



地表植被测量专题——NDVI 指数及应用

- 1 NDVI的理论基础
- 2 植被指数NDVI的优势
- 3 NDVI的应用
- 4 SpectroSense2地表植被光谱仪
- 5 SKYE传感器



引言

全球气候变化及其对人类赖以生存的陆地生态系统的影响不仅已成为全世界生态环境科学研究的焦点，而且已引起各国政府的高度重视。全球变化的研究涉及学科面广，它不但促进了植被-气候关系向微观与宏观方向更深入的研究，且向其它相关学科提出更高要求，刺激了数学理论方法、计算机及航天技术的不断更新。因此，它已成为不断扩张的项目与新学科的生长点。

近年来，反常气候的出现对人类生存质量造成了巨大影响，促使人们不断寻求应对的策略，以求缓解全球变化带来的不利影响。我国幅员广大，气候复杂多样，自然灾害频繁，研究全球变化的规律更具有特殊的意义。植被作为地理环境重要组成部分，与一定的气候、地貌、土壤条件相适应，对全球能量平衡、生物化学循环、水循环起着调控作用，是气候和人文因素对环境影响的敏感指标。监测地面植被变化的一个重要指标便是归一化植被指数NDVI。NDVI数值大小能指示植被覆盖变化，并能消除大部分与仪器定标、太阳角、地形、云阴影和大气条件有关辐照度的变化，增强了对植被的响应能力，已被广泛地应用在全球与区域土地覆盖、植被分类和变化、第一性生产力分析、作物和牧草估产及干旱监测等方面。



NDVI 的理论基础

植被指数按不同的监测方法和计算方法可分为多种多样的植被指数。常用的有：归一化植被指数NDVI；垂直植被指数PVI；比值植被指数RVI；消除土壤影响的植被指数SAVI和全球植被指数GVI等。其中，NDVI则是使用最广泛，效果也较好的一种。

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 归一化植被指数，又称标准化植被指数，在使用遥感图像进行植被研究以及植物物候研究中得到广泛应用，它是植物生长状态以及植被空间分布密度的最佳指示因子，与植被分布密度呈线性相关。归一化植被指数(NDVI)是近红外与红色通道反射率比值($SR=NIR/RED$)的一种变换形式， $NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)$ 。

植被覆盖度 (fv) $fv=(NDVI-NDVI_{min})/(NDVI_{max}-NDVI_{min})$ 。

叶面积指数 (LAI) $LAI=k^{-1}\ln(1-fv)^{-1}$ ，k是消光系数，每种植被k各不相同，一般植被取值范围是0.8-1.3。

NDVI能反映出植物冠层的背景影响，如土壤、潮湿地面、枯叶、粗超度等，且与植被覆盖有关， $-1\leq NDVI\leq 1$ ，负值表示地面覆盖为云、水、雪等，对可见光高反射；0表示有岩石或裸土等，NIR和R近似相等；正值，表示有植被覆盖，且随覆盖度增大而增大。

用NDVI判断植物生长的状态：植物叶绿素发生光合作用而吸收红光，所以长势越好的植物吸收红光越多，反射近红外光也越多。所以NDVI能反应植物生物量的多少，NDVI越大，植物长势越好。

附表：植被指数

	指 数	应 用	计算公式	测量值的意义	优 点	局限性
NDVI	归一化植被指数	监测植被生长状态、植被覆盖度和消除部分辐射误差等	$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)$	$-1\leq NDVI\leq 1$ ，负值表示地面覆盖为云、水、雪等，对可见光高反射；0表示有岩石或裸土等	能反映出植物冠层的背景影响，如土壤、潮湿地面、枯叶、粗超度等，且与植被覆盖有关	对高植被区具有较低的灵敏度
RVI	比值植被指数	是绿色植物的灵敏指数参数，用于检测和估算植物生物量	$RVI=NIR/R$	绿色健康植被覆盖地区的RVI远大于1，而无植被覆盖的地面（裸土、人工建筑、水体、植被枯死或严重虫害）的RVI在1附近。植被的RVI通常大于2	与LAI、叶面生物量(DM)、叶绿素含量相关性高	植被覆盖度影响RVI，当植被覆盖度<50%时，这种敏感性显著降低；大气效应大大降低对植被检测的灵敏度
DVI	差值环境植被指数		$DVI=NIR-R$			对土壤背景的变化极为敏感
SAVI	调整土壤亮度的植被指数	解释背景的光学特征变化并修正NDVI对土壤背景敏感	$SAVI=((NIR-R)/(NIR+R+L))(1+L)$	L=0 时，表示植被覆盖度为零；L=1时，表示土壤背景的影响为零，即植被覆盖度非常高，土壤背景的影响为零，这种情况只有在被树冠浓密的高大树木覆盖的地方才会出现		
GVI	绿度植被指数	反应植被与土壤光谱特性的关系	k-t变换后表示绿度的分量	kt变换后得到的第一个分量表示土壤亮度，第二个分量表示绿度，第三个分量随传感器不同而表达不同的含义		受外界条件影响大
PVI	垂直植被指数		$PVI=((SR-VR)^2+(SNIR-VNIR)^2)^{1/2}$ S是土壤反射率，V是植被反射率		较好的消除了土壤背景的影响	



