

GIS 支持下的浙江省水稻种植面积 遥感估算综合自然区划

赖格英¹⁾ 杨星 卫²⁾ 姚克敏¹⁾

(1) 南京气象学院应用气象学系, 南京 210044; 2) 上海市气象科学研究所, 上海 200030)

摘 要 通过对浙江省境内的地形地貌、水稻种植比重、区域农业气候、植被状况等因素进行综合分析, 建立了水稻种植面积遥感估算综合自然区划的多层次决策结构模型及其数量关系, 并利用地理信息系统的空间分析能力, 实现了浙江省水稻种植面积遥感估算的综合自然区划。

关键词 地理信息系统, 水稻种植面积, 层次分析

分类号 S501.9, S511

农作物遥感动态监测与估产是遥感应用的重要方面, 经过国家“八五”重点产粮区主要农作物遥感估产项目的科技攻关, 我国在以地理信息系统(GIS)为辅助工具兼用甚高分辨率气象卫星(NOAA/AVHRR)资料, 综合利用多种信息源区分作物类型、提取作物种植面积等方面已取得了实质性进展^[1]。但由于 NOAA/AVHRR 卫星遥感资料的低分辨率, 直至目前, 自然条件的复杂、种植结构的多样、地块小而分散等诸多因素, 仍然是限制提高面积测算精度的“瓶颈”问题。对研究区进行合理的综合自然区划或分层, 使各子区域内部保持地理背景、水稻生产状况和遥感卫星影像的相对一致性是提高面积测算精度的基础性工作, 因而是非常必要的。针对这一需要, 本文利用强大的空间处理能力, 进行多层次决策的定量分析, 实现浙江省水稻种植面积遥感估算的自然综合分层, 为水稻种植面积遥感测算提供分层抽样样点空间分布的依据。

1 综合自然区划多层次决策的结构模型

1.1 浙江省地理背景和生态环境特征

浙江省位于我国东南沿海(118°E~123°E、27°12'N~31°30'N), 陆地面积 1.018×10^5 km², 岛屿总面积 1 670 km²。境内地势西南高、东北低, 西南多为千米以上山岭, 中部为海拔 500 m 左右的丘陵和盆地, 东北部为低于 10 m 的平原。按地貌形态类型组合特征, 全省分为山地、丘陵和平原三大类, 山地面积占全省土地总面积 48.3%, 主要分布于浙南与浙西, 一般坡度在 25°以上; 丘陵面积占全省土地总面积 25.1%, 主要分布于浙中、浙东地区; 平原一般分布在 50 m 以下, 占全省总土地面积 26.6%。

在农业气候方面, 全省处于中、北亚热带。全省大部分地区 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温为 5 000 ~

5 600 以上,在纬度差异和海洋影响的共同作用下,大致由西北向东南增加;5 300 线大体划出了全省的两大农业气候区,其中包含七个农业气候子区;垂直农业气候层中,包括温凉夏秋湿润层、温冷夏秋湿润层和温寒夏秋亚潮湿层三个亚层。

由于境内地形地貌及农业气候等因素,全省的耕作制度、种植制度和植被状况也表现出明显的差别。海拔高度 $< 50\text{ m}$ 的平原,集中了全省 72% 的耕地,垦殖指数高达 79%,具有水面、旱地、稻田多层次的平原立体农业体系,农作物实行轮作、复种、间作套种等多种形式,耕地复种指数高于 250.6%,三熟制面积约占全省水田面积 54%。滨海地带,多为水旱轮作地,实行稻棉、稻麻和稻蔗轮作。而浙西南山区的龙泉、庆元、遂昌、景宁、开化、淳安、临安和安吉等地,水稻种植面积占各自土地总面积不足 10%。

全省植被中自然植被包括针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、针阔叶混交林、竹林、灌草丛、草甸、沼泽和水生植被;人工植被包括粮、棉、麻、菜、绿肥等草本栽培植被和桑、茶、果等木本栽培植被,广泛分布于全省三个植被区五个植被片。

