

用卫星探测资料建立水稻 种植面积测算模式研究*

张明席

胡成群**

(江西省气象台)

(江西省农气中心)

提 要

本文提出了以NOAA-AVHRR通道数据建立水稻种植面积的统计测算模式的技术方法。大样本田测算试验和应用检验结果表明,该技术方法具有较明确的物理内含,实际效果是好的,对县级空间单位的测算精度可稳定在90%以上,具有重要的实用价值。

一、引 言

我国水稻种植区集中在江南。这里的地形、气候特点使种植水稻的田地呈现出插花式的复杂景观,从而使水稻卫星遥感具有很高难度。

人们普遍认为⁽¹⁾,水稻的卫星测算,只能采用Landsat和SPOT这类空间分辨率高的卫星资料,NOAA-AVHRR(简称“N-A”)空间分辨率低,只适用于长势监测。

空间分辨率高的卫星资料存在计算量大、技术处理难度高、实时可用率低而又价贵等实际问题。因此,难于业务化。

N-A具有时间分辨率高、灰度等级丰富、实时可用性好、技术处理较易且又价低等优点。尤其1、2通道数据与Landsat的MSS5、MSS7又分别有很高的相关性⁽²⁾。因此,在农业领域中的潜在应用价值的开发问题,已备受重视。

我国卫星遥感工作者以N-A进行北方

冬小麦遥感研究⁽³⁾⁽⁴⁾,并很快开展了业务化应用,取得了很大的经济效益与社会效益。用N-A进行水稻遥感,在国内外尚未见有成功的范例。本研究意在探索以N-A进行水稻种植面积测算的可行性与技术方法。

二、体现目标信息的物理模式

设经客观分层的样地中,滤去肯定不含目标信息象元点后的混合象元点集记为“I”,其中,目标物记为m,第k类背景地物记为 b_k ,i为I上任一象元,其面积为 s_0 ,其中,m的面积为 s_m ;背景物种类为k, (≥ 1); b_k 的面积为 s_k ,则有

m的面积含量比: $p = s_m/s_0$;

b_k 的面积含量比: $p_k = s_k/s_0$ 。

取EVI⁽²⁾为分析依据,其定义式为:

$$EVI = CH_2 - CH_1 \quad (1)$$

这里, CH_1 、 CH_2 分别为N-A第1、2通道反射率。

设m、 b_k 各为满象元时的c通道反射率,各记为 $\rho_i(c, m, t)$ 和 $\rho_i(c, b_k, t)$;

*国家气象局资助课题。 **江西省气科所蒋维民同志参加了实际工作。

t为时相。则有

$$EVI(t) = p[\rho_i(2, m, t) - \rho_i(1, m, t)] + \sum_{k=1}^{k_i} p_k[\rho_i(2, b_k, t) - \rho_i(1, b_k, t)] \quad (2)$$

当t自 $t_1 \rightarrow t_2$ ，并存在合适时相 t_1, t_2 ，使条件：

$$\rho_i(c, b_k, t_2) \rightarrow \rho_i(c, b_k, t_1), \quad (3)$$

成立。其中， $c=1, 2; k=1, 2, \dots, k_i$ 。

经简化，则在 $\Delta t (t_2 - t_1)$ 内EVI的变量为：

$$\Delta EVI(t) = (\mu_{1i} + \mu_{2i}) \cdot p \quad (4)$$

式中，

$$\mu_{1i} = \rho_i(2, m, t_2) - \rho_i(2, m, t_1);$$

$$\mu_{2i} = \rho_i(1, m, t_1) - \rho_i(1, m, t_2)。$$

由于N-A的象元面积很大（约为1815亩），因此，其中m的光谱响应特性，实际上只能以其在象元中各个局域上的平均状况作表征。

显然，若事先能注意排除物候期差异的影响（可通过合理区划来实现），进行合理的样地分层，使层内地形特征、耕种水平等都趋于一致，那么，就有可能使层内各个面元间m的平均长势差异，将因各面元内m在各局域上的长势互补效应而趋于平缓，即均趋近分层的某一总体平均水平。

因此，对于宏观的统计测算而言，可视 $\rho_i(c, m, t) \rightarrow \bar{\rho}(c, m, t), i \in I, c=1, 2$ 。这里， $\bar{\rho}(c, m, t)$ 表示分层上，m为满象元时的c通道反射率的平均水平。

