

# 1990—2008 年江苏省土地利用特征及 MSA 指数变化分析

雷军成<sup>1,2</sup>, 徐海根<sup>2</sup>, 曹铭昌<sup>2</sup>, 关庆伟<sup>1</sup>, 丁晖<sup>2</sup>

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 南京 210037; 2. 环境保护部 南京环境科学研究所, 南京 210042)

**摘要:**为了解 1990—2008 年江苏省土地利用及其导致的平均物种丰富度指数的变化特征,更好地为今后江苏省土地利用规划及相关政策的制定提供更详实的资料。以江苏省 1990—2008 年 5 期土地利用遥感解译数据为基础资料,借助 GIS 技术和数理统计方法,分析江苏省 1990—2008 年土地利用及其平均物种丰富度指数的变化特征。结果表明:1990—2008 年江苏省土地利用和平均物种丰富度指数都发生了明显的变化。综合土地利用动态度和土地利用程度综合指数总体上呈上升趋势;耕地成为土地利用类型流失的主要“源”,而建设用地成为土地利用类型流失的主要“汇”;建设用地重心明显地向东南方向移动;土地利用变化具有明显的时空不均衡性,2000 年以后土地利用变化的数量和强度明显高于 2000 年以前;苏南地区土地利用转化频次明显高于苏北地区;研究时段内江苏省各土地利用类型在 13 个地级市的空间分布,总体上差距不大;反映生物多样性变化的平均物种丰富度指数呈持续下降趋势。

**关键词:**江苏省; 土地利用类型; 空间分布; 转换; 平均物种丰富度

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)01-0194-07

## Analysis on Land Use and MSA Change in Jiangsu Province During the Period of 1990 to 2008

LEI Juncheng<sup>1,2</sup>, XU Haigen<sup>2</sup>, CAO Mingchang<sup>2</sup>, GUAN Qingwei<sup>1</sup>, DING Hui<sup>2</sup>

(1. College of Forest Resource & Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China;

2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China)

**Abstract:** In order to provide more explicit information to guide future land use planning and related policies making of Jiangsu Province, the change characteristics of land use and the mean species abundance (MSA) index of Jiangsu Province were analyzed with the period of 1990 to 2008. Land use data of Jiangsu Province were derived from interpreting remote sensing images. Five time nodes were selected, namely, 1990, 1995, 2000, 2005 and 2008. GIS analysis and mathematical statistics ways were used. The results showed that the land use of Jiangsu Province had changed a lot during the period of 1990 to 2008; great changes had taken place on different land use types. Generally speaking, comprehensive land dynamic degree index and land use degree comprehensive index presented rising tendency with time going; cultivated land was the source of land use loss, while construction land was the sink of land use loss; the centroids of different land use types showed different shift style, among of them, the centroids of construction land shifted southeast evidently; There was significant unbalance of land use change between different area and temporal; from the aspect of time, the quantity and intensity of land use change after 2000 were higher than those before 2000 apparently; from the aspect of spatial scale, the transformation frequency of land use in southern Jiangsu Province was higher than that in northern Jiangsu Province; in the study period, the distribution of different land use types didn't show difference significantly among 13 prefecture level cities; the MSA index which reflected the change of biodiversity decreased continuously.

**Keywords:** Jiangsu Province; land use type; space distribution; transform; MSA

土地利用/覆被变化(LUCC)能够引起地表辐射收支、碳循环及生物多样性等一系列地表生态过程的变化,因此土地利用变化研究成为全球变化研究的核

心研究领域之一<sup>[1-5]</sup>。不同尺度、不同地区、不同时段土地利用变化及其生态环境效应的典型个案研究既是对全球土地利用变化研究的有益补充,也可以为区

收稿日期:2014-03-24

修回日期:2014-04-21

资助项目:国家科技支撑计划(2012BAC01B01)

第一作者:雷军成(1984—),男,江苏省连云港市人,博士,主要从事生物多样性保护研究。E-mail:ljtnt@126.com

通信作者:关庆伟(1964—),男,江苏省南京市人,教授,主要从事城市生态学研究。E-mail:guanjuan999@163.cn

域土地利用规划和相关政策的制定提供科学的理论依据<sup>[6-8]</sup>。国内外学者从不同尺度、针对不同地区开展了大量的土地利用变化及其生态环境效应研究工作<sup>[9-14]</sup>。在土地利用变化及其生态环境效应研究中,土地利用动态度、土地利用程度综合指数、马尔科夫转移矩阵、生态系统服务价值等分析指标和方法得到了广泛的应用<sup>[14-18]</sup>。

