



ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THĂM ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN CAO TRONG PHÁT HIỆN THAY ĐỔI KÍCH THƯỚC HÌNH HỌC MẶT ĐƯỜNG BỘ, THÍ ĐIỂM TẠI MỘT SỐ KHU VỰC DỌC QUỐC LỘ 6 THUỘC TỈNH HÒA BÌNH

Hà Thị Hằng*

Bộ môn Trắc Địa - Khoa Cầu Đường – Trường Đại học Xây dựng

Bộ môn Bản đồ, Viễn thám và GIS – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – ĐHQG Hà Nội

Ngày nhận bài: 22-11-2017; ngày nhận bài sửa: 15-12-2017; ngày duyệt đăng: 19-6-2018

TÓM TẮT

Đường bộ là công trình dạng tuyến, thường chạy qua nhiều dạng địa hình khác nhau nên kích thước hình học dễ bị thay đổi. Còn ảnh vệ tinh độ phân giải không gian cao là nguồn ảnh dễ tiếp cận; đặc biệt, để theo dõi sự thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ chỉ cần sử dụng 1-2 cảnh ảnh, thao tác xử lý đơn giản, nhanh chóng. Bài báo này, trình bày kết quả phát hiện những thay đổi về kích thước hình học mặt đường bộ khi chồng xếp ảnh viễn thám độ phân giải cao SPOT-5 lên bản vẽ hoàn công đường bộ tuyến Quốc lộ 6 bằng GIS. Sau đó, đo đạc trực tiếp ngoài thực địa bằng công nghệ GPS để kiểm chứng những kết quả trên.

Từ khóa: ảnh vệ tinh độ phân giải cao, kích thước hình học đường bộ, Quốc lộ 6.

ABSTRACT

Application of high-resolution satellite imagery in distinguishing the changes of geometric dimension of roads, a case study in Hoa Binh province at some sections on Highway 6

Roads are linear works and they usually run through many variety of different terrains so their geometric dimension are changed easily. High-resolution satellite imagery is an accessible source, specially, in order to monitoring the changes of geometric dimension of road, they can only use 1-2 scenes with simple and fast operations. This paper has presented the results of the high-resolution remote sensing image application in detection of changes in geometric dimension of road in GIS. Then, these data were compared with GPS data to verify the results.

Keywords: high resolution satellite imagery, geometric dimension of roads, Highway 6.

1. Đặt vấn đề

Trên thế giới, sử dụng ảnh viễn thám để phát hiện những thay đổi về mặt kích thước hình học của đường bộ là một vấn đề không mới. Cụ thể, ảnh hàng không đen trắng mà sau này là ảnh hàng không hồng ngoại màu được đề xuất sử dụng trong thiết kế, quy hoạch đường bộ bởi nó cung cấp đầy đủ thông tin mà họ cần, từ: vị trí các tuyến đường, khu vực

