

毛乌素沙地植被盖度估测方法研究

蔡体久 琚存勇

(东北林业大学林学院)

摘要:该文以鄂尔多斯地区毛乌素沙地地面调查样地为例,探讨了以标准化植被指数 NDVI 与土地类型为参数,用广义回归神经网络模型估测植被盖度的可行性。结果表明,与线性模型相比,用广义回归神经网络模型估测植被盖度,总体相对精度基本保持不变,代表空间精度的单个样地正确预报能力提高 2%。

关键词:植被盖度; 广义回归神经网络; 遥感影像; 毛乌素沙地

中图分类号:S771 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2008)增刊 1-0292-04

CAI Ti-jiu; JU Cun-yong. **Estimation of vegetation coverage in Mu Us sand land, northwestern China.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) **30**(Supp.1) 292-295 [Ch, 17 ref.] College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, 150040, P. R. China.

In order to investigate the feasibility of estimating vegetation coverage by general regression neural network (GRNN) based on remote sensing data, this study took the field investigation of Mu Us sand land in Ordos plateau as example and used normalized different vegetation index (NDVI) and land type as parameters. Results indicate that GRNN model obtained higher prediction precision of single sample than general linear model, and the overall prediction precision almost kept unchanged.

Key words vegetation coverage; general regression neural network; remote sensing image; Mu Us sand land

荒漠化是指由于恶劣的自然因素和不利的人类影响所造成的干旱、半干旱和干燥的半湿润地区的土地退化,它是全球广泛关注的重大生态环境问题之一^[1-4]。荒漠化现状评价、荒漠化动态监测以及荒漠化土地的分类和制图,是目前国内外荒漠化研究中亟待解决的关键问题^[2-3]。植被盖度作为观测区域内植被垂直投影面积占地表总面积的百分比,是刻画陆地表面植被数量的一个重要参数^[5],是表征土地退化特征的一个直接的主导性指标^[6],与荒漠化程度密切相关,植被盖度越小说明荒漠化程度越严重。

目前,国内外利用遥感数据估测植被盖度的研究较多,Gratez 等在半酸性土壤区域进行了植被盖度实际测量,并建立了线性回归公式来估算植被盖度^[6];Wittich 和 Hansing 研究了针对不同的土地覆盖类型植被盖度与 NDVI 的经验模型^[7];Gutman 和 Ignatov 从像元中可能的植被分布特征入手,提出了

均一亚像元模型和混合亚像元模型,并应用其中的等密度模型,以 NOAA/AVHRR 数据进行了全球植被盖度的估算^[8]。陈晋等以北京海淀区的 TM 数据在进行土地覆盖类型划分的基础上,利用不同的亚像元模型估算了北京海淀区的植被盖度^[9]。这些研究以单一植被指数的线性模型居多,没有考虑土壤岩性、含水量等对植被盖度估测的可能影响;注重了区域或地区总体精度,很少涉及到代表空间分布精度的像元一级的精度。在一定程度上制约了区域荒漠化评价、监测与治理正确实施。

本文以毛乌素地区 2001 年地面调查样地的植被盖度为例,从同时期的卫星遥感影像数据提取标准化植被指数 (Normalized different vegetation index, NDVI),以它和土地(地貌)类型为自变量参数,在分析线性模型的基础上,提出用广义回归神经网络 (GRNN)模型实现植被盖度的定量估测,提高了植被盖度的总体相对精度与单个样地的估测精度。

收稿日期:2007-11-10

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:国家自然科学基金项目(30471424)。

第一作者:蔡体久,教授,博士生导师。主要研究方向:生态学和荒漠化防治。电话:0451-82190615 Email: caitj@263.net 地址:150040 哈尔滨东北林业大学林学院。

