

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG DỮ LIỆU VIỄN THÁM ĐỂ TÍNH TOÁN MỘT SỐ THÔNG SỐ KHÍ QUYỂN NHẪM HIỆU CHỈNH ÁP SUẤT KHÍ QUYỂN TÍNH TỪ DEM

TS. NGUYỄN XUÂN LÂM, TS. LÊ QUỐC HƯNG, KS. ĐẶNG TRƯỜNG GIANG

Cục Viễn thám Quốc gia

## Tóm tắt:

Công thức khí áp đã chỉ rằng áp suất khí quyển có mối quan hệ chặt chẽ với độ cao, nhiệt độ không khí và thành phần của không khí. Phần lớn các phương pháp tính áp suất khí quyển hiện nay chủ yếu dựa trên sự thay đổi của khí áp theo độ cao thông qua mô hình số độ cao (DEM) do các yếu tố còn lại chưa có đủ dữ liệu. Với sự phát triển của công nghệ viễn thám, nhiệt độ không khí và một số thành phần của không khí có thể được xác định thông qua dữ liệu viễn thám với mật độ cao và đáp ứng được các yêu cầu tính toán. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng dữ liệu viễn thám để tính toán một số thông số khí quyển nhằm hiệu chỉnh áp suất khí quyển tính từ DEM. Quá trình tính toán gồm hai giai đoạn: một là áp dụng công thức khí áp tính toán áp suất khí quyển trong điều kiện chuẩn thông qua DEM; hai là hiệu chỉnh áp suất khí quyển trong điều kiện chuẩn sang điều kiện thực nghiệm thông qua dữ liệu viễn thám.

## 1. Giới thiệu

Các phương pháp tính áp suất không khí thông qua DEM thường dựa trên công thức khí áp theo các dạng tính áp suất không khí từ các trạm đo hoặc tính trực tiếp từ công thức tích phân khí áp.

1.1. Tính áp suất không khí từ các trạm đo

$$p_i = p_t e^{-\frac{mg}{kT_m}(z_i - z_t)} \quad (1)$$

Trong đó:  $p_t$ : là khí áp đo được tại trạm khí tượng  $t$ ;

$p_i$ : là khí áp tại điểm cần tính  $i$ ;

$z_t$ : là độ cao trạm;

$z_i$ : là độ cao tại điểm cần tính  $i$  được xác định từ DEM;

$T_m$ : là nhiệt độ trung bình của khối không khí giữa điểm  $i$  và trạm khí tượng  $t$ ;

$m$ : là phân tử khối (trong không khí);

$k$ : hằng số Botzman;

$g$ : gia tốc trọng trường.

Như vậy, từ  $n$  trạm đo  $t$  ta có  $n$  phương trình tính áp suất khí quyển tại  $i$ . Việc nội suy có thể được tính dựa trên khoảng cách ngắn nhất hoặc phương pháp vòng tròn giới hạn. Người ta cũng có thể xây dựng một hàm chung cho cả khu vực dựa vào các phương trình trên.

1.2. Tính áp suất trực tiếp từ công thức tích phân khí áp

$$p(z) = p_0 e^{-\frac{mg}{kT_0}z} \quad (2)$$

Trong đó:  $p(z)$ : là áp suất khí quyển tại độ cao  $z$  ( $z$  được xác định từ DEM);

$p_0$ : là áp suất khí quyển tại mực nước biển;

$T_0$ : là nhiệt độ tại mực nước biển;

$m$ : là phân tử khối (trong không khí);

$k$ : hằng số Botzman;

g: gia tốc trọng trường.

Công thức này tính trực tiếp nhiệt độ tuy nhiên chỉ theo chiều cao của khối khí. Như vậy cần xác định nhiệt độ  $T_0$ . Điều này thường được xác định gần đúng bằng việc dựa trên gradient nhiệt của khí quyển. Theo đó, cứ mỗi 100 mét nhiệt độ giảm  $0.6^\circ\text{C}$ .

### 1.3. Nhược điểm của các phương pháp tính áp suất trên

Nhược điểm của các phương pháp trên đều là những công thức trong điều kiện lý tưởng và nhiều thành phần không thể tính hoặc đo trực tiếp được.

