

一种空气饱和差区域分布的推算方法

孙英君, 王劲峰

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 以遥感图像反演的地表温度、表观热惯量为自变量,通过遗传规划方法,找到了区域空气饱和差这一非遥感参数的求算方法。

关键词: 空气饱和差; 遗传规划; 表观热惯量

中图分类号: P 407 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2004)01-0023-04

0 引言

全球环境变化问题已经引起了各国政府、科学界与公众的强烈关注。解决全球变化研究中所面临的科学问题,离不开综合集成研究。IGBP 的核心计划——全球变化与陆地生态系统(GCTE)被认为是一个值得借鉴的案例。在全球变化各个层次的研究中,区域研究是重要纽带,全球环境变化的重大问题应主要通过区域研究来解决。

遥感的本质是反演,根据现象背后的物理机制,通过数学建模进行模拟。但人类对于复杂的物理机理认识毕竟是非常有限的,例如,在对地表通量的反演模型中,需要考虑地表动量、热量、水汽阻抗、地表空气动力学粗糙度及空气温度等参数,而这些参数是目前遥感手段难以获取的。因此,在进行遥感反演过程中,常采用的方法是结合统计方法对未知的参数进行扩展。本文的研究对象——区域空气饱和差,即是在空气温度反演过程中一个无法用遥感数据直接反演的参数,文中采用遗传规划的统计方法加以解决。

1 数据来源

研究区位于北纬 $34^{\circ}56'24''\sim 38^{\circ}06'36''$,东经 $114^{\circ}11'50''\sim 122^{\circ}47'20''$ 的华北平原范围内,包括山东、江苏、河北及河南小部分地区,区内共有 33 个气象台站点。本研究采用 2002 年 4 月 2 日、11 日、18 日 14 时的相对湿度观测资料及该地区两次过境的 MODIS 数据(分辨率为 1 km,卫星过境时间分别集中在 11 时及晚间 22 时)进行地表温度和表观热惯量的反演。

2 方法

2.1 地表温度的计算

由于陆地表面各种植被的光谱发射率在波长 $10.5\text{ }\mu\text{m}\sim 12.5\text{ }\mu\text{m}$ 范围内相对稳定,而 MODIS 的 31、32 波段数据恰好在这个范围内,所以文章利用 31、32 波段 MODIS 数据,采用传统的劈窗算法进行陆地表面温度的反演^[1]。2002 年 4 月 2、11 和 18 日昼夜地表温度反演结果分别见图 1、图 2 和图 3。

