

PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH ĐỘ CAO ĐỈNH MÂY TỪ ẢNH VỆ TINH

PGS.PTS. Trần Đình Bá

Trung tâm quốc gia dự báo KTTV

Độ cao đỉnh mây có tầm quan trọng lớn trong khí tượng hàng không và khí tượng dự báo. Việc xác định độ cao đỉnh mây theo phương pháp truyền thống hết sức khó khăn. Vì phương pháp truyền thống, như các trạm cao không, chỉ có thể quan trắc tại một điểm nhất định nào đó; còn quan trắc máy bay, cũng chỉ cho phép quan trắc theo một đường bay nhất định. Vệ tinh khí tượng có khả năng đo đạc đỉnh mây trên một vùng rộng lớn.

Thực chất vấn đề xác định độ cao đỉnh mây theo ảnh vệ tinh là vấn đề đo bức xạ nhiệt hồng ngoại của mây.

Bức xạ kế đặt trên vệ tinh cảm ứng bức xạ hồng ngoại phát ra từ mặt đất, mặt nước và mây. Bức xạ hồng ngoại không phụ thuộc nhiều vào sự có mặt của mặt trời. Ảnh hồng ngoại cho phép quan sát hệ thống mây liên tục cả trong ban ngày lẫn ban đêm. Độ chói ảnh hồng ngoại biểu hiện nhiệt bức xạ từ mặt đất và mây trong bước sóng phổ IR từ 10,5 đến 12,5 μm . Trong bước sóng đó bức xạ tỏa ra từ mặt đất, mặt biển hoặc từ mây có thể đến được vệ tinh mà không chịu ảnh hưởng lớn của bầu khí quyển.

Cường độ bức xạ hồng ngoại phụ thuộc vào nhiệt độ của nguồn phát nhiệt là đối tượng khảo sát. Mọi vật thể trong không gian đều có nhiệt độ riêng của mình. Vật thể nóng có nguồn nhiệt lớn sẽ phát nhiệt với cường độ mạnh. Vật thể lạnh hơn, có nguồn nhiệt thấp sẽ phát nhiệt với cường độ yếu. Đỉnh mây thấp có nhiệt độ cao hơn đỉnh mây cao. Do đó có thể phân biệt được độ cao đỉnh mây ở trên ảnh hồng ngoại.

Có ba nguồn bức xạ có thể đạt đến bức xạ kế đặt trên vệ tinh: bức xạ đỉnh mây, bức xạ của lớp khí quyển cao hơn mây và bức xạ của bề mặt đã yếu đi khi thẩm thấu qua mây. Nhưng nguồn quan trọng nhất vẫn là nhiệt độ đỉnh mây. Còn hai nguồn sau rất nhỏ.

Mối quan hệ giữa nhiệt đỉnh mây và nhiệt vật thể đen được biểu diễn theo công thức:

$$N(T_{bb}) = eN(T_c) + (1-e)N(T_s - t + dt) \quad (1)$$

ở đây $N(T_{bb})$ - Bức xạ của mây đạt đến vệ tinh,

$N(T_c)$ - Bức xạ của mây,

$N(T_s - t + dt)$ - Bức xạ từ bề mặt (dưới lớp mây)

T_{bb} - Nhiệt độ của mây mà bộ cảm ứng của vệ tinh nhận được,

T_c - Nhiệt độ vật thể đen của mây,

T_s - Nhiệt độ vật thể đen của bề mặt (dưới lớp mây),

t - Giá trị hiệu chỉnh ảnh hưởng của toàn bộ khí quyển

(từ bề mặt quả đất đến đỉnh bầu khí quyển),

dt - giá trị hiệu chỉnh ảnh hưởng lớp khí quyển ở trên lớp mây,

e - Độ phát xạ của mây (xác định bằng thực nghiệm).

Độ phát xạ của mây (e) trước hết là hàm của tính mờ đục của mây. Mây đối lưu có khuynh hướng phát xạ như các vật thể đen (e=1). Nhưng nói chung có nhiều dạng, nhiều loại nên tính phát xạ thay đổi từ 0,1 đến 1.

