

文章编号: 1000-2022(2002) 02-0242-05

全天空数字相机观测云量的初步研究

霍娟¹, 吕达仁²

(1. 南京气象学院 电子工程系, 江苏 南京 210044; 2. 中国科学院 大气物理研究所 LAGEO, 北京 100029)

摘要: 采用带有鱼镜头的数字相机拍摄全天空图像, 对图像进行处理并分析, 实现根据图像获取云量的目的。介绍了工作的基本原理和方法并给出初步实验结果。结果表明, 用目前分析图像所获取的算法计算云量(与观测员记录相比), 平均误差在 15% 以内, 结果的准确度受地面能见度影响较大, 对能见度达 15 km 以上的图像分析效果最好。

关键词: 全天空数字相机; 数字图像处理; 云量; 气象观测; 云遥感

中图分类号: P412.15 **文献标识码:** A

由于云在大气科学中的重要地位以及与人类的社会活动密切相关, 因而对云的探测极为重要。近年来, 已有一系列强有力的业务和研究探测手段对云的各种要素进行探测^[1]。例如, 飞机穿云对云中微物理要素的测量, 各种波长的气象雷达对云中粒子及其运动的遥感, 气象卫星作全球(云顶)观测, 以及地面对云的目测与其他仪器探测(如激光雷达)等^[2]。但是, 地面对云的定量测量, 特别是非降水云特征的观测仍是弱项, 对云量、云状的观测, 还是以人工观测为主。在气象日常工作中, 目测是唯一估计云量的方法^[3]。目前, 地面测云只是天气现象之一的简单目测和描述, 与其他大气要素自动化定量测量形成较大的反差, 成为大气探测中的一个薄弱环节。

根据发展自动化云观测的目标, 开展了基金委科学仪器专项“多波长全天空成像辐射仪”的研究。有关基本原理与技术见文献[4]。作为工作的起步, 采用装有鱼镜头的数字相机, 对准天顶拍摄获取全天空数字图像, 利用目前的数字图像处理软件^[5]来处理和分析图像, 获取有效信息, 并结合计算机编程技术, 实现云量信息的半自动获取。文章同时给出了利用此方法计算云量与观测员观测的比较结果, 并对此作了初步的分析与探讨。

1 原理、方法与工作步骤

云量的计算依赖于对整个大气云和晴空分布状况的了解。为相机安装鱼镜头, 可获取实现等角投影的全天空图像。鱼镜头是一种特殊的镜头, 它对从 1 m 到无穷远处的物体都能成清晰的像。其焦距一般小于 15 mm、视场可达 180°; 有时甚至可达 220°。全天空相机在对天

收稿日期: 2001-09-12; 改回日期: 2001-12-19

基金项目: 国家自然科学基金委科学仪器专项基金 40027002; 基金重大项目 49790020

第一作者简介: 霍娟(1977-), 女, 江苏南京人, 硕士生, 研究方向: 大气探测。

顶拍摄时, 全天空半球成像于像平面上为一圆。圆内任一点的半径值和方位角值, 对应于天空中相应的天顶角和方位角。经调查后, 采用配有鱼镜头的日本 Nikon COOLPIX 990 数码相机拍摄天空, 所配备的鱼镜头, 其视角为 183° ; 拍摄光圈控制为 F7.0, 所用焦距固定为 7.7 mm。此相机有四种分辨率, 为最好地分析图像, 拍摄时使用最高分辨率 (2048×1536 像素)。图 1 分别为晴天、云天、阴天及浓霾天气所拍摄的全天空图像。

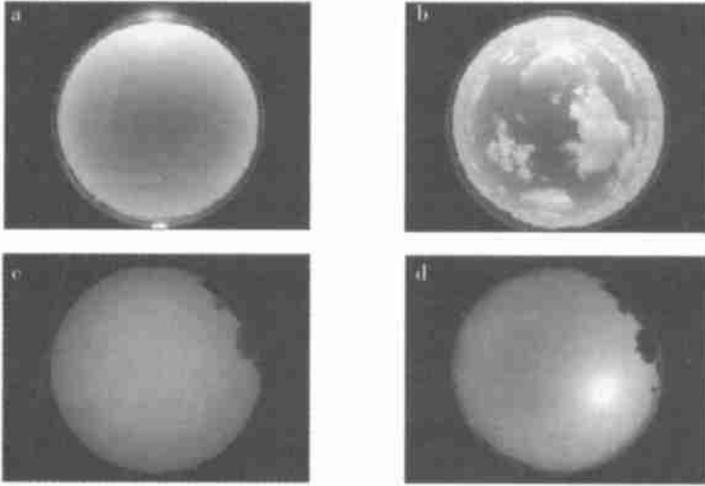


图 1 晴天(a); 云天(b); 阴天(c)和浓霾天气(d)的全天空图像

Fig. 1 Images of clear sky(a); cloudy sky(b); overcast sky(c); hazy sky(d)