1 实验区概况

研究区位于毛乌素沙地东北部的内蒙古自治区伊金霍洛旗内,地理坐标东经 $108^{\circ}58' \sim 110^{\circ}25'$,北纬 $38^{\circ}56' \sim 39^{\circ}49'$,隶属内蒙古自治区伊克昭盟,东靠准格尔旗,北连杭锦旗和东胜市,西接乌审旗,南邻陕西省神木县和府谷县。全旗东西长约 120 km,南北宽 61 km,总面积 $5\,899\text{ km}^2$ 。本区属典型的温带干旱、半干旱气候类型,地表物质松散,沙源丰富,易导致沙尘暴发生^[10]。

2 样地调查与数据准备

2.1 样地调查

本次调查沿贯通全旗的各级公路进行,并尽可能覆盖了本区所有地貌类型,共设置样地 214 个。样地大小 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$,样地设置时考虑所在群落斑块的大小和均质性,以保证定位误差引起的样地偏移不超出所在像元范围。植被盖度调查采用对角线法,测量植被冠幅覆盖在对角线上的长度总和,算出其与对角线总长度的百分比,即为对应像元植被盖度值。记录样地的土地(地貌)类型:沙地、滩地、软梁、硬梁和覆沙滩地^[11]。在每个样地中心用手持 GPS 接收机(定位精度小于 10 m)确定其平面位置,以便在经过几何精校正的同期卫星(Land-sat7 TM)遥感影像上提取样地对应的灰度值进行研究。

2.2 遥感图像灰度值提取

在遥感图像处理软件 ERDAS8.4 上用 1:50 000 的地形图对遥感影像进行几何精校正。将野外调查样地展绘在校正后的遥感图像上,利用 ARC/INFO 软件自动提取样地对应的遥感灰度值,根据提取的第三、四 2 个波段灰度值,计算 NDVI。

2.3 定性数据数量化

在遥感数据中,植被信息不可避免地受其下垫面土壤岩性等的影 响,因此将 5 类荒漠化土地数量化后作为影响植被盖度的变量。

3 回归模型与仿真估测

3.1 线性模型

3.1.1 NDVI 为自变量的回归

长期以来,植被指数都是遥感领域中用来表征地表植被覆盖的有效度量参数,NDVI 应用最为广泛^[12-15]。随机选取 114 个样地以对应的 NDVI 为自变量 x ,以植被盖度为因变量 y 建立一元线性回归方程:

$$y = 211.816 x + 29.331 \quad (1)$$

在回归方程的 F 检验中, $F_{0.05}(1, 112) =$

$112.398 > F_{\text{临}} = 3.93$,说明自变量与因变量回归关系显著,此时决定系数 $R^2 = 0.501$ 。将剩余 100 个样地对应的 NDVI 代入回归方程,得到模型估测预报植被盖度,与调查实测的植被盖度进行比较,总体相对预报精度和单个样地正确预报率分别为 97.2% 和 68%,其中总体相对预报精度(ge)和单个样地正确预报率(rc)按下式计算:

$$ge = \frac{\left| \sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N \hat{y}_i \right|}{\sum_{i=1}^N y_i \times 100\%} \quad (2)$$

$$rc = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (3)$$

式中, y_i 是植被盖度实测值, \hat{y}_i 是估测预报值, N 是预报样地个数, n 是植被盖度正确预报的样地个数(本文视 $|y_i - \hat{y}_i| \leq 15$ 为样地植被盖度正确预报)。

3.1.2 增加地类为变量的回归

土壤的物理化学性质影响着植被的种类与长势,而在低植被覆盖地区,土壤反射率也会给植被盖度遥感定量估测带来很大误差^[3,9]。把土地类型增加为影响因子,理论上可以提高植被盖度的估测精度。以前 114 个样地对应的 NDVI 和土地类型变量为自变量,即以 NDVI 为 x_1 ,沙地为 x_2 ,滩地为 x_3 ,软梁为 x_4 ,硬梁为 x_5 ,以植被盖度为因变量 y 建立多元线性回归方程:

$$y = 187.167 x_1 + 59.556 x_2 + 59.361 x_3 + 56.616 x_4 + 40.000 x_5 - 24.269 \quad (4)$$

