

NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI NHIỆT ĐỘ BỀ MẶT KHU VỰC THÀNH PHỐ THANH HÓA GIAI ĐOẠN 2000 - 2017 TỪ TƯ LIỆU ẢNH HỒNG NGOẠI NHIỆT LANDSAT

ĐẶNG NHƯ DUẤN⁽¹⁾, ĐÀO NGỌC LONG⁽¹⁾, TRỊNH LÊ HÙNG⁽²⁾

⁽¹⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

⁽²⁾Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt

Nhiệt độ bề mặt là một trong những yếu tố quan trọng nhất khi nghiên cứu khí hậu đô thị và tác động của nó đến môi trường sống của con người. Những năm gần đây, cùng với tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng, nhiệt độ bề mặt ở nhiều đô thị lớn có xu hướng gia tăng một cách rõ rệt. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xác định sự thay đổi nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2000 - 2017 từ tư liệu ảnh viễn thám hồng ngoại nhiệt Landsat. Kết quả nhận được trong nghiên cứu có thể cung cấp thông tin giúp các nhà quản lý đưa ra các biện pháp trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững.

1. Mở đầu

Đô thị hóa là xu thế phát triển tất yếu của mọi quốc gia trên thế giới, đặc biệt là đối với những nước đang phát triển như Việt Nam. Bên cạnh những mặt tích cực mang lại đối với kinh tế - xã hội, quá trình đô thị hóa nhanh chóng và thiếu quy hoạch khoa học cũng mang lại những tác động tiêu cực đến tài nguyên và môi trường, trong đó sự gia tăng nhiệt độ bề mặt đô thị là một trong những minh chứng rõ rệt nhất.

So với các phương pháp truyền thống dựa trên số liệu của các trạm quan trắc, phương pháp viễn thám nhiệt với nhiều ưu điểm vượt trội như diện tích phủ trùm rộng, thời gian cập nhật ngắn... đã được sử dụng hiệu quả trên thế giới cũng như ở Việt Nam trong nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt. Có thể kể đến các nghiên cứu của Alipour et al (2004) [5], Balling, Brazel (1988) [6], Fei Yuan et al (2007) [7], Garcia Cueto et al (2007) [8], Hyung Moo Kim et al (2005) [9], Maltick et al (2008) [10], Sundara Kumar (2012) [11]... Ở Việt Nam, một số

nghiên cứu của Trần Thị Vân (2009) [1], Trịnh Lê Hùng (2014) [2], Bùi Quang Thành (2015) [4], Nguyễn Đức Thuận (2016) [3]... đã sử dụng phương pháp viễn thám nhiệt phục vụ công tác đánh giá phân bố nhiệt độ bề mặt ở các đô thị lớn như Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh.

Thành phố Thanh Hóa là trung tâm hành chính, kinh tế, văn hóa, chính trị và khoa học - kỹ thuật của tỉnh Thanh Hóa, là đô thị cửa ngõ nối vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ với Bắc Trung Bộ. Sau hơn 20 năm kể từ ngày thành lập, thành phố Thanh Hóa đã phát triển một cách mạnh mẽ, tốc độ đô thị hóa diễn ra nhanh chóng và trở thành đô thị loại I vào năm 2014. Hiện nay, thành phố Thanh Hóa có diện tích tự nhiên 146,77 km² với 20 phường và 17 xã, dân số hơn 400 nghìn người và là một trong những đô thị có quy mô dân số và diện tích lớn của khu vực phía Bắc. Bài báo này trình bày kết quả xác định sự phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hóa, tỉnh Thanh Hóa giai đoạn 2000 - 2017 từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat.

