

ISSN: 2615-9481



LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ - VIỄN THÁM VIỆT NAM  
[www.geocartagis.org](http://www.geocartagis.org), [info@geocartagis.org](mailto:info@geocartagis.org)

*Tap chí*

# TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ



*Magazine*

## GEODESY – CARTOGRAPHY



Số 10, Tập 01, Năm 2024  
Volume 10, Issue 01, 2024

*Xuất bản ba tháng một kỳ - Published every three months*



## Nguồn cung cấp ảnh viễn thám quang học và radar thành lập bản đồ, quản lý tài nguyên, quốc phòng an ninh



*Ảnh viễn thám quang học Pleiades Neo. Dữ liệu đa phổ - độ phân giải mặt đất 0.3m.*



*Ảnh viễn thám Radar Capella băng tần X, độ phân giải mặt đất 0.5m.*

Dữ liệu viễn thám là nguồn dữ liệu điều tra cơ bản và khách quan từ các nền tảng trên không và từ không gian vũ trụ. Cung cấp cho các cơ quan quản lý nhà nước một cái nhìn toàn diện, đa thời gian, nhằm hỗ trợ đưa ra các quyết định từ mức chi tiết đến tổng quát vĩ mô.

Dữ liệu viễn thám là nguồn đầu vào quan trọng và chính xác phục vụ nhiệm vụ thành lập các loại bản đồ đa tỷ lệ, quản lý tài nguyên thiên nhiên, quản lý chất lượng môi trường, quản lý đô thị - quy hoạch, hỗ trợ tìm kiếm cứu nạn - phòng chống thảm họa, và đảm bảo an ninh - quốc phòng từ sớm từ xa.

Thành lập từ năm 2000 và hoạt động trong lĩnh vực công nghệ trắc địa bản đồ. Vegastar là đơn vị tiên phong trong tư vấn và cung cấp dữ liệu viễn thám đa thời kỳ và đa độ phân giải tại Việt Nam. Vegastar hỗ trợ tạo điều kiện tối đa cho sáng tạo và thực hành, đánh thức và hiện thực hóa tiềm năng trong công nghệ khai thác dữ liệu viễn thám, tạo ra những ảnh hưởng đột phá trong khoa học công nghệ, kiến tạo tương lai. Vegastar cung cấp các giải pháp công nghệ viễn thám dựa trên nhiều năm kinh nghiệm triển khai thực tế các hệ thống công nghệ Viễn thám - GIS dân sự cũng như quốc phòng, hệ thống trạm thu mặt đất, hệ thống dữ liệu lớn và nghiên cứu phát triển các ứng dụng từ dữ liệu viễn thám đa nguồn vệ tinh.

Vegastar với bề dày hơn 20 năm xây dựng và phát triển, là đơn vị tiên phong dẫn đầu về công nghệ trong nhiều lĩnh vực với sứ mệnh mang lại các **Giải pháp công nghệ cao - Kỹ thuật sáng tạo - Dịch vụ đột phá** phục vụ cho xã hội.

Vegastar là đại diện, đại lý phân phối của các nhà cung cấp dữ liệu viễn thám hàng đầu trên thế giới từ: Mỹ, Nhật Bản, Thụy Sĩ, Pháp, Ý - Bỉ - Tây Ban Nha – Đức...

### **Vegastar Group;**

Trụ sở: 37 Thi Sách, Phạm Đình Hổ, Hai Bà Trưng, Hà Nội; Tel: +84 867 103 669;

Chi nhánh: 15 Trần Xuân Soạn, Hai Bà Trưng, Hà Nội; Tel: +84 24 3942 5628;

VP Hồ Chí Minh: Lầu 2, tòa nhà Liên Hoa, số 134/1 đường CMT8, phường 10, quận 3, Tp. Hồ Chí Minh; Tel: +84 28 3932 2770 / +84 911 477 991;

Website: [www.vegastar.com.vn](http://www.vegastar.com.vn); Email: [info@vegastar.com.vn](mailto:info@vegastar.com.vn);



# TẠP CHÍ TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ

Số 10, Tập 01, Năm 2024

## ❖ TỔNG BIÊN TẬP

GS. TSKH. ĐẶNG HÙNG VŨ

## ❖ TRƯỞNG BAN BIÊN TẬP

TS. VŨ VĂN CHẤT

## ❖ THƯ KÝ TÒA SOẠN

TS. ĐẶNG THANH TÙNG

## ❖ TRƯỞNG BAN TRỊ SỰ

Ths. NGUYỄN ĐỨC KHA

## ❖ ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP:

GS.TS. VŨ CHÍ MỸ

PGS.TS. PHẠM VĂN CỤ

PGS.TS. ĐẶNG NAM CHINH

TSKH. LƯƠNG CHÍNH KẾ

TS. LÊ MINH

ThS. TRỊNH ANH CƠ

PGS.TS. TRẦN ĐÌNH KIẾN

PGS.TS. NGUYỄN TRƯỜNG XUÂN

GS.TSKH. HOÀNG NGỌC HÀ

PGS.TS. NGUYỄN CHU HỒI

TS. NGUYỄN ĐÌNH THÀNH

TS. TRẦN MAI HIẾN

TS. TRẦN TUẤN NGỌC

PGS.TS. TRẦN XUÂN TRƯỜNG

PGS.TS. NGUYỄN QUỐC LONG

PGS.TS. NGUYỄN HIẾU TRUNG

PGS.TS. LÊ TRUNG CHƠN

PGS.TS. ĐÀO ĐÌNH CHÂM

PGS.TS. TRỊNH LÊ HÙNG

PGS.TS. NGUYỄN THANH CHƯƠNG

PGS.TS. TRẦN QUỐC VINH

PGS.TS. PHÍ TRƯỜNG THÀNH

PGS.TS. NGUYỄN VĂN SÁNG

PGS.TS. BÙI THỊ KIẾN TRINH

PGS.TS. NGUYỄN HÀ NAM

TS. KHƯƠNG VĂN LONG

TS. TRẦN HOÀNG VŨ

TS. PHẠM XUÂN HOÀN

TS. BÙI QUANG HƯNG

TS. ĐÀO HOÀNG TÙNG

TS. HOÀNG ANH THÉ

KS. HOÀNG KIM QUANG

KS. NGÔ ĐÔNG PHƯƠNG

## ❖ TÒA SOẠN: Số 2, Đặng Thùy Trâm,

Cổ Nhuế 1, Bắc Từ Liêm Hà Nội

## ❖ VĂN PHÒNG: Số 45, Nguyễn Trãi,

Khuong Trung, Thanh Xuân, Hà Nội

## ❖ GIẤY PHÉP XUẤT BẢN:

Số: 437/GP-BTTTT ngày 12/9/2017

## ❖ MÃ SỐ ISSN: 2615-9481

## ❖ Website: www.geocartagis.org

## ❖ Email: info@geocartagis.org

## ❖ Điện thoại: 0978910602

## ❖ CHẾ BẢN VÀ IN TẠI:

Công ty TNHH in Ấn Đa Sắc

## TRONG SỐ NÀY

### PHẦN THỨ NHẤT: VẤN ĐỀ CHUNG

1. Khả năng ứng dụng bản đồ và cơ sở dữ liệu địa không gian trong điều hành chính phủ 02

Trần Mai Hiến<sup>1</sup>, Vũ Văn Chất<sup>1\*</sup>

### PHẦN THỨ HAI: NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG

2. Phân tích chuyển dịch thẳng đứng ứng dụng công nghệ GNSS với bình sai lưới không gian và phép lọc Kalman 08

Hoàng Ngọc Hà<sup>1\*</sup>

3. Giám sát ô nhiễm chất phóng xạ trong nước biển bằng tích hợp công nghệ viễn thám và số liệu quan trắc thực địa 15

Trần Ngọc Tường<sup>1\*</sup>, Phạm Hồng Hải<sup>1</sup>, Lê Thành An<sup>2</sup>, Nguyễn Duy Phương<sup>2</sup>, Lương Chính Kế<sup>3</sup>, Lê Minh<sup>3</sup>

4. Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo theo dõi biến động lớp phủ sử dụng đất khu vực quận Bắc Từ Liêm Hà Nội giai đoạn 2019-2023 23

Đỗ Lan Phương<sup>1\*</sup>, Hoàng Thị Thủy<sup>2</sup>, Đỗ Như Hiệp<sup>3</sup>

5. Xác định chênh lệch độ cao giữa hai điểm bằng đồng hồ nguyên tử, một thí nghiệm tại Vũ Hán 31

Hoàng Anh Thế<sup>1\*</sup>, Đậu Khắc Tài<sup>1</sup>, Shen Wenbin<sup>2</sup>

6. So sánh kết quả định vị tuyệt đối xử lý bằng Bernese và theo dịch vụ định vị trực tuyến (Online PPP service) 37

Nguyễn Việt Thuận<sup>1\*</sup>, Trần Văn Phong<sup>1</sup>, Văn Đức Tùng<sup>1</sup>, Hoàng Quang Vinh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thanh Hương<sup>1</sup>, Vũ Tuấn Hùng<sup>1</sup>, Đào Hải Nam<sup>1</sup>

### PHẦN THỨ BA: TIN HOẠT ĐỘNG NGÀNH

#### - Tin quốc tế:

+ Hội thảo quốc tế GeoConnect Asia 2024 44  
+ Hội thảo quốc tế GeoConnect Asia 2025  
+ Hội thảo Bản đồ quốc tế tại Canada 2025  
+ Hội thảo Bản đồ quốc tế tại Áo 2024

#### - Tin trong nước:

+ Hội thảo khoa học tại Viện Đo đạc và Bản đồ 45  
+ Apple triển khai xe chụp ảnh bản đồ ở Việt Nam  
- Thư mời viết bài cho Tạp chí Trắc địa – Bản đồ 46  
- Phiếu đặt tạp chí – chuyên san 47  
- Hệ thống thiết bị dùng cho cập nhật bản đồ Wingtra

Bìa 1. Thủ tướng Phạm Minh Chính xem xét bản đồ, kiểm tra tiến độ xây dựng sân bay Long Thành

Bìa 2. Nguồn cung cấp ảnh viễn thám quang học và radar thành lập bản đồ, quản lý tài nguyên, quốc phòng an ninh

Bìa 3. Hệ thống thiết bị định vị mới GNSS của Trimble

Bìa 4. Giải pháp máy toàn đạc đa năng Leica Nova MS60



## PHẦN THỨ NHẤT: VẤN ĐỀ CHUNG

### Về khả năng ứng dụng bản đồ và cơ sở dữ liệu địa không gian trong điều hành phát triển kinh tế của Chính phủ

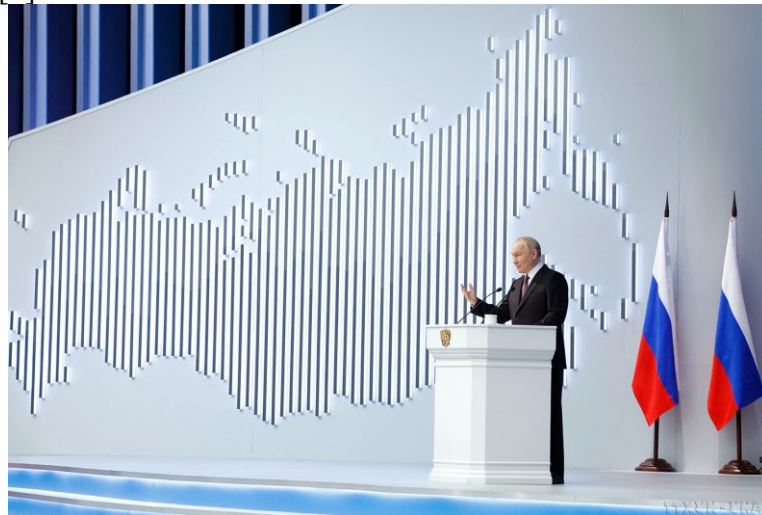
Trần Mai Hiến<sup>1</sup>, Vũ Văn Chất<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Phát triển kinh tế, văn hóa, xã hội số, Hà Nội, Việt Nam  
Email tác giả liên hệ: idecs2021@gmail.com

#### 1. Mở đầu

Vào lúc 12 giờ 14 phút ngày 29-2-2024, giờ Moscow (tức 16 giờ 14 phút cùng ngày, giờ Hà Nội), Tổng thống Nga Vladimir Putin đã đọc Thông điệp Liên bang lần thứ 19 tại Trung tâm thương mại Gostiny Dvor ở thủ đô Moscow [1]. Trong Thông điệp Liên bang năm 2024 kéo dài kỷ lục 126 phút, Tổng thống Putin cung cấp nhiều thông tin về tình hình đất nước; những chính sách đối nội, đối ngoại trong tương lai và đặt ra mục tiêu cho nước Nga trong 6 năm tới.

Mở đầu Thông điệp liên bang lần thứ 19 của mình, trên nền bản đồ Liên Bang Nga, Tổng thống Putin khẳng định nước Nga đang bảo vệ chủ quyền và lưu ý “việc bảo vệ và củng cố chủ quyền đang diễn ra trên mọi hướng”, đồng thời tuyên bố toàn bộ nền kinh tế Nga đã thể hiện sự linh hoạt và vững chắc [8].



Hình 1. Tổng thống Nga Vladimir Putin trình bày Thông điệp liên bang ở Moskva ngày 29/2/2024, Ảnh: TTXVN

Tổng thống Joe Biden tối 7/3/2024 (giờ Washington) đã đọc thông điệp liên bang trước lưỡng viện Quốc hội Mỹ. Đây là bài phát biểu thường niên trong đó tổng thống Mỹ đề cập đến hiện trạng đất nước và các ưu tiên đối nội và đối ngoại trong thời gian tới [2]. Về chính sách đối ngoại, ngày 26-2-2021 trên nền bản đồ Tổng thống Mỹ Joe Biden cho rằng Iran nên xem cuộc không kích của Mỹ nhằm vào nhóm dân quân được Iran hậu thuẫn tại miền đông Syria là sự cảnh báo với họ [9].



Hình 2. Khu vực Al Bukamal trong hình là nơi đã xảy ra vụ Mỹ không kích nhằm vào lực lượng dân quân do Iran hậu thuẫn đóng tại miền đông Syria - Ảnh: DAILY MAIL

Trong chương trình kiểm tra các dự án, công trình trọng điểm quốc gia những ngày đầu năm mới, sáng 29/1/2023 (tức mùng 8 tháng Giêng), Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính đã kiểm tra dự án xây dựng Cảng hàng không Quốc tế Long Thành, Đồng Nai. Dự án sân bay Long Thành có số vốn khoảng 5 tỷ USD (110.000 tỷ đồng), với nhiều dự án thành phần. Thủ tướng Phạm Minh Chính nêu rõ theo Nghị quyết mới nhất của Quốc hội, sân bay phải đưa vào sử dụng năm 2025. Ghi nhận những nỗ lực, cố gắng của các bên liên quan, nhưng Thủ tướng cho rằng nhìn lại thời gian qua, công tác lãnh đạo, chỉ đạo, quản lý nhà nước, phối hợp giữa các cơ quan; việc tổ chức thực hiện và đôn đốc, kiểm tra, giám sát "chưa xứng tầm với một công trình trọng điểm quốc gia, nên vẫn còn tồn tại" [3].

Tại tất cả các lần chỉ đạo, lãnh đạo chính phủ đều có kiểm tra tại thực địa và có sử dụng bản đồ - những sản phẩm đo đạc bản đồ sử dụng nhiều thiết bị công nghệ khảo sát tiên tiến. Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi cố gắng đưa ra những khả năng ứng dụng bản đồ và cơ sở dữ liệu địa không gian trong điều hành phát triển kinh tế của Chính phủ.



Hình 3. Thủ tướng Phạm Minh Chính kiểm tra tiến độ Dự án Cảng hàng không quốc tế Long Thành. Ảnh: TTXVN

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Đo đạc lập bản đồ 3D

Theo [5] công nghệ lập bản đồ 3D của Skyline có thể cung cấp một nền tảng đã được chứng minh để hoàn thành các hoạt động lập bản đồ thương mại từ việc thu thập hình ảnh đến các bản sao kỹ thuật số có tham chiếu địa lý chính xác.

