

基于RS、GIS的林分蓄积量估测

杨燕琼¹, 吴奕敏¹, 黄平², 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:应用RS、GIS等方法对林分蓄积量的研究表明, 分别用GIS可提取的因子和TM数据对连续清查间隔期内的不同林分蓄积量进行多元估测, 精度均能达到连续清查的要求。

关键词: RS; GIS; 林分蓄积量估测

中图分类号: TP75

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2003)03-0073-05

目前, 我国常规森林资源调查的方法有两种, 一是每5年进行一次的全中国森林资源连续清查(即一类调查, 简称连续清查)。二是每10年进行一次的全中国森林资源规划设计调查(即二类调查)。这两种常规调查方法外业工作量大, 耗时, 经费多, 调查间隔期长(5年或10年), 针对这一情况, 为了提高森林调查的质量和效率, 监测连续清查间隔期内广东省森林资源的动态变化, 探索航天遥感(RS)、地理信息系统(GIS)在林分蓄积量调查中应用的可能性, 本研究以美国陆地资源卫星LANDSAT TM数据为主要信息源, 以地理信息系统为平台, 以广东省的硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林、针阔混交林为研究对象进行林分蓄积量估测模型、估测精度的研究。

1 试验区及研究方法

1.1 试验区概况及研究对象选择

广东省位于南岭以南, 北纬 $20^{\circ}15' \sim 25^{\circ}31'$, 东经 $109^{\circ}40' \sim 117^{\circ}20'$, 总面积约17.8万 km^2 。由于北回归线横贯广东大陆中部, 太阳高度角较大, 太阳辐射较强烈, 故广东是全国植物生长量最大的地区, 其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%。根据广东省连续清查的要求, 要调查的林分有马尾松林、杉木林、湿地松林、桉树林、相思林、硬阔叶林(由叶子厚而硬, 生长较慢的阔叶树组成)、软阔叶林(由叶子薄而软, 生长快的阔叶树组成)及其他阔叶林(硬阔叶树与软阔叶树混交成)等。由于马尾松林、杉木林是广东省第一、二优势树种的林分, 已另外研究, 且湿地松林、桉树林、相思林、其他阔叶林的连续清查固定样地点数量较小, 较难建立精度较好的估测模型, 故以硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林、针阔混交林为研究对象。

1.2 数据收集

1997年底广东省进行了森林资源连续清查第4

次复查工作, 所以收集与连续清查第4次复查大约同期(1997年11月、1998年4月)的广东省陆地卫星12景全波段TM遥感数据作为信息源。

广东省森林资源连续清查体系始建于1978年, 固定样地按 $8\text{ km} \times 6\text{ km}$ 网点布设, 其抽样调查精度要求样地面积精度不低于90%, 样地蓄积量不低于85%。广东省硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林、针阔混交林固定样地分别有155、72、58和139个(林分蓄积量为0的除外)。

遥感影像表征了地物波谱辐射能量的空间分布, 辐射能量的强弱与地物的某些特征相关。为了充分利用TM数据, 从中提取出更多的信息, 用ERDAS 8.1图像处理专业软件对TM 7个波段数据进行了线性变换、几何纠正、图像合成等处理, 并利用地理信息系统软件ARCVIEW 3.2提取出海拔、地貌、坡向、坡度、坡位、土壤类型、土层厚度作为建模用。

1.3 研究方法

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, 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(1000~3500 m)、低山(低于1000 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: 草甸土、黄壤、红壤、赤红壤、砖红壤、紫色土、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^[1]。

林分蓄积量的估测采用逐步回归估测法, 以连续清查固定样地的林分蓄积量作为因变量, 以与固定样地相对应的TM影像上7个波段密度值及多种比值、GIS可提取的海拔、地貌、坡向、坡度、坡位、土壤类型、土层厚度作为自变量进行林分蓄积量的估测^[2]。

为了检验模型的适合性和林分蓄积量的估测精度,用1992年广东省TM遥感影像和同期森林资源连续清查第3次复查的外业调查数据,硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林、针阔混交林各取30个固定样地数据,用 χ^2 检验法: $\chi^2 = \sum[(\text{实际值}-\text{理论值})^2 \div \text{理论值}]$ 进行方程适合性检验,用公式:精度 = $1 - |\text{估测值}-\text{实际值}| \div \text{实际值}$,计算林分蓄积量的估测精度.

2 结果与分析

2.1 一元回归结果分析

用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33项数据分别与对应固定样地测定的林分蓄积量进行相关分析.共用了7种方法³⁾,结果列于表1.

