

用主成分法进行林分及相关因子光谱特征研究

林伟桦¹, 杨燕琼¹, 侯长谋²

(1 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2 广东省林业厅, 广东 广州 510173)

摘要:以 1997 年底、1998 年初广东省 12 景美国 LANDSAT TM 数据为信息源, 以地理信息系统(GIS)为平台, 马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林、硬阔叶林、其他阔叶林、针叶混交林、针阔混交林为研究对象, 通过主成分分析, 探讨 TM 光谱值及其比值项对林分及其相关因子的解释作用。结果表明, 第 4 主分量均反映与林分蓄积有关的平均树高、平均胸径、龄组、郁闭度等信息, 大部分林分的第 1、2、3 主分量均由波段光谱值及其比值项来反映其信息, 其他主分量表示的信息因林分而异。

关键词:主成分法; 林分及相关因子; 光谱特征

中图分类号: TP75

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2004)02-0022-04

A study of spectral features of stands and their related factors with principal component analysis

LIN Wei-hua¹, YANG Yan-qiong¹, HOU Chang-mou²

(1 College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Forestry Bureau, Guangzhou 510173, China)

Abstract: With 12 American LANDSAT TM images taken in Guangdong Province in late 1997 and early 1998 as information source and based on GIS, the present paper studied how well the TM spectrum values and their ratios could indicate the real conditions of the stands with the method of principal component analysis. Eight types of stands were analyzed, including mason pine, Chinese fir, eucalyptus, soft bark, sclerophyllous and other broadleaved stands, mixed coniferous stand and mixed coniferous-broadleaved stand. Results showed that the 4th principal component indicated the messages about mean tree height, mean diameter at breast height, age class and canopy closure, the first three principal components of most stands revealed spectrum values and their ratios, while the other principal components had different indications among the stands studied.

Key words: principal component analysis; stands and their related factors; spectral features

森林是陆地最大的生态系统, 保护森林资源, 优化生态环境, 是当今生态研究的重要课题之一。森林资源是林业的核心, 如何利用遥感(RS)、地理信息系统(GIS)的数据来调查林分及其相关因子, 减轻森林资源调查的外业工作强度, 提高工作效率, 具有十分重要的意义。本研究对马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林、硬阔叶林、其他阔叶林、针叶混交林和针阔混交林共 8 种不同林分进行主成分分析, 找出不同林分中 TM 值及其比值项对林分及相关因子的解释作用, 特别是 TM 值及其比值项对测树因子, 如平均

树高、平均胸径、龄组、郁闭度等的解释作用, 以减少外业调查的工作量。

1 试验区概况及研究方法

1.1 试验区概况

广东省位于南岭以南, 北纬 20°15' ~ 25°31', 东经 109°40' ~ 117°20', 地势北高南低。广东省森林土壤主要为砖红壤、赤红壤、红壤等类型, 广东省森林大部分为季风常绿林, 有林地面积 815 万 hm^2 , 森林覆盖率达 51.95%, 主要树种有马尾松 *Pinus massoniana*、

杉木 *Cunninghamia lanceolata*、湿地松 *P. elliotii*、桉树 *Eucalyptus* spp.、相思 *Acacia* spp.等,本研究对象为马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林(由叶片薄而软,生长较快的阔叶树组成)、硬阔叶林(由叶片厚而硬,生长较慢的阔叶树组成)、其他阔叶林(硬阔叶树与软阔叶树混交林)、针叶混交林、针阔混交林^[1]。

1.2 材料与方法

1997年底,广东省进行了森林资源连续清查第4次复查,本研究采用与第4次复查近似同期的1997年底至1998年初,空间分辨率为30 m的12景全波段TM遥感数据作为信息源,并利用遥感图像处理软件ERDAS,对12景全波段TM遥感影像进行了彩色合成(分别赋予TM4、5、3波段红、绿、蓝色)、线性变换、几何纠正(经纠正后,中误差小于1个像元)、影像分析判读等处理,以便数据的提取。

