

PHƯƠNG PHÁP VIỄN THÁM NHIỆT TRONG NGHIÊN CỨU PHÂN BỐ NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT ĐÔ THỊ

TRẦN THỊ VÂN, HOÀNG THÁI LAN,
LÊ VĂN TRUNG

I. MỞ ĐẦU

Nhiệt độ mặt đất là một định lượng quan trọng trong các nghiên cứu về biến đổi khí hậu toàn cầu, ước tính quỹ bức xạ của các nghiên cứu cân bằng nhiệt và được xem như một đối chứng đối với các mô hình khí hậu. Nhiệt độ mặt đất bị ảnh hưởng mạnh mẽ bởi độ phát xạ bề mặt và hiệu ứng của khí quyển.

Viễn thám thụ động đo lường bức xạ phát ra từ bề mặt Trái Đất theo từng pixel phụ thuộc vào trường nhìn tức thời của bộ cảm biến (IFOV) đặt trên vệ tinh. Dải quang phổ điện từ 3-35 μm cho phép thu nhận bức xạ và ước tính nhiệt độ bề mặt, đặc biệt trong cửa sổ khí quyển từ 8-14 μm . Các bộ cảm biến thu nhận ảnh có chứa kênh hồng ngoại nhiệt như AVHRR (trên vệ tinh NOAA), MVIRI (Meteosat), AATSR (ENVISAT), MODIS (TERRA) có độ phân giải thấp từ 1 km trở lên, thích hợp cho các nghiên cứu toàn cầu. Trong nghiên cứu đô thị thường yêu cầu độ phân giải không gian cao hơn, trong đó có các ảnh vệ tinh thu nhận từ các bộ cảm biến như LANDSAT : TM có độ phân giải kênh nhiệt 120 m, EMT+ 60 m, ASTER độ phân giải không gian 90 m, TIMS độ phân giải 18 m, ATLAS độ phân giải 10 m. Ảnh TIMS và ATLAS được thu nhận từ các vệ tinh nhỏ chỉ phục vụ các nghiên cứu địa phương. Ảnh hồng ngoại nhiệt của LANDSAT và ASTER, mặc dù có độ phân giải thấp hơn nhưng lại có quỹ đạo bay chụp toàn cầu và tư liệu lưu trữ lâu dài, rất thích hợp cho nhiều nghiên cứu ứng dụng cấp đô thị.

Đo lường nhiệt độ bề mặt từ viễn thám bắt đầu vào những năm đầu 1960. Tuy nhiên, khái niệm đầy đủ cũng như sơ đồ thực hiện tính chỉ mới bắt đầu vào đầu những năm 1980 [5]. Việc ước tính nhiệt độ bề mặt khá phức tạp và hiện nay vẫn đang còn

được nghiên cứu để tìm kiếm mô hình tính toán đạt độ chính xác mong muốn. Nếu tách việc suy giảm bức xạ truyền dẫn do khí quyển, vấn đề phức tạp là còn do độ phát xạ bề mặt đất của vật thể thay đổi cao. Nhưng bề mặt đất khá phức tạp, phạm vi động của độ phát xạ rộng hơn và có thể thay đổi trên các khoảng cách ngắn. Hơn nữa, việc tính nhiệt độ bề mặt cũng khó khăn do nhiệt độ bề mặt trích xuất được đại diện cho toàn bộ pixel, trong khi nhiệt độ điểm đo có thể thay đổi trên các khoảng cách ngắn.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu tính tách biệt độ phát xạ và nhiệt độ bề mặt, lúc đó giả thiết độ phát xạ là hằng số (phương pháp chuẩn hóa độ phát xạ NEM và NOR) hoặc nhiệt độ là hằng số (phương pháp tỷ số phổ), biến không biết được tính và biến hằng số đã được giả thiết sẽ được tính lại tiếp sau đó. Hoặc yêu cầu biết trước thông tin bề mặt như phương pháp NDVI để tính độc lập độ phát xạ. Hoặc tính đồng thời cả hai trong cùng một mô hình (phương pháp tách nhiệt độ và độ phát xạ TES) [5]. Hầu hết các phương pháp này đều ứng dụng cho các bộ cảm biến nhiệt có từ 2 kênh trở lên. Các phương pháp ước tính nhiệt độ bề mặt có mục đích là bù cho các hiệu ứng khí quyển và hiệu ứng góc như phương pháp kênh đơn, kỹ thuật tách cửa sổ hoặc phương pháp đa kênh và phương pháp đa góc [5]. Các phương pháp này đều yêu cầu biết trước thông tin phát xạ bề mặt và tính toán đồng thời với hiệu ứng khí quyển. Điều này sẽ gặp khó khăn khi không có đầy đủ số đo về khí quyển song hành vào thời kỳ quan trắc của vệ tinh, nhất là đối với các ảnh lịch sử.

Ở Việt Nam, trong những năm gần đây đã có một số nghiên cứu ứng dụng viễn thám hồng ngoại nhiệt trong việc ước tính giá trị nhiệt độ cho khu vực đô thị, nhưng hầu hết đều chỉ dừng ở mức tính

toán nhiệt độ sáng trên vệ tinh mà chưa xem xét đến yếu tố độ phát xạ để chuyển về nhiệt độ bề mặt thực [4, 20, 21], hoặc tính đến nhiệt độ bề mặt nhưng sử dụng giá trị độ phát xạ là hằng số cho toàn bộ ảnh [17, 18], hoặc sử dụng số liệu độ phát xạ kết quả và các hệ số hiệu chỉnh có sẵn từ các tác giả nước ngoài [6, 13, 14]. Điều này dễ dẫn đến kết quả tính chưa chính xác so với thực tế. Hơn nữa, hầu hết các nghiên cứu này chưa xem xét đến kiểm chứng kết quả tính với số đo quan trắc thực tế.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu phương pháp xác định nhiệt độ bề mặt đối tượng ở cấp độ thị có tính đến độ phát xạ bề mặt thực trong hiệu chỉnh kết quả tính toán với quy trình tính toán đơn giản, có thể áp dụng cho ảnh vệ tinh bất kỳ, không phụ thuộc vào số lượng kênh nhiệt và tăng cường độ phân giải ảnh kết quả. Đồng thời kết quả nghiên cứu được kiểm chứng với số đo quan trắc nhiệt độ bề mặt thực tế để đánh giá độ chính xác. Nghiên cứu ứng dụng cho hai dòng ảnh vệ tinh là LANDSAT và ASTER.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bức xạ hồng ngoại nhiệt trong dải 8-14 μm được phát ra từ bề mặt tương quan với nhiệt độ động năng và độ phát xạ bề mặt. Tuy nhiên, có hai vấn đề chính cần phải giải quyết để đạt được nhiệt độ và độ phát xạ bề mặt từ dữ liệu hồng ngoại nhiệt. Thứ nhất, bức xạ đo được ở bộ cảm biến bị ảnh hưởng bởi khí quyển từ quá trình hấp thụ và phát xạ lại bởi các khí, chủ yếu là hơi nước trong vùng hồng ngoại của phổ điện từ. Vì vậy, để đạt được nhiệt độ bề mặt, cần phải hiệu chỉnh khí quyển qua việc sử dụng mô hình truyền bức xạ. Thứ hai, bản chất không xác định được của các số đo nhiệt độ và độ phát xạ. Nếu bức xạ nhiệt được đo trong N kênh, thì sẽ có N+1 tham số không biết gồm N lớp độ phát xạ (đối với N kênh) và 1 lớp nhiệt độ bề mặt. Ước tính độ phát xạ và nhiệt độ trong dữ liệu hồng ngoại nhiệt đa phổ cần các giả thiết bổ sung để giải biến không xác định [15, 19]. Các giả thiết thường liên quan đến các đo đạc độ phát xạ trong phòng thí nghiệm hoặc trên thực tế.

