

基于 MODIS 的沙漠化地区植被覆盖度提取模型的研究

霍艾迪¹, 康相武², 王国梁^{3*}, 武苏里³, 魏洁琼³

(1. 长安大学环境科学与工程学院, 陕西 西安 710064; 2. 中国科学技术信息研究所, 北京 100097;

3. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 目前常用的植被覆盖度遥感反演模型, 受限条件较多, 所用系数精度不高。针对上述问题, 提出了利用研究区域的实测最大和最小植被覆盖度确定反演模型系数的方法和基于 MODIS 影像数据的地面实测验证方法。经用该方法对毛乌素沙地沙漠化地区的植被覆盖度进行反演, 并同步监测该区域的地表覆盖度对反演结果进行验证, 结果表明地面同步实测植被覆盖度与反演的误差绝对值平均值为 0.04, 反演方法精度较高。研究表明本文提出的利用 MODIS 影像数据反演沙漠化地区地表覆盖度的模型、地面验证方法切实可行, 适合对沙漠化地区地表植被覆盖度大范围且快速的遥感监测。

关键词: 植被覆盖度; 植被指数; 遥感

中图分类号: **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)06-0217-07

植被覆盖度(FVC, Fractional Vegetation Cover)为单位面积内植被(包括叶、茎、枝)的垂直投影面积^[1]。它是衡量地表植被状况的一个最重要的指标, 在土地沙漠化评价、水土流失监测和分布式水文模型中都将植被覆盖度作为重要输入参数^[2]。

植被覆盖度的传统测量方法主观性强, 野外操作不便, 并且成本较高, 难以快速获取大范围区域的植被覆盖度。由遥感数据计算出的植被指数, 可以直接反映大范围区域内地表植被的状况, 因此出现了大量使用植被指数估算植被覆盖度的模型。其共同思路是利用统计学的思想, 分析植被指数与植被覆盖度的相关关系, 寻找对植被覆盖度最敏感, 且对背景因素最不敏感的植被指数(NDVI), 建立估算植被覆盖度的线性回归模型或非线性回归模型。

使用植被指数估算植被覆盖度的常用方法有经验模型法^[3]、植被指数转换法和混合像元分解法等。经验模型法是通过建立植被覆盖度实测数据与植被指数之间的经验模型来求取植被覆盖度。如: Graetz 等^[4]在半酸性土壤区域对 Landsat MSS 第 5 波段与植被覆盖度的实测数据进行线性回归分析, 并利用得到的回归模型测量了稀疏草地的植被覆盖度; Dymond 等^[5]在建立了地表植被覆盖度与 NDVI 的非线性经验关系的基础上, 用多波段 SPOT 资料估算新西兰的植被覆盖度; Wittich 和 Hansing^[6]针

对不同的土地覆盖类型建立了地表植被覆盖度与 NDVI 的经验模型, 并用 NOAA AVHRR 资料计算研究区的植被覆盖度。

经验模型法依赖于特定区域的大量实测数据, 虽在小范围区域有一定的精度, 在大范围监测和推广应用时却受到诸多因素的限制。

植被指数转换法是通过遥感影像各像元中植被类型及分布特征的分析, 建立植被指数与植被覆盖度的转换关系来直接提取植被覆盖度信息。Quarmby^[7]利用 AVHRR 资料, 建立了植被指数与植被覆盖度的线性混合转换模式, 并用该法估算农业区的植被覆盖率。虽然植被指数法不需要进行大面积的地面样方实测, 但其精度略低于经验模型法。

混合像元分解法根据植被和土壤在不同波段的反射光谱情况, 选择植被与土壤光谱反射差别较大的红光波段和近红外波段作为植被盖度信息提取的信息源。陈晋、陈云浩等^[8]利用 TM 数据采用等密度模型和非等密度模型计算了北京市海淀区的植被覆盖度。用此方法提取植被覆盖度值, 必须先知道裸土地、植被在遥感影像近红外、可见光红波段的反射率的差值。像元二分模型原理与形式都比较简单, 但受限条件多。

上面几种方法各有优缺点, 植被指数转换法相对简单, 可以在大范围应用, 但是在缺乏实地验证的

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 中国科学院资源环境领域野外台站研究基金项目; 西北农林科技大学人才基金