1.2 结构模型

1.2.1 综合自然区划多层次决策的横向结构分析

据分析^[2],造成遥感影像同谱异类、同类异谱的因素主要有坡向、作物季相、植被覆盖度及植被混合等。其中坡向集中体现在地形地貌上,作物季相体现在南北纬度差异和地理位置高低上,而植被覆盖度及植被混合则体现于植被状况和水稻种植比重上。因此,水稻种植面积遥感估测样点分布的综合自然区划中,应综合考虑全省境内的地形地貌、区域农业气候、植被类型及水稻种植状况等因素,分析哪些是主要因素,哪些是次要因素,使最终的地理区划结果中,在各个地理区域内体现出地理背景、水稻生产状况和遥感卫星影像的相对一致性,在一定程度上克服由于上述因素造成的遥感影像同谱异类、同类异谱的现象。

因此,水稻种植面积遥感估算综合自然区划的多层次决策目标,就是通过分析上述因素的相对重要性,建立它们之间的层次比较结构,利用一定的数学手段,确定这种层次比较结构的数量关系,然后根据相互之间的数量关系,实现最终的区划,使各子区域内遥感影像具有相对的稳定性和地类光谱的一致性。经过分析,我们选取了地貌地形、水稻种植比重、区域农业气候、植被状况四个影响决策目标的决策层次,并确定了它们影响决策目标相对重要性程度的次序关系:水稻种植比重 $>$ 地形地貌 $>$ 区域农业气候 $>$ 植被类型。

1.2.2 各决策层次的纵向结构分析

1) 水稻种植比重(A_1)

用全省各县的水稻种植面积与总土地面积之比来表示水稻种植比重,并根据比值大小相应分为 8 个层次:(1) 比值 > 0.7 ; (2) $0.6 < \text{比值} \leq 0.7$; (3) $0.5 < \text{比值} \leq 0.6$; (4) $0.4 < \text{比值} \leq 0.5$; (5) $0.3 < \text{比值} \leq 0.4$; (6) $0.2 < \text{比值} \leq 0.3$; (7) $0.1 < \text{比值} \leq 0.2$; (8) 比值 ≤ 0.1 。它们的次序关系为:(1) $>$ (2) $>$ (3) $>$ (4) $>$ (5) $>$ (6) $>$ (7) $>$ (8)。

2) 地形地貌(A_2)

根据地貌地形结构、生态环境以及农业区域布局特征,将全省划分为 6 个区^[3]:(1) 浙北平原区:平原占本区面积 92.4%,包括杭嘉湖水网平原亚区、萧北-慈北海滨平原亚区和萧绍宁水网平原亚区;(2) 浙西北山地丘陵区:本区山地占 64.1%,丘陵占 22%,谷地占 12.9%,包括:煤山-安吉丘陵河谷平原亚区、临安-建德丘陵谷地亚区和淳安-开化低、中山亚区;(3) 浙东丘陵盆地:本区山地占 48.3%,丘陵占 35%,河谷平原占 16.2%,包括蒲江-诸暨盆地亚区,新昌-嵊县盆地亚区,永康-南马盆地亚区和天台-仙居盆地亚区;(4) 浙中丘陵

盆地区: 本区丘陵占 58.7%, 河谷平原占 37.8%, 包括常山- 江山盆地和金华- 衢县盆地两个亚区; (5) 浙南山地区: 本区山地占 86.7%, 丘陵占 10.2%; 包括龙泉- 松阳中山、谷地亚区和泰顺- 青田中山两个亚区; (6) 浙东南沿海岛屿丘陵港湾平原区: 本区山地占 12.3%, 丘陵占 38.0%, 山间谷地占 3.8%, 平原占 45.9%, 包括舟山岛屿亚区、象山港- 三门湾亚区、台州湾椒江河口平原亚区和乐清湾- 沙埕港低山丘陵平原亚区。它们的次序关系为: (1) > (6) > (4) > (3) > (2) > (5)。

3) 区域农业气候(A₃)