Giá trị bức xạ thu nhận trong dải hồng ngoại nhiệt của phổ điện từ trên các bộ cảm biến vệ tinh được tính toán qua phương trình truyền bức xạ. Thực tế tính toán, đối với các bề mặt tự nhiên, bức xạ bề mặt được biểu diễn gần đúng theo công thức [9] :

$$R_{\lambda} = \varepsilon B_{\lambda} \quad (1)$$

Mỗi loại bộ cảm biến nhiệt được thiết kế với sự mạng riêng của mình, có loại chỉ có một kênh nhiệt (bộ cảm biến Landsat TM và ETM+), có loại có từ hai đến nhiều kênh (bộ cảm biến Aster có 5 kênh nhiệt). Chọn lựa phương pháp xác định nhiệt độ và độ phát xạ bề mặt sao cho phù hợp đồng thời với các dữ liệu vệ tinh này (chỉ chứa 1 kênh nhiệt hoặc nhiều hơn) là yêu cầu của nghiên cứu nhằm đơn giản hoá việc tính toán và có thể áp dụng cho tất cả các loại dữ liệu vệ tinh ở các khu vực khác nhau.

1. Xác định nhiệt độ

Trong viễn thám hồng ngoại nhiệt, nhiệt độ bức xạ (T_R) được định nghĩa như là nhiệt độ tương đương của vật đen truyền cùng một lượng bức xạ thu được từ một vật thực tế và phụ thuộc vào nhiệt độ động lực bề mặt thực (T_K) và độ phát xạ. Trường hợp không phải vật đen, tổng lượng bức xạ phát ra được biểu diễn theo định luật Stefan-Bolzmann như sau [11] :

$$B = \varepsilon \sigma T_K^4 = \sigma T_R^4 \quad (2)$$

Suy ra :

$$T_R = \varepsilon^{1/4} T_K \quad (3)$$

Nhiệt độ bức xạ được đo bởi các bộ cảm biến trên vệ tinh còn gọi là nhiệt độ sáng của vật đen tuyệt đối T_B (với $\varepsilon = 1$) và được xác định theo định luật Planck :

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{B_{\lambda}}\right) + 1} \quad (4)$$

trong đó, B_{λ} - bức xạ của vật đen tuyệt đối ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$), $K_1 = 2\pi hc^2/\lambda^5$, $K_2 = hc/k\lambda$, h - hằng số Planck ($6,62 \times 10^{-34}$ Js), c - vận tốc ánh sáng (3×10^8 ms^{-1}), k - hằng số Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ JK^{-1}), λ - bước sóng trung tâm (μm).

Nhiệt độ bề mặt là nhiệt năng của một vật thể và có thể được đo bằng nhiệt kế. Công thức (3) cho thấy giữa nhiệt độ bức xạ và nhiệt độ bề mặt có mối tương quan qua độ phát xạ ε . Nhiệt độ sáng T_B đã biết, vấn đề là phải xác định được độ phát xạ ε thì suy ra được nhiệt độ bề mặt T_S :

$$T_S = \frac{1}{\varepsilon^{1/4}} T_B \quad (5)$$

Nhiệt độ bề mặt bị ảnh hưởng chủ yếu bởi bức xạ Mặt Trời. Độ chính xác ước tính của nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu viễn thám nhiệt phụ thuộc vào các yếu tố : khí quyển, tương tác giữa bề mặt và khí quyển,

độ phát xạ vật thể và độ phân giải ảnh. Nhiệt độ bề mặt đo lường từ viễn thám nhiệt có thể bị ảnh hưởng bởi sự hỗn hợp của các yếu tố dưới pixel, xảy ra khi có nhiều hơn một vật thể tồn tại bên trong trường nhìn của bộ cảm biến (FOV). Vì vậy, để so sánh nhiệt độ đo từ viễn thám nhiệt với số đo thực mặt đất, cần phải chọn lựa các khu vực đối tượng lớn hơn kích thước pixel. Trong nghiên cứu này, việc xác định nhiệt độ bề mặt được dẫn từ các định luật cơ bản, không quan tâm đến việc biết trước hay phải tính toán đồng thời giá trị độ phát xạ. Việc xem xét yếu tố hiệu ứng khí quyển được tách riêng tùy vào trường hợp cụ thể.

2. Xác định độ phát xạ

Độ phát xạ (ε) là tỷ số giữa năng lượng phát xạ từ bề mặt tự nhiên trên năng lượng phát xạ từ vật thể đen ở cùng bước sóng và nhiệt độ (xem công thức 1). Nhiệt độ và độ phát xạ luôn luôn là hai biến cần xác định trong phương pháp viễn thám, do đó các phương pháp thường phát triển tính toán đồng thời giá trị của hai biến trên. Do tính chất phức tạp và không xác định, bài toán giải N+1 ẩn số không được giải với độ chính xác và tính tổng quát đầy đủ. Độ phát xạ bề mặt là biến ít thay đổi theo thời gian và không gian so với nhiệt độ bề mặt, vì vậy người ta thường xác định độ phát xạ bề mặt trước khi tính toán nhiệt độ bề mặt.

Phương pháp dựa trên NDVI rất hữu ích nếu biết trước độ phát xạ của đất trống và thực vật cũng như cấu trúc và phân bố thực vật. Ước tính độ phát xạ bề mặt từ kênh khả kiến và cận hồng ngoại theo phương pháp NDVI có 3 ưu điểm chính : 1) các bộ cảm biến trên vệ tinh thường cung cấp độ phân giải không gian cao hơn đối với các kênh khả kiến và cận hồng ngoại so với kênh nhiệt, vì vậy bản đồ độ phát xạ thu được sẽ có độ phân giải không gian cao hơn so với các phương pháp tính trực tiếp từ các kênh nhiệt ; 2) phương pháp NDVI có thể được ứng dụng cho bất kỳ bộ cảm biến nào, không phụ thuộc vào số lượng kênh nhiệt ; 3) trình tự tính toán đơn giản và hiệu chỉnh khí quyển ít phức tạp.