在回归方程的 F 检验中, $F_{0.05}(5, 112) = 36.241 > F_{\text{临}} = 2.30$,说明回归关系显著,复相关系数 $R = 0.792$,可以用来进行植被盖度预报。经计算,总体相对预报精度为 97.1%,单个样地正确预报率为 64%。

可以看出,虽然增加了地类为变量的回归方程比单纯的以 NDVI 为变量的回归方程对样本数据点的拟合程度更高,但在估测预报时精度却未能相应提高。说明所建线性模型的稳定性和精确度不高,不能消减变量异常带来的影响。

3.2 广义回归神经网络模型

3.2.1 广义回归神经网络工作原理

广义回归神经网络是一种经常被应用于函数逼近的径向基神经网络,它由一个径向基网络层和一个线性网络层组成^[16],结构见图 1。

图 1 中 R 表示网络输入的维数,即为变量个数; Q 表示每层网络中的神经元个数,也是训练样本个数,即样地数; a_i 表示第一层输出 a^1 的第 i 个元素; b^1 为第一层网络阈值; $W_{1,1}$ 表示第一层权值矩

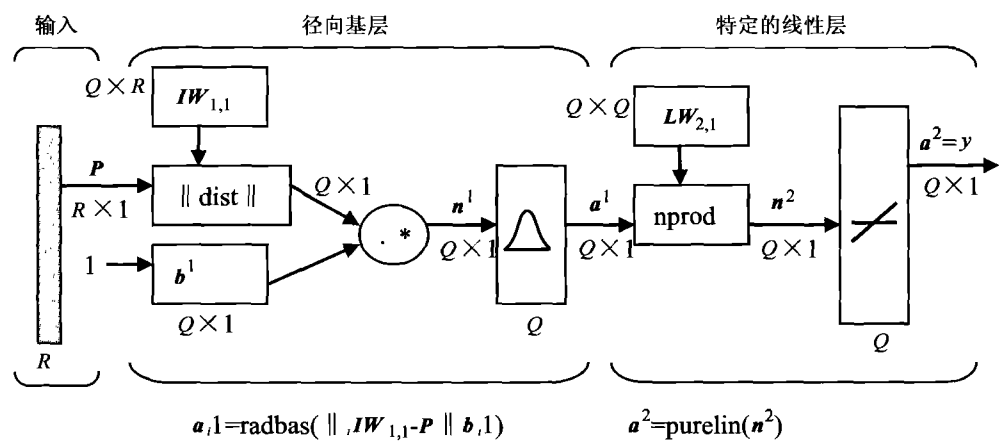


图 1 广义回归神经网络的构造

FIGURE 1 Construct of general regression neural network

阵的 $IW_{1,1}$ 的第 i 行元素; nprod 环节是利用内嵌函数 normprod 根据第二层权值矩阵 $LW_{2,1}$ 和第一层输出 a^1 计算网络的输出向量 n^2 。

利用 MATLAB 神经网络工具箱函数 *newgrnn* () 可快速创建一个广义回归神经网络 *net*, 以它为参数用函数 *sim* () 就可以仿真运算。其调用格式为:

$$net = newgrnn(P, T, spread) \tag{5}$$
$$y = sim(net, x) \tag{6}$$

式中, P 为设计矩阵(资料矩阵); T 为理想目标输出矩阵; $spread$ 为径向基函数的分布系数, 在一定范围内, $spread$ 的值越大, 网络的泛化能力越强, 仿真目标输出就越接近理想目标, 默认值为 1; x 为估测预报的设计阵; y 为仿真目标输出。

3.2.2 网络仿真与结果分析

以 114 个样地资料矩阵和植被盖度实测值作为输入矩阵和输出矩阵, 按步长 0.5 试验了 $spread$ 取不同的值时所训练设计的 GRNN 对剩余样地的预报精度, 见表 1。可以看出当 $spread$ 为 0.5 时, 网络仿真的精度达到最好。图 2 是当 $spread$ 等于 0.5 时,

