

ASI 雲照相機雲量分析

一、照片雲量估算方法

1. ASI 雲照相機的魚眼鏡頭，視野範圍廣達 180 度，可將全天空拍攝入鏡。且鏡頭拍攝成像時，照片距離中心與視角的關係，近乎呈線性(如下圖標示天頂角的位置)。因此很容易從照片中每個 pixel 的座標，回推該點的天頂角。



2. ASI 雲照相機裝設時進行水平校正後，照片位置中心可視為天頂，全天空影像形成一個內接圓，切齊照片邊緣，圓周的部分可視為地平線。
3. 照片中每個 Pixel 的座標 x, y 可以計算出實際上的天頂角：
$$\theta = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} / R$$
，其中， θ 為天頂角， R 為照片 1/2 邊長， x_0, y_0 為照片中心座標。
4. 照片中越靠近地平線的區域，實際位置與觀測地點距離越遠。若假定雲高 1 公里，則天頂角 60 度的 Pixel，實際距離觀測地有 1.7 公里。天頂角 80 度的 Pixel，則距離觀測地有 5.9 公里。因此實務上僅會用取天頂角一定範圍內的 Pixel 做估算雲量(經驗上取用天頂角 60 度以內)。
5. 每個 Pixel 使用其 RGB 色彩估算為晴空 $\text{Pixel}_{\text{sky}}$ 或有雲 $\text{Pixel}_{\text{cloud}}$ 。簡易的方式是使用 $R:B$ 與 $G:B$ 的比例值。當晴空時，天空偏向藍色，因此 $R:B$ 、 $G:B$ 兩個值會偏小。依照經驗，給定同時 $R:B > 0.8$ 及 $G:B > 0.8$ 視為有雲。
6. 天空總雲量可以估算為：

$$\Sigma \text{Pixel}_{\text{cloud}} / (\Sigma \text{Pixel}_{\text{sky}} + \Sigma \text{Pixel}_{\text{cloud}})$$

二、太陽光暈排除方法

1. 由於太陽的光暈會造成過度曝光，此區域照片會呈現白色，計算上會被判定為有雲。如果容許 1~2% 雲量誤差，為了降低計算複雜，可以忽略太陽光暈的影響。
2. 若考慮精確計算而排除太陽的光暈，需計算出太陽位於照片中的位置，並將附近一定區域不列入 Pixel 計算(此範圍可取太陽中心距離 5~10 度)。
3. 計算太陽的位置，需要知道該地點的經緯度、時間及照片中的正北方向。ASI 雲照相機的照片資料，同時儲存了 Exif(Exchangeable image file format)，其中包含了拍照當時的經緯度、時間資訊。而正北方向則可於裝設照相機時，進行正北對準，或由事後拍攝的晴朗天空照片，依照太陽位置反推算出正北的偏移角度。
4. 太陽天頂角與方位角取用以下公式計算：
太陽赤緯 δ ：

$$\delta = 23.45 \sin(2\pi \cdot (284+n) / 365)$$

n：日期序號，1/1 日時 n=1

太陽高度角 θ_s ：

$$\sin\theta_s = \cosh \cos\delta \cos\Phi + \sin\delta \sin\Phi$$

h：觀測地點在地方恆星時系統下的時角

Φ ：觀測地點緯度

太陽方位角 ϕ_s ：

$$\sin\phi_s = (-\sinh \cos\delta) / \cos\theta_s$$

$$\cos\phi_s = (\sin\delta - \sin\theta_s \sin\Phi) / \cos\theta_s \cos\Phi$$

三、完整照片處理流程

1. 從照片的 Exif 資訊取出經緯度、照片時間，並給定正北偏移的角度。
2. 計算出太陽的天頂角、方位角，進一步換算出太陽所在的 pixel 座標。
3. 依序計算照片中每個 Pixel 的天頂角。若該點在天頂角 60 度以內，並且距離太陽中心位置超過 5 度(或取用 10 度)，則取出 RGB 計算，判定該 Pixel 為晴空 $\text{Pixel}_{\text{sky}}$ 或有雲 $\text{Pixel}_{\text{cloud}}$ 。
4. 計算總雲量 $\Sigma\text{Pixel}_{\text{cloud}} / (\Sigma\text{Pixel}_{\text{sky}} + \Sigma\text{Pixel}_{\text{cloud}})$ 。

參考文獻：

EXIF <https://www.exif.org/>

完整 source code：https://github.com/Chen-Yi-Liang/as_ntu_find_clouds