作者简介: 霍艾迪(1971—), 男, 陕西户县人, 讲师, 研究方向为环境科学与工程。

* 通讯作者: 王国梁, 男, 博士, 助理研究员, 主要从事黄土高原植被恢复研究。

情况下难以保证精度。沙漠化地区的植被覆盖度有随土地沙漠化状况变化的空间分异特点,可以作为监测沙漠化的指标之一。反演沙漠化地区的植被覆盖度在方法上也不同程度地存在上述优缺点,但由于沙漠化地区具有气候干燥、晴空时间较长及日照时数较多、光照强烈、植被稀疏等特点,使基于 MODIS 数据反演沙漠化地区的植被覆盖度又具有容易在地面进行验证等优势。因此,本文针对目前使用 MODIS 数据反演植被覆盖度方法中存在的问题,以毛乌素沙地为研究区,对使用 MODIS 数据反演植被覆盖度的方法的改进提高进行了探索性研究。

1 研究方法

针对目前植被覆盖度反演方法中的问题,本文通过对相关的反演方法重组和改进,提出了沙漠化地区 MODIS 影像数据的植被覆盖度反演方法及地面实测验证方法。

1.1 植被覆盖度的反演方法

植被指数(NDVI)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。其大小取决于叶面积指数 LAI(垂直密度)和植被覆盖度等要素。根据像元中植被覆盖结构的不同,可以分为均一像元和混合像元两类。当像元完全被植被覆盖时,其植被覆盖度为 1(100%),属于均一像元;如植被不能完全覆盖整个像元,其植被覆盖度小于 1,是植被与非植被构成的混合结构,属于混合像元。

像元二分模型^[9~11]是一种简单实用的遥感估算模型,它假设一个像元的地表由有植被覆盖部分地表与无植被覆盖部分地表组成,而遥感传感器观测到的光谱信息也由这 2 个组分因子线性加权合成,各因子的权重是各自的面积在像元中所占的比率,如其中植被覆盖度可以看作是植被的权重。

根据像元二分模型的原理,通过遥感传感器所观测到的信息 S 可以表达为由绿色植被部分所贡献的信息和由无植被覆盖(裸土)部分所贡献的信息两部分,即:

$$S = S_v + S_s \quad (1)$$

设一个像元中有植被覆盖的面积比例为 f_c ,即该像元的植被覆盖度,则裸土覆盖的面积比例为 $1 - f_c$ 。如果全由植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息为 S_{veg} ,则混合像元的植被部分所贡献的信息 S_v 可以表示为 S_{veg} 与 f_c 的乘积:

$$S_v = f_c \times S_{veg} \quad (2)$$

同理,如果全由裸土所覆盖的纯像元所得的遥

感信息为 S_{soil} ,混合像元的土壤成分所贡献的信息 S_s 可以表示为 S_{soil} 与 $1 - f_c$ 的乘积:

$$S_s = (1 - f_c) \times S_{soil} \quad (3)$$

将公式(2)与(3)代入公式(1),可得:

$$S = f_c \times S_{veg} + (1 - f_c) \times S_{soil} \quad (4)$$

对公式(4)进行变换,可得以下计算植被覆盖度的公式:

$$f_c = \frac{S - S_{soil}}{S_{veg} - S_{soil}} \quad (5)$$

其中 S_{soil} 与 S_{veg} 是像元二分模型的 2 个参数,只要知道这 2 个参数就可以根据公式(5)利用遥感信息来估算植被覆盖度。模型表达了遥感信息与植被覆盖度的关系,其参数 S_{soil} 与 S_{veg} 则具有实际含义,即土壤与植被的纯像元所反映的遥感信息,这样就将大气、土壤背景与植被类型等对遥感信息的影响降至最低,只留下植被覆盖度的信息。

归一化植被指数(NDVI)也是一种由遥感传感器所接收的地物光谱信息推算而得的反映地表植被状况的定量值。根据像元二分模型,一个像元的 NDVI 值可以表达为由绿色植被部分所贡献的信息 $NDVI_{veg}$,与由无植被覆盖(裸土)部分所贡献的信息 $NDVI_{soil}$ 这两部分组成,同样满足公式(4)的条件,因此可以将 NDVI 代入(5)式,可得:

$$f_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (6)$$

式中, $NDVI_{soil}$ 为完全是裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值; $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 NDVI 值,即纯植被像元的 NDVI 值。

