

XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ ĐỊA HÌNH BẰNG CÔNG NGHỆ LIDAR

ThS. NGUYỄN THỊ THUÝ HẠNH

Trường ĐH Tài nguyên Môi trường HN

Tóm tắt:

Công nghệ LiDAR (Light Detection And Ranging) có nhiều ưu điểm nên ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Đặc biệt với công tác nghiên cứu địa hình, việc ứng dụng công nghệ này đem lại lợi ích rất lớn. Bài báo trình bày những đặc điểm ưu việt của công nghệ LiDAR và thử nghiệm kết quả nghiên cứu xây dựng Mô hình số địa hình DTM (Digital Terrain Model) tại khu vực thành phố Bắc Giang. Kết quả nghiên cứu cho thấy tính năng vượt trội của công nghệ LiDAR so với những công nghệ truyền thống, cho phép tạo DTM nhanh với độ chính xác khá cao ở khu vực đồi núi và đồng bằng, ít chịu ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết, đáp ứng yêu cầu cấp thiết về quản lý đô thị tại các thành phố trong công cuộc đổi mới đất nước.

1. Mở đầu

Mô hình số địa hình DTM (hay mô hình số độ cao DEM) có thể được xây dựng bằng các phương pháp truyền thống: đo đạc trực tiếp thực địa, số hoá bản đồ địa hình, đo vẽ trên trạm ảnh số... Tuy nhiên, công nghệ LiDAR là một trong những công nghệ mới hơn hiện đang được sử dụng, cho phép xây dựng mô hình số độ cao DEM theo từng tầng ứng với từng loại đối tượng (ví dụ như có thể tạo DEM theo tầng ngọn cây, DEM theo tầng công trình dân dụng, DEM cho hệ thống dây và cột điện...). Trong phần mềm xử lý dữ liệu LiDAR có những công cụ lọc, dùng để loại bỏ các điểm độ cao của các đối tượng không nằm trên mặt đất để tạo mô hình số địa hình DTM [4].

Để ứng dụng công nghệ LiDAR có hiệu quả nhất, hiện nay các hãng chế tạo LiDAR hàng đầu trên thế giới đều tích hợp hệ thống LiDAR với máy chụp ảnh số cỡ trung bình. Sản phẩm của hệ thống tích hợp này ngoài mô hình số bề mặt DSM, mô hình số độ cao (DEM/DTM), ảnh cường độ xám còn có bộ ảnh màu và ảnh nấn trực giao [2].

Các hệ thống LiDAR trên thế giới có nguyên lý hoạt động chung gần như giống nhau, độ chính xác tương đương nhau, khác nhau chủ yếu là các chỉ tiêu kỹ thuật như: cường độ của sóng Laser, bước sóng Laser, số lượng xung Laser phát trong một giây và phương pháp phân dòng tia quét (gương hoặc tổ hợp sợi).

Công nghệ LiDAR có các tính năng vượt trội rất rõ rệt so với những công nghệ truyền thống. LiDAR tạo được DTM với hiệu suất cao, độ chính xác rất lớn, tốc độ rất nhanh. LiDAR có thể biểu diễn chi tiết địa hình bề mặt trái đất cả ở những vùng địa hình rất khó khăn, phức tạp, cây che phủ và thực hiện trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt, cả ngày và đêm. Ngoài ra, công nghệ LiDAR còn được ứng dụng rất có hiệu quả trong công tác quản lý, đánh giá rừng, theo dõi, quản lý các công trình kinh tế kỹ thuật, xây dựng bản đồ chuyên đề, nghiên cứu vùng ven biển và hệ thống sông ngòi, thành lập, cập nhật bản đồ lũ lụt, quy hoạch và theo dõi khai thác mỏ, nghiên cứu tổng hợp vùng thành thị, sử dụng trong mục đích quân sự, đánh giá và dự đoán các thảm họa...