* Email: hahangxd@gmail.com

sạt lở, thông tin độ dốc, độ nghiêng... cho đến khu vực đầm lầy, hệ thống tưới tiêu, thoát nước... – những dấu hiệu có thể quá nhỏ hoặc không thể nhận biết được trên bản đồ địa hình [1], [2], [3]. Bên cạnh đó, các nhà nghiên cứu cũng khẳng định ảnh hàng không, nhất là ảnh màu sẽ là tư liệu rất quan trọng trong phân tích hệ thống giao thông đường bộ ở Mỹ bởi tính cập nhật, tức thời của nó [4], [5]. Bricker (1972) sử dụng ba loại ảnh hàng không: Ảnh đen trắng, ảnh màu và ảnh hồng ngoại màu trong vạch tuyến đường, thí điểm trên 3 tuyến đường khác nhau ở Canada. Qua thực nghiệm, Bricker rút ra rằng, các vùng đất khô, ẩm ướt và các loại cây dễ dàng đoán nhận được trên ảnh hồng ngoại màu, cát và đá sỏi rất dễ nhận biết trên ảnh màu, qua đó, chứng tỏ ảnh màu và ảnh hồng ngoại màu có những ưu thế hơn hẳn ảnh đen trắng [6]. Còn Edwards (1973) lại lập bản đồ địa hình từ ảnh lập thể để phục vụ cho thiết kế đường ở Anh, nhà nghiên cứu nhận thấy các yếu tố có thể ảnh hưởng tới độ chính xác của bản đồ này, đó là: tỉ lệ và độ phân giải không gian của ảnh hàng không, hệ thống máy chụp ảnh, kinh nghiệm của người giải đoán ảnh và loại ảnh được sử dụng [7]. Jordan và T. R. West (1975), Beaumont (1977, 1982) đánh giá hiệu quả khi sử dụng đồng thời các nguồn ảnh: ảnh vệ tinh Skylab, ảnh vệ tinh Landsat và ảnh hàng không đen trắng. Sau khi áp dụng kĩ thuật phân loại không kiểm định đối với hai loại ảnh vệ tinh, các nhà nghiên cứu thấy rằng dữ liệu ảnh Landsat MSS với 12 đối tượng được phân loại và ảnh hàng không với 15 đối tượng được phân loại rất thích hợp trong thiết kế, vạch tuyến đường ở Ấn Độ [8], [9]. Beaven và Lawrance (1982) đưa ra một quy trình thành lập bản đồ địa hình hoàn chỉnh cho việc lập kế hoạch và thiết kế đường cao tốc từ ảnh hàng không và ảnh vệ tinh Landsat. Họ đề nghị nên sử dụng thêm các loại bản đồ khác, như: bản đồ thổ nhưỡng, bản đồ địa chất, bản đồ địa hình, bản đồ quân sự... để nhận diện những tuyến đường có thể thay thế, những khu vực xây dựng chiến lược... nhằm thẩm định hành lang tuyến đường và chọn ra được tuyến đường tốt nhất [10]. Lawrance và Beaven (1985) đã tổng quát một số trường hợp sử dụng ảnh viễn thám trong kĩ thuật đường bộ ở một số quốc gia đang phát triển. Ví dụ: ảnh Landsat đã được sử dụng để kiểm tra trong giai đoạn khảo sát địa kĩ thuật để lựa chọn hành lang tuyến đường ở phía Bắc Kenya. Hay trong nghiên cứu hành lang tuyến đường Đông Tây ở Nepal, thông tin liên kết giữa hành lang tuyến đường với mặt cắt dọc sông, vật liệu thi công đường... được phân tích từ ảnh hàng không. Các cuộc khảo sát sử dụng ảnh viễn thám để kiểm tra vật liệu xây dựng, độ dốc sườn núi, nguy cơ lũ lụt tại một số địa điểm khác cũng được đề cập tới [11]. Nhìn chung, các nghiên cứu này chủ yếu sử dụng ảnh hàng không và ảnh vệ tinh Landsat trong thiết kế, quy hoạch đường bộ mà không đề cập tới việc theo dõi, phát hiện những thay đổi về kích thước hình học mặt đường bộ.

Trong những năm gần đây, với sự phát triển không ngừng của công nghệ thông tin và công nghệ vũ trụ, nhiều nhà nghiên cứu đã lựa chọn phương thức sử dụng ảnh hàng không chụp từ máy bay không người lái (UAV – Unmanned Aerial Vehicle) để lập bản đồ địa hình phục vụ quản lý đường bộ [12], [13], [14]. Chỉ cần hai giờ đồng hồ để khảo sát đường, một hệ thống bản đồ đường bộ thời gian thực cùng với kích thước hình học của các tuyến đường sẽ được xây dựng từ các hình ảnh chụp được [15], [16]. Xét về hiệu quả thì các UAV có hiệu quả sử dụng tốt hơn, thời gian sử dụng linh hoạt, chủ động, chi phí khá thấp, các dữ liệu thu nhận được có độ phân giải không gian rất cao song việc xử lý dữ liệu nội nghiệp rất nhiều và tương đối mất nhiều thời gian. Trong khi đó, tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K118-K142 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình được xếp là tuyến đường cấp III miền núi, với độ rộng mặt đường 9m, việc sử dụng ảnh vệ tinh SPOT-5 có độ phân giải không gian cao (2,5m) là một việc làm khả thi; bởi lẽ, việc phát hiện những thay đổi về kích thước hình học mặt đường bộ chỉ cần sử dụng một cảnh ảnh, các thao tác xử lý đơn giản, nhanh chóng, dễ tiếp cận được nguồn ảnh này và chi phí cũng khá thấp.

Theo quy định ở Việt Nam, hồ sơ cuối cùng phục vụ cho quản lý, theo dõi những thay đổi về kích thước hình học của đường bộ là bản vẽ hoàn công đường bộ [17]. Mỗi khi xảy ra những thay đổi về kích thước hình học của con đường, đơn vị quản lý thường phải đi điều tra, đo đạc trực tiếp ngoài hiện trường, sau đó, báo cáo xin ý kiến chỉ đạo khắc phục và cập nhật vào hệ thống số liệu quản lý (theo báo cáo tại Cục Quản lý Đường bộ I thuộc Tổng cục Đường bộ Việt Nam). Việc này mất nhiều thời gian và có thể bị gián đoạn bởi điều kiện thời tiết, mật độ các phương tiện lưu thông... Do đó, việc tìm hiểu và áp dụng các loại ảnh viễn thám đa thời gian và có độ phân giải không gian cao sẽ là một giải pháp thay thế có tính hiệu quả hơn về mặt kinh tế.