此时，应有：

$$\mu_{1i} \equiv \mu_1 = \bar{\rho}(2, m, t_2) - \bar{\rho}(2, m, t_1);$$

$$\mu_{2i} \equiv \mu_2 = \bar{\rho}(1, m, t_1) - \bar{\rho}(1, m, t_2);$$

$$\Delta EVI(t) = (\mu_1 + \mu_2) \cdot p \quad (5)$$

若在(3)式成立的时相里，满足

$$\begin{cases} \bar{\rho}(2, m, t_2) \gg \bar{\rho}(2, m, t_1) \\ \bar{\rho}(1, m, t_2) \ll \bar{\rho}(1, m, t_1) \end{cases} \quad (6)$$

则 μ_1, μ_2 均为正的常数。

此时(5)式有明确意义： ΔEVI 与p成

线性正相关，即目标信息p可从 ΔEVI 中得到定量体现。

由此可见，p能否被分离，关键在于条件(3)和(6)同时存在与否，故其联合，可作为p能否提取的定性判据。其物理含义是：要使背景地物光谱响应特性动态变化的影响受到抑制或消除，又须让目标物的动态变化信息表现得最强。

三、提取p的数学模型

p可表示为 ΔEVI 的线性函数：

$$p = (\mu_1 + \mu_2)^{-1} \cdot \Delta EVI(t) \quad (7)$$

因 μ_1, μ_2 是难于实际测定的，故(7)式不能直接引用，只能通过实测推断或统计解释方法来实现对p的提取。为便于业务应用，研究中，注重后一方式。

$$\text{设： } p = f(x) = A_1 + A_2 \cdot x,$$

$$x = 1, 2, \dots, x_0 \quad (8)$$

其中，x为 ΔEVI 的线性变换值， x_0 为分级数：

$$x = \Delta EVI - \Delta E_0 + 1,$$

$$\Delta EVI \in [\Delta E_0, \Delta E_{max}],$$

$$x_0 = \Delta E_{max} - \Delta E_0 + 1,$$

ΔE_0 为I集上 $p \neq 0$ 所对应的 ΔEVI 最小值，由统计分析确定， ΔE_{max} 为I集上 ΔEVI 的最大值，可直接得到（ ΔEVI 取整数）； A_1, A_2 为待定系数。

设某分层中有L个样地，则得

$$\hat{s}_l = \sum_{x=1}^{x_0} f(x) \cdot B_l(x), \quad l=1, 2, \dots, L \quad (9)$$

其中，

\hat{s}_l 为第l样地实测面积 s_l 的逼近值； $B_l(x)$ 为l样地I集上， ΔEVI 线性变换值为x的所有象元的面积和。

L个样地的逼近误差平方和（逼近方差）为：

$$D = \sum_{l=1}^L (\hat{s}_l - s_l)^2$$

令 $D \rightarrow 0$ ，可得一线性方程组：

$$\begin{cases} A_1 \sum_{i=1}^L W_i^2(1) + A_2 \sum_{i=1}^L W_i(1)W_i(2) \\ = \sum_{i=1}^L W_i(1) \cdot s_i \\ A_1 \sum_{i=1}^L W_i(2) \cdot W_i(1) \\ + A_2 \sum_{i=1}^L W_i^2(2) = \sum_{i=1}^L W_i(2) \cdot s_i \end{cases} \quad (10)$$

其中, $W_i(i) = \sum_{x=1}^{x_0} x^{i-1} B_i(x), i=1,2$

给定 ΔE_0 , 可由 (10) 式解出相应的 A_1, A_2 。

由于: ①对于不同的 ΔE_0 , 均方根

$$\sigma(\Delta E_0) = \sqrt{\frac{1}{L} D(\Delta E_0)}$$
 是不等

的; ② $p > 0$ 才有意义, 且须有 $f(1) < f(2) < \dots < f(x_0)$ 。因此, 可以取约束条件

$$\begin{cases} \sigma(\Delta E'_0) = \min(\sigma(\Delta E_0)) \\ E_1 \leq \Delta E_0 \leq E_2 \\ A_1 + A_2 > 0 \text{ 且 } A_2 > 0 \end{cases} \quad (11)$$

做为确定 ΔE_0 的最佳取值 $\Delta E'_0$ 的目标函数。其中 E_1 和 E_2 原则上可取 I 集上的 ΔEVI_{min} 与 ΔEVI_{max} 。实算时可根据试算的收敛速度而定。本实例中, 分别取 -1 和 3。