Tận dụng tối đa việc thu thập dữ liệu:

Tự động tạo các sản phẩm không gian địa lý 3D (và 2D).

Xuất ra các định dạng tiêu chuẩn ngành.

Quy mô và quy mô dự án không giới hạn.

Khả năng tương thích hoàn toàn với tất cả các phép chiếu địa lý và mốc dọc.

Cung cấp thông tin ở mọi nơi.

Hỗ trợ nhiều ứng dụng trong ngành Kiến trúc, Kỹ thuật và Xây dựng (AEC), cũng như các ngành Nông nghiệp, Khai thác mỏ, Giám sát Tiện ích và Kiểm tra. Trong những năm gần đây, sự sẵn có của dữ liệu theo yêu cầu từ việc chụp ảnh bằng máy bay không người lái ngày càng chuyên nghiệp đã tạo ra nhu cầu xử lý dữ liệu trong thời gian ngắn và đảm bảo độ chính xác giữa các bộ sưu tập. PhotoMesh của Skyline và bộ công cụ bổ sung cho phép dữ liệu được sử dụng với các điểm

kiểm soát mặt đất chung hoặc các điểm tham chiếu giữa các bộ dữ liệu hiện có và các bộ dữ liệu mới. Với dữ liệu 3D hoàn toàn có thể thực hiện được, TerraExplorer bao gồm các công cụ để tự động phát hiện sự thay đổi giữa các lớp, thực hiện tính toán khối lượng, đo 2D và 3D cũng như xem các lớp theo thời gian. Những khả năng này giúp người dùng cuối và các chuyên gia trong ngành có thể tiếp cận bất kỳ dự án trực tiếp và nhạy cảm với thời gian nào trong một môi trường trực quan và phong phú, đồng thời tăng giá trị của dữ liệu để phân tích, ra quyết định và báo cáo theo thời gian thực.

## 2.2. Giải pháp trực quan 3D nâng cao

Kết hợp sức mạnh của thực tế ảo và tăng cường với các công cụ phân tích, mô hình hóa và trực quan hóa GIS 3D mạnh mẽ của chúng tôi, Skyline đã tạo ra trải nghiệm khám phá không gian địa lý 3D hoàn toàn sống động và trực quan nhằm nâng cao hiểu biết và ra quyết định.



Hình 4 .Sử dụng công nghệ thực tế ảo AR 3D để mô phỏng thực tế để hỗ trợ quyết định. Ảnh. SkylineSoft.com

Với phần mềm đột phá của Skyline, chúng ta có thể thu thập dữ liệu từ tất cả các nguồn đo ảnh, từ vệ tinh và máy bay không người lái/máy bay không người lái có quỹ đạo cao/thấp đến các cảm biến dưới nước và phân tích chúng cùng một lúc. Các giải pháp của Skyline biến dữ liệu thô của bạn thành thông tin chính xác, có thể hành động, giúp bạn nhanh chóng đưa ra quyết định và hành động dựa trên phân tích sâu về thông tin chất lượng cao và thời gian thực [6,7].

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 3.1 Phát triển Kinh tế số và cơ hội để Việt Nam bứt phá

Chính phủ hiện đang triển khai rất quyết liệt chuyển đổi số, chuyển đổi xanh, kinh tế số, kinh tế trí thức, kinh tế tuần hoàn, chia sẻ...sử dụng trí tuệ nhân tạo AI.

Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đang phát triển mạnh mẽ, kinh tế số ngày càng có vai trò quan trọng trong cơ cấu kinh tế mỗi quốc gia. Việt Nam cũng không nằm ngoài xu thế đó. Những năm gần đây, các hoạt động kinh tế số đã có sự tăng trưởng nhanh chóng và được Chính phủ quan tâm, ưu tiên phát triển. Nghị quyết số 52-NQ/TW, ngày 27-9-2019, của Bộ Chính trị, về một số chủ trương, chính sách chủ động tham gia cuộc Cách mạng công nghiệp lần thứ tư đề ra mục tiêu đến năm 2025, kinh tế số chiếm tỷ lệ 20% GDP. Để đạt được mục tiêu này cần nỗ lực đồng bộ từ Chính phủ đến người dân, doanh nghiệp [4].

Các hãng xe công nghệ Grab, Be; Các sàn thương mại điện tử... đều sử dụng nền cơ sở dữ liệu (CSDL) địa không gian (GIS) để triển khai các hoạt động kinh tế số của mình. Thực tế tất cả các nền tảng kinh tế số đều ít nhiều có ứng dụng CSDL GIS.



Với sự phát triển của công nghệ thực tế ảo AR, du lịch thông minh sử dụng bản đồ và CSDL GIS đã và đang ngày càng phát triển. Đặc biệt trong vấn đề quy hoạch không gian kinh tế thường được thiết kế mô phỏng trước để chọn phương án tối ưu.

### **3.2 Xây dựng Tập bản đồ Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.**

Ngày 5/1/2023 tại kỳ họp bất thường lần thứ 2 là Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Bộ trưởng Bộ Kế hoạch và Đầu tư Nguyễn Chí Dũng trình bày Tờ trình về Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Chủ nhiệm Ủy ban Kinh tế Quốc hội đã trình bày báo cáo thẩm tra về Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 [10].

Để trực quan hoá kế hoạch này, giúp cho Chính phủ điều hành được tốt hơn, chúng tôi kiến nghị thành lập “Tập bản đồ Quy hoạch tổng thể quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.” Tập bản đồ này có thể gồm các nội dung sau.

#### **Chương 1: Tổng quan**

##### **1- Lời nói đầu**

##### **2- Việt Nam trong quan hệ với các nước trên thế giới**

- Các nước hợp tác chiến lược,
- Các nước hợp tác toàn diện,
- Các Tổ chức kinh tế WTO, EAEU, EU, ASEAN, TC TPP,
- Các Tổ chức Quân sự.

##### **3- Mục tiêu Phát triển đến năm 2050**

###### *Giai đoạn 2021-2030*

1. Tốc độ tăng trưởng đạt khoảng 7,0%/năm,
2. Vùng Đông Nam Bộ tăng khoảng 8-8,5%/năm,
3. Vùng Đồng bằng sông Hồng khoảng 9%/năm,
4. GDP bình quân đến năm 2030, đạt khoảng 7.500 USD....

###### *Giai đoạn 2031 - 2050,*

5. Tốc độ tăng trưởng GDP khoảng 6,5 - 7,5%/năm,
6. Tỷ lệ đô thị hóa đến năm 2050 đạt 70 - 75%.
7. GDP bình quân đến năm 2050 đạt khoảng 27.000 - 32.000 USD.

#### **Chương 2: 5 Quan điểm về tổ chức không gian phát triển.**

##### **1- Bản đồ Các nội vùng, liên vùng**

##### **2- Bản đồ Các trọng tâm, trọng điểm**

##### **3- Bản đồ Kinh tế xanh, kinh tế tuần hoàn**

##### **4- Bản đồ Hành lang kinh tế, hệ thống đô thị**

##### **5- Bản đồ Không gian phát triển quốc gia**

1. Khu vực đất liền, vùng trời,
2. Vùng biển, không gian biển,
3. Không gian ngầm,
4. Kết nối các hành lang kinh tế trong nước với khu vực và quốc tế,
5. Kết hợp phát triển kinh tế, văn hóa, xã hội với bảo đảm quốc phòng, an ninh.

#### **Chương 3. 4 nhóm nhiệm vụ trọng tâm trong thời kỳ quy hoạch.**

##### **1- Bản đồ hạ tầng quốc gia**

1. Hạ tầng giao thông,
2. Hạ tầng đô thị,
3. Hạ tầng nông thôn,
4. Hạ tầng năng lượng,
5. Hạ tầng số,
6. Hạ tầng văn hóa, xã hội,
7. Hạ tầng thủy lợi,
8. Bảo vệ môi trường,



9. Phòng, chống thiên tai,
10. Biến đổi khí hậu.

## **2- Bản đồ Cơ cấu phát triển**

1. Mô hình tăng trưởng,
2. Không gian phát triển mới.

## **3- Bản đồ Phát triển các vùng**

1. Tăng trưởng quốc gia quan trọng
2. Dẫn dắt phát triển của quốc gia.

## **4- Bản đồ Hành lang vành đai kinh tế**

1. Hành lang kinh tế trục Bắc - Nam,
2. Hành lang kinh tế Đông - Tây,
3. Vành đai kinh tế ven biển,
4. Vành đai công nghiệp - đô thị - dịch vụ.

## **Chương 4: Bản đồ Định hướng phát triển không gian kinh tế - xã hội**

1. Bảo tồn, khám phá,
2. Phân vùng,
3. Hành lang kinh tế quan trọng,
4. Lĩnh vực đồng bộ, thống nhất,
5. Khu công nghiệp sinh thái;
6. Công nghiệp hỗ trợ,
7. Hệ thống Hạ tầng du lịch, Sản phẩm và doanh nghiệp du lịch,
8. Môi trường, tài nguyên,
9. Hành lang và sản phẩm di sản.

## **5: Bản đồ Định hướng sử dụng đất quốc gia**

1. Phân bổ, quản lý và sử dụng đất,
2. Thẻ chế, chính sách, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý và sử dụng đất.

## **6: Bản đồ Định hướng phân vùng và liên kết vùng,**

1. Công nghiệp điện tử, nhân lực chất lượng cao Trung du và miền núi phía Bắc,
2. Công nghiệp văn hóa vùng động lực phía Bắc và phía Nam.

## **7: Bản đồ dự án quan trọng quốc gia,**

3. Các “dự án quan trọng của quốc gia”,
4. Tầm nhìn, quy mô chiến lược hành lang kinh tế, vùng động lực quốc gia.

## **8: Bản đồ Giải pháp và nguồn lực thực hiện quy hoạch**

1. Các nguồn lực của nền kinh tế,
2. Hệ thống thông tin và cơ sở dữ liệu quốc gia.

## **Sản phẩm gồm:**

- Bản đồ cỡ lớn A0: Tập bản đồ khổ A3, A4 ,
- Hệ thống bản đồ dạng số trên máy tính, trên điện thoại (máy tính bảng) thông minh,
- Hiện thị trên hệ thống.

## **4. Kết luận**

Thực tế trên Thế giới và Việt Nam có nhiều phương pháp điều hành chính phủ để phát triển kinh tế xã hội. Việc sử dụng tập bản đồ và CSDL GIS đã và đang hỗ trợ đắc lực cho triển khai các kế hoạch bởi sử dụng ngôn ngữ bản đồ trực quan, vừa tổng thể, vừa chi tiết. Với sự hỗ trợ của công nghệ 3D cùng các thiết bị thực tế ảo AR có thể sẽ là một giải pháp giúp cho chính phủ điều hành được tốt hơn, mọi công việc có thể triển khai tại cơ quan bằng công nghệ thực tế ảo kết hợp với kiểm tra tại thực địa sẽ hỗ trợ quyết định khách quan và chính xác hơn.

## **Cam kết của các tác giả**

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.





### Tài liệu tham khảo

- [1] <https://www.qdnd.vn/quoc-te/doi-song/tong-thong-nga-doc-thong-diep-lien-bang-nam-2024-nga-chung-minh-kha-nang-giai-quyet-nhung-van-de-phuc-tap-nhat-766923>
- [2] <https://vov.vn/the-gioi/quan-sat/nhung-noi-dung-chinh-trong-thong-diep-lien-bang-2024-cua-tong-thong-my-post1081353.vov>
- [3] <https://baophapluat.vn/thu-tuong-de-nghi-khac-phuc-han-che-de-dat-muc-tieu-xay-dung-san-bay-long-thanh-post465426.html>
- [4] <https://www.tapchiconsan.org.vn/web/guest/nghien-cu/-/2018/815928/kinh-te-so-va-co-hoi-de-viet-nam-but-pha.aspx>
- [5] <http://chanchau.com/news/143/Cong-nghe-ban-d%C3%B4-3-chieu-Skyline-trong-do-dac-lap-ban-d%C3%B4-va-Mo-phong-3D.html>
- [6] <https://www.skylinesoft.com/mapping-surveying/>
- [7] <https://www.skylinesoft.com/advanced-visualization-solutions/>
- [8] <https://baohaiduong.vn/thong-diep-ve-dinh-huong-tuong-lai-376768.html>
- [9] <https://tuoitre.vn/tong-thong-biden-khong-kich-syria-la-canh-bao-voi-iran-20210227065859423.htm>
- [10] <https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=72094>



## PHẦN THỨ HAI: NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG

### Phân tích chuyển dịch thẳng đứng ứng dụng công nghệ GNSS với bình sai lưới không gian và phép lọc Kalman

Hoàng Ngọc Hà<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Trường đại học Mỏ - Địa chất, số 18 Phố Viên, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Email tác giả liên hệ: hoanghakhcn@gmail.com

#### Tóm tắt

Hiện nay do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và tác động của nước biển dâng, ở một số khu vực của nước ta có hiện tượng chuyển dịch biến dạng như sụt, lún. Trong bài báo đã nghiên cứu phương pháp phân tích sự biến dạng chuyển dịch đứng (chuyển dịch địa động học theo phương thẳng đứng, biến dạng lún công trình...), trên cơ sở sử dụng dữ liệu 3D thu được từ kết quả đo lưới quan trắc ứng dụng công nghệ GNSS trong các chu kỳ và lý thuyết lọc Kalman. Đã đưa ra cơ sở lý thuyết và thuật toán tính toán đối với bài toán phân tích và dự báo biến dạng ứng dụng công nghệ GNSS. Kết quả nghiên cứu có thể phục vụ công tác điều tra cơ bản ở các địa phương có khả năng sụt lún hoặc biến dạng do đứt gãy địa chất hay do tác động của môi trường.

**Từ khóa:** Bình sai, GNSS, Lọc Kalman, chuyển dịch đứng, Phân tích biến dạng

Ngày nhận bài: 25/03/2024

Ngày sửa lại: 29/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 30/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

### Vertical displacement analysis applies GNSS technology with spatial network adjustment and Kalman filtering

Ha Ngoc Hoang<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Mining and Geology, 18 Vien Street, Hanoi, Vietnam

Corresponding Author Email: hoanghakhcn@gmail.com

#### Abstract

Currently, due to the effects of climate change and the impact of rising sea levels, in some areas of our country there is a phenomenon of displacement and deformation. In the article, the method of analyzing vertical displacement deformation (vertical geodynamic displacement, construction settlement deformation...) has been studied, based on the use of 3D data obtained from the results. Observation grid measurement applies GNSS technology in cycles and Kalman filter theory. The theoretical basis and calculation algorithm for the problem of analyzing and predicting deformation using GNSS technology has been presented. Research results can serve basic investigations in localities with the possibility of subsidence or deformation due to geological faults or environmental impacts.

**Keywords:** Network adjustment, GNSS, Kalman filter, vertical displacement, Deformation analysis

Submission received: 25/03/2024

Revised: 29/03/2024

Accepted: 30/03/2024

Published: 30/03/2024

## 1. Mở đầu

Với sự phát triển của công nghệ GNSS đã tạo ra bước tiến lớn trong lĩnh vực trắc địa- bản đồ nói chung và quan trắc biến dạng nói riêng. Trong đo đạc truyền thống, việc xác định biến dạng chuyển dịch lún thường phải thực hiện bằng việc xây dựng lưới thủy chuẩn và đo theo chu kỳ. Tuy nhiên công việc này đòi hỏi thời gian đo dài và tốn nhiều công sức. Ứng dụng công nghệ GNSS cho phép xây dựng lưới với độ chính xác cao với thời gian ngắn, trong phạm vi rộng và cho phép xác định véc tơ chuyển dịch véc tơ chuyển dịch đứng của vỏ trái đất. Công nghệ GNSS có ưu việt hơn công nghệ truyền thống là không đòi hỏi sự thông hướng giữa các điểm, đo đạc được tiến hành trong mọi điều kiện thời tiết. Một số công bố quốc tế đã tập trung xây dựng các mô hình ứng dụng phép lọc Kalman để ứng dụng trong lĩnh vực phân tích biến dạng như [13], phân tích chuyển dịch phục vụ điều tra sạt lở [14] ...