Đối với phương pháp thứ nhất, việc tính nhiệt độ trung bình của khối khí  $T_m$  thì không xác định trực tiếp mà phải giả định bằng nhiệt độ trung bình giữa trạm và điểm tính hoặc tính nhiệt độ trung bình toàn khu vực. Điều này dẫn đến nhiệt độ  $T_m$  sẽ xác định không chính xác nhất là ở những khu vực có diễn biến nhiệt độ phức tạp. Ví dụ khu vực Tây Bắc Bộ Việt Nam, nhiệt độ chịu ảnh hưởng lớn của khối khí phía Tây, nên khi khối khí này hoạt động mạnh, nhiệt độ ở đây thường cao hơn nhiều so với khu vực Đông Bắc Bộ mặc dù có cùng độ cao. Như vậy, sai số  $T_m$  lớn sẽ ảnh hưởng lớn tới kết quả tính toán áp suất khí quyển.

Đối với phương pháp thứ hai, việc tính nhiệt độ  $T_0$  theo gradient nhiệt thường chỉ tính cho một khu vực cục bộ hoặc tại điểm tính, nếu sử dụng  $T_0$  tại một trạm để tính cho các điểm khác cũng sẽ dẫn đến sai số lớn.

Ngoài việc khó khăn trong tính nhiệt độ, cả hai công thức này cũng đều cần xác định phân tử khối. Rõ ràng, phân tử khối trong không khí là không đồng nhất tại các vị trí trên trái đất kể cả trong khu vực nhỏ. Các yếu tố có tác động đến phân tử khối như hơi nước, gió... luôn biến động nên ảnh hưởng lớn đến phân tử khối, đặc biệt là hơi nước,

bởi hơi nước trong không khí tăng sẽ đẩy phân tử khối không khí tăng lên và ngược lại.

Do đó, phương pháp xác định áp suất không khí từ DEM có hiệu chỉnh một số yếu tố khí tượng được đề xuất ở dưới đây nhằm đưa ra một phương pháp tính đơn giản nhưng cũng đạt độ chính cao.

## 2. Phương pháp xác định áp suất không khí từ DEM có hiệu chỉnh một số thông số khí quyển trong điều kiện thực

### 2.1. Tính áp suất không khí trong điều kiện chuẩn

Từ thực tế ta thấy rằng: nhiệt độ, độ ẩm và áp suất mực nước biển và độ cao đều ảnh hưởng tới giá trị áp suất tại một điểm. Tuy nhiên, trong bốn yếu tố này thì độ cao ảnh hưởng lớn nhất. Áp suất không khí thay đổi rất mạnh theo chiều thẳng đứng nhưng thay đổi rất nhỏ theo chiều nằm ngang (trong phạm vi cục bộ cùng điều kiện khí tượng).

Do vậy, giả định khu vực đo có nhiệt độ, áp suất nước biển ở điều kiện chuẩn, độ ẩm giả định bằng không. Như vậy, áp suất không khí chỉ còn phụ thuộc vào độ cao. Khi đó, công thức tích phân khí áp được viết lại như sau:

$$p^c(z) = P_0 e^{-\frac{Mg}{RT_0}z} \quad (3)$$

Trong đó:  $p^c(z)$  là áp suất khí quyển trong điều kiện chuẩn tại độ cao  $z$  ( $z$  được xác định từ DEM);

$P_0$ : là áp suất khí quyển tại mực nước biển trong điều kiện chuẩn;

$T_0$ : là nhiệt độ tại mực nước biển trong điều kiện chuẩn;

$M$ : là khối lượng 1 mol phân tử (trong không khí) trong điều kiện chuẩn;

$R$ : hằng số chất khí;

g: gia tốc trọng trường;

Điều kiện chuẩn sử dụng trong trường hợp này như trong bảng 1. (Xem bảng 1)

**2.2. Hiệu chỉnh áp suất không khí trong điều kiện chuẩn sang điều kiện thực nghiệm**

Sau khi tính được áp suất không khí trong điều kiện chuẩn, ta cần phải xem xét đến các yếu tố nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí tại độ cao z và áp suất tại mực nước biển. Sự thay đổi nhiệt độ theo chiều cao với gradien nhiệt độ cỡ 0.6°C trên 100m rõ ràng là có tác động không nhỏ tới hoạt động phân tử khí qua đó tác động tới áp suất không khí. Độ ẩm càng lớn thì lượng hơi nước trong không khí càng cao và trọng lượng của không khí sẽ tăng lên do đó mà áp suất không khí cũng tăng theo.