$\Delta E'_0$ 确定了, 相应的 $f(x)$ 也就确定了。此时的输出结果为:

$$\begin{cases} f(x) = A_1 + A_2(x), x=1, 2, \dots, x_0 \\ x = \Delta EVI - \Delta E'_0 + 1 \\ \Delta EVI \in [\Delta E'_0, \Delta E_{max}] \\ x_0 = \Delta E_{max} - \Delta E'_0 + 1 \end{cases} \quad (12)$$

有了 (12) 式即可进行种植面积的计算。

四、样地客观分层的技术模式

1. “同层”的定义

由于水稻种植空间分布态势主要是由地形特征所确定的, 给“同层”定义如下:

若对于确定的 $[\Delta E'_0, \Delta E_{max}]$ (可变换为 $[1, x_0]$), $L (\geq 3)$ 个样地, 不论取何种组合: 从 C_L^2 至 C_L^L , 按 (10) 式求解, 总只有“唯一”的 $f(x)$, 则称它们为一有共同特性的分层, 简称“同层”。

2. $f(x)$ “唯一”性判别标准

对 L 个样地做 C_L^2 至 C_L^L 的各种组合计算, 得 $C_L^2 + C_L^3 + \dots + C_L^L = 2^L - (L+1)$ 个 $f(x)$ 。若它们的系数 A_1, A_2 的各自均方根满足

$$\begin{cases} \sigma(A_1) < \eta_1 \\ \sigma(A_2) < \eta_2 \end{cases} \quad (13)$$

则称 $f(x)$ 具有唯一性。这里的 η_1, η_2 是给定的唯一性强度标准值, 可依对 L 为同层的苛求程度而定。本例中, 取 $\eta_1 < 2\%$; $\eta_2 < 0.1\%$, 便可取得很好的分层效果。

3. 考虑到 (7) 式的图形, 实际上更可能是条波动上升曲线, 为使之线性化, 以利计算结果的稳定性, 在分层分析计算中, 采用了对 $[\Delta E_0, \Delta E_{max}]$ 做多种等步长的分组处理技术。

可以证明, 这种处理不会改变 p 与 ΔEVI 的固有线性关系特性。

设:

$$x = 1, 2, \dots, n;$$

$$y = a_1 + b_1 x, a_1, b_1 \text{ 均为步长 } d = 1 \text{ 时的常数。}$$

取步长 $d (2, 3, \dots, [\frac{n}{2}]; [\frac{n}{2}]$ 为舍

余取整, 后同), 对区间 $[1, n]$ 做等距分割, 即令:

$$x \in [(j-1) \cdot d + 1, j \cdot d] \quad (14)$$

时, 记为新的变量 $x' = j$ 。这里, j 为相应于 d 的分组序号, $j = 1, 2, \dots, j_0$; j_0 为分

组数, $j_0 = \frac{n}{d}$ (n 为 d 的倍数)。

记第 j 分组 y 的平均值为 y'_j , 则

$$\begin{aligned} y'_j &= \frac{1}{d} \sum_{x=v_j}^{x=v_j+d-1} (a_1 + b_1 x) \\ &= a_1 - \frac{b_1}{2}(d-1) + d \cdot b_1 \cdot x' \end{aligned}$$

其中, $v_j = (j-1) \cdot d + 1$ 。

显然, 在给定的 d 值下,

$$\begin{cases} a'_d = a_1 - \frac{1}{2}(d-1) \cdot b_1 \\ b'_d = d \cdot b_1 \end{cases} \quad (15)$$

为常数, 所以

$$y'_j = a'_d + b'_d x'$$

仍为线性函数。

有意义的是, 只有 y 为 x 的线性函数时, 才有(15)式的结果。因此, 多种等步长的分组计算结果, 既能为客观分层提供更丰富的信息依据又可为检测 p 与 ΔEVI 在 $[\Delta E'_0, \Delta E_{max}]$ 上的线性相关状况提供有益的信息支持。这一点, 于后可见。

五、EVI年际值的可比化处理模式

文献[2]指出, 遥感信息是一种瞬时记录, 具有一定的空间与时间不稳定性。这是遥感专题应用中一个尚难以规范化解决的难题。因此, 人们主要是借助于从实验分析中所求得的经验模式来进行不同时相遥感信息的可比化处理。

