GIỚI THIỆU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LIDAR TRONG MÔ HÌNH HÓA LŨ

INTRODUCING APPLICATION OF LIDAR IN FLOOD MODELLING

KS.TRẦN ĐỨC PHÚ
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

Tóm tắt

LIDAR là một công nghệ tương đối mới có thể được sử dụng để tham chiếu chính xác các đối tượng địa hình. LIDAR là viết tắt của Light Detection And Ranging, và trong một số văn phạm nó được gọi là đo cao Laser (Laser Altimetry). Gần đây xuất hiện kỹ thuật đo cao trên không, cung cấp dữ liệu chính xác địa hình ở tốc độ cao. Mật độ cao hơn, cao độ chính xác, ít thời gian hơn cho thu thập dữ liệu và xử lý, chủ yếu là hệ thống tự động, thời tiết và ánh sáng độc lập, kiểm soát mặt đất tối thiểu được yêu cầu, và các dữ liệu đang được có sẵn trong định dạng kỹ thuật số quyền ngay từ đầu, được một số lợi thế được cung cấp bởi công nghệ này, trong những khác phương pháp thu thập dữ liệu địa hình.

Những đối tượng như các tòa nhà, đê, bờ sông, đường xây dựng có ảnh hưởng rất lớn tới động lực học dòng chảy, lan truyền lũ và như vậy phải được tính toán vào mô hình thiết lập. Xã hội đòi hỏi thông tin chính xác và chi tiết về độ lớn và tính khả thi của các hiện tượng lũ lụt nguy hại cho thiết kế các biện pháp giảm nhẹ lũ. Bằng cách sử dụng DEM độ phân giải cao được cung cấp theo công nghệ mới nhất hiện nay của LIDAR để xác định các thông số quan trọng nhằm vào tính chính xác của DEM thu được được sử dụng cho mục đích cuối cùng là mô hình hóa lũ.

Abstract

LIDAR is a relatively new technological tool that can be used to accurately georeference terrain features. LIDAR is an acronym for LIght Detection And Ranging and in some literature it is referred to as Laser Altimetry. Recently emerged technique of airborne altimetry, provides accurate topographic data at high speed. Higher density, higher accuracy, less time for data collection and processing, mostly automatic system, weather and light independence, minimum ground control required, and data being available in digital format right at beginning, are several advantages offered by this technology, over the other methods of topographic data collection.

Features like buildings, dykes, constructed river banks or roads have great effect on flow dynamics and flood propagation and as such must be accounted for in the model set-up. Society demands accurate and detailed information on magnitude and likeliness of hazardous flood events for design of flood mitigation measures. By using high resolution DEM derived by today's latest technology of LIDAR and to identify its advantages by finding important parameters that direct the accuracy of derived DEM which is ultimately used for Flood Modeling purpose.

1. Giới thiệu chung

Việc ứng dụng công nghệ LIDAR hiện nay đã trở lên rất phổ biến trong rất nhiều lĩnh vực khoa học kỹ thuật, tuy nhiên ứng dụng công nghệ này ở Việt Nam vẫn còn khá mới mẻ. Trong bài báo này, tác giả giới thiệu một ứng dụng của LIDAR vào công tác mô phỏng lũ và giới thiệu một trường hợp cụ thể của việc ứng dụng LIDAR vào mô hình hóa lũ cho một khu vực dân cư tại Idalho, Mỹ. Khu vực dự án có diện tích xấp xỉ 150 dặm vuông. Dữ liệu LIDAR được tập hợp với kích cỡ không gian danh định 2 đến 2,2 m; 25% dải quan sát và 30% chồng lấp. Khảo sát điều khiển nền được quản lý và quá trình xử lý dữ liệu LIDAR gồm có xử lý dữ liệu LIDAR dạng thô thông qua thuật toán khối nhỏ nhất để phân loại các điểm như mặt đất nguyên dạng và không nguyên dạng.

Thành phố được đưa ra ví dụ nằm ở hạ lưu sông, dốc nhẹ từ chân núi tới sông. Hầu hết khe núi mở từ các đồi sát tới thành phố và khô ráo, ngoại trừ khi tuyết tan hoặc khi mưa tuyết bất thường xuất hiện. Khe núi mang một dòng nước tự nhiên nhưng hầu hết chúng được chuyển thành nước cung cấp cho thành phố. Nước xuống từ khe núi này ban đầu chảy ra sông, qua bề

mặt đất bởi một kênh đào khá xấu, dòng chảy bị thay đổi thường xuyên bởi một lượng lớn cát bị mang theo.