江苏省以其独特的区位优势和得天独厚的自然条件,在我国经济发展过程中充当着排头兵的作用。改革开放以来江苏省经济发展迅速,人地之间矛盾突出,但对于江苏省土地利用时空变化特征的研究尚显不足,主要表现在:(1)以往对于江苏省内土地利用变化的研究多集中在沿海或环太湖等热点地区;(2)分析多采用较单一指标描述土地利用变化的时空特征;(3)对土地利用变化引起的生态环境效应,尤其生物多样性变化特征的研究涉及很少<sup>[19-21]</sup>。从国内其他省域尺度土地利用变化的研究看,研究内容多集中在土地利用变化特征分析、驱动力分析和生态系统服务价值评价这三个方面<sup>[22-24]</sup>。本研究采用多指标分析,全方位揭示 1990—2008 年江苏省土地利用的时空变化特征,并分析土地利用变化对江苏省生物多样性的影响,一方面希望为今后全省土地利用规划及其相关政策的制定提供更详实的基础资料;另一方面希望通过对经济发达的平原地区土地利用变化及其生物多样性变化特征的研究,为其他类似区域的研究提供一定的借鉴。

## 1 数据来源及处理

### 1.1 数据来源

研究所使用土地利用数据来源于中国科学院地理资源与科学研究所解译的 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2008 年 5 期全国土地利用栅格数据,空间分辨率为 1 km×1 km;1:400 万全国和江苏省行政区划矢量数据来源于国家基础地理信息系统(<http://nfgis.nsd.gov.cn/>)。

### 1.2 数据处理

利用江苏省 1:400 万行政区划矢量数据,通过 ArcGIS 的空间分析功能,提取出江苏省 1990—2008 年 5 期土地利用类型数据。研究所使用土地利用原始数据将土地利用类型划分耕地、林地、水体等 6 个一级地类,在一级地类基础上又进一步将土地利用类型细分为水田、旱地、有林地等 25 个二级地类。为研究方便和便于横向对比,本研究将获得的土地利用原始数据整理归并到一级分类中的 6 类,即耕地、林地、草地、水体、建设用地和未利用地,并分别编码分别为 1—6。

## 2 研究方法

### 2.1 综合土地利用动态度分析

综合土地利用动态度不考虑土地利用变化的内在过程,定量地反映研究区总体上土地利用变化的速度。考虑土地利用类型转入与转出双向变化过程的综合土地利用动态度计算方法如公式(1)所示:

$$LC = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta U_{i-out} + \Delta U_{i-in})}{2 \sum_{i=1}^n U_{i0}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\Delta U_{i-out}$ ——研究时段  $T$  内土地利用类型  $i$  转变为其它土地利用类型的面积之和; $\Delta U_{i-in}$ ——研究时段  $T$  内其他土地利用类型转变为  $i$  类土地利用类型的面积之和; $U_{i0}$ ——研究区土地利用类型  $i$  的面积; $n$ ——研究区土地利用类型数量; $T$ ——研究时段时间间隔。

### 2.2 土地利用转移分析

根据地图代数原理,计算任意两期土地利用类型栅格图  $A_{i \times j}^k$  和  $A_{i \times j}^{k+1}$  的土地利用马尔科夫转移矩阵,计算公式如下所示<sup>[25-26]</sup>:

$$C_{i \times j} = A_{i \times j}^k \times 10 + A_{i \times j}^{k+1} \quad (2)$$

式中: $C_{i \times j}$ —— $k$  时期到  $k+1$  时期的土地利用变化栅格图; $A_{i \times j}^k$ —— $k$  时期土地利用类型栅格图; $A_{i \times j}^{k+1}$ —— $k+1$  时期土地利用类型栅格图。

### 2.3 土地利用程度变化分析

土地利用程度反映了土地利用的广度和深度,它不仅能反映土地利用类型本身的自然属性,还能反映出土地系统中人类因素和自然环境的综合效应。刘纪远等从生态学的角度出发,提出了土地利用程度综合分析方法,即将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为 4 个级别:土地未利用级、土地自然再生利用级、土地人为再生利用级和土地非再生利用级,并分别赋值 1~4(见表 1)。土地利用程度计算公式为<sup>[27-29]</sup>:

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i \quad L \in [100, 400] \quad (3)$$

式中: $A_i$ ——第  $i$  级土地利用程度分级指数; $C_i$ ——第  $i$  级土地利用程度分级面积百分比; $n$ ——研究区土地利用类型数。

表 1 土地利用程度分级赋值

土地利用程度分级	土地利用类型	分级指数
未利用级	未利用地	1
自然再生利用级	林地、草地、水体	2
人为再生利用级	耕地	3
非再生利用级	建设用地	4

## 2.4 土地利用类型重心转移分析

将 1990—2008 年江苏省 5 期土地利用栅格数据按不同土地利用类型转换为矢量多边形数据后,利用 ArcGIS 多边形重心分析功能,求取 1990—2008 年江苏省各土地利用类型的重心。

## 2.5 土地利用转化频次分析

根据地图代数原理,计算获得 1990—2008 年研究区土地利用类型转移历史序列栅格数据,公式如下:

$$K_{i \times j} = A_{i \times j}^{1990} \times 10000 + A_{i \times j}^{1995} \times 1000 + A_{i \times j}^{2000} \times 100 + A_{i \times j}^{2005} \times 10 + A_{i \times j}^{2008} \quad (4)$$