根据全省主要农业气候要素组合特征的异同及其发生发展规律^[3], 将全省划分为 7 个农业气候条件有着明显差异的地区: (1) 浙西北丘陵山地温凉冬寒夏秋湿润小区, 本区热量条件较差, 是个二熟有余, 三熟偏紧的地区; (2) 浙北平原温和冬冷夏秋亚湿润小区, 本区能基本满足麦(油)稻稻三熟制; (3) 浙东北滨海岛屿温和冬次温夏秋亚干燥小区; (4) 浙中北丘陵盆地温和冬冷夏秋湿润小区; (5) 浙中内陆盆地丘陵温暖冬次冷夏秋亚干燥小区; (6) 浙中、浙南丘陵山地温暖冬冷夏秋湿润小区; (7) 浙东南平原丘陵温热冬温夏秋湿润小区。各因子次序为: (2) > (3) > (7) > (1) > (5) > (4) > (6)。

4) 植被类型 (A₄)

根据全省生态环境条件与优势植物群落组合分布特点, 全省分为 5 个植被片: (1) 钱塘江下游、太湖平原植被片; (2) 天目山、古田山丘陵山地植被片; (3) 天台、括苍山山地、丘陵岛屿植被片; (4) 百山祖、九龙山丘陵山地植被片; (5) 雁荡丘陵低山植被片。它们的次序关系为: (1) > (2) > (3) > (4) > (5)。

由此, 得到浙江省分层抽样样地空间分布综合自然区划的决策目标和决策层次纵横结构模型(图 1)。

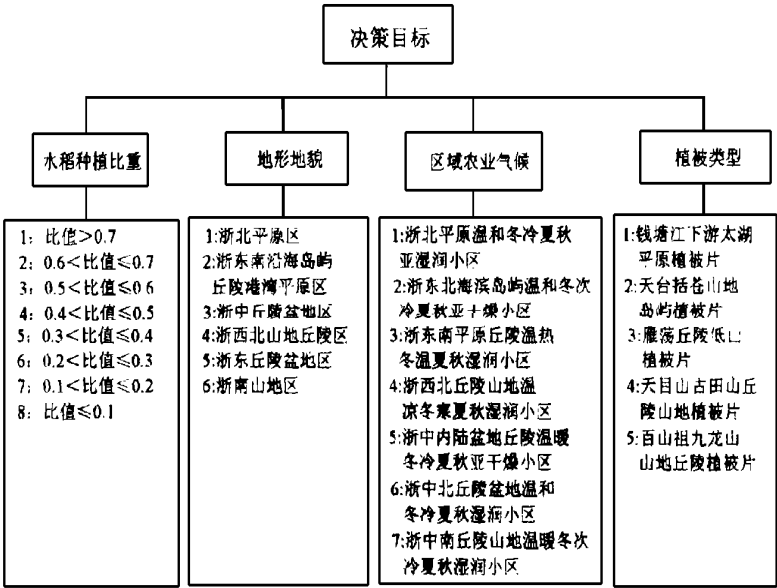


图 1 浙江省分层抽样样地空间分布综合自然区划的决策目标和决策层次纵横结构模型

Fig. 1 Structural model of composite natural regionalization with remote sensing for rice planting area in Zhejiang Province

2 多层次决策的数量分析

实现多层次决策的关键,是建立多层次决策结构模型的数量关系。美国运筹学家匹兹堡大学教授 A L Saaty 于 70 年代提出的层次分析法 (Analytical Hierarchy Process, 简称 AHP) 可以很好地解决这一问题^[4]。该方法把复杂问题中的各种因素,通过划分相互联系的有序层次使之条理化,根据对一定客观现实的判断,就每一层次的相对重要性给予定量表示,利用数学方法确定表达每一层次的全部元素的相对重要性次序的权值,并通过排序结果分析和解决问题。

对于水稻种植面积遥感估算的综合自然区划这一复杂问题,在多层次决策结构模型已建立的条件下,可通过构造各个决策层次的判断矩阵,利用特征值方法确定各个决策层次的决策因子相对重要性的排序权值(相对重要性) W 。因此,利用 AHP 的原理^[4],可以确定多层次决策结构模型中横向结构和纵向结构各层次的权重值。

