

基本农田动态监测及预警研究

周慧珍 曹子荣 蒋晓

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 以 PC 机、数字化仪、绘图仪和打印机等硬件和外设以及数据库、灰色预测、动态监测等软件组成的 GIS 系统被用来汇集成一个基本农田动态监测及预警系统。选择经济发达的苏南太湖流域江阴市璜塘乡为基本农田动态监测及预警研究试区。1984 年与 1994 年两个时相的土地利用现状信息源及土壤肥力和土壤环境样点分析数据, 分别被视作 80 年代与 90 年代两个时相的信息, 供土地资源面积、土壤肥力和土壤环境动态监测分析用。1996 年试区的地表水样品分析数据供现状水污染分析用。

研究表明, 经济发达的地区, 耕地资源及人均耕地锐减, 居民点、城镇及交通用地猛增, 土壤环境及水资源污染趋向严重, 土壤有机肥投量减少, 化肥使用量增加, 氮、磷、钾比例失调。为实现耕地动态总量平衡、切实保护耕地的质量, 若干调控措施被提出以供土地规划参考。

关键词 基本农田, 动态监测, 预警

中图分类号 S159

1 研究区域概况¹⁾

江阴市璜塘乡地处长江三角洲, 太湖平原鱼米之乡。全乡土地总面积 36km^2 (3600hm^2), 总人口 33977 人, 耕地面积 1587.8hm^2 , 人均耕地 0.05hm^2 , 人均口粮 245kg, 土地资源接近江苏的警戒线。农业以双季稻为主。改革开放以来, 该地区乡镇企业蓬勃发展, 全乡拥有纺织、轻工、建材、机电、冶金、化工、电子、包装八大类企业共 150 家。1994 年全乡完成的工农业总产值为 14.8 亿元, 人均收入 4200 元/(人·年), 经济承载力相当富裕, 属于江苏乃至中国的经济发达地区。

2 材料与方法

2.1 动态监测的基本内容

本研究以两个时相为基础, 对试区进行下列土地数量和质量动态监测。土地数量变化动态监测包括土地利用结构、耕地面积、人地关系等方面的变化。土地质量变化动态监测包括: (1) 土地肥力动态监测

1) 江阴县土壤普查办公室。江苏省江阴县土壤志(资料)。1984

收稿日期: 1997-08-27; 收到修改稿日期: 1998-07-28

(指土壤中的有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、pH的时间变异性);(2)农田环境污染动态监测,指土壤中有有机物(COD、BOD、化学有机物)和无机物(指As、Pb、Cd、Cr、Cu等重金属污染状况)的时间变异性监测。(3)地表水资源有机物污染监测,具体内容有COD、BOD、总氮、总磷的时间变异性监测。

由于地方上还没有建立或重视环境监测网,故相同地区的历年农田与地表水资源环境污染监测数据没有收集到,唯一的数据为本项目的现势分析数据。

2.2 系统集成

一个以PC机、数字化仪、绘图仪和打印机等硬件和外设以及数据库、灰色预测、动态监测等软件组成的GIS系统和模型技术作为技术支撑被用来汇集成基本农田动态监测及预警系统。该系统由六个子系统组成:(1)基于拓扑结构和空间叠加模型的土地利用结构与农田面积变化监测子系统;(2)基于统计分析模型的水土资源环境质量监测子系统;(3)基于统计分析模型的土地肥力监测子系统;(4)基于非线性模型和黑箱理论的基本农田需求量动态平衡灰色预测预警子系统;(5)基于空间叠加模型的基本农田保护区划分和分等定级子系统;(6)基于文档形式的基本农田总量动态平衡调控措施建议子系统。

2.3 土地动态监测数据库

本研究数据库由空间数据(图形数据)和属性数据两部分组成。1984年和1994年两个时相的土地面积和土地质量信息作为动态变化监测分析的依据和建库基础。同时还收集了不同年代的社会经济信息供辅助分析用。