$NDVI_{soil}$ 对于大多数类型的裸地表面,理论上应该接近零,但由于受众多因素影响, $NDVI_{soil}$ 的变化范围一般在 -0.1 至 0.2 之间^[12]。 $NDVI_{veg}$ 代表着全植被覆盖像元的最大值,由于植被类型的影响, $NDVI_{veg}$ 值也会随着时间和空间而改变。因此,计算植被覆盖度时,即使同一景影像,对于 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 值不能取固定值^[13]。在实际应用中,植被覆盖类型随土地利用类型而变化。对于某一土地利用类型,由于植被类型近似,其 $NDVI_{veg}$ 值也相近;而对于特定的土壤类型,其 $NDVI_{soil}$ 值也应该是一定的。因此,土地利用图和土壤图应作为计算 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ 值的基础^[11]。

对于给定区域 A 内的任何两个像元 a_1 与 a_2 ,它们的植被覆盖度已知分别为 f_{c1} 与 f_{c2} ,对这两个像元应用公式(6),可得:

$$f_{c1} = (NDVI_1 - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$
$$f_{c2} = (NDVI_2 - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

(7)

(8)

其中像元 a_1 可为区域 A 中具有 $NDVI$ 最小值的像元, a_2 可为区域 A 中具有 $NDVI$ 最大值的像元。此时, 对 $NDVI_{soil}$ 与 $NDVI_{veg}$ 的确定, 转化为对 f_{cmax} 、 f_{cmin} 、 $NDVI_{max}$ 与 $NDVI_{min}$ 等 4 个参数的确定。

沙漠化地区植被相对稀疏, 土壤类型比较单一, 容易找到植被覆盖相对较大和较小的区域, 实地测量出 f_{cmax} 和 f_{cmin} , 然后利用 GPS 定位坐标, 可在 $NDVI$ 影像图上提取对应的 $NDVI_{max}$ 与 $NDVI_{min}$ 。可是在 MODIS 影像 $1\,000\text{ m} \times 1\,000\text{ m}$ 像元的尺度上, 在西部干旱、半干旱地区找到这么大面积的全覆盖的像元是不现实的, 因此利用上述方法计算出来的植被覆盖度比实际值偏大, 并且实地验证也非常困难。

鉴于以上考虑, 我们设计先在研究区域内获得一定数量的实测数据, 然后取这一组实测数据中的植被覆盖度的最大值与最小值, 作为 f_{cmax} 与 f_{cmin} , 并在图像中找到这 2 个实测数据所对应像元的 $NDVI$ 值, 分别作为 $NDVI_{max}$ 与 $NDVI_{min}$ 。同时我们引入常数 L , 用 $NDVI_{max} + L$ 替换中等分辨率卫星图像的最大归一化植被指数值 $NDVI_{max}$, 得到基于 MODIS 卫星影像的植被覆盖度转换模型:

$$f_c = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} + L - NDVI_{min}}$$

(11)

式中: f_c 为植被覆盖度, $NDVI_{min}$ 、 $NDVI_{max}$ 分别为最小、最大归一化植被指数。在沙漠化地区, $NDVI_{min}$ 理论上应该是 0, 但实际上, 要真正找 $1\,000\text{ m} \times 1\,000\text{ m}$ 的裸地, 几乎是不可能的, 本文 $NDVI_{min}$ 取 0.01。于是(11)可变为:

$$f_c = \frac{NDVI - 0.01}{NDVI_{max} + L - 0.01}$$

(12)

$$L \text{ 可以通过(13) 式求得。}$$
$$L = (\frac{NDVI_1 - 0.01}{f_{c1}} + \frac{NDVI_2 - 0.01}{f_{c2}}) / 2 + 0.01 - NDVI_2$$

(13)

式中: L 为常数。 f_{c1} 和 f_{c2} 分别为实测的最小和最大植被覆盖度。 $NDVI_1$ 和 $NDVI_2$ 分别为与实测值对应的最小和最大植被指数。