Ở Việt Nam, công nghệ GNSS đã được ứng dụng trong một số nghiên cứu về chuyển dịch của đới đứt gãy sông Đà và đới đứt gãy Sơn La - Bim Sơn [7] của Viện Địa chất, nghiên cứu chuyển dịch của vỏ Trái đất trên khu vực đứt gãy Lai Châu - Điện Biên [8].

Trong bài báo sẽ trình bày cơ sở lý thuyết và tính toán thực nghiệm ứng dụng lý thuyết bình sai lưới GNSS kết hợp với phép lọc Kalman để giải quyết bài toán phân tích, đánh giá sự chuyển dịch đứng, lấy ví dụ minh họa trên vùng thực nghiệm ở miền Trung (lưới Thạch Bàn-Cát Tiên).



## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Sử dụng độ cao trắc địa trong phân tích chuyển dịch độ cao

Mối liên hệ giữa độ cao trắc địa  $H$  và độ cao thủy chuẩn  $h$  được biểu diễn bằng công thức sau:

$$H = h + \zeta \quad (1)$$

Ở đây  $\zeta$  - Dị thường độ cao.

Như vậy có thể thấy sự chuyển dịch biến dạng tại 2 thời điểm  $tk$  và  $tk+1$  của độ cao thủy chuẩn  $h$  sẽ là:

$$\Delta h = \Delta H \quad (2)$$

Như vậy chúng ta có thể sử dụng độ cao trắc địa, được xác định từ đo đạc và bình sai lưới GNSS để phân tích chuyển dịch đúng theo các chu kỳ đo.

### 2.2. Xác định độ cao trắc địa từ kết quả bình sai lưới tự do với ẩn số là tọa độ $B, L, H$

Bình sai tự do lưới không gian GNSS trong hệ tọa độ địa tâm  $(X, Y, Z)$  ta sẽ có hệ phương trình các số hiệu chỉnh tương ứng với  $n$  trị đo  $(\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}, \Delta Z_{ij})$  như sau:

$$V = A\Delta + L \quad (3)$$

Với  $A$  là ma trận hệ số với các hệ số  $+1$  và  $-1$  ứng với các thành phần tọa độ tương ứng trong trị đo  $(\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}, \Delta Z_{ij})$ ,  $\Delta x$  là vector ẩn số,  $V$  và  $L$  tương ứng là vector số hiệu chỉnh và số hạng tự do trong hệ phương trình. Ma trận trọng số  $P$  có dạng:

$$P = \begin{pmatrix} P_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_n \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$P_i = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{pmatrix} = Q_i^{-1} \quad (5)$$

Với  $Q_i$  là ma trận hiệp phương sai của các trị đo  $(\Delta X_{ij}, \Delta Y_{ij}, \Delta Z_{ij})$ .

Đối với mỗi điểm lưới GNSS, chúng ta có công thức sau:

$$\begin{pmatrix} dB_i \\ dL_i \\ dH_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (M_i + H_i)\sin B_i \cos L_i & (N_i + H_i)\cos B_i \sin L_i & -\cos B_i \cos L_i \\ (M_i + H_i)\sin B_i \sin L_i & (N_i + H_i)\cos B_i \cos L_i & -\cos B_i \sin L_i \\ (M_i + H_i)\cos B_i & 0 & -\sin B_i \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dX_i \\ dY_i \\ dZ_i \end{pmatrix} \quad (6)$$

Như vậy, nếu ẩn số là  $B, L, H$  thì hệ phương trình các số hiệu chỉnh (1) có thể viết lại như sau:

$$V = A_z \Delta z + L \quad (7)$$

Ở đây:

Ma trận  $A_z = \Pi A$

$$\Pi = \begin{pmatrix} \Pi_1 & & & \\ & \Pi_2 & & \\ & & \dots & \\ & & & \Pi_n \end{pmatrix} \quad (8)$$

$$\Pi_i = \begin{pmatrix} (M_i + H_i)\sin B_i \cos L_i & (N_i + H_i)\cos B_i \sin L_i & -\cos B_i \cos L_i \\ (M_i + H_i)\sin B_i \sin L_i & (N_i + H_i)\cos B_i \cos L_i & -\cos B_i \sin L_i \\ (M_i + H_i)\cos B_i & 0 & -\sin B_i \end{pmatrix} \quad (9)$$

Từ hệ phương trình số hiệu chỉnh, ta lập được hệ phương trình chuẩn có dạng:

$$R_z \Delta z + b_z = 0 \quad (10)$$

$$R_z = A_z^T P A_z, b_z = A_z^T P L \quad (11)$$

Ở đây ma trận  $R_z$  suy biến. Để tìm nghiệm của hệ (9) vector ẩn số được tính theo công thức:

$$\Delta z = -\tilde{R}_z b_z \quad (12)$$

Trong đó,  $\tilde{R}_z$  là ma trận nghịch đảo tổng quát:

$$\tilde{R}_z = (R_z + CC^T)^{-1} - TT^T \quad (13)$$

Với:

$$T^T = B(C^T G)^{-1} \quad (14)$$

$$G^T = (G_1 \quad G_2 \quad \dots \quad G_n) \quad (15)$$



Gi là ma trận Hermet, khi các trị đo là baseline ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ), ma trận G có dạng:

$$G_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$C^T = (G_1 \quad \dots \quad G_k \quad 0 \quad \dots \quad 0) \quad (17)$$

Trong trường hợp  $n = k$  (tức  $C = G$ ), ma trận nghịch đảo tổng quát được tính theo công thức:

$$R_z^+ = (R_z + GG^T)^{-1} - TT^T \quad (18)$$

$$T^T = G(G^T G)^{-1} \quad (19)$$

Sai số trung phương trọng số đơn vị được tính như sau:

$$\mu = \sqrt{\frac{V^T P V}{3n - 3m + d}} \quad (20)$$

- $3n$  là số trị đo của lưới
- $3m$  là số ẩn số
- $d$  là số khuyết của lưới (trường hợp đang xét có  $d = 3$ )

### 2.3. Mô hình động và phép lọc Kalman

Triển khai công thức Taylor của hàm số  $H_j^{(k+1)}$  theo biến số thời gian  $t$ , mô hình động theo thời gian với độ cao trắc địa, vận tốc và gia tốc được biểu diễn bằng công thức sau [10]:

$$H_j^{(k+1)} = H_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k) v_{H_j} + 1/2 (t_{k+1} - t_k)^2 a_{H_j} \quad (21)$$

$H_j^{(k+1)}$ : Độ cao trắc địa điểm  $j$  ở thời điểm chu kỳ  $(t_{k+1})$

$H_j^{(k)}$ : Độ cao trắc địa điểm  $j$  ở thời điểm chu kỳ  $(t_k)$

$v_{H_j}$ : vận tốc chuyển dịch của  $H$  của điểm  $j$

$a_{H_j}$ : gia tốc chuyển dịch của  $H$  của điểm  $j$

$k=1, 2, \dots, i$  ( $i$ : số thứ tự chu kỳ đo)

$j=1, 2, \dots, n$  ( $n$ : số thứ tự của điểm trong lưới)

Như vậy từ phương trình (21) có thể thành lập biểu thức sau:

$$\left. \begin{aligned} H_j^{(k+1)} &= H_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k) v_{H_j} + 0,5(t_{k+1} - t_k)^2 a_{H_j} \\ v_{H_j}^{(k+1)} &= v_{H_j}^{(k)} + (t_{k+1} - t_k) a_{H_j}^{(k)} \\ a_{H_j}^{(k+1)} &= a_{H_j}^{(k)} \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

Biểu thức (22) có thể viết lại dưới dạng ma trận như sau:

$$\begin{pmatrix} H_j^{(k+1)} \\ v_{H_j}^{(k+1)} \\ a_{H_j}^{(k+1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & (t_{k+1} - t_k) & 0,5(t_{k+1} - t_k)^2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_j^{(k)} \\ v_{H_j}^{(k)} \\ a_{H_j}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (23)$$

Ký hiệu:

$$T_j^{(k+1)} = \begin{pmatrix} 1 & (t_{k+1} - t_k) & 0,5(t_{k+1} - t_k)^2 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (24)$$

$$y_j^{(k+1)} = \begin{pmatrix} H_j^{(k+1)} \\ v_{H_j}^{(k+1)} \\ a_{H_j}^{(k+1)} \end{pmatrix} \quad (25)$$

$$y_j^{(k)} = \begin{pmatrix} H_j^{(k)} \\ v_{H_j}^{(k)} \\ a_{H_j}^{(k)} \end{pmatrix} \quad (26)$$



$$y_j^{(k+1)} = T_j^{(k+1)} y_j^{(k)} \quad (27)$$

Phép lọc Kalman được sử dụng để dự đoán vector trạng thái hiện tại bằng cách sử dụng thông tin vector trạng thái của các thông số chuyển động đã biết ở chu kỳ  $t_k$  và các phép đo ở chu kỳ  $t_{k+1}$  được thu thập ở kỳ  $t_{k+1}$ . Vector trạng thái của tham số chuyển động bao gồm các tham số vị trí, vận tốc chuyển động và gia tốc. Hệ phương trình dạng ma trận của mô hình chuyển động được sử dụng để dự báo các tham số chuyển động bằng kỹ thuật lọc Kalman trong lưới có thể được biểu diễn như sau:

$$\bar{Y}_{(k+1)} = T_{(k+1)} \hat{Y}_{(k+1)} \quad (28)$$

Ở đây:

$$\bar{Y}_{(k+1)} = \begin{pmatrix} y_1^{(k+1)} \\ y_2^{(k+1)} \\ \dots \\ y_n^{(k+1)} \end{pmatrix} \quad (29)$$

$$\bar{Y}_{(k)} = \begin{pmatrix} y_1^{(k)} \\ y_2^{(k)} \\ \dots \\ y_n^{(k)} \end{pmatrix} \quad (30)$$

$$T_{(k+1)} = \begin{pmatrix} T_1^{(k+1)} & & \\ & \dots & \\ & & T_n^{(k+1)} \end{pmatrix} \quad (31)$$

$\bar{Y}_{(k+1)}^T$  - vec tơ giá trị dự báo của tọa độ, vận tốc và gia tốc

$\bar{Y}_k^T$  -vec tơ trạng thái tại thời điểm  $t_k$ .

$T_{k+1}$ ,- ma trận chuyển dịch.

Phương trình (28) là phương trình dự báo trong phép lọc Kalman

Phương trình có yếu tố nhiễu sẽ như sau:

$$\bar{Y}_{(k+1)} = T_{(k+1)} \hat{Y}_k + S_{k+1,k} \quad (32)$$

$$C_{\bar{Y}_{(k+1)}} = T_{k+1,k} C_Y T_{k+1,k}^T + S_{k+1,k} C_S S_{k+1,k}^T \quad (33)$$

Ở đây ma trận  $C_Y$  là ma trận hiệp phương sai của vector trạng thái  $\hat{Y}_k$  đã được lọc ở thời điểm  $t_k$ .

Ma trận  $C_S$  là ma trận hiệp phương sai của vector nhiễu hệ thống ở thời điểm  $t_k$ .

Tại thời điểm  $t_{k+1}$  chúng ta thực hiện đo đặc lưới GNSS, có thể thành lập hệ phương trình đo (phương trình lọc) như sau:

$$v_{l,k+1} = A_{k+1} \hat{Y}_k - l_{k+1} \quad (34)$$

Hay là:

$$l_{k+1} + v_{l,k+1} = A_{k+1} \hat{Y}_k \quad (35)$$

Từ các biểu thức (30) và (34) chúng ta có công thức sau:

$$V = \hat{A}_{k+1} \hat{Y}_{k+1} + L \quad (36)$$

Ký hiệu:

$$V = \begin{pmatrix} v_{k+1} \\ v_{l,k+1} \end{pmatrix} \quad (37)$$

$$\hat{A}_{k+1} = \begin{pmatrix} E \\ A_{k+1} \end{pmatrix} \quad (38)$$

$$L = - \begin{pmatrix} \hat{Y}_{k+1} \\ l_{k+1} \end{pmatrix}$$

Ma trận hiệp phương sai:

$$C_{k+1} = \begin{pmatrix} C_{\bar{Y}_{(k+1)}} & 0 \\ 0 & C_{l,k+1} \end{pmatrix} \quad (39)$$

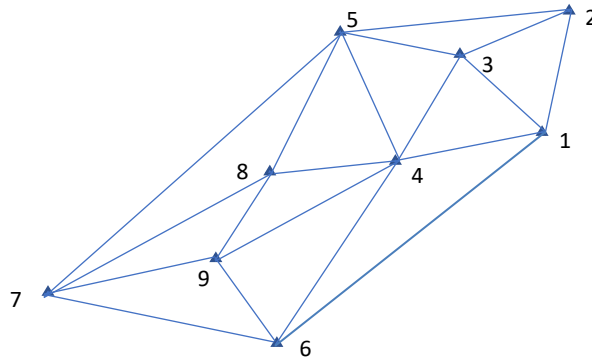
Ma trận  $A_{k+1}$  trong biểu thức (5.2.34) trong trường hợp lấy giá trị đo bằng chính giá trị bình sai ở chu kỳ k+1 sẽ là:  $A_{k+1}^T = (1 \ 0 \ 0)$

Ma trận  $E_{(k \times k)}$  - Ma trận đơn vị, k số ẩn số tọa độ.

### 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

#### 3.1. Kết quả nghiên cứu

Để tính toán, thử nghiệm chúng tôi sử dụng lưới đo GNSS tại khu vực miền Trung (lưới Thạch Bàn-Cát Tiên) gồm 9 điểm (Hình 1).



Hình 1. Sơ đồ lưới GNSS

Thực hiện đo lặp 4 chu kỳ 2015, 2016, 2017, 2018 với giãn cách thời gian giữa các chu kỳ là một năm.

. Kết quả bình sai cho giá trị độ cao trắc địa tại các điểm lưới và sai số trung phương tương ứng của các chu kỳ được trình bày ở các bảng từ 1 đến 4.

Bảng 1. Giá trị độ cao trắc địa và sai số trung phương của các điểm trong chu kỳ 1(2015)

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
H (m)	233,660	422,073	46,164	462,312	478,985	433,071	137,976	1530,043	132,895
$m_H$ (m)	0,0015	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Bảng 2. Giá trị độ cao trắc địa và sai số trung phương của các điểm trong chu kỳ 2(2016)

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
H (m)	233,712	422,062	46,150	462,315	478,945	433,055	137,989	1530,039	132,860
$m_H$ (m)	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001

Bảng 3. Giá trị độ cao trắc địa và sai số trung phương của các điểm trong chu kỳ 3(2017)

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
H (m)	233,671	421,977	46,117	462,256	478,938	433,026	137,956	1530,029	132,838
$m_H$ (m)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001

Bảng 4. Giá trị độ cao trắc địa và sai số trung phương của các điểm trong chu kỳ 4(2018)

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
H (m)	233,673	422,043	46,153	462,287	478,951	433,044	137,968	1530,031	132,873
$m_H$ (m)	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002

Bảng 5. Các tham số chuyển dịch độ cao giữa năm 2015 - 2016 và các tham số tốc độ chuyển dịch

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
dH (m)	0,052	-0,012	-0,015	0,003	-0,039	-0,009	0,012	-2,1E-05	-0,035
$v_H$ (m/năm)	0,062	-0,014	-0,018	0,003	-0,047	-0,035	0,015	-2,5E-05	-0,042



**Bảng 6. Các tham số chuyển dịch độ cao giữa năm 2015 - 2017 và các tham số tốc độ và gia tốc theo chu kỳ 1 năm**

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
dH (m)	0,052	-0,076	-0,047	-0,056	-0,049	-0,009	-0,020	-0,014	-0,057
VH (m/năm)	-0,086	-0,091	-0,040	-0,090	0,009	-0,036	-0,055	-0,011	-0,015
aH (m/năm <sup>2</sup> )	-0,092	-0,053	-0,017	-0,062	0,032	-0,022	-0,045	-0,003	0,0131

**Bảng 7. Các tham số chuyển dịch độ cao giữa năm 2015 - 2018 và các tham số tốc độ và gia tốc theo chu kỳ 1 năm**

	Điểm 1	Điểm 2	Điểm 3	Điểm 4	Điểm 5	Điểm 6	Điểm 7	Điểm 8	Điểm 9
dH (m)	0,012	-0,075	-0,011	-0,025	-0,034	-0,024	-0,008	-0,012	-0,022
VH (m/năm)	-0,092	0,032	-0,040	0,076	0,024	0,047	0,034	0,004	0,064
aH (m/năm <sup>2</sup> )	-0,072	0,065	-0,01687	0,09	0,021	0,050	0,044	0,005	0,057

### 3.2. Thảo luận

Qua kết quả tính toán chúng tôi thấy tất cả 9 điểm, kiểm tra đại lượng  $T_H = dH/m_{dH}$  đều vượt giới hạn theo tiêu chí thống kê T (t-distribution), do đó các điểm này đều có sự chuyển dịch về độ cao.

