

《Remote Sensing》--S185 精准农业应用案例：大豆叶面积指数反演

北京农业信息技术研究中心定量遥感重点实验室 农业信息技术国家工程研究中心
北京市农业物联网工程技术研究中心 河南理工大学

叶面积指数 (LAI) 是植物生长和产量的重要指标, 高光谱遥感是一种快速、无损监测技术, 可在不破坏植物组织结构的前提下, 实现对作物生长季营养状况的监测。S185画幅式机载高速成像光谱仪可方便搭载在无人机上快速获取高光谱遥感年数据, 因此, 利用S185可以快速、精确、实时地对植物LAI进行估测, 对于植物生长长势监控、产量估算以及病虫害防治具有重要的作用。

北京农业信息技术研究中心定量遥感重点实验室等单位利用S185机载高速成像光谱仪采集山东济宁嘉祥县5个生长期内的大豆机载高光谱数据反演大豆LAI, 获得较好的结果, 并分析比较了随机森林 (RF)、人工神经网络网络 (ANN)、支持向量机 (SVM) 三种回归模型的精度, 准确度和稳定性, 为大豆叶面积指数 (LAI) 反演提供了方法和参考, 对大豆的精准施肥以及快速、无损长势监测具有一定的指导意义和参考价值。

山东济宁嘉祥县位于终南山和华北平原交界处, 地处暖温带, 大陆性季风气候。本轮实验共采集 126 个样方品种为研究对象, 品种组合从 2015 年 6 月 13 日种植的 46 个大豆品种中产生。数据共收集五次: 2015 年 8 月 1 日 (开花期, R1), 2015 年 8 月 13 日 (初荚期, R3), 2015 年 9 月 1 日 (鼓粒期, R5), 2015 年 9 月 17 日 (鼓粒满期, R6), 2015 年 9 月 28 日 (初熟期, R7)。试验区种植密度约为 195000 /hm²。每个生长期共有 126 个样地。

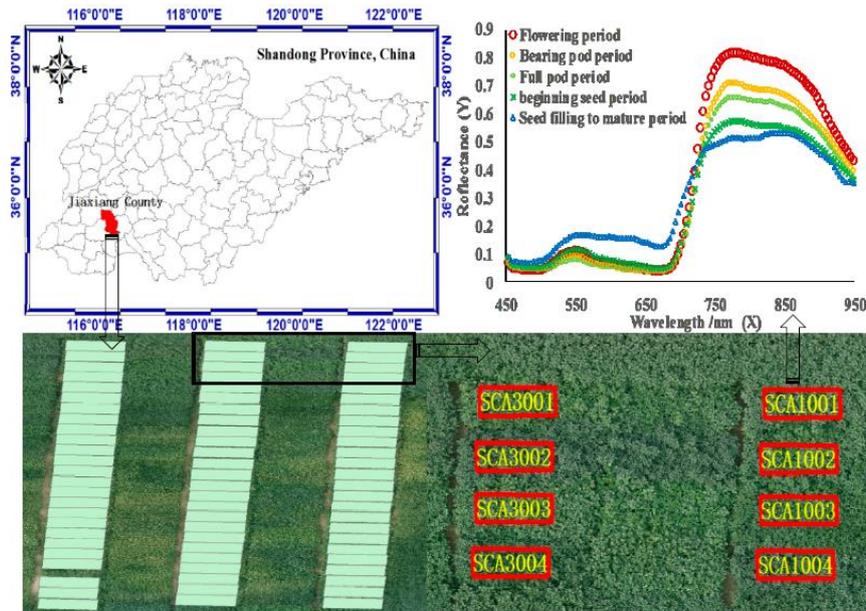


图 1 采样点分布图——山东省嘉祥县: 每个样地为 3×5m 矩形 (六行长 5 米, 间隔 0.5 米的大豆)

用 LAI-2200C 冠层分析仪测量 LAI。表 1 显示了不同生长阶段 LAI 的分布情况。在 R6 和 R3 期内 LAI 值显著 ($p > 0.05$), 表明在大多数生育期内 LAI 分布不平衡。