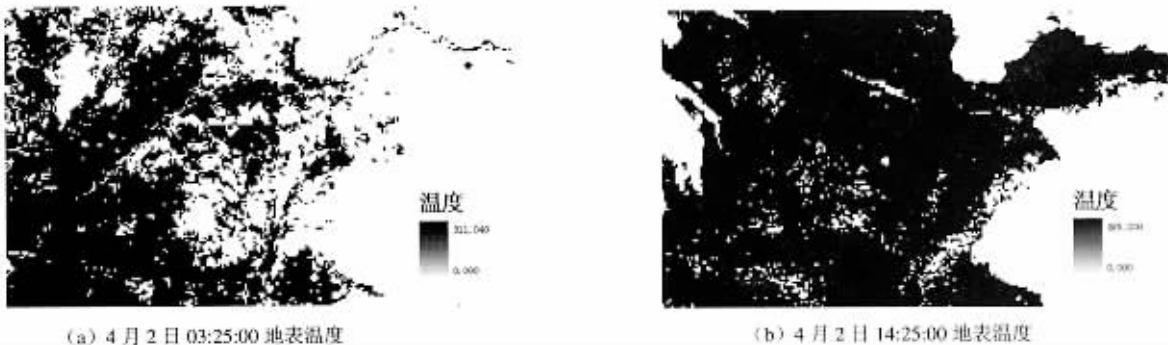


图 1 2002 年 4 月 2 日昼夜地表温度反演结果

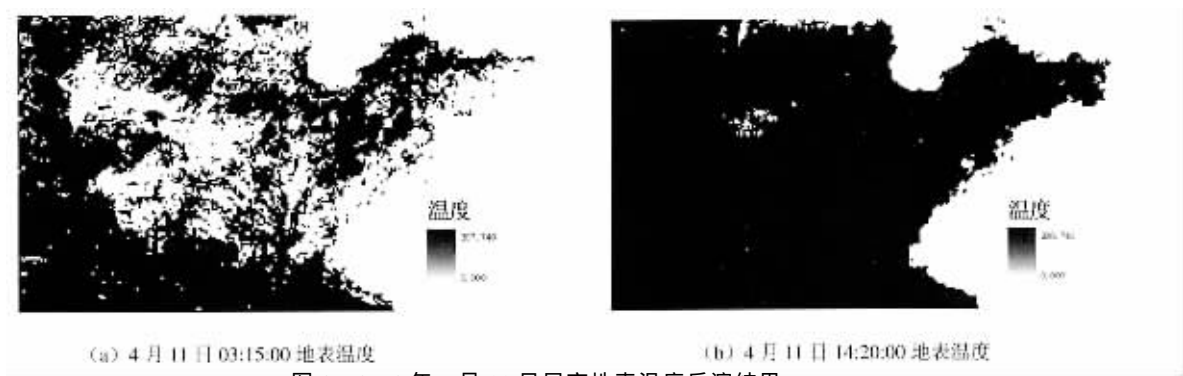


图 2 2002 年 4 月 11 日昼夜地表温度反演结果

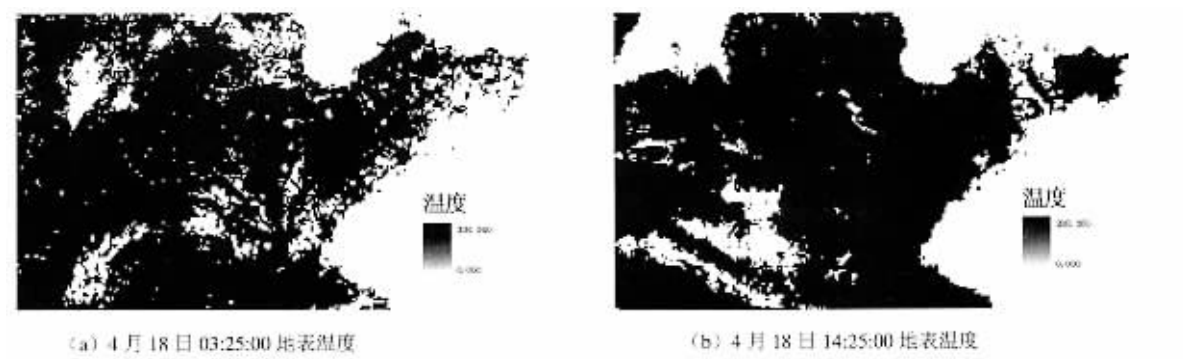


图 3 2002 年 4 月 18 日昼夜地表温度反演结果

2.2 表观热惯量的计算

在遥感应用中,热惯量是一个非常重要的信息来源,在岩性的定量判别、裸地土壤湿度的估算方面,国内外都有成功的应用。Watson K, Kahle A B, Price J C,张仁华,等^[2~5]发展了具有不同特色的热惯量模型。由于本文的目的是通过尽量少的遥感可用参数扩展空气饱和差,所以,选用陆地表面早晚的温度差作为近似的热惯量,简称为表观热惯量。

2.3 空气饱和差的计算

气象站的观测资料为相对湿度,公式为

$$f = e/E \times 100\%$$
 (1)

式中, e 为实际水汽压; E 为同温度下的饱和水汽压,其计算公式为

$$E = E_0 10^{8.5t/(273+t)}$$
 (2)

式中, t 为空气温度; $E_0 = 6.11$ hPa, 为 $t = 0^\circ\text{C}$ 时纯水平面上的饱和水汽压。空气饱和差为

$$E = E - e$$
 (3)

空气饱和差是衡量空气中水分含量的一个指标,它是影响植物水势的重要因子。经分析,空气饱和差主要与地表温度和表观热惯量有相关关系,地表温度的高低与表观热惯量的大小直接影响植物的蒸散,从而影响空气中水分的含量。将气象台站的点与遥感图像相叠加,可以得出同时间、同点位的地表温度和表观热惯量。利用 SPSS 软件包对同点位的空气饱和差、地表温度和表观热惯量进行散点图分析,如图 4 所示。

