银辉, 等. 卫星遥感冬小麦播种面积信息计算机自动提取技术研究 [J]. 农业工程学报, 2001, 17 (4): 135- 139.
- [10] Avery T E, Berlin G L. Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation [M]. Macmillan, N.Y. 1992, 433- 436
- [11] Singh A. Digital change detection techniques using remotely sensed data [J]. International Journal of Remote Sensing, 1989, 10(6): 989- 1003

## TM digital image based cultivated land change detection and driving force analysis in Kenli County of the Yellow River Delta

Zhao Gengxing<sup>1</sup>, Ge Lin<sup>2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China;

2 Regional Research Institute, West Virginia University, Morgantown, WV 26505-6300, USA)

**Abstract** Taking Kenli County of the Yellow River delta as a case, and using digital satellite remote sensing TM data, the cultivated land change and their corresponding driving forces were explored. An interactive interpretation and manual modification procedure were carried out to acquire cultivated land information. Classification results overlay and land use map supported visual change detection methods were employed to cultivated land change detection. Based on the change detection results, indices of cultivated land change as well as its natural and human-related driving forces derived from TM data were established. Driving forces of cultivated land change were determined by spatial analysis between cultivated land and related natural and socio-economic factors. The results showed that cultivated land in Kenli County was decreased by 5321.8 hm<sup>2</sup> from 1987 to 1998, i.e. 483.8 hm<sup>2</sup> per year, which was spatially distributed in central paddy field region and northeast dry land region. Adverse human activities, soil salinization, and water deficiency are the driving forces which lead to cultivated land change in this region.

**Key words** change of cultivated land; driving force; TM image