Các pixel đại diện bề mặt đất thường là các pixel hỗn hợp chứa cả thực vật và đất tùy thuộc vào độ phân giải của ảnh vệ tinh. Độ phát xạ hiệu quả của một pixel có thể được ước tính bằng cách cộng lại các phần đóng góp của độ phát xạ thực vật và độ phát xạ đất chứa trong đó. A.A. Van De Griend và M. Owe (1993) [10] đã thực hiện thí nghiệm đo đạc trực tiếp độ phát xạ và phản xạ phổ trong dải khả

kiến và cận hồng ngoại cho các khu vực có đặc tính đồng nhất để tính NDVI và tìm được mối quan hệ thực nghiệm giữa độ phát xạ và NDVI :

$$\varepsilon = 1,0094 + 0,047 * \ln(NDVI) \quad (6)$$

Quan hệ này chỉ thực thi đối với các khu vực có đặc tính đồng nhất. E. Valor và V. Caselles (1996) [19] đã đưa ra một mô hình tương tự cũng dựa trên NDVI nhưng có thể ứng dụng cho các khu vực không đồng nhất với nhiều kiểu đất, thực vật và bề mặt thay đổi. Theo mô hình này, độ phát xạ hiệu quả của bề mặt không đồng nhất được định nghĩa là tổng độ phát xạ của các thành phần đơn của nó :

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s(1 - P_v) \quad (7)$$

trong đó, ε_v và ε_s - độ phát xạ của thực vật và đất thuần nhất, nghĩa là trong vòng một pixel đại diện chỉ là thực vật hoặc chỉ là đất, không có sự pha trộn ; P_v - tỷ lệ hay hợp phân hiện diện của thực vật trong pixel, giá trị từ 0 (đối với đất trống) đến 1 (đối với đất phủ đầy thực vật). Do đó P_v có thể được tính theo NDVI tương quan với các ngưỡng giá trị NDVI_s của đất trống hoặc NDVI_v của đất phủ đầy thực vật. NDVI được xác định theo tỷ số giá trị phản xạ của các kênh đỏ thuộc dải khả kiến và cận hồng ngoại [(red-NIR)/(red+NIR)]. P_v được xác định theo công thức sau [2] :

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \right)^2 \quad (8)$$

Việc xác định độ phát xạ theo phương pháp NDVI yêu cầu phải biết trước độ phát xạ của đất và thực vật. Hầu hết các nghiên cứu trước đây đều lấy số liệu độ phát xạ từ các văn liệu sẵn có qua đo đạc thực nghiệm trên các mẫu đại diện. Điều này dễ dẫn đến sai số vì ở mỗi khu vực khác nhau sẽ có các bề mặt với đặc trưng vật lý khác nhau và cần thiết phải xác định riêng cho khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, tác giả đã thử nghiệm trên khu vực Tp HCM với nhiều vùng mẫu chỉ là thực vật và chỉ là đất trống với kích thước lớn hơn rất nhiều giá trị 1 pixel để xác định NDVI của đất và thực vật, từ đó xác định độ phát xạ của đất và thực vật từ công thức thực nghiệm của Van De Griend, cũng như phần trăm lớp phủ thực vật P_v , cung cấp đầu vào cho phương pháp của E. Valor và V. Caselles để xác định độ phát xạ cho từng pixel của cả khu vực nghiên cứu. Trong nghiên cứu này, công thức tính T_s được dẫn từ định luật Stefan-Boltzman, để thuận tiện trong các mô tả về sau, chúng tôi tạm gọi là phương pháp "SB". Tương tự, phương

pháp tính độ phát xạ tạm gọi là phương pháp "NDVI phối hợp". Sơ đồ thực hiện xem trên hình 1.

III. THỰC NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

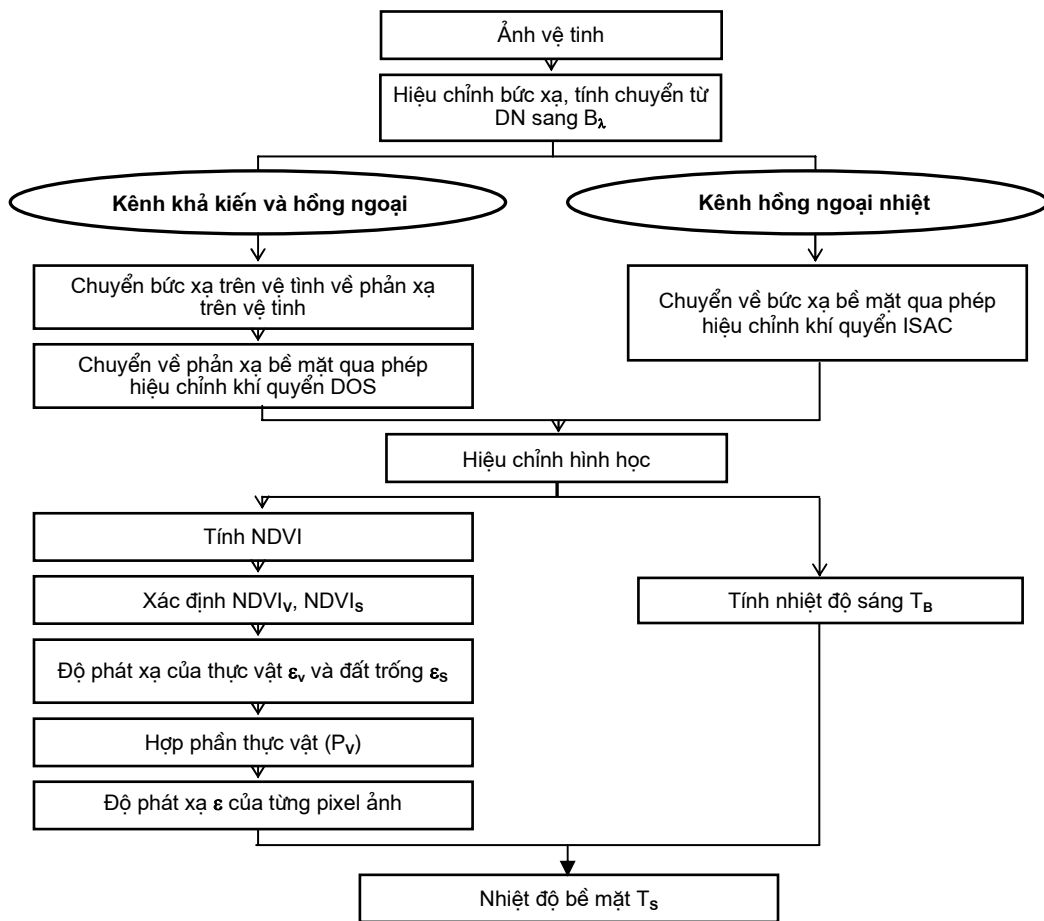
Khu vực nghiên cứu được chọn là Tp HCM với địa hình thấp dần từ bắc xuống nam với các công trình xây dựng tập trung ở các khu giữa và tiến dần lên phía bắc.

