

多时相归一化植被指数 NDVI 的时空特征提取 与作物长势模型设计³

裴志远 杨邦杰
(中国农业工程研究设计院)

摘要: 目前国内外对作物长势遥感监测研究主要集中在发展具体指标及其定量化, 忽略了作物长势的时空特征。作物长势是一个时空变化的过程, 同一时相的作物长势在空间地域上和同一空间地域的作物在不同时相上存在差异。因此, 时空特征的提取是进行大尺度作物长势监测的基础。该文讨论多时相归一化植被指数 NDVI 时空特征提取并反映为相关的特征参数, 并讨论了作物长势监测模型的建立。

关键词: 作物长势监测; NDVI 时空特征; 长势模型

1 概述

NOAA 图像覆盖面积大、重复观测周期短, 适合于大尺度的宏观监测。将 NOAA 图像应用于大尺度的作物监测是其应用的一个重要方面, 国内外都有相关的研究^[1]。如用条件植被指数监测玉米长势; 用绿度值与农学参数的非线性关系, 换算出不同长势下各农学参数对应的绿度值, 建立统一指标进行春小麦长势监测; 通过对农学参数与气象条件关系、绿度值与各生育阶段农学参数的研究, 建立了冬小麦的卫星遥感苗情监测指标等^[2]。归一化植被指数 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 是目前国际上比较通用的一种植被指数。多时相 NDVI 经常被用来进行有关土地覆盖、植被和作物的监测研究 (SCOT CONSEL, 1990; USDA AgRISTARS, 1981)。Kogan^[3]提出了 VC IÖTCI 指数, 用于评价植被的干旱状况。

目前国内外的研究主要集中在发展具体指标及其定量化, 不能规范大尺度作物长势监测的指标。作物长势是一个时空变化的过程, 主要反映在时间和空间两个方面, 即同一时相的作物长势在空间地域上和同一空间地域的作物在不同时相上存在差异^[4]。因此, 时空特征的提取是进行大尺度作物长势监测的基础。

本文讨论从多时相 NDVI 提取时空特征参数, 作为大尺度作物长势监测的基础。基本思路是: 1)

多时相 NDVI 时空特征提取的必要条件是建立具有统一空间和时间编码的 NDVI 数据库, 使每一个 NDVI 值在统一的时空参照系中都具有明确的时空属性, 且具备时空可比性。2) 将多时相 NDVI 时空特征提取转化为特定空间域和时间域上的特征提取, 并反映为相关的特征参数。3) 从而建立包含反映多时相 NDVI 时空特征参数与地面实测农学参数的作物长势监测模型。

2 多时相 NDVI 数据库

NDVI 数据库的设计应能满足以下的要求: 1) 数据应具有明确的空间属性; 2) 数据应具有明确的时间属性。定期接收的 NOAA AVHRR 图像经过预处理以及投影变换和配准, 使 NDVI 数据库的建立具有了统一的时空基础, 从而使数据库的时空属性主要反映以下两个方面。

2.1 NDVI 数据库的时间属性

每天获取的 NOAA AVHRR 图像由于存在云等大气状况的干扰以及太阳高度角、卫星视角的影响, 使 NDVI 数据存在不同程度的噪音, 导致数据缺乏一致性。因此, 多时相 NDVI 数据库以生育期为基本时间单位, 采取在生育期内 NDVI 最大值迭代的方法来消除太阳高度角、卫星视角以及消除云的影响。每一生育期 NDVI 最大值迭代的方法如下

$$T_{NDVI} = \max [N(t)], t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

式中 t ——代表天数 d ; $N(t)$ ——生育期内第 t 天的 NDVI 值; T_{NDVI} ——生育期内最大 NDVI 值。

通过以生育期为单位的最大值迭代处理得到的 NDVI 数据库的时间属性主要反映在以下两个方

收稿日期: 2000202208

3 国家自然科学基金资助项目 (39870444)

裴志远, 理学硕士, 副站长, 北京市朝阳区东三环北路 16 号
中国农业工程研究设计院农业资源监测总站, 100026

面: 每一幅NDV I图像都具有明确的获取时间。

建立在式(1)基础上的多时相NDV I图像可构成具有明确时间属性的NDV I时间序列。其中后者的时间特征提取是大尺度作物长势监测中多时相NDV I时间特征提取的核心。