Ngày nhận bài: 30/11/2017, ngày chuyển phản biện: 07/12/2017, ngày chấp nhận phản biện: 14/12/2017, ngày chấp nhận đăng: 18/12/2017

2. Cơ sở khoa học xác định nhiệt độ bề mặt từ ảnh vệ tinh Landsat

Để xác định nhiệt độ bề mặt từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat, ở bước đầu tiên, giá trị số nguyên của kênh hồng ngoại nhiệt được chuyển đổi sang giá trị thực của bức xạ điện từ ($Wm^{-2}\mu m^{-1}$). Đối với kênh hồng ngoại nhiệt Landsat TM, ETM+, giá trị bức xạ phổ được xác định theo công thức sau [15]:

$$L_{\lambda} = \frac{L_{max\lambda} - L_{min\lambda}}{DN_{max} - DN_{min}} (DN - DN_{min}) + L_{min\lambda} \quad (1)$$

Trong đó:

L_{λ} - Giá trị bức xạ phổ [$W/(m^2.sr.\mu m)$];

DN - Giá trị số của ảnh (digital number);

DN_{max} - Giá trị số lớn nhất (=255);

DN_{min} - Giá trị số nhỏ nhất (=1);

$L_{max\lambda}$, $L_{min\lambda}$ - Giá trị bức xạ phổ ứng với DN_{max} và DN_{min} ở từng kênh phổ (được lấy trong file metadata của ảnh Landsat). (Bảng 1)

Đối với ảnh Landsat 8, giá trị bức xạ phổ được xác định theo công thức sau [12]:

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Trong đó:

M_L , A_L - Hệ số chuyển đổi, được lấy

trong file metadata ảnh Landsat 8. (Bảng 2)

Q_{cal} - Giá trị số của ảnh.

Ở bước thứ hai, kênh hồng ngoại nhiệt ảnh vệ tinh Landsat được sử dụng để tính nhiệt độ độ chói (nhiệt độ bức xạ - brightness temperature). Nhiệt độ độ chói được xác định theo công thức sau [14]:

$$T_B = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

Trong đó:

T_B - Nhiệt độ độ sáng (K);

K_1 - Hằng số chuyển đổi [$W/(m^2.sr.\mu m)$];

K_2 - Hằng số chuyển đổi [K];

Giá trị K_1 , K_2 được cung cấp trong file metadata ảnh Landsat. (Bảng 3)

Một bước quan trọng trong xác định nhiệt độ bề mặt từ tư liệu viễn thám là hiệu chỉnh mối quan hệ giữa nhiệt độ và lớp phủ trên cơ sở độ phát xạ (emissivity). Độ phát xạ có thể xác định bằng cách sử dụng nhiệt kế bức xạ chuẩn thông qua kết quả đo các mẫu đại diện. Tuy nhiên phương pháp này chỉ phù hợp với điều kiện phòng thí nghiệm và rất tốn kém. Trong nghiên cứu này, độ phát xạ bề mặt được xác định dựa trên chỉ số thực vật NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [12, 13]. Đối với tư liệu

Bảng 1: Hệ số $L_{max\lambda}$, $L_{min\lambda}$ đối với tư liệu ảnh Landsat TM và ETM+ [15]

STT	Tư liệu	Kênh	$L_{max\lambda}$	$L_{min\lambda}$
	Landsat 7 ETM+	6.1 Low gain	17.04	0.0
		6.2 High gain	12.65	3.2
2	Landsat 5	6	15.3032	1.2378

Bảng 2: Hệ số M_L , A_L đối với ảnh Landsat 8 [15]

STT	Tư liệu	Kênh	M_L	A_L
1	Landsat 8 TIRS	10	$3.3420 \cdot 10^{-4}$	0.10000
2	Landsat 8 TIRS	11	$3.3420 \cdot 10^{-4}$	0.10000

Bảng 3: Hệ số K_1 , K_2 đối với tư liệu ảnh Landsat TM, ETM+ và Landsat 8 [15]

STT	Tư liệu	Kênh	K_1 (W/(m ² .sr.μm))	K_2 (Kelvin)
1	Landsat 5 TM	6	607.76	1260.56
2	Landsat 7 ETM+	6	666.09	1282.71
3	Landsat 8	10	774.89	1321.08
		11	480.89	1201.14

ảnh hồng ngoại nhiệt Landsat, độ phát xạ bề mặt được xác định như sau:

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) \quad (4)$$

Trong đó:

ε - Độ phát xạ bề mặt

ε_v - Độ phát xạ bề mặt đối với thực vật

ε_s - Độ phát xạ bề mặt đối với đất trống

P_v - Tỷ lệ thực vật trong một pixel ảnh, được xác định theo công thức sau:

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \right)^2 \quad (5)$$

Trong đó $NDVI_{soil}$ và $NDVI_{veg}$ là giá trị chỉ số thực vật NDVI đối với đất trống và đất phủ kín bởi thực vật.