2. Khu vực nghiên cứu và dữ liệu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là tuyến Quốc lộ 6, bắt đầu từ K118 – K142 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình. Tuyến Quốc lộ 6 đi qua tỉnh Hòa Bình dài khoảng 125km, nối liền Hà Nội, đồng bằng Bắc Bộ với Tây Bắc và Thượng Lào [18]. Giao thương tương đối thuận lợi, tuy nhiên, do Hòa Bình là tỉnh có địa hình núi trung bình, chia cắt phức tạp, độ dốc lớn nên hiện tượng sạt lở, sụt lún... do thiên tai xảy ra khá thường xuyên, điều này ảnh hưởng lớn tới kích thước hình học của nền đường bộ cũng như đời sống của người dân nơi đây.

2.2. Dữ liệu bản đồ địa hình

Bản đồ nền địa hình tỉ lệ 1:50.000 toàn tỉnh Hòa Bình, bao gồm các mảnh bản đồ địa hình có phiên hiệu F-48-66-D, F-48-78-B, F-48-78-D, F-48-79-A, F-48-79-B, F-48-79-C, F-48-79-D, F-48-80-A, F-48-80-C, F-48-91-B, F-48-92-A, F-48-92-B, được thành lập năm 2005, tại Xí nghiệp Đo đạc Ảnh địa hình – Bộ Tài nguyên và Môi trường được sử dụng để lấy các thông tin về mạng lưới giao thông trong khu vực, ranh giới hành chính.

2.3. Dữ liệu bản vẽ hoàn công đường bộ

Bản đồ hoàn công đường bộ năm 2002, tỉ lệ 1:2000, tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K38 đến K153 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình năm 2002, được lưu trữ dạng giấy, khoảng 500m/khổ A3 tại Cục Quản lí Đường bộ I để lấy các thông tin về kích thước hình học của đường bộ [19].

2.4. Dữ liệu ảnh SPOT 5

Dữ liệu ảnh vệ tinh sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-5, chụp vào ngày 18/04/2011, bao trùm một đoạn tuyến Quốc lộ 6, bắt đầu từ K103+700 đến K143 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình (Hình 3).

Vệ tinh SPOT - 5 phóng lên quỹ đạo ngày 03 tháng 5 năm 2002, được trang bị một cặp sensors HRG (High Resolution Geometric) là loại sensor ưu việt hơn các loại trước đó. Mỗi một sensor HRG có thể thu được ảnh với độ phân giải 2,5m đen - trắng và 10m với ảnh màu, trong khi đó dải chụp phủ mặt đất của ảnh vẫn đạt đến 60km [20].

Bảng 1. Đặc điểm các kênh phổ ảnh SPOT 5 [20]

Kênh	Tên gọi	Dải sóng (μm)	Độ phân giải không gian (m)
1	Xanh lục - Green	0,500 – 0,590	10
2	Đỏ-Red	0,610 – 0,680	10
3	Cận hồng ngoại-NIR	0,780 – 0,890	10
4	Toàn sắc - Pan	0,480 – 0,710	2,5
5	Hồng ngoại sóng ngắn - SWIR	1,580 – 1,750	20

