

NPP 过程模型遥感驱动因子分析

李世华¹, 牛 铮¹, 李壁成^{2,3}

(1. 中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;
2. 中国科学院水利部水土保持研究所; 3. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 主要探讨了 NPP 过程模型的主要因子(植被覆盖分类、植物生长状况信息、土壤水分信息和气象因子)的遥感获取方法。这些因子的全遥感化将为研究大区域和全球 NPP 模拟提供很好的发展前景。

关键词: 净第一性生产力; 过程模型; 遥感

中图分类号: Q 142; T P79 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2005) 03-0120-03

Study on Remote Sensing Driving Factors of NPP Process Model

LI Shi-hua¹, NIU Zheng¹, LI Bi-cheng^{2,3}

(1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource;
3. Northwestern Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The remote sensing acquirement method of the main factors of NPP process model (vegetation cover classification, vegetation growth state, soil moisture and meteorological factors) are discussed. These factors which are all acquired from remote sensing technology will provide good development to study on large area and the globe NPP simulation.

Key words: net primary productivity (NPP); process model; remote sensing

植被的净第一性生产力(Net Primary Productivity, 简称 NPP)是指植物在单位时间单位面积上由光合作用产生的有机物质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分^[1]。它是陆地生态系统碳循环中的一个主要组成部分, 近年来 NPP 估算越来越受到科学家们的关注, 同时国际地圈—生物圈计划(IGBP)、全球变化与陆地生态系统(GCTE)和京都协定(Kyoto Protocol)等都把植被的 NPP 研究确定为核心内容之一^[2,3]。全球对 NPP 的研究有了 30 多年的历史, 到现在为止, 计算 NPP 的模型总共有 20 多种, 主要可分为统计模型、参数模型和过程模型 3 种^[4]。在这 3 种模型中, 过程模型有着完整的理论框架, 结构严谨, 可从机理上对植物的生物物理过程以及影响因子进行分析和模拟。

随着遥感、GIS 和计算机技术的发展, 遥感技术被逐步引入 NPP 模型计算中, 使得 NPP 的计算免去了许多繁杂的实验工作, 并可进行区域性计算。通过遥感技术获取和反演地表植被信息和相关生物物理学参数, 使得适时、准确、大范围和多尺度监测 NPP 的空间分布状况成为可能^[5,6]。遥感过程模型通过利用遥感数据获得大量而及时的地表植被状态信息和土壤状况信息。地物的光谱特征是遥感监测的基础,

地物反射光谱是地物本身以及相关植被、土壤、大气、地形、地带性和水分含量等多种因素影响而形成的综合反映^[5]。NPP 过程模型有多种形式, 但其都主要由植被覆盖分类信息、植物生长状况信息、土壤水分相关信息、气象信息等决定, 这些因子都可以用遥感方法获取。

1 植被覆盖分类

植被覆盖分类作为模型分析和计算的重要输入参数对 NPP 模拟结果至关重要。在很多过程模型如 CASA、BIOME-BGC、BEPS 中, 都需要植被覆盖分类信息。例如在 CASA 模型中, 植被对太阳有效辐射的吸收比例(FPAR)主要取决于植被类型和植被覆盖状况^[7]。用 BIOME-BGC 模型模拟光能转化率发现, 气候和植被覆盖类型是决定全球范围光能转化率的非常重要的参数^[8]。在 BEPS 模型中, 植被覆盖分类信息可以用于确定 NDVI-LAI 关系式的系数和设定模型的初始参数^[9]。对于大区域 NPP 估算, 植被覆盖分类数据源多采用 SPOT、TM 或者 MODIS 数据等。

植被覆盖分类首要的问题是分类体系的确定, 目前有多种土地覆盖分类体系, 如 FAO 的土地覆盖分类系统、IGBP 的全

① 收稿日期: 2005-01-20
基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000077902); 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-SW-01-02); 国家自然科学基金资助项目(40271086); 国家“十五”重大科技攻关课题(2001BA606A-4)
作者简介: 李世华(1977-), 男, 在读博士, 从事全球变化遥感方面的研究。

球土地覆盖分类系统、中国植被分类系统、美国国家土地覆盖数据 NLCD 的分类系统, 是不同研究者根据自己研究目标确定的, 彼此之间差异较大^[10], 对于具体的区域应该结合当地的情况选择合适的分类系统。例如松下文经等利用 BEPS 模型计算日本北海道地区 NPP 将植被分为 6 种类型: 草地/ 谷类作物、灌木、阔叶作物; 热带草原、阔叶林; 针叶林^[9]。

植被分类指标的选择对于正确识别地物非常重要, 植被归一化指数(NDVI)、光谱特征曲线、植被生物物理参数被广泛用于植被分类研究。地物特征识别技术, 特别是近来高光谱遥感技术的发展, 大大地改善了对植被的识别与分类精度。根据不同类型的地物光谱特征和时相变化规律, 选择合适的聚类算法, 从遥感数据中获得及时的地表覆被信息。具体的分类方法主要有目视解译法、数理统计分类、人工神经网络分类、上下文关系分析分类和多源信息分类等, 采用的分类器主要有最大似然法、Parzen 窗法、决策树 CART 法、BP 神经网络法、Fuzzy ARTMAP 法等。