2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống LIDAR

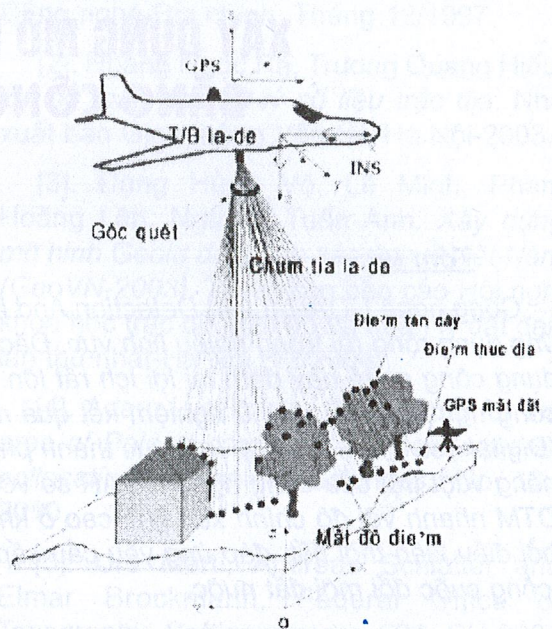
Công nghệ LiDAR có thể mô tả một cách tổng quát đó là một hệ thống tích hợp từ 3 thành phần chính: thiết bị đo dài Laser, hệ thống định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) và hệ thống điều khiển hàng hướng INS (Inertial Navigation System). Trong đó:

Thiết bị đo dài Laser đặt trên máy bay, cho phép đo khoảng cách từ máy bay đến điểm địa vật, địa hình. Ở phần đầu của thiết bị quét Laser có gắn tấm gương quay, cho phép thiết bị này có thể quét tuyến địa hình từ vài chục mét tới vài trăm mét. Tia Laser hoạt động chủ yếu theo nguyên lý xung điện có tần số lớn tới vài kHz phát ra từ nguồn sáng Laser. Tín hiệu phản hồi từ địa vật hay địa hình được thu lại. Khoảng cách từ máy bay đến điểm địa vật, địa hình tại thời điểm quét được xác định thông qua tần số xung điện (v) và thời gian nhận được tín hiệu phản hồi (t). Thiết bị Laser hoạt động trong dải phổ hồng ngoại và cận hồng ngoại với bước sóng tới 1540 nm. Độ chính xác đo Laser có thể đạt tới $m_D = \pm 1\text{cm}$.

Hệ thống định vị toàn cầu (GPS) nhằm xác định vị trí không gian X, Y, Z của thiết bị Laser đặt trên máy bay tại thời điểm quét. Hiệu số tọa độ không gian giữa thiết bị quét Laser đặt trên máy bay và trạm GPS mặt đất được xác định nhờ kỹ thuật đo DGPS.

Hệ thống điều khiển hàng hướng INS thực hiện nhiệm vụ đo gia tốc theo ba hướng X, Y, Z và góc nghiêng của máy bay, cho phép xác định góc phương vị của tia quét Laser (ϕ) tại thời điểm quét.

Tọa độ không gian X, Y, Z của điểm địa vật, địa hình sẽ được xác định thông qua độ dài (D) và góc phương vị tương ứng (ϕ) trong hệ thống tọa độ lựa chọn GPS [1]. (Xem hình 1)



Hình 1: Nguyên lý hoạt động hệ thống LiDAR

3. Khu vực nghiên cứu thử nghiệm và tư liệu sử dụng

Khu vực TP. Bắc Giang nằm trong phạm vi từ $21^{\circ}15'37,5''$ đến $21^{\circ}19'22,5''$ độ vĩ Bắc, từ $106^{\circ}08'15''$ đến $106^{\circ}13'44,5''$ độ kinh Đông, có địa hình tương đối bằng phẳng. Độ cao trung bình từ 5m đến 10m. Rải rác có các đồi gò đột xuất, diện tích không lớn, chiếm khoảng 7% diện tích khu đo, độ cao từ 10m đến 100m. Địa vật phức tạp và đa dạng ở các phường nội thành, khu vực các đầu mối giao thông thủy, bộ, khu công nghiệp, khu dân cư và khu vực trụ sở của cơ quan hành chính các cấp đang làm việc gồm: nhà, bưu điện, trường học .v.v.