鉴于应用时相 T_1 、 T_2 与建模时相 t_1 、 t_2 分别成年际性重合, 太阳高度角是对应等价的。因此, 若对应时相的环境条件等同, 那么, 对于形态特征为年际定常的象元点来说, 其光谱响应特性应是等价的, 即是可比的。这表明, 这类象元点的光谱响应特性的时间波动, 能反映对应时相环境因素差异所

产生的综合效应。故可据之来求取消除环境因素差异的定量化指标, 即可比化系数。

基于此, 本文通过计算分析, 确立了一种可供实用的EVI年际值可比化模式。其流程为:

在测算区上选取若干植被年际特征很稳定的区块, 如庐山区, 做为参考区; 取 t_1 、 t_2 为参考时相。

$$\textcircled{1} \text{ 令 } \widehat{EVI}_j(t_k) = c_k EVI_j(T_k), \quad k=1, 2$$

其中, j 为参考区上, T_1 与 t_1 及 T_2 与 t_2 同为晴空象元点; 带“^”的为逼近值; c_k 为可比化系数,

$$c_k = \frac{\sum_{i=1}^n EVI_i(T_k) \cdot EVI_j(t_k)}{\sum_{i=1}^n EVI_i^2(T_k)} \quad (16)$$

n 为实际计算的象元点数。

②求 T_k 时相EVI的可比化值:

$$\widehat{EVI}_i(T_k) = c_k \cdot EVI_i(T_k), \quad i \in I$$

③取 $\Delta \widehat{EVI}_i(T) = \widehat{EVI}_i(T_2) - \widehat{EVI}_i(T_1)$ 为实用信息。

六、测算模式的建立

以江西省26个县市早稻种植面积测算为例。实测面积数据均由省统计局提供, 列于表1; N-A通道数据由国家气象局卫星气象中心提供。

表 1 26个县市1998年早稻种植面积实测值 (单位: 万亩)

县市名称 与代称	乐平 JD-LP	修水 JJ-XS	永修 JJ-YX	湖口 JJ-HK	丰城 YC-FC	清江 YC-QJ	高安 YC-GA	宜春 YC-YC	贵溪 YT-GQ
面积	42.82	32.03	24.80	12.17	92.99	44.29	65.56	39.14	42.63
县市名称 与代称	余江 YT-YJ	安义 NC-AY	进贤 NC-JX	南昌县 NC-NC	南昌市 NC-SH	余干 SR-YG	万年 SR-WN	广丰 SR-GF	波阳 SR-BY
面积	28.00	21.60	48.97	92.99	10.42	52.51	24.14	24.51	74.90
县市名称 与代称	玉山 SR-IS	铅山 SR-QS	临川 FZ-NC	金溪 FZ-JX	资溪 FZ-ZX	东乡 FZ-DX	崇仁 FZ-CR	广昌 FZ-GC	
面积	23.33	21.73	64.63	27.48	5.91	31.43	27.38	11.28	

注: 宜春县含宜春市, 临川县含抚州市。

1. 时相 t_1 、 t_2 的选取

早稻冠层形态变化存在时间效应的两个突出时段：从5月上旬（栽插期）至6月上旬（进入最高分蘖期），由淡、稀、低（田中水体外露）状态变为浓、密、高（封闭）状态；成熟期，早稻成金黄状态。

在前一时段上的5月中旬至6月上旬间，I集上，背景物中的绿色植被（由分散性的林木、草丛区块混和构成），已进入了形态稳定的茂盛期。由于 Δt 较短，它们混合冠层的总体变化将是甚微的。

此时，伴随作物主要是棉花和旱大豆。前者进入了现蕾前的株冠稳定期，后者到了开花期，加之它们总体含量很小，所以，冠层形态在 Δt 内的动态变化影响也是甚微的。

至于其它零星作物（如蔬菜等），可视为随机性的扰动小量，平均而言，影响也可忽略。

非形态变化物（居民点、道路、低覆盖的分散丘地等），在 Δt 内更可以认为是无变化的。

因此，若在5月中旬内取 t_1 、6月上旬中选 t_2 ，就可能把背景地物的通道光谱响应特性的动态变化影响抑制到最低限度，而使水稻的动态变化信息获得最大的相对增强，从而使(3)和(6)式均趋于成立，使(7)