2.5. Dữ liệu số liệu ngoại nghiệp

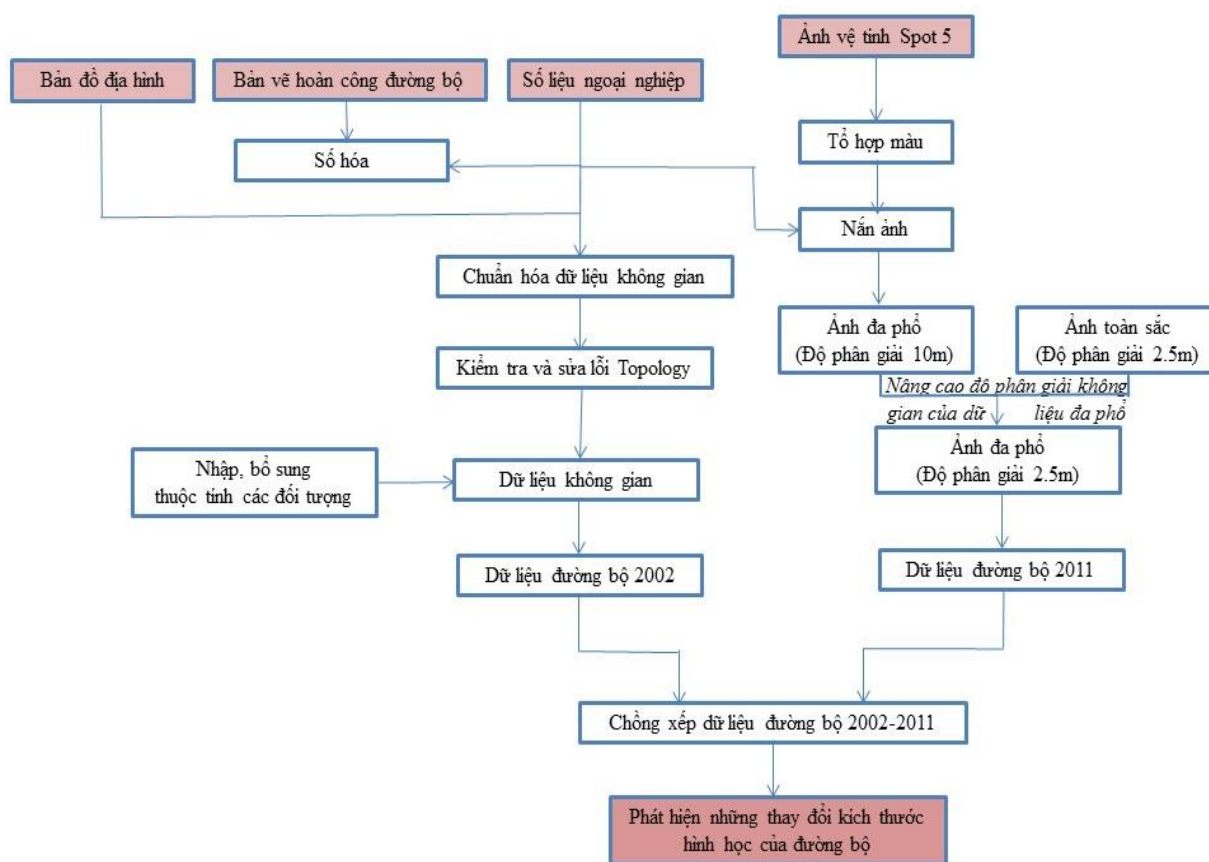
Số liệu đo GPS của một số các vị trí tìm đường tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K38 đến K153 và một số điểm khống chế ngoại nghiệp dùng để nắn ảnh vệ tinh SPOT-5 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình năm 2016, trong hệ tọa độ Quốc gia VN-2000.

2.6. Dữ liệu số liệu báo cáo

Một số báo cáo năm 2011 về tình trạng sạt lở, sụt lún trên tuyến Quốc lộ 6, một số đoạn thuộc K38 đến K153 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình được lưu trữ dạng giấy, khổ A4 tại Cục Quản lí Đường bộ I [21].

3. Phương pháp thực nghiệm

3.1. Quy trình thực nghiệm



Hình 1. Quy trình phát hiện những thay đổi về kích thước hình học của đường bộ từ ảnh vệ tinh SPOT 5

Các thông số của mặt đường bộ được thể hiện trên bản vẽ hoàn công gồm có: Tim đường, mép đường hai bên, bề rộng. Do bản vẽ hoàn công đường bộ tuyến Quốc lộ 6 được lưu ở dạng giấy, khoảng 500m/A3 nên cần phải tiến hành số hóa, xoay, ghép tạo thành một tuyến hoàn chỉnh. Sau đó, sử dụng số liệu đo ngoại nghiệp bằng GPS để nắn chỉnh tuyến Quốc lộ 6 về hệ tọa độ Quốc gia VN-2000 trong GIS.

Trong viễn thám, thường có hai kiểu tổ hợp màu từ dữ liệu đa phổ là: Tổ hợp màu thật và tổ hợp màu giả. Đối với vệ tinh SPOT 5, do không có một trong ba kênh màu sắc thực là Red, Green và Blue, cụ thể ở đây là kênh Blue, nên chỉ có thể tổ hợp được màu giả. Kênh Blue bị thiếu có thể thay thế bằng kênh NIR và sau đó hiển thị như là một kênh màu đỏ, còn kênh đỏ và kênh xanh lục được hiển thị như kênh màu xanh lá và màu xanh lơ, tương ứng, tạo ra một tổ hợp màu giả. Dữ liệu viễn thám được sử dụng trong nghiên cứu này là ảnh vệ tinh SPOT-5, ảnh này có độ phân giải không gian 10m ở kênh đa phổ và 2,5m ở kênh toàn sắc, do đó, cần thiết phải nâng cao độ phân giải không gian của dữ liệu đa phổ theo dữ liệu toàn sắc (Panchromatic sharpening) nhằm tạo ra dữ liệu hình ảnh vừa mạnh về thông tin không gian, vừa giàu về thông tin phổ, cung cấp một hình dung tốt hơn về hình ảnh nhận được [22], [23]. Trong nghiên cứu này, sử dụng kỹ thuật IHS để nâng cao

độ phân giải không gian đối với dữ liệu đa phổ SPOT 5 [24], [25], [26]. Bởi lẽ kỹ thuật này không tạo ra những mảng màu tối trên ảnh kết quả như kỹ thuật Brovey hoặc tạo ra dữ liệu ảnh kết quả có màu sắc khác hẳn dữ liệu ảnh gốc ban đầu [27], hơn nữa, với kỹ thuật này, màu sắc sau khi tổ hợp gần giống với màu sắc trong tự nhiên, dễ đoán nhận những vùng mà kích thước hình học mặt đường bộ bị thay đổi.