式中: $K_{i \times j}$ ——1990—2008 年土地利用类型转移历史序列栅格图; $A_{i \times j}^{1990}$ ——1990 年研究区土地利用类型栅格图,其余分别为 1995 年、2000 年、2005 年、2008 年研究区土地利用类型栅格图;

获得的土地利用类型转移历史序列栅格数据的万位数到个位数依次代表 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2008 年各栅格点上依次出现的土地利用类型。统计研究时段内各栅格点上土地利用类型转换的频次。

## 2.6 土地利用类型空间分布

空间洛伦茨曲线和基尼系数(Gini coefficient, GI)是重要的经济学分析方法,在非经济领域得到一定的应用<sup>[30-32]</sup>。本研究以江苏省 13 个地级市国土面积占全省国土面积累积百分比为横坐标,以 13 个地级市各土地利用类型占全省该土地利用类型累积百分比为纵坐标,绘制 1990—2008 年江苏省各土地利用类型在 13 个地级市空间分布的洛伦茨曲线,并计算基尼系数。基尼系数越趋近于 0,说明某种地类在 13 个地级市的空间分布越均匀;越趋近于 1,则说明空间分布越不均匀。参照联合国有关组织对于居民收入基尼系数的规定,本研究将  $GI < 0.2$  表示“分布平均”, $0.2 \leq GI < 0.3$  表示“相对平均”, $0.3 \leq GI < 0.4$  表示“相对合理”, $0.4 \leq GI < 0.5$  表示“差距大”, $GI > 0.6$  表示“差距悬殊”。

## 2.7 MSA 变化分析

为了评估土地利用变化、生境破碎化、人为干扰等因素对不同生态系统生物多样性的影响,Alkemade 等提出 GLOBIO3 评估框架。GLOBIO3 评估框架通过平均物种丰富度(Mean Species Abundance, MSA)指数反应评价单元上生物多样性的时空变化。MSA 实际上是衡量生态系统偏离其原始或自然状态的一个指标。以未受干扰自然状态下的生态系统的 MSA 值为 1,受干扰越大其 MSA 值降低越多。GLOBIO3 评估框架首先依据不同生态系统受人为干扰的强弱,赋予不同生态系统一个初始的 MSA 值,然后进一步考虑生境破碎化、面积效应、边

界效应等对生态系统生物多样性的影响,最终得出评价单元的 MSA 值。本研究基于 GLOBIO3 评估框架,各生态系统类型初始 MSA 赋值,参考《中国生态系统服务与管理战略》,同时结合研究区实际,取值为耕地 0.2,林地 0.5,草地 0.35,河流与湖泊 0.7,建设用地 0.05,未利用地 0.7<sup>[33-34]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用结构变化特征

1990—2008 年江苏省土地利用状况发生了明显的变化(图 1),主要表现为建设用地、水体面积的持续增加和耕地、草地面积的逐渐减少。1990—2008 年,江苏省建设用地面积从 4 280 km<sup>2</sup> 增加到 9 971 km<sup>2</sup>,增加了 1.33 倍,年均递增 4.81%;水体从 10 382 km<sup>2</sup> 增加到 11 362 km<sup>2</sup>,增加 980 km<sup>2</sup>;耕地从 1990 年的 81 956 km<sup>2</sup> 减少到 2008 年的 75 842 km<sup>2</sup>,净减少 6 114 km<sup>2</sup>,年均减少 340 km<sup>2</sup>;草地面积从 964 km<sup>2</sup> 减少到 548 km<sup>2</sup>,减少 43.15%;林地面积变化不大,2008 年比 1995 年减少 138 km<sup>2</sup>;未利用地净变化面积不大,但由于基数小,因此变化率较大,减少 30%。2005—2008 年耕地、林地、草地、水体、建设用地这 5 种主要土地利用类型的变化幅度要远高于其他时期(1990—1995 年水体变化除外)。

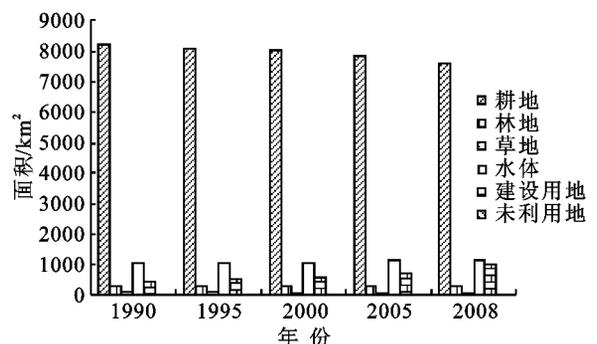


图 1 1990—2008 年江苏省各土地利用类型面积变化

### 3.2 综合土地利用动态度特征

江苏省 1990—2008 年综合土地利用动态度变化如图 2 所示。1990—2008 年江苏省土地利用的平均年变化率为 0.45%,但不同时段的变化率有明显的差别,1995—2000 年的变化率最低为 0.18%,2000 年以后各时段的变化率要明显高于历史时期。