式的关系得以体现。

根据以上分析，取1988年6月3日及5月19日15时左右（均指北京时）的N-A的1、2通道数据，做为建立测算模式的遥感信息源。

2. 样地分层及分层测算模式

以第三、四节所定的技术模式，通过如图1所示作业流程，最终结果见表2。其中：

d_M 为对 $[\Delta E'_0, \Delta E_{max}]$ 做等距分组的最佳步长， $\Delta E_{max} = 12$ ；

$W_{max} = \max(|W_{kj}|)$ ， W_{kj} 为分层

$$\begin{matrix} 1 \leq k \leq 2^L - L - 1 \\ 1 \leq j \leq L \end{matrix}$$

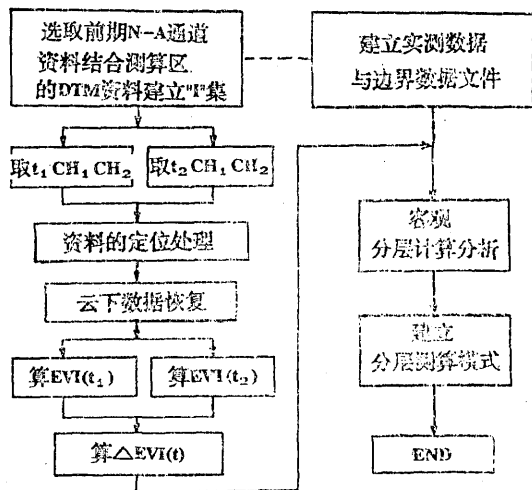


图1 建立分层测算模式的工作流程

表2 各分层测算模式参数及其性能指数

分	层	$\Delta E'_0$	x'_0	d_M	A_1	A_2	$\sigma(A_1)$	$\sigma(A_2)$	W_{max}	
SR	FZ	NC								
YG	JX	JX	2	3	4	-0.0809	0.1528	0.0007	0.0003	0.0018
JJ	SR	NC								
YX	BV	JX	2	3	4	-0.1103	0.1674	0.0002	0.0001	-0.0004
NC	JD	YC								
NC	LP	FC	2	3	4	-0.0925	0.1922	0.0104	0.0059	-0.0281
FZ	YC	FZ								
NC	QJ	ZX	2	4	3	0.2001	0.0212	0.0139	0.0069	-0.0476
NC	NC	YT								
NC	SH	GQ	2	5	2	-0.0797	0.1128	0.0017	0.0007	0.0072
YC	SR	SR								
GA	GF	WN	2	5	2	0.1322	0.0216	0.0103	0.0035	0.0439
NC	SR	SR								
AV	IS	OS	2	5	2	-0.1120	0.1387	0.0076	0.0034	-0.0138
YT	FZ	FZ								
YJ	CR	DX	2	5	2	0.1455	0.0142	0.0003	0.0001	-0.0007
JJ	FZ	YC								
XS	GC	YC	2	5	2	-0.0248	0.0543	0.0034	0.0015	0.0244

中第 k 个方程对层内第 j 样地的相对测算误差, $W_{kj} = (\hat{s}_{kj} - s_j) / s_j$, \hat{s} 为测算面积,

表3 测算模式的计算值与实测值比较

(单位: 万亩)

分层号	样地	计算值	实测值	误差值
1	FZ-JX	27.4826	27.48	0.0026
	SR-YG	52.5020	52.51	-0.0080
	NC-JX	48.9771	48.97	0.0071
2	JJ-YX	24.8032	24.80	0.0032
	SR-BY	74.8970	74.90	-0.0030
	NC-JX	48.9729	48.97	0.0029
3	NC-NC	92.7915	92.99	-0.1985
	JD-LP	42.2850	42.82	-0.5350
	YC-FC	93.4292	92.99	0.4392
4	FZ-NC	64.6775	64.63	0.0475
	YC-QJ	44.2546	44.29	-0.0354
	FZ-ZX	5.6432	5.91	-0.2668
5	NC-NC	92.9903	92.99	0.0003
	NC-SH	10.4074	10.42	-0.0126
	YT-GQ	42.6325	42.63	0.0025
6	YC-GA	65.4462	65.56	-0.1138
	SR-GF	24.5441	24.51	0.0341
	SR-WN	24.2480	24.14	0.1080
	JJ-HK	12.4899	12.17	0.3199
7	NC-AY	21.5849	21.60	-0.0151
	SR-IS	23.3831	23.33	0.0513
	SR-QS	21.6897	21.73	-0.0403
8	YT-YJ	27.9961	28.00	-0.0039
	FZ-CR	27.3759	27.38	-0.0041
	FZ-DX	31.4371	31.43	0.0071
9	JJ-XS	31.9112	32.03	-0.1188
	FZ-GC	11.3922	11.28	0.1122
	YC-YC	39.2041	39.14	0.0641

s 为实测面积, 后类同; A_1 、 A_2 为 c_i 组合时的计算值; x'_0 为相应于 d_M 的分组数。

3. 测算效果 (见表3)