Đây là khu vực có nhiều thay đổi, đang được đầu tư xây dựng nhiều khu công nghiệp liên doanh với nước ngoài. Hàng loạt các thay đổi trong kinh tế - xã hội, cơ cấu kinh tế, tỷ trọng giữa các ngành đang diễn ra sôi động ở khu vực đô thị. Khu vực đô thị ngày càng được mở rộng và các khu dân cư ngoại thành đang phát triển theo hướng tập trung và hiện đại hơn. Vì vậy, việc cung cấp

dữ liệu số về điều tra cơ bản ở tỷ lệ 1/2.000 thống nhất theo các định dạng chuẩn là đòi hỏi bức xúc của thực tế để phục vụ quy hoạch và phát triển kinh tế - xã hội của Bắc Giang trong thời kỳ hiện nay.

Tư liệu sử dụng trong nghiên cứu này gồm 44 mảnh bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2.000 và các điểm toạ độ nhà nước, điểm độ cao nhà nước: (Xem bảng 1)

Các điểm độ cao nhà nước

Điểm độ cao hạng I: I(LS-HC) 21, 27, 29, 33

Điểm độ cao hạng III: Tuyến từ điểm hạng I(LS-HN) 30 đến nút hạng III(TN-K)3. Tuyến từ điểm hạng I(LS-HN) 29 đến nút hạng III(TN-K) 8 điểm hạng III(PLT-ĐL) 1, 2, 2-1, 3. Tuyến từ điểm hạng II(BN-QT)3 đến nút hạng III(PLS-ĐL)1

Đánh giá mật độ điểm toạ độ, độ cao nhà nước: Mạng lưới toạ độ nhà nước khu vực đảm bảo đủ mật độ khống chế để đo nối trạm Base và phát triển các lưới cấp thấp để đo đạc xác định bãi hiện chỉnh mặt phẳng và độ cao phục vụ bay chụp LiDAR.

4. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm

Sau quá trình xử lý dữ liệu LiDAR kết quả thu nhận được là file (*.txt) trong đó có toạ độ (X,Y,Z), độ cao Z ở đây là độ cao mặt đất đã được lọc điểm, ảnh trực chiếu đã được nắn và cắt ghép theo mảnh bản đồ. Ta bắt đầu quá trình thực hiện thành lập DTM cho bản đồ tỷ lệ 1/2.000 dưới file định dạng (*.dgn). Trên cơ sở file (*.txt) để nội suy bình độ số địa vật 3D mà không cần dùng đến đo vẽ ảnh số, vì vậy giảm thiểu được thời gian đo vẽ (công việc phải đầu tư cả về máy trạm lẫn con người). Đây chính là một trong các ưu việt mà LiDAR mang lại. (Xem hình 2)

Các đối tượng khi số hoá nhận được giá trị độ cao dựa trên file (*.txt) thu nhận ở trên. Quá trình sẽ tiến hành theo hai công đoạn: file (*_DH.dgn) là file trong đó có điểm độ cao và đường bình độ, file (*_DV.dgn) là file trong đó các địa vật được số hoá và nhận giá trị độ cao như đo vẽ trên trạm ảnh số, các đường mô tả địa hình như sống núi, tụ thủy, đường đứt gãy... (Xem hình 3, 4, 5)

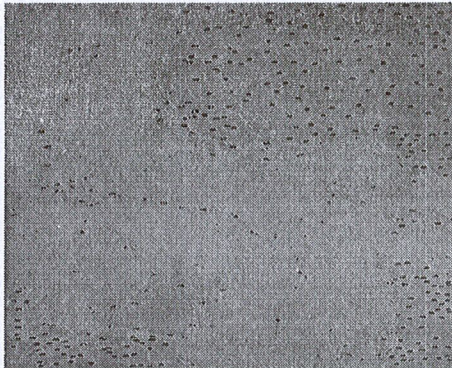
Bảng 1: Các điểm toạ độ nhà nước

10402	93473	105407	105439	105468	105497
92576	93474	105408	105440	105469	105498
92577	93475	105409	105441	105471	105499
92580	93476	105413	105442	105472	105502
93446	104500	105415	105445	105473	105503
93447	104503	105416	105446	105476	105504
93448	104504	105420	105447	105477	105506
93452	104507	105422	105448	105478	105508
93453	104508	105423	105452	105479	105509
93457	104509	105424	105453	105480	105510
93458	104510	105425	105454	105483	105511
93459	104511	105426	105455	105484	105512
93461	104512	105427	105456	105486	105513
93462	104515	105428	105457	105487	105516
93463	104516	105430	105458	105489	105517
93464	104518	105431	105460	105490	105553
93468	105401	105432	105461	105492	105556
93469	105404	105433	105462	105493	105557
93470	105405	105437	105463	105494	
93471	105406	105438	105465	105496	