表1 经筛选的单波段及比值项与林分蓄积量间的相关系数绝对值¹⁾

Tab. 1 Correlation coefficient absolute value between stand and individual band or band ratio being screened								
林分类型	波段及比值项	$Y = b_0 + b_1t$	$Y = b_0 + b_1 \ln t$	$Y = b_0 t^{b_1}$	$Y = b_0 e^{b_1 t}$	$Y = b_0 + b_1/t$	$Y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2$	$Y = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3$
stand	band and band ratio							
硬阔叶林 sclerophyllous broadleaf forest	1	0.301**	0.309**	0.215*	0.211*	0.316**	0.315**	0.315**
	2	0.317**	0.326**	0.227**	0.223**	0.332**	0.326**	0.326**
	3	0.294**	0.313**	0.219*	0.211*	0.321**	0.320**	0.320**
	4	0.222**	0.187*	0.125	0.174*	0.129	0.238**	0.244**
	5	0.221**	0.170*	0.113	0.172*	0.088	0.243**	0.279**
	6	0.222**	0.226**	0.116	0.112	0.230**	0.250**	0.251**
	7	0.200*	0.153	0.076	0.137	0.026	0.200*	0.241**
	1/2	0.268**	0.266**	0.187*	0.188*	0.263**	0.269**	0.269**
	1/3	0.273**	0.267**	0.188*	0.188*	0.255**	0.275**	0.275**
	1/6	0.191*	0.193*	0.167	0.171	0.191*	0.193*	0.193*
	2/3	0.175*	0.171	0.121	0.120	0.166	0.182*	0.183*
	2/6	0.273**	0.276**	0.217**	0.220**	0.277**	0.275**	0.275**
	3/6	0.254**	0.264**	0.201**	0.204**	0.268**	0.264**	0.266**
	4/6	0.196*	0.161	0.117	0.169	0.109	0.221**	0.225**
	5/6	0.192*	0.144	0.103	0.163	0.070	0.225**	0.250**
软阔叶林 soft bark broadleaf forest	4×5/7	0.193*	0.193*	0.182	0.182	0.165	0.108	0.196*
	(5+7-2)/(5+7+2)	0.033	0.000	0.000	0.001	0.000	0.188*	0.188*
	3/(1+2+3+4+5+7)	0.073	0.054	0.082	0.064	0.086	0.180*	0.180*
	1	0.236*	0.239*	0.266*	0.262*	0.239*	0.239*	0.239*
	1/6	0.240*	0.267*	0.246*	0.236*	0.289*	0.300**	0.300**
针叶混交林 coniferous mixed forest	2/6	0.234*	0.255*	0.207	0.199	0.270*	0.268*	0.306**
	(4-3)/(4+3)	0.151	0.097	0.094	0.101	0.072	0.262*	0.332**
	4×5/7	0.078	0.023	0.013	0.029	0.080	0.236*	0.240*
	(5+4-2)/(5+4+2)	0.115	0.068	0.067	0.100	0.019	0.252*	0.267*
	3/(1+2+3+4+5+7)	0.204	0.219	0.151	0.150	0.233*	0.236*	0.236*
针阔混交林 broadleaf conifer forest	5	0.236	0.207	0.242	0.266*	0.149	0.241	0.240
	1/2	0.300*	0.310*	0.316*	0.305*	0.319*	0.385**	0.387**
	1/3	0.244	0.267*	0.356**	0.332*	0.285*	0.329*	0.329*
	5/6	0.249	0.209	0.236	0.270*	0.143	0.259*	0.266*
	4×5/7	0.091	0.084	0.016	0.002	0.051	0.121	0.318*
	7	0.175*	0.199*	0.158	0.152	0.207*	0.190*	0.198*
	1/3	0.181*	0.175*	0.270**	0.288**	0.165	0.183*	0.183*
	1/7	0.239**	0.198*	0.123	0.092	0.159	0.275**	0.395**
	2/3	0.172*	0.171	0.227*	0.235*	0.169	0.172*	0.172*
	2/7	0.254**	0.195*	0.086	0.074	0.150	0.318**	0.428**
针阔混交林 broadleaf conifer forest	3/7	0.236**	0.161	0.022	0.040	0.110	0.340**	0.417**
	4/5	0.213*	0.220*	0.206*	0.182*	0.139	0.271**	0.307**
	4/7	0.288**	0.272**	0.277**	0.299**	0.240**	0.289**	0.307**
	6/7	0.217**	0.217**	0.174*	0.124	0.189*	0.223**	0.235**
	(4-3)/(4+3)	0.092	0.000	0.000	0.240**	0.165	0.416**	0.458**
	(5+7-2)/(5+7+2)	0.141	0.000	0.000	0.011	0.058	0.161	0.180*
	(5+4-2)/(5+4+2)	0.076	0.000	0.000	0.083	0.072	0.254**	0.307**
	3/(1+2+3+4+5+7)	0.043	0.061	0.182*	0.195*	0.042	0.217*	0.417**