各分层的种植面积测算模式为:

$$\hat{s}_{ij} = \sum_{x'=1}^{x'_0} (A_{1i} + A_{2i} \cdot x') \cdot B_{ij}(x')$$

其中, i 为分层号, j 为样地号; x'_0 为 i 分层在相应的 d_M 下的分组数:

$$x'_0 = \begin{cases} DE_i/d_M, & \text{余数为0时;} \\ \lfloor DE_i/d_M \rfloor, & \text{DE}_i/d_M \text{余数为1时;} \\ \lfloor DE_i/d_M \rfloor + 1, & \text{DE}_i/d_M \\ & \text{余数} > 1 \text{时。} \end{cases}$$

这里, $DE_i = \Delta E_{max} - \Delta E'_i + 1$; x' 为 $\Delta EVI (\in [\Delta E'_0, \Delta E_{max}])$ 变换值 x 所在分组的序号, 按(14)式确定; $B_{ij}(x')$ 为 ΔEVI 相应的组序号为 x' 的所有象元的面积和, 象元面积 s_0 按公式

$$s_0 = 1.1\pi R \cos\phi / 180 \text{ (km}^2\text{)}$$

计算, ϕ 为象元所在地理纬度, 地球半径 R 取6374km; A_{1i} 、 A_{2i} 为 i 分层在相应的 d_M 下求解出的 $f(x)$ 的系数。

4. 对计算结果的分析

(1) 26个样地都有同一的 p 荷载区间: $\Delta EVI \in [2, 12]$, 且均可用相应的线性增函数作高精度逼近。这表明, 当时相 t_1 、 t_2 选取合理时, p 与 ΔEVI 确有显著的线性正相关关系。这一点, 可从表4、5和图2得到证实。

首先, 由表4可见: ①两县的“ Σ ”比为0.65, 而种植面积比仅为0.12; ②沿 ΔEVI 轴, 象元数分布, 广昌县呈递减, 偏集在低值端, 南昌县则是递增, 云集在高值端。由于前者为山区后者为平原的地形差异, 及其

表4

广昌、南昌两县象元数

县名	ΔEVI												Σ	种植面积 (万亩)	国土面积 (万亩)
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
广昌县	197	208	182	149	83	56	28	9	5	5	4	926	11.28	250.1096	
南昌县	30	42	57	50	57	61	86	100	97	144	707	1431	92.99	291.9662	

表 5 线性关系检测例据

步长d (分层6)	计算值		理论值		W _{max}
	a _d	b _d	a' _d	b' _d	
1	0.1398	0.0103	0.1398	0.0103	0.0426
2	0.1322	0.0216	0.1346	0.0206	0.0439
3	0.1256	0.0322	0.1295	0.0309	0.0462
4	0.1214	0.0421	0.1243	0.0412	0.0458

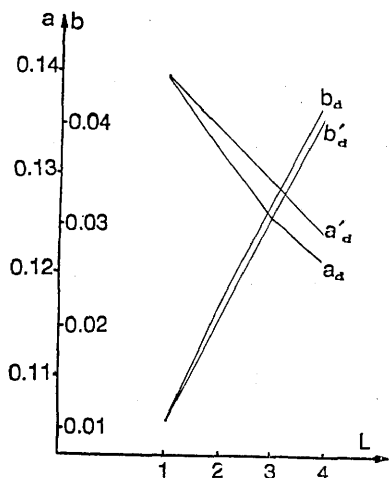


图 2 计算曲线 a_d、b_d 与理论曲线 a'_d、b'_d 比较地形对水稻种植空间分布态势的制约关系，使①、②两点成为相容的内在合理条件只能是 p 与 ΔEVI 成正相关。

其次，由表5和图2可见，在相应的d下，a_d与a'_d、b_d与b'_d均极吻合，相关系数分别达0.9923和0.9996，且不论d为何值，W_{max}几乎为定值。从(15)式的由来，可知p与