广东省森林资源连续清查的固定样地是按8 km×6 km网点布设,面积为0.066 7 hm²的正方形。固定样地抽样调查精度严格按照1994年国家林业部制定的《国家森林资源连续清查主要技术规定》执行,即固定样地的复位率为100%;地类、林种、优势树种的调查精度为100%;树高10 m以下,调查精度大于97%;树高10 m以上,调查精度大于95%;胸径≥20 cm,测胸径误差小于1.5%;胸径小于20 cm,测胸径误差小于0.3 cm;郁闭度精度不低于95%;龄组精度不低于90%;有林地面积调查精度不低于95%;活立木蓄积精度不低于90%。本研究收集1997年底广东省森林资源连续清查第4次复查的马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林、硬阔叶林、其他阔叶林、针叶混交林、针阔混交林固定样地外业调查资料、统计数据,用地理信息系统ARCVIEW,根据固定样地点的坐

标把各固定样地点准确定位在12景TM彩色合成图上,并随机抽取183个固定样地点,算出TM图像与地理信息的配准精度为96.3%。

利用ARCVIEW软件,在12景图像处理后的TM全波段合成图上,分别提取马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林、硬阔叶林、其他阔叶林、针叶混交林和针阔混交林的固定样地320、199、60、101、213、84、87和178个,并提取出这些固定样地的海拔、地貌、坡向、坡度、坡位、土壤类型、土层厚度、TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM6、TM7等数据作为研究的初始数据。

林木的生长常常受到数量化因子和非数量化因子的综合影响,为了充分利用非数量化因子,本研究根据广东省森林资源连续清查第4次复查固定样地调查操作细则,用GIS提取出地貌:中山(1 000~3 500 m)、低山(低于1 000 m)、丘陵(低于200 m)和平原;坡向:东、南、西、北、东北、东南、西北、西南和无坡向(山顶);坡位:脊部、上部、中部、下部、谷部和平地;土壤类型:红壤、赤红壤、砖红壤、紫色土、黄壤、草甸土、石灰土、滨海砂土和其他土壤类型这些非数量化因子,并用数量化I理论进行数量化^[2],以便充分利用非数量化因子进行主成分分析^[1]。

2 结果与分析

用主成分分析法^[3-5]对马尾松林、杉木林、桉树林、软阔叶林、硬阔叶林、其他阔叶林、针叶混交林、针阔混交林这8种不同林分的海拔、地貌、坡向、坡度、坡位、土壤名称、土壤厚度、龄组、平均胸径、平均树高、郁闭度、TM1~TM7共7个单波段数据及1/2、1/3、1/4、……、3/(1+2+3+4+5+7)等26个波段比值项,共44个因子进行分析,其结果如表1。

表1 主成分分析结果
Tab. 1 The outcome of principal component analysis

林分类型 stand	抽样适度测定值	累计方差百分比
	Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy	cumulative/%
马尾松林 mason pine forest	0.741	81.776
杉木林 Chinese fir forest	0.784	81.367
桉树林 eucalyptus forest	0.648	90.249
软阔叶林 soft bark broadleaf forest	0.762	86.350
硬阔叶林 sclerophyllous broadleaf forest	0.856	90.851
其他阔叶林 other broadleaf mixed forest	0.591	82.645
针叶混交林 coniferous mixed forest	0.563	85.224
针阔混交林 mixed broadleaf-conifer forest	0.750	79.575

一般认为,抽样适度测定值(Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy,简称KMO值)应大于0.5,巴特尼特(Bartlett)法圆形检验值的显著性P

(Sig.)小于0.05,主成分分析的效果才令人满意。所取主成分的累计方差百分比应大于70%。主分量具有解释用途,且得分还有预报作用。

本研究的 KMO 值均大于 0.5, 故可认为各林分数据可用作主成分分析, 硬阔叶林的 KMO 值最大, 其主成分分析的效果最好, 杉木林、软阔叶林、针阔混交林、马尾松林、桉树林、其他阔叶林、针叶混交林次之。巴特尼特法圆形检验值的显著性 $P(\text{Sig.})$ 小于 0.05 (均为 0), 且各林分的累计方差百分比 (5 个主分量) 均达到 79.5% 以上, 故认为各林分进行主成分分析均有效, 结果比较满意。

2.1 马尾松林主分量得分模型及各公因子含义

第 1 主分量 (以下简称第 1): $Y_1 = 0.103 \times \text{TM2/TM7} + 0.101 \times \text{TM3/TM7} + 0.1 \times \text{TM4/TM5} + \dots$

第 2 主分量 (以下简称第 2): $Y_2 = 0.125 \times \text{TM4} \times \text{TM5/TM7} + 0.121 \times \text{TM4/TM6} + 0.108 \times \text{TM4} + \dots$