Hai yếu tố độ ẩm và nhiệt độ không khí sẽ được tính toán dựa trên dữ liệu viễn thám. Độ ẩm trong trường hợp này có thể thay bằng tổng cột hơi nước trong không khí. Tổng cột hơi nước trong không khí thường được biểu diễn bằng độ cao của lớp “nước lỏng”, tức là của một lớp nước mà ta sẽ thu được nếu như toàn bộ hơi nước

chứa trong khí quyển đều đọng lại thành nước

Để tính toán ảnh hưởng của nhiệt độ không khí và hơi nước trong không khí ta sử dụng hàm quan hệ tuyến tính sau:

$$p_i^h = p_i^c + a \cdot T_i^{air} + b \cdot W_i + c \quad (4)$$

Trong đó:  $p_i^h$ : là áp suất không khí đã hiệu chỉnh tại điểm i;

$p_i^c$ : là áp suất không khí tại điều kiện chuẩn tại điểm i;

$T_i^{air}$ : là nhiệt độ không khí tại i;

$W_i$ : là tổng cột hơi nước tại điểm i;

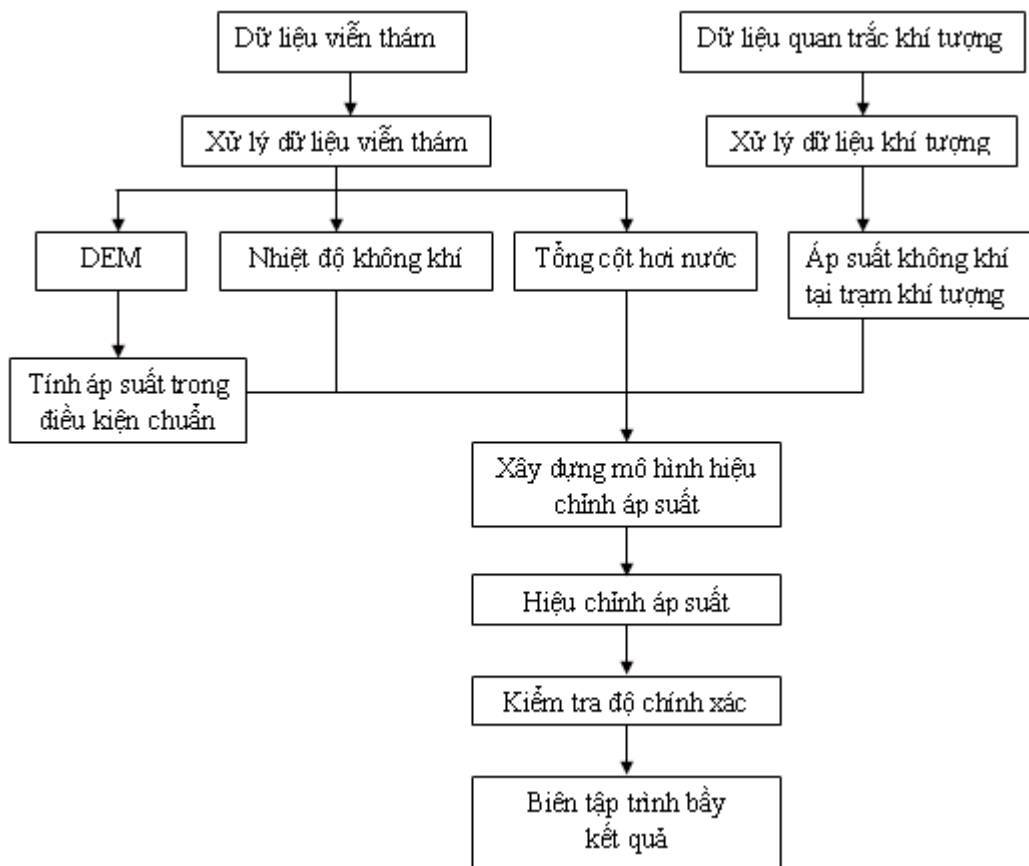
a, b, c là các hệ số của hàm quan hệ tuyến tính.