Dữ liệu viễn thám sử dụng là ảnh vệ tinh LANDSAT và ASTER ; cả hai đều có : kênh nhiệt bên cạnh các kênh khả kiến và kênh hồng ngoại, độ phân giải không gian trung bình thích hợp cho nhiều nghiên cứu cấp địa phương (tỉnh, thành). Chu kỳ lặp của hai vệ tinh này là 16 ngày. Hai ảnh này đều được chọn vào thời điểm mùa khô, ít mây : ảnh Landsat chụp ngày 13-02-2002 và Aster chụp ngày 25-12-2006 (ảnh 1). ảnh Landsat chỉ có 1 kênh nhiệt trong dải phổ 10,4-12,5 μm độ phân giải 60 m sẽ được

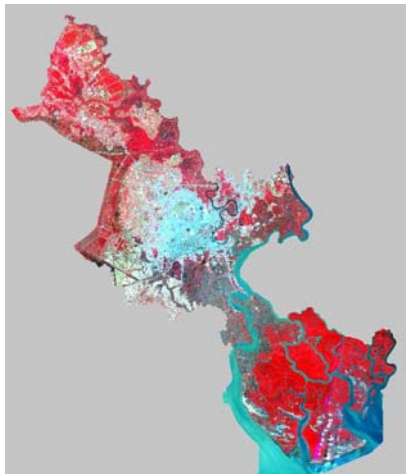
dùng trong tính toán. Ảnh Aster gồm 5 kênh nhiệt từ 8,125 đến 11,65 μm độ phân giải 90 m, trong đó 2 kênh cuối 13 và 14 có dải phổ 10,25-11,65 μm . Theo nhiều tác giả [3, 7, 11, 16], phần lớn năng lượng bề mặt đất được các bộ cảm biến nhiệt thu nhận trong dải bước sóng 10,5-12,5 μm , và được dùng để ước tính nhiệt độ bề mặt đất và các quá trình nhiệt khác. Do đó, 2 kênh nhiệt 13 và 14 của ảnh Aster sẽ được dùng trong tính toán. Phần mềm ENVI được sử dụng cho toàn bộ quá trình thực nghiệm này.

1. Tiền xử lý ảnh

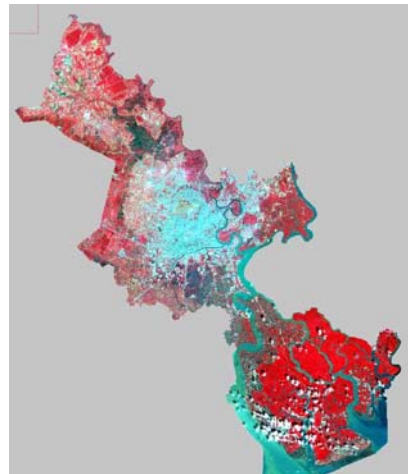
Ở bước tiền xử lý ảnh, việc hiệu chỉnh bức xạ là điều cần thiết để chuyển đổi giá trị số nguyên (DN) không đơn vị sang giá trị thực của bức xạ (B_λ) với đơn vị là $\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$. Điều này sẽ giúp cho sự khác biệt giữa các ảnh ghép giảm thiểu đến mức thấp nhất [12]. Mỗi bộ cảm biến có các tham số tính chuyển khác nhau :



Hình 1. Quy trình xác định nhiệt độ và độ phát xạ bề mặt



LANDSAT 13-02-2002



ASTER 25-12-2006

Ảnh 1. Ảnh tổ hợp màu giả khu vực nghiên cứu

Đối với ảnh Landsat :

$$B_{\lambda} = g * DN + b \quad (9)$$

Đối với ảnh Aster :

$$B_{\lambda} = (DN - 1) * R \quad (10)$$

trong đó, g, b, và R - các hệ số chuyển đổi đơn vị thường được cung cấp sẵn.

Các kênh khả kiến và cận hồng ngoại được tiếp tục chuyển sang giá trị phản xạ và được đưa về phản xạ bề mặt qua phép hiệu chỉnh khí quyển từ phương pháp "Trừ đối tượng đen" (DOS - Dark Object Subtract). Phương pháp này dựa vào các điều kiện ngay chính trên ảnh và đối tượng đen được ước tính từ giá trị thấp nhất của histogram trích dẫn từ mỗi kênh. Phương pháp dùng để hiệu chỉnh khí quyển cho các kênh nhiệt trong dải phổ 8 - 14 μm được dùng trong nghiên cứu này là "Bù trừ hiệu ứng khí quyển ngay trên ảnh" (ISAC - In - Scene Atmospheric Compensation). Giải thuật này giả thiết không có sự thay đổi các tham số khí quyển trên toàn ảnh và bề mặt gắn với vật đen tuyệt đối tồn tại bên trong ảnh. Giả thiết không có thành phần hướng xuống của bức xạ bị phản xạ [22].

Tiếp theo là bước hiệu chỉnh hình học. ở bước này, tất cả các kênh của mỗi loại ảnh sẽ được đưa về cùng độ phân giải của kênh đỏ ; của ảnh Landsat là 30 m, của ảnh Aster là 15 m, để tính giá trị NDVI.