Chỉ số thực vật NDVI được xác định như sau:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (6)$$

Ở đây ρ_{RED} , ρ_{NIR} là phản xạ phổ ở kênh đỏ và kênh cận hồng ngoại.

Ở bước cuối cùng, nhiệt độ bề mặt (LST) được xác định theo công thức sau [1-11]:

$$LST = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda T_B}{\rho} \cdot \ln \varepsilon} \quad (7)$$

Trong đó:

T_B - giá trị bước sóng trung tâm kênh hồng ngoại nhiệt;

$\rho = \frac{h.c}{\sigma}$, σ - hằng số Stefan Boltzmann (5.67.10⁻⁸ (Wn².K⁻⁴));

h - hằng số Plank (6.626.10⁻³⁴J.sec);

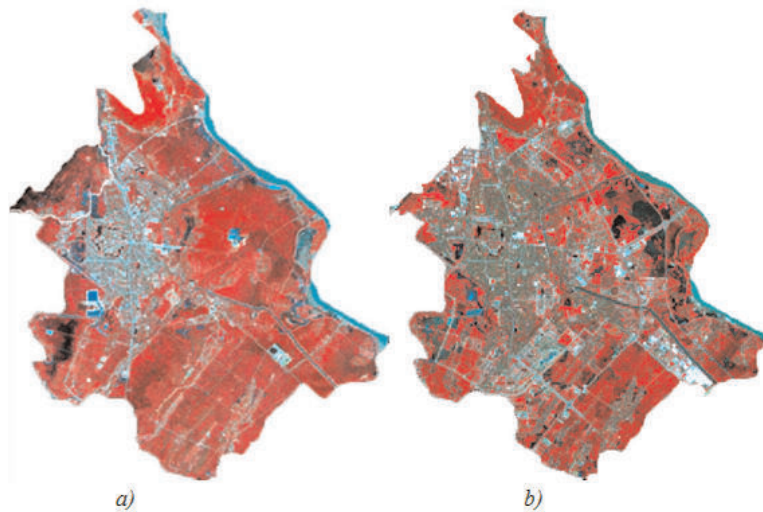
c - vận tốc ánh sáng (2.998.10⁸ m/sec).

3. Kết quả và thảo luận

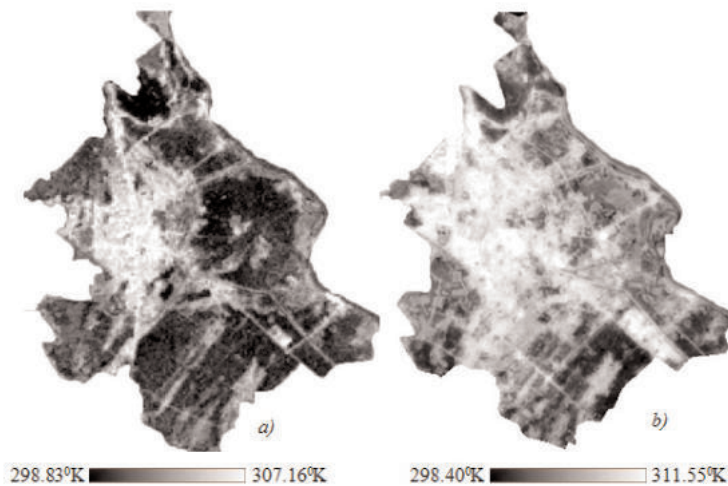
Để xác định nhiệt độ bề mặt, trong nghiên cứu sử dụng 02 cảnh ảnh vệ tinh, bao gồm ảnh Landsat 7 ETM+ ngày 17/09/2000 và ảnh Landsat 8 ngày 07/08/2017. Ảnh Landsat sau khi thu thập được tiền xử lý nhằm loại bỏ các sai số về phổ và biến dạng hình học ảnh, sau đó được cắt theo ranh giới khu vực nghiên cứu. Trên hình 1 thể hiện ảnh vệ tinh Landsat khu vực Thành phố Thanh Hoá năm 2000 và 2017 ở dạng tổ hợp màu cận hồng ngoại, đỏ và xanh lục.