### 3.3 土地利用类型转移特征

1990—2008 年江苏省土地利用类型转移的马尔科夫转移矩阵如表 2 所示(仅分析土地利用类型的最终转移结果,不考虑转移的中间过程)。从不同土地利用类型的转移模式来看,1990—2008 年江苏省建设用地的增加主要来源于耕地,有 5 586 km<sup>2</sup> 的耕地最终转化为建设用地,占耕地流失总面积的 81.36%和建设用地净增加面积的 98.16%;耕地除主要转化

为建设用地外,还转化为水体,达 1 081 km<sup>2</sup>,占耕地流失总面积的 15.74%;草地的减少主要转化为耕地、水体和建设用,三者总面积达 449 km<sup>2</sup>,合占草地流失总面积的 98.68%;林地的减少部分主要转化为耕地和建设用,二者合占林地流失总面积的 93.62%。从总体上可以看出建设用地成为其他土地利用类型流失的主要去向。

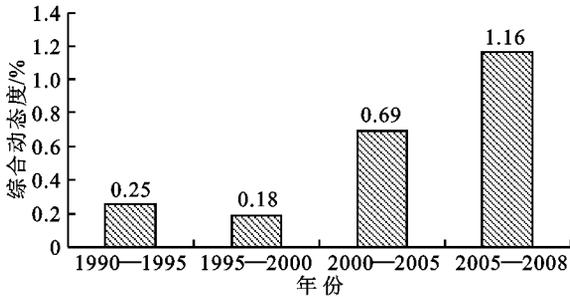


图 2 1990—2008 年江苏省综合土地利用动态度变化

表 2 1990—2008 年江苏省土地利用类型转移矩阵

土地利用类型	km <sup>2</sup>					
	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地
耕地	75090	182	16	1081	5586	1
林地	221	2818	7	15	102	0
草地	189	6	509	137	123	0
水体	169	13	12	10107	81	0
建设用地	172	6	4	20	4078	0
未利用地	1	0	0	2	1	6

表 3 1990—2008 年江苏省各土地利用类型重心转移(1°)

年份	耕地	林地	草地	水体	建设用地	未利用地
1990	119.46,33.02	118.96,32.53	119.73,33.40	119.49,32.46	119.34,33.57	119.19,32.28
1995	119.46,33.03	118.97,32.53	119.74,33.38	119.49,32.46	119.41,33.30	119.78,31.69
2000	119.46,33.04	118.96,32.53	119.57,33.37	119.50,32.46	119.41,33.22	119.85,31.54
2005	119.45,33.06	118.96,32.54	119.46,33.42	119.53,32.43	119.51,33.00	119.68,31.68
2008	119.44,33.08	119.04,32.46	119.63,33.20	119.53,32.43	119.51,32.88	119.59,32.12

### 3.4 土地利用程度变化特征

1990—2008 年江苏省土地利用程度综合指数呈逐渐升高的趋势(见图 3),从 1990 年的 289.2 上升到 2008 年的 295.1。从不同时期土地利用程度变化量来看,各时期土地利用程度综合指数变化量均大于 0,其中 2005—2008 年 3 a 间江苏省土地利用程度综合指数升高 2.77,较 1990—2005 年 15 a 间研究区土地利用程度综合指数升高的量高出近 12.11%。

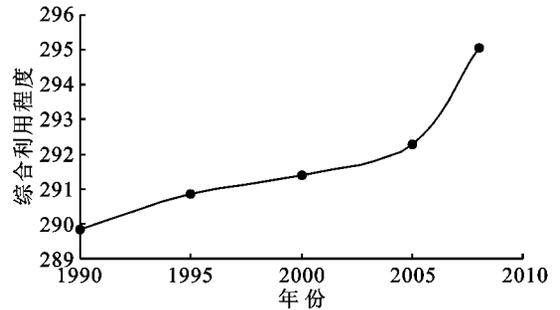


图 3 江苏省 1990—2008 年土地利用程度综合指数变化

### 3.5 土地利用重心转移特征

1990—2008 年,江苏省各土地利用类型重心发生了不同程度的转移(见表 3),以建设用地重心转移规律最为明显。如图 4 所示,1990—2008 年江苏省建设用地重心明显向南偏东方向移动。1990—2008 年 18 a 间江苏省建设用地重心的位移距离达 80 km,年均向南偏东 21.42°方向移动 4.44 km。

### 3.6 土地利用转化频次特征

江苏省 1990—2008 年各栅格点上土地利用类型转换频次如图 5 所示。可以看出江苏省 1990—2008 年各栅格点上发生土地利用类型转换的地区以 1~2 次转换为主,极少数地区发生 3 次以上土地利用类型的转换。从发生土地利用类型转换地区的空间分布上来讲,苏南地区发生土地利用类型转换栅格的数量和转换的频次都要明显高于苏北地区。

