

# 经济快速发展地区县级尺度土地利用空间格局变化模拟

谭永忠<sup>1</sup>, 吴次芳<sup>1</sup>, 牟永铭<sup>2</sup>, 王庆日<sup>3</sup>, 余振国<sup>4</sup>

(1. 浙江大学公共管理学院土地管理系, 杭州 310029; 2. 浙江省环境监测中心站, 杭州 310012;

3. 中国土地勘测规划院, 北京 100037; 4. 中国国土资源经济研究院, 北京 101149)

**摘要:** 选择位于长江三角洲地区社会经济快速发展的浙江省海盐县为研究区, 利用 1986 年土地利用空间数据和影响研究区土地利用变化的驱动因子, 运用 CLUE-S 模型, 分别对其 1995 和 2000 年的土地利用空间格局变化进行模拟, 经检验, 模拟结果与实际情况基本吻合。在此基础上, 对研究区未来 20a 的土地利用空间格局变化进行了 3 次不同情景的模拟。结果表明, 县城周围、各中心镇、重点镇建成区周围以及主要公路干线沿线是耕地非农化的高发区, 基本农田保护区的划定对耕地的保护具有重要意义。

**关键词:** 土地利用变化; 空间格局模拟; CLUE-S 模型; 县级尺度

**中图分类号:** F301.24

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2006)12-0072-06

谭永忠, 吴次芳, 牟永铭, 等. 经济快速发展地区县级尺度土地利用空间格局变化模拟[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 72-77.

Tan Yongzhong, Wu Cifang, Mou Yongming, et al. Simulation of land use spatial pattern change on county scale in the rapid economic development region[J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(12): 72-77. (in Chinese with English abstract)

## 0 引言

当前, 中国在土地利用与土地覆被变化研究方面取得了众多的成果, 但是, 随着研究的不断深入, 土地利用与土地覆被变化研究需要更加多样化的研究区域<sup>[1]</sup>, 需要加强中、微观尺度的研究<sup>[2]</sup>。同时, 在区域尺度上, 土地利用变化模式具有高度的空间异质性, 因此, 需要多空间尺度的研究, 将多个案例研究联结为一个可代表区域空间异质性的网络, 从而将地方尺度和区域尺度的土地利用变化动态联系起来<sup>[3-11]</sup>。

县级尺度作为中国行政管理体制中的完整基层单位, 是中国土地资源可持续利用、管理和规划的最佳尺度<sup>[12]</sup>。因此, 在已有宏观研究的基础上, 选择一些具有代表性的县域作为研究案例, 重视对其土地利用空间格局变化的定量模拟研究, 不仅可以为中国土地利用/覆被变化的多空间尺度研究创造条件, 而且可以从宏观尺度上有效地把握土地利用与土地覆被变化的现代过程<sup>[13,14]</sup>, 并更有利于理解与认识土地利用/覆被变化对土地可持续利用的影响, 也有利于与当前土地管理工作的实际需要更好地相结合。

地处长江三角洲地区的浙江省海盐县, 为经济快速发展过程中的区域土地利用空间格局动态变化模拟研究, 提供了较为理想的条件。近 20a 来, 海盐县在经济迅速发展的同时, 土地利用/土地覆被也发生了前所未有的快速变化, 各种土地利用类型发生转换的总面积

达 4566.50 hm<sup>2</sup>, 占全县土地总面积的 8.60%, 其中水田转化为其他土地利用类型的面积达 4182.0 hm<sup>2</sup>, 占全县水田面积的 10.03%。基于此, 本文选取海盐县为例, 对其未来的土地利用空间格局变化进行模拟研究。

## 1 研究区概况和数据

### 1.1 研究区概况

海盐县位于长江三角洲南翼, 东濒杭州湾, 西南邻海宁, 北连嘉兴郊区及平湖市, 距上海、杭州、苏州均百余公里, 交通便利。面积 530.93 km<sup>2</sup>, 2000 年总人口 36.49 万人。近 20a 来, 海盐县社会经济迅速发展, 2001 年位居全国最发达 100 县(市)名单的第 42 位。1985~2000 年全县国内生产总值年均增长速度为 11.71%。2000 年全县人均国内生产总值和农民人均纯收入分别达 15659 万元/人和 4667 元/人。1985~2000 年全县总人口增加了 9.84%, 城镇化水平(城镇人口占总人口的比重)上升了 5.87%。