2. Tính độ phát xạ

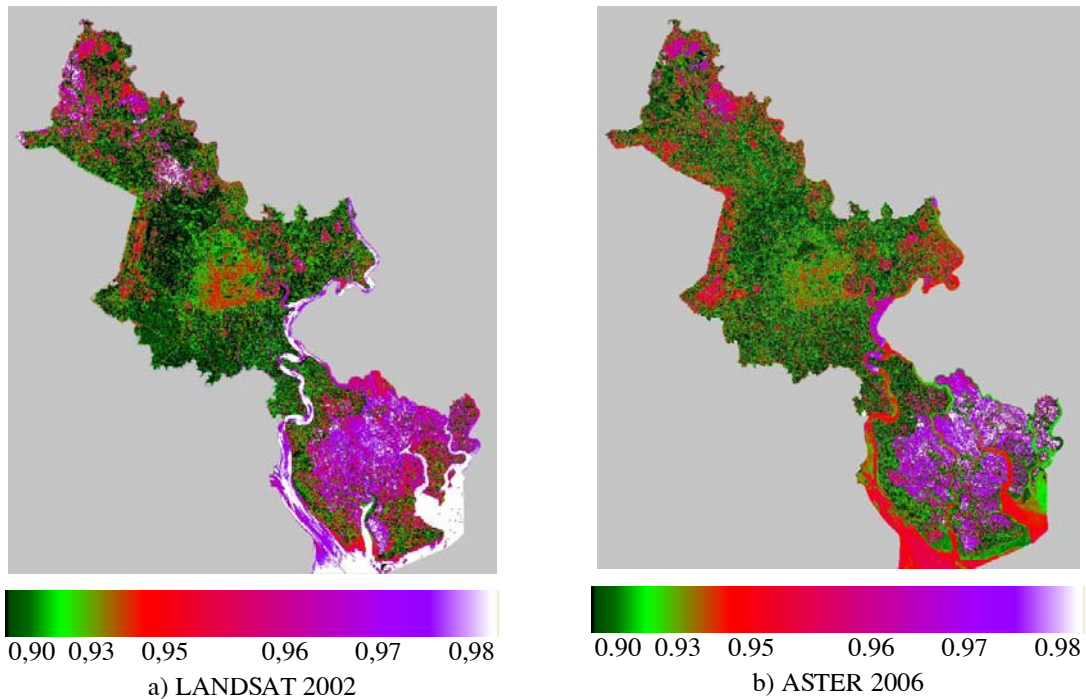
Mỗi một vật thể sẽ phát ra bức xạ riêng tùy theo khả năng hấp thụ của nó, do đó giá trị độ phát xạ

của vật thể khác nhau sẽ khác nhau. Tuy nhiên, trên ảnh vệ tinh đối tượng bề mặt đất được cảm nhận theo từng pixel có kích thước liên quan đến độ phân giải không gian ảnh. Vì vậy, trong một pixel ảnh thường là hỗn hợp của hai hoặc vài đối tượng bên trong, và lúc đó giá trị độ phát xạ sẽ là hỗn hợp của các đối tượng này hợp lại.

NDVI xác định cho đất trống và đất phủ cây thực vật đối với ảnh Landsat 2002 là 0,107 và 0,676 tương ứng độ phát xạ $\epsilon_s = 0,904$ và $\epsilon_v = 0,991$; đối với ảnh Aster 2006 là 0,106 và 0,725, tương ứng $\epsilon_s = 0,904$ và $\epsilon_v = 0,994$.

Độ phát xạ có liên quan đến tình trạng lớp phủ mặt đất và tỷ lệ thuận với sinh khối thực vật, kết quả thể hiện trên ảnh 2b đối với ảnh Aster 2006 cho thấy những khu vực có thực vật thường có giá trị phát xạ cao hơn 0,92, đặc biệt những vùng phủ cây thực vật độ phát xạ đạt trên 0,95. Đó là những vùng đất nông nghiệp có mật độ cây xanh cao hoặc những khu công viên cây xanh. Những khu vực đất trống, đô thị, khu xây dựng thường có giá trị độ phát xạ thấp nhất (khoảng 0,90-0,91). Mặt nước sông hồ có giá trị trong khoảng 0,91 đối với nước chứa ít thực vật lơ lửng ; ngược lại đối với mặt nước có nhiều thực vật lơ lửng, độ phát xạ đạt đến 0,92.

Tương tự trên ảnh Landsat năm 2002 (ảnh 2a) cho thấy độ phát xạ ở những vùng đất nông nghiệp và khu vực có phủ cây xanh thường lớn hơn 0,92 đến hơn 0,95 hoặc gần 1 tùy vào mật độ phủ ít đến nhiều. Đất đô thị và khu xây dựng, đất trống có độ phát xạ khoảng 0,90-0,91. Các vùng nước sông hồ



Ảnh 2. Phân bố độ phát xạ bề mặt của hai ảnh Landsat và Aster

do có mật độ thực vật lơ lửng khá cao nên độ phát xạ có giá trị khoảng từ 0,92 đến 0,95 gần như của thực vật.

3. Tính nhiệt độ bề mặt đất

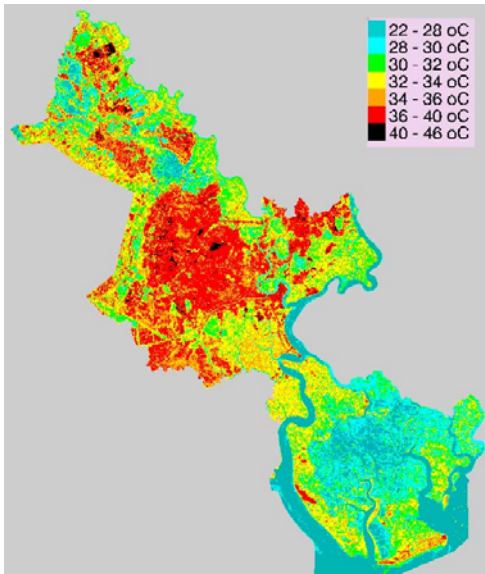
Nhiệt độ được ước tính từ các kênh nhiệt của mỗi bộ cảm biến. Đối với Landsat chỉ có một kênh nhiệt là kênh 6. Đối với ảnh ASTER nhiệt độ được tính từ hai kênh 13 và 14, giá trị cực đại từ 2 kênh sẽ là nhiệt độ bề mặt kết quả [15].

Ảnh 3 biểu diễn phân bố nhiệt độ bề mặt của khu vực Tp HCM trên 2 ảnh Landsat và Aster. Kết quả thống kê cho thấy nhiệt độ cao hơn 40 °C là các khu công nghiệp tập trung, nhiệt độ từ 36 °C đến 40 °C thường tập trung ở các khu đô thị, khu vực dân cư thiếu cây xanh hoặc với mật độ cây xanh thưa thớt hay các khu vực đất trống khô. Do tính chất của vật liệu bề mặt (bê tông, đá, nhựa đường...) của những nơi này mang tính dẫn nhiệt cao, hấp thụ nhiệt tốt và nhanh, nhưng quá trình bốc thoát hơi nước lại kém bởi bề mặt không thấm, nên thông lượng hiện nhiệt luôn luôn cao hơn so với những vùng có cây xanh hay đất ẩm ướt. Đặc biệt, kết quả cho thấy các vùng có mây với nhân nhiệt độ thường thấp nhất (nhỏ hơn 22 °C) được thể hiện rõ ràng hơn trên ảnh Aster với màu xanh da trời (blue), và đây cũng là