### 3.7 土地利用类型空间分布变化特征

江苏省 1990—2008 年各土地利用类型在 13 个地级市空间分布的洛伦茨曲线和基尼系数变化如图 6 所示。如果某种地类基尼系数变大,说明该地类在 13 个地级市的空间分布趋于越来越不均匀,反之则表示趋于越来越均匀。1990—2008 年江苏省耕地和

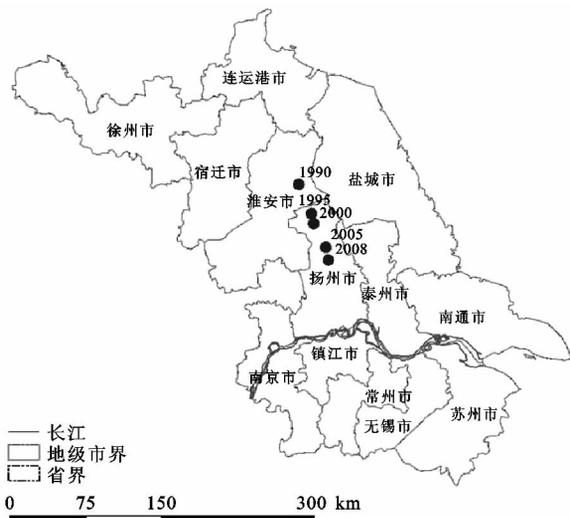


图 4 1990—2008 年江苏省建设用地重心变化

水体在 13 个地级市空间分布的基尼系数有增大的趋势,但增大趋势并不明显,各年份基尼系数均小于 0.2,表明研究时段内江苏省耕地和水体在 13 个地级市的空间分布“分布平均”;建设用地基尼系数的变化呈现以 2000 年为时间节点,1990—2000 年建设用地基尼系数减小,2000—2008 年建设用地基尼系数变大,但总体上研究时段内建设用地在 13 个地级市的空间分布仍可以认为是“分布平均”;2005 年以前,林地基尼系数变化不大,2008 年较 2005 年有明显的上升,总体上研究时段内林地在 13 个地级市的空间分布“相对合理”;草地的基尼系数有明显下降局势,表明草地在研究时段内在 13 个地级市的空间分布有趋向越来越均匀的趋势;未利用地面积小,基尼系数变化较大。

### 3.8 MSA 变化特征

1990—2008 年江苏省各栅格点上 MSA 指数平均值的变化状况如图 7 所示。总体上,1990—2008 年,江苏省 MSA 指数呈持续下降趋势,但是各时间段 MSA 指数的下降幅度不尽相同。1990—2005 年 MSA