1.2 实测验证方法

关于用实测数据验证 MODIS 反演植被覆盖度的方法, 目前未见相关文献。本文参考 NOVAA (1 km 像元) 的验证方法^[13,14], 提出 MODIS 数据的野外验证方法, 即用 1 km^2 内 20~40 个点的平均植被覆盖度表示该范围内的实际植被覆盖度, 具体方法如下: (1) 地面实测工作时间选在上午 10:30 至下午 4:00 间光照条件、云量与卫星过境时状况接近的时段; (2) 选择地表覆被分布较均匀的 9 个 MODIS 像元大小区域 1 km^2 区域, 然后从 MODIS 影像上找出该区域附近各像元的中心点经纬度坐标, 利用 GPS 导航使实际测区的中心点尽量接近最近一个像元的中心点, 使实测区域尽可能完全布设在单一像元之内, 如图 3 所示。如实测范围没有完全布设到一个像元的范围内, 如图 2 所示, 可导致较大误差。 (3) 从测区中点分别沿东南西北四个方向布设 100 m 样线, 每个方向按 20 m 间隔布设样点, 在垂直地面 1.5 m 的高度用数码相机拍摄采样点的地面照片, 使用 GPS 定位, 获得中心点采样点的经纬度坐标。 (4) 为获得准确的植被覆盖度实测数据, 减少像片边缘变形误差, 将数码相机得到数字影像截取长、宽各 2/3 的中心幅面, 采用非监督分类法分为 10 类, 并将分类结果再细分为植被、非植被两类, 以此计算出植被覆盖度。 (5) 以实测的 21 个样点(包括测区中心点)的均值表示该像元对应的地表实际植被覆盖度。

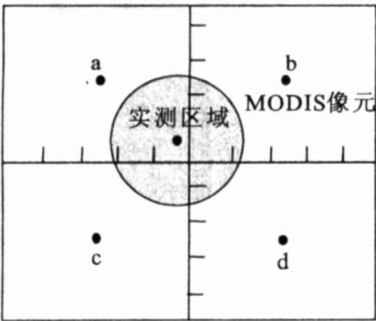


图 1 实测范围在几个像元

Fig. 1 Actual range in several pixels

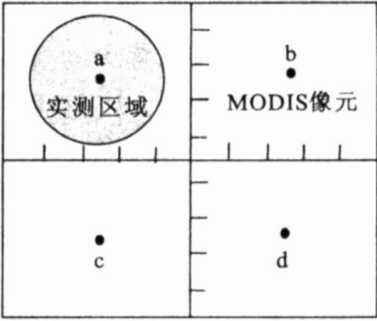


图 2 实测范围在一个像元内

Fig. 2 Actual range in one pixel



图 3 地面同步实测点分布图

Fig.3 The map of land synchronization measuring point distribution

1.3 研究区域

毛乌素沙区位于我国沙漠地区的东南端,处北纬 37°27'30"~39°22'30",东经 107°20'0"~111°30'0",是我国 12 大沙区之一。包括内蒙古自治区伊克昭盟的南部(伊金霍洛旗南部,乌审旗全部,鄂托克旗东南部),陕西榆林地区的北部(神木、榆林、横山、靖边、定边五个县的一部分和佳县西北小部分)以及宁夏回族自治区盐池县的东北部。该区属于内陆半干旱季风气候,光照充足、热量丰富、降水稀少、植被稀疏、蒸发强烈、冬季寒冷、夏季温热、无霜期短、大风日数多,自然环境较为恶劣。全沙区总面积为 39 835 km²,约占我国沙漠总面积的 3.6%。

1.4 MODIS 影像数据和地表观测数据

本文所用 MODIS 影像数据接收时间是 2007 年 6 月底到 7 月上旬,是毛乌素沙地植被生长最旺盛之时。地面观测同步进行,7 月 4、5 日因天气原因中断。为了更准确地反演植被覆盖度,所有数据都经过辐射校正、大气校正和几何校正,然后将毛乌素沙地区域切割并将有云的区域用近期同时相的数据替代。最后计算 NDVI 值:

$$NDVI = (NIR - r)/(NIR + r) \quad (14)$$

式中, r 为 MODIS 第 1 波段, NIR 为 MODIS 第 2 波段。地面观测时间对应 MODIS 接收数据的时间,观测点在毛乌素沙漠边缘分布有沙漠化土地的地区,测区的具体位置如图 3 所示,根据测区的地表复杂程度和精度的要求,每个测区测量 21 至 41 个测点,21 是间隔 20 m 一个测点,41 是间隔 10 m 一个测点。测量所用仪器是 casio v7 数码相机。

2 结果与分析

在实测数据中选取的最小植被覆盖度和最大植被覆盖度分别为 $f_{c1}=0.18$ 和 $f_{c2}=0.73$ 。在 NDVI

影像中利用 GPS 经纬度坐标找出对应像元的 NDVI 值,分别为 $NDVI_1=0.13$ 和 $NDVI_2=0.39$,将这 4 个参数带入公式(13),求得 $L=0.22$ 。