1) 表中只列出相关系数绝对值较大的几项

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

从表 1 可见,对于硬阔叶林而言,林分蓄积量与 TM1、TM2、TM3、TM4、TM5、TM6、TM7、1/2、1/3、1/6、2/3、2/6、3/6、4/6、5/6、4×5/7 的数据项显著相关,与变换后的 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 、 $3/(1+2+3+4+5+7)$ 也显著相关。对于软阔叶林来说,林分蓄积量与 TM1、1/6、2/6 数据项显著相关,与变换后的 $(4-3)/(4+3)$ 、 $4\times 5/7$ 、 $(5+4-2)/(5+4+2)$ 、 $3/(1+2+3+4+5+7)$ 数据项也显著相关。对于针叶混交林来说,林分蓄积量与 1/2 数据项显著相关,与变换后的 TM5、1/3、5/6、 $4\times 5/7$ 数据项也显著相关。对于针阔混交林来说,林分蓄积量与 TM7、1/3、1/7、2/3、2/7、3/7、4/5、4/7、6/7 数据项显著相关,也与变换后的 $(4-3)/(4+3)$ 、 $(5+7-2)/(5+7+2)$ 、 $(5+4-2)/(5+4+2)$ 、 $3/(1+2+3+4+5+7)$ 数据

项显著相关。这说明,单独各项与林分蓄积量之间的关系密切程度因林分不同而不同,不能把不同林分混在一起建立判读模型,而应该用多个因子拟合曲线来估测林分蓄积量。

2.2 林分蓄积量估测模型建立

采用多元线性回归法,以连续清查第 4 次复查的固定样地林分蓄积量数据为因变量,自变量分为 2 部分:(1)TM 数据的 7 个单波段密度值及 26 个比值项;(2)GIS 可提取的 7 个因子。将上述 40 个自变量进行多种组合,并在它们与林分蓄积量之间进行相关分析(表 2)。从表 2 可见,用多元线性回归法估测林分蓄积量后,各组自变量与林分蓄积量间的复相关系数比单项目有了明显提高,且增加 GIS 可提取因子和比值项对估测林分蓄积量起了重要作用^[3,4]。

表 2 40 个项目的不同组合与林分蓄积量之间的相关关系
Tab. 2 Correlation between stand and different combination of forty items

林分 stand	复相关系数 multiple correlation coefficient					
	7 个单波段	26 个波段比值项	33 项 ¹⁾ thirty	14 项 ²⁾	33 项 ³⁾ thirty	40 项 ⁴⁾
	seven bands	twenty six band ratios	three items	fourteen items	three items	forty items
硬阔叶林 sclerophyllous broadleaf forest	0.356	0.509	0.539	0.572	0.662	0.677
硬阔叶林 ⁵⁾ first type of sclerophyllous broadleaf forest	0.255	0.476	0.506	0.517	0.701	0.730
硬阔叶林 ⁶⁾ second type of sclerophyllous broadleaf forest	0.464	0.635	0.682	0.696	0.852	0.883
软阔叶林 soft bark broadleaf forest	0.448	0.616	0.644	0.724	0.845	0.896
针叶混交林 coniferous mixed forest	0.491	0.630	0.812	0.852	0.954	0.960
针阔混交林 mixed broadleaf—conifer forest	0.252	0.600	0.598	0.522	0.7	0.706

1) 包括 7 个单波段及 26 个波段比值项; 2) 包括 7 个 GIS 可提取因子及 7 个单波段; 3) 包括 7 个 GIS 可提取因子及 26 个波段比值项; 4) 包括 7 个 GIS 可提取因子、7 个单波段及 26 个波段比值项; 5) 指第 I 类硬阔叶林, 主要分布于海拔 600 m 以下; 6) 指第 II 类硬阔叶林, 主要分布于海拔 600 m 以上

从表 2 可见,硬阔叶林的复相关系数较低。为此,采用逐步聚类法把硬阔叶林分为 2 类:第 I 类有 100 个固定样地,主要分布在海拔 600 m 以下;第 II 类有 55 个固定样地,主要分布在海拔 600 m 以上。分类后的硬阔叶林 40 个项目与林分蓄积量间的复相关系数有了明显的提高,特别是第 II 类。