2. Thông tin dữ liệu, Phương pháp và Kết quả

DEM từ dữ liệu LIDAR có kích thước điểm ảnh 2m với độ chính xác dưới +/- 3 cm theo phương ngang và +/- 5 cm theo phương đứng. Dữ liệu được đưa về hệ tọa độ phù hợp.

Chương trình ArcGIS 9x được sử dụng để xử lý dữ liệu. Quy trình xử lý bao gồm:

- Ghép các mảnh DEM thu được từ dữ liệu LIDAR và lấy khu vực quan tâm từ dữ liệu SRTM.
- Nhúng các dữ liệu.
- Đưa ra hướng dòng và lũy tích dòng.
- Đưa ra khung lưới mạng sông nhờ Raster Calculator ở các cửa khác nhau và liên kết dòng.
- Chuyển đổi khung lưới mạng sông thành mạng sông dạng shapefile.
- Đưa các shapefile về hệ tọa độ phù hợp.
- Kiểm tra độ chính xác vị trí tọa độ.
- Đưa ra sự đánh giá lũ sử dụng công cụ tùy biến trong phòng (Cost Allocation Algorithm) trong ArcObjects từ đó so sánh các dữ liệu.

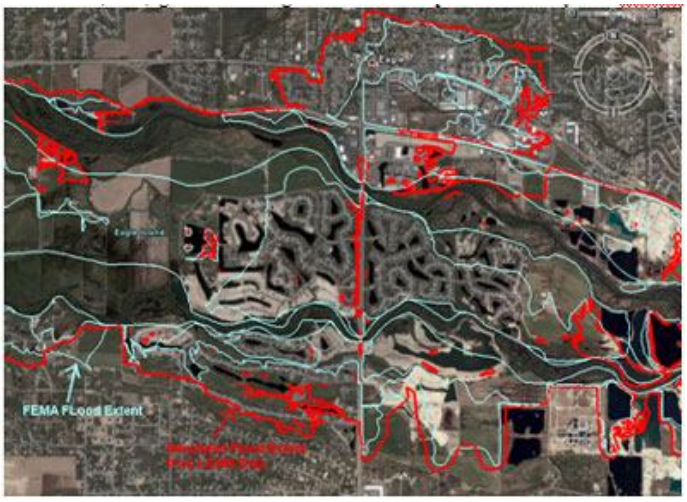
Sau khi, khung lưới lũy tích dòng được xác định, mạng sông được xác định ở cửa sông riêng biệt. Khi mạng sông được xác định nó cần làm sạch. Điều đó có nghĩa là mạng sông được dọn cho các sông và nhánh sông và chỉ các sông và nhánh sông được yêu cầu được giữ lại cho các mục tiêu phân tích sâu hơn. Ta có thể quan sát mật độ mạng sông được xác định từ dữ liệu LIDAR đưa ra DEM (dữ liệu độ phân giải cao) và độ chính xác vị trí của nó với Google Earth.

Việc dẫn nước được thực hiện từ cả dữ liệu và công cụ tùy biến trong phòng để tổng hợp lưới vùng lũ lớn nhất (*Maximum Flood Zone - MFZ)* cho một độ sâu lũ riêng biệt được tổng hợp. Công cụ được tùy biến sử dụng thuật toán phân phối giá trị (Cost Allocation). Công cụ này hoạt động theo nguyên lý: nó tính toán cho mỗi ô gần nguồn của nó nhất dựa trên giá trị tích lũy ít nhất trên một bề mặt giá trị. Thông số đầu vào yêu cầu để tổng hợp lưới vùng lũ lớn nhất gồm:

- Mạng sông (shapefile)
- Sự dẫn nước (shapefile)
- Độ sâu lũ
- Lưới độ cao (DEM)

Hình 1. Mức nội dung thông tin trong dữ liệu độ phân giải cao và độ chính xác của nó.