### 1.2 数据来源及处理

数据由空间数据和社会经济统计数据组成。空间数据来源于研究区 20 世纪 80 年代中期(1985/1986 年)、90 年代中期(1995/1996 年)和 90 年代末期(1999/2000 年)的 Landsat TM 遥感图像解译结果。土地利用分类采用中国科学院资源环境数据库中的全国 1:10 万土地利用分类系统。根据研究区土地利用类型的数量和分布特征, 将原土地利用数据类型进行合并, 得到 9 个土地利用类型, 其名称和编号分别是: 水田—11、旱地—12、林地—2、内陆水域—4、滩涂—45、城镇用地—51、农村居民点用地—52、其他建设用地—53 和未利用土地—6, 其中内陆水域包括河渠、湖泊、水库坑塘和滩地。数据按 ARC/INFO 的 COVERAGE 格式存储, 数据处理采用 ARC/INFO 8.3 版。三个时期的土地利用格局见图 1。

收稿日期: 2006-02-17 修订日期: 2006-10-19

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAJ11B03); 国家自然科学基金项目(40471055); 浙江大学“曙光”计划项目资助

作者简介: 谭永忠(1970-), 湖南涟源人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源管理研究。杭州 浙江大学东南土地管理学院, 310029。

Email: tanyz@zj.com

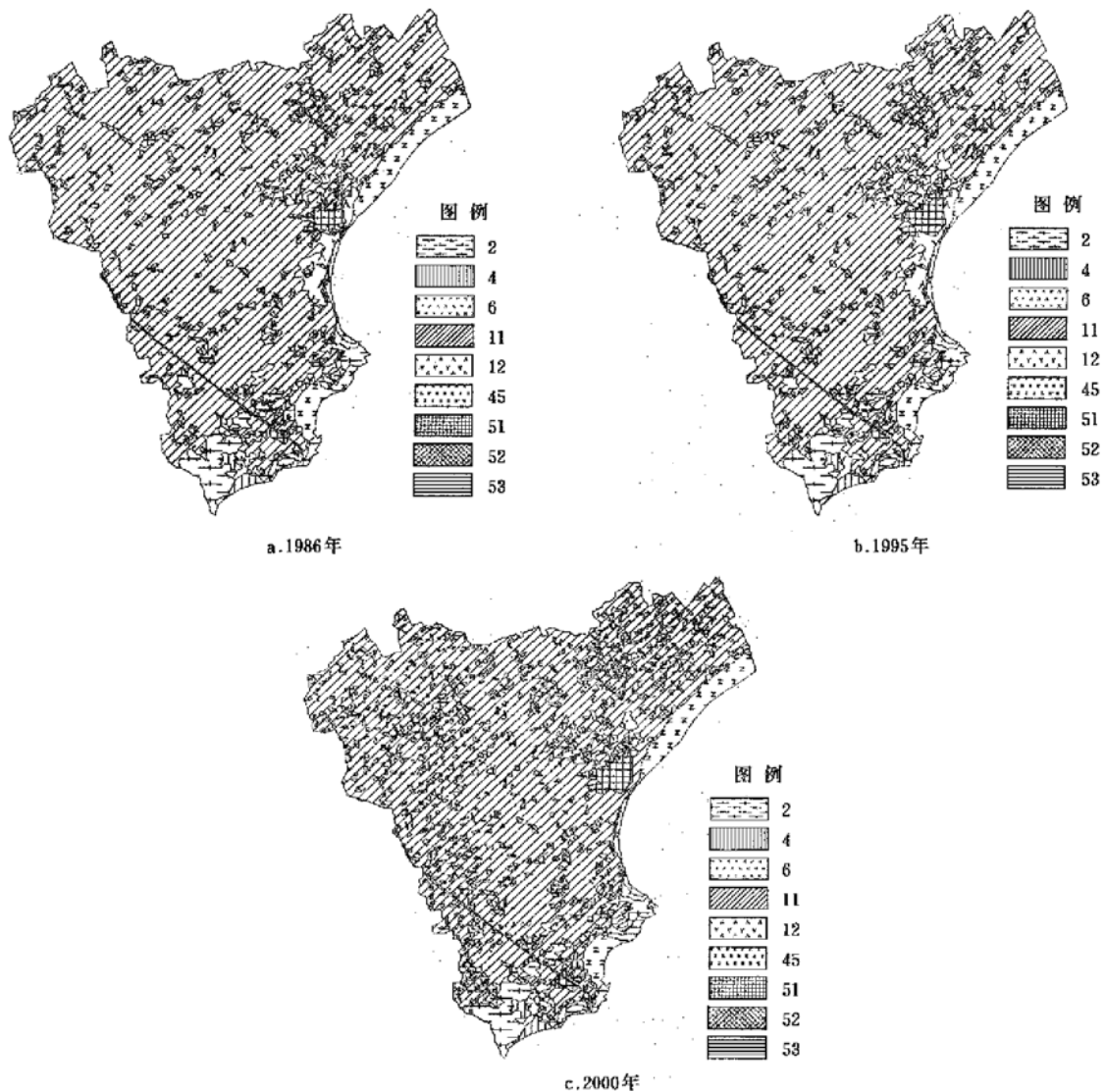


图 1 1986、1995 和 2000 年海盐县土地利用现状图

Fig. 1 Land use situation in 1985, 1995 and 2000 in Haiyan county

社会经济统计数据主要包括历史统计数据和未来规划数据。数据资料主要来自《海盐县统计年鉴》(1987~2001)、《海盐县土地志》、《海盐县土地利用总体规划》、《海盐县“十五”计划和 2020 年国民经济远景发展规划》、《海盐县国民经济和社会发展统计公报》(1987~2001)、《海盐县交通发展规划》、《海盐县水利建设规划》等。