Với dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-5 sau khi được tăng cường độ phân giải không gian 2,5m, tiến hành sử dụng tọa độ của các điểm khống chế ngoại nghiệp - được đo bằng công nghệ GPS ngoài thực địa - để nắn chỉnh hình học ảnh vệ tinh về hệ tọa độ VN-2000 theo phương pháp nắn đa thức bậc 1 trong phần mềm ArcGIS 10.2. Kết quả của quá trình này được thể hiện trong Hình 2. Với sai số trung phương đạt được là 0,421m, dữ liệu ảnh vệ tinh SPOT-5 có thể đáp ứng được yêu cầu theo dõi sự thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ trên tuyến Quốc lộ 6.

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
1	374,145236	-49,511247	502627,291608	2296327,245798	0,0111637	0,0059132	0,0766642
2	601,564178	-418,257438	521089,969408	2314504,974610	-0,0273562	0,0805417	0,0175428
3	571,630142	-642,175641	547945,231452	2310602,362638	0,091926	0,079654	0,0997871
4	473,005721	-387,415264	522743,618549	2280042,926519	-0,068455	-0,2177146	0,0586392
5	264,335578	-299,752466	545299,392827	2290626,281020	0,0799526	0,0809715	0,0653784

Total RMS Error: Forward: 0,42082951

Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

Forward Residual Unit: Unknown

Hình 2. Kết quả nắn chỉnh hình học ảnh SPOT-5 trong phần mềm ArcGIS 10.2

3.2. Kết quả và thảo luận

Sau khi tiến hành chồng xếp dữ liệu đường bộ tuyến Quốc lộ 6 năm 2002 từ bản vẽ hoàn công đường bộ và dữ liệu đường bộ tuyến Quốc lộ 6 được số hóa trên nền dữ liệu ảnh đa phổ SPOT 5, độ phân giải không gian 2,5m trong phần mềm ArcGIS 10.2 (Hình 3).

Theo quy định như hiện nay, bản vẽ hoàn công đường bộ dạng giấy như một dạng hồ sơ “chết”, việc cập nhật những thay đổi về kích thước hình học mặt đường bộ do các tai biến thiên nhiên hoặc do các hoạt động nhân sinh lên hồ sơ này vô cùng khó. Vì vậy, các đơn vị quản lý thường coi kích thước hình học mặt đường bộ không thay đổi, chuẩn theo bản vẽ hoàn công đường bộ. Tuy nhiên, trên thực tế, việc đảm bảo cho kích thước hình học mặt đường bộ không thay đổi là không thể vì yếu tố này thường bị ảnh hưởng bởi hai nhóm nguyên nhân, các tai biến thiên nhiên và các hoạt động nhân sinh. Do đó, mỗi khi có báo cáo về tình hình sụt lún, sạt lở trên đường bộ, các đơn vị quản lý phải tiến hành đi đo đạc trực tiếp ngoài hiện trường với rất nhiều hạn chế.

Kết quả quan sát trên ảnh vệ tinh cho thấy, tại một số vị trí trên tuyến Quốc lộ 6, kích thước hình học mặt đường bộ có sự thay đổi, thể hiện bằng những mảng màu trắng hoặc trắng xám (Hình 4a, 4b, 4c). Sau đó, nhóm nghiên cứu tiến hành đo đạc trực tiếp ngoài

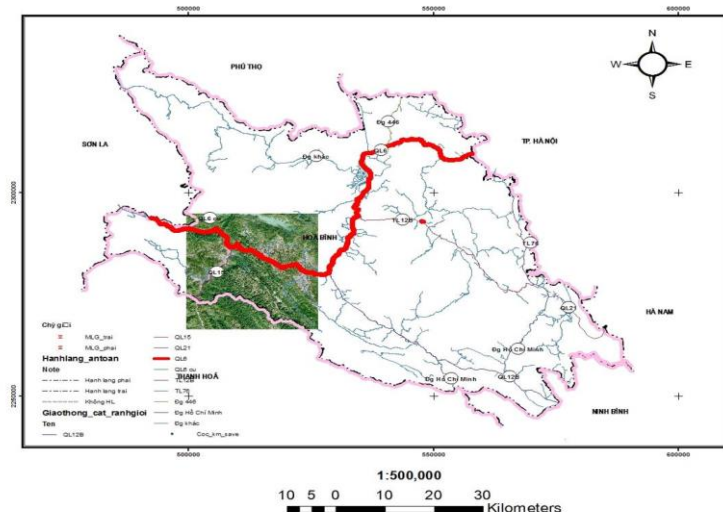
hiện trường tuyến Quốc lộ 6 vào ngày 03/10/2016 bằng công nghệ GPS tại các lí trình: K118+195, K118+212, K118+305, 124+820, K124+852-K124+915, K124+780-K124+900, K141+040-K141+120, 141+040-K141+120. Kết quả thu được thể hiện ở Bảng 2. Qua đó, cho thấy, sai lệch giữa việc đo trên ảnh với ngoài thực địa đạt giá trị lớn nhất vào khoảng $\pm 1m$ và nhỏ nhất khoảng $\pm 0.1m$. Điều này là do địa hình tại các lí trình K118+195, K118+212 tương đối hiểm trở, cắt xẻ nhiều nên rất khó khăn trong quá trình tiếp cận.