植被指数NDVI的优势

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 归一化植被指数，又称标准化植被指数，它是植物生长状态以及植被空间分布密度的最佳指示因子，与植被分布密度呈线性相关。实验表明，NDVI 对土壤背景的变化较为敏感；它是单位像元内的植被类型、覆盖形态、生长状况等的综合反映，其大小取决于植被覆盖度和叶面积指数等要素；NDVI 对植被覆盖度的检测幅度较宽，有较好的时间和空间适应性，因此应用较广。

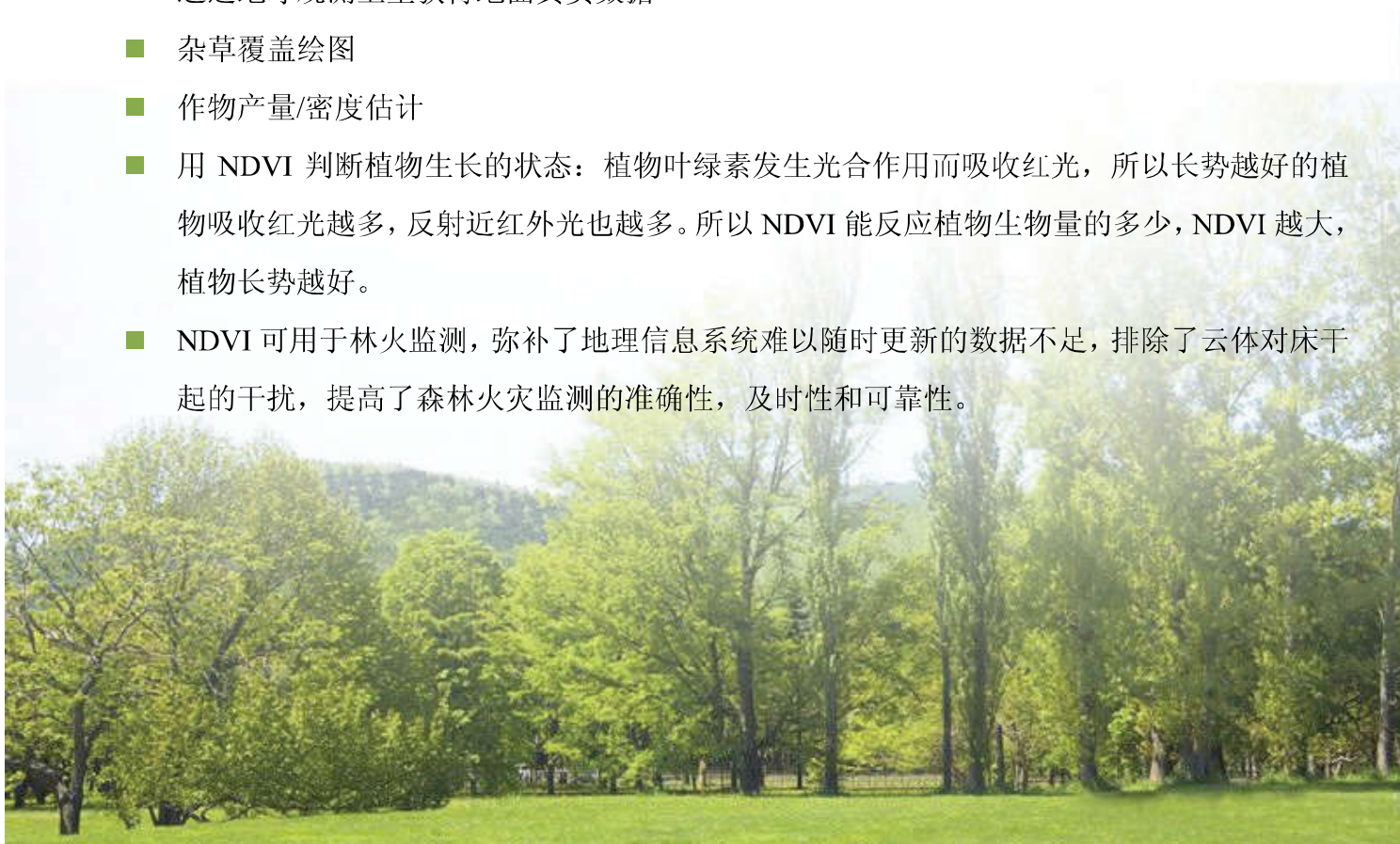
NDVI 在植被指数中占据着非常重要的位置，它主要具有以下几个方面的优势：

- 植被检测灵敏度较高
- 植被覆盖度的检测范围较高
- 能消除地形和群落结构的阴影和辐射干扰
- 削弱太阳高度角和大气所带来的噪音



NDVI的应用

- 运用 NDVI 植被指数进行草地长势监测
- 社会-生态系统种动态等级结构研究
- 通过地球观测卫星获得地面真实数据
- 杂草覆盖绘图
- 作物产量/密度估计
- 用 NDVI 判断植物生长的状态：植物叶绿素发生光合作用而吸收红光，所以长势越好的植物吸收红光越多，反射近红外光也越多。所以 NDVI 能反应植物生物量的多少，NDVI 越大，植物长势越好。
- NDVI 可用于林火监测，弥补了地理信息系统难以随时更新的数据不足，排除了云体对床干起的干扰，提高了森林火灾监测的准确性，及时性和可靠性。





SpectroSense2 地表植被光谱仪

SpectroSense2 地表植被光谱仪是 SKYE 公司开发的较为先进的植被研究仪器，它分为 4 通道和 8 通道两个版本。在野外测量过程中，可直接在 LCD 显示屏上读取测量值和计算地表各波段辐射之间的比值（如 NDVI 或 RVI），也可设置时间间隔并记录数据。SpectroSense2 地表植被光谱仪可选传感器较为丰富，可使用 PAR、红外/远红外，总辐射、光照、紫外线等光学传感器，也可以根据用户需要，选择自定义波长的传感器。测量数据通过随机软件导出，并可在 Excel 和 word 等软件直接进行编辑统计。

原 理

同时利用不同波段光传感器测量被测物的反射、辐射光谱值，利用数据采集器和相应的处理软件记录、计算被测物的光谱特性。