Với ít nhất 3 điểm trạm quan trắc, ta sẽ tìm được các hệ số hàm quan hệ tuyến tính và tính được áp suất cho tất cả các điểm.

**2.3. Sơ đồ quy trình ứng dụng công nghệ viễn thám tính áp suất khí quyển theo độ cao có hiệu chỉnh một số thông số khí quyển trong điều kiện thực. (Xem hình 1)**

**Bảng 1: Điều kiện chuẩn của không khí**

Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị	Ý nghĩa
$P_0$	1013.25	hPa	Áp suất khí quyển tại mực nước biển z=0
$T_0$	288.15	K	Nhiệt độ tại mực nước biển
M	0.0289644	kg/mol	Khối lượng 1 mol phân tử (trong không khí) trong điều kiện không khí khô
R	8.31447	J/(mol*K)	Hằng số chất khí
g	9.80665	m/s <sup>2</sup>	Gia tốc trọng trường
RH	0		Độ ẩm tương đối



Hình 1: Sơ đồ tính áp suất không khí theo mô hình số độ cao

### 3. Thực nghiệm

#### 3.1. Khu vực thực nghiệm

Khu vực thử nghiệm là khu vực miền Bắc - Việt Nam trải dài từ 102 độ kinh Đông tới 109 độ kinh Đông và từ 18 độ vĩ Bắc tới 23,5 độ vĩ Bắc. Khu vực bao trùm toàn bộ các tỉnh miền núi phía bắc có địa hình và khí hậu phức tạp nên thích hợp để thử nghiệm và đánh giá độ chính xác của mô hình.

#### 3.2. Dữ liệu

- Dữ liệu mô hình số độ cao là DEM ASTER độ phân giải 30 mét. DEM được ghép từ các mảnh rời có kích thước  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ . DEM được biên tập chỉnh sửa và hiệu chỉnh về hệ tọa độ VN2000 và kiểm tra độ chính xác thông qua việc so sánh với DEM từ bản

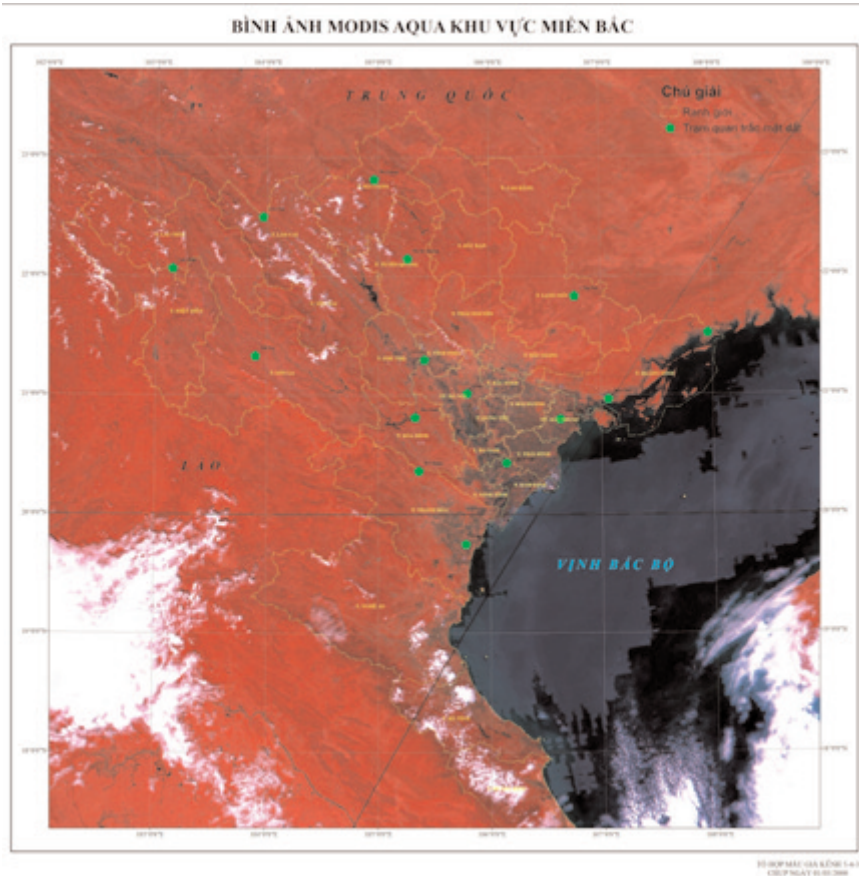
đồ địa hình để đáp ứng các công đoạn tiếp theo.