依据图像计算云量, 首要的是区别云与蓝天。鉴于此, 首先要确定选择区分云和蓝天的参数, 随后利用理论或经验确定其阈值, 步骤如下:

(1) 由 Yong T 1802 年提出的三原色原理^[6-7]: 自然界的可见颜色可以用三种原色(基色)按一定的比例混合得到; 反之, 任意一种颜色都可以分解为三种原色。这三种原色即红(R)、绿(G)、蓝(B)三色。首先利用现有的图像处理软件对典型图像的各像素做 RGB 值分析, 初步分析“云点”与“非云点”所呈现出的 RGB 分布, 并作出相应的灰度分布图, 从而对云与蓝天点的 RGB 值有大致的了解。图 2 为对图 1a 与图 1c 做的直方图, 利用该图可大致了解“云点”与“非云点”间的区别。但仅凭此寻找阈值, 比较困难也不够全面和科学。

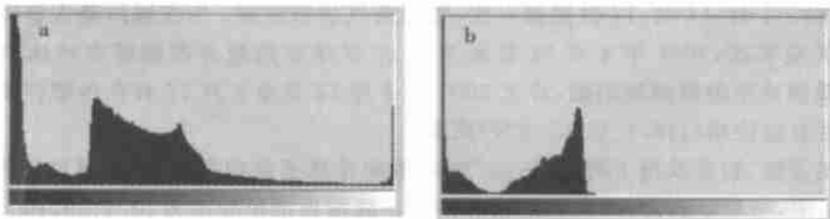


图 2 晴天图像(a)和阴天图像(b)的灰度值分布图

Fig. 2 Distribution of gray scale's values in clear sky(a) and overcast sky(b)

(2) 为更好地确定区分云与蓝天的阈值, 并为了方便获取图像的其他特征信息应用于研

究。考虑将图像的空间分布特性包括进来,将像素 RGB 值与空间位置相联系,从另外的角度对图像做计算和处理。例如,在图像上画出等灰度值分布或是等蓝色值分布等。对所获取的属性图之间相互比较,同时可与源图像做比较,结合空间分布信息,分析“云点”与“非云点”的 RGB 分布显得相对明了些,为较好地获取阈值提供了方便。

图 3 是晴天像(图 1a)的蓝色通道的另外表示(伪彩色表示);右图表示了伪彩色赋值的量化标准,将灰度值 0~255 分为 13 个间距。由此图可见,晴空的蓝色成分分布较有规律。对其他天气类型的图像也进行了处理、分析并做了统计,云天情况下则分布较紊乱。

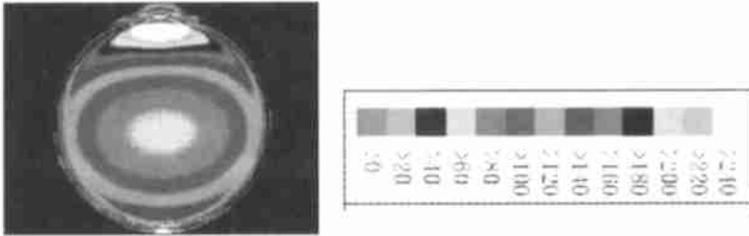


图 3 晴天的另外表示

Fig. 3 Another expression of clear sky

(3)一般说来,地面气溶胶层、雾等不很严重时,人眼所见的晴空总应呈蓝色,同样相机成像也应如此。由此,考虑从蓝色值与亮度值的比值上分析图像获取判断云点、区分蓝天和云的阈值。结果发现,二者间的差别比用其他方法区别云与非云更明显。本研究中判断云量所用的阈值大部分由此方法获取。

(4)天空成像与其他成像不同,它特有的一些物理特性可帮助我们实现云量的判断。假想天空的大气为理想大气,在无云的晴天模式下,图像中各像素的 RGB 分布应是对称的,对称轴为太阳中心和图像中心,即天顶的连线,图 3 也证明了这一判断。鉴于此,可以从对称性上来分析图像,对任意像素判断是云否,一方面可从自身的特性来判断,另外还可从其对称位置的像素的特性来判断。

2 初步分析

对天空观测,为获取足够多的天空实况图像,使其覆盖不同的天气状况,自 2001 年 2 月 14 日起在中国科学院大气物理所实验楼顶(116.7 E, 40 N)开始了系统的资料积累。一般每天北京时间 08 时、11 时、14 时、17 时拍摄一次,特殊天气加密观测。为获取内蒙古春季沙尘天气和夏季时的天空实况,2001 年 4 月 24 日至 5 月 10 日还在内蒙古浑善塔克沙地中东部(116 E, 42.7 N)桑根达来的观测地拍摄,并于 2001 年 8 月 18 日至 8 月 27 日在内蒙古锡林郭勒盟中科院草原生态定位站(116.7 E, 43.6 N)拍摄。

采用上述方法,初步获得了判断“云点”的阈值和计算云量的算法,用此算法计算上面图 1 中 a、b、c、d 四图,结果分别为:0.0、4.2、10.0、9.9。观测员记录分别为:0、4、10、10。