第 3 主分量 (以下简称第 3): $Y_3 = 0.149 \times \text{TM1/TM6} + 0.149 \times \text{TM2/TM6} + 0.127 \times \text{TM3/TM6} + \dots$

第 4 主分量 (以下简称第 4): $Y_4 = 0.310 \times \text{平均树高} + 0.308 \times \text{平均胸径} + 0.263 \times \text{林分蓄积量} + 0.261 \times \text{龄组} + \dots$

第 5 主分量 (以下简称第 5): $Y_5 = 0.533 \times \text{TM6} - 0.236 \times \text{TM1/TM6} - 0.176 \times \text{郁闭度} - 0.175 \times \text{坡向} + 0.139 \times \text{TM1} + \dots$

从这 5 个主分量得分模型来看, 第 1、2、3 主分量反映的是光谱信息; 第 4 主分量的含义表示平均树高、平均胸径、林分蓄积量、龄组等反映林分蓄积量的信息; 第 5 主分量的含义表示郁闭度、坡向等信息, 主要由 TM6 光谱值、TM1/TM6 比值项来解释。

2.2 杉木林主分量得分模型及各公因子含义

第 1: $Y_1 = 0.137 \times \text{TM4/TM7} + 0.131 \times \text{TM3/TM7} + 0.123 \times \text{TM4/TM5} + 0.121 \times \text{TM2/TM7} + \dots$

第 2: $Y_2 = 0.169 \times \text{TM2/TM6} + 0.158 \times \text{TM3/TM6} + 0.151 \times \text{TM1/TM6} + 0.117 \times \text{TM4/TM6} + \dots$

第 3: $Y_3 = 0.225 \times \text{TM4} \times \text{TM5/TM7} + 0.210 \times \text{TM4/TM6} + 0.172 \times \text{TM5/TM7} + 0.170 \times \text{TM4} + \dots$

第 4: $Y_4 = 0.311 \times \text{平均胸径} + 0.309 \times \text{平均树高} + 0.264 \times \text{林分蓄积量} + 0.238 \times \text{郁闭度} + 0.227 \times \text{龄组} + \dots$

第 5: $Y_5 = 0.408 \times \text{地貌} - 0.396 \times \text{海拔} - 0.263 \times \text{坡度} + 0.252 \times \text{TM6} + 0.217 \times \text{TM1} + \dots$

从这 5 个主分量得分模型来看, 第 1、2、3 主分量反映的是光谱信息; 第 4 主分量表示平均胸径、平均树高、林分蓄积量、郁闭度和龄组等与林分蓄积量有关的信息; 第 5 主分量表示地貌、海拔和坡度等与林分生长相关的立地信息, 主要由 TM6、TM1 光谱值解释。

2.3 桉树林主分量得分模型及各公因子含义

第 1: $Y_1 = 0.080 \times \text{TM2/TM5} - 0.079 \times (\text{TM5} +$

$\text{TM7} - \text{TM2}) / (\text{TM5} + \text{TM7} + \text{TM2}) + 0.076 \times \text{TM1/TM5} + \dots$

第 2: $Y_2 = 0.104 \times (\text{TM4} - \text{TM3}) / (\text{TM4} + \text{TM3}) - 0.099 \times \text{TM3/TM4} + \dots$

第 3: $Y_3 = -0.168 \times \text{TM5/TM7} + 0.163 \times \text{TM1/TM6} + 0.151 \times \text{TM1} + 0.144 \times \text{TM2/TM6} + \dots$

第 4: $Y_4 = 0.177 \times \text{龄组} + 0.158 \times \text{平均树高} + 0.150 \times \text{海拔} + 0.139 \times \text{林分蓄积量} + 0.138 \times \text{平均胸径} + 0.129 \times \text{TM6} + \dots$

第 5: $Y_5 = -0.261 \times \text{郁闭度} - 0.254 \times \text{TM1/TM2} - 0.239 \times \text{坡向} - 0.237 \times \text{坡位} + 0.146 \times \text{TM5} + \dots$

从这 5 个主分量得分模型可知: 第 1、2、3 主分量反映的是光谱信息; 第 4 主分量表示龄组、平均树高、海拔、林分蓄积量、平均胸径等与林分蓄积量相关的因子; 第 5 主分量表示郁闭度、坡向和坡位等与林分生长有关的信息, 主要由比值项 TM1/TM2 解释。