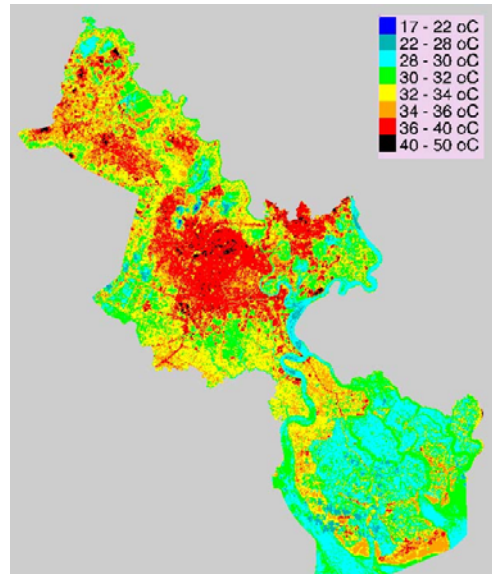
thông tin hữu ích để tách các khu vực bị mây che phủ. Thống kê giá trị nhiệt độ cực đại và cực tiểu (bảng 1) cho thấy nhiệt độ bề mặt cực đại của năm 2006 cao hơn so với năm 2002, mặc dù ảnh năm 2006 chụp vào tháng 12 chưa phải là tháng cực nóng trong năm so với ảnh 2002 chụp vào tháng 2 nắng nóng. Điều này có thể giải thích với 2 nguyên nhân : thứ nhất, ảnh Landsat ETM+ được chụp vào khoảng 10h sáng, ảnh Aster được chụp vào khoảng 10h30, trong khoảng thời gian trễ hơn khoảng 30' đó mặt đất đã được đốt nóng thêm một lượng nhiệt khiến cho nhiệt độ bề mặt lúc này sẽ cao hơn so với nhiệt độ bề mặt trước đó 30 phút. Thứ hai, có thể do xu hướng ngày càng nóng ẩm bởi tiến trình đô thị hóa và công nghiệp hóa, đã làm tăng diện tích bề mặt không thấm, hấp thụ nhiều năng lượng Mặt Trời và các hoạt động thải nhiệt của con người từ các quá trình sản xuất và sinh hoạt, góp phần làm tăng nhiệt độ bề mặt của khu vực. Nhìn chung, phân bố nhiệt độ bề mặt trên hai ảnh tập trung nên nhiệt độ cao ở các quận nội thành và quận huyện phía bắc. Phần

Bảng 1. Thống kê nhiệt độ bề mặt tính từ ảnh vệ tinh (°C)

Bộ cảm biến	Min	Max
LANDSAT	23,2	45,9
ASTER	17,4	49,4



a) LANDSAT 13-02-2002



b) ASTER 25-12-2006

Ảnh 3. Phân bố nhiệt độ bề mặt trên hai ảnh Landsat và Aster

rừng ngập mặn phía nam ở huyện Cần Giờ và các khu vực cây xanh đất nông nghiệp có nền nhiệt độ thấp hơn. Kết quả phân bố này cho biết thông tin giữa nhiệt độ bề mặt và lớp phủ bề mặt trên một khu vực nghiên cứu có mối quan hệ không gian với nhau thông qua các đặc tính nhiệt của vật chất. Do đó, sản phẩm kết quả nhiệt độ bề mặt từ dữ liệu viễn thám sẽ hữu ích cho việc phát hiện lớp phủ bề mặt cũng như đánh giá biến động trong nghiên cứu đô thị hoá qua đặc tính các bề mặt không thấm.

4. Đánh giá độ chính xác

Ảnh Aster được sử dụng trong nghiên cứu này là ảnh thu nhận vào cuối tháng 12 năm 2006. Đây là thời gian thực hiện nghiên cứu nên có số liệu quan trắc về nhiệt độ dùng để đối chứng. Riêng ảnh Landsat là ảnh chụp vào năm 2002, không có số đo song hành, tuy nhiên dải bước sóng của kênh nhiệt Landsat (10-12 μm) bao gồm luôn cả hai dải bước sóng kênh nhiệt 13 và 14 của Aster. Đồng thời, việc tính toán nhiệt độ bề mặt được thực hiện theo cùng một quy trình, nên có thể xem xét kết quả đánh giá của ảnh Aster tương tự cho Landsat. Vì vậy, kết quả đánh giá độ chính xác sẽ được thực hiện đối với dữ liệu ảnh Aster để chứng minh phương pháp.

Các tác giả đã tiến hành đặt 10 điểm quan trắc đo nhiệt độ hàng ngày trên các bề mặt đất khác nhau và lấy số đo vào lúc 10h30 cùng lúc vệ tinh TERRA mang bộ cảm biến Aster đi qua khu vực Tp HCM

từ tháng 11-2006 cho đến khi đặt mưa được ảnh Aster. Để đánh giá độ chính xác tính nhiệt độ bề mặt, các tác giả đã so sánh kết quả tính cho ảnh Aster vào tháng 12-2006 từ phương pháp nghiên cứu SB ở trên với số đo tại 10 điểm này và kết hợp so sánh kết quả tính toán từ các phương pháp Chuẩn hoá phát xạ NOR của A.R. Gillespie (1985) [15] và phương pháp của D.A. Artis và W.H. Carnahan (1982) [1] (gọi tắt AC trong mô tả bài báo này). Giá trị độ phát xạ của hai phương pháp NOR và AC được lấy từ kết quả của chúng tôi để cùng so sánh, riêng NOR chỉ sử dụng giá trị phát xạ cực đại và xem như là hằng số. Ngoài ra, các tác giả cũng đã so sánh kết quả tính với sản phẩm nhiệt độ bề mặt AST08 đã được tính trước theo phương pháp tách nhiệt độ và độ phát xạ TES [8] đặc biệt chuyên dùng cho ảnh Aster. Số đo quan trắc và số liệu tính toán từ các phương pháp khác nhau được thể hiện trên *bảng 2*.

Sai số đánh giá độ chính xác của các phương pháp được tính từ độ lệch trung bình (bias) giữa các giá trị ước tính từ mỗi phương pháp với giá trị đo đạc thực tế và sai số E (%) giữa số đo và số tính (*bảng 3*).