Như vậy kết quả triển khai tính toán thực nghiệm theo phương pháp đề xuất cho thấy giải pháp ứng dụng công nghệ GNSS trong vấn đề độ cao và chuyển dịch độ cao trong bài toán quan trắc biên dạng đã đạt mục tiêu đã đề ra. Giải pháp này cho phép triển khai giải bài toán quan trắc biên dạng trong các phạm vi khác nhau mà không cần xây dựng mạng lưới thủy chuẩn. Các tham số chuyển dịch không chỉ là các tham số biến đổi độ cao như trong mô hình tĩnh, mà còn xác định các tham số vận tốc và gia tốc chuyển dịch.

Nếu với bài toán sử dụng độ cao trắc địa GNSS trong việc thành lập bản đồ địa hình còn phải xử lý vấn đề mô hình quaasi-geoid, thì trong bài toán quan trắc biên dạng chuyển dịch thẳng đứng không cần quan tâm tới mô hình này và có thể xác định độ chuyển dịch biên dạng với độ chính xác cao và thực hiện trong thời gian ngắn.

Các kết quả nghiên cứu cho thấy kết hợp công nghệ GNSS với các phương pháp xử lý số liệu trắc địa hiện đại như bình sai lưới tự do không gian GNSS và lọc Kalman cho phép hình thành công nghệ phân tích quan trắc chuyển dịch biên dạng đứng không nhất thiết phải xây dựng lưới thủy chuẩn truyền thống.

Tuy nhiên để có kết luận một cách đầy đủ cần phải tiến hành thử nghiệm ở nhiều khu vực trên lãnh thổ nước ta và với số chu kỳ nhiều hơn để đánh giá về khả năng dự báo một cách tin cậy.

### 4. Kết luận

Trong bài báo đã xây dựng cơ sở khoa học và tính toán thực nghiệm chứng minh cho giải pháp phân tích, đánh giá chuyển dịch biên dạng đứng sử dụng công nghệ GNSS trong mô hình động trên cơ sở ứng dụng lý thuyết bình sai lưới tự do và kỹ thuật lọc Kalman.

Tính ưu việt của giải pháp này được thể hiện ở sự phát triển của công nghệ GNSS với độ chính xác cao và thời gian thi công nhanh, trong các điều kiện khác nhau. Ngoài ra với số chu kỳ đo lớn có thể có khả năng dự báo về chuyển dịch biên dạng trôi, lún để có các phương án ứng phó phù hợp.

Hiện nay, với tình hình sụt, lún ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long, chúng tôi thấy có thể xây dựng các trạm quan trắc, dựa trên ứng dụng GNSS và áp dụng giải pháp đã trình bày ở trên để đánh giá, phân tích và xây dựng cơ sở dữ liệu về chuyển dịch biên dạng lún của vùng.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu. Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa. Nhà xuất bản Giao thông vận tải. 2000.
- [2] Hoàng Ngọc Hà, *Bình sai tính toán lưới Trắc địa và GPS/GNSS*. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội. 2020.
- [3] Hoàng Ngọc Hà, Phạm Thanh Thọ. *Ứng dụng lý thuyết bình sai tự do lưới không gian trong phân tích độ chuyển dịch đứt gãy sông Sài Gòn*. Tài nguyên và môi trường, số 23(253), Kỳ 1,12/2016.



- [4] Hoang, N. H.: Modernization of Height System in Vietnam Using GNSS and Geoid Model. In: Tien Bui D., Tran H.T., Bui XN. (eds) Proceedings of the International Conference on Innovations for Sustainable and Responsible Mining. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 108. Springer, 10- 2020.
- [5] Hoang, N. H. Monitoring the displacement of the Ba River fault zone of Vietnam using GNSS technology. FIG Conference, Orlando, Florida, USA 28 May - 1 June 2023.
- [6] Hofmann-Wellenhof, Herbert Lichtenegger, Elmar Wasle. GNSS. Springer Wien New York, 2008.
- [7] V Quốc Hải, Trần Đình Tô và Dương Chí Công, 2005. *Xác định chuyển dịch hiện đại đới đứt gãy sông Đà và đới đứt gãy Sơn La-Bim Sơn bằng số liệu GPS*. Địa chất và Khoáng sản, số 9, trang 257-265.
- [8] Hà Minh Hòa, Nguyễn Ngọc Lâu, Dương Chí Công. *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS để xác định chuyển dịch vỏ trái đất trên khu vực đứt gãy Lai châu - Điện Biên*. Đề tài KHCN cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường giai đoạn 2002 - 2004. Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ.
- [9] R.E. Kalman, *A new approach to linear filtering and prediction problems*, J Basic Eng 82D (1960) 35e45.
- [10] Markuze Y U. I. , Hoàng Ngọc Hà . *Bình sai các mạng lưới không gian mặt đất và vệ tinh, Nhà xuất bản Nedra Matxcova*. Sách chuyên khảo (tiếng Nga). 1991
- [11] Markuze Y U. I, Gólubev V.V. *Lý thuyết xử lý toán học lưới trắc địa*. Alma Mater.2010 (Tiếng Nga).
- [12] Welsch, W. M. and Heunecke, O.: *Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations*, in: Proceedings of the 10th International Symposium on Deformation Measurements, Orange, California, USA, 390–412, 2001.
- [13] Yalc ınkaya, M. and Bayrak, T.: *Dynamic model for monitoring landslides with emphasis on underground water in Trabzon Province, Northeastern Turkey*, J. Surv. Eng.-ASCE, 129(3),115–124, 2003.





## Giám sát ô nhiễm chất phóng xạ trong nước biển bằng tích hợp công nghệ viễn thám và số liệu quan trắc thực địa

Trần Ngọc Tường<sup>1\*</sup>, Phạm Hồng Hải<sup>1</sup>, Lê Thành An<sup>2</sup>, Nguyễn Duy Phương<sup>2</sup>, Lương Chính Kế<sup>3</sup>, Lê Minh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trung tâm Công nghệ tích hợp liên ngành giám sát hiện trường, ĐH Công Nghệ

<sup>2</sup>Học viện Quốc tế, Bộ Công an

<sup>3</sup>Hội Trắc địa, bản đồ, viễn thám Việt Nam

Email tác giả liên hệ: tuongtn@fimo.edu.vn

### Tóm tắt:

Môi trường biển hiện nay đang là vấn đề được thế giới quan tâm trước áp lực về ô nhiễm, đặc biệt ô nhiễm chất phóng xạ do chất thải rắn, nước làm mát từ của lò phản ứng hạt nhân từ các nhà máy điện nguyên tử thải ra. Việt Nam là quốc gia biển chịu ảnh hưởng chung trong vấn đề ô nhiễm này. Bài báo giới thiệu phương pháp phát hiện sự bất bình thường của môi trường nước biển và kết hợp với lấy mẫu thực địa để tìm ra nguyên nhân của nguồn ô nhiễm, trước hết cho mục đích ô nhiễm chất phóng xạ. Phương pháp đề xuất dựa vào hiện tượng huỳnh quang phát ra của thực vật phù du mà cảm biến vệ tinh thu nhận được khi chúng hấp thụ bức xạ Mặt trời để quang hợp trao đổi chất và thải oxy. Nghiên cứu của chúng tôi mới ở giai đoạn đầu về phần lý thuyết sẽ được chia sẻ ở đây. Kết quả thực nghiệm sẽ được giới thiệu vào dịp tiếp theo.

**Từ khóa:** Ô nhiễm chất phóng xạ, huỳnh quang, bức xạ, khuếch tán

Ngày nhận bài: 25/03/2024

Ngày sửa lại: 30/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 30/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

## Monitoring seawater radioactive contamination by intergrating application remote sensing technology and field observation data

Tran Ngoc Tuong<sup>1\*</sup>, Pham Hong Hai<sup>1</sup>, Le Thanh An<sup>2</sup>, Nguyen Duy Phuong<sup>2</sup>, Luong Chinh Ke<sup>3</sup>, Le Minh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Center of Multidisciplinary Integrated Technologies for Field Monitoring, University of Engineering and Technology

<sup>2</sup>Academy of International Studies, Ministry of Public Security

<sup>3</sup>Vietnam Association of Surveying, Mapping, Remote Sensing

Corresponding Author Email: tuongtn@fimo.edu.vn

### Abstract:

The marine environment is now a matter of being concerned by the world in prior pressure on pollution, especially radioactive contamination of solid waste, cooling water of nuclear reactors from nuclear power plants discharged. Vietnam is a sea nation affected by this pollution. Our article introduces methods to detect the abnormalities of the seawater environment and combined with field sampling to find the cause of pollution sources, first for the purpose of radioactive contamination. The proposal method is based on the fluorescent phenomenon emitted by phytoplankton but the satellite sensor receives when they absorb solar radiation to massage metabolism and emission oxygen. Our new research in the early stages of theoretical part will be shared here. Experiment results will be introduced on the next occasion.

**Keywords:** Radioactive contamination, phenomenon, radiation, diffusive

Submission received: 25/03/2024

Revised: 30/03/2024

Accepted: 30/03/2024

Published: 30/03/2024

### 1. Đặt vấn đề

Để Việt Nam giàu lên từ biển, mạnh lên từ biển đòi hỏi môi trường biển của Việt Nam được bảo vệ lành mạnh, không chỉ ổn định môi trường chính trị mà còn đòi hỏi môi trường biển đảo tự nhiên của chúng ta phát triển bền vững, trước hết tránh được các rủi ro ô nhiễm nước biển. Nguồn ô nhiễm biển không chỉ là các chất thải rắn từ sinh hoạt mà còn là các chất thải rắn từ phế thải công nghiệp như các từ các lò cao đồ ra biển của các nước có chung bờ biển. Không những thế, các chất thải lỏng làm mát từ các nhà máy trong vận hành sản xuất cũng được xả thải trực tiếp ra biển, mang theo các hóa chất cũng như những phân tử kim loại nặng làm hệ sinh thái biển bị chết, thậm chí bị hủy diệt trên diện rộng. Một vấn đề nổi cộm vào cuối năm 2020 về thông tin của Bộ Khoa học công nghệ và Viện nghiên cứu hạt nhân Philippines ghi nhận nồng độ phóng xạ cao bất thường ở các rạn san hô trên Biển Đông. Các chuyên gia Philippines phát hiện i-ốt 129 tại một số rạn san hô thuộc quần đảo Trường Sa của Việt Nam và vùng biển phía đông Philippines. Trong đó, nơi có nồng độ phóng xạ cao nhất nằm gần khu vực đá Vành Khăn thuộc quần đảo Trường Sa của Việt Nam. Các nhà khoa học Philippines cho biết i-ốt 129 là sản phẩm của quá trình phân rã hạt nhân. Điển hình là từ các vụ thử hạt nhân, sự cố hạt nhân hoặc quá trình tái xử lý năng lượng hạt nhân (báo điện tử VTC News, ngày 08/12/2020).

Sự rò rỉ chất phóng xạ từ sự cố các nhà máy điện hạt nhân không chỉ ảnh hưởng tới môi trường không khí mà kể cả môi trường nước do mưa, gió, bụi. Không những thế những lò làm mát bằng



nước của một số nhà máy điện nguyên tử lại được xả thải ra các hồ vịnh thông với biển. Do vậy nguồn ô nhiễm phóng xạ của môi trường nước biển có nguy cơ rất cao. Hơn thế nữa, sự cố thiên tai môi trường khiến nhà máy điện hạt nhân bị huỷ hoại như nhà máy Fukushima của Nhật Bản vào năm 2011 khiến hàng triệu m<sup>3</sup> nước từ lò phản ứng hạt nhân chảy ra biển.

Trong nửa thế kỷ qua, thế giới đã chứng kiến tỷ lệ các sự cố trong đó chất phóng xạ bị đổ hoặc thải ra đại dương. Một nhà máy nhiên liệu hạt nhân của Anh đã nhiều lần xả chất thải phóng xạ ra biển Ailen, một nhà máy tái chế hạt nhân của Pháp đã xả chất thải tương tự vào eo biển Anh, và trong nhiều thập kỷ, Liên Xô đã đổ một lượng lớn chất phóng xạ xuống Bắc Băng Dương, biển Kara và biển Barent. Mặc dù sự rộng lớn của đại dương có khả năng làm loãng nhiễm bẩn hạt nhân, các dấu hiệu lây lan vật liệu phóng xạ đang được phát hiện ra khỏi Nhật Bản, bao gồm phát hiện nồng độ phóng xạ nâng cao của Caesium và iốt trong cá ở phía nam của Fukushima, và cấp độ phóng xạ cao trong nước biển cách xa bờ tới 30km.

Trong năm 2016, ba nhà máy điện hạt nhân của Trung Quốc ở những vị trí gần với Việt Nam đã bắt đầu đi vào hoạt động: hai tổ máy đầu tiên có công suất 1.000 MW của Nhà máy điện hạt nhân Phòng Thành (Quảng Tây) đi vào hoạt động thương mại, hai tổ máy 650 MW của Nhà máy Xương Giang trên đảo Hải Nam và ba tổ máy 600 MW của Nhà máy Trường Giang (Quảng Đông) đã được kết nối lưới điện quốc gia của Trung Quốc. Mỗi nhà máy đều thiết kế dự kiến có 6 tổ máy (<https://tuoitre.vn/10/10/2016>). Nhà máy Phòng Thành ở tỉnh Quảng Tây, cách TP.Móng Cái (tỉnh Quảng Ninh) 50km và cách TP.Hà Nội khoảng 500km; nhà máy Trường Giang (tỉnh Quảng Đông) cách biên giới Việt Nam 200km và nhà máy Sương Giang (đảo Hải Nam) cách đảo Bạch Long Vĩ (Hải Phòng) hơn 100km.

Ted Poston (một nhà sinh thái học thuộc Phòng thí nghiệm Quốc gia Tây Bắc Thái Bình Dương của chính phủ Hoa Kỳ ở Richland, Washington) giải thích nếu các hạt nhân phóng xạ ở dạng hòa tan, chúng sẽ hoạt động khác với khi chúng bị hấp thụ thành các hạt. Nếu iốt-131 được rong biển hoặc sinh vật phù du hấp thụ, nó có thể được chuyển sang cá, đến lượt chúng lại bị những loài cá lớn ăn thịt, như đã thấy ở biển Ailen. Cá cũng có thể hấp thụ các hạt nhân phóng xạ trong nước thông qua mang của chúng, và các hạt nhân phóng xạ có thể bị động vật thân mềm ăn vào. Buessler và các chuyên gia khác cho rằng: Cả các nguyên tố phóng xạ tồn tại trong thời gian ngắn (chẳng hạn như iốt-131) và các nguyên tố tồn tại lâu hơn (chẳng hạn như xêzi-137), với chu kỳ bán rã 30 năm, đều có thể bị thực vật phù du hấp thụ, động vật phù du, tảo bẹ và các sinh vật biển khác và sau đó được truyền vào chuỗi thức ăn, cho cá, động vật có vú biển và con người.

Trong một thế giới mà sự phụ thuộc toàn cầu vào thủy sản để làm thực phẩm ngày càng tăng, ít nhất 10% dân số thế giới phụ thuộc vào nghề cá để kiếm sống - một môi trường bị ô nhiễm tiềm ẩn có thể dẫn đến một chuỗi thực phẩm bị ô nhiễm, làm dấy lên lo ngại của người tiêu dùng. Chúng ta cũng biết rằng khoảng 95% bệnh ung thư ở người được kích hoạt do tiếp xúc với các chất độc hại có trong môi trường, bao gồm cả thực phẩm (theo Elizabeth Grossman, pril 7, 2011, Published at the Yale School of the Environment).