空间数据由各种图件经过图形数字化录入计算机形成。库内存有璜塘试区1984年与1994年两个时相的土地利用现状图,1994年编制的《2000年土地利用规划图》、基本农田保护区划分图,1984年编制土壤图、肥力等级图¹⁾。利用空间叠加模型又可随时派生出各试区基本农田分等定级图。

属性数据库由以下几个文件组成:(1)60年代起到1995年止的社会经济及人地关系统计数据²⁾;(2)1984年与1994年采样点肥力测试数据³⁾;(3)土壤重金属含量分析数据;(4)土壤有机物污染图谱;(5)地表水有机物污染分析及部分对比数据。

2.4 信息源获取方法

2.4.1 不同时间序列水土资源与社会经济信息源的获取 供动态监测数据库建立和分析用的土地质量现势信息采用实地随机取土样,经实验室分析获取。土样密度为均匀分布采取20个表土样,采土深度为0~20cm,4个地表水样。收集第二次土壤普查期间同一地区、相近样点的同项目分析数据,供动态监测数据库建立和对比分析用。收集各试区历年的社会经济数据供辅助分析和制图用。

2.4.2 不同时间序列土地利用与耕地质量空间变异信息(图件)的获取 分别收集当地的1/10000土地利用现状图,2000年土地利用规划图,基本农田保护区分布图,经数字化储存于计算机中作为现势资料。分别收集第二次土壤普查期间编制的同比例尺土地利用现状图、土壤图、肥力分布图、生产力评级图经数字化储存在计算机中供动态变化对比分析用。

2.5 灰色预测^[1-2]

GM(1,1)和Verhulst两个具体数学模型被作为基本农田需求量预测预警子系统的内核,分别用来预测农产品单产和高峰年人口。

1) 璜塘镇土管所。土地详查汇总图件。1995

2) 同前页1)

3) 璜塘镇农科站。土壤普查文字资料、图件与1984年肥料试验总结报告。1984

GM(1, 1)模型——农产品单产预测模型的基本算法为:

$$\hat{X}^{(0)}(t+1) = \hat{X}^{(1)}(t+1) - \hat{X}^{(1)}(t)$$

式中, $\hat{X}^{(0)}(t+1)$ 为 $t+1$ 年农产品单产的预测值; $\hat{X}^{(1)}(t+1)$ 为 $t+1$ 年农产品单产的累加生成模拟, $\hat{X}^{(0)}(t)$ 为 t 年农产品单产的预测值。

Verhulst 模型——高峰年人口预测模型的基本算法为:

$$\hat{X}^{(0)}(t+1) = \frac{1}{1 + \left(a / (b\hat{X}^{(0)}(1)) - 1 \right) e^{at}}$$

式中 a 为人口增长率; b 为生命系数; $\hat{X}^{(0)}(1)$ 为起始年人口值; $\hat{X}^{(0)}(t+1)$ 为 $t+1$ 年人口的预测值。

2.6 基本农田保护区划定方法

农田数量预警预测的目的是划定基本农田保护区。基本农田是指永久不得占用的耕地。

2.6.1 基本农田保护区的划定对象 根据国家土地部门的要求,基本农田保护区划定的对象包括粮、棉、油生产基地,城镇及工矿所必需的蔬菜生产基地,名、特、优、稀作物生产用地,农业科研、教学和推广部门所必需的试验田和良种繁育场地,本行政区域内其他需要特殊保护的高产稳产连片农田。

2.6.2 基本农田保护面积预测与分区方法 一级农田保护区的预测指长期不得占用,永久性保护的耕地。故一级保护区面积由口粮田面积、任务田面积、油料、蔬菜用地面积构成;口粮田面积为高峰年人口乘以人均需求量再除以目标年粮食亩产;任务田面积为目标年粮食征购量除以目标年粮食亩产;油料、蔬菜用地按人均每年至少 6kg 食油,每天至少 1kg 蔬菜的标准计算。二级农田保护区指的是阶段性保护的农用地,它既可作为基本农田占一补一的补充,又可作为经济发展的备用地。包括两部分:一是总耕地核减一级保护农田和建设预留地占用耕地面积以后的剩余部分;二是耕地以外的其他土地(包括园林地、可垦荒地以及可复垦的建设用地等)核减建设预留地占用面积以后的剩余部分。