- Dữ liệu ảnh MODIS AQUA chụp vào thời điểm 13<sup>h</sup>30' ngày 1 tháng 3 năm 2008. (Xem hình 2)

- Dữ liệu khí tượng gồm dữ liệu áp suất từ 14 trạm khí tượng. Thời điểm tính là ngày 1 tháng 3 năm 2008 và có vị trí mô tả như trong hình 2. Các giá trị được đo vào lúc 1h, 7h, 13h và 19h. Như vậy, dữ liệu khí tượng quan trắc vào lúc 13h được sử dụng và chênh với dữ liệu viễn thám cỡ 30 phút là khoảng thời gian có thể chấp nhận được.

#### 3.3. Kết quả

Từ dữ liệu ảnh MODIS ta sẽ tính ra được nhiệt độ không khí như hình 3 và hàm lượng



Hình 2: Ảnh MODIS- Aqua chụp lúc 13h30 ngày 01/03/2008 và vị trí của các trạm khí tượng (các điểm xanh)

hơi nước trong không khí như hình 4.

Từ dữ liệu DEM để tính áp suất không khí trong điều kiện chuẩn, ta có kết quả như hình 5. (Xem hình 3, 4)

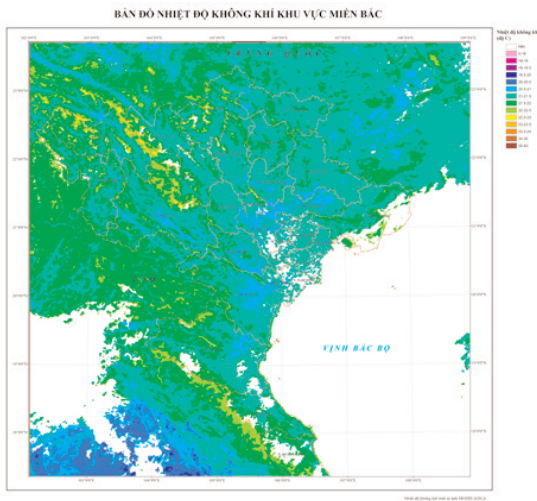
Sử dụng dữ liệu nhiệt độ và hàm lượng hơi nước trong không khí để hiệu chỉnh áp suất không khí trong điều kiện chuẩn ( $P_C$ ) để cho ra kết quả áp suất không khí trong điều kiện thực .

Sau khi tính toán, kết quả cho thấy sai số tuyệt đối lớn nhất so với trạm đo là 5.8 hPa, độ lệch chuẩn là 3.4 hPa như trong bảng 2. Sai số cho thấy kết quả tính là tương đối chính xác và đạt yêu cầu. (Xem bảng 2, hình 5, 6)

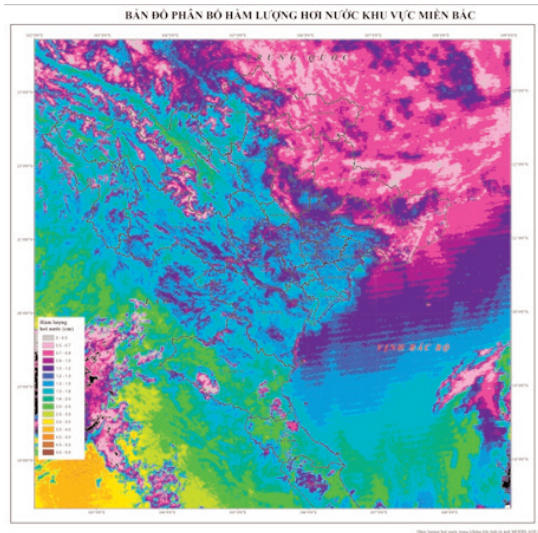
#### 4. Kết luận

Các yếu tố khí quyển như nhiệt độ, độ ẩm không khí được tính từ dữ liệu viễn thám hoàn toàn có thể đáp ứng được các yêu cầu của mô hình hiệu chỉnh áp suất không khí. Sử dụng các thông số này để hiệu chỉnh áp suất không khí được tính từ DEM trong điều kiện chuẩn có thể giúp nâng cao đáng kể độ chính xác của công tác tính áp suất không khí với độ phân giải không gian cao. Mô hình hiệu chỉnh khá đơn giản nhưng đem lại hiệu quả cao.