2.2 NDV I数据库的空间属性

NDV I数据库的空间属性反映在以下两个方面: NDV I图像的每个像元都具有确定的地理坐标。建立在式(1)基础上的特定的像元集合可构成有明确空间关系的NDV I空间域, 如以行政单元为单位的NDV I集合等。其中后者空间特征的提取是大尺度作物长势监测中多时相NDV I空间特征提取的核心。

$$S_{NDV I}(x, y) = A(i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中 $S_{NDV I}(x, y)$ ——具有确定的地理坐标的NDV I图像的每个像元; $A(i)$ ——行政单元; i ——行政单元编号。

3 多时相NDV I数据库的特征提取

3.1 多时相NDV I数据库的时间特征提取

在大尺度作物长势监测中, 时间特征提取用于反映作物长势在时间域上的分布。作物在不同生长季、不同生育期具有不同的生理特征, 并在某些方面(如群体特征)可通过NDV I来反映。它主要包括以下两个方面: 同一生长季不同生育期的长势变化。

不同生长季同一生育期的长势差异。与此相对应的多时相NDV I数据库的时间特征分别表现为同一生长季不同生育期及不同生长季同一生育期的NDV I值所构成的不同的NDV I时间变化曲线。不同的NDV I时间变化曲线可转化为由多时相NDV I数据库中不同子集所构成的N维的矢量空间, 即

$$V_i = (v_{i,j}) \quad (3)$$

式中 V_i ——不同的NDV I子集; $v_{i,j}$ ——其中具体的NDV I矢量。从而, 多时相NDV I数据库时间特征提取转化为不同矢量空间的特征参数提取。

同一生长季不同生育期NDV I值所构成的矢量空间的特征参数可概括为

$$V_j = V_j(v_j, v_{sj}) \quad (4)$$

式中 j ——表示不同的生育期, $j = 1, \dots, n$; v_j ——第 j 生育期的NDV I值; v_{sj} ——第 j 生育期与第 j_21 生育期对比的NDV I变化值; v_{j_21}, v_{sj} ——分别反映第 j 生育期的作物群体状态及与前一生育期对比的变化特征。

不同生长季同一生育期NDV I值所构成的矢量空间的特征参数可概括为

$$V_i = V_i(v_{i,mean}, v_{sij}, v_{i,max}, v_{i,min}) \quad (5)$$

式中 i ——不同的生长季, $i = 1, \dots, n$; $v_{i,mean}$ ——第 i 生长季与多年平均对比的NDV I变化值; v_{sij} ——第 i 生长季与第 i_21 生长季对比的NDV I变化值; $v_{i,max}$ ——第 i 生长季与多年最大值对比的NDV I变化值; $v_{i,min}$ ——第 i 生长季与多年最小值对比的NDV I变化值。 $v_{i,mean}$ 、 v_{sij} 、 $v_{i,max}$ 和 $v_{i,min}$ ——分别反映第 i 生长季作物群体状态与多年平均、第 i_21 生长季、多年最大值和多年最小值对比的差异。

3.2 多时相NDV I数据库的空间特征提取

同一生育期的作物在不同的地域表现为不同的生理特征, 并可通过NDV I加以反映。在大尺度作物长势监测中, 空间特征提取用于反映作物长势在空间域上的分布。特定地域的NDV I像元集合可构成有明确空间关系的NDV I空间域, 其空间特征参数可概括为

$$V_k = V_k(v_{k,mean}, v_{ks}) \quad (6)$$

式中 k ——不同的地域, $k = 1, \dots, n$; $v_{k,mean}$ ——特定地域NDV I像元集合的均值; v_{ks} ——特定地域NDV I像元集合的方差; $v_{k,mean}$ 、 v_{ks} ——分别反映特定地域作物群体状态的平均状况和内部分异。

从大尺度作物长势监测的角度来看, 作物长势具体表现为作物在特定地域、特定生长季和特定生育期的群体状态。所以, 反映多时相NDV I数据库时空特征的特征参数 V_{ijk} 必须同时具有时间和空间两方面的属性, 即 V_{ijk} 是一个由 V_i 、 V_j 和 V_k 所构成的特征空间, 它可对作物长势进行比较完整的描述, 并可通过相关参数的组合建立作物长势监测的模型体系。