在上述基础上,用逐步回归法建立各种林分蓄积量的估测模型,各自变量系数如表 3。

2.3 估测模型适合性检验及精度计算

用 1992 年广东省 TM 遥感影像和同期森林资源连续清查第 3 次复查的外业调查数据,对林分蓄积量模型的适合性进行检验,得第 I 类硬阔叶林、第 II 类硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林、针阔混交林的 χ^2 值分别为 43.22、47.95、48.98、45.87、35.76,而以危险率 $\alpha=0.01$ 查表得: $\chi^2(30-1)=49.588$, 各林分的 χ^2 值均小于 49.588, 故认为用估测模型估测林分蓄积量可能与外业调查数据相符合,差异不显著。

用估测模型估测林分蓄积量,其平均估测精度分别为:第 I 类硬阔叶林 90.10%,第 II 类硬阔叶林 90.69%,软阔叶林为 87.14%,针叶混交林 91.84%,针阔混交林 91.32%,林分蓄积量的平均估测精度均达到连续清查的要求(85%)。

3 结论与讨论

(1) 林分蓄积量与 TM 单波段数据及波段比值项关系的密切程度因林分而异,不能把各种林分混在一起建立林分蓄积量的估测模型。

(2) 增加 GIS 可提取的因子和 TM 波段比值项来估测林分蓄积量,可提高估测精度。

(3) 用 GIS 可提取的因子、TM 数据及其波段比值对连续清查间隔期内林分蓄积量进行估测,其估测模型经过 χ^2 检验表明:林分蓄积量的估测值可能与外业调查数据相符合,差异不显著。

表 3 各林分蓄积量估测模型参数
Tab. 3 Parameters of stand estimation model

自变量 independent variable	类型 type	硬阔叶林 I ¹⁾ sclerophyllous broadleaf forest I	硬阔叶林 II ²⁾ sclerophyllous broadleaf forest II	软阔叶林 soft bark broadleaf forest	针叶混交林 coniferous mixed forest	针阔混交林 mixed broadleaf conifer forest
常数 constant		— 153. 198	275. 073	7. 189	— 2. 270	— 24. 630
地貌 landforms	中山	— 2. 243	1. 329	4. 557	1. 655	— 0. 245
	低山			0. 672	0. 817	0. 922
	丘陵	— 0. 931	— 3. 053			
	平原	— 1. 548		3. 377	4. 171	1. 923
坡向 slope aspect	东		0. 865		— 0. 132	— 2. 037
	南	— 1. 458	— 0. 959	— 1. 068	0. 226	— 1. 689
	西	— 1. 371		— 1. 239	— 0. 179	— 2. 478
	北		0. 463	0. 566	— 0. 506	— 1. 764
	东北	— 1. 053		1. 642		— 1. 686
	东南	0. 959	0. 361		1. 829	— 0. 741
	西北	— 0. 756	3. 534	— 0. 483		
	西南	— 0. 384	— 7. 238	1. 494	0. 232	— 1. 100
	无坡向	— 1. 848				— 4. 682
坡度 ascent			0. 125			
坡位 slope site	脊部	— 0. 797	— 1. 016	1. 302	0. 230	1. 169
	上部	0. 894	0. 204	1. 334	0. 109	— 0. 333
	下部	1. 142	2. 608	— 0. 311	0. 176	— 0. 680
	谷部	— 2. 278	— 2. 696	— 4. 977	1. 253	— 0. 710
	平地	2. 404				2. 588
土壤类型 soil type	草甸土					— 2. 421
	黄壤		— 0. 192	— 0. 614		
	红壤	— 0. 508	2. 100			1. 543
	赤红壤			0. 634	0. 701	
	砖红壤	1. 825		— 4. 414		
波段 band	紫色土	2. 180				
	TM1	— 1. 298	— 2. 081	— 0. 004		
	TM2	5. 101	6. 632			
	TM3	— 2. 009	6. 681			
	TM4	— 1. 153	1. 269			
	TM5	0. 545	— 0. 900		— 0. 043	
	TM6	0. 276	— 1. 329			
波段比值项 band ratio	TM7		— 1. 419			
	1/ 2	43. 686	— 40. 508		1. 074	
	1/ 3	— 28. 163	— 27. 928		0. 136	4. 356
	1/ 6	110. 266	666. 920	3. 476		
	1/ 7					— 0. 868
	2/ 3	78. 236	94. 769			— 12. 941
	2/ 6	— 553. 760	— 1 903. 481	— 20. 570		
	2/ 7					10. 426
	3/ 6	273. 220	— 532. 205			
	3/ 7					— 4. 574
	4/ 5					— 2. 599
	4/ 6	145. 987	— 157. 344			
	4/ 7					— 0. 513
	5/ 6	— 70. 956	182. 936		4. 658	
	(4— 3)/(4+3)			9. 419		25. 461
	4× 5/ 7		— 0. 125		0. 002	
	(5+ 7— 2)/(5+ 7+ 2)	11. 471	— 21. 257			24. 678
	(5+ 4— 2)/(5+ 4+ 2)			— 4. 872		— 14. 149
	3/(1+ 2+ 3+ 4+ 5+ 7)	61. 946	— 527. 935	— 9. 862		163. 186