Mô hình hiệu chỉnh muốn đạt độ chính xác cao hơn cần phải có nhiều điểm quan trắc thực địa hơn với mật độ và phân bố hợp lý theo địa hình và tiểu vùng khí hậu



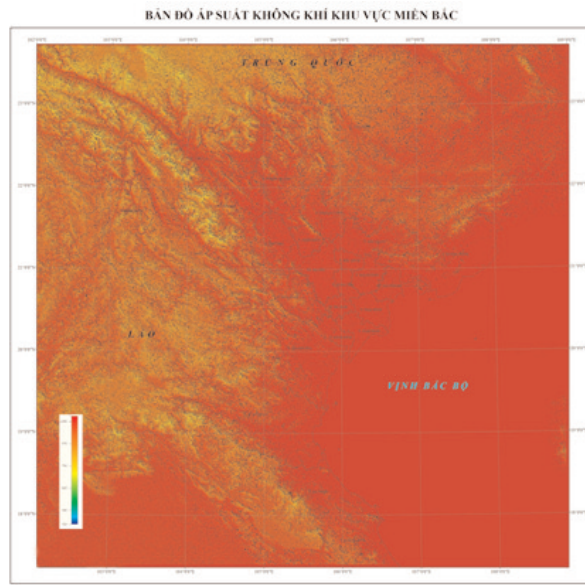
Hình 3: Bản đồ nhiệt độ bề mặt tính từ ảnh MODIS - Aqua chụp lúc 13<sup>h</sup>30' ngày 01/03/2008



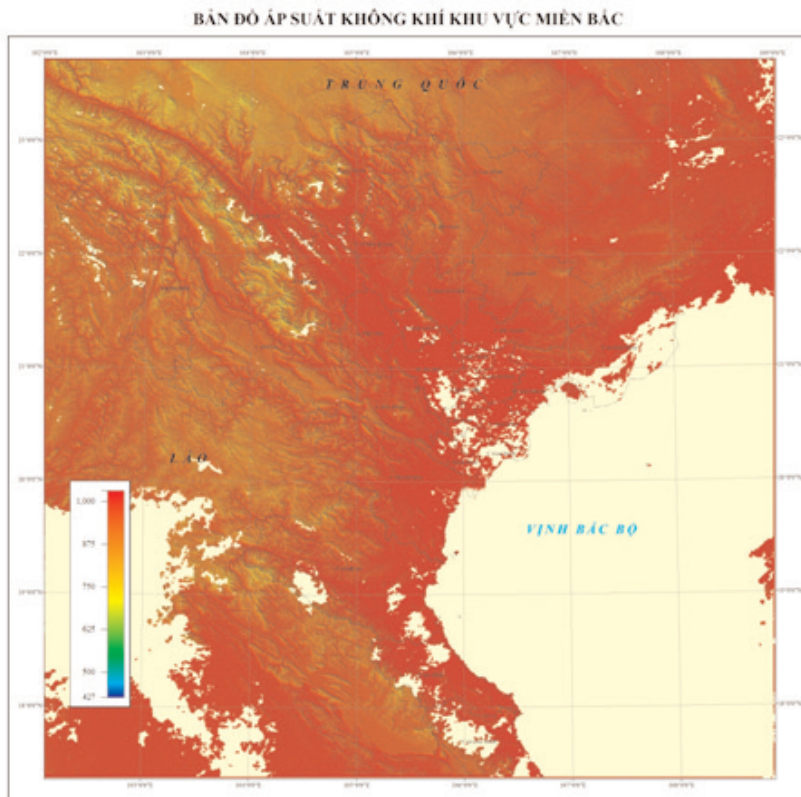
Hình 4: Bản đồ hàm lượng hơi nước trong không khí tính từ ảnh MODIS - Aqua chụp lúc 13<sup>h</sup>30' ngày 01/03/2008

Bảng 2: So sánh giá trị áp suất không khí thực đo và tính từ theo phương pháp hiệu chỉnh