Lấy các dữ liệu trên làm thông số đầu vào và đưa vào vùng làm việc đầu ra, công cụ đưa ra lưới vùng lũ lớn nhất MFZ. Các lưới của các vùng lũ được chuyển thành shapefile và sau đó chuyển thành KML và được chồng lớp lên Google Earth để có cái nhìn thực tế mà ta có thể xem dưới đây.



Hình 2. Lưới vùng lũ lớn nhất được tổng hợp sử dụng dữ liệu LIDAR so sánh với dải lũ theo Cơ quan quản lý tình trạng khẩn cấp FEMA (Federal Emergency Management Agency).

Bản đồ tỉ lệ bảo hiểm do lũ của FEMA chỉ biểu thị mức độ lan tỏa của lũ nhưng không cung cấp thông tin về thiệt hại. Như hình vẽ trên, mức lan tỏa lũ được tổng hợp ở dữ liệu độ chính xác cao gần như tương ứng với mức lan tỏa lũ do FEMA cung cấp. Ngày nay, mỗi khi mức lan toả lũ được biết, việc tính toán mức thiệt hại có thể tính toán được bằng cách sử dụng chức năng tính tổn thất đã được hiệu chỉnh đối với dữ liệu từ các công ty bảo hiểm về các thông tin về nơi cư ngụ, tuyến kinh doanh và mức bao phủ.

3. Công nghệ LIDAR, Các thông số quan trọng để tổng hợp dữ liệu LIDAR và DEM

Cho đến nay, chúng ta đã mô tả về xác định dải lũ có độ chính xác đảm bảo, các thông số của LIDAR được cân chỉnh phù hợp và chính xác và sau khi lọc chính xác dữ liệu LIDAR DEM tổng hợp cũng cần được quan tâm nhiều.

Việc đo trực tiếp tất cả các thông số như X, Y, Z, Omega, Phi và Kappa có thể thực hiện được ngày nay được gọi là tham chiếu trực tiếp (Direct Geo-referencing). Bằng việc kết hợp GPS và hệ thống chậm (INertial System - INS) hoặc Đơn vị đo chậm (Inertial Measurement System - IMU), các thông số đó có thể đo chính xác và bằng cách trang bị máy ảnh tỉ mỉ, ảnh cũng có thể được chụp đồng thời.

Dữ liệu ảnh chụp

Hệ thống LIDAR được trang bị đầy đủ với hệ thống điều khiển để mang đến các thông số định hướng được quan trắc ngoài cho mỗi khung hoặc ảnh. Máy ảnh có thể được gắn cố định với thiết bị LIDAR và có thể boresighted với cùng IMU tỉ mỉ cao. Mỗi vị trí ảnh ghi lại được gắn thông tin thời gian và ghi lại như một sự kiện GPS. Do đó trong quá trình xử lý sau của dữ liệu GPS và IMU khác nhau, nó đưa ra thông số vị trí và hướng của độ chính xác cao. Ảnh chụp được từ trên không của dữ liệu chụp LIDAR có thể được quản lý bởi hệ thống để đảm bảo các thiết lập quang học trên phim và để kiểm tra các khu vực bao phủ cần quan tâm cũng như phủ chùm. Trên không, thông tin đầu của ảnh sẽ được tổng hợp gồm có số hiệu ảnh, vị trí (x/y/z) và hướng (omega, kappa, phi). Thông tin chuyến bay được ghi lại trong ảnh thu được. Số hiệu bắt đầu và kết thúc khung ảnh được đánh dấu cho mỗi đường bay và thời gian GPS được ghi lại như một phần cuả dữ liệu metadata của ảnh cho mỗi khung. Trong quy trình xử lý nhiệm vụ sau thời gian GPS được kết hợp với dữ liệu điều khiển tỉ mỉ sau và các giá trị X, Y, Z, Kappa, Phi và omega sau đó được tính cho mỗi khung.