表 1 大豆 LAI 统计描述: p 值是 Kolmogorov Smirnov 检验的结果

Growing Period	Observation Plots	Max Value	Min Value	Mean Value	p Value	Coefficient of Variation
R1 period	96	5.705	1.285	2.988	0.000	0.331
R3 period	126	9.06	5.415	7.295	0.051 *	0.116
R5 period	123	8.22	3.15	5.479	0.002	0.197
R6 period	116	6.54	1.83	4.24	0.192 *	0.262
R7 period	82	6.78	1.585	3.579	0.000	0.345
R1~R7 period	543	9.06	1.285	4.906	0.000	0.382

注意: *表示所观察到的 LAI 均匀分布

为了进一步研究的 RF, ANN 和 SVM 模型估测 LAI, 采用 SRS 和 STR 抽样方法进行样本选择, 校正集包含 70%的总样品, 剩余的样品作为验证集。为探索模型精度, 在整个生长期和单生育期进行 LAI 反演。鼓粒期是大豆育种最重要的时期, 在此期间 LAI 分布均匀。采用一阶导数预处理方以及 STR 与 SRS 两种抽样方法建立 RF, ANN 和 SVM 模型, 结果验证了三种模型各自的必需条件以及优势所在。具体流程图如图 2 所示。

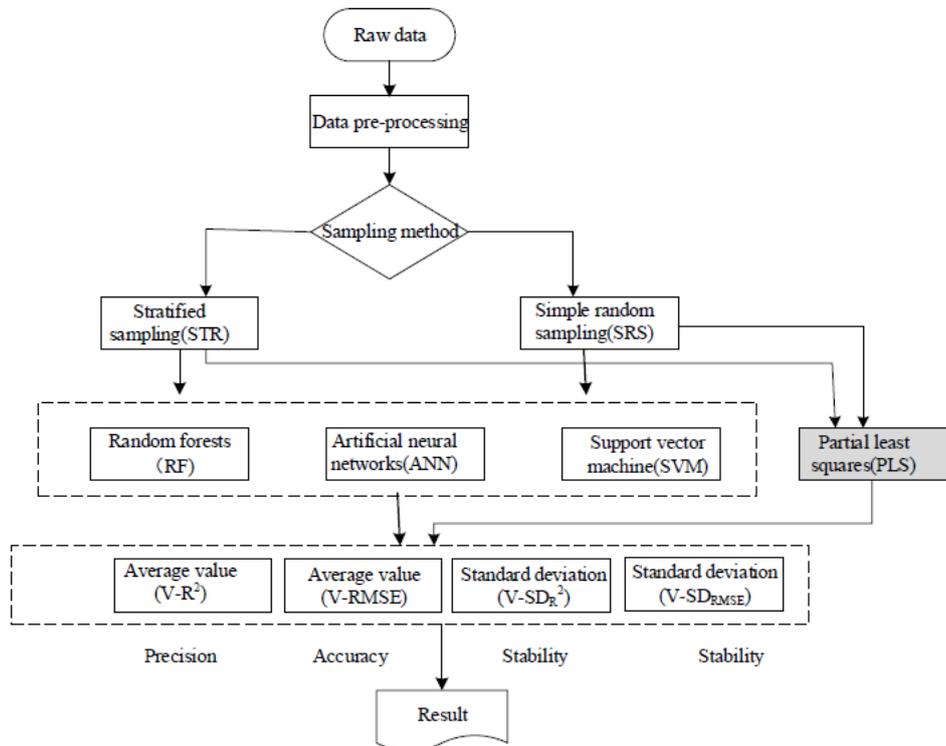
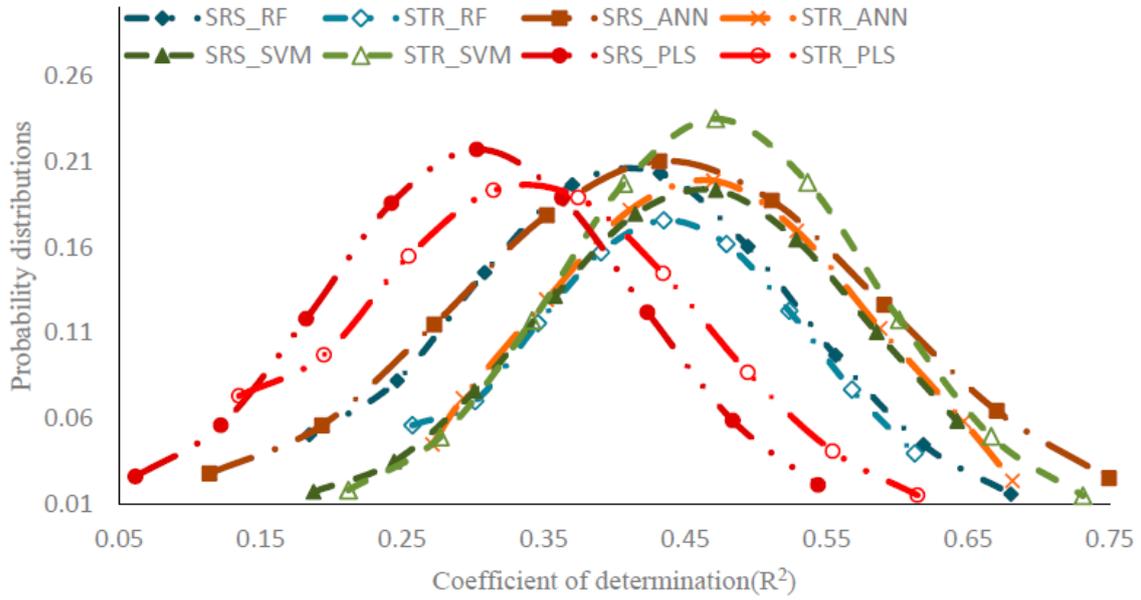