为了考察本算法的性能,对近 350 幅图像做了相同的计算,同时与观测员的记录做了对比。结果为,(1)能见度 15 km 时,云量计算结果误差平均小于 10%。(2)3 km < 能见度 < 15 km 时,云量记录 6~10,计算结果误差平均小于 10%;云量记录 3~6,计算结果误差平均小于 15%;云量记录 1~3,计算结果误差平均小于 20%。(3)能见度 < 3 km 时,所拍摄到的图

像效果很差, 未做深入研究, 因为此时肉眼判断天空中云的能力极弱。

误差来源主要体现为:

(1) 当大气中有霾、扬尘、沙尘或雾等存在时, 无云的天空受其影响, 所成像的像素 RGB 值间的差距缩小, 因算法中是以 B(蓝色)与亮度的比值来作为主要判断依据的, 比值的减小就有可能将其误判为是云类的点, 这使得对云量的计算值偏大;

(2) 太阳越接近天顶, 其散射辐射所占的相对比重减小, 图像上在太阳“周围”的点, 亮度变大, 各像素的 RGB 值间的差值缩小, 这也使得对云量的计算值偏大;

(3) 天空中卷云类的薄云, 成像时较难分辨, 在判据的选择上容易与蓝天的判断标准相抵触, 对此类云的计算会出现误差;

(4) 算法中采用对称性来判断云, 从理论上讲可行, 但它有一前提条件, 即太阳的中心点必须找准, 一旦中心点有了偏差, 对称轴出现问题, 必然导致云量计算上的误差;

(5) 观测员自身的主观因素无法避免在记录云量时出现偏差。曾做过这样的实验, 选 3 人分别通过看图像来估算云量, 结果 30% 以上的图像, 3 人的云量估算各不相同, 而与观测员的记录值相比, 有 50% 以上肉眼判断结果互不相同。目前在本研究中, 判断计算云量是否准确是以观测员的记录为依据的, 因而判断依据的好坏也会影响对算法准确性的评判。

3 结论与讨论

利用全天空数字相机代替人眼观测云量, 在绝大多数情况下效果很好。但是, 天空状况千变万化, 没有固定的模式。在分析图像时发现, 当云量较多、云间间隙小时, 太阳受云的遮挡, 图像亮度较低, “云点”与“非云点”的 RGB 值也相当接近, 因而判断依据的选择很困难。另外, 毛卷云, 尤其是成丝缕状, 较薄的云类, 相机目前的分辨率不足以很好地将其在图像上表现出来。再有, 特殊天气情况的出现, 如沙尘暴或浮尘, 图像的效果就较差, 以上所讨论的计算方法就不太适用。事实上, 这些也同样是观测员的判断难点。

总之, 要解决这些问题, 仅用某一固定的算法不适宜, 需要在以后的工作中不断地分析和研究, 采用自适应算法, 对不同的天气状况采用不同的算法。另一方面, 尝试运用不同的计算途径来获取云量, 如可以将图像处理技术中边缘提取的技术应用进来作云量的计算, 改善计算效果; 另外也可借助于硬件设施, 比如为改善找太阳“中心点”的问题, 可通过机械自动跟踪或遮挡太阳的方法降低判断“中心点”的难度。从物理原理上讲, 增加可见光以外的波段也是一个重要方向。

致谢: 陈英女士进行了全天空数字照相和初步处理的工作, 在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 王永生. 大气物理学[M]. 北京: 气象出版社, 1987.
- [2] 陈渭民, 夏浣清, 陈光宇. 卫星气象学[M]. 北京: 气象出版社, 1989.
- [3] 国家气象局气候监测应用管理司, 气象仪器和观测方法指南[M]. 北京: 气象出版社, 1995.
- [4] 吕达仁, 霍娟, 吕曜, 等. 地基全天空成像辐射计遥感的科学、技术问题和初步试验[A]// 董庆禧, 等. 中国遥感奋进创新二十年[C]. 北京: 气象出版社, 2000: 114-120.
- [5] 周长发. 精通 Visual C++ 图像编程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [6] Kenneth R Castleman. 数字图像处理[M]// 朱志刚, 等译. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [7] 夏良正. 数字图像处理[M]. 南京: 东南大学出版社, 2000.

Preliminary Study on Cloud-Cover Using an All-Sky Digital Camera

HUO Juan¹, L Da-ren²

(1. Department of Electronic Engineering, NIM, Nanjing 210044, China;

2. LAGEO, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract: By processing and analyzing the images taken by a digital camera with "fish-eye", we obtain the cloud-cover. The fundamental and method to obtain the cloud-cover are introduced, and the results are given. Compared with the observation, the results have an average error less than 15 %. The accuracy is mainly affected by the visibility and the best result will be obtained when the visibility is larger than 15 km.

Key words: all-sky digital camera; digital image processing; cloud-cover; meteorological observation; remote sensing of cloud