Do mỗi cấp đường lại được quy định độ rộng khác nhau (Bảng 3), còn nghiên cứu này mới chỉ thực nghiệm, đánh giá kết quả dựa trên ảnh vệ tinh SPOT-5, để khẳng định tính hiệu quả, cần thiết và khả năng áp dụng được vào thực tiễn, cần phải nghiên cứu trên nhiều loại tư liệu ảnh vệ tinh khác và thí điểm trên từng cấp đường bộ tại Việt Nam.

Bảng 3. Độ rộng quy định của đất dành cho đường bộ theo cấp hạng đường [28], [29]

Cấp thiết kế của đường	Đất của đường bộ		
	Chiều rộng nền đường tối thiểu (m)		Độ rộng phần đất dọc hai bên đường bộ (m)
	Đồng bằng và đồi	Vùng núi	
Cấp I	32,5	-	3
Cấp II	22,5	-	
Cấp III	12,00	9,00	2
Cấp IV	9,00	7,50	1
Cấp V	7,50	6,50	-
Cấp VI	6,50	6,00	-

**BẢN VẼ HOÀN CÔNG TUYẾN QUỐC LỘ 6
ĐỊA PHẬN TỈNH HÒA BÌNH**



Hình 3. Bản đồ hoàn công tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K105 đến K142 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình trên nền ảnh vệ tinh SPOT-5 (độ phân giải không gian 2,5m)

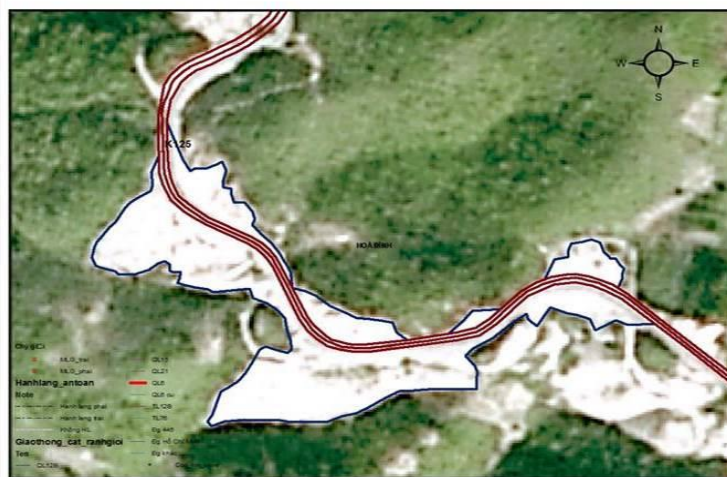
BẢN VẼ HOÀN CÔNG TUYẾN QUỐC LỘ 6
ĐỊA PHẬN TỈNH HÒA BÌNH



— Kịch thước hình học mặt đường bộ trên bản vẽ hoàn công
— Kịch thước hình học mặt đường bộ được số hóa từ ảnh vệ tinh