## 2 研究方法

### 2.1 模拟模型

本研究采用 CLUE-S 模型对研究区的土地利用空间格局变化进行模拟。该模型是由荷兰瓦赫宁根大学的 P. H. Verburg 等人在 CLUE 模型的基础上为小范围的研究区域开发的。该模型是在对区域土地利用变化的经验理解的基础上,通过对土地利用变化与其社会、经济、技术及自然环境等驱动因子之间的关系的定量分析,来模拟土地利用变化,探索土地利用时空演变的基本规

律,进而对未来土地利用变化进行预测<sup>[15]</sup>。与大多数的经验模型相比较,其特点在于,该模型通过对区域各种土地利用类型之间的竞争的动力学仿真,同时模拟多种土地利用类型的变化<sup>[16]</sup>。

### 2.2 模型设置

#### 2.2.1 土地需求模块的设置

CLUE-S 模型中的需求模块是相对独立的,但要求把不同需求方案的结果输入模型,以便进行不同的空间分配和空间模拟,因此需要对不同的土地需求方案进行预测。本研究运用 GM(1, 1) 和 NARMA(p, q) 递归网络相结合的 FNN 组合预测模型,对研究区 2001~2020 年各年度的土地需求量进行预测,得到需求方案 1。

1986~2000 年,研究区的土地利用变化呈现水田大量减少,各类建设用地面积大量增加的特征,水田共减少了 3269.15 hm<sup>2</sup>,占 1986 年水田面积的 7.84%,各类建设用地增加了 3368.50 hm<sup>2</sup>。而需求方案 1 是对土地利用变化的历史趋势通过时间序列分析而得到的预

测结果,很大程度上受研究区 1986~2000 年土地利用变化趋势的影响,但这种趋势将受到研究区的资源约束和中国耕地保护政策的双重制约,未来 20a 这种趋势难以长期延续,因此,对需求方案 1 进行修正,得到需求方案 2。由于本文的主要目的是探索研究地区未来的土地利用格局变化情景,重点在于时空定位,所以,此处略去了对需求方案 1 进行修正的具体计算过程,而仅给出了需求方案 2 的预测结果(表 1)。比较两个需求方案,其主要差别在于需求方案 2 的城镇用地和其他建设用地规模较小,而水田面积较大。

表 1 2020 年研究区各土地利用类型的两种数量需求方案

Table 1 Two kinds of quantity demand plan of different land use types of the study area in 2020  $\text{hm}^2$