1)指第Ⅰ类硬阔叶林: 主要分布在海拔 600 m 以下; 2)指第Ⅱ类硬阔叶林: 主要分布在海拔 600 m 以上

(4) 用估测模型估测硬阔叶林、软阔叶林、针叶混交林和针阔混交林连续清查间隔期内的林分蓄积量, 精度均达到连续清查对林分蓄积量的要求。

(5) 各林分蓄积量估测方程经过多次连续清查数据的校正, 精度会得到提高。

参考文献:

[1] 谢力信. 数量化理论应用于现代林业的研究[J]. 生物数学学报, 1996, 11(3): 60—64.

[2] 洪楠. SPSS for windows 统计分析教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000. 203—320.

[3] 包盈智, 袁凯先, 赵宪文, 等. 森林二类调查中蓄积量遥感估测方法应用实例[J]. 林业科学研究, 1996, 9(3): 234—238.

[4] 游先祥. 应用 TM 图像进行蓄积量数量化估测及在二类调查中的一些问题的分析[A]. 游先祥. 森林资源调查、动态监测、信息管理系统的研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 81—85.

Estimated Stand Based on RS and GIS

YANG Yan-qiong¹, WU Yi-min¹, HUANG Ping², HOU Chang-mou²

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

Abstract: This paper reports stand research based on RS and GIS. The results showed that when different stands were estimated with multinomial regression using factors of drawn from GIS and TM data respectively, during continuous forest inventory, the precision requirement of continuous forest inventory was achieved.

Key words: RS; GIS; stand estimation

【责任编辑 李晓卉】

(上接第 68 页)

[10] 李幼生, 蒋建文, 李 宁, 等. 甘氨酸谷氨酰胺二肽对猪自体移植小肠的营养支持作用[J]. 中华普通外科杂志, 2000, 15(12): 748—749.

[11] 谢建新, 左焕琛, 陈丽璿, 等. 谷氨酰胺二肽肠外营养对大鼠移植小肠的营养作用——小肠粘膜的形态学观察[J]. 解剖学杂志, 1997, 20(2): 141—146.

[12] 全炳斌, 唐玉新, 何 成, 等. 早期断奶应激(EWS)对仔猪影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 1997, 19(1): 70—75.

[13] 吴金节, 张德群, 章孝荣, 等. 早期断奶仔猪应激对仔猪血清某些激素水平及细胞免疫功能的影响[J]. 中国兽医学报, 2001, 21(2): 170—173.

Effect of Dipeptide Glycyl-Glutamine on the Growth Performance of the Weaned Piglet and Its Blood Hormone Level

HUANG Guan-qing^{1, 2}, FU Wei-long¹, GAO Ping¹,
ZHANG Chang-ming¹, ZHANG Xi-quan¹

(1 College of Animal Science, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;
2 Agricultural College, Zhanjiang Ocean University, Zhanjiang 524088, China)

Abstract:Forty 21-day-old weaned piglets were selected and divided into 4 groups with 3 repetitions and included in a 21-day experiment period to study the effect of glycyl-glutamine on the growth performance of the weaned piglet and its blood hormone level. The results showed that the body mass, daily mass gain, feed intake and feed conversion rate were all improved with 0.25% and 0.50% glycyl-glutamine supplementation. Diarrhea occurrence was decreased in weaning piglets, blood levels of free thiiodothyronine, free thyroxine in the all groups were not significantly different but cortisol level were significantly decreased ($P<0.05$). These results suggested glycyl-glutamine promotive effect on growth performance of the weaned piglet.

Key words: weaned piglet; glycyl-glutamine; growth performance; hormone

【责任编辑 柴 焰】