Vào đầu thập niên 80 của thế kỷ trước các nhà nghiên cứu đã thực nghiệm trong phòng thí nghiệm nhằm sử dụng chỉ số sinh học để theo dõi ô nhiễm xạ trong môi trường biển thông qua nuôi trai, sò biển bằng thực vật phù du bị nhiễm xạ [1]. Thông qua đó để thấy được mức độ lây nhiễm phóng xạ từ vật này sang vật khác. Trong những năm 90 của thế kỷ trước cũng đã có nhiều nghiên cứu về ô nhiễm môi trường biển bởi chất phóng xạ thông qua chất trầm tích ở đáy biển, cũng như ở bề mặt lớp nước [2,3]. Tiếp tục vào đầu những năm 2000, một số nghiên cứu ô nhiễm nước biển thông qua chất trầm tích [4-6] ở biển East Coast Peninsular của Malaysia; biển Pacific cách Fukushima ở khoảng cách 30 km; và vùng biển Nhật Bản. Đáng quan tâm về nghiên cứu của nhóm nhà khoa học Trung Quốc gần đây nhất vào năm 2020 [7] đã dùng tàu thăm dò lấy mẫu nước mặt trên 3 vùng biển Trung Quốc, vùng biển Hoa Đông và Hoàng Hải. Kết quả công bố: Tồn kho chất phóng xạ <sup>137</sup>Cs cao trong cột nước, độ hòa tan cao và thời gian lưu trú trung bình dài. Thời gian cư trú trung bình của <sup>137</sup>Cs ở biển Trung Hoa được xác định là 45,6±3,8 năm; 36,8±3,1 năm đối với biển Hoa Đông và 12,0±1,0 năm đối với biển Hoàng Hải.



Các hạt trầm tích trôi nổi trên tầng lớp nước mặt cũng như thực vật phù du có thể được trích xuất từ các ảnh vệ tinh chuyên cho biển đại dương như ảnh vệ tinh Modis của Mỹ hay ảnh Sentinel của EU. Kết hợp với số lượng nhỏ mẫu nước bề mặt sau khi đưa về phòng thí nghiệm chất lọc, sấy khô và dùng thiết bị chuyên dụng để đo nồng độ phóng xạ của chất phóng xạ, chúng ta có thể sử dụng giá trị phản xạ viễn thám đã được xử lý loại bỏ những tín hiệu nhiễu để tham chiếu về hàm lượng chất phóng xạ trên quy mô cho từng pixel ảnh. Kết hợp với GIS chúng ta có thể biểu diễn phân bố không gian của chất phóng xạ cho cả một vùng biển rộng lớn mà chúng ta quan tâm. Phương pháp đo hàm lượng phóng xạ các mẫu trầm tích, phù du trong phòng thí nghiệm có thể tham khảo [3,8,9].

Viễn thám vệ tinh được coi là một lĩnh vực khoa học cho phép tiếp cận có hiệu quả không chỉ đối với các đối tượng trên lục địa mà còn đối với các thực thể biển đảo. Đây là một công cụ quan trọng về áp dụng công nghệ tiên tiến để phát triển nền tảng “Hạ tầng dữ liệu không gian địa lý quốc gia” về biển đảo của Việt Nam, hướng tới đáp ứng yêu cầu quản lý Nhà nước, phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh; bảo đảm khả năng kết nối liên thông với hạ tầng dữ liệu không gian địa lý các nước trong khu vực và quốc tế. Phát triển ứng dụng công nghệ viễn thám đã được Đảng và Chính Phủ đặc biệt quan tâm. Thủ tướng Chính phủ đã ký Quyết định số 149/QĐ-TTg ngày 01/02/2019 phê duyệt “Chiến lược phát triển viễn thám quốc gia đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2040”. Quan điểm của Chiến lược là phát triển viễn thám với thiết bị, công nghệ tiên tiến, hiện đại. Nhà nước tập trung đầu tư hệ thống thu nhận dữ liệu ảnh viễn thám, cơ sở dữ liệu viễn thám quốc gia, phát triển công nghệ viễn thám, quan trắc và giám sát bằng viễn thám trong một số lĩnh vực. Thông tin, dữ liệu, sản phẩm viễn thám đáp ứng tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật và được chia sẻ, sử dụng có hiệu quả trong các ngành, các lĩnh vực.

## 2. Phương pháp

Phương pháp đề xuất giám sát ô nhiễm phóng xạ nước biển được giải quyết thông qua xác định định tính cũng như định lượng về khả năng hấp thụ bức xạ Mặt Trời của thực vật phù du ở lớp nước mặt có độ sâu  $z$  (m) bằng công nghệ viễn thám.

### 2.1. Thực vật phù du từ viễn thám vệ tinh

Thực vật phù du là những sinh vật đơn bào đa dạng về mặt phân loại, sống ở tầng trên của gần như tất cả các vùng nước trên Trái đất, và chúng có khả năng quang hợp. Quá trình quang hợp ròng hàng năm của riêng thực vật phù du đại dương có mức độ tương tự như của tất cả các loài thực vật trên cạn và nó đóng một vai trò quan trọng trong chu trình carbon sinh quyển [11]. Năng suất đại dương bị tác động mạnh bởi các biến đổi khí hậu nhưng việc định lượng tác động này và sự dự đoán sự thay đổi trong tương lai đòi hỏi sự hiểu biết về các yếu tố môi trường, mức độ sử dụng ánh sáng và tăng trưởng của thực vật phù du. Tuy nhiên, việc xác định đặc điểm toàn cầu về sự biến đổi sinh lý của biển được cho là thách thức lớn hơn nhiều so với việc chỉ đơn giản là định lượng trữ lượng thực vật phù du. Năm 2002, hình ảnh quang phổ có độ phân giải vừa phải (bộ cảm MODIS) của NASA với khả năng phát hiện huỳnh quang diệp lục của thực vật phù du để đánh giá tình trạng sinh lý của chúng. Cũng như đối với thực vật trên cạn, quá trình quang hợp ôxy trong thực vật phù du liên quan đến việc thu nhận ánh sáng và chuyển tải điện tử giữa hai trung tâm phản ứng sắc tố chịu trách nhiệm cho quá trình chuyển hóa ôxy, nơi năng lượng ánh sáng được thu nhận ở dạng hóa học [12]. Sự phát xạ huỳnh quang dưới ánh sáng mặt trời tự nhiên có thể được phát hiện trong phổ bức xạ đi lên từ phía dưới bề mặt và từ bên trên bề mặt nước biển. Sự phát xạ từ Mặt Trời và sự hấp thụ sắc tố mạnh bằng tín hiệu “huỳnh quang tự nhiên” của thực vật phù du biển, ban đầu được đề xuất như một công cụ để tính tỷ lệ quang hợp của thực vật phù du và có thể ghi lại sự biến đổi sinh lý [13]. Những quan sát hiện trường như vậy là công cụ để phát triển khả năng phát hiện huỳnh quang bằng đầu thu cảm biến trên vệ tinh. Cho đến nay, việc áp dụng bằng quan sát vệ tinh hiện tượng huỳnh quang của thực vật phù du diệp lục còn hạn chế. Ba yếu tố chính điều chỉnh sự phân bố huỳnh quang của thực vật phù du toàn cầu, là: (1) nồng độ sắc tố, (2) phản ứng quang-sinh bảo vệ, ngăn ngừa thiệt hại do ánh sáng có cường độ cao, và (3) hiện tượng tự che bóng trong hiệu suất hấp thụ ánh sáng [14]. Sản lượng huỳnh quang của thực vật phù du diệp lục quan trắc từ vệ tinh có thể chứng minh một công cụ mới quan trọng để xác định đặc điểm ứng suất chất ô nhiễm trong các

đại dương, cải thiện ước tính quang hợp của đại dương và giải quyết các vấn đề tương tác giữa sinh vật phù du và khí hậu.

Huỳnh quang diệp lục (F) là một thông lượng nhỏ để khử sự kích thích đối với năng lượng ánh sáng Mặt Trời được thực vật phù du hấp thụ phục vụ trao đổi chất, thải ô-xy. Dòng ánh sáng huỳnh quang này được phân giải dễ dàng trong dữ liệu trường bức xạ và thường được điều chỉnh bởi: nồng độ hay hàm lượng chất diệp lục (Chl), hệ số hấp thụ riêng của thực vật phù du diệp lục ( $\langle a_{ph} \rangle$ ), thông lượng của bức xạ hoạt động quang hợp (iPAR) ở thời điểm thu nhận ảnh, và năng suất lượng tử của huỳnh quang ( $\phi$ ) [15]:

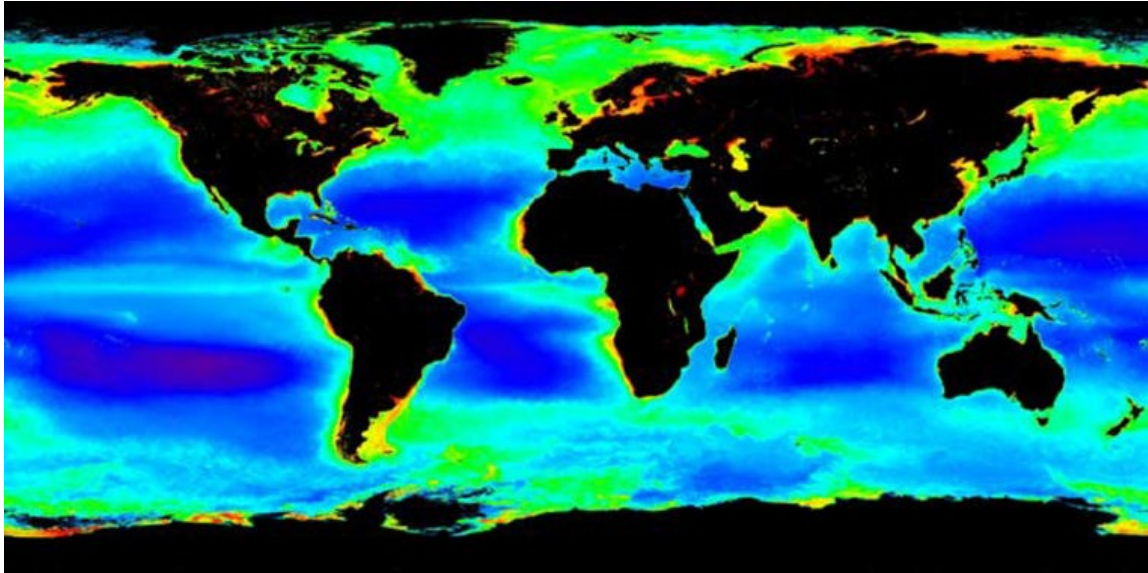
$$F = Chl \cdot \langle a_{ph} \rangle \cdot iPAR \cdot \phi \quad (1)$$

Phương trình (1) nêu bật những phụ thuộc cơ bản của phát xạ huỳnh quang cảm ứng Mặt Trời, nhưng các yếu tố bổ sung khác cần phải được xem xét khi trích xuất tín hiệu huỳnh quang của thực vật phù du từ ảnh viễn thám.

Sự phân bố huỳnh quang diệp lục thực vật phù du đại dương mở, toàn cầu (Fsat) khi sử dụng cụ thể là ảnh vệ tinh Modis sau khi tính iPAR, chúng ta có phương trình (2) đơn giản hơn:

$$F_{sat} = Chl_{sat} \cdot \langle a_{ph} \rangle \cdot \phi \cdot S \quad (2)$$

Trong đó  $S = 100 \text{ (mWcm}^{-2} \mu\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1} \text{ m)}$ ;  $Chl_{sat}$  là nồng độ chất diệp lục ở lớp bề mặt trích xuất từ vệ tinh Modis.



Hình 1: Hàm lượng phù du diệp lục (chlorophyll-a) được trích xuất từ vệ tinh Modis

Để thu được tín hiệu huỳnh quang diệp lục từ ảnh viễn thám màu đại dương, cần tính độ cao đường huỳnh quang để loại bỏ ảnh hưởng của tán xạ ngược và tán xạ Raman [16], ví dụ cho ảnh Modis, trước hết tính  $F_{sat}$  từ 3 bước sóng 678  $\mu\text{m}$ , 667  $\mu\text{m}$ , và 748  $\mu\text{m}$ :

$$F_{sat} = L_{WN}(678) - \frac{70}{81}L_{WN}(667) - \frac{11}{81}L_{WN}(748) \quad (3)$$

Trong đó  $L_{WN}(\lambda)$  là bức xạ rời khỏi mặt nước của bước sóng  $\lambda$  được chuẩn hóa, có đơn vị là  $[\text{mWcm}^{-2} \text{ sr}]$ . Sau đó, tính bức xạ huỳnh quang hay gọi là độ cao đường huỳnh quang  $L_{w,f}(0^+, 678)$  được xác định:

$$L_{w,f}(0^+, 678) = F_{sat} \frac{E_d(0^+, 678)}{F_0(678)} \quad (4)$$

Ký hiệu  $0^+$  là biểu diễn đại lượng ở ngay phía trên bề mặt nước của bước sóng  $\lambda$  cụ thể.  $E_d$  là thông lượng bức xạ mặt trời đi xuống trực tiếp tiếp cận tới bề mặt nước,  $F_0$  là năng lượng bức xạ mặt trời ở đỉnh khí quyển của bước sóng cụ thể.

Sự có mặt của bức xạ huỳnh quang từ lớp nước phía dưới bề mặt giữa độ sâu  $z_1$  và  $z_1 + \Delta z$  được đo ở dải phát xạ ( $\lambda_{em}$ ) là:

$$\Delta L_{w,f}(z_1, \Delta z, \lambda_{em}) = \frac{\phi}{4\pi C_f} \int_{z_1+\Delta z}^{z_1} \int_{400nm}^{700nm} \frac{\lambda}{hc} a_{ph}(z, \lambda) E_0(0^-, \lambda) e^{-K(\lambda, z)z} d\lambda dz \quad (5)$$

Trong đó:  $K(z, \lambda)$  [ $m^{-1}$ ] – hệ số suy giảm ánh sáng trong mô trường nước;  $a_{ph}(z, \lambda)$  [ $m^{-1}$ ] – hệ số hấp thụ bức xạ của phù du;  $E_0(0^-, \lambda)$  [ $Wm^{-2} nm^{-1}$ ] - lượng chiếu xạ (từ Mặt Trời) ngay dưới bề mặt nước;  $C_f$  [nm] – là tỷ lệ nghịch đảo của các photon huỳnh quang tại dải sóng phát xạ được phát hiện xung quanh  $\lambda_{em}$  so với phổ huỳnh quang toàn phần;  $\phi$  là năng suất lượng tử của huỳnh quang (tổng số photon huỳnh quang trên mỗi photon hấp thụ);  $\lambda/hc$  – tham số chuyển đổi  $E_0(0^-, \lambda)$  về đơn vị lượng tử [ $m^{-2} s^{-1} nm^{-1}$ ], theo [6,10];  $4\pi$  – hằng số giải thích rằng huỳnh quang là đẳng hướng. Đơn vị của  $\Delta L_{w,f}(z_1, \lambda_{em})$  là đơn vị lượng tử [ $m^{-2} s^{-1} nm^{-1}$ ].

Ánh sáng huỳnh quang bị suy giảm trên đường đi đến bề mặt nước với hệ số suy giảm khuếch tán,  $k_L(\lambda_{em})$ . Tích hợp dọc theo độ sâu  $z$  sẽ là tổng lượng ánh sáng huỳnh quang [17,18], chúng ta nhận được:

$$L_{w,f}(0^-, \lambda_{em}) = \frac{\phi}{4\pi C_f} \int_{400}^{700} \frac{\lambda}{hc (K(\lambda) + k_L(\lambda_{em}))} a_{ph}(\lambda) E_0(0^-, \lambda) d\lambda \quad (6)$$

Lượng bức xạ huỳnh quang rời khỏi nước đi về đầu thu cảm biến trên vệ tinh,  $L_{w,f}(0^+, \lambda_{em})$  đúng bằng lượng bức xạ huỳnh quang ngay bên dưới mặt biển,  $L_{w,f}(0^-, \lambda_{em})$ , truyền qua giao diện mặt phân cách giữa không khí-biển (air-sea interface):

$$L_{w,f}(0^+, \lambda_{em}) = \frac{t L_{w,f}(0^-, \lambda_{em})}{n_w^2} \quad (7)$$

Trong đó  $n_w$  là chỉ số khúc xạ của nước biển và  $t$  là tham số truyền bức xạ theo phương thiên địa (nadir) trên mặt biển.