kg_101c.txt - Notepad

File	Edit	Format	View	Help
618835.15	2357706.88	19.75		
618836.15	2357706.88	19.39		
618837.15	2357706.88	18.93		
618838.16	2357706.88	19.57		
618839.16	2357706.88	19.17		
618840.16	2357706.88	19.06		
618841.16	2357706.88	18.53		
618842.16	2357706.88	18.44		
618843.16	2357706.88	19.37		
618844.16	2357706.88	19.89		
618845.16	2357706.88	19.85		
618846.16	2357706.88	19.83		
618847.16	2357706.88	20.19		
618848.16	2357706.88	20.34		
618849.16	2357706.88	20.52		
618850.16	2357706.88	20.79		
618851.16	2357706.88	20.70		

Hình 2: File txt thu được sau quá trình xử lý kết quả LIDAR



Hình 3: Kết quả file (*_DH.dgn)



Hình 4: Kết quả file (*_DV.dgn)



Hình 5: Kết quả file tổng DH và DV

Để thành lập TIN ta cộng hai file DH và DV, bỏ các đối tượng không tham gia tạo TIN như: text điểm độ cao, cầu, cống....



Hình 6: Kết quả file thành lập DTM

Khảo sát kiểm tra lại file DGN theo bảng phân lớp: vì nếu phân lớp đối tượng không đúng sẽ dẫn đến kết quả khai báo sai đối tượng địa hình và thuật toán tạo DEM sẽ nhận sai đối tượng (ví dụ đường bình độ lại nhận kiểu khai báo là đường tụ thủy như vậy sai về bản chất đối tượng...)

Phân loại các đối tượng mô tả địa hình (như các đường tụ thủy, phân thủy, các đường bình độ....) trong quá trình tạo mô hình TIN sử dụng các đối tượng đường đặc trưng (hard break line), đồng thời phải phân loại các đối tượng mô tả địa hình nhân tạo là các đối tượng cắt xẻ địa hình, biến đổi địa hình như các đường đắp cao, xẻ sâu, khu

vực đào bới... trong quá trình tạo mô hình TIN từ các đối tượng đường đặc trưng định hướng (*Soft break line*)

Đối với các điểm độ cao được định nghĩa là các điểm rời rạc (*Mass points*)

Trong môi trường ARCGIS ta có thể lưu trữ DTM ở nhiều dạng khác nhau như dạng TIN, GRID... (*Xem hình 7, 8*)

Kiểm tra nghiệm thu và đánh giá độ chính xác

Căn cứ phân loại địa hình của yêu cầu bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2.000, căn cứ yêu cầu độ chính xác của mô hình số địa hình theo yêu cầu và khả năng đáp ứng của công nghệ LiDAR, mô hình số địa hình được thành lập với độ chính xác theo 2 vùng:

Khu vực bằng phẳng ở độ cao dưới 10m và quang đãng (mặt đất trần trụi) mô hình số địa hình được xây dựng với độ chính xác 0,2m.

Khu vực có chên cao, đồi, gò, khu vực bị che khuất do thực phủ, công trình kiến trúc: mô hình số địa hình được xây dựng với độ chính xác 0,3m đến 0,5m.

Để kiểm tra DTM có rất nhiều phương án kiểm tra nhưng yêu cầu bắt buộc cho các điểm kiểm tra phải được chuyển về cùng hệ toạ độ với DTM và độ chính xác của các điểm này phải cao hơn hoặc bằng độ chính xác của điểm tạo DTM [3].

Cơ sở để kiểm tra DTM là yêu cầu về độ chính xác DTM được tạo đã nêu trên.