2 植物生长状况信息

植被的光谱反射率受植被类型、种类组成、植被盖度、叶绿素含量、植物水分等多种因素的影响, 同时又具有明显的日变化、季节变化规律, 这是生产力遥感过程模型的条件和基础^[5]。反映植物生长状况最常用的方法是计算各种植被指数如比值植被指数(RVI)、差值植被指数(DVI)、NDVI、抗大气植被指数(ARVI)等^[11]。在 NPP 过程模型中使用的较多的是 NDVI, 它是衡量植物叶绿素和能量吸收的尺度, 可以由近红外和红外波段的反射率获得。在 CASA 模型中, FPAR 主要由 NDVI 和植被类型 2 个因子确定^[7]。

在 NPP 遥感过程模型中, 由 NDVI 推算叶面积指数(LAI)也是较为常用的方法。例如在 BEPS 模型中, LAI 是连接遥感数据和生态过程模型的关键变量^[9]。LAI 是陆面过程一个十分重要的结构参数, 是表征植被冠层结构最基本的参量之一, 它控制着植被许多生物、物理过程, 如光合、呼吸、蒸腾、碳循环和降水截获等^[12]。地面观测 LAI 方法可采用加拿大国家遥感中心陈镜明博士研制的 TRAC (跟踪辐射与冠层结构测量仪)^[13], 该仪器能比较方便地测量 LAI。但对于大区域研究 LAI, 仅靠地面观测方法是不可行的, 这就需要借助遥感的方法。叶面积指数的遥感定量方法可以归纳为两类: 统计模型法和光学模型法, 以植被指数作为统计模型的自变量是经典的 LAI 遥感定量方法, 在多光谱和高光谱领域均有用植被指数估算叶面积指数的研究和应用^[14]。

3 土壤水分信息

土壤为植物生长提供各种养分和水分, 土壤信息在参考文献:

[1] Lieth H, Whittaker R H. Primary Productivity of the Biosphere[M]. New York: Springer-Verlag Press, 1975.
[2] IGBP. A study of global change[R]. The international Geosphere- Biosphere Programme. Report 12, Stockholm, 1990.
[3] IGBP. The terrestrial carbon cycle: implication for the Kyoto Protocol [J]. Science, 1998, 280: 1393- 1394.
[4] Ruimy, A, B Sougier. Methodology for the estimation of terrestrial net primary productivity from remotely sensed data [J]. Journal of Geophysical Research, 1994, 99: 5263- 5283.
[5] 冯险峰, 刘高焕, 陈述彭, 等. 陆地生态系统净第一性生产力过程模型研究综述[J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 369- 378.

NPP 遥感过程模型中非常重要。例如 CASA 模型的光能转化率(ϵ)主要受温度和水分的影 响, 水分的影响可以用土壤水分子模型等求出, 土壤水分子模型主要用于计算遥感影像每一个栅格的月平均土壤含水量^[7]。在 BEPS 模型中, 土壤可持水量也是一个很重要的参数。

对于稀疏或无植被覆盖的土壤, 当土壤颗粒受水湿润后, 会改变原来的光学特性。这种特性引起太阳光入射路径的变化, 从而可以用遥感的方法提取土壤水分含量的信息。对于大量植被覆盖的土壤, 可利用植物和土壤之间的关系链, 利用热红外遥感信息提供植物冠层表面温度进而提取土壤含水量信息^[5]。

利用遥感技术监测土壤水分的方法比较多, 而且适用范围也不同。利用土壤热学特性的热红外技术在遥感监测土壤水分和干旱方面具有巨大潜力和广阔的发展前景。热红外遥感监测方法主要是采用热惯量模式和植被(作物)缺水系数法, 前者较适宜于裸土和低植被覆盖的情况, 而后者较适宜于高植被覆盖和农作物田块^[15]。微波遥感适用范围比较广, 精度较高, 且可以全天候使用, 这是遥感监测土壤水分最有希望的方法, 但其成本很高, 目前尚未进入实用阶段^[16]。除了这些方法之外, 也可通过植被冠层温度监测土壤含水量, 如刘云等利用冬小麦遥感冠层温度来监测土壤含水量, 发现用 14: 00 的冠层气温差能很好地监测 40 cm 以上土层的土壤含水量^[15]。

4 气象因子

气象因子是影响土壤- 植物- 大气系统间的碳、水传输过程中的主要环境因子, 是估算 NPP 的一个重要因子。例如 BEPS 模型需要输入日最高气温、日最低气温、日辐射量、降雨量和比湿等气象因子^[17]。气象数据可以使用地面气象观测站数据在考虑了海拔高度、地形坡度、经纬度等因子内插得到。

利用遥感技术获取气象信息相对比较成熟, 大多数发达和发展中国家都有自己的极轨气象卫星和静止气象卫星, 如美国的 NOAA、中国的风云系列等, 每天可以获取多个时段大量的气象信息。

5 结 语

缺乏全球性数据库是阻碍大区域和全球 NPP 模拟发展的主要瓶颈, 这种状态将随着不断更新的航天技术和卫星系统而得以改变。利用遥感技术驱动 NPP 模型是当前的一個主要发展趋势。研究遥感的功能与生态学研究 中存在的问题, 寻求遥感技术与生态学结合切入点, 不仅是遥感应用发展的需要, 也是解决生态学问题的有益途径。

[6] Liu J, Chen J M, et al. Net Primary Productivity Mapped for Canada at 1- km resolution [J]. Globe Ecol. Biogeogr. , 2002, 11: 1- 15- 129.