土地利用类型	需求方案 1	需求方案 2
水田	33800.79	34607.29
旱地	1313.38	1334.64
林地	2435.42	2353.72
内陆水域	1073.86	1059.61
滩涂	2213.96	2117.42
城镇用地	2966.79	2684.06
农村居民点用地	6376.38	6281.90
其他建设用地	2901.06	2642.98

### 2.2.2 土地利用类型转化的稳定性规则

土地利用类型转化的稳定性(即 *ELAS* 参数的值)是指在一定时期内,研究区内某种土地利用类型可能转化为其他土地利用类型的难易程度,其值介于 0 和 1 之间,参数值越大,表示土地利用越稳定,对应的土地利用类型发生转变的概率就越小。*ELAS* 参数的含义和如何设置具体参阅文献[7]。本研究首先根据专业经验初步设置 *ELAS* 的值(表 2),然后将研究区 1995 年和 2000 年的土地利用模拟图与同期的土地利用现状图分别进行比较,并运用 Kappa 指数对其吻合程度进行检验,最后确定 *ELAS* 的值,具体参阅本文 3.1。

表 2 海盐县各种土地利用类型转化的稳定性(*ELAS* 参数值)

Table 2 Stability of different land use types in Haiyan county (*ELAS* value)

土地利用类型	稳定性方案 1	稳定性方案 2
水田	0.8	0.9
旱地	0.7	0.8
林地	0.5	0.5
内陆水域	0.6	0.6
滩涂	0.4	0.4
城镇用地	1.0	1.0
农村居民点用地	0.9	0.9
其他建设用地	0.9	0.9

### 2.2.3 区域限制

为了有效地保护耕地资源,特别是基本农田,国家对于耕地中精华部分的基本农田实行特殊保护。因此,为了保护基本农田,在模型中设置了一个区域限制模块,将基本农田保护区的空间数据嵌入该模块中,从而对基本农田保护区内的耕地向其他用地类型转化加以

约束。1990 年第一次确定基本农田保护率之后,研究区的基本农田保护率分别于 1995 年和 1998 年进行过两次调整。本研究中使用的基本农田保护区的数据为 1998 年确定的数据,即 1997~2010 年的基本农田保护率为 87.0%。

## 3 模拟结果

### 3.1 模型模拟效果的检验

利用 1986 年海盐县土地利用的空间图形数据和影响研究区土地利用变化的驱动因子,包括影响研究区土地利用变化的人口密度、单位面积工业总产值、单位面积农业总产值、城镇化水平、农民人均年纯收入等 5 个外在驱动因子,影响研究区土地利用变化的距一级道路的距离、距二级道路的距离、距主要内河航道的距离、距主要沿海港口的距离、距县城的距离、距中心镇的距离、距重点镇的距离、距其他主要居民点的距离、高程等内在驱动因子,针对不同的 *ELAS* 参数初始值(表 2),分别对 1995 年和 2000 年海盐县的土地利用变化进行模拟。受 CLUE-S 模型所能模拟的最大栅格数(400 行×400 列)的限制,模拟过程中采用的栅格大小为 90 m×90 m。

将研究区 1995 年和 2000 年的土地利用模拟图与同期的土地利用现状图分别进行比较,运用 Kappa 指数对其吻合程度进行检验。由检验结果可知,当 *ELAS* 参数设置为稳定性方案 1(水田 *ELAS* = 0.8,旱地 *ELAS* = 0.7) 时,1995 年的正确率为 81%,Kappa 指数为 0.77,2000 年的正确率为 83%,Kappa 指数为 0.78;当 *ELAS* 参数设置为稳定性方案 2(水田 *ELAS* = 0.9,旱地 *ELAS* = 0.8) 时,1995 年的正确率为 86%,Kappa 指数为 0.82,2000 年的正确率为 89%,Kappa 指数为 0.86。说明当 *ELAS* 参数设置为稳定性方案 2 时模拟结果与实际情况更加吻合,同时其正确率和 Kappa 指数也说明研究区各种土地利用类型转化的稳定性(即 *ELAS* 参数方案 2)的设置基本合适。

### 3.2 研究区未来土地利用变化空间格局模拟

在本研究中,采用 2000 年海盐县土地利用的空间图形数据,运用 CLUE-S 模型对研究区未来 20a(2001~2020 年)的土地利用空间变化进行模拟,共进行 3 次不同的模拟。