Tổng lượng bức xạ theo (6) và (7) sẽ đúng bằng lượng bức xạ của (4), ví dụ cho ảnh vệ tinh Modis ở bước sóng phát xạ (678 nm). Từ đây ta sẽ tính được năng suất lượng tử  $\phi_{sat}$ :

$$\phi_{sat} = \frac{4\pi n_w^2 C_f}{t F_0(678)} \frac{E_d(0^+, 678) F_{sat}}{\int_{400}^{700} \frac{\lambda}{hc K(\lambda) + k_L(678)} a_{ph}(\lambda) E_0(0^-, \lambda) d\lambda} \quad (8)$$

Phân trình bày trên đây cho chúng ta thấy rằng dưới tác động của nguồn năng lượng chiếu xạ Mặt Trời, các sinh vật phù du có cấu tạo đơn bào sống ở lớp nước mặt ở độ sâu  $z$  (m) sẽ hấp thụ và thực hiện trao đổi chất để tồn tại và phát triển. Trong quá trình đó, chúng phát ra ánh sáng huỳnh quang. Lượng năng lượng ánh sáng huỳnh quang “chui” khỏi mặt nước và được đầu cảm biến vệ tinh “bắt” được. Đặc trưng cho các loại sinh vật phù du là sinh vật phù du diệp lục (chlorophyll-a). Loại sinh vật phù du biển rất nhạy cảm với môi trường, vì vậy khi môi trường nước bị ô nhiễm (ví dụ phóng xạ) thì khả năng hấp thụ bức xạ mặt trời sẽ bị suy giảm kéo theo lượng huỳnh quang phát ra cũng bị suy giảm, và tín hiệu phổ bức xạ trên ảnh vệ tinh cũng suy giảm theo. Sử dụng đặc điểm này, phù du diệp lục có thể được coi là đối tượng để giám sát chất lượng nước biển.

## 2.2. Sự hấp thụ bức xạ Mặt trời của thực vật phù du diệp lục

Hai vệ tinh cho môi trường biển chúng ta có thể sử dụng trong thực tế hiện nay nhằm giảm chi phí là ảnh vệ tinh Sentinel-3 OLCI và ảnh vệ tinh Modis Aqua nhằm tính lượng bức xạ mà phù du diệp lục hấp thụ trong việc theo dõi trạng thái ô nhiễm nước biển. Lượng bức xạ được hấp thụ bởi phù du diệp lục ARP được viết dưới dạng tổng quát sau:

$$ARP = \int_{400}^{700} \int_0^z a_\phi(\lambda) E_0(\lambda, z) dz d\lambda \quad (9)$$

Trong đó  $a_\phi(\lambda)$  là hệ số hấp thụ của phù du,  $E_0$  – bức xạ chiếu xạ của Mặt Trời,  $z$  – độ sâu lớp nước mặt. Đại lượng  $E_0(z)$  có mối quan hệ:

$$E_0(z) = \frac{E_d(z)}{\mu_d(z)} + \frac{E_u(z)}{\mu_u(z)} \quad (10)$$

Với

$$E_d(z) = E_d(0^-) e^{-K_d z}; E_u(z) = E_u(0^-) e^{-K_u z} \quad (10a)$$

Và

$$K_d \approx (a + b_b) / \overline{\mu_d}, K_u \approx (a + b_b) / \overline{\mu_u} \quad (10b)$$

Trong đó:  $K_i$  là hệ số suy giảm khuếch tán đi xuống ( $i = d$ ) và đi lên ( $i = u$ );  $E_i$  – bức xạ chiếu xạ đi xuống ( $i = d$ ) và đi lên ( $i = u$ );  $a, b_b$  – hệ số hấp thụ toàn phần và hệ số tán xạ ngược toàn phần;  $\bar{\mu}_i$  ( $i = d, u$ ) – cosin trung bình của góc thiên đỉnh Mặt Trời ứng với chiếu xạ đi xuống và đi lên. 0- đại lượng được tính ngay ở dưới bề mặt nước.

Sau khi thế (10), (10a), (10b) vào (9) và tính tích phân, chúng ta nhận được công thức cuối cùng ở dạng tổng, ví dụ cho ảnh Modis ứng với 6 kênh ảnh ở dải phổ khả kiến, (với  $i = 1, 2, \dots, 6$ ) và độ sâu  $z = 685$  mm:

$$ARP = \sum_i^6 a_\phi(\lambda_i) w_{a\phi}(i) E_d(\lambda_i, 0^-) w_{Ed}(i) \left[ \frac{1 - e^{-K_d(\lambda_i)z_{685}}}{\bar{\mu}_d K_d(\lambda_i)} + \frac{1 - e^{-K_u(\lambda_i)z_{685}}}{\bar{\mu}_u K_u(\lambda_i)} \right] \quad (11)$$

Trong đó:  $w_{a\phi}$  – hàm trọng số của hệ số hấp thụ của phù du;  $w_{Ed}$  – hàm trọng số của bức xạ chiếu xạ đi xuống;  $R(\lambda_i)$  – giá trị phản xạ của chiếu xạ và được tính theo công thức:

$$R(\lambda_i) = R_{rs} \frac{Q n_w^2}{[1 - \rho(\theta)][1 - \rho(\theta_{sat})]} \quad (12)$$

Trong đó:  $R_{rs}$  – phản xạ viễn thám;  $Q$  – hệ số;  $n_w$  – hệ số khúc xạ của nước biển;  $\theta$  và  $\theta_{sat}$  – Góc thiên đỉnh Mặt Trời và góc thiên đỉnh vệ tinh.

Để tính  $E_d(0^-)$  cho bước sóng  $\lambda$  bất kỳ từ công thức (10a) cần có  $E_d(0^+)$  tức là bức xạ chiếu xạ (của Mặt Trời) đi xuống ngay bên trên bề mặt nước, gồm 2 thành phần là bức xạ chiếu xạ trực tiếp (dd) và khuếch tán (ds):

$$E_d(\lambda, 0^-) = E_{dd}(\lambda, 0^+) (1 - \rho_d) + E_{ds}(\lambda, 0^+) (1 - \rho_s) \quad (13)$$

Trong đó:  $\rho_d$  và  $\rho_s$  là phản xạ bề mặt biển trực tiếp và phản xạ bề mặt biển khuếch tán và được xác định:

$$\begin{cases} \rho_d = \rho_{dsp} + \rho_f \\ \rho_s = \rho_{ssp} + \rho_f \end{cases} \quad (13a)$$

Với  $\rho_{dsp}$ ;  $\rho_{ssp}$  – phản xạ gương trực tiếp và phản xạ gương khuếch tán được tính theo định luật Fresnel;  $\rho_f$  – phản xạ bọt sóng biển, phụ thuộc vào vận tốc gió  $W$ .

Thành phần  $E_{dd}(\lambda, 0^+)$  từ (13) là thành phần chiếu xạ trực tiếp đi xuống từ Mặt Trời được xác định theo biểu thức sau [18]:

$$E_{dd}(\lambda, 0^+) = F_0 \cos(\theta) \prod T_i \quad (14)$$

Trong đó:  $F_0$  là lượng chiếu xạ ở đỉnh khí quyển ứng với bước sóng  $\lambda$ ,  $\theta$  – góc thiên đỉnh mặt trời;  $T_i$  là các tham số truyền bức xạ trong khí quyển của các thành phần  $i$  khí quyển.

Thành phần  $E_{ds}(\lambda, 0^+)$  từ (13) là thành phần chiếu xạ khuếch tán đi xuống từ Mặt Trời được xác định theo biểu thức sau:

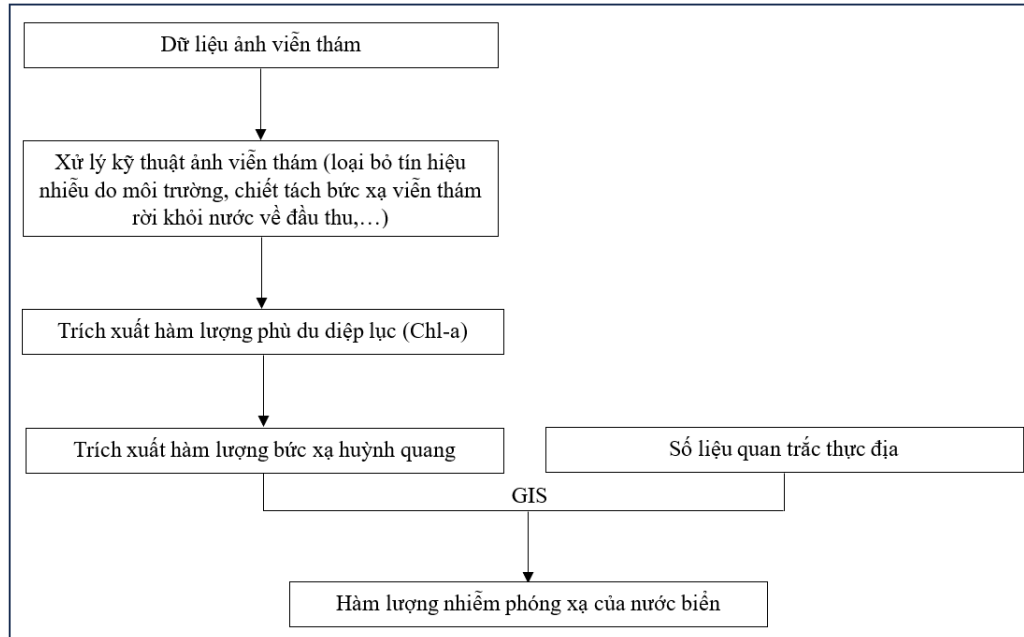
$$E_{ds}(\lambda, 0^+) = I_r + I_a + I_g \quad (15)$$

Trong đó:  $I_r$ ;  $I_a$ ;  $I_g$  – là các thành phần khuếch tán của của bức xạ chiếu đi tới mặt biển xuất hiện bởi tán xạ phân tử khí quyển, tán xạ do sol-khí và đa tương tác giữa bề mặt và không khí. Thành phần thứ 3 trong (15) trong thực tế bằng 0.

Trên đây là tóm lược những thuật toán cơ bản để tính lượng bức xạ hấp thụ của phù du mà nó sử dụng để trao đổi chất trong quá trình tồn tại và phát triển gắn liền với hiện tượng huỳnh quang mà đầu cảm biến trên vệ tinh thu nhận được. Sự thay đổi lượng bức xạ hấp thụ của phù du cho một đơn vị khối lượng xác định trên một đơn vị diện tích pixel ảnh sẽ cung cấp cho chúng ta biết được môi trường có bị ô nhiễm không.

Viễn thám là công nghệ gián tiếp giám sát phát hiện sự bất bình thường của môi trường, vì vậy cần có số liệu ngoại nghiệp bổ trợ. Cụ thể, cần có các mẫu nước biển thu thập ở một số điểm mà chúng ta quan tâm và được xử lý đo trong phòng thí nghiệm nhờ các thiết bị chuyên dụng để phát hiện ô nhiễm nước là do chất phóng xạ hay các nguồn ô nhiễm khác. Viễn thám sẽ thực hiện tham chiếu từ bức xạ ảnh sau khi đã được xử lý đối với số liệu thực địa. Trên cơ sở đó chúng ta có thể lập bản đồ phân bố không gian ô nhiễm theo định lượng trên mỗi pixel ảnh. Đây là những dữ liệu sát thời gian thực khi chúng ta sử dụng vệ tinh có độ phân giải thời gian ngắn như vệ tinh Modis.

Dưới đây là sơ đồ minh họa tóm tắt quy trình giám sát ô nhiễm chất phóng xạ trong nước biển bằng tích hợp công nghệ viễn thám và số liệu quan trắc thực địa (hình 2):



Hình 2: Sơ đồ minh họa tóm tắt quy trình giám sát ô nhiễm chất phóng xạ trong nước biển bằng tích hợp công nghệ viễn thám và số liệu quan trắc thực địa

### 3. Kết luận

Bài báo đề xuất một phần về phương pháp giám sát ô nhiễm phóng xạ môi trường biển kết hợp với số liệu quan trắc thực địa trên tín hiệu huỳnh quang do phù du phát ra trong quá trình hấp thụ năng lượng ánh sáng Mặt trời. Lợi thế của phương pháp là: có thể sử dụng miễn phí ảnh vệ tinh về biển và đại dương của Mỹ và EU kết hợp với ảnh vệ tinh của Việt Nam; quy mô giám sát rộng và sát với thời gian thực; làm chủ được phương pháp và các thuật toán cần thiết để xây dựng phần mềm độc lập; đối tượng nghiên cứu sử dụng là thực vật phù du diệp lục có độ nhạy cao đối với sự thay đổi của môi trường biển và đại dương. Nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu thử nghiệm phương pháp tại khu vực vịnh Bắc Bộ và sẽ kiểm chứng, đánh giá độ chính xác trong bài báo tiếp theo.

#### Cam kết của các tác giả

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Henning Dahlgaard, “Bioindicators for Monitoring Radioactive Pollution of the Marine Environment”, *Risø National Laboratory, DK-4000 Roskilde, Denmark*, May 1981.
- [2] Assinder DJ, Robinson CD, Halsall J, Telford A., (1994) “The distribution and behavior of artificial radionuclides in sediments of the north Wales coast, UK”, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry-Articles* 182(2):225-235, <http://dx.doi.org/10.1007/BF02037498>.
- [3] Pettersson H.B.L., Amano H., Bereznhov V.I., Chaykovskaya E., Chumichev V.B., Chung C.S., Gastaud J., Hirose K., Hong G.H., Kim C.K., Kim S.H., Lee S.H., Morimoto T., Nikitin A., Oda K., Povinec P.P., Suzuki E., Tkalin A., Togawa O., Veletova N.K., Volkov Y., Yoshida K., “Anthropogenic Radionuclides in Sediments in the NW Pacific Ocean and its Marginal Seas: Results of the 1994-1995”, *Japanese-Korean-Russian Expeditions, The Science of the Total Environment*, 237/238, pp. 213-224, 1999.
- [4] Ahmad Z, Yii MW, Abu Bakar AS, Shahar H. (2010), “Spatial distributions of Cs-137 and Pu239+240 in surface seawater within the Exclusive Economic Zone of East Coast Peninsular Malaysia”, *Applied Radiation and Isotopes* 68(9):1839-1845, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apradiso.2010.04.012>