100 个剩余样地植被盖度实测值与预报值曲线。

表 1 $spread$ 不同时网络估测预报精度比较

TABLE 1 Comparison of prediction precision with different $spread$ parameters

$spread$	总体相对精度/%	单个样地正确预报率/%
0.1	98.5	63
0.5	97.3	70
1.5	96.8	66
2.0	96.7	63

4 结论与讨论

根据卫星遥感影像数据估测区域植被盖度, 以归一化植被指数为自变量的回归模型能够达到相对较高的总体精度, 但具体到像元一级水平, 估测精度并不高。由于遥感影像数据的综合能力, 灰度值不仅仅是植被的反映, 也包含了植被下垫面的影响因素^[12-15]。增加植被下垫面的一些指标, 如土地类型, 应该可以提高回归模型估测预报的精度, 线性回归模型(4)的相关系数比模型(1)大也说明了这一点。但是, 经过实测数据的检验, 模型(4)的实际估测预报能力不仅没有提高, 反而有所下降, 说明线性模型

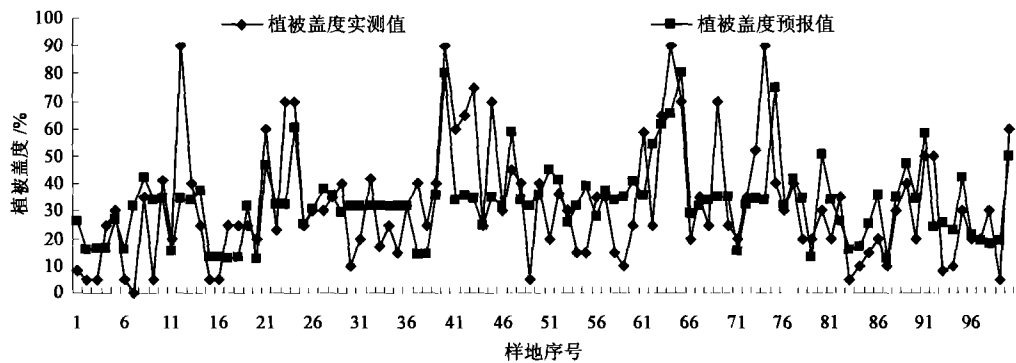


图 2 100 个样地的植被盖度实测值与模型预报值

FIGURE 2 Comparison of predicted and observed vegetation coverage of 100 samples

抗干扰能力不强,当自变量有异常值时,所建模型也会随着异常值发生飘移。

广义神经网络模型能够在总体相对精度基本不变的情况下,单个样地正确估测预报的精度提高了2%,是更有效的回归模型。特别是多变量间不确定是否存在复相关性时,它能够自动筛选变量中的变异信息训练网络,使仿真输出结果很少受到冗余信息的影响,输出与目标趋于一致的结果。

广义回归神经网络模型可以实现对鄂尔多斯地区毛乌素沙地调查样地植被盖度的整体估测,总预报精度高达97%以上,说明用此回归模型可以估测荒漠化地区总的植被盖度。单个样地的正确预报率并不是很高,这可能是因为毛乌素沙地空间异质性明显^[17],以小尺度斑块占多数的景观决定的。需要研究采取其他措施予以提高,比如提高取样点的定位精度、利用高分辨率卫星数据、融合多源遥感数据等等。重视总预报精度,忽视对单个样地的预报精度,在一定程度上可能会对生产应用造成误导,应给予适当的注意。

探讨利用遥感数据估测植被盖度的方法已成为当前建立区域及全球气候、生态模型的基础工作之一^[5]。根据本文分析,先对遥感图像做土地分类处理,再以分类结果为影响因子进行植被盖度估测,可以提高估测精度。这种针对特定目的,对图像分层处理应用的作法,今后应做更多的尝试。