Kế hoạch bay

Nhiệm vụ yêu cầu của dữ liệu LIDAR là đầu tiên lập kế hoạch cho một khu vực yêu cầu, thường thì ở đó các khối được thiết kế. Một khối được thiết kế, phụ thuộc vào hình dạng khối, số lượng tuyến bay song song và số lượng tuyến bay cắt ngang sẽ được lập ra dựa trên vùng bay chụp của hệ thống LIDAR giữ yêu cầu phủ trùm. Độ dư thừa và độ tin cậy của việc điều chỉnh sau

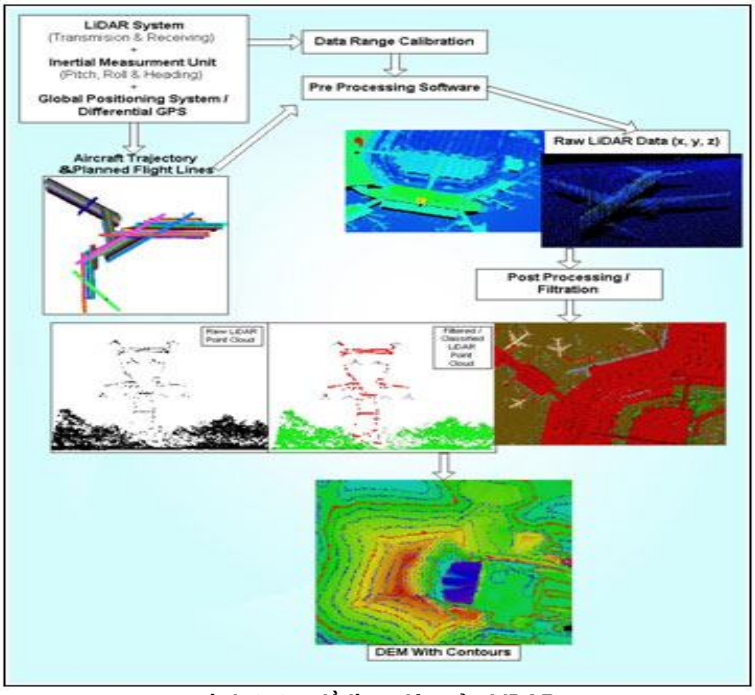
đó được tăn thêm bởi kiểu điều chỉnh đó. Dữ liệu các tuyến bay dài hơn cần được cắt ngang nhiều hơn một tuyến cắt ngang. Nó giảm các lỗi được tạo ra bởi các biến độ chính xác của GPS thường xuất hiện các tuyến bay dài. Nếu khối đó gồm có một chuỗi các khối thay thế thông thường khác, khối thay thế biệt lập cần được chỉnh bởi một điểm điều khiển thêm vào.

Một khi, dữ liệu cho khu vực quan tâm được chụp, qui trình xử lý sau của dữ liệu LIDAR thô được bắt đầu. Trong quy trình xử lý sau của dữ liệu, có hai bước chính:

- Hiệu chỉnh và định hướng dữ liệu chụp theo sáu thông số quan trọng (X, Y, Z, Phi, Omega và Kappa) và,
- Lọc dữ liệu đã xử lý (Tự động bằng thuật toán hoặc từng bước bằng phần mềm) để tạo ra DEM mặt đất nguyên dạng.

Toàn bộ hệ thống LIDAR được hiệu chỉnh, nhưng nó không đủ để thu được vị trí chính xác. Các thông số hiệu chỉnh cần được kiểm tra cho mỗi chuyến bay. Việc hiệu chỉnh dựa trên việc so sánh dữ liệu laze được tạo ra bởi chuyến bay khác cắt qua mà chồng lẫn lên nhau.

Việc hiệu chỉnh thường dựa trên việc khớp bề mặt với bề mặt của các tuyến bay chụp khác nhau. Như một bước chuẩn bị, chúng ta phải phân loại nền trong mỗi tuyến bay chụp độc lập để loại bỏ nhiễu do cây cối có thể đem vào trong việc so sánh. Việc khớp phổ biến nhất bao gồm các bước sau:



Hình 3. Sơ đồ làm việc của LiDAR.

Hiệu chỉnh và định hướng dữ liệu chụp theo sáu thông số quan trọng (X, Y, Z, Phi, Omega và Kappa)

- Giải quyết các góc không thẳng hàng giữa máy quét laser và IMU cùng với tỉ lệ gương máy quét. Bước này có thể được thực hiện chỉ với một vài khối được lựa chọn từ dự án.
- Giải quyết sự hiệu chỉnh dZ cho tất cả các đường bay. Nó rất phổ biến khi một số chuyến bay quá cao vài centimet hoặc quá thấp vài centimet.