#### 3.2.1 模拟 1

将需求方案 1 的数据输入模型中的需求模块,对研究区 2020 年土地利用变化进行模拟,模拟结果如图 2 所示。2020 年土地利用变化模拟结果与 2000 年土地利用现状相比较,表现出水田面积减少幅度非常大,特别是县城武原镇,秦山、澉浦和沈荡等中心镇,百步、海塘、西塘桥等经济发展速度很快的乡镇,同时,这些乡镇的建成区面积扩张幅度很大。

#### 3.2.2 模拟 2

从模拟 1 得出的结果可知,至 2020 年,研究区将有大量水田转化成其他土地利用类型,特别是各类建设用地。这些转化的水田有相当一部分位于 1998 年划定的

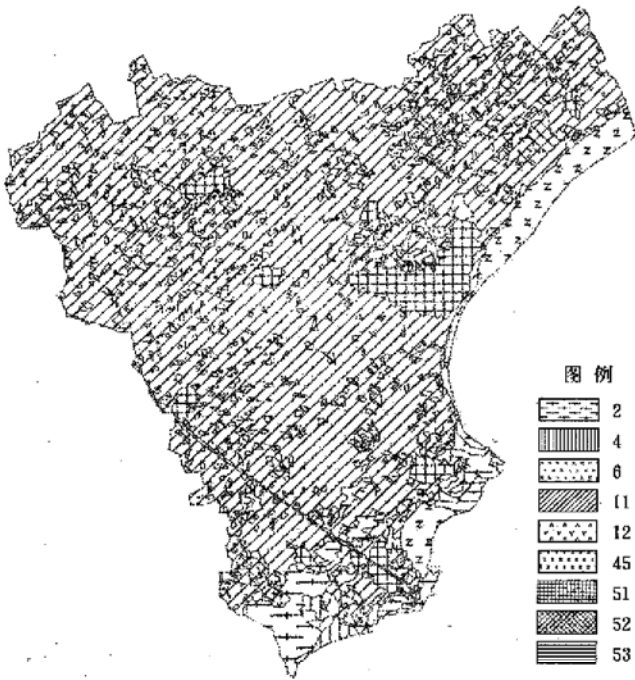


图 2 2020 年海盐县土地利用模拟图(模拟 1)

Fig. 2 Simulation of land use in Haiyan county in 2020

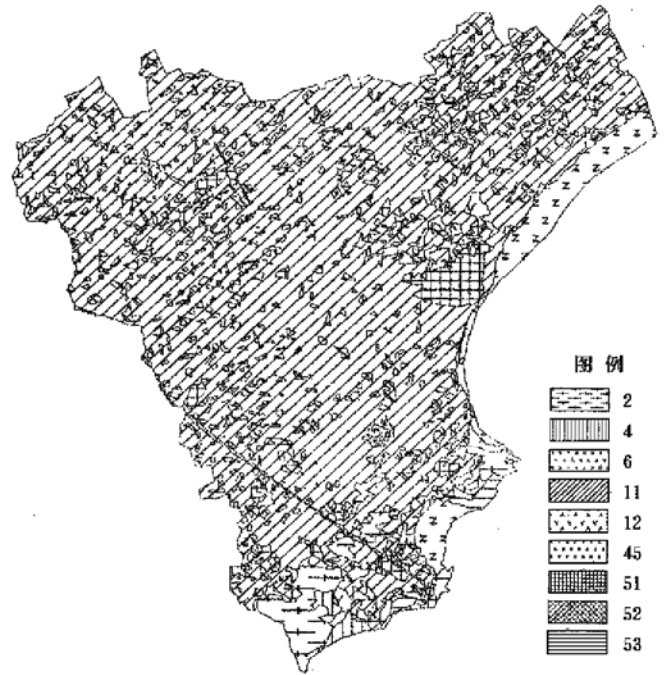


图 3 2006 年海盐县土地利用模拟图(模拟 2)

Fig. 3 Simulation of land use in Haiyan county in 2006

基本农田保护区内,而基本农田在中国是受到特殊保护的,是长期不得占用的耕地区域。因此,在模拟方案 2 中,仍然将需求方案 1 的数据输入模型中的需求模块,同时把 1998 年划定的基本农田保护区作为区域限制文件嵌入模型中,这样,基本农田保护区内的水田和旱地在模拟过程中将不转化成其他土地利用类型。