将 L 代入公式(12),求出毛乌素沙地的植被覆盖度。反演毛乌素沙地的植被覆盖度与地面实测值的对比结果见表 1。

在表 1 中,反演值大于实测值,且误差在 3% 以上的测区序号为:2、5、9、22、30,造成这一误差的主要原因是实测区域的中心点和 MODIS 像元的中心点稍有偏移,实测区域的植被覆盖刚好是整个像元中相对较差的区域。

反演值小于实测值,且误差在 3% 以上的测区有:3、8、11、13、15、17、18、20、21、24、28、31。造成这一误差的主要原因是对地面实拍照片分类时,没有正确区分植被、土壤和阴影,错误的把阴影也归于植被类型中,最终导致植被比率偏大。

由于 NDVI 对高覆盖度的植被变化不太敏感,当植被覆盖度高于 85%,反演值与实际值相比明显偏低,反演值在 90% 附近就不再增加了。这是 NDVI 估算植被覆盖度时的不足之处,但在沙漠化地区,这样的地表区域所占比例很小,因而可以忽略不计。

相关分析表明,实测值与反演值之间的相关系数 $R^2=0.93$,误差绝对值平均值为 4%。说明本文所用模型对沙漠化地区的植被覆盖度的反演具有较高的精度,可用于沙漠化地区植被覆盖度的监测。

根据公式(12),利用研究区域的 NDVI 影像,求出研究区域的植被覆盖度。并将所得结果等间距分为 5 级,即 0~20%、20%~40%、40%~60%、60%~80%、80%~100%5 级,如图 4。

由图 4 可以看出,库布齐沙漠植被盖度最低,库布齐沙漠以北是一片植被覆盖较高的区域,属于黄河沿岸灌区。毛乌素沙地的植被盖度主要在 20%~40% 范围内,部分区域小于 20%,这些区域主要是一些大的沙丘。由于飞播造林的成效,毛乌素沙地植被盖度在 40%~60% 的区域明显增多。上述反演结果与在该区域的地面调查所见实际情况相符。

3 结 论

1) 本文提出了基于实测数据的植被覆盖度反演模型。以 NDVI 值为参数,通过实测研究区域的最大和最小植被覆盖度来确定反演植被覆盖度模型的系数,得到基于 MODIS 影像数据的沙漠化地区植被覆盖度反演模型。实践表明,本方法技术路线简单,可操作性强,无需复杂的推导参数。使用本方

表 1 实测数据与计算数据对照

Table 1 Comparison between the field investigation data and the calculation data

测区序号 Number	测量日期 Date	测区号 District number	测点数 Measured point number	NDVI	平均实测值 Measured value	遥感反演值 Retrieving value	误差 Error
1	2007-07-03	B	21	0.1311	0.17681	0.201833333	0.025023
2	2007-07-07	B	22	0.1907	0.23013	0.301166667	0.071037
3	2007-07-10	A	21	0.2916	0.5722	0.469333333	-0.10287
4	2007-06-28	A	41	0.1327	0.18812	0.2045	0.01638
5	2007-07-06	D	21	0.1633	0.20749	0.2555	0.04801
6	2007-07-09	A	21	0.1948	0.3014	0.308	0.0066
7	2007-07-09	B	21	0.2587	0.43457	0.4145	-0.02007
8	2007-07-06	B	21	0.2097	0.4008	0.332833333	-0.06797
9	2007-07-06	C	21	0.1917	0.20387	0.302833333	0.098963
10	2007-07-08	A	21	0.2151	0.34256	0.341833333	-0.00073
11	2007-07-03	C	21	0.2364	0.41	0.377333333	-0.03267
12	2007-07-10	C	21	0.2222	0.37115	0.353666667	-0.01748
13	2007-07-09	D	21	0.2369	0.45682	0.378166667	-0.07865
14	2007-06-29	A	41	0.2371	0.37681	0.3785	0.00169
15	2007-07-06	A	21	0.2387	0.43317	0.381166667	-0.052
16	2007-07-03	D	21	0.2505	0.41978	0.400833333	-0.01895
17	2007-06-30	B	42	0.2506	0.44394	0.401	-0.04294
18	2007-07-08	C	21	0.211	0.38683	0.335	-0.05183
19	2007-07-10	D	21	0.2538	0.40293	0.406333333	0.003403
20	2007-06-27	B	43	0.2762	0.50726	0.443666667	-0.06359
21	2007-07-07	A	21	0.2621	0.48799	0.420166667	-0.06782
22	2007-07-01	C	41	0.2602	0.38	0.417	0.037
23	2007-06-27	A	41	0.2828	0.4605435	0.454666667	-0.00588
24	2007-07-08	B	21	0.306	0.55223	0.493333333	-0.0589
25	2007-07-09	C	21	0.2961	0.45236	0.476833333	0.024473
26	2007-07-10	B	21	0.3024	0.48053	0.487333333	0.006803
27	2007-07-07	C	21	0.3047	0.51138	0.491166667	-0.02021
28	2007-06-30	A	41	0.3463	0.72588	0.5605	-0.16538
29	2007-07-01	A	51	0.3316	0.51295	0.536	0.02305
30	2007-07-07	D	21	0.3834	0.59054	0.622333333	0.031793
31	2007-07-01	B	41	0.385	0.731236	0.625	-0.10624