Mỗi khi dữ liệu được hiệu chỉnh và định hướng chính xác, nó được chia ra các mảnh bằng nhau để có các kích cỡ nhỏ hơn và làm giảm quá trình xử lý sau của việc lọc điểm mặt đất nguyên dạng.

Lọc dữ liệu đã xử lý (Tự động bằng thuật toán hoặc từng bước bằng phần mềm) để tạo ra DEM mặt đất nguyên dạng

Lựa chọn thuật toán phù hợp cho việc lọc các điểm mặt đất nguyên dạng và các điểm mặt đất không nguyên dạng cũng rất quan trọng. Lựa chọn một cách mù quáng một thuật toán có thể gây nên kết quả lọc điểm mặt đất nguyên dạng thành điểm mặt đất không nguyên dạng.

Lựa chọn quy trình của thuật toán tự động phù hợp nên cân nhắc các yếu tố sau cho việc lọc/phân loại phù hợp và chính xác của điểm mặt đất nguyên dạng và mặt đất không nguyên dạng.

- Góc địa hình trung bình.
- Các độ cao lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình từ nền cho các đối tượng trong khu vực quan tâm.
- Kích thước của các đối tượng trong khu vực quan tâm.
- Quá trình chỉnh sửa 2D (bề mặt) đảm bảo cho độ chính xác của việc phân loại đối tượng tự động.

Mỗi khi việc lọc dữ liệu điểm được thực hiện, chúng ta có thể tổng hợp cả đường đồng mức hoặc DEM độ phân giải cao. Để phục vụ cho mục đích nghiên cứu này, dữ liệu DEM độ phân giải rất cao đã được sử dụng, tuy nhiên việc sử dụng dữ liệu độ phân giải cao cho mô hình hóa lũ bị hạn chế cho các phạm vi sông ngắn vì việc tính toán tốn kém. Chính vì vậy, nó đòi hỏi phải lấy mẫu lại DEM độ phân giải cao thành độ phân giải thấp.

Mặt khác, độ phân giải của DEM có ảnh hưởng rõ rệt lên kết quả mô phỏng. Sự lan tỏa lũ, vận tốc dòng chảy, độ sâu dòng cũng như kiểu dòng chảy là một số đặc tính thiếu chân thực của mô phỏng lũ. Một cách cẩn thận, kĩ thuật gieo mẫu lại phù hợp nên được áp dụng và chống thông qua đối với độ chính xác để có các kết quả chính xác.

4. Kết luận

LIDAR đã phát triển thành một công cụ hữu hiệu và vẫn còn có rất nhiều cơ hội để phát triển. Quét laser ngày nay được sử dụng trong rất nhiều lĩnh vực và là sự bù đắp cho một số kỹ thuật khác trong một vài ứng dụng, một số đã được dần dần thay thế toàn bộ trong một số ứng dụng.

Một mô hình độ cao cơ sở đáng tin cậy phải có một một độ điểm đo cao để mang đến một nền tảng hợp lý cho tất cả các ứng dụng khác nhau. Mô hình hóa lũ cực nhỏ cho một khu vực thành thị cũng có thể sử dụng dữ liệu LIDAR.

Kế hoạch phù hợp của các chuyến bay và loại hệ thống có thể được sử dụng nên được quyết định trước cho bất cứ ứng dụng nào. Sau khi dữ liệu được chụp, quá trình xử lý sau nên được thực hiện cẩn thận bởi các kỹ sư có chuyên môn cao để hiệu chỉnh dữ liệu và lọc dữ liệu cho mỗi dự án đặc biệt.

Dữ liệu LIDAR, nếu đươc lọc chính xác có thể tổng hợp các kết quả chính xác để dẫn đến tính toán thiệt hại và phân tích rủi ro đúng đắn hơn là sử dụng dữ liệu từ bất cứ kỹ thuật nào khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Raymond M. Measures, *"Laser Remote Sensing" Fundamentals And Applications*, John Wiley & Sons, Inc.1984.

[2] Ackermann, F., *"Airborne Laser Scanning – Present Status and Future Expectations"*, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999.

[3] Fowler, R., *"The Thorny Problem of LIDAR Specifications"*, 2001.

[4] Maune, D., *"Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual"*, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD, 2001.

Người phản biện: TS. Hà Xuân Chuẩn