Kết quả cho thấy số liệu của sản phẩm AST08 tính từ phương pháp TES cho kết quả tốt nhất, độ lệch khoảng 1 $^{\circ}\text{C}$ và sai số chỉ khoảng 2,24 %, vì đây là sản phẩm đã được tính hiệu chỉnh khí quyển đầy đủ. Kế tiếp là kết quả từ phương pháp SB của các tác giả có tính đến hiệu chỉnh độ phát xạ theo

Bảng 2. Số đo quan trắc và kết quả tính nhiệt độ từ các phương pháp khác nhau (°C)

Điểm quan trắc	Toạ độ (UTM, m)	Bề mặt	Số đo quan trắc	Nhiệt độ sáng T_B (không tính ϵ)	Nhiệt độ bề mặt T_s có tính độ phát xạ			
					SB	AC	NOR	TES - AST08
1	684101-1197269	Dân cư	40,5	31,30	38,20	38,00	31,60	40,90
2	683111-1195829	Cỏ	32,0	26,80	34,30	34,00	27,30	31,90
3	680711-1190024	Dân cư	39,5	30,67	37,80	37,60	31,00	37,90
4	586081-1192724	Dân cư	33,0	27,31	34,20	33,90	27,80	32,85
5	671876-1206269	Ruộng nước	28,5	24,30	31,60	32,20	25,00	27,85
6	682091-1198049	Đường lộ	41,5	31,00	38,60	38,30	31,30	40,90
7	682991-1197809	Đất trống	43,0	34,30	41,60	41,40	34,40	40,85
8	677486-1199534	Cỏ	36,0	29,80	37,50	37,20	30,10	34,85
9	688736-1188494	Mặt nước	36,0	27,10	34,30	34,00	27,60	36,90
10	670976-1130144	Lúa cao	29,5	24,50	30,90	30,60	25,10	29,85

Bảng 3. Kết quả sai số tính nhiệt độ (T_s) của các phương pháp khác nhau

Phương pháp tính ϵ	Bias (°C)	E (%)
TES - AST08	0,81	2,24
SB	1,95	5,42
AC	2,01	5,59
NOR	6,83	19,0
Không tính ϵ (T_B)	7,24	20,14

NDVI phối hợp, độ lệch khoảng 2 °C và sai số khoảng 5,42 %. Phương pháp tính nhiệt độ theo AC có độ lệch cao hơn một ít so với phương pháp của chúng tôi. Riêng trường hợp chỉ dùng tính toán đến nhiệt độ sáng (không hiệu chỉnh theo độ phát xạ bề mặt) cho kết quả sai lệch lớn đáng kể. Đây là trường hợp xấu nhất, nếu chỉ để xem xét tổng thể khu vực nghiên cứu sẽ phải sử dụng đến, còn không thì nhất thiết phải tính đến giá trị phát xạ bề mặt để hiệu chỉnh số liệu.

Có một điều cần quan tâm là, mặc dù phương pháp TES cho sai số nhỏ nhất trong các phương pháp mô tả, nhưng kết quả này là kết quả được định lượng trên trường nhìn FOV tương đương một vùng với kích thước 90×90 m đối với ảnh Aster. Trong khi đó, phương pháp NDVI sử dụng các đặc tính của các kênh phản xạ thường có độ phân giải (15-30 m) cao hơn so với kênh nhiệt (60-90 m). ảnh độ phát xạ lúc này sẽ có độ phân giải là 15 m đối với Aster và 30 m đối với Landsat. Vì vậy, ảnh nhiệt độ bề mặt cuối cùng cũng mang cùng độ phân giải như ảnh độ phát xạ, giải quyết được một phần vấn đề hỗn hợp đối tượng trong một pixel. Đồng thời, phương pháp TES có quy trình tính toán phức tạp,

yêu cầu số liệu phải được hiệu chỉnh khí quyển tốt. Điều này sẽ khó thực hiện đối với các trường hợp ảnh quá khứ không có sẵn số đo về các yếu tố khí quyển song hành. Cuối cùng, giải thuật TES được thiết kế chỉ chuyên dùng cho loại ảnh Aster. Vì vậy, qua kết quả này, phương pháp tính nhiệt độ theo phương pháp SB có hiệu chỉnh độ phát xạ từ NDVI phối hợp của chúng tôi sẽ là giải pháp tối ưu trong điều kiện thực tế của Việt Nam.

KẾT LUẬN

Phương pháp viễn thám nhiệt trong quan trắc nhiệt độ bề mặt đô thị từ ảnh vệ tinh tài nguyên là một kênh thông tin khá hữu ích trong các nghiên cứu về tài nguyên, môi trường, khí hậu, cảnh quan và trong các nghiên cứu về đô thị, đặc biệt, trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu. Các kết quả thu được cho thấy, phương pháp ước tính nhiệt độ bề mặt có tính đến giá trị độ phát xạ bề mặt từ nghiên cứu này có độ lệch so với số đo thực tế trong khoảng 2 °C với quy trình tính toán đơn giản, không phụ thuộc vào số lượng kênh nhiệt và tăng cường độ phân giải không gian ảnh nhiệt độ bề mặt. Đây sẽ là giải pháp tối ưu trong điều kiện thực tế ở Việt Nam. Phương pháp viễn thám nhiệt cho kết quả phân bố nhiệt độ bề mặt trên toàn vùng nghiên cứu theo từng pixel. Số đo nhiệt độ bề mặt thực tế của từng điểm quan trắc chắc chắn sẽ khác biệt so với số đo tính từ phương pháp viễn thám. Điều này lý giải bởi độ phân giải của ảnh vệ tinh, cụ thể các bộ cảm biến viễn thám cảm nhận vật thể trong từng pixel. Nếu vật thể nào có kích thước bằng hoặc lớn hơn một pixel thì giá trị đo đạc từ viễn thám có thể so sánh với giá trị đo đạc thực địa khi không kể đến các yếu

tố của điều kiện môi trường và khí quyển. Thông thường bên trong một pixel sẽ là hỗn hợp của một vài đối tượng, do đó kết quả sẽ là hỗn hợp của các đối tượng này. Tuy nhiên, trong thực tế ta khó có thể đo đạc cho từng đối tượng trên một khu vực nghiên cứu, vì sẽ cần sử dụng nhiều công lao động, chi phí thực địa lại rất cao và cần có nhiều thiết bị đo. Đồng thời, phương pháp đo đạc truyền thống từ các trạm quan trắc khí tượng cũng không thể thực hiện được bằng cách tăng dày mật độ trạm do chi phí thiết lập tốn kém. Vì vậy, viễn thám sẽ là phương pháp tối ưu cho giải pháp này. Bên cạnh đó, phương pháp NDVI phối hợp xác định độ phát xạ từ giá trị phổ của các kênh khả kiến có độ phân giải cao hơn các kênh nhiệt, do đó sẽ cho kết quả ước tính giá trị nhiệt độ chi tiết hơn và giải quyết được một phần về tính chất hỗn hợp đối tượng bên trong một pixel.