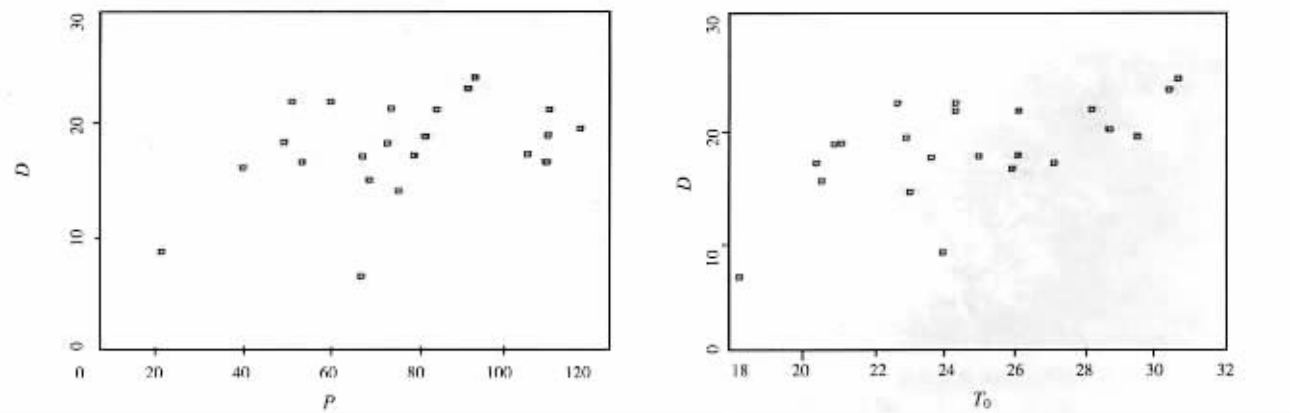


图 4 空气饱和差与表观热惯量(左)和地表温度(右)关系
 D : 空气饱和差; P : 表观热惯量; T_0 : 地表温度

由图 4 可以看出,空气饱和差与地表温度、表观热惯量均为非线性关系,所以,本文采用遗传规划的

方法来寻找它们之间的关系。通过对两组数据进行相关分析,发现空气饱和差与地表温度的相关系数为 0.622,而与表观热惯量的相关关系仅为 0.378。

2.4 遗传规划简介及其应用

为了设计出稳健的复杂系统,以揭示自然系统的适应性过程,1962 年,美国 John Hollan 教授根据自然演化的基本原理及生物遗传的优化法则,首次提出了遗传算法(Genetic Algorithm)的主要理论基础;1975 年,Hollan J 全面介绍了遗产算法^[1],人们把这一事件作为遗传算法得到正式承认的标志。该算法采用简单的编码技术表示各种复杂的结构,通过对一组编码进行简单的遗传操作和优胜劣汰的自然选择,从而指导学习和确定搜索的方向。遗传算法是用字符串表达问题,且字符串的长度常常是固定的,因此,限制了它的应用。1989 年,美国斯坦福大学的 Koza J R 提出的遗传规划正弥补了这种缺陷^[6]。遗传规划采用一个计算机程序的形式表达问题,它的结构和大小都是可以变化的,从而便于表达复杂的性质。遗传规划通过下列步骤获得问题的真实答案:

- (1) 随机产生初始群体,即产生众多由函数和变量随机组成的计算机程序;
- (2) 运行群体中的每一个计算机程序(个体),根据其解决问题的好坏,赋予一适应度;
- (3) 依据下列两个主要步骤生成新的计算机程序群体: ① 把当前一代计算机程序复制成新一代计

算机程序,被赋值的个体依据其适应度随机选定; ② 通过在双亲个体随机选定的部位进行交换,产生新的计算机程序,双亲个体也依据适应度随机选定; (4) 迭代执行(2)、(3)步骤,直到满足终止准则为止。

由图 4 可知,地表温度、表观热惯量与空气饱和差之间不是简单的线性关系,因而,在运用遗传规划时,本文采用了除加、减、乘、除运算以外,还有对数、指数运算方法。由于气象台站站点稀少,而遥感图像局部散点有云层覆盖,所以,将 3 d 的遥感图像与地面台站数据进行迭加,作为遗传规划的测试群体。

3 结果

通过遗传规划算法得出的地表温度、表观热惯量和空气饱和差之间的关系如(4)式所示

$$D = T_0 - 3 \lg T_0 - \frac{P}{T_0} - 2 \tag{4}$$

式中, D 为空气饱和差; T_0 为地表温度; P 为表观热惯量。将该结果与气象台站的真实观测资料对比,其相关系数可达 0.801。由此算出的 2002 年 4 月 2 日、11 日、18 日白天整个实验区的空气饱和差如图 5 所示。由于表观热惯量表征着地面湍流温度,因此,利用两参数求出的空气饱和差的拟合函数要比图 4 中单参数拟合的效果好。