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu kiểm tra độc lập bằng việc đo GPS động tại khu vực thực nghiệm, tổng điểm kiểm tra 26. (*Xem bảng 2*)

Bảng 2 cho thấy: sai số trung bình đạt được 0.217m. Từ bảng 2 ta có thể biểu diễn được biểu đồ so sánh của hai loại số liệu. (*Xem hình 9*)

5. Kết luận

Phân tích kết quả thực nghiệm, tác giả đưa ra một số nhận xét về khả năng ứng dụng dữ liệu LiDAR cho thành lập Mô hình số địa hình DTM như sau:

LiDAR là công nghệ hiện đại cho phép bay chụp và thu nhận hình ảnh, mô hình ba chiều bề mặt địa hình và các đối tượng địa vật trên mặt đất một cách nhanh chóng và chính xác. Tuy nhiên khi so sánh với các phương pháp đo đạc truyền thống khác trong điều kiện ứng dụng ở Việt Nam, công nghệ này có những ưu điểm và nhược điểm nhất định.

Ưu điểm

- Độ chính xác của DTM khá cao ở khu vực đồi núi và khu vực đồng bằng. Tuy nhiên độ chính xác của kết quả phụ thuộc vào nhiều yếu tố như quá trình lọc ỉn điểm, thuật toán nội suy, kỹ năng của người sản xuất. Ứng dụng công nghệ LiDAR cho phép thành lập mô hình số độ cao với độ chính xác đến 0.15m ở các khu vực có điều kiện thuận lợi và mô hình số các đối tượng bề mặt với độ chính xác tin cậy.

- Xác định độ cao của các tầng che phủ trên mặt đất như: mái nhà, ngọn cây, đường dây điện, cầu, cống vv... để có những ứng dụng đa dạng trong thực tế.

- Thời gian thực hiện nhanh chóng, độ chính xác tin cậy, có thể thực hiện cả ban đêm và ban ngày.

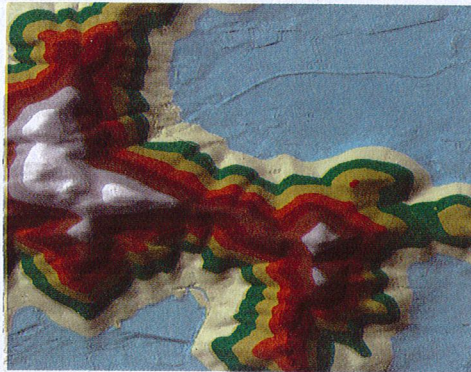
- Mật độ các điểm thu được rất dày có thể đến 2 mét sau khi đã xử lý, do vậy có khả năng mô phỏng được chi tiết bề mặt địa hình và các địa vật trên mặt đất.

- Có thể sử dụng để xây dựng bản đồ 3D độ chính xác cao cho các khu vực thành phố

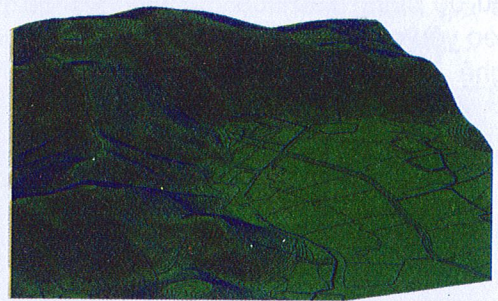
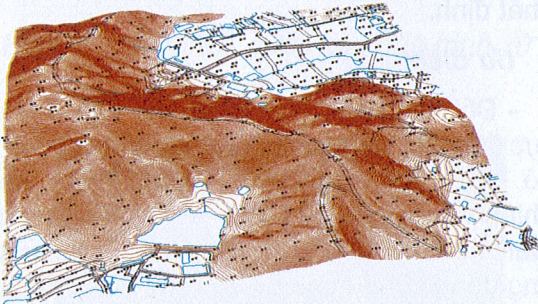
Nhược điểm

- Yêu cầu công tác tổ chức thực hiện chặt chẽ, tuân thủ nghiêm ngặt các quy trình công nghệ từ khâu bay quét (*Scan*) cho đến