2.1 横向结构各层次的权重值及有关参数

比较横向结构中的 4 个决策层次—水稻种植比重(A_1)、地形地貌(A_2)、区域农业气候(A_3)、植被类型(A_4) 之间的相对重要性,从而得到各自的判断矩阵,见表 3。在判断矩阵基础上,利用 AHP 方法,求出其特征根向量,即为各决策层次对于决策目标的权重值。由表 1 可看出,4 个决策层次相对于决策目标的权重值分别为 0.467 2、0.277 2、0.160 1、0.095 4,为检验判断矩阵的一致性,需计算随机一致性比率 CR , $CR = CI / RI$,其中 CI 和 RI 分别为 0.010 33 和 1.01,因而该判断矩阵的一致性比率 $CR = 0.011 < 0.10$,因此,它具有满意的一致性。

2.2 纵向结构各层次的权重值及有关参数

水稻种植比重(A_1)、地形地貌(A_2)、区域农业气候(A_3)、植被类型(A_4) 的纵向结构分别有 8、6、7、5 个层次,它们的判断矩阵及有关参数同样可按上述方法得到(见表 1)。从表 1 可看出水稻种植比重(A_1)、地形地貌(A_2)、区域农业气候(A_3)、植被类型(A_4) 的一致性比率 CR 均 < 0.10 ,因而它们的判断矩阵具有满意的一致性。

表 1 多层次决策结构模型各层次的权重值

Table 1 Quantitative relationship of the structural multi- hierarchy decision model

纵向决策层次	横向决策层次			
	$A_1(0.467\ 2)$	$A_2(0.277\ 2)$	$A_3(0.160\ 1)$	$A_4(0.095\ 4)$
B_1	0.331 3	0.472 3	0.354 2	0.418 5
B_2	0.230 7	0.258 2	0.239 9	0.262 5
B_3	0.157 2	0.137 3	0.158 7	0.159 9
B_4	0.105 9	0.072 1	0.103 6	0.097 3
B_5	0.072 9	0.038 3	0.067 6	0.061 8
B_6	0.047 7	0.021 9	0.044 8	/
B_7	0.032 7	/	0.031 2	/
B_8	0.023 6	/	/	/
$\lambda_{\max}$	8.288	6.402	7.196	5.068
CI	0.041 8	0.080 2	0.032 5	0.017 0
RI	1.41	1.24	1.32	1.12
CR	0.03	0.06	0.02	0.02

3 利用地理信息系统, 实现水稻种植面积遥感估算的综合自然分层

建立了多层次决策的数量关系, 就可利用地理信息系统的空间处理能力进行综合分层。

(1) 带有权重值图件的形成

将浙江省水稻种植比重图件按所分的 8 个区域, 在 ARC/INFO 下分别将权重值赋给对应的多边形。同样对浙江省地形地貌、区域农业气候和植被类型 GIS 专题图件, 分别将 A_2 、 A_3 、 A_4 的权重值赋于各自对应的多边形。

(2) 图件的矢量-栅格化

利用地理信息系统 IDRISI 将上述矢量文件(包括其属性)转变为栅格文件。这些栅格图像的像元值则为该像元所在多边形对应地理区域的权重值。如区域农业气候栅格图件中, 在区域中的所有象元都具有 0.354 2 的值。

(3) 各栅格图件的叠加

将带有属性值(权重值)的 4 幅栅格图件进行代数运算, 即将其对应的权重值 0.467 2、0.277 2、0.160 1、0.095 4 在 IDRISI 下, 分别乘以上述各自对应图件。完成了这一步, 则多层次决策的各层次相对重要性在图件中得到了数量体现。

(4) 系统聚类

将 4 幅图像在地理信息系统下进行叠合, 即在 IDRISI 下进行 overlay 中的相加运算, 所得图像再进行系统聚类, 得到浙江省水稻种植面积遥感估算综合自然区划分层图(见图 2)。