Trạm đo	Bãi Cháy	Hà Giang	Hòa Bình	Hồi Xuân	Lào Cai	Láng	Lạng Sơn
P_T (hPa)	1013.5	1002.4	1014.6	1003.9	1005.7	1016.4	986.0
P_HC (hPa)	1017.4	996.6	1012.5	1005.2	1007.9	1016.0	986.4
Sai số (hPa)	-3.9	5.8	2.1	-1.3	-2.2	0.4	-0.4
Trạm đo	Lai Châu	Móng Cái	Nam Định	Phủ Liễn	Sơn La	Việt Trì	Thanh Hóa
P_T (hPa)	987.0	1017.3	1016.8	1004.2	939.0	1017.3	1016.6
P_HC (hPa)	992.2	1015.3	1016.1	1003.8	940.9	1013.9	1016.4
Sai số (hPa)	-5.2	2.0	0.7	0.4	-1.9	3.4	0.2



Hình 5: Bản đồ áp suất không khí tính theo DEM trong điều kiện chuẩn



Hình 6: Bản đồ áp suất không khí sau khi hiệu chỉnh khu vực miền Bắc ngày 01/03/2008

nhất là ở khu vực có điều kiện khí tượng phức tạp như miền Bắc Việt Nam. Bên cạnh đó, mô hình cũng cần được cải tiến với nhiều thông số hơn như gió, sol khí... đồng thời cũng cần nghiên cứu những dạng hàm hồi quy khác để có thể đáp ứng công tác hiệu chỉnh nhằm nâng cao hơn nữa độ chính xác của áp suất không khí.

Một điểm hạn chế của phương pháp này là sử dụng viễn thám quang học sẽ chịu ảnh hưởng khá lớn của thời tiết như mưa bão hay mây che phủ làm thiếu hụt thông tin hiệu chỉnh. Do đó, cần tính toán xây dựng phương pháp nội suy cho vùng bị thiếu hụt thông tin hiệu chỉnh.○

#### Tài liệu tham khảo

[1]. Cơ sở môi trường không khí - Phạm Ngọc Hồ, Đồng Kim Loan, Trịnh Thị Thanh, Nhà xuất bản giáo dục Việt Nam, 2010.

[2]. Khí hậu khí tượng đại cương - Trần Công Minh, Nhà xuất bản Đại học quốc gia Hà Nội, 2007.

[3]. Ứng dụng ảnh vệ tinh Terra- Aquar (MODIS) trong việc tính toán độ ẩm không

khí độ phân giải cao - Dương Văn Khảm, Chu Minh Thu - 2007.

[4]. A quick derivation relating altitude to air pressure, Portland State Aerospace Society, 2004.

[5]. An Introduction to Atmospheric Radiation - K.N.Liou -2010

[6]. Estimation of atmospheric column and near surface water vapor content using the radiance values of MODIS - M. Moradzadeh, M. Momeni, M.R. Saradjian - 2010

[7]. Estimate ambient air temperature at regional level using remote sensing techniques - Alberto Antonio Méndez Jocik, MSC, NRM, 2004.

[8]. Modis atmospheric profile retrieval algorithm theoretical basis document, 2006.

[9]. Simple air temperature estimation method from MODIS satellite images on a regional scale - Fabiola Flores P, Mario Lillo S, CHILEAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH 70(3):436-445 (JULY-SEPTEMBER 2010).○

#### Summary

#### Study on application of remote sensing data to calculate atmospheric parameters to calibrate atmospheric pressure which exacted from DEM

*Dr. Nguyen Xuan Lam, Dr. Le Quoc Hung, Eng. Dang Truong Giang*

*Vietnam National Remote Sensing Agency*

Barometric formula showed that atmospheric pressure has a relationship with altitude, air temperature and components. Calculating methods of atmospheric pressure is mainly based on air-pressure changes with altitude through digital elevation model (DEM) that remaining elements are not enough data. With remote sensing technology development, air temperature and components can be determined through remote sensing data with high density and corresponding to computational requirements. This focused to the results by applied remote sensing data to calculate air-parameters to calibrate gained air-pressure from DEM. Calculation process included two phases: first one is to apply air-pressure calculation formula in standard conditions through DEM; the other is corrected for atmospheric pressure in standard condition by using remote sensing data.○

**Ngày nhận bài: 26/7/2013.**