2.4 软阔叶林主分量得分模型及各公因子含义

第 1: $Y_1 = 0.088 \times \text{TM3/TM4} - 0.088 \times (\text{TM4} - \text{TM3}) / (\text{TM4} + \text{TM3}) + 0.080 \times \text{TM2/TM4} + \dots$

第 2: $Y_2 = 0.153 \times \text{TM1} + 0.149 \times \text{TM2} + 0.138 \times \text{土壤名称} + 0.131 \times \text{TM2/TM6} + 0.125 \times \text{TM3} + \dots$

第 3: $Y_3 = 0.253 \times \text{TM4/TM7} + 0.220 \times \text{TM5/TM7} + 0.200 \times \text{TM4/TM5} + 0.162 \times \text{TM4} \times \text{TM5/TM7} + \dots$

第 4: $Y_4 = 0.269 \times \text{平均胸径} + 0.251 \times \text{龄组} + 0.246 \times \text{平均树高} + 0.228 \times \text{林分蓄积量} + 0.156 \times \text{海拔} + \dots$

第 5: $Y_5 = 0.360 \times \text{TM2/TM3} + 0.289 \times \text{TM1/TM3} + 0.180 \times \text{土壤名称} - 0.169 \times \text{坡位} + \dots$

从这 5 个主分量得分模型可知: 第 1、2、3 主分量反映的是光谱信息; 第 4 主分量表示平均胸径、龄组、平均树高、林分蓄积量、海拔等与林分蓄积量有关的信息; 第 5 主分量表示土壤名称、坡位等自然属性信息, 主要由 TM2/TM3、TM1/TM3 比值项解释。

2.5 硬阔叶林主分量得分模型及各公因子含义

第 1: $Y_1 = 0.093 \times \text{TM3/TM4} - 0.092 \times (\text{TM4} - \text{TM3}) / (\text{TM4} + \text{TM3}) + 0.090 \times \text{TM2/TM4} + \dots$

第 2: $Y_2 = 0.136 \times \text{TM2/TM6} + 0.130 \times \text{TM3/TM6} + 0.129 \times \text{TM3} + 0.124 \times \text{TM2} + 0.115 \times \text{TM1/TM6} + \dots$

第 3: $Y_3 = 0.192 \times \text{TM5/TM7} + 0.191 \times \text{TM4/TM7} + 0.156 \times \text{TM2/TM7} + 0.154 \times \text{TM3/TM7} + \dots$

第 4: $Y_4 = 0.328 \times \text{平均胸径} + 0.309 \times \text{平均树高} + 0.295 \times \text{龄组} + 0.250 \times \text{林分蓄积量} + 0.085 \times \text{坡位} + \dots$

第 5: $Y_5 = 0.405 \times \text{土壤名称} - 0.380 \times \text{海拔} + 0.231 \times \text{地貌} + 0.196 \times \text{TM4/TM5} - 0.164 \times \text{郁闭度} +$

...

从这5个主分量得分模型来看,第1、2、3主分量反映的是光谱信息;第4主分量表示平均胸径、平均树高、龄组、林分蓄积量、坡位等与林分蓄积量有关的信息;第5主分量表示土壤名称、海拔、地貌等自然信息,主要由比值项 $TM4/TM5$ 解释。

2.6 其它阔叶林主分量得分模型及各公因子含义

第1: $Y_1 = 0.104 \times TM3 / (TM1 + TM2 + TM3 + TM4 + TM5 + TM7) + 0.098 \times \text{郁闭度} + 0.086 \times TM3/TM4 + \dots$

第2: $Y_2 = 0.221 \times TM3/TM6 + 0.201 \times \text{郁闭度} - 0.190 \times TM2/TM3 - 0.184 \times TM1/TM3 + 0.177 \times TM5 + \dots$

第3: $Y_3 = 0.224 \times TM4/TM7 + 0.177 \times TM5/TM7 + 0.149 \times \text{坡位} + 0.131 \times TM4/TM5 + \dots$

第4: $Y_4 = 0.310 \times \text{平均胸径} + 0.302 \times \text{平均树高} + 0.273 \times \text{林分蓄积量} + 0.160 \times \text{坡度} - 0.159 \times \text{土壤名称} + \dots$

第5: $Y_5 = 0.358 \times \text{土壤厚度} - 0.243 \times \text{海拔} - 0.206 \times \text{郁闭度} + 0.182 \times \text{平均树高} + \dots$