用 途

- 直接测量地表植被 NDVI 和 RVI
- 根据测量值计算其他相关植被指数（如 DVI、SAVI、PVI 等）
- 校准 LANDSAT、MODIS、AHVRR 等卫星遥感图像
- 测量总辐射、光合有效辐射等常规参数，及其他波段辐射值



优 势

两种测量通道类型可选

精度高，提高了测量的准确性

材质优良，适合各种恶劣的环境

可连续监测

手持式数据管理器，轻巧方便携带

存储量大

供电时间长，可连续工作 300 小时

仪器对比:

	优点	缺点
卫星遥感	适合大范围监测	精度低
SpectroSense2	可连续监测，精度高，便携，多种传感器选择，特有多通道传感器	
GreenSeeker	主动式遥感，主动发光，适用于夜间，可以车载使用	扩展性差，只能测 NDVI，无其他传感器
CM1000 非接触 NDVI 测量仪	便携性强	测量面积小
PlantPen 系列植物 PRI & NDVI 计	便携性强	测量面积小



基本技术指标

- 功能: SpectroSense2 具有 4 个测量通道, 具有显示功能, SpectroSense2+具有 8 个测量通道, 具有显示和记录功能
- 手持式数据管理器读数包括辐射传感器的直接读数和成对传感器读数的比值
- 记录间隔: 1、2、5、10、20、30 秒; 1、2、5、10、20、30 分钟; 1、2 小时
- 精度: 0.008% (20°C 时, 中心波段)
- 分辨率: 16 位
- 存储: 存储 16 条校准曲线, 1MB 内存, 在记录模式下可记录 8 个通道的数据约 2000 个
- 工作环境: -20~+70°C, 0-100% RH
- 材质: ABS 工程塑料, 防水等级 IP54
- 供电: 内置 1 节 9V PP3 电池, 可外接 12V DC 供电
- 供电时间: 可连续显示 40~50 个小时, 记录模式下最大可连续工作 300 个小时
- 尺寸: 150mm×55mm×100mm
- 显示: 20×4 行液晶显示屏
- 按键: SpectroSense2 8 个; SpectroSense2+ 12 个
- 读数表重量: 700 克
- 辐射传感器材质: 光电池或光学玻璃