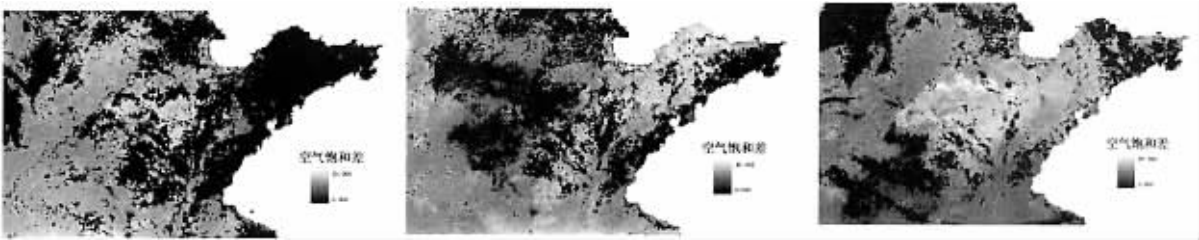


图 5 实验区 2002 年 4 月 2 日(左)、11 日(中)和 18 日(右)空气饱和差

为本文无偿提供了 MODIS 影像反演产品。

4 讨论

本文的初衷是尽可能利用区域性的遥感数据去扩展非遥感参数。虽然,地表温度反演和热惯量的计算都有现成的方法和模型,但涉及的因素较多,因而,本文采用的数据均为简化算法。实验结果表明,考虑多要素与因变量的非线性关系要比单要素的线性近似在结果精度上有显著提高。

致谢:感谢中科院地理所水分子中心张仁华课题组

参考文献

[1] Holland J H. Adaptation in Natural and Artificial Systems[M]. University of Michigan Press, 1975.
[2] Watson K. Geological application of thermal infrared images [J]. Proc IEEE, 1975, 63:128—137.
[3] Kahle A B. A simple thermal model of the earth surface for geologic mapping by remote sensing[J]. Journal of Geophysical Research, 1977, 82:1673—1680.
[4] Price J C. Thermal inertia mapping, a new view of the earth [J]. Journal of Geophysical Research, 1982, 87:2582—2590.
[5] 张仁华. 实验遥感模型及地面基础[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[6] Koza John R. Genetic programming, on the programming of computers by means of natural selection[M]. Cambridge: The MIT Press, 1992.

[7] 苏红波. 地物非线性重叠函数的可视化解法及其在地表通量遥感反演中的应用[D]. 中国科学院博士研究生学位论文, 2002.

[8] 张新时, 周广胜, 等. 中国全球变化与生态系统关系研究[J]. 地学前缘, 1997, 1~2: 137—144.

[9] Zhang Renhua, Su Hongbo, et al. The potential information in

the temperature difference between shadow and sunlit of surfaces and a new way of retrieving the soil moisture[J]. Science in China (Series D), 2001, 44(2): 112—123.

[10] Sun Xiaomin, Zhu Zhilin, et al. A New measuring technique of Soil thermal inertia[J]. Science in China, 2000, 30(Supp): 71—76.

[11] 张仁华. 对于定量热红外遥感的一些思考[J]. 国土资源遥感, 1999, (1): 1—6.

A METHOD FOR COMPUTATION OF REGIONAL
AERIAL SATURATION DEFICIENCY

SUN Ying—jun, WANG Jin—feng

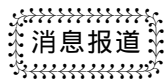
(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract : Global change has been one of the most noticeable problems in the field of environmental science. Regional research is a key method for solving such important problems as the global environmental change. As a synthetical geographical information resource, Remote Sensing (RS) plays an important role in this process. As the physical mechanism retrieved by RS model is limited, the utilization of the accessible RS data to predict the un—retrieved non—RS parameter seems especially important. With the land surface temperature and pseudo thermal inertia as independent variables and by means of Genetic Programming, the authors have found a method to compute regional aerial saturation deficiency.

Key words : Aerial saturation deficiency; Genetic Programming; Pseudo—thermal—inertia

第一作者简介: 孙英君(1976—), 女, 在读博士, 2001 年 6 月硕士毕业于山东科技大学, 现在中国科学院地理资源与环境研究所资源与环境信息系统国家重点实验室攻读博士学位, 主要从事 GIS 空间分析、遥感尺度扩展方面的研究工作。

(责任编辑: 刁淑娟)



消息报道

2002 年《国土资源遥感》总被引频次及分类排序

据最新出版的《2003 年版中国科技期刊引证报告》, 2002 年《国土资源遥感》的总引频次为 121, 在“测绘学类”中位居第 5 位(表 1), 在 1534 种中国科技论文统计源期刊中位居第 939 位

表 1 期刊总被引频次分类排序(测绘学类)^①

名 次	期 刊 名 称	总被引频次	影 响 因 子
1	测绘学报	376	0.951
2	测绘通报	280	0.280
3	遥感学报	271	0.719
4	大地测量与地球动力学	172	0.450
5	国土资源遥感	121	0.438
6	遥感技术与应用	118	0.316
7	遥感信息	97	0.402
8	测绘工程	58	0.291
9	测绘科学	56	0.321

^① 据《2003 年版中国科技期刊引证报告》