建设用地预留区指在规划期内发展二、三产业、社会事业及满足居民住宅所需的建设用地。城镇建设用地按人均 100m² 的标准安排,最多不能超过人均 120m²。农民建房宅基地按苏南每户 133m² 计。

3 结果与讨论

3.1 人口、资源与环境关系矛盾加剧

3.1.1 土地利用结构发生变化 从表 1 可以看出试区的土地利用结构在近年来发生了很大的变化。具体表现在以下几个方面:

(1) 交通用地猛增。80 年代初,璜塘乡的交通用地面积只有 7.1hm²,占土地总面积的 0.21%,到 1994 年,增至 134.7hm²,占土地总面积的 4.03%,增长了十几倍,道路建设用地平均每三年翻一番。

(2) 居民点及工矿用地扩展。璜塘乡原为苏南经济发达区,80 年代的居民点及工矿用地面积就比较多,为 384hm²,随着乡镇企业的迅猛发展,90 年代扩大到 518hm²,90 年代比 80 年代中增长了近约 35%。

(3) 水域面积缩小。璜塘乡 80 年代的水域面积为 617.7hm²,90 年代缩小到 435.6hm²,90 年代比 80 年代缩小了 182.1hm²,缩小面积为现有面积的 41%。这是由于经济

表1 璜塘土地利用结构动态变化

Table 1 Dynamic change of land use structure of Huangtang

土地利用类型 Land use types	80年代 80's		90年代 90's	
	面积(公顷) Area(hm ²)	%	面积(公顷) Area(hm ²)	%
水田	2100.3	62.94	2168.9	64.89
旱地	226.0	6.77	74.9	2.24
园地	37.0	1.11	7.9	0.24
居民地	314.2	9.42	485.6	14.53
窑	34.2	1.02	32.1	0.96
交通用地	7.1	0.21	134.7	4.03
水域	227.3	8.81	186.8	5.59
坑塘	323.7	9.70	248.8	7.44
未利用	0.4	0.01	2.4	0.07
总面积	3336.7	99.99	3342.2	99.90

开发和乡镇企业的发展,工业用水增加造成地下水位下降,公路建设的需要、城市生活垃圾及工业垃圾的倾倒导致河道和湖泊淤塞的结果。

(4) 耕地面积锐减。乡镇企业用地、交通建设用地、居民点及城镇建设用地是造成经济发展快的璜塘耕地面积锐减的根本原因。1983年璜塘实有耕地(包括水田和旱地)面积为2326hm²,1994年为2243.8hm²,减少了82.2hm²,平均每年以0.33%的速率递减。

3.1.2 人地矛盾突出 研究表明,人地矛盾的尖锐化程度与经济发展呈正相关。图1揭示了该区人地矛盾的发展趋势:

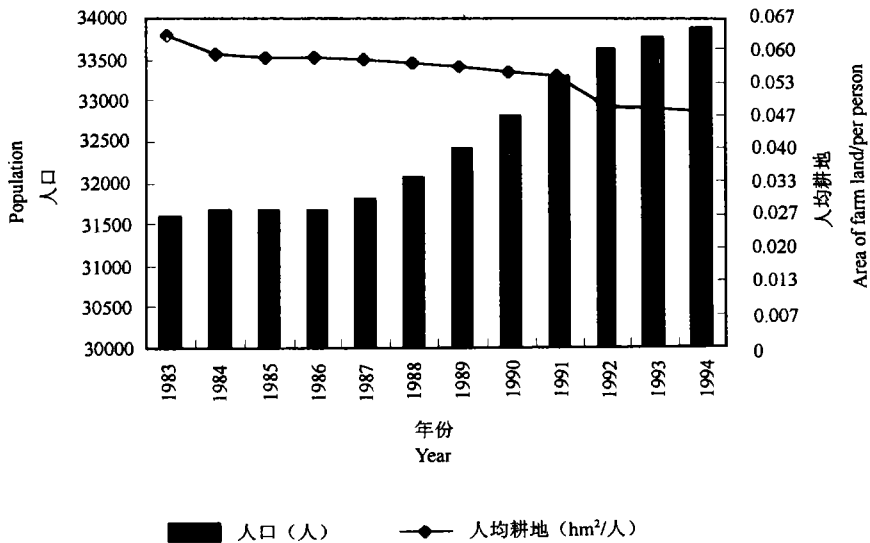


图1 1983年~1994年璜塘人、地变化图

Fig.1 Changes of population and land area of Huangtang township from 1983 to 1994

(1) 人口增长、耕地总量与人均耕地锐减。璜塘乡的人口密度目前已达到 1017 人 / km², 为全省平均人口的 1.5 倍, 全国的 10 倍, 世界的 28 倍。1983 年全乡人口为 31605 人, 耕地面积 2008.2 hm², 人均耕地 0.06 hm²。1994 年人口增长到 33871 人, 耕地减少至 1599.7 hm², 人均耕地仅有 0.05 hm², 只有全国人均耕地的一半左右。

(2) 良田被侵占。因经济建设的需要, 无论是乡镇企业还是交通建设, 考虑到区位的要求, 往往选择比较好的农田区供建设征地的需要, 故耕地面积的减少, 最明显的是体现在质量好的耕地面积的减少。表 2 说明了璜塘乡 11 年间, 有 11 hm² 的一级耕地被占用, 减少近 40%; 二级地耕地减少了 64 hm², 减少 14%; 三级耕地减少了 81 hm², 减少近 5%; 四、五级耕地面积基本保持原状。

表2 璜塘乡1983年与1994年各级耕地面积统计表

Table 2 Statistics of farmland area of five levels in Huangtang township between 1983 and 1994 (hm²)

年份	一级地	二级地	三级地	四级地	五级地
Year	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
1983	28	455	1529	323	68
1994	17	391	1448	322	65

3.1.3 水污染严重 璜塘乡的乡镇企业数量由 1983 年的 38 家, 发展到 1994 年的 157 家, 平均每 km² 就有 5 家乡镇企业。乡镇企业多数沿河发展, 工业废水和污气直接排入河内, 加之处理率不高, 以及生活污水的大量排放造成地表水质恶化和富营养化。该区各监测点的 BOD 和总氮均已达地表水环境质量的 V 类, COD 则远远超过 V 类, 新璜河的总磷含量也超过了 V 类。表 3 和表 4 为试区地表水质分析结果及国家标准对照。

表3 试区地表水水质分析结果

Table 3 Analytical results of surface water quality in test area (mg/L)

试区	监测点	总氮	总磷	COD	BOD
Test area	Site	Total N	Total P		
江阴璜塘	璜河	2.41	0.10	44.84	6.15
	青祝河	2.33	40.02	223.52	9.26
	新璜河	2.37	1.60	46.44	6.08

表4 地表水环境质量标准¹⁾

Table 4 Standard of surface water quality (mg/L)

水质	一级地	二级地	三级地	四级地	五级地
Water quality	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
COD ≤	15 以下	15 以下	15	20	25
BOD ≤	3 以下	3	4	6	10
总磷 ≤	0.02	0.1	0.1	0.2	0.2
总氮 ≤	1.0	1.0	1.0	2.0	2.5

1) 江苏省环境科学研究所. 江苏省太湖下游地区地面水水质类型与分区研究(资料). 1982

3.1.4 土壤污染日趋突出 表 5、6 中的值表明了因污水灌溉,土壤样点的 As、Pb、Cd 含量均超过平均值,其中, H7 样点土壤 As(砷)的含量已超出土壤污染起始值。总的来说,虽然土壤中重金属的含量未超过污染起始值,由于土壤污染具有潜在性和缓冲性,若不及早防范,势必导致该地区农田环境严重污染。