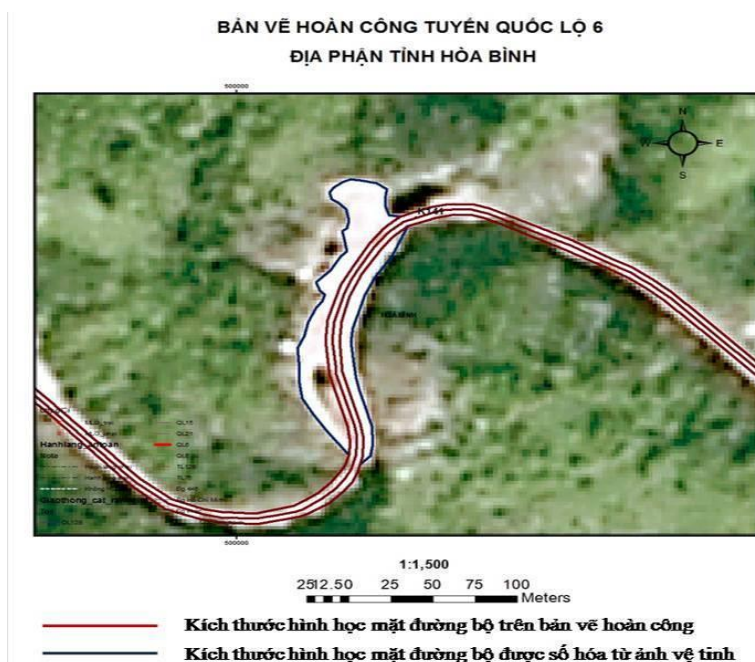
Hình 4a. Bản đồ thể hiện kích thước hình học mặt đường bộ tuyến Quốc lộ 6 bị thay đổi tại các lí trình K118+195, K118+212, K118+305 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình trên nền ảnh vệ tinh SPOT-5 (độ phân giải không gian 2,5m)

BẢN VẼ HOÀN CÔNG TUYẾN QUỐC LỘ 6
ĐỊA PHẬN TỈNH HÒA BÌNH



— Kịch thước hình học mặt đường bộ trên bản vẽ hoàn công
— Kịch thước hình học mặt đường bộ được số hóa từ ảnh vệ tinh

Hình 4b. Bản đồ thể hiện kích thước hình học mặt đường bộ tuyến Quốc lộ 6 bị thay đổi tại các lí trình K124+820, K124+852-K124+915, K124+780-K124+900 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình trên nền ảnh vệ tinh SPOT-5 (độ phân giải không gian 2,5m)



Hình 4c. Bản đồ thể hiện kích thước hình học mặt đường bộ tuyến Quốc lộ 6 bị thay đổi tại các lí trình K141+040-K141+120, K141+040-K141+120 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình trên nền ảnh vệ tinh SPOT-5 (độ phân giải không gian 2,5m)

Bảng 2. So sánh số liệu đo thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ tại một số vị trí trên ảnh với ngoài thực địa

Lí trình	Khảo sát thực địa		Hình ảnh
	Trên ảnh vệ tinh SPOT-5	Số liệu đo trực tiếp bằng GPS	
K118+195	109,3m từ mép đường phải	108,5m từ mép đường phải	
K118+212	69,6m từ mép đường phải	69,2m từ mép đường phải	
K118+305	27,3m từ mép đường phải	27,1m từ mép đường phải	
K124+820	22,0m từ mép đường phải	21,2m từ mép đường phải	
K124+852-K124+915	31,2m từ mép đường phải	30,5m từ mép đường phải	
K124+780-K124+900	12,6m từ mép đường trái	11,7m từ mép đường trái	
K141+040-K141+120	5,9m từ mép đường phải	5,8m từ mép đường phải	
K141+040-K141+120	8,0m từ mép đường trái	7,8m từ mép đường trái	

4. Kết luận

Bài báo đã sử dụng một cảnh ảnh vệ tinh Spot-5 chụp năm 2011, bao trùm một phần tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K103+700 đến K143 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình, sau đó, chồng xếp lên bản vẽ hoàn công đường bộ năm 2002, đoạn từ K38 đến K143 trong môi trường GIS, kết quả cho thấy, kích thước hình học mặt đường bộ thay đổi nhiều ở các lí trình K117+850-K118+305, K124+820-K124+900, K141+040-K141+120; thay đổi ít ở các lí trình K125-K126, K127-K128, K140-K141 và hầu như không thay đổi ở các lí trình K105-K117+850, K121-K124, K126-K140. Qua đó, có thể khẳng định, sử dụng ảnh viễn thám có độ phân giải không gian cao trong theo dõi những thay đổi kích thước hình học mặt đường bộ là một việc làm khả thi, khắc phục được hầu hết các nhược điểm của công nghệ truyền thống.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.W. Higgs, "Photo interpretation in highway engineering," *Proceeding of Seminar on air photo interpretation in the development of Canada*, Ottawa, Ontario, Canada, 11p, Jan.1963.
- [2] R.E. Becker, and C.W. Lancaster, "Aerial infrared surveys: A highway research tool," *Photogrammetry and aerial surveys*, no.142, pp.55-63, Mar. 1966.
- [3] J.R. Chaves and R.L. Schuster, "Color photos for highway engineering," *Photogrammetric Engineering*, 34(4), pp. 374-379, Dec. 1968.
- [4] F. Henderson and D.S. Simonett, "Space photography as a tool in delimiting transportation networks," *Proceeding of American association geographers*, vol.2, pp.71-73, Jan.1970.
- [5] M.J. Dumbleton and G. West, "Air-photograph Interpretation for Road Engineers in Britain," *Report LR369*, Crowthorne, Berks., 22p, Nov. 1970.
- [6] C.D. Bricker, "Experiments in aerial remote sensing for highway engineering," *1st Canadian Symposium on remote sensing*, Ottawa, Ontario, Canada, vol.2, pp.713-715, Jan.1972.
- [7] R.J.G. Edward, "Some uses of air photography for road design in the UK and abroad," *Journal Institute of highway engineers*, pp. 9-14, August 1973.
- [8] S.G. Jordan and T.R. West, "Highway route location utilizing remote sensing techniques, Fort Wayne, India," *Laboratory for application of remote sensing*, Purdue University, India, 18p, Nov.1975.
- [9] T.E. Beaumont, "Techniques for the Interpretation of Remote sensing Imagery for Highway Engineering Purposes," *Report LR753*, Berks., 24p, Jan.1977.
- [10] T.E. Beaumont, "Land Capability Studies from Landsat Satellite Data for Rural Road Planning in North East Somalia," *In proceeding of DECO Symposium on Terrain Evaluation and Remote Sensing for Highway Engineering in developing countries*, Report SR690, Crowthorne, Berks., pp. 86-98, Mar. 1982.