Kênh hồng ngoại nhiệt (kênh 6 ảnh Landsat 7 ETM+ và kênh 10 ảnh Landsat 8) được sử dụng để chuyển sang giá trị bức xạ điện từ và tính nhiệt độ độ chói. Trong khi đó, các kênh đỏ (kênh 3 ảnh Landsat ETM+, kênh 4 ảnh Landsat 8) và cận hồng ngoại (kênh 4 ảnh Landsat ETM+, kênh 5 ảnh Landsat 8) được sử dụng để tính chỉ số thực vật NDVI phục vụ xác định độ phát xạ bề mặt. Trước khi tính chỉ số thực vật NDVI, giá trị số nguyên tại các kênh đỏ và cận hồng ngoại được chuyển đổi sang phản xạ phổ, sau đó hiệu chỉnh khí quyển nhằm xác định phản xạ phổ bề mặt. (Xem hình 1, 2)

Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 - 2017 từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat được trình



Hình 1: Tư liệu ảnh Landsat ETM+ ngày 17/09/2000 (a) và Landsat 8 (b) ngày 07/08/2017 khu vực thành phố Thanh Hoá, tỉnh Thanh Hoá



Hình 2: Kết quả xác định nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá từ ảnh vệ tinh Landsat năm 2000 (a) và 2017 (b)

bày trên hình 2, trong đó các pixel màu sáng đại diện cho các khu vực có nhiệt độ bề mặt cao. Có thể nhận thấy, so với năm 2000, diện tích các khu vực có nhiệt độ bề mặt cao ở khu vực thành phố Thanh Hoá năm 2017 có sự gia tăng đáng kể. Phân tích kết quả xác định nhiệt độ bề mặt trên hình 2 cho thấy, các khu vực có nhiệt độ bề mặt cao cũng tương đồng với các khu vực có mật độ

xây dựng lớn như khu dân cư, khu thương mại... Trong khi nhiệt độ thấp nhất ghi nhận trong hai năm 2000 và 2017 không có sự thay đổi đáng kể, nhiệt độ cao nhất xác định từ ảnh vệ tinh Landsat năm 2017 có sự tăng mạnh so với năm 2000, từ 307.16°K lên 311.55°K.

Để đánh giá quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và mật độ đất xây dựng khu vực thành

phố Thanh Hoá, trong nghiên cứu sử dụng chỉ số đất xây dựng NDBI (Normalized Difference Built-up Index)[14]. Chỉ số NDBI được xác định từ tư liệu ảnh vệ tinh Landsat như sau:

$$NDBI = \frac{\rho_{MIR} - \rho_{RED}}{\rho_{MIR} + \rho_{RED}} \quad (8)$$

Trong đó ρ_{MIR} ρ_{RED} là phản xạ phổ ở kênh hồng ngoại trung bình và cận hồng ngoại ảnh vệ tinh Landsat.

Kết quả các định chỉ số NDBI khu vực thành phố Thanh Hoá từ ảnh vệ tinh Landsat năm 2000 và 2017 được trình bày trên hình (xem hình 3), trong đó các pixel màu sáng thể hiện các khu vực có mật độ xây dựng cao. Chỉ số NDBI sau đó được chuyển về thang giá trị từ 0 - 100% phục vụ đánh giá mối quan hệ với nhiệt độ bề mặt.

Trình bày mối quan hệ giữa mật độ xây dựng khu vực thành phố Thanh Hoá và nhiệt độ bề mặt trung bình (xem bảng 4). Có thể nhận thấy, các khu vực có mật độ xây

dựng thấp (dưới 10%) có nhiệt độ bề mặt thấp hơn đáng kể so với các khu vực có mật độ xây dựng cao hơn. Nhiệt độ trung bình đạt cao nhất tại các khu vực có mật độ xây dựng trên 75% đạt 305,46°K.