从这5个主分量得分模型可见,第1、2主分量表示的是郁闭度的信息,主要由 $TM3$ 的比值项解释;第3主分量表示的是坡位信息,主要由 $TM7$ 的比值项解释;第4主分量表示平均胸径、平均树高、林分蓄积量、坡度、土壤名称等与林分蓄积量有关的信息;第5主分量表示土壤厚度、海拔等立地条件信息。

2.7 针叶混交林主分量得分模型及各公因子含义

第1: $Y_1 = 0.111 \times TM2/TM7 + 0.110 \times TM4/TM7 + 0.108 \times TM3/TM7 + 0.104 \times TM1/TM7 + \dots$

第2: $Y_2 = 0.156 \times TM4 \times TM5/TM7 + 0.141 \times TM4 + 0.119 \times TM6 + 0.114 \times TM4/TM6 + \dots$

第3: $Y_3 = 0.164 \times TM1 + 0.153 \times TM2/TM6 + 0.151 \times TM2 + 0.138 \times TM3 + 0.129 \times TM1/TM6 + \dots$

第4: $Y_4 = 0.280 \times \text{平均树高} + 0.250 \times \text{郁闭度} + 0.250 \times \text{林分蓄积量} + 0.245 \times \text{平均胸径} + 0.182 \times \text{龄组} + \dots$

第5: $Y_5 = 0.326 \times \text{坡位} + 0.275 \times \text{地貌} + 0.249 \times TM6 - 0.206 \times \text{海拔} + 0.204 \times \text{土壤名称} + \dots$

从这5个主分量得分模型来看,第1、2、3主分量反映的是光谱信息;第4主分量表示平均树高、郁闭度、林分蓄积量、平均胸径、龄组等与林分蓄积量有关的信息;第5主分量表示坡位、地貌、海拔、土壤名称等与林分生长有关的信息,主要由 $TM6$ 光谱值解释。

2.8 针阔混交林主分量得分模型及各公因子含义

第1: $Y_1 = 0.091 \times TM2/TM5 + 0.090 \times TM3/TM5 + 0.089 \times TM1/TM5 + 0.084 \times TM2/TM7 + \dots$

第2: $Y_2 = 0.161 \times TM2/TM6 + 0.145 \times TM1/TM6 + 0.144 \times TM3/TM6 + 0.112 \times TM3 + 0.110 \times TM2 + \dots$

第3: $Y_3 = 0.260 \times TM5/TM7 + 0.243 \times TM4 \times TM5/TM7 + 0.240 \times TM5/TM6 + 0.237 \times TM5 + \dots$

第4: $Y_4 = 0.287 \times \text{平均树高} + 0.265 \times \text{林分蓄积量} + 0.259 \times \text{平均胸径} + 0.255 \times \text{龄组} + 0.185 \times \text{郁闭度} + \dots$

第5: $Y_5 = 0.266 \times TM4/TM7 + 0.259 \times TM4/TM6 + 0.215 \times TM4/TM5 + 0.222 \times TM4 + \dots$

从这5个主分量得分模型来看,第1、2、3主分量反映的是光谱信息;第4主分量表示平均树高、林分蓄积量、平均胸径、龄组、郁闭度等与林分蓄积量有关的信息;第5主分量表示光谱信息。

3 结论

(1)所有林分的第4主分量均反映与林分蓄积量有关的信息。其他主分量所表示的信息因林分而异。

(2)除其他阔叶林外,第1、2、3主分量均表示光谱信息。

(3)按树林的第1主分量以 $TM5$ 光谱值及其比值项信息居多,这反映了土壤含水量对按树林生长影响较大。

(4)其他阔叶林的第1、2主分量表示的均是郁闭度的信息,主要由 $TM3$ 比值项解释;第3主分量表示的是坡位信息,主要由 $TM7$ 比值项解释。

参考文献:

- [1] 侯长谋,杨燕琼,黄平,等. 基于RS、GIS的马尾松林分蓄积量判读模型研究[J]. 林业资源管理,2002,(5): 55-58.
- [2] 杨燕琼,吴奕敏,黄平,等. 基于RS、GIS的林分蓄积量估测[J]. 华南农业大学学报,2003,24(3):73-77.
- [3] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京:中国林业出版社,1989.20-32.
- [4] 洪楠. SPSS for windows 统计分析教程[M]. 北京:电子工业出版社,2000.309-319.
- [5] 赵宪文. 林业遥感定量估测[M]. 北京:中国林业出版社,1997.18-23

【责任编辑 李晓卉】