表5 试区土壤重金属含量测定值

Table 5 Content of soil heavy metals in test area (mg/kg)

地区 Test area	监测点 Site	As	Pb	Cd	Cr	Cu
璜塘乡	H7	15.30	37.23	0.190	70.70	19.77
	H8	11.88	18.85	0.184	69.20	19.38
	H13	10.16	29.46	0.182	66.43	18.98

表6 太湖沿岸土壤重金属本底含量及污染起始值¹⁾

Table 6 Background content of soil heavy metals and the initial value of pollution in Tai Lake area (mg/kg)

重金属 Heavy metal	As	Pb	Cd	Cr	Cu
平均值	7.90	28.99	0.125	78.00	24.40
标准差	2.80	9.25	0.076	17.65	5.17
污染起始值	13.50	47.49	0.277	113.30	34.74

3.2 土壤肥力动态变化

从表 7 的土壤肥力的监测结果来看,璜塘土壤的有机质、全氮、碱解氮、全磷和速效磷均维持较高的水平,全钾和速效钾均呈偏缺的趋势。主要原因是:(1)有机肥投入量减少,化肥使用量增加,秸秆还田量不够;(2)氮、磷、钾投入比例失调,速效磷、钾缺乏。此外,由于璜塘经济效益高土壤化肥量投入大,使璜塘的土壤呈偏酸的趋势。

表7 璜塘1984及1996年土壤肥力监测结果

Table 7 Monitoring results of soil fertility in Huangtang township area in 1996 and 1984

年份 Year	有机质 O.M. (g/kg)	全氮 T.N ¹⁾ (g/kg)	全磷 T.P (g/kg)	全钾 T.K (g/kg)	碱解氮 A.H.N (mg/kg)	速效磷 A.P (mg/kg)	速效钾 A.K (mg/kg)	pH
1996	27.20	1.36	1.04	16.60	106.7	8.02	91.1	5.98
1984	20.04	1.35	0.98	—	132	8.5	100	6.27

1) T. N-Total N; T. P-Total P; T. K-Total K; A. H. N-Available hydrolyzable N; A. P-Available P; A. K-Available K

3.3 基本农田总量预测和保护区划定

(1) 根据 Verhulst 模型和璜塘 1988~1995 年的人口统计数,可以预测璜塘乡的人口高峰年将出现在 2028 年左右,高峰年人口达 35430 人。

1) 无锡市环境保护监测研究所。太湖沿岸土壤中八种元素的本底水平(资料)。1982

(2) 根据该乡 11 年的粮食单产, 预测璜塘乡 2010 年粮食单产在无特殊情况下可达 $13.7\text{t}/\text{hm}^2$ 。同样, 根据璜塘 10 年油菜播面单产情况, 预测璜塘乡 2010 年的油菜播面单产预测值为 $2.7\text{t}/\text{hm}^2$ 。

(3) 以小康生活水平为准, 璜塘每人每年需要口粮 420kg, 加上种子和工业用粮 40kg, 确定每年人均粮食需要量为 500kg 的标准。食油按每人每年 6kg 的标准, 按出油率 35% 计算, 需要植物油原料 18kg。蔬菜按人均每天不少于 1kg 计算。

(4) 经国家粮食部门预测, 璜塘乡的任务粮为 3300 吨。

(5) 根据上述的计算, 人口高峰年璜塘乡的基本农田(一级农田)需求量总面积预测为 1614hm^2 。

(6) 根据璜塘镇 1994 年和 2000 年间土地利用规划预测, 至 2028 年建设用地需 730hm^2 。

(7) 1994~2000 年间璜塘乡继续耕种并受保护的二级农田面积为 382hm^2 。

3.4 璜塘乡耕地动态总量的预警

璜塘乡目前已划定的 1994~2000 年一级基本农田保护区面积为 1740hm^2 ; 二级保护区面积为 396hm^2 ; 1994~2000 年六年的建设预留地面积为 146hm^2 ; 总面积达 2282hm^2 。