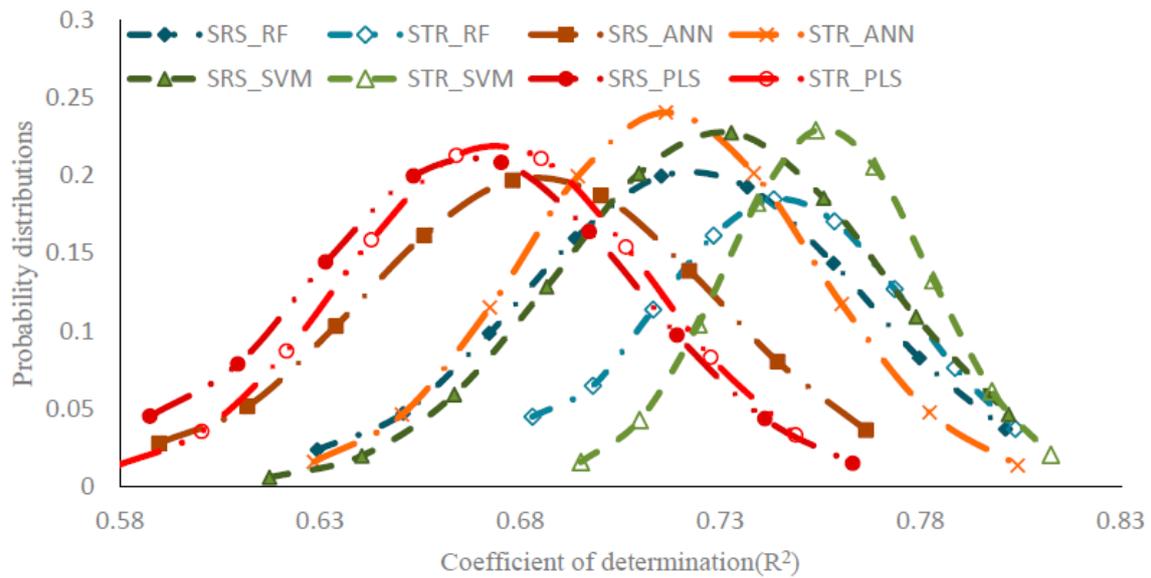
图 2 方法流程图: STR 与 SRS 两种抽样方法以获取 100 个校准集。分别利用 RF、ANN、SVM 和 PLS 模型来得到 100 个 $V-R^2$ 和 $V-RMSE$ 值。

单生长期的模型结果:



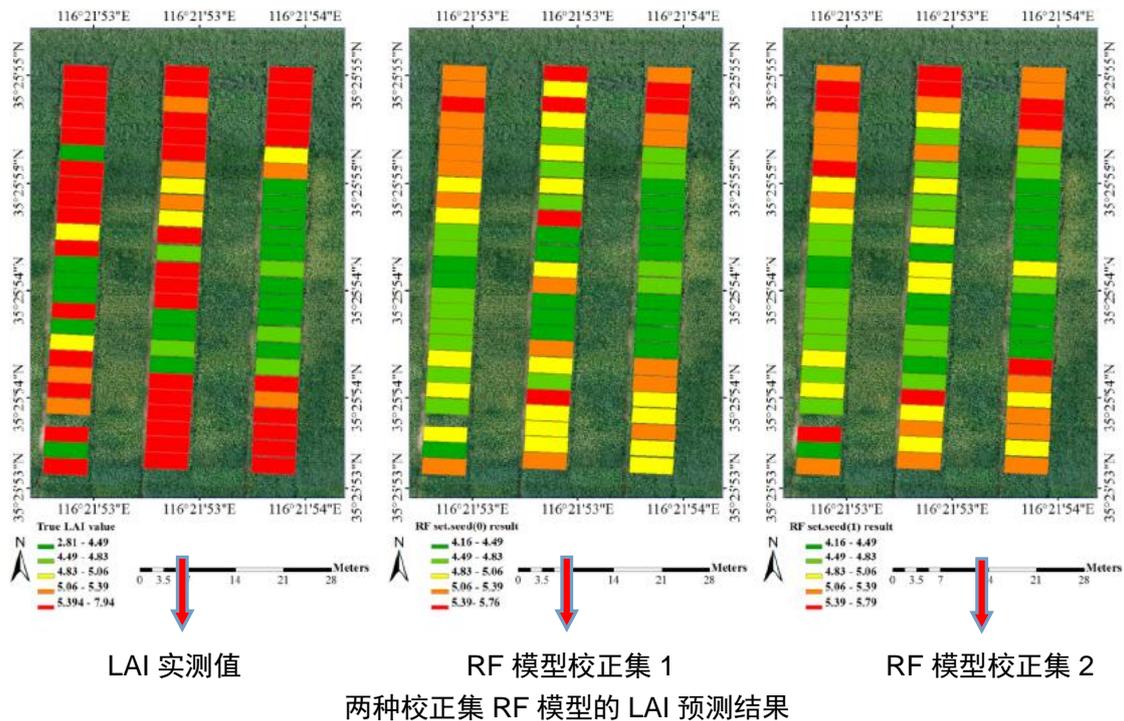
Regression Method		V-R ²		V-RMSE	
		R ²	SD _{R²}	RMSE	SD _{RMSE}
SRS	RF	0.375	0.137	0.090	0.009
	ANN	0.427	0.135	0.086	0.010
	SVM	0.408	0.130	0.088	0.010
	PLS	0.274	0.109	0.104	0.012
STR	RF	0.400	0.130	0.088	0.009
	ANN	0.452	0.132	0.086	0.009
	SVM	0.439	0.108	0.089	0.007
	PLS	0.309	0.120	0.102	0.011

整个生育期模型结果:



Regression Method		V-R ²		V-RMSE	
		R ²	SD _R ²	RMSE	SD _{RMSE}
SRS	RF	0.712	0.042	0.106	0.007
	ANN	0.674	0.044	0.11	0.006
	SVM	0.718	0.040	0.102	0.006
	PLS	0.657	0.041	0.114	0.006
STR	RF	0.741	0.031	0.106	0.005
	ANN	0.706	0.036	0.11	0.006
	SVM	0.749	0.025	0.104	0.005
	PLS	0.689	0.033	0.114	0.006

通过以上模型结果对比，选用最优的 RF 模型进行 LAI 预测：



结论：

叶面积指数 (LAI) 是植物生长和产量的重要指标，可以通过 S185 机载快速成像高光谱仪来进行定量监测。使用 SRS 与 STR 抽样方法构建几个模型，并确定反演大豆整个生长期以及单生长期 LAI 的最终模型。用偏最小二乘回归 (PLS) 模型与 RF、ANN、SVM 回归模型进行比较，基于 STR 抽样的整个生长季内，RF 模型产生了最高的精度、准确度和稳定性。基于 STR 抽样的单生长期内，ANN 的精度，准确度和稳定性最高。采用 STR 抽样方法提高了 RF、ANN 和 SVM 模型的精度、准确度和稳定性。样地和生长期等变化比较大时，RF 模型适用于估算 LAI (整个生长季或一个以上的生长期)。样地和生长期等变化相对较小时，ANN 更适合估算 LAI (单生长期)。

原文链接：<http://www.mdpi.com/2072-4292/9/4/309/htm>