指数下降比较缓慢,2005—2008 年 MSA 指数的下降幅度较大,甚至超过了 1990—2005 年 15 a 间总的下降幅度。

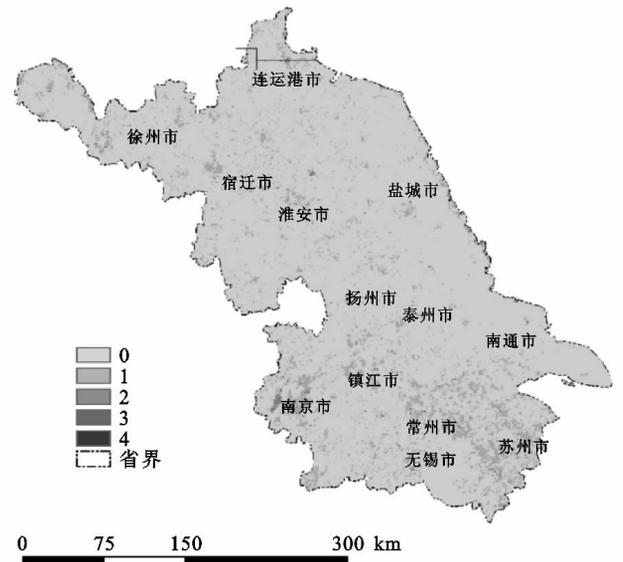


图 5 1990—2008 年江苏省土地利用类型转换频次

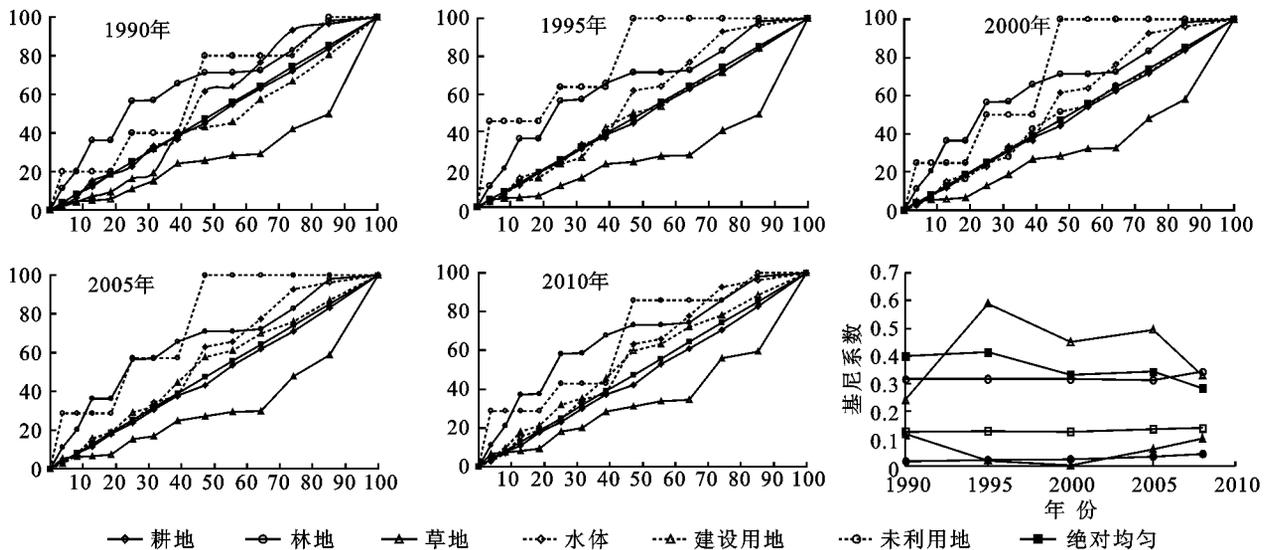


图 6 1990—2008 年江苏省 13 个地级市土地利用空间分布洛伦茨曲线及基尼系数变化

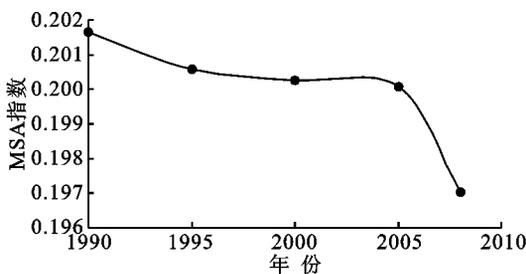


图 7 1990—2008 年江苏省 MSA 指数变化

## 4 结论与讨论

本文利用 1990—2008 年江苏省土地利用类型遥感解译数据,对江苏省土地利用和生物多样性变化特征进行分析。研究结果表明,1990—2008 年江苏省

土地利用及其生物多样性状况都发生了比较明显的变化。

(1) 从总体上看,1990—2008 年,江苏省土地利用变化的主要特点是:建设用地、水体面积的增加和耕地、草地面积的减少。耕地成为土地利用流失的主要“源”而建设用地成为土地利用流失的主要“汇”。究其原因可能主要包含如下几个方面:① 1990—2008 年江苏省总人口从 6 766.9 万增加至 7 676.5 万,增长 13.44%,国内生产总值从 1 416.5 亿元增加至 30 981.98 亿元,增长 20.87 倍,人口增长和经济快速发展导致对居住用地、交通建设用地、企业建设用地等需求量增加;② 农村由于缺乏统一的规划和管理

不严等众多原因,非法占地、超标占地、一户多宅的现象比较普遍,造成宅基地不断向村外扩展,直接造成农村建设用地的扩张和耕地面积的减少<sup>[35]</sup>;③耕地基本位于平原地区和居民区附近,转化为居住用地、企业用地等建设用地的成本相对较低。

(2) 1990—2008 年,江苏省土地利用处于较快速发展时期,但土地利用类型变化表现出比较明显的时间和空间不均衡性。2000 年以后,土地利用变化的数量和强度明显高于 2000 年以前;苏南地区土地利用变化的转换频次明显高于苏北地区。导致这一现象产生的主要原因可能是经济发展的时空差异。1990—2000 年,江苏省 GDP 总量增长 503.86%,但由于基数低,10 a 间 GDP 增长的总量仅为 7 137.19 亿元;2000—2008 年,江苏省 GDP 总量增幅(262.21%),虽然低于 1990—2000 年的增幅,但 GDP 增长的总量却达 22 428.29 亿元,增长量为 1990—2000 年 GDP 增长量的 3 倍多<sup>[36]</sup>。江苏省经济发展的空间差异明显,苏南地区地处“长三角”,受上海市经济辐射的影响和地区工业发展的规模效应,经济发展迅速,大量土地流向居住用地、企业用地和交通用地等建设用地,而苏北地区由于经济发展相对迟缓,第一产业生产总值占地区生产总值比重较高,土地利用类型变动需求小,土地利用类型转换的频次和发生的面积也相对较低<sup>[37-38]</sup>。