Độ dày của mây bão, mây của các hệ thống đối lưu trong vùng nhiệt đới rất lớn, do đó có thể chấp nhận rằng độ phát xạ của mây bão là e=1. Vì độ mờ đục của mây lúc này cực lớn, ngăn chặn hoàn toàn ảnh hưởng của nguồn bức xạ từ mặt đệm. Lúc đó phương trình (1) có dạng:

$$N(T_{bb}) = N(T_c) \quad (2)$$

$$\text{và } T_{bb} = T_c$$

nghĩa là nhiệt độ vật thể đen của mây bằng nhiệt độ đỉnh mây mà vệ tinh cảm ứng được.

Quá trình xác định độ cao đỉnh mây được tiến hành qua ba bước:

1. Xác định mực xám của ảnh mây

Sử dụng máy vi tính xác định mực xám trên ảnh hồng ngoại. Trên các ảnh mây vệ tinh có độ phân giải thấp có thể phân biệt được 64 mực xám (từ mực 0 đến mực 63). Mực 0 ứng với vùng nóng và mực 63 ứng với vùng lạnh. Nghĩa là mây càng cao đỉnh mây càng lạnh và càng có độ chói lớn.

2. Chuyển mực xám thành nhiệt độ

Trên cơ sở đo đạc và tính toán, người ta đã lập sẵn các bảng tương quan giữa mực xám của ảnh hồng ngoại và nhiệt độ (bảng 1).

Nếu xác định được mực xám trên ảnh IR sẽ dễ dàng suy ra nhiệt độ đỉnh mây.

Bảng 1. Tương quan giữa mực xám (G) với nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)

Mực xám (G)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Mực xám (G)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Mực xám (G)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)	Mực xám (G)	Nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$)
0	28,4	16	1,4	32	-26,6	48	-54,5
1	27,6	17	-0,4	33	-28,4	49	-56,3
2	25,8	18	-2,1	34	-30,1	50	-58,0
3	24,1	19	-3,9	35	-31,8	51	-59,8
4	22,3	20	-5,6	36	-33,6	52	-61,5
5	20,6	21	-7,4	37	-35,3	53	-63,3
6	18,8	22	-9,1	38	-37,1	54	-65,0
7	17,1	23	-10,9	39	-38,8	55	-66,8
8	15,3	24	-12,6	40	-40,6	56	-68,5
9	13,6	25	-14,3	41	-42,3	57	-70,2
10	11,8	26	-16,1	42	-44,1	58	-72,0
11	10,1	27	-17,9	43	-45,8	59	-73,7
12	8,4	28	-19,6	44	-47,5	60	-75,5
13	6,6	29	-21,4	45	-49,3	61	-77,2
14	4,9	30	-23,1	46	-51,0	62	-79,2
15	3,1	31	-24,8	47	-52,8	63	-79,9

3. Từ nhiệt đỉnh mây suy ra độ cao

Như trong [1] đã đề cập đến, tương quan giữa nhiệt độ và độ cao là tương quan thống kê khí hậu phù hợp với điều kiện từng vùng và từng tháng trong năm. Việc chuyển nhiệt độ đỉnh mây thành độ cao đỉnh mây được xác định thông qua profin nhiệt chuẩn. Profin nhiệt chuẩn là kết quả phân tích khối khí địa phương. Nhiệt độ đỉnh mây được so sánh với profin nhiệt chuẩn gần nhất.

Theo qui định [1], mạng lưới của profin nhiệt chuẩn là 5x5 độ kinh vĩ. Trên lãnh thổ Việt Nam, tác giả chọn ba trạm Láng (Hà Nội), Vinh (Nghệ An) và Tân Sơn Nhất (TP Hồ Chí Minh) làm điểm lưới profin nhiệt chuẩn khi sử dụng ảnh GMS xác định độ cao mây.

Muốn có cơ sở đánh giá đúng độ cao đỉnh mây trong tác nghiệp, tác giả tiến hành so sánh độ cao của một số mực khí quyển (bảng 2) có cùng nhiệt độ và độ dày những lớp khí quyển cách nhau 10⁰C (bảng 3) tại ba điểm nút khảo sát. So sánh độ cao trên các mực khí quyển có cùng nhiệt độ ở Vinh- Láng và Tân Sơn Nhất- Láng có thể rút ra một số kết luận:

Bảng 2. Chênh lệch độ cao (m) trên các mực có cùng nhiệt độ tại Vinh và Tân Sơn Nhất so với Láng

Tháng	VINH - LÁNG							TÂN SƠN NHẤT - LÁNG						
	10 ⁰	0 ⁰	-10 ⁰	-20 ⁰	-30 ⁰	-40 ⁰	-45 ⁰	10 ⁰	0 ⁰	-10 ⁰	-20 ⁰	-30 ⁰	-40 ⁰	-45 ⁰
I	287	173	235	164	114	128	60	1709	391	302	210	-41	-218	-303
IV	-3	26	48	28	-12	40	30	192	432	291	218	98	-58	-3
VII	-76	-136	-155	55	11	27	28	-220	-282	-161	-254	-416	-518	-560
X	-30	17	3	23	67	94	91	-176	41	32	-2	-82	-197	-256

Bảng 3. Độ dày các lớp khí quyển tại các trạm khảo sát, mét.