4 作物长势模型设计

从应用的角度来看, 作物长势的描述一般是首先基于明确的空间地域。因此, 由反映时、空属性的 V_i 、 V_j 和 V_k 所构成的矢量空间 V_{ijk} 可转化为 V_{ik} 和 V_{jk} 两个分量。其中, V_{ik} 用于反映特定地域的作物在不同生长季同一生育期的时空特征, 而 V_{jk} 则用于反映特定地域的作物在同一生长季不同生育期的时空特征。

作物长势模型体系的构成如下:

1) 作物长势的年度比较模型

作物长势年度比较模型建立于 V_{ik} 的基础之上。其中的特征参数表述为

$$V_i = V_i(v_{smean}, v_{sij}, v_{smax}, v_{smin}) \quad (7)$$

$$V_k = V_k(v_{kmean}, v_{ks}) \quad (8)$$

2) 作物长势的生育期比较模型

作物长势的生育期比较模型建立于 V_{jk} 的基础之上。

$$V_j = V_j(v_j, v_{sj}) \quad (9)$$

$$V_k = V_k(v_{kmean}, v_{ks}) \quad (10)$$

在 1) 和 2) 的模型设计中, 引入 $\$v$ 作为作物长势的比较参数, 用于 $v_{smean}, v_{sij}, v_{smax}, v_{smin}, v_{sj}$ 的计算, 它包括逐年比较、距平比较和极值比较 3 种算法^[6], 分别为:

$$\$v_{smean} = (v_i - v_{mean}) \ddot{O}v_{mean} \quad (11)$$

$$\$v_{sij} = (v_i - v_{i-1}) \ddot{O}v_{i-1} \quad (12)$$

$$\$v_{smax} = (v_i - v_{max}) \ddot{O}v_{max} \quad (13)$$

$$\$v_{smin} = (v_i - v_{min}) \ddot{O}v_{min} \quad (14)$$

$$\$v_{sj} = (v_j - v_{j-1}) \ddot{O}v_{j-1} \quad (15)$$

以上的模型设计给出了反映大尺度作物长势时空特征的有关特征参数的算法。由于作物长势的复杂性, 参数的量化需要地面实测的定标数据。

5 结论与讨论

1) 目前国内外对作物长势遥感监测研究主要集中在发展具体指标及其定量化, 不能完整地描述

作物长势的时空特征。

2) 从大尺度作物长势监测的角度来看, 作物长势具体表现为作物在特定地域、特定生长季和特定生育期的群体状态。所以, 反映多时相 $NDVI$ 数据库时空特征的参数 V_{ijk} 必须同时具有时间和空间两方面的属性, 即 V_{ijk} 是一个由 V_i, V_j 和 V_k 所构成的特征空间, 它可对作物长势进行比较完整的描述, 并可通过相关参数的组合建立作物长势监测的模型体系。

3) 本文介绍了基于时空特征参数的作物长势模型的设计。限于篇幅, 模型的计算、应用与评价将另行介绍。

[参 考 文 献]

- [1] 杨邦杰. 基于卫星遥感的农情监测系统. 科技进步与学
科发展. 北京: 中国科学技术出版社, 1998. 290~ 296
- [2] 史定珊等. 河南省冬小麦遥感苗情长势动态监测技术
冬小麦气象卫星遥感动态监测与估产. 北京: 气象出版
社, 1993. 107~ 110
- [3] Kogan FN. Application of vegetation index and bright
temperature for drought detection. Advanced in Space
Research, 1995, 15(11): 91~ 100
- [4] 杨邦杰, 裴志远. 作物长势的定义与遥感监测. 农业工
程学报, 1999, 15(3): 214~ 218

Analysis of Multi-temporal and Multi-spatial Character of NDVI and Crop Condition Models Development

Pei Zhiyuan Yang Bangjie

(Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026)

Abstract: Traditional analysis of remote sensed data for crop monitoring is concentrated on isolated time index development. The method ignored the spatial and temporal character of crop condition. Because crop growth is a changing temporal and spatial process, analysis of the multi-temporal and multi-spatial character of remote sensed data is the basis of model development for crop modeling on a large scale. NDVI was used for this research. The NDVI database structure, parameters for the multi-temporal and multi-spatial characteristic analysis of NDVI for crop condition monitoring are discussed. Crop condition models based on the temporal and spatial characteristic parameters were developed for crop condition assessment in this paper.

Key words: crop condition monitoring; NDVI; temporal and spatial character; crop condition models