在模拟过程中发现,模型只能模拟至 2006 年的土地利用变化情况,模拟时间超过 6a 后,模拟不能继续进行,因为 6a 后土地需求方案 1 中的土地需求量与区域限制文件发生冲突,也就是说 6a 后基本农田保护区以外可以转化的耕地不能满足其他用地类型占用耕地的需要。模拟结果如图 3 所示。

模拟 2 中 2001~ 2006 年研究区土地利用变化情况与模拟 1 中的情况相似,表现出水田向城镇建设用地转移面积较大。

### 3. 2. 3 模拟 3

模拟 3 分以下两个阶段进行。

第一阶段: 将需求方案 2 的数据输入模型中的需求模块,同时把 1998 年划定的基本农田保护区作为区域限制文件嵌入模型中,使基本农田保护区内的水田和旱地在模拟过程中将不转化成其他土地利用类型。

在模拟过程中发现模拟 3 出现了与模拟 2 类似的情况,模型只能模拟至 2010 年的土地利用变化情况,模拟时间超过 10a 后,模拟不能继续进行。因为研究区 1998 年的基本农田保护区是根据嘉兴市人民政府下达给海盐县 1997~ 2010 年的基本农田保护率(为 87%)划定的,模拟过程进行至 2010 年时土地需求方案 2 中的土地需求量与区域限制文件发生冲突,也就是说 2010 年后基本农田保护区以外可以转化的耕地不能满

足其他用地类型占用耕地的需要。模拟结果如图 4 所示。

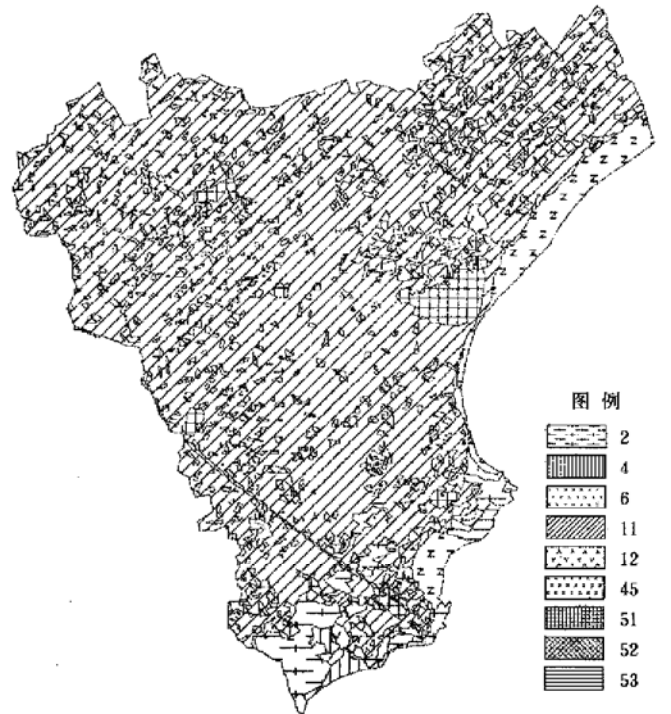


图 4 2010 年海盐县土地利用模拟图(模拟 3)

Fig. 4 Simulation of land use in Haiyan county in 2010

第二阶段: 采用模拟 3 第一阶段得到的 2010 年土地利用变化模拟图作为模拟的基础数据,并将需求方案 2 的数据输入模型中的需求模块,得到研究区 2020 年土地利用变化模拟图(见图 5)。