基本组成

- 手持式读数表或手持式显示数据采集器
- 测量支架
- 传感器平衡指示器 (水平底座)
- 用户选定的不同波段带宽的传感器 (用户可以根据需要进行定制, 传感器符合英国国家标准, 有校正和响应曲线)
- 可选的各种光传感器: 如 PAR, 红外/远红外, 总辐射, 光照, UVA, UVB (以上所有传感器均符合英国国家标准, 有校正和响应曲线)



SKYE 传感器

优势

传感器灵敏度高，最大限度的减少误差

长期的NDVI 数据采集可以通过将传感器连接到SpectroSense2 来进行现场读数

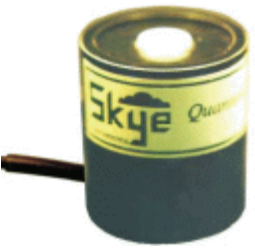
Skye 传感器可以更正卫星数据中出现的误差

Skye 传感器有多种波段选择，以适应不同的需要，也可根据用户需要定制

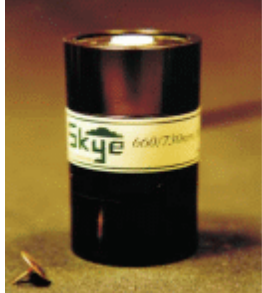
Skye 传感器完全防水，适用于野外使用

辐射传感器 名称	技术规格	应用及特点	图示
SKS 1110 总辐射 传感器	反应波段: 400~1100nm 尺寸: 高 38×直径 34mm 电流灵敏度: $5\mu\text{A}/\text{W}/\text{m}^2$ 电压灵敏度: $1\text{mV}/\text{W}/\text{m}^2$ 量程: 0~5000 W/m^2 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ 长期稳定性: $\pm 2\%$ 响应时间 (电压输出): 10ns 内部电阻 (电压输出): c.200ohms 工作温度: -30~+75 $^{\circ}\text{C}$ 工作湿度: 0~100% RH	用于测量总辐射	
SKL 310 照度传 感器	尺寸: 高 38×直径 34mm 电流灵敏度: $1.4\mu\text{A}/10\text{kLux}$ 电压灵敏度: $1\text{mV}/10\text{kLux}$ 量程: 0~500kLux 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: $\pm 0.1\%/^{\circ}\text{C}$ 长期稳定性: $\pm 2\%$ 响应时间 (电压输出): 10ns 内部电阻 (电压输出): c.650ohms 工作温度: -30~+75 $^{\circ}\text{C}$ 工作湿度: 0~100% RH	测量光照强度	



辐射传感器名称	技术规格	应用及特点	图示
SKP 215 光合有效辐射传感器	反应波段: 400~700nm 尺寸: 高 38×直径 34mm 电流灵敏度: 2μA/100μmol/m ² /sec 电压灵敏度: 1mV/100μmol/m ² /sec 量程: 0~5×10 ⁴ μmol/m ² /sec 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.1%/°C 长期稳定性: ±2% 响应时间 (电压输出): 10ns 内部电阻 (电压输出): c.350ohms 工作温度: -30~+75°C 工作湿度: 0~100% RH	测量光 and 有效辐射强度 特点: 量程较宽, 适用范围较广	
SKE 510 光合有效辐射能量传感器	反应波段: 400~700nm 尺寸: 高 38×直径 34mm 电流灵敏度: 3.5μA/ W/m ² 电压灵敏度: 1mV/ W/m ² 量程: 0~5000 W/m ² 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.1%/°C 长期稳定性: ±2% 响应时间 (电压输出): 10ns 内部电阻 (电压输出): c.300ohms 工作温度: -30~+75°C 工作湿度: 0~100% RH	测量光 and 有效辐射能量	
SKU 420 UVA 传感器	反应波段: 315~380nm 尺寸: 高 69×直径 34mm 量程: 0~100 W/m ² 输出信号: 0-1V 灵敏度: 10 mV/W/ m ² 热漂移输出 (-20~+50°C): 0.025mV/°C 热漂移的零点偏移: 典型 0.01 mV/°C 输出阻抗: 500 欧姆 输入电源: 5~15 V 线性: 最佳 1% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.2%/°C 长期稳定性: ±2% 响应时间: 最佳在 10ms 工作温度: -30~+60°C 工作湿度: 0~100% RH	测量 UVA 强度	