参 考 文 献

- [1] 银山,包玉海,萨日娜.基于遥感、GIS的内蒙古沙漠和沙质荒漠化研究[J].干旱区资源与环境,2004,18(9):58-62.
YIN S, BAO Y H, SARINA. Research on sandy desertification in Inner Mongolia by remote sensing and GIS[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2004, 18(9): 58-62.
- [2] SUN D F, DAWSON R, LI H, et al. Modeling desertification change in Minqin county, China[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005 (108): 169-188.
- [3] STASYUK N V, DOBROVOL'SKII G V, ZALIBEKOV Z G, et al. Assessment of soil cover degradation and desertification in northern lowland Dagestan[J]. *Russian Journal of Ecology*, 2004, 35(3): 144-149.
- [4] MOUAT D, LANCASTER J, WADE T, et al. Desertification evaluated using an integrated environmental assessment model[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 1997(48): 139-156.
- [5] 张云霞,李晓兵,陈云浩.草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J].地球科学进展,2003,18(1):85-93.
ZHANG Y X, LI X B, CHEN Y H. Overview of field and multi-scale remote sensing measurement approaches to grassland vegetation coverage[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(1): 85-93.
- [6] GRAETZ R D, PECH R R, DAVIS A W. The assessment and

- monitoring of sparsely vegetated rangelands using calibrated Landsat data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1988, 9(7): 1 201-1 222.
- [7] WITTICH K P, HANSING O. Area averaged vegetative cover fraction estimated from satellite data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1995, 38(3):209-215.
- [8] GUTMAN G, IGNATOV A. The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 41(8):1 533-1 543.
- [9] 陈晋,陈云浩,何春阳,等.基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J].遥感学报,2001,5(6):416-425.
CHEN J, CHEN Y H, HE C Y, et al. Sub-pixel model for vegetation fraction estimation based on land cover classification[J]. *Chinese Journal of Remote Sensing*, 2001, 5(6): 416-425.
- [10] 蔡体久,慈龙骏,李崇贵,等.基于RS和GIS的毛乌素沙地生物量估测[J].中国水土保持科学,2003,1(2):33-37.
CAI T J, CI L J, LI C G, et al. Quantitative estimation of biomass based on RS and GIS in Mu Us Sandland[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2003, 1(2): 33-37.
- [11] 张新时.草地的生态经济功能及其范式[J].科技导报,2000(8):3-7.
ZHANG X S. Eco-economic functions of the grassland and its patterns[J]. *Science and Technology Review*, 2000 (8): 3-7.
- [12] 刘培君,张琳,艾里西尔·库尔班,等.用TM数据估测光学植被盖度的方法[J].遥感技术与应用,1995,10(4):9-14.
LIU P J, ZHANG L, KURBAN A, et al. An estimate method of optical vegetation coverage using TM data[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 1995, 10(4): 9-14.
- [13] 卢中正,张光超,高会军,等.毛乌素沙地东缘植被盖度变化研究[J].地球信息科学,2001(4):42-44.
LU Z Z, ZHANG G C, GAO H J, et al. Vegetation coverage change research in east Mu Us sand area[J]. *Geo-Information Science*, 2001(4): 42-44.
- [14] LI X B, CHEN Y H, SHI P J, et al. Detecting vegetation fractional coverage of typical steppe in northern China based on multi-scale remotely sensed data[J]. *Acta Botanica Sinica*, 2003, 45(10): 1 146-1 156.
- [15] 安培浚,刘树林,顾耀文,等.植被指数遥感定量研究——以民勤绿洲为例[J].遥感技术与应用,2005,20(6):574-581.
AN P J, LIU S L, XIE Y W, et al. Quantitative study on vegetation index based on remote sensing images —A case study of Minqin oasis[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2005, 20(6):574-581.
- [16] 闻新,周露,李翔,等. MATLAB 神经网络仿真与应用[M].北京:科学出版社,2003,285-291.
WEN X, ZHOU L, LI X, et al. *MATLAB neural network simulate and application*[M]. Beijing: Science Press, 2003: 285-291.
- [17] 陈玉福,董鸣.鄂尔多斯高原沙地草地荒漠化景观现状的定量分析[J].环境科学,2002,23(1):87-91.
CHEN Y F, DONG M. Quantitative analysis of landscape conditions of the desertified sandy grassland in Ordos plateau [J]. *Environmental Science*, 2002, 23(1): 87-91.

(责任编辑 李文军)