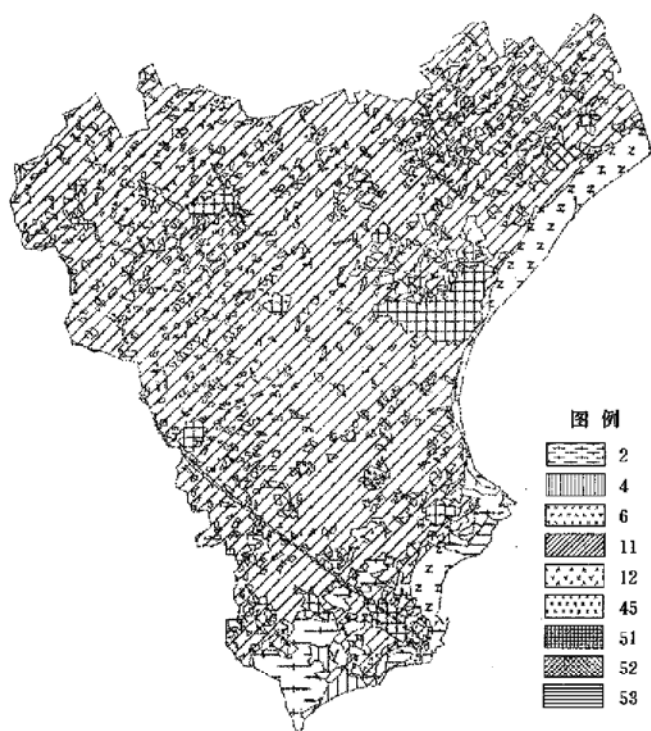


图5 2020年海盐县土地利用模拟图(模拟3)

Fig. 5 Simulation of land use in Hayuan county in 2020

因为需求方案2是在对需求方案1进行修正的基础上得到的,考虑了耕地保护特别是基本农田保护的需,同时把1998年划定的基本农田保护区作为区域限制文件嵌入模型中,直接参与研究区土地利用变化过程的模拟,所以,模拟3是最具有现实性的,能够较为客观地反映研究区未来土地利用的空间格局变化。

尽管如此,将研究区2020年土地利用变化模拟图与1998年划定的基本农田保护区图(1997~2010)叠加,发现1998年划定的基本农田保护区内的少量栅格单元,其用途发生了变化,转化成了建设用地,说明2010~2020年研究区的建设用地还是突破了1998年划定的基本农田保护区,侵占了基本农田。但相对于模拟1来说,基本农田减少的数量明显下降,这一方面与1998年基本农田保护区划定的宏观背景,即1997年中央11号文件出台,强化对耕地的保护有关,另一方面与研究区经济的快速发展所导致的耕地非农化在研究期内仍将继续有关。

### 3.2.4 模拟结果比较

上述3个模拟方案中模拟1和模拟3均对研究区2020年的土地利用变化空间格局进行了模拟,对它们加以比较,不难发现:土地需求方案不同,用途发生变化的栅格单元的数量也不同,模拟方案1比模拟方案3有更多的栅格单元发生了转化,特别是更多的属性为水田的栅格转化成了各类建设用地。模拟1中参与模拟过程的是土地需求方案1,该方案中的各类土地需求量是采用时间序列分析方法进行预测得到的,其预测结果受历史数据的影响很大。从本研究的相关内容可知,研究区1986~2000年各类建设用地增加的面积很大,不仅城

镇建设用地和农村居民点用地大量增加,各种工业园区、开发区亦纷纷涌现,据初步统计,全县有海盐经济开发区、横港工业园区、元通乡机电工业园区、西塘桥机械工业园区、石泉灯泡工业园区、通元服装工业园区、百步五金电器工业园区、澉浦工业新区、沈荡工业经济开发区等十多个园区和开发区。与各类建设用地增加相伴而生的是耕地的大量减少。因此,将土地需求方案1输入模型中的需求模块得到的模拟结果1有较多的属性为水田的栅格转化成了各类建设用地。

模拟3中参与模拟过程的是土地需求方案2,该方案中的各类土地需求量是在对土地需求方案1进行修正的基础上得到的,考虑了研究区耕地保护的要求,同时把基本农田保护区作为限制文件,参与模型的模拟,对耕地的转化加以一定的约束。因此,相对模拟1,模拟3中不仅转化为各类建设用地的水田的栅格数量较少,而且通过把基本农田保护区作为限制文件,使基本农田得到了较好的保护,在今后的土地管理工作中应更加强化基本农田的保护。

## 4 结论

利用研究区1986年的土地利用空间数据,结合道路、河流、港口、居民点、海拔高度以及人口密度、城镇化水平、单位面积农业总产值、单位面积工业总产值、农民人均纯收入等驱动因素,运用CLUE-S模型,分别对其1995和2000年的土地利用空间变化格局进行模拟,经检验,模拟结果与实际情况基本吻合。在此基础上,对研究区未来的土地利用空间格局变化进行了3次不同情景的模拟,结果显示该模型对社会经济快速发展地区县级尺度的土地利用空间格局变化模拟比较成功。