辐射传感器名称	技术规格	应用及特点	图示
SKU 430 UVB 传感器	反应波段: 280~315nm 尺寸: 高 69×直径 34mm 量程: 0~10 W/m ² 输出信号: 0-1V 灵敏度: 150 mV/W/ m ² 热漂移输出 (-20~+50℃): 0.075mV/℃ max 零点偏移范围: ±1 mV 热漂移的零点偏移 (-20~+50℃): 典型 0.03 mV/℃ 输出阻抗: 500 欧姆 输入电源: 5~15 V 线性: 最佳 1% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.2%/℃ 长期稳定性: ±2% 响应时间: 最佳在 10ms 工作温度: -30~+60℃ 工作湿度: 0~100% RH	测量 UVB 强度	
SKR 110 红外/远红外传感器	反应波段: 660 和 730nm 尺寸: 高 69×直径 34mm 660nm 灵敏度: 约 30 mol/amp 730nm 灵敏度: 约 30 mol/amp 量程: <2000 ⁴ μmol/m ² /sec 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.1%/℃ 长期稳定性: ±2% 响应时间 (电压输出): 10ns 工作温度: -30~+75℃ 工作湿度: 0~100% RH	测量红外/远红外辐射强度	
SKR 1800 双通道传感器 (用户自定义波长范围)	可定义波长范围: 280~1100nm 尺寸: 高 65×直径 44mm 线性误差: <0.2% 绝对校准误差: 典型<3%, 最大 5% 余弦误差: 3% 方位角误差: <1% 温度系数: ±0.1%/℃ 长期稳定性: ±2% 响应时间 (电压输出): 10ns 工作温度: -25~+75℃ 工作湿度: 0~100% RH	双通道同时测量可以根据用户的需要自定义波长	

辐射传感器名称	技术规格	应用及特点	图示
SKR 1850 四通道传感器（用户自定义波长范围）	可定义波长范围：280~1100nm 尺寸：高 55×直径 54mm 线性误差：<0.2% 绝对校准误差：典型<3%，最大 5% 余弦误差：3% 方位角误差：<1% 温度系数：±0.1%/℃ 长期稳定性：±2% 响应时间（电压输出）：10ns 工作温度：-35~+75℃ 工作湿度：0~100% RH	四通道同时测量可以根据用户的需要自定义波长	

附表：在不同应用中选择光传感器的光谱波段

应用	光传感器波段
细分光合有效辐射不同波谱段对作物生长的影响	Channel 1 - 400-500nm Channel 2 - 500-600nm Channel 3 - 600-700nm Channel 4 - standard PAR sensor
细分太阳辐射不同波谱段对作物生长的影响	Channel 1 - total solar radiation Channel 2 - PAR Energy sensor Channel 3 - red 630nm Channel 4 - far-red 730nm
叶绿体研究	Channel 1 - 400-500 nm Channel 2 - 500-600 nm Channel 3 - 600-700 nm Channel 2 - 700-800 nm
地表杂草覆盖度研究，测量入射光和反射光	Channel 1 - 640-660nm Channel 2 - 790-810nm
作物密度评测，	有 7 个传感器，1 个测量入射光，6 个测量反射光 Channel 1 - 640-660nm Channel 2 - 790-810nm
NDVI 不同作物指数的标准化测量	$NDVI = \frac{(Chan\ 2 - Chan\ 1)}{(Chan\ 2 + Chan\ 1)}$
卫星图谱地面标定传感器 LANDSAT 卫星	Channel 1 - 450-500nm Channel 2 - 500-600nm Channel 3 - 650-700nm Channel 2 - 750-900nm
卫星图谱地面标定传感器 AHVRR 卫星	Channel 1 - 570-680nm Channel 2 - 725-1020nm



上海技术服务中心
 地址：上海松江车墩柳亭路188号财富兴园42号楼（邮编：201611）
 电话：021-37620451/37620452/37620453/37620454/37620455
 电子信箱：Shanghai@Dianjiangtech.com

北京技术服务中心
 地址：北京市海淀区知春路甲48号盈都大厦C座4单元11F（邮编：100086）
 电话：010-58733448/58733447/58733442/58732269
 电子信箱：Beijing@Dianjiangtech.com