TÀI LIỆU DẪN

- [1] D.A. ARTIS, and W.H. CARNAHAN, 1982 : Survey of emissivity variability in thermography of urban areas, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 12, 313-329.
- [2] T.N. CARLSON, D.A. RIPLEY, 1997 : On the relation between NDVI, fractional vegetation cover and leaf area index, *Remote Sensing of Environment*, vol. 62, 241-252.
- [3] K.P. CZAJKOWSKI, S.N. GOWARD, T. MULHERN, S.J. GOETZ, A. WALZ, D. SHIREY, S. STADLER, S.D. PRINCE AND R.O. DUBAYAH, 2004 : Estimating environmental variables using thermal remote sensing, in *Thermal Remote Sensing in Land Surface Processes*, CRC Press.
- [4] PHAM VAN CU, W. HIROSHI, 2004 : Use of Thermal Infrared Channels of Aster to Evaluate The Land Surface Temperature Changes of an Urban Area in Hanoi, Vietnam, *Proceedings of the International Symposium GIS-IDEAS 2004*, 85-90, Hanoi, Vietnam, 16-18 September, 2004.
- [5] P. DASH, F.M. GÜTTSCHE, F.S. OLESEN, H. FISCHER, 2002 : Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data : theory and practice-current trends, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 23, 2563-2594.
- [6] HO TONG MINH DINH, LE VAN TRUNG, TRAN THI VAN, 2007 : Surface Emissivity in Determining Land Surface Temperature, *International Journal of Geoinformatics*, V. 3 (4), <http://ojs.info.gssc.osaka-cu.ac.jp/IJG/index.php/IJG/article/view/338>.
- [7] A.N. FRENCH, T.J. SCHMUGGE, J.C. RITCHIE, A.HSU, F. JACOB, K. OGAWA, 2008 : Detecting land cover change at the Jornada Experimental Range, New Mexico with ASTER emissivities, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112, 4, 1730-1748.
- [8] A.R. GILLESPIE, S. ROKUGAWA, S. HOOK, T. MATSUNAGA, A.B. KAHLE, 1998 : A temperature and emissivity separation algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radio-meter (ASTER) images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36, 1113-1126.
- [9] A.R. GILLESPIE, S. ROKUGAWA, S.J. HOOK, T.MATSUNAGA, A. KAHLE, 1999 : Temperature/ Emissivity separation algorithm theoretical basis document, version 2.4, ATBD-AST-05-08, Prepared under NASA contract NAS5-31372.
- [10] A.A. VAN DE GRIEND and M. OWE, 1993 : On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surfaces, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 14, 6, 1119 - 1131.
- [11] R.P. GUPTA, 1991 : *Remote Sensing Geology*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.
- [12] C. HUANG, L. YANG, C. HOMER, B. WYLIE, J.VOGELMAN, T. DEFELICE, 2002 : At-satellite reflectance: A first normalization of Landsat 7 ETM + Images. WWW URL: <http://landcover.usgs.gov/pdf/ Huang2.pdf>, US Dept. of Interior, USGS.
- [13] TRAN H., Y. YASUOKA, 2002a : Monitoring Urban Surface from Space : Case Study of Hochiminh City and Surrounding Region, *Proceedings of the International Symposium on Geoinformatics (GIS-IDEAS 2002)*, 1-7, Hanoi, Vietnam, 25-28/9/2002.
- [14] TRAN HUNG, YOSHIFUMI YASUOKA, 2002b : Remote Sensing to Analyze The Changes of Surface Biophysical Parameters in Vietnam's Urbanized Area, *Proceedings of the 23th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2002) on CD-ROM*, Kathmandu, Nepal, Nov. 25-29/2002.
- [15] Z.L. LI, F. BECKER, M.P. STALL, Z. WANT, 1999 : Evaluation of Six Methods for

Extracting Relative Emissivity Spectra from Thermal Infrared Images, Remote Sensing of Environment, Vol. 69, 197-214.

[16] SABINS, J., Remote Sensing: Principles and Interpretation. 2nd Ed, (1987)

[17] LE VAN TRUNG, NGUYEN THANH MINH, 2006 : Mapping Land Surface Temperature (LST) from Satellite Imageries. Case Study in Hochiminh City, Proceedings of the International Symposium GIS-IDEAS 2006, pp. 93-99, Ho Chi Minh City, Vietnam, 9-11 November 2006.

[18] LÊ VĂN TRUNG, NGUYỄN THANH MINH, 2007 : Trích lọc giá trị nhiệt bề mặt (LST) từ ảnh vệ tinh Landsat 7 ETM+, Đặc san "Viễn thám và Địa tin học" số 3 (10/2007) của Trung tâm Viễn thám - Bộ Tài nguyên Môi trường,

[19] E. VALOR, V. CASELLES, 1996 : Mapping Land Surface Emissivity from NDVI : Application to European, African, and South American Areas, Remote Sensing of Environment, vol. 57, 167-184.

[20] TRAN THI VAN, 2005 : Investigating feature of urban surface temperature with distribution of land cover types in Hochiminh city using thermal infrared remote sensing - Proceedings of the 26th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS 2005) on CD-ROM, Hanoi, Vietnam, 7-11 November 2005.

[21] TRẦN THỊ VÂN, 2006 : ứng dụng viễn thám nhiệt khảo sát đặc trưng nhiệt độ bề mặt đô thị với sự phân bố các kiểu thảm phủ ở Tp HCM. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ, đặc san Môi trường và Tài nguyên, Nxb Đại học Quốc gia Tp HCM, ISSN 1859-0128, T. 9, 70-74.

[22] ITT Visual Information Solutions, ENVI user's guide. 2004.

SUMMARY

Thermal remote sensing method in study on urban surface temperature distribution

Land surface temperature (LST) is strongly influenced by the ability of the surface emission. Therefore, calculating LST requires a prior determining surface emissivity for the accuracy. Thermal infrared remote sensing potentially measures the earth's surface radiation for retrieving surface temperature values in the whole study area by pixel. The paper presents the results of study on methodology to determinate the surface temperature of urban areas in Ho Chi Minh City considered surface emissivity factor from NDVI combined method. The experiment was carried out on two kinds of the satellite images such as Landsat and Aster owing the thermal infrared bands with the medium spatial resolution, suitable for studies on heat processes in urban areas. The results showed that the average bias of LST calculation is about 2 °C in compared with the in-situ measurements. It presented the picture of the LST distribution of the whole study area. An addition, resulted LST image, calculated through surface emissivity from visible and near infrared channels has higher spatial resolution in compared with one from the thermal infrared channels.

Ngày nhận bài : 9-12-2008

*Viện Môi trường và Tài nguyên
(ĐHQG-HCM),*

Viện Vật lý Tp HCM

(Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam),

*Trường Đại học Bách khoa Tp HCM
(ĐHQG-HCM)*