(3) 研究时段内,江苏省各土地利用类型在 13 个地级市的空间分布除未利用地外,林地和草地空间分布的基尼系数也相对较高,究其原因可能是由于江苏省自然条件差异所致。林地和草地主要分布于低山丘陵等人工转化难度较大的地区,而江苏省低山丘陵主要位于全省的北部和西南部。

(4) 研究时段内,江苏省生物多样性 MSA 指数呈现持续下降趋势,其直接原因主要是由于 MSA 指数较高的土地利用类型转化为 MSA 指数较低的土地利用类型,如草地和林地转化为耕地,耕地转化为 MSA 指数更低的建设用地;土地利用类型发生转化的同时,伴随着生态系统的破碎化。

本研究利用地图代数原理,充分发挥栅格数据的优势,构建土地利用类型流转历史序列数据,统计并空间化表达每个栅格点上土地利用类型转换的频次,较传统的马尔科夫转移矩阵分析方法能更直观、更详尽地展示土地利用类型转换的强度,可以为以后相关分析提供一定的参考。

需要指出的是,由于不同的研究需要及研究人员对于各土地利用类型的理解和认知不同,同一土地利用方式在不同的研究中可能被划分为不同的土地利用类型,尤其是兼具多种土地利用类型特点的土地利

用方式,如本研究及有些相关研究将盐田归为建设用地,有些研究则将其归为水体,有些研究甚至直接将其归为单独一类<sup>[39-42]</sup>。因此,对于土地利用类型的划分应主要立足于研究需要,在此基础上进一步兼顾不同研究之间的可比性。

本研究也存在一定的不足之处,主要表现在:(1)所使用遥感解译数据的空间分辨率仍不够高,土地利用类型在更细微空间上的变化无法得到充分体现;(2)研究所使用土地利用数据的时间分辨率不够高,无法反应土地利用年季的甚至更高时间分辨率的变化特征;(3)本研究将研究区土地利用类型分为 6 类,掩盖了更低级别土地利用类型的时空转换特征;(4)由于没有研究时段内研究区详细的道路数据,对生态系统破碎化导致的 MSA 指数的降低可能存在过低估计。因此,采用高时空分辨率土地利用数据,基于更精细的土地类型分类,是未来土地利用变化时空特征研究需要优先考虑的方面。

#### 参考文献:

- [1] Tyson P D, Fuchs R, Fu C, et al. The earth system; regional-global linkages [J]. *Regional Environmental Change*, 2001, 2(3): 128-140.
- [2] Verburg P H, Veldkamp W S A, Espaldon R L V. Modeling the spatial dynamics of regional land use; the CLUE-S model [J]. *Environmental Management*, 2002, 30(3): 391-405.
- [3] Yu W H, Zang S Y, Wu C S, et al. Analyzing and modeling land use land cover change (LUCC) in the Daqing City, China [J]. *Applied Geography*, 2011, 31(2): 600-608.
- [4] 盛晟,刘茂松,徐驰,等. CLUE-S 模型在南京市土地利用变化研究中的应用 [J]. *生态学杂志*, 2008, 27(2): 235-239.
- [5] 张跃红,安裕伦,马良瑞,等. 1960—2010 年贵州省喀斯特山区陡坡土地利用变化 [J]. *地理科学进展*, 2012, 31(7): 878-884.
- [6] Long H L, Wu X Q, Wang W J, et al. Analysis of urban-rural land-use change during 1995—2006 and its policy dimensional driving forces in Chongqing, China [J]. *Sensors*, 2008, 8(2): 681-699.
- [7] 蒲雯,张超,王淑华,等. 基于元胞自动机复合模型的村镇土地利用变化模拟 [J]. *中国农业大学学报*, 2012, 17(5): 182-189.
- [8] Turner [B L, Lambin E F, Reenberg A. The emergence of land change science for global environmental change and sustainability [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2007, 104(52): 20666-20671.
- [9] Liu J Y, Zhan J Y, Deng X Z. Spatio-temporal patterns and driving forces of urban land expansion in China during the economic reform era [J]. *Royal Swedish Acade-*