- [11] P.J. Beaven and . C.J. Lawrance “Terrain Evaluation for Highway Planning and Design,” *Transportation research board*, NAS, (892), pp.36-46, Jan.1982.
- [12] C.J. Lawrance and P.J. Beaven, “Remote Sensing for Highway Engineering Project in Developing Countries,” In *Remote Sensing in Civil Engineering*, T.J.M.Kennie and M.C.matthews (edition), John Wiley and Sons, New York, 1985, pp. 240-268.
- [13] C. Zhang, “An UAV-based photogrammetric mapping system for road condition assessment,” In: *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Congress, pp. 627 - 631, Jan.2008.
- [14] C. Zhang, “Monitoring the condition of unpaved roads with remote sensing and other technology,” US DOT DTPH56-06-BAA-0002, 12p, Apr.2009.
- [15] W. Feng, W. Yundong, Z. Qiang, “UAV borne real-time road mapping system,” *Conference: Urban Remote Sensing Event*, pp.1-7, China, June 2009.
- [16] C. Zhang, A. Elaksher, “An unmanned aerial vehicle-based imaging system for 3D measurement of unpaved road surface distresses,” *Comput-Aided Civil Infrastruct Eng* 27(2): pp.118 - 129, Feb.2012.
- [17] Nghị định 46/2015/NĐ-CP. Nghị định về quản lý chất lượng bảo trì công trình xây dựng.
- [18] Tỉnh ủy-Hội đồng nhân dân - Ủy ban nhân dân tỉnh Hòa Bình, *Địa chí Hòa Bình*, Nguyễn Ngọc Tuấn (chủ biên), NXB Chính trị Quốc gia, Hà Nội, 2005.
- [19] Bản vẽ hoàn công đường bộ tuyến Quốc lộ 6, đoạn từ K87 đến K145 thuộc địa phận tỉnh Hòa Bình, năm 2002.
- [20] <https://earth.esa.int/web/guest/data-access/browse-data-products/-/article/spot-5>.
- [21] Báo cáo số liệu thống kê Quốc lộ 6 của Cục quản lý đường bộ I năm 2011.
- [22] Gene Rose, “Pan sharpening,” *Photogrammetric engineering and remote sensing journals*, USA, 13p, Mar.2003.
- [23] Gulcan Sarp, “Spectral and spatial quality analysis of pan-sharpening algorithms: A case study in Istanbul,” *European Journal of Remote Sensing*, vol.47, pp.19-28, Feb. 2013.
- [24] W. J. Carper, T. M. Lillesand, and R. W. Kiefer, “The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multispectral image data,” *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 56, no. 4, pp.459 - 467, Nov.1990.
- [25] Hao Chen, Tian Liang and Juan Yao, “The Processing Algorithms and EML Modeling of True Color Synthesis for SPOT5 Image,” *Applied Mechanics and Materials*, vols. 373 - 375, pp.564 - 568, Switzerland, August 2013.
- [26] Kidiyo Kpalma, Miloud Chikr El Mezouar, Nasreddine Taleb, “Electronic and Com-puting Engineering,” *1st International Conference on Electrical*, Vrnjacka Banja, Serbia, 10p, June 2014.
- [27] Sukentyas Estuti Siwi, “Evaluation of Spot-5 image fusion using modified pan-sharpening methods,” *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol.11, no.2, pp.117 - 126, Dec.2014.
- [28] Luật giao thông đường bộ 23/2008/QH12.
- [29] TCVN 4054: 2005, Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 4054: 2005 về Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế, 9398: 2012 về công tác trắc địa trong xây dựng công trình, 64 tr.