- [5] Jian Zheng, Tatsuo A Ono, Shigeo Uchida, Jing Zhang and Makio C.Honda, “ Distribution of Puisotopes in marine sediments in the Pacific 30 km off Fukushima after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident”, *Geochemical Journal, Vol. 46*, pp.361-369, 2012.
- [6] Ootosaka S, Amano H, Ito T, Kawamura H, Kobayashi T, Suzuki T, Togawa O, Chaykovskaya EL, Lishavskaya TS, Novichkov VP, Karasev EV, Tkalin AV, Volkov YN, (16 Oct 2006) “Anthropogenic radionuclides in sediment in the Japan Sea: distribution and transport processes of particulate radionuclides”, *Journal of Environmental Radioactivity 91 (3)*, pp.128-145, [doi: 10.1016/j.jenvrad.2006.09.001](https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.09.001)
- [7] Junwen Wu, Xiyu Xiao, and Jiang Sun, (29/05/2020), “Distribution and budget of  $^{137}\text{Cs}$  in the China Seas”, [doi: 10.1038/s41598-020-65280-x](https://doi.org/10.1038/s41598-020-65280-x).
- [8] Linsen Yang, Yongchao Qian, Xiang-Yu Kong, Mengting Si, Yuanyuan Zhao, Bo Niu, Xiaolu Zhao, Yan Wei, Lei Jiang, and Liping Wen, “Specific Recognition of Uranyl Ion Employing a Functionalized Nanochannel Platform for Dealing with Radioactive Contamination”, *ACS Appl Mater Interfaces 2020, 12, 3*, pp.3854–3861, 2020.
- [9] Masaaki Akamatsu ,Hirokazu Komatsu, Atsuki Matsuda ,Taizo Mori , Waka Nakanishi , Hideki Sakai, Jonathan P. Hill , and Katsuhiko Ariga, (2017), “Visual Detection of Cesium Ions in Domestic Water Supply or Seawater using a Nano-optode”, <https://www.journal.csj.jp/>.
- [10] Behrenfeld, M. J. Randerson, J. T., McClain, C. R., Feldman, G. C., Los, S., Tucker, C., Falkowski, P.G., Field, C.B., Frouin, R., Esaias, W., and Kolber, D. and Pollack, N., “Biospheric primary production during an ENSO transition”, *Science*, 291, pp.2594–2597, 2001.
- [11] Falkowski, P. G. and Kolber, Z., “Variations in chlorophyll fluorescence yields in phytoplankton in the world oceans”, *Aust. J. Plant. Physiol.*, 22, pp.341–355, 1995.
- [12] Schallenberg, C., Lewis, M. R., Kelley, D. E., and Cullen, J. J., “Inferred influence of nutrient availability on the relationship between Sun-induced chlorophyll fluorescence and incident irradiance in the Bering Sea”, *J. Geophys. Res.*, 113, C07046, [doi: 10.1029/2007JC004355](https://doi.org/10.1029/2007JC004355), 2008.
- [13] Bricaud, A., Morel, A., Babin, M., Allali, K. and Claustre, H., “Variations of light absorption by suspended particles with chlorophyll a concentration in oceanic (case 1) waters: Analysis and implications for bio-optical models”, *J. Geophys. Res.*, 103, 31,033–31,044, 1998
- [14] Babin, M., Morel, A. and Gentili, B., “Remote sensing of sea surface sun-induced chlorophyll fluorescence: consequences of natural variations in the optical characteristics of phytoplankton and the quantum yield of chlorophyll a fluorescence”, *Int. J. Remote Sens.*, 17, pp.2417–2448, 1996.
- [15] Abbott, M. R. and Letelier, R.M., (1999) “Algorithm theoretical basis document chlorophyll fluorescence”, MODIS product number 20, NASA, [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod22.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod22.pdf)
- [16] Huot Y., Brown C. A. and Cullen J. J, “New algorithms for MODIS sun-induced chlorophyll fluorescence and a comparison with present data products”, *Limnol. Oceanogr. Methods*, 3, pp.108–130, 2005.
- [17] Kiefer, D. A., Chamberlin, W. S. and Booth, C. R., “Natural fluorescence of chlorophyll a: Relationship to photosynthesis and chlorophyll concentration in the western South Pacific gyre”, *Limnol. Oceanogr.*, 34, pp.868–881, 1989.
- [18] Leckner, B., “The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface — elements of a model”, *Solar Energy*, 20, pp.143–150, 1978.





## Nghiên cứu ứng dụng trí tuệ nhân tạo theo dõi biến động lớp phủ sử dụng đất khu vực quận Bắc Từ Liêm Hà Nội giai đoạn 2019-2023

Đỗ Lan Phương<sup>1\*</sup>, Hoàng Thị Thùy<sup>2</sup>, Đỗ Như Hiệp<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Cục Viễn thám Quốc gia, số 79 Văn Tiến Dũng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trường đại học Mỏ - Địa chất, số 18 Phố Viên, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup>Trường đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, số 41a Phú Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Email tác giả liên hệ: [phuongdolan264@gmail.com](mailto:phuongdolan264@gmail.com)

### Tóm tắt:

Trí tuệ nhân tạo hiện nay đã và đang được ứng dụng rất hiệu quả trong nhiều lĩnh vực. Đã có những nghiên cứu sử dụng các thuật toán học máy để phân loại lớp phủ sử dụng đất từ ảnh vệ tinh. Nghiên cứu này sử dụng AI với thuật toán máy Random Forest để phân loại, giám sát các lớp phủ bề mặt sử dụng đất từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 tại khu vực quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội giai đoạn 2019-2023. Kết quả của nghiên cứu đã cho thấy suy giảm diện tích của lớp thực phủ Thực vật dày là 5.32%, ngược lại, sau năm 5 diện tích khu vực dân cư tăng 5.27% tương đương 232.80ha..

**Từ khóa:** Lớp phủ sử dụng đất, Trí tuệ nhân tạo, Google Earth Engine, Thuật toán RF.

Ngày nhận bài: 15/02/2024

Ngày sửa lại: 03/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 08/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

## Application of Artificial Intelligence to monitor changes in land use in the Bac Tu Liem District area, Hanoi, during the period 2019-2023

Do Lan Phuong<sup>1\*</sup>, Hoang Thi Thuy<sup>2</sup>, Do Nhu Hiep<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Remote Sensing Department, No 79 Van Tien Dung Road, Bac Tu Liem District, Ha Noi, Viet Nam

<sup>2</sup>Hanoi University of Mining and Geology, No 18 Pho Vien Street, Bac Tu Liem District, Ha Noi, Viet Nam

<sup>3</sup>Hanoi University of Natural Resources and Environment, No 41a Phu Dien Street, Bac Tu Liem District, Ha Noi, Viet Nam

Corresponding Author Email: [phuongdolan264@gmail.com](mailto:phuongdolan264@gmail.com)

### Abstract:

Artificial Intelligence is currently being applied with great effectiveness in various fields. There have been studies utilizing machine learning algorithms to classify land use, land cover from satellite images. This research employs AI with the Random Forest machine learning algorithm to classify, and monitor land use, land cover from Sentinel-2 images in the Bac Tu Liem District, Hanoi, during the period 2019-2023. The results of the study have indicated a decrease of 5.32% in the area covered by dense vegetation, while, conversely, the residential area has increased by 5.27% equivalent to 232.80 hectares after 5 years.

**Keywords:** GIS, Land use, Land cover, Artificial Intelligence, Google Earth Engine, RF algorithms.

Submission received: 15/02/2024

Revised: 03/03/2024

Accepted: 08/03/2024

Published: 30/03/2024

## 1. Mở đầu

Công nghệ viễn thám và hệ thống tin địa lý đã và đang phát triển rất mạnh, các phương pháp phân tích, đánh giá về biến động sử dụng đất, về đô thị hóa cũng ngày càng trở nên thuận tiện và có hiệu quả [1].

Trước đây đã có những nghiên cứu sử dụng một số thuật toán như Maximum Likelihood Classifier (MLC), Minimum Distance Classifier (MDC), K-Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Machine (SVM), Random Forest (RF) và Classification and regression tree (Cart) [2-5] dựa trên các phần mềm thương mại chuyên dụng để phân loại lớp phủ bề mặt đất từ ảnh vệ tinh, một số nghiên cứu này có thể kể đến như của các tác giả Talukdar năm 2020, Szuste năm 2011 [6, 7]. Các hệ thống phần mềm này đã chứng minh được hiệu quả của mình, tuy nhiên tốn kém kinh phí cho việc thuê, mua của các đơn vị sở hữu bản quyền.

Hiện nay, đã có những nghiên cứu trên thế giới sử dụng các thuật toán học máy để phân loại lớp phủ như là của Swetanisha năm 2022 [8] Tại Việt Nam trong những năm gần đây cũng có một số nghiên cứu đã ứng dụng trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) để phân loại lớp phủ sử dụng đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh, có thể kể đến như nghiên cứu của tác giả Đặng Thanh Tùng năm 2023 [9]. Hoặc nghiên cứu của tác giả Nguyễn Thị Huyền Trang và cộng sự cũng đã sử dụng thuật toán học máy SVM để phân loại, xác định các lớp phủ sử dụng đất tại khu vực Bắc Từ Liêm Hà Nội năm

2023 [10]. Kết quả của các nghiên cứu này đã sử dụng thuật toán học máy để phân loại được một số lớp phủ bề mặt của khu vực nghiên cứu, tuy nhiên để nâng cao hiệu quả hơn nữa cần có kết quả phân tích của nhiều năm liên tục để theo dõi, giám sát biến động lớp phủ sử dụng đất theo các giai đoạn khác nhau.

Ngoài ra, một trong những nền tảng ứng dụng hữu ích khác có thể kể đến như là Google Earth Engine (GEE), đây là nền tảng dữ liệu điện toán đám mây, có khả năng xử lý dữ liệu viễn thám online đáp ứng kịp thời các yêu cầu cung cấp thông tin, dữ liệu phục vụ công tác giám sát biến động sử dụng đất [11].

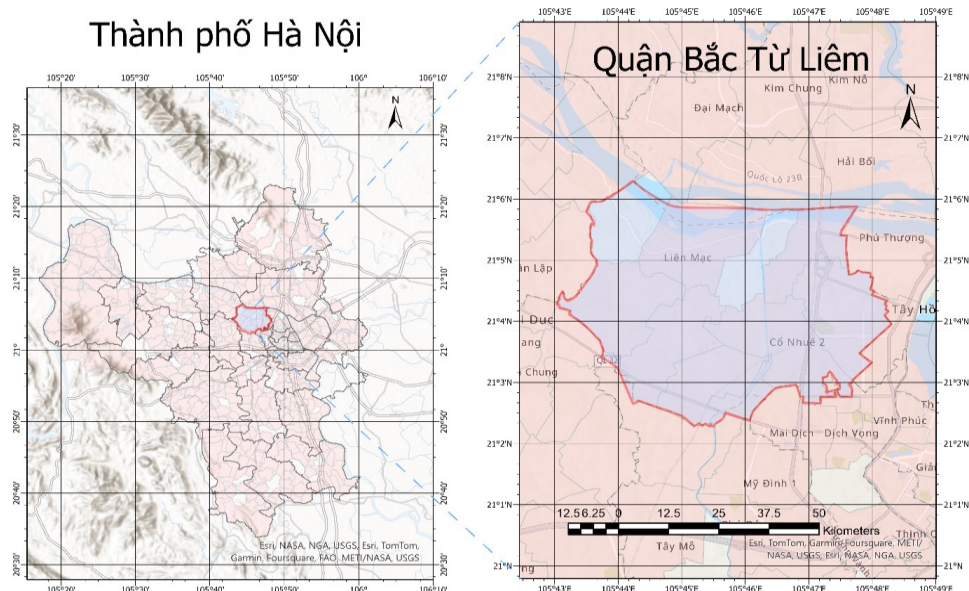
Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2 được xử lý trực tuyến trên nền tảng điện toán đám mây của GEE với ngôn ngữ lập trình Javascript để tính toán, phân tích kết quả. Đây cũng là ưu điểm lớn và là xu thế đang phát triển mạnh trong thời kỳ công nghệ 4.0. Thuật toán RF là thuật toán học máy (Machine Learning) dựa trên mô hình AI được sử dụng để thực hiện việc tự động hóa và nâng cao hiệu quả trong việc phân loại, theo dõi biến động các lớp phủ sử dụng đất trên địa bàn quận Bắc Từ Liêm Hà Nội, giai đoạn 2019-2023.

## 2. Khu vực và dữ liệu nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Quận Bắc Từ Liêm nằm cách trung tâm thành phố Hà Nội 10 km về phía tây, có địa hình bằng phẳng, độ cao so với mặt nước biển trung bình khoảng từ 6m đến 8m. Là khu vực có nền địa chất ổn định, khí hậu chịu ảnh hưởng của chế độ gió mùa nhiệt đới nóng ẩm, mưa nhiều, mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10, mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4, nhiệt độ trung bình  $24^{\circ}\text{C}$ , lượng mưa trung bình năm khoảng từ 1600mm đến 1800mm, độ ẩm cao. Khu vực có nhiều sông, hồ là nguồn dự trữ nước ngọt cho địa phương [12].

Quận có diện tích 45,24 km<sup>2</sup>, dân số năm 2020 là 340.605 người, mật độ dân số đạt 7.529 người/km<sup>2</sup> [12]. Là quận được thành lập tháng 12 năm 2013 đang có tốc độ phát triển và đô thị hóa nhanh, kèm theo đó là các biến động về quản lý, sử dụng đất trên địa bàn [13].



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu

### 2.2. Dữ liệu nghiên cứu

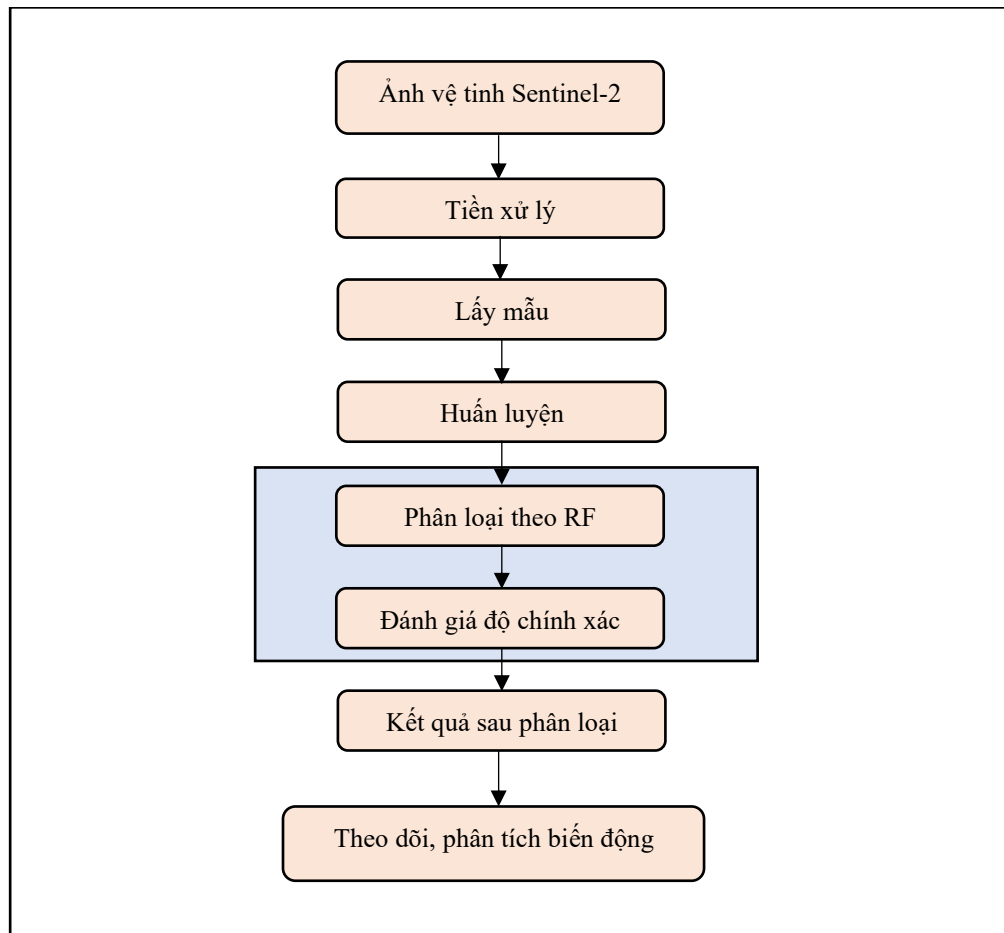
Ảnh vệ tinh Sentinel-2 bao gồm Sentinel-2A và Sentinel-2B do cơ quan hàng không vũ trụ Châu Âu quản lý, thực hiện. Dữ liệu có độ phân giải thời gian là 5 ngày, độ phân giải không gian ở kênh toàn sắc là 10m. Dữ liệu ảnh này có độ phân giải bức xạ cao được lưu giữ ở mức độ 12 bit. Do đó, điều này đem lại khả năng phân biệt mức độ sáng trên ảnh có phạm vi tiềm năng từ 0 - 4 095.

Để đảm bảo chất lượng của ảnh vệ tinh quang học Sentinel-2 được tốt nhất có thể cho khu vực, nghiên cứu đã lựa chọn thu thập dữ liệu là ảnh được tổng hợp từ các ảnh Sentinel-2 thu nhận trong thời gian giữa mùa khô khoảng từ tháng 1 đến tháng 3 hàng năm trong giai đoạn 2019-2023. Độ phủ mây của các ảnh tham gia xử lý dữ liệu đảm bảo dưới 5%.