研究区的土地利用变化特征主要表现为水田转化为各类建设用地,县城周围、各中心镇、重点镇建成区周围以及主要公路干线沿线是耕地非农化的高发区,从模型的模拟可知,如果没有基本农田保护区对耕地转化的约束,将会有更多的耕地转化为各类建设用地。因此,基本农田保护区的划定对耕地的保护具有相当重要的意义,在土地管理实际工作中应更加强化基本农田保护工作。

### [参考文献]

- [1] 龙花楼,李秀彬.长江沿线样带土地利用格局及其影响因素分析[J].地理学报,2001,56(4):407-416.
- [2] 于兴修,杨桂山.中国土地利用/覆被变化研究的现状与问题[J].地理科学进展,2002,21(1):51-57.
- [3] 蔡运龙.土地利用/土地覆被变化研究:寻求新的综合途径[J].地理研究,2001,20(6):645-652.
- [4] 刘彦随,彭留,陈玉福.东北地区土地利用转换及其生态效应分析[J].农业工程学报,2005,21(11):175-178.
- [5] 杨国清,吴志峰,祝国瑞.广州地区土地利用景观格局变化研究[J].农业工程学报,2006,22(5):218-221.
- [6] 李仁东,庄大方,胡文岩.基于遥感与GIS的土地用途转移分析——以洞庭湖区为例[J].农业工程学报,2004,20(1):302-306.

- [7] 蔡海生, 朱德海, 赵小敏. 1998 年前后鄱阳湖区土地利用变化分析[J]. 中国农业大学学报, 2005, 10(6): 88- 93.
- [8] 郭笃发. 近代黄河三角洲段渤海海岸线缓冲带土地利用时空特征分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(4): 53- 57.
- [9] 张佩芳, 王茂新. 云南西双版纳基诺巴卡土地利用/土地覆盖时空动态研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 57- 62.
- [10] 刘 淼, 胡远满, 布仁仓, 等. 岷江上游耕地景观变化研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(7): 82- 86.
- [11] 李新举, 胡振琪, 刘 宁, 等. 基于土地利用和覆被变化的黄河三角洲土壤质量预警研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(8): 32- 37.
- [12] 王 静, 郭旭东. 我国县级土地可持续利用的科学调控[J]. 地理科学进展, 2002, 21(3): 216- 222.
- [13] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 近 10 年中国土地利用格局及其演变[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523- 530.
- [14] 段增强, 张凤荣, 苗利梅. 基于邻域因子的土地利用空间格局分析——以北京市海淀区为例[J]. 农业工程学报, 2006, 22(6): 71- 77.
- [15] Verburg P H, Veldkamp A, Koning G. H, et al. A spatial explicit allocation procedure for modelling the pattern of land use change based upon actual land use[J]. Ecological modelling, 1999, 116: 45- 61.
- [16] Verburg P H, Soepboer W, Limpiada R, et al. Modeling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model[J]. Environmental Management, 2002, 30(3): 391 - 405.

## Simulation of land use spatial pattern change on county scale in the rapid economic development region

Tan Yongzhong<sup>1</sup>, Wu Cifang<sup>1</sup>, Mou Yongming<sup>2</sup>, Wang Qingri<sup>3</sup>, Yu Zhenguo<sup>4</sup>

(1. Department of Land Management, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;

2. Zhejiang Environmental Monitoring Center, Hangzhou 310012, China;

3. Institute of Land Surveying and Planning in China, Beijing 100037, China;

4. Institute of Land Resources Economic in China, Beijing 101149, China)

**Abstract:** Taking Haiyan county in Zhejiang Province being located in the Yangtze River Delta as an instance, the spatial change patterns of land use in 1995 and 2000 were simulated respectively with applying the CLUE-S model by using the spatial data of land use in 1986 and the driving factors affected land use change. The simulations coincide with the realities. Then, the spatial change patterns of land use in future 20 years were simulated three times by using the model. Results show that the areas around the county town and main towns and along the main highways are the main cultivated land non-agriculturalization areas. The delimitation of basic farmland protection area is important to the protection of cultivated land.

**Key words:** land use change; simulation of spatial pattern; the CLUE-S model; county scale