4. Kết luận

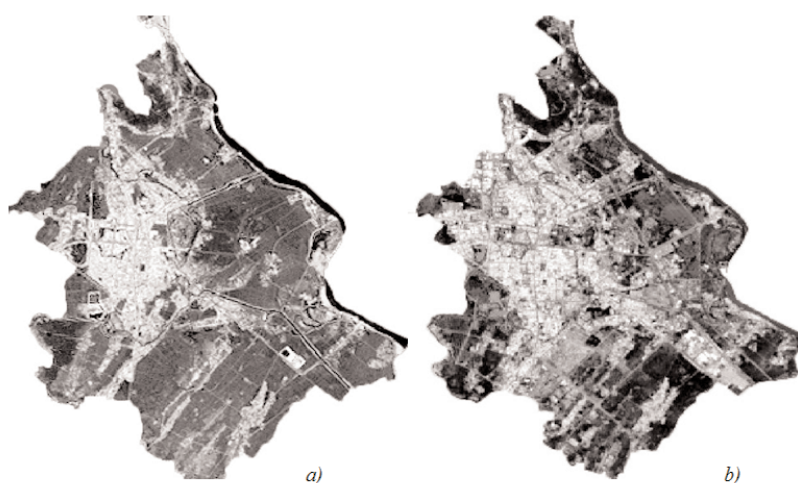
Ảnh vệ tinh quang học Landsat với ưu điểm độ phân giải không gian trung bình, thời gian cập nhật ngắn, dải phổ đa dạng, đặc biệt được cung cấp hoàn toàn miễn phí là nguồn tư liệu phong phú và quý giá phục vụ đánh giá phân bố nhiệt độ bề mặt khu vực đô thị.

Kết quả nhận được trong nghiên cứu cho thấy, nhiệt độ bề mặt khu vực thành phố Thanh Hoá giai đoạn 2000 - 2017 có sự gia tăng đáng kể, trong đó nhiệt độ cao nhất năm 2017 đạt 311.55°K so với 307.16°K năm 2000. Nhiệt độ đạt cao tại các khu vực có mật độ xây dựng lớn, đặc biệt tại các khu vực có mật độ đất xây dựng trên 75%.

Kết quả nhận được trong nghiên cứu

Bảng 4: Mối quan hệ giữa mật độ xây dựng và nhiệt độ bề mặt

Mật độ xây dựng	<10%	10-45%	45-75%	>75%
Nhiệt độ bề mặt trung bình	299,12°K	303,02°K	304,05°K	305,46°K



Hình 3: Kết quả các định chỉ số đất xây dựng NDBI khu vực thành phố Thanh Hoá từ ảnh vệ tinh Landsat năm 2000 (a) và năm 2017 (b)

cũng là một nguồn thông tin quan trọng giúp các nhà quản lý đưa ra các biện pháp phù hợp trong quy hoạch và phát triển đô thị bền vững, giảm thiểu ảnh hưởng của sự tăng nhiệt độ bề mặt đối với môi trường đô thị. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Trần Thị Vân, Hoàng Thái Lan, Lê Văn Trung, 2009. Phương pháp viễn thám nhiệt trong nghiên cứu phân bố nhiệt độ bề mặt đô thị, Tạp chí các khoa học về Trái đất, Tập 31(2), trang 168 - 177.

[2]. Trịnh Lê Hùng, 2014. Nghiên cứu sự phân bố nhiệt độ bề mặt bằng dữ liệu ảnh vệ tinh đa phổ LANDSAT, Tạp chí các khoa học về Trái đất, Tập 36 số 1, trang 82 - 89.

[3]. Nguyễn Đức Thuận, Phạm Văn Vân (2016). Ứng dụng công nghệ viễn thám và hệ thống thông tin địa lý nghiên cứu thay đổi nhiệt độ bề mặt 12 quận nội thành, thành phố Hà Nội giai đoạn 2005 - 2015, Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, tập 14 số 8 trang 1219 - 1230.

[4]. Bui Quang Thanh (2015). Urban heat island analysis in Ha Noi: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface, Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc 2015, trang 674 – 677.

[5]. Alipour T., Sarajian M.R., Esmaseily A., 2004. Land surface temperature estimation from thermal band of LANDSAT sensor, case study: Alashtar city, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-4/C7.