- my of Sciences, 2005, 34(6): 450-455.
- [10] Reidsma P, Tekelenburg T, Van Den Berg M, et al. Impact of land-use change on biodiversity: An assessment of agricultural biodiversity in the European Union [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 114(1): 86-102.
- [11] Temme A J A M, Verburg P H. Mapping and modeling of changes in agricultural intensity in Europe [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2011, 140(1): 45-56.
- [12] 张宁, 曾光建, 美国锋. 近25年来黑龙江省生态系统服务价值对土地利用变化的响应 [J]. *国土与自然资源研究*, 2011(5): 16-18.
- [13] 侯鹏, 王桥, 王昌佐, 等. 流域土地利用/土地覆被变化的生态效应 [J]. *地理研究*, 2011, 30(11): 2092-2098.
- [14] 钱江波, 王恩, 章银柯. 杭州西湖湖西景区土地利用/覆被变化与生态服务价值评估 [J]. *西北林学院学报*, 2011, 26(6): 208-212.
- [15] 柯新利, 韩冰华, 刘蓉霞, 等. 1990年以来武汉城市圈土地利用变化时空特征研究 [J]. *水土保持研究*, 2012, 19(1): 76-81.
- [16] 王秀兰, 包玉梅. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.
- [17] 张杨, 刘艳芳, 丁庆, 等. 1996—2006年武汉市土地利用变化研究 [J]. *生态环境学报*, 2010, 19(11): 2534-2539.
- [18] 胡英敏, 高琼, 兰玉芳, 等. 太仆寺旗2000—2008年EVI对气候及土地利用变化的响应 [J]. *自然资源学报*, 2012, 27(7): 1200-1213.
- [19] 李闽, 孙在宏, 杨素静, 等. 江苏省环太湖地区土地利用结构演变与驱动力分析 [J]. *地球信息科学*, 2008, 10(2): 136-141.
- [20] 王千, 金晓斌, 周寅康. 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制 [J]. *生态学报*, 2011, 31(20): 5903-5909.
- [21] 严长清, 孙伟, 陆效平, 等. 江苏省沿海滩涂土地利用与生态保护研究 [J]. *生态科学*, 2007, 26(3): 263-268.
- [22] 赵哲远, 马奇, 华元春, 等. 浙江省1996—2005年土地利用变化分析 [J]. *中国土地科学*, 2009, 23(11): 54-60.
- [23] 王刚, 谢世友. 基于土地利用变化的重庆市生态系统服务功能价值评估 [J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2011, 36(5): 177-181.
- [24] Tong S Y, Lu Y Y. A Study on Vertical Spatial Transfer of Cultivated Land in Yunnan Province from 1986 to 2008 [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2011, 12(1): 127-132.
- [25] 李吉鹏, 张瑞娟, 李川, 等. 基于GIS和Markov模型的孟达自然保护区土地利用变化研究 [J]. *陕西林业科技*, 2012(5): 31-33.
- [26] 徐嘉兴, 李钢, 张海荣. 太湖流域土地利用变化及其驱动力定量分析 [J]. *国土与自然资源研究*, 2012(3): 19-21.
- [27] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 158-188.
- [28] 吴明发, 欧名豪, 廖荣浩. 经济发达地区土地利用变化及其驱动力分析: 以广东省为例 [J]. *水土保持研究*, 2012, 19(1): 179-183.
- [29] 李阳兵, 谢静, 邵景安, 等. 川东平行岭谷区土地利用变化时空分异特征 [J]. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(4): 422-427.
- [30] 刘景辉, 李立军, 王志敏. 中国粮食安全指标的探讨 [J]. *中国农业科技导报*, 2004, 6(4): 10-16.
- [31] 刘洋, 金凤君, 甘红. 区域水资源空间匹配分析 [J]. *辽宁工程技术大学学报*, 2005, 24(5): 657-660.
- [32] 陈军伟, 孔祥斌, 张凤荣, 等. 基于空间洛伦茨曲线的北京山区土地利用结构变化 [J]. *中国农业大学学报*, 2006, 11(4): 71-74.
- [33] Alkemade R, van Oorschot M, Miles L, et al. GLOBIO3: A framework to investigate options for reducing global terrestrial biodiversity loss [J]. *Ecosystem*, 2009, 12(3): 374-390.
- [34] 陈宜瑜. 中国生态系统服务与管理战略 [M]. 中国环境科学出版社, 2011.
- [35] 吕亚生, 张小林. 江苏省农村城镇化进程中的村庄用地集约化研究 [J]. *中国土地科学*, 2007, 21(2): 65-69.
- [36] 江苏省统计局. 江苏省统计年鉴 [EB/OL]. [2013-05-27]. <http://www.jssb.gov.cn/jstj/jsnj/2009/nj02/nj0203.htm>.
- [37] 曹芳东, 吴江, 徐敏. 基于空间计量经济模型的县域经济发展差异研究: 以江苏省为例 [J]. *地域研究与开发*, 2010, 29(6): 23-28.
- [38] 熊薇, 徐逸伦, 王迎英. 江苏省县域经济差异时空演变 [J]. *地理科学进展*, 2011, 30(2): 224-230.
- [39] 刘艳芬, 张杰, 马毅, 等. 融合地学知识的海岸带遥感图像土地利用/覆被分类研究 [J]. *海洋科学进展*, 2010, 28(2): 193-202.
- [40] 谢菲, 舒晓波, 廖富强, 等. 浮梁县土地利用变化及驱动力分析 [J]. *水土保持研究*, 2011, 18(2): 213-221.
- [41] 孙贤斌, 刘红玉. 江苏盐城市海滨土地利用对景观生态风险的影响 [J]. *国土资源遥感*, 2011, 23(3): 140-145.
- [42] 李振, 黄海军. 胶州湾海岸带土地利用/覆被变化研究 [J]. *国土资源遥感*, 2010, 22(4): 71-76.