Trạm	Lớp khí quyển	Tháng I	Tháng IV	Tháng VII	Tháng X
Láng	10 ⁰ C _ 0 ⁰ C	3129	1519	1742	1954
	0 ⁰ C _ -10 ⁰ C	1676	1837	1782	1728
	-10 ⁰ C _ -20 ⁰ C	1561	1489	1355	1502
	-20 ⁰ C _ 30 ⁰ C	1393	1368	1305	1326
	-30 ⁰ C _ 40 ⁰ C	1444	1403	1438	1336
Vinh	10 ⁰ C _ 0 ⁰ C	3015	1548	1739	1954
	0 ⁰ C _ -10 ⁰ C	1738	1759	1706	1764
	-10 ⁰ C _ 20 ⁰ C	1326	1441	1565	1499
	-20 _ 30 ⁰ C	1507	1356	1361	1365
	-30 ⁰ C _ 40 ⁰ C	1458	1455	1354	1363
TP Hồ Chí Minh	10 ⁰ C _ 0 ⁰ C	1811	1759	1815	1819
	0 ⁰ C _ -10 ⁰ C	1587	1596	1768	1719
	-10 ⁰ C _ -20 ⁰ C	1469	1416	1262	1468
	-20 ⁰ C _ 30 ⁰ C	1142	1248	1143	1246
	-30 ⁰ C _ 40 ⁰ C	1214	1307	1273	1203

- Trong tháng I, một tháng giữa mùa đông, độ cao các mặt đẳng nhiệt trong tầng khí quyển được khảo sát ở Vinh luôn luôn cao hơn ở Láng. Trong khi đó ở Tân Sơn Nhất, độ cao các mặt đẳng nhiệt đó chỉ cao hơn ở Láng trong các lớp tầng thấp từ 10°C đến -20°C và trên các mực có nhiệt độ thấp hơn -20°C thì độ cao ở Tân Sơn Nhất lại thấp hơn ở Láng (bảng 2).

- Tháng VII, một tháng giữa mùa hè, độ cao các mặt đẳng nhiệt trong suốt tầng khí quyển khảo sát ở Tân Sơn Nhất đều thấp hơn ở Láng. Trong khi đó độ cao các mặt đẳng nhiệt tương ứng ở Vinh chỉ thấp hơn ở Láng trong lớp từ 10°C đến -10°C. Trên lớp đó độ cao ở Vinh cao hơn ở Láng.

- Trong các tháng chuyển tiếp (tháng IV và tháng X) diễn biến độ cao theo nhiệt độ khá phức tạp.

So sánh độ dày của các lớp khí quyển cách nhau 10°C có thể suy ra mức độ thay đổi độ cao trên các vùng trong năm. Thí dụ tại Láng, trong lớp khí quyển 10°C-0°C, tháng I độ cao tăng lên 312m/1°C, nhưng trong tháng VII độ cao chỉ tăng lên 174m/1°C. Trong lớp từ -30°C đến -40°C nhìn chung trong các tháng độ cao chỉ tăng lên 130-145m/1°C.

Ở Vinh, sự tương quan giữa độ cao và nhiệt độ gần giống như ở Láng. Ở Tân Sơn Nhất, mức độ tăng giảm độ cao của các tháng trong năm không có sự chênh lệch lớn. Trong lớp 10°C-0°C chỉ dao động xung quanh 170-180m/1°C. Trong lớp -30 đến -40°C chỉ dao động xung quanh 120 đến 130m/1°C.

Điều đáng chú ý là chênh lệch độ cao giữa Vinh-Láng trong các tháng có bão hoạt động và đối lưu phát triển mạnh chỉ xảy ra ở các lớp tầng thấp. Đối với các mực có nhiệt độ thấp hơn -10°C, chênh lệch độ cao giữa Vinh và Láng không lớn.