[6]. Balling R.C., Brazel S.W., 1988. High – resolution surface temperature patterns in a complex urban Terrain, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, No.9, pp. 1289 – 1293.

[7]. Fei Yuan, Marvin E. Bauer, 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as

indicators of surface urban heat island effects in LANDSAT imagery, Remote Sensing of Environment 106:375 – 386.

[8]. Garcia Cueto O.R., Jauregui Ostos E., Toudert D., Tejada Martinez A., 2007. Detection of the urban heat island in Mexicali and its relationship with land use, Atmosfera 20(2), pp. 111 – 131.

[9]. Hyung Moo Kim, Beob Kyun Kim, Kang Soo You, 2005. A statistic correlation analysis algorithm between land surface temperature and vegetation index, International Journal of Information Processing Systems, Vol. 1, No. 1, pp. 102 – 106.

[10]. Javed Maltick, Yogesh Kant, D.B. Bharath, 2008. Estimation of land surface temperature over Delhi using LANDSAT-7 ETM+, Journal of Indian Geophysical Union, Vol. 12, No. 3, pp. 131 – 140.

[11]. Sundara Kumar K., Udaya Bhaskar P., Padmakumari K., 2012. Estimation of land surface temperature to study urban heat island effect using LANDSAT ETM+ image, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 4, No. 2, pp. 771 – 778.

[12]. Valor E., Caselles V.(1996). Mapping land surface emissivity from NDVI. Application to European African and South American areas, Remote sensing of Environment, 57, pp. 167 – 184.

[13]. Van de Griend A.A., Owen M. (1993). On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface, International Journal of Remote Sensing 14, pp. 1119 – 1131.

[14]. Zha, Y., Gao, Y. and Ni, S. 2003. Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery, International Journal of Remote Sensing, 24: 583–594

[15]. LANDSAT Conversion to Radiance, Reflectance and At-Satellite Brightness Temperature (NASA).○

Summary

Study on the change of land surface temperature in Thanh Hoa city in the period of 2000 – 2017 using Landsat thermal infrared data

Dang Nhu Duan, Dao Ngoc Long

Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

Trinh Le Hung

Military Technical Academy

Land surface temperature is one of the most important factors in urban climatology studies and human – environment interactions. In recent years, the land surface temperature in many large cities tends to increase significantly due to urbanization. This study presents the results of estimation of land surface temperature change in Thanh Hoa city, Thanh Hoa province in the period of 2000 – 2017 using Landsat thermal infrared data. The results obtained in this study can provide information to help managers in urban planning and sustainable development.○

GIỚI THIỆU ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM.....

(Tiếp theo trang 19)

Tài liệu tham khảo

[1]. Đỗ Thị Hoài và Đào Ngọc Long (2014). Nghiên cứu giải pháp loại trừ các nguồn sai số từ máy chụp ảnh phổ thông gắn trên máy bay không người lái phục vụ cho công tác đo đạc bản đồ. Tạp chí KHKT Mỏ-Địa chất, số 48, trang 38-44.

[2]. Cao Tuấn Dũng, Võ Thanh Bình, Phạm Văn Tuấn (2016). Ứng dụng công nghệ chụp ảnh hàng không bằng máy bay không người lái (UAV) trong công tác khảo sát địa hình mặt đất. Tạp chí Thông tin thiết kế. Số 2, tr 57-61.○

Summary

Appication of UAV and GIS to monitor river bank erosion of Red river and Duong river

Pham Minh Hai, Luu Hai Au, Do Thi Hoai

Institute of Geodesy and Cartography

River bank erosion not only causes loss of productive land but also affected local people, particularly those living near the river bank. There are many reasons of river bank erosion such as illegal construction projects encroaching on canals and rivers; excessive sand mining under the river. Currently, field survey is the traditional method for monitoring change of river bank. The limitation of this method is high cost, time consuming and the ability to update real-time river bank fluctuation factor. The application of unmanned aerial vehicles (UAV) and GIS in monitoring of river bank erosion is becoming a new trend, that can support local decision makers to manage river bank effectively.○