[7] Potter C S, J T Randerson, C B field, et al. Klooster. Terrestrial ecosystem production: a process model based on globe satellite and surface data[J]. Globe Biogeochemical Cycle, 1993, 7: 811- 841.

[8] Hunt, E R, S C Piper, R Nemani, et al. Global net carbon exchange and intra- annual atmospheric transport model[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1996, 10: 431- 456.

[9] 松下文经, 杨翠芬, 陈晋, 等. 广域空间尺度上植被净初级生产力的精确推算[J]. 地理学报, 2004, 59(1): 80- 87.

[10] 王军邦, 牛铮, 胡秉民, 等. 定量遥感在生态学研究中的基础应用[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 152- 157.

[11] 郭妮. 植被指数及其进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71- 75.

[12] Chen J M, Cihlar J. Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images[J]. Remote sensing of Environment, 1996, 55: 153- 162.

[13] Chen J M, Cihlar J. Plant canopy gap size analysis theory for improving optical measurements of leaf area index [J]. Applied Optics, 1995, 34: 6211- 6222.

[14] 方秀琴, 张万昌. 叶面积指数(LAI) 的遥感定量方法综述[J]. 国土资源遥感, 2003, (3): 58- 62.

[15] 刘云, 宇振荣, 孙丹峰, 等. 冬小麦遥感冠层温度监测土壤含水量的试验研究[J]. 水科学进展, 2004, 15(3): 352- 356.

[16] 邓辉, 周清波. 土壤水分遥感监测方法进展[J]. 中国农业资源与区划, 2004, 25(3): 46- 49.

[17] Liu J, Chen J M, Cihlar J, et al. A process-based boreal ecosystem productivity simulator using remote sensing inputs [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 62: 158- 175.

(上接第 109 页)

些具有定位性质的图元, 例如线图元中的道路、河流放在叠加图层的上层, 并设置* MSI 图形库作为图库管理的显示底图, 选择流域数字正射影像图作为显示底图, 可以清楚地看到各类图斑内的图像形状、纹理。系统提供对数据库类层的浏览、编辑、查询及输出, 可方便进行库管理。

2.5 小流域信息网络化管理

近几年来 Internet/Intranet 技术及其应用飞速发展, 特别是 WWW 技术和超媒体(Hyper text Media) 技术的发展和广泛应用, 使各种数据信息, 其中包括 GIS 的数据信息, 在网上传输成为现实。空间数据具有多源性、多语义性、多时空性、多尺度和获取数据手段的复杂性等特点, 这就决定了空间数据表达的复杂性。尤其是在网络环境下如何对空间数据采用规范化的编码使得分布在网络下所有用户都可以无缝地获取、访问、浏览空间数据还存在着很大的技术问题。现有 GIS 服务器价格昂贵且多为英文版, 而小流域用户多属区域性, 由此构建的网络系统不具有实用性。Java 编程语言是基于网络(应用) 开发、面向对象的新一代计算机编程语言它具有对象封装、多态性和继承性等面向对象语言的基本特征, 绝大部分数据类型都是以对象形式出现。由于 Java 无全

参考文献:

[1] 陈述彭. 数字地球百问[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[2] 第一届国际数字地球会议. “数字地球” 北京宣言[J]. 遥感信息, 1999, (4): 9- 10.

[3] 李德仁. 国家信息技术设施、国家空间数据基础设施与“数字地球” [J]. 测绘学报, 1999, 12(1): 13- 16.

[4] 林宗坚. 关于构建数字地球基础框架的思考[J]. 测绘软科学研究, 1999, (4): 2- 4.

[5] 徐冠华. 构筑“数字地球”, 促进中国和全球可持续发展[J]. 遥感信息, 1999, (4): 10- 12.

[6] 张书煌, 吕良寿, 等. 全数字摄影测量与 4D 技术探讨[J]. 遥感信息, 2000, (4): 12- 17.

[7] 杨勤科, 李锐. 论数字黄土高原建设的若干问题[J]. 水土保持通报, 2000, 20(1): 33- 36.

[8] 李壁成, 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995.

[9] AL Gore. The Digital Earth Understanding Our Planet in the 21st Century[R]. Los Angeles CA: the California Science Center, 1998.

[10] National Academy of Public Administration. Federal Government’s Needs and Programs for Geographic Information [J]. Surveying and Land Information System, 1997, 57(4): 110- 115.