法反演沙漠化地区的植被覆盖度,精度明显提高,且与实际情况相吻合。

2) MODIS 像元尺度较大,与卫星对应的地面同步实测数据很难获得,所以本文提出了基于 MODIS 影像 1 km 像元尺度的地面准同步植被覆盖度测量方法,对反演的植被覆盖度精度进行评价。经实践,该方法从技术和实际工作量上都是可行的。对于从宏观角度监测干旱、半干旱地区植被覆盖度的变化有很好的应用价值。

用本文方法提取植被覆盖度时,需要注意以下问题:

(1) 植被指数转换时最小植被指数是裸土地的

植被指数,而每一个区域都可能存在水体等低于此值的区域,需要通过密度分割去除。

(2) 对实测研究区域植被覆盖度最高像元和最低像元的定位,尤其是最高植被覆盖度区域的定位愈准确,转换后的植被覆盖度的精度愈高。

(3) 由于阴影和实测中心点与 MODIS 像元中心点偏移造成的误差比较大,因此垂直拍照时间最好选在中午太阳直射时段。虽然野外地表条件比较复杂,为了降低误差,测区的中心点应尽可能接近 MODIS 影像像元的中心点。

(4) 基于 MODIS 像元尺度的现场快速简单测算高大乔木等植被的覆盖度需要深入研究。

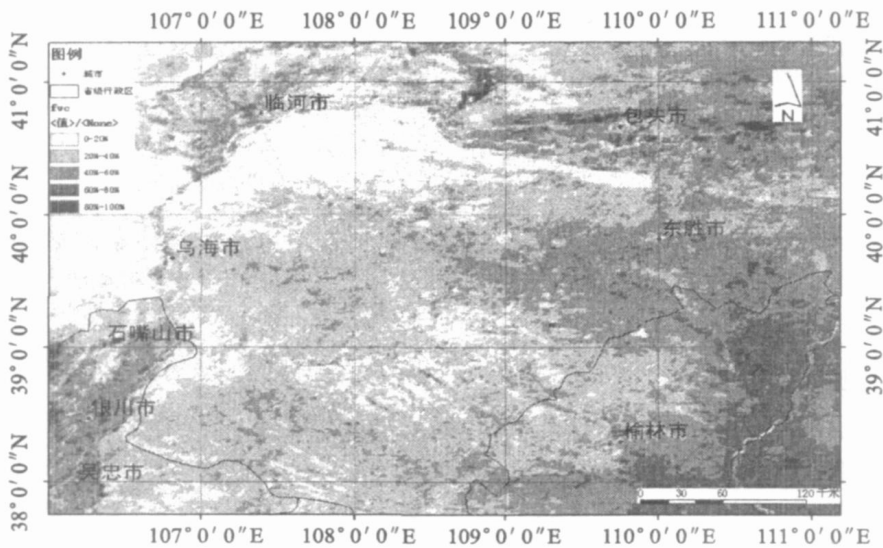


图 4 植被覆盖度分级

Fig.4 Gradation of the vegetation coverage

参考文献:

[1] 唐世浩,朱启疆,周宇字,等.一种简单的估算植被覆盖度和恢复北京信息的方法[J].中国图像图形学报,2003,8(11):1304—1309.

[2] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等.密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J].资源科学,2004,26(4):0157—0164.