预测出的人口高峰年所需一级基本农田保护区面积为 1614hm^2 ; 二级保护区面积为 382hm^2 ; 2028 年高峰年所需建设预留地面积为 730hm^2 ; 总面积达 2726hm^2 。

璜塘乡预测的人口高峰年建设用地为目前当地政府预留用地的五倍以上, 导致耕地总面积的亏缺, 如果不限用地, 后果不堪设想。

4 结论与调控建议

1. 一个以 GIS(地理信息系统)为技术支撑的基本农田动态监测系统被研究并用于进行不同时间与空间的基本农田动态监测与基本农田动态总量的预警预测。

2. 一个以黑箱理论为基础的多目标灰色非线性预测模型被开发来作为人口和粮食单产预测。该模型以人机对话的方式, 界面友好, 可供广泛使用。

3. 经济发达地区耕地后备资源本身并不充裕, 耕地资源潜力不大, 故只有提高农田等级, 大量改造中、低产田才是解决人地矛盾的根本^[3]。

4. 经济发达地区由于农村劳动力减少, 导致大量使用化肥, 尤其是氮肥, 造成土壤中 N、P、K 比例失调, 土壤中磷、钾肥亏损。为此, 要广辟有机肥源; 大力推广秸秆还田; 增加并合理配方化肥的投入。促进农产品的稳产高产。

5. 乡镇企业带来了经济的发展, 造成农田环境污染和水土资源污染日益严重, 污染处理措施必须配套, 否则会导致农业灾害, 颗粒无收, 后果不堪设想^[4]。

6. 太湖流域是中国的粮仓, 又是中国经济发达地区, 到 2028 年, 中国的大粮仓由于没有足够耕地面积作保证而连本区人民的吃粮都成为大问题。因此, 必须加强政府指令性措施, 采取限制建设用地, 加强基本农田保护, 确保耕地动态总量达平衡, 方能维持太湖粮仓的重要作用^[5]。

7. 划定基本农田保护区是农业持续发展的重要举措, 基本农田保护工作应纳入国民

经济和社会发展规划。永久保护一定数量的耕地,可以保证世代人口的食物需求;利于建设优良的农业生态环境,并保证集中投资,有效建设现代化农业商品基地,提高农田综合生产能力,促进社会经济持续发展^[5]。

参 考 文 献

1. 刘思峰,郭天榜. 灰色系统理论及其应用. 郑州: 河南大学出版社, 1991
2. 袁嘉祖. 灰色系统理论及其应用. 北京: 科学出版社, 1991
3. 李闽, 张妙玲. 江苏省土地资源的人口承载潜力研究. 国土与自然资源研究, 1994, 2: 5~8
4. 郭方. 发展乡镇企业与建设农村生态环境. 中国人口、资源与环境, 1995, 5(4): 30~33
5. 王家梁. 土地利用国策的核心是保护耕地. 中国土地科学, 1995, 9(5): 14~18

DYNAMIC MONITORING AND PRE-WARNING FOR BASIC FARMLAND

Zhou Hui-zhen Cao Zi-rong Jiang Xiao

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing 210008*)

Summary

Huangtang township which is located in the catchment of Tai Lake, Jiangsu Province and also a developed economic area was selected as a test area for this project. A dynamic monitoring and pre-warning system were set up for the project based on GIS. It supported by personal computer, peripherals like digitizer, plotter, printer, some software such as ARC / INFO, MAPINFO, FOXPRO, and prewarning models which was developed by author.

Two temporal (1984 and 1994) informations of land use, soil fertility, soil and water resource pollution were chosen for database construction and dynamic analysis. Result of this project showed that in the area of developed economy just like Huangtang township, with developing rural industries and increasing population, the farmland resources and farmland area per capita are decreasing, the land area for civil use are increasing, and the environment of soil and surface water are suffering from industry and chemical fertilizer pollution. Meanwhile, applying a large quantity of chemical fertilizers to soil results in N, P, K unbalance. Some measures have been put forward for keeping the dynamic balance of the sum of farmland area.

Key words Basic farmland, Dynamic monitoring, Pre-warning