Trong năm, chênh lệch độ cao giữa Tân Sơn Nhất và Láng-Vinh-rất lớn suốt bề dày tầng khí quyển. Như vậy, đối với lãnh thổ Việt Nam từ bắc vĩ tuyến 15°N trở ra có thể sử dụng profin nhiệt của trạm Láng hoặc trạm Vinh. Nhưng đối với vùng thấp hơn 15°N phải dùng profin nhiệt của trạm Tân Sơn Nhất. Có như vậy mới làm giảm những sai số do đặc trưng bầu khí quyển địa phương gây ra.

Trên cơ sở đã phân tích, tác giả lập bảng chuyển đổi nhiệt độ thành độ cao (bảng 4) để xác định độ cao đỉnh mây bão và mây đối lưu trên lãnh thổ Việt Nam.

Bảng 4a. Bảng chuyển đổi nhiệt độ thành độ cao đỉnh mây
(dùng cho vùng lãnh thổ bắc vĩ tuyến 15°N)

T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)
27	81	0	4958	-27	8967	-54	12592
26	387	-1	5137	-28	9092	-55	12724
25	656	-2	5319	-29	9242	-56	12855
24	867	-3	5503	-30	9400	-57	12987
23	1060	-4	5687	-31	9557	-58	13118
22	1239	-5	5870	-32	9715	-59	13250
21	1403	-6	6054	-33	9872	-60	13382
20	1564	-7	6237	-34	10030	-61	13513

19	1720	-8	6414	-35	10187	-62	13647
18	1871	-9	6577	-36	10345	-63	13806
17	2037	-10	6740	-37	10477	-64	13964
16	2221	-11	6904	-38	10597	-65	14122
15	2390	-12	7067	-39	10718	-66	14281
14	2551	-13	7222	-40	10838	-67	14439
13	2703	-14	7347	-41	10959	-68	14598
12	2860	-14	7472	-42	11079	-69	14756
11	3028	-16	7596	-43	11200	-70	14914
10	3216	-17	7721	-44	11320	-71	15073
9	3402	-18	7845	-45	11440	-72	15231
8	3583	-19	7970	-46	11561	-73	15389
7	3761	-20	8095	-47	11681	-74	15548
6	3943	-21	8219	-48	11803	-75	15706
5	4104	-22	8344	-49	11934	-76	15865
4	4272	-23	8469	-50	12066	-77	16023
3	4460	-24	8593	-51	12197		
2	4624	-25	8718	-52	12329		
1	4788	-26	8843	-53	12461		

Bảng 4b. Bảng chuyển đổi nhiệt độ thành độ cao đỉnh mây
(dùng cho vùng lãnh thổ nam vĩ tuyến 15°N)

T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)	T (°C)	H (m)
25	163	5	3920	-15	7240	-35	9610	-55	12132
24	396	4	4089	-16	7360	-36	9740	-56	12262
23	637	3	4246	-17	7480	-37	9869	-57	12393
22	841	2	4443	-18	7600	-38	9998	-58	12523
21	1022	1	4627	-19	7721	-39	10128	-59	12653
20	1223	0	4811	-20	7841	-40	10257	-60	12784
19	1419	-1	4995	-21	7961	-41	10387	-61	12914
18	1623	-2	5177	-22	8081	-42	10510	-62	13045
17	1776	-3	5363	-23	8195	-43	10633	-63	13175
16	1939	-4	5554	-24	8308	-44	10756	-64	13306
15	2119	-5	5740	-25	8421	-45	10880	-65	13436
14	2283	-6	5929	-26	8533	-46	11003	-66	13566
13	2443	-7	6110	-27	8646	-47	11126	-67	13809
12	2613	-8	6295	-28	8758	-48	11249	-68	14052
11	2783	-9	6446	-29	8871	-49	11372	-69	14295
10	2996	-10	6579	-30	8984	-50	11495	-70	14538
9	3196	-11	6712	-31	9096	-51	11618	-71	14781
8	3386	-12	6845	-32	9222	-52	11742	-72	15024
7	3570	-13	6978	-33	9351	-53	11872	-73	15267
6	3748	-14	7111	-34	9481	-54	12002	-74	15510
								-75	15753
								-76	15996

Tài liệu tham khảo

1. An overview on the utilization of the Japanese Geostationary Satellite. Japan Meteorological Satellite Center. Feb. 1982