4 结果分析

(1) 经过多层次决策分层, 浙江省水稻种植面积遥感估算综合自然区划分层共分为 6 个区域(如图 2 所标): 第 1 区为浙北区, 该区包括了杭嘉湖和绍宁平原, 水稻种植面积比重最大, 地形影响最小, 植被多为人工植被; 第 2 区为浙东南沿海区, 该区水稻种植比重次于第 1 区, 平原约占全区的一半; 第 3 区为浙中区, 该区以山地为主, 在金华-衢县盆地中, 有一水稻种植比重的相对高值区, 植被类型既有人工植被亦有自然植被, 且以自然植被为主; 第 4 区为浙东区, 该区水稻种植比重较小, 一般在 20 % ~ 30 % 左右, 地形以山地为主, 作物季相受垂直农业气候层的影响较小; 第 5 区为浙西北区, 该区丘陵山地占 80 % 以上, 水稻种植比重在 20 % ~ 30 % 之间, 垂直农业气候层对作物季相有一定影响; 第 6 区为浙南区, 该区以山地为主, 约占 90 % 左右, 大部分县市水稻种植比重不足 10 %, 植被以自然植被为主, 作物季相受垂直农业气候层影响较大。

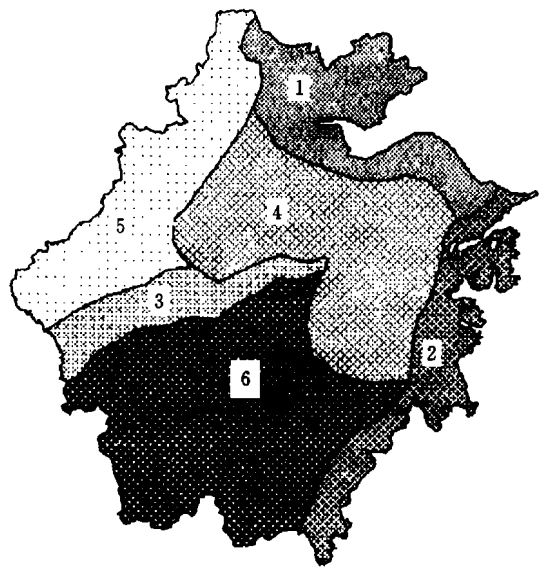


图 2 浙江省水稻种植面积遥感估算综合自然区划分层图

Fig. 2 Composite natural demarcation with remote sensing for rice planting area in Zhejiang Province

(2) 与浙江省 NOAA 卫星遥感影像对照发现, 分层图与影像图有很好的对应关系, 这说明在地理信息系统支持下的多层次决策分层结果是合理的。同时也说明, 地理信息系统在应用于决策分层时, 因其强大的空间分析和图幅叠加能力, 使多层次决策这类问题更直观和更具操作性, 它们的有机结合, 能充分体现其科学、客观、定量、直观和易操作的特性。

参 考 文 献

- 1 国家“八五”科技攻关 724 项目办公室. 国家“八五”遥感科技攻关取得重大成果. 遥感技术与应用, 1995, 11(1): 23 ~ 25
- 2 潘贤章, 曾志远. 长江三峡地区资源遥感图像处理中的几个技术难题. 环境遥感, 1994, 11(8): 23 ~ 28
- 3 杭州大学地理系. 浙江省农业区划图集. 北京: 测绘出版社, 1989. 9
- 4 刘豹, 许树柏. 层次分析法—规划决策的工具. 系统工程, 1984. 6(4): 35 ~ 39

GIS-SUPPORTED GENERAL REGIONALIZATION WITH REMOTE SENSING FOR RICE PLANTING AREA IN ZHEJIANG PROVINCE

Lai Geying¹⁾ Yang XingWei²⁾ Yao Kemin¹⁾

(1) Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044; 2) Shanghai Meteorological Institute, Shanghai 200030)

Abstract Taken into consideration are topographical features, ratio of rice planting area to total, agroclimatic type and vegetation regime, a general-regionalization and multi-hierarchy-decision model is established for estimation of rice planting area through remote sensing and some quantitative relationships are demonstrated based on analytic hierarchy process. By making use of remote sensing and taking advantage of geographical information system (GIS) in spatial analysis, the composite natural demarcation of rice planting area was achieved for Zhejiang Province.

Keywords geographical information system, rice planting area, analytic hierarchy process