表 6 玉山、铅山两县象元数、测算结果

县	年	ΔEVI											测算面积 (万亩)	实际面积 (万亩)	相对误差 (万亩)
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
玉山	1988	70	116	98	127	100	78	52	27	15	4	5	23.3813	23.33	0.0022
	1987	117	133	124	101	99	80	39	23	19	7	17	24.26992	23.16	0.048
铅山	1987	87	84	70	60	52	56	44	26	22	20	16	19.99368	21.69	-0.078
	1988	121	112	112	109	88	66	41	24	13	8	6	21.6897	21.73	-0.0019

*此两县为全境晴空区，不须做云下数据恢复处理，检验更具客观性。

ΔEVI在[ΔE'₀, ΔE_{max}]上有很好的线性关系。

(2) 从表2可见，各分层的d_m落在2—4之间。这表明①相对于N-A的物理属性，统计分析面元s₀取在2s₀至4s₀之间时，p与ΔEVI的线性相关最佳。其道理很显然，因当面元适当扩大时，其各局域上的m（也含b_k）的长势互补效应将更明显，从而使各面元m的光谱响应特性更能趋于一致（即空间波动减弱）。因此，对于宏观测算来说，视ρ_i(c, m, t) → ρ̄(c, m, t)是合理，切实的；②在客观分层分析中，引入多种步长的分组处理技术既是必要的又是有益的。

(3) 26个样地被规划成9个分层。比较分析各分层I集上的地形特征，可以看出，结果是比较合理的：既能反映出江西省地形的空间变化具有多态性的事实，又能体现这种多态性的相对性，如NC-NC和NC-JX分别可归属于两个地形特征比较相近的分层。这应是一种合理的结果。由此可说明本文给出的分层模式是合理和客观的。

七、实用检验

仅以玉山、铅山1987年的早稻种植面积测算为例*。这时，T₁取5月16日，T₂取6月8日。

按第五节的技术模式计算ΔEVI(T)。其中，可比化系数为c₁ = 0.948；c₂ = 0.722。结果列于表6。

结果表明,象元数沿 ΔEVI 轴的分布趋势是稳定一致的。这与江西省早稻种植区分布年际稳定的实况相符。从测算精度上看,均稳定在90%以上,且两县总种植面积的相对测算误差只有1.3%,所以,效果是好的。虽然分县实用的相对误差有一数量级的波动,但与相应模式可达到的 $|W_{max}| = 0.0138$ (见表2)相比,则乃是等量级的。

重要的是,若不做可比化处理,则相对测算误差分别可达62.1%与60.3% (因 $EV I (T_2)$ 偏大)。可见,文中所设立的可比化模式,对测算模式外延应用精度的稳定具有重大作用。由此可推论,该模式具有合理的物理内含,因而能较确切反映影响N-A光谱不稳定性之主要因素的综合效应。

当然,实用时,由于该模式还存在不足之处,测算误差会有较大波动,还有待深入研究。

八、结束语

综观而论,以N-A为信息源,选取合适

时相,建立动态特征量 ΔEVI 作为目标信息载体,通过合理的分层统计解释来实现南方水稻种植面积的卫星测算是有可能的。

该研究的技术途径虽能为同类问题的深入研讨提供参考,但还仅是一个方面的有益开端,面临的问题还很多,希通过有志于此项研究人员共同奋进,以期N-A的水稻遥感应用有长足进展。

致谢:江西省气象台郭有明同志为本研究承担N-A磁带资料的转盘解读工作。

参 考 文 献

- (1) 王延颐, FP. Malingreau, 应用NOAA-AVHRR对江苏省作物进行监测的可行性研究, 环境遥感, 5 (3), 221—227, 1990。
- (2) 陈述彭, 赵英时, 遥感地学分析, 测绘出版社, 第一版, 1990。
- (3) 肖乾广, 用NOAA-AVHRR的定量资料计算冬小麦种植面积的两方法, 环境遥感, 4 (3), 191—196, 1989。
- (4) 谢昆青等, 小麦遥感估产研究, 农业遥感论文集, 115—125, 北京科学技术出版社, 1988。

A model for acreage estimation of early rice with the data from NOAA-AVHRR

Zhang Mingxi

(Meteorological Observatory, Jiangxi Province)

Hu Chengqun

(Agrometeorological Centre, Jiangxi Province)

Abstract

In this paper, a technique is given to estimate the acreage of early rice with the data from NOAA-AVHRR. The results from experiments in the sample field and even from the actual operation show that the technique is effective, applicable, and with obvious physical intention.