[3] 牛宝茹,刘俊蓉,王政伟.干旱区植被覆盖度提取模型的建立[J].地球信息科学,2005,3(7):85—97.

[4] 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):1201—1222.

[5] Dymond J R, Stephens P R, Newsome P F, et al. Percent vegetation cover of a degrading rangeland from SPOT[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13(11):1999—2007.

[6] Wittich K P, Hansing o. Area-averaged vegetative cover fraction estimated from satellite data[J]. International Journal of Biome-tereology, 1995, 38(3):209—215.

[7] Quamby N A, Townshend J R G, Settle J, et al. Linear mixture modeling applied to AHVRR data for crop area estimation[J]. In-ternational Journal of Remote Sensing, 1992, 13(3):415—425.

[8] 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—422.

[9] Leprieur C, Verstraete M M, Pinty B. Evaluation of the perfor-mance of various vegetation indices to retrieve vegetation cover from AVHRR data[J]. Remote Sensing Review, 1994, (10):265—284.

[10] Bradlev C Rundquist. The influence of canopy green vegetation fraction on spectral measurements over native tall grass prairie [J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 81(1):129—135.

[11] 刘爱霞.中国及中亚地区荒漠化遥感监测研究[D].北京:中国科学院研究生院(遥感应用研究所),2004.103—105.

[12] Zribi M, Le H, Garat-masclé S, Taconet O, et al. Derivation of wild vegetation cover density in semi-arid regions; ERS2/SAR e-valuation[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24:1335—1352.

[13] Carlson T N, Ripley D A. On the relation between NDVI, frac-tional vegetation cover, and leaf area index[J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 62(3):241—252.

[14] Kaufman Y, Tanre D. Atmospherically resistant vegetation in- dex (ARVI) for EOS—MODIS[J]. IEEE Transactions of Geo-science and Remote Sensing, 1992, 30:261—270.

Model establishment of vegetation coverage extraction in sandy desertification area based on MODIS image data

HUO Ai-di¹, KANG Xiang-wu², WANG Guo-liang^{3*}, WU Su-li³, WEI Jie-qiong³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710064, China;

2. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China;

3. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Because complex parameters of vegetation information, extracted from MODIS data, lack appropriate validation method and have low accuracy at present, a method was proposed using the maximum and the minimum vegetation coverage to determine the parameters of vegetation coverage inversion based on the MODIS data. According to the comparison between vegetation parameters extracted from MODIS data and the synchronous ground data in Mu Us sandy land, it was found that the model accuracy was pretty high, and the correlation between the extracted parameters and the ground data is significant and the correlation coefficient reached 0.93. The results shown the model introduced in this paper is suitable for vegetation coverage extraction and it could be used for vegetation dynamic monitoring in large-scale region by MODIS data.

Keywords: vegetation information inversion; NDVI; MODIS data

(上接第 211 页)

Sudies on growth characteristics of *Hemerocallis flaua* in east Gansu under mulching with different materials during winter and the weather effects

YANG Xiao-li^{1,4}, DUAN Jin-sheng², ZHAO Jian-hu³, ZHAO Zhen-chang², WANG Yan-ling²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key and Open Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of CMA,

Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, Lanzhou, Gansu 730020, China;

2. Qingyang Meteorological Bureau, Xifeng, Gansu 745000, China;

3. Zhenyuan meteorological Bureau, Zhenyuan, Gansu 744500, China;

4. Pingliang Meteorological Bureau, Pingliang, Gansu 744000, China)

Abstract: The general growth characteristics of *Hemerocallis flaua* in east in Gansu is analyzed. At the same time, analysis is also made of the growth specific characteristics of *Hemerocallis flaua* under the mulching with different materials (plastic film and crop stalk) and its soil temperature-raising and moisture-keeping effects. The result show that adopting the measures of mulching during the winter has has obvious effects of raising soil temperature and keeping soil moisture. Mulching with plastic film can increase effectively soil temperature and reduce invalid soil moisture consumption during the non-growing season and thus enhance the growth progress of the vegetable, but finally result in a low yield and high cost. While muching with crop stalk can repress soil temperature rising too quickly in spring and reduce the soil moisture evaporation, prolonging the harvest period of yellow flower, so the yield is high and the cost is low. So to extend the techique of crop stalk mulching can achieve high economic return with low cost.

Keywords: *Hemerocallis flaua*; mulching during winter; plastic film mulching; crop stalk mulching