Hình 7: Mô hình TIN trong ArcMap



Hình 8: Mô hình Tin trong ArcScene

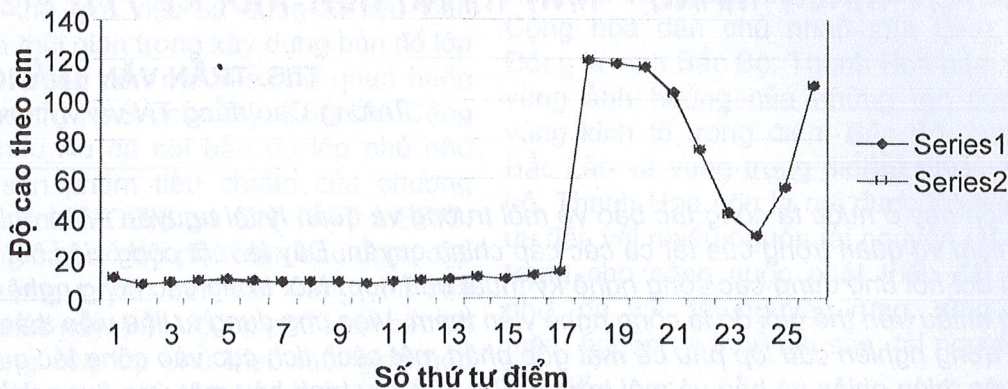


Bảng 2: Kết quả so sánh độ cao đo và độ cao trên mô hình

No	Điểm kiểm tra	Điểm mô hình	Sai số
1	10.542	10.396	0.146
2	7.398	7.164	0.234
3	8.06	7.843	0.217
4	9.11	8.88	0.230
5	9.47	9.268	0.202
6	8.648	8.464	0.184
7	8.342	8.166	0.176
8	8	7.73	0.270
9	8.172	7.956	0.216
10	6.984	6.767	0.217
11	8.51	8.283	0.227
12	9.008	8.881	0.127
13	9.493	9.263	0.230
14	10.688	10.471	0.217
15	9.92	9.723	0.197
16	11.79	11.556	0.234
17	13.864	13.622	0.242
18	119.6	119.412	0.188
19	117.96	117.741	0.219
20	115.77	115.498	0.272
21	102.91	102.677	0.233
22	74.63	74.408	0.222
23	42.718	42.544	0.174
24	31.744	31.537	0.207
25	56.07	55.806	0.264
26	106.89	106.594	0.296

Hình 9: So sánh các điểm kiểm tra độ cao

Sơ đồ so sánh các điểm kiểm tra độ cao



các khâu xử lý dữ liệu.

- Giá thành đầu tư cho trang thiết bị máy móc, phần mềm xử lý cao, cần có đội ngũ cán bộ có kinh nghiệm và trình độ công nghệ cao.

Việc đầu tư và triển khai thực hiện “ ứng dụng công nghệ LiDAR phục vụ xây dựng mô hình số địa hình” là rất cần thiết và cấp bách cho công tác quản lý đô thị tại các thành phố trong công cuộc đổi mới đất nước. Công nghệ LiDAR có nhiều ưu điểm và hiệu quả, áp dụng cho dự án là hợp lý và tối ưu. ○

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lương Chính Kế (2005), *Thành lập DEM/DTM bằng công nghệ LiDAR*, Viện Đo đạc và Bản đồ, ĐH Bách Khoa Vacsava.

[2]. Lê Minh, Tăng Quốc Cường, Đặng Thái Hùng, Nguyễn Tuấn Anh, *Ứng dụng hệ*

thống tích hợp máy ảnh số cỡ trung bình với LiDAR tại Việt Nam, Trung tâm Viễn thám

[3]. Lê Minh, Lương Chính Kế, *Cơ sở đánh giá độ chính xác DEM thành lập bằng công nghệ LiDAR*, Đặc san viễn thám và địa tin học, số 4 (tháng 6 năm 2008)

[4]. Axelsson P (2000), *DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models*, IAPRS, Vol. XXX, part B4, p.110 – 117, Amsterdam, Netherlands

[5]. Kurczynski Z (1999), *DTM inaczej*, Geodeta Nr 2(45) Luty/1999. Warsaw, Poland.

[6]. Wack R., Stelzl H (2005), *Laser DTM generation for South-Tyol and 3D visualization*, ISPRS, WG III/4, V/3, Workshop: “laser scanning 2005”, p. 49 – 53, Enschede, Netherlands. ○