### 3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng ảnh vệ tinh Sentinel-2 làm dữ liệu đầu vào để tính toán, phân loại lớp phủ sử dụng đất. Các dữ liệu ảnh đã được lựa chọn tổng hợp là những ảnh có độ phủ mây thấp, và sử dụng thuật toán học máy RF trên nền tảng điện toán đám mây GEE để phân loại ảnh, kết hợp với phần mềm mã nguồn mở QGIS phân tích theo dõi biến động lớp phủ sử dụng đất. Khu vực Bắc Từ Liêm được lựa chọn thử nghiệm phân loại với 5 lớp phủ sử dụng đất bao gồm: 1) lớp phủ Đất trống, 2) lớp phủ Mặt nước, 3) lớp phủ Thực vật dày, 4) lớp phủ Cây bụi, thảm cỏ, 5) lớp phủ Dân cư. Các lớp phủ được lựa chọn để phân loại là hiện trạng tại thời điểm thu nhận ảnh. Đặc điểm của lớp Đất trống được lựa chọn là các khu vực như bãi đất, cát, bãi bồi, khu vực đang san lấp, các khu vực đất đang chuẩn bị xây dựng. Lớp phủ Mặt nước gồm các khu vực ao hồ, sông suối, kênh mương. Lớp phủ Thực vật dày bao gồm những khu vực có cây cối dày đặc, cây lớn, cây có bóng mát. Lớp phủ Dân cư gồm các công trình xây dựng độc lập, và các khu vực nhà cửa, công trình xây dựng tại làng mạc, khu chung cư, các tòa nhà cao tầng. Việc thực hiện phân loại các lớp phủ sử dụng đất được thực hiện tự động dựa trên việc lập trình bằng ngôn ngữ lập trình JavaScript.

Quy trình thực hiện tuân tự theo các bước lần lượt bao gồm: Trích xuất dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2 của khu vực nghiên cứu; Tiền xử lý dữ liệu ảnh đảm bảo có dữ liệu tốt nhất có thể; Tiến hành việc tạo mẫu, huấn luyện để cho chương trình học và ghi nhận các thông tin về các mẫu cho từng loại lớp phủ; Phân loại các lớp phủ theo mẫu đã huấn luyện; Thu nhận kết quả và đánh giá độ chính xác phân loại; Theo dõi, phân tích biến động. Hình 2 minh họa tổng quan quy trình thực hiện nghiên cứu.



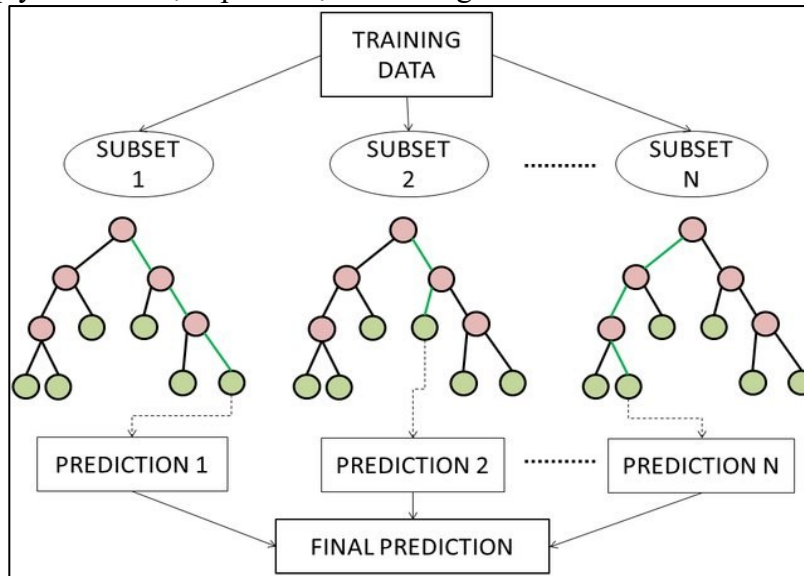
Hình 2. Sơ đồ quy trình nghiên cứu

### 3.1. Thuật toán RF

Thuật toán RF kết hợp các tính năng ngẫu nhiên để tạo ra một cây. Đây là một thuật toán học máy có thể tích hợp nhiều cây quyết định và sau đó tạo thành một khu rừng. Phương pháp đóng bao được sử dụng để tạo các mẫu huấn luyện và mỗi tính năng đã chọn được rút ngẫu nhiên bằng cách thay thế N kích thước của tập huấn luyện ban đầu. Sau đó, kết quả dự đoán cuối cùng thu được bằng cách kết hợp nhiều cây quyết định [14]. Công thức (1) thực hiện quyết định phân loại cuối cùng như sau:

$$H(x) = \operatorname{argmax}_Y \sum_{i=1}^K I(h_i(x) = Y) \quad (1)$$

Trong đó  $H(x)$  là mô hình kết hợp,  $h_i$  là mô hình phân loại của cây quyết định đơn lẻ,  $Y$  là biến đầu ra (hoặc biến mục tiêu) và  $I(\cdot)$  là hàm chỉ báo. Công thức cho thấy rằng RF sử dụng đa số các quyết định biểu quyết để xác định phân loại cuối cùng.



Hình 3. Mô hình phân loại theo thuật toán RF

Thuật toán RF được đánh giá cao bởi tính chính xác của mô hình. Các tham số điều chỉnh của thuật toán RF là số lượng cây thường được chọn theo kinh nghiệm. Trong các bài toán phân lớp dữ liệu thì thuật toán RF được sử dụng phổ biến. Nhược điểm chính của thuật toán RF là khối lượng tính toán lớn. Mặc dù khối lượng tính toán lớn nhưng cũng có ưu điểm là tốc độ xử lý tương đối nhanh [15, 16]. Nghiên cứu sử dụng ngôn ngữ lập trình Javascript để tính toán, xử lý dữ liệu và phân loại ảnh các lớp phủ sử dụng đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2 trên nền tảng điện toán đám mây GEE từ đó đưa ra kết quả của 5 loại lớp phủ sử dụng đất trên địa bàn quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

### 3.2. Đánh giá độ chính xác phân loại ảnh

Nghiên cứu này sử dụng ma trận sai lẫn (Confusion Matrix) để đánh giá độ chính xác phân loại các lớp phủ sử dụng đất. Đây là phương pháp quan trọng và phổ biến được sử dụng để đánh giá độ chính xác, có thể mô tả độ chính xác của phân loại và chỉ ra sự nhầm lẫn giữa các lớp đối tượng [17]. Các thống kê cơ bản cho ma trận nhầm lẫn bao gồm: Sai số tổng thể (Overall Accuracy - OA) và hệ số Kappa. Trong đó hệ số Kappa có giá trị từ 0.4 đến 0.6 được đánh giá là đạt kết quả trung bình, giá trị từ lớn hơn 0.6 đến 0.8 là tốt và hơn 0.8 đến 1.0 là rất tốt [16]. Trong đó sử dụng 70% số lượng mẫu dùng để phân loại ảnh và 30% số lượng mẫu dùng để kiểm tra đánh giá [18].

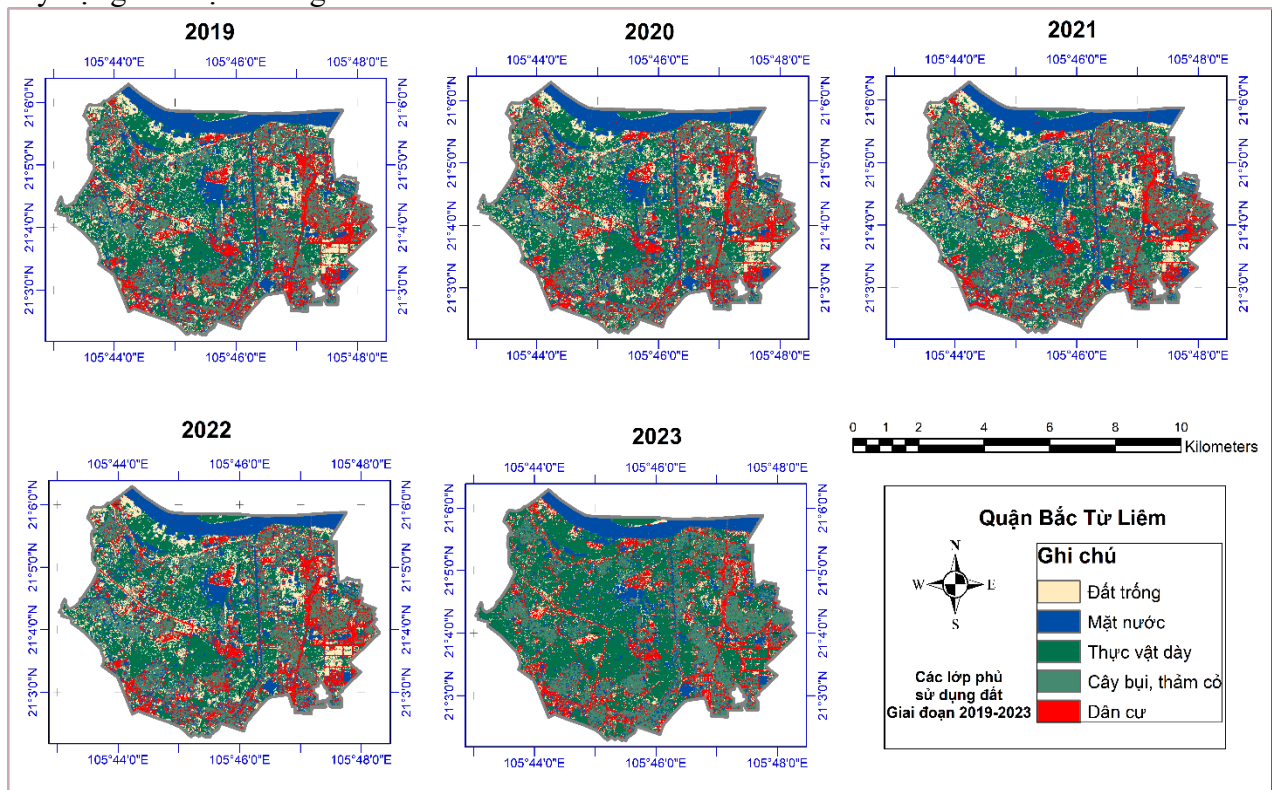
### 3.3. Phân tích, theo dõi biến động các lớp phủ sử dụng đất

Kết quả các lớp phủ sử dụng đất từ việc phân loại ảnh vệ tinh tại khu vực nghiên cứu được sử dụng làm dữ liệu đầu vào để phân tích, theo dõi các biến động tại khu vực trong giai đoạn 2019-2023. Việc phân tích, theo dõi biến động lớp phủ sử dụng đất được thực hiện với phần mềm mã nguồn mở QGIS. Đây là phần mềm miễn phí hiện đang được sử dụng phổ biến trên toàn cầu, nhất là đối với các lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng trong ngành khoa học trái đất [19]. Các lớp dữ liệu được tính toán tổng hợp và tiến hành chồng xếp không gian để tìm ra các thay đổi qua từng năm và thay đổi tổng thể của cả giai đoạn 5 năm từ 2019 đến 2023.

#### 4. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

##### 4.1. Phân loại các lớp phủ sử dụng đất.

Kết quả phân loại bao gồm 5 lớp phủ sử dụng đất của từng năm theo giai đoạn 2019-2023. Nghiên cứu đã cho thấy sự biến động rõ rệt của các lớp phủ sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu trong giai đoạn 2019- 2023. Hình 4 thể hiện sản phẩm các lớp phủ bề mặt sau phân loại tại khu vực nghiên cứu. Các kết quả chi tiết của các lớp phủ sử dụng đất trong bảng 1 tại khu vực Hà Nội cho thấy rằng trung bình trong 5 năm từ 2019 đến 2023, lớp Đất trống chiếm 8.40%, Mặt nước 41.31%, Thực vật dày 22.65%, Cây bụi, thảm cỏ 13.01%, Dân cư 14.64% so với tổng diện tích tự nhiên. Đồng thời, kết quả cũng thể hiện có sự tăng, giảm khác biệt qua từng năm, điều này cũng thể hiện thực trạng về sử dụng đất có sự thay đổi khác nhau phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó có các yếu tố ảnh hưởng của tốc độ phát triển kinh tế xã hội tại địa phương, nhất là nhu cầu phát triển khu vực đất xây dựng trên địa bàn nghiên cứu.



Hình 4. Kết quả phân loại lớp phủ giai đoạn 2019-2023 tại quận Bắc từ Liêm, Hà Nội

Bảng 1. Diện tích các lớp phủ sử dụng đất giai đoạn 2019-2023

Diện tích lớp phủ (ha)	Năm 2019	Năm 2020	Năm 2021	Năm 2022	Năm 2023
Đất trống	265.06	301.51	322.28	362.78	334.29
Mặt nước	2000.45	1959.87	1900.11	1834.64	1860.03
Thực vật dày	1182.99	1161.63	1127.21	1013.36	947.72
Cây bụi, thảm cỏ	532.90	538.91	548.49	596.73	606.56
Dân cư	436.94	456.38	520.22	610.83	669.74

Việc phân loại các lớp phủ sử dụng đất từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 tại khu vực quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội bao gồm lớp phủ Đất trống, lớp phủ Mặt nước, lớp phủ Thực vật, lớp phủ Đất xây dựng cho thấy từng khu vực được phân loại rõ ràng, với độ tin cậy đảm bảo. Cụ thể độ chính xác phân loại theo Ma trận sai lẫn đã đưa ra hệ số Kappa với giá trị 0.75, 0.72, 0.83, 0.77, 0.75, độ chính xác tổng thể OA đạt 0.83, 0.80, 0.87, 0.84, 0.83 tương ứng lần lượt theo các năm 2019, 2020, 2021, 2022, 2023. Các kết quả đánh giá độ chính xác phân loại này là tương đối cao, do đó đủ độ tin cậy

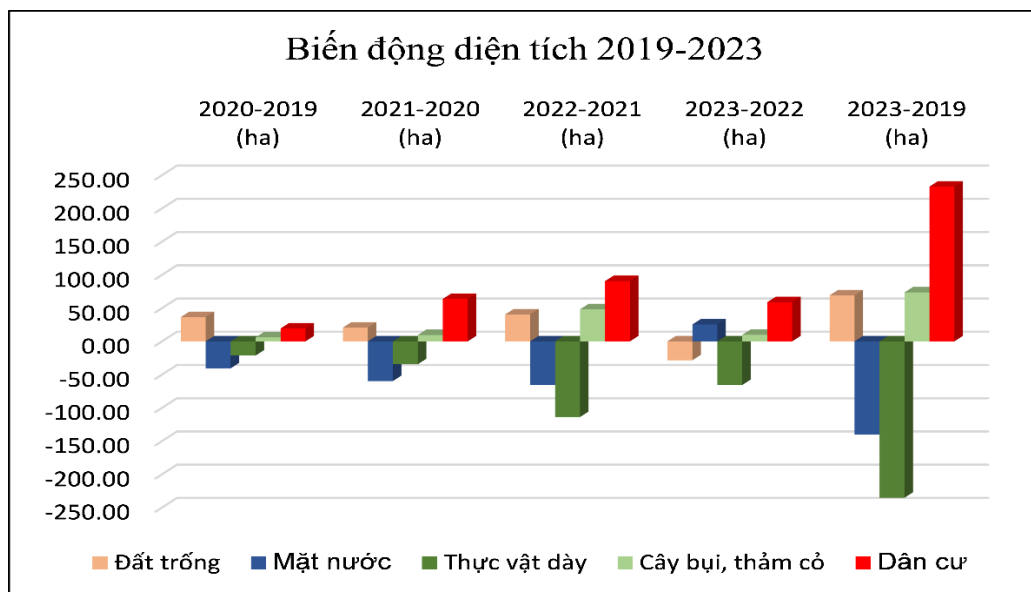
để sử dụng cho các phân tích, theo dõi biến động sử dụng đất trong giai đoạn 2019-2023 tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

#### 4.2. Biến động lớp phủ sử dụng đất 2019-2023

Bảng 2 thể hiện kết quả biến động diện tích của từng lớp phủ sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu theo từng năm từ 2019 đến 2023. Các kết quả cho thấy rằng lớp có xu hướng tăng diện tích là lớp Đất trồng, lớp Cây bụi, thảm cỏ, lớp Dân cư. Trong khi đó các lớp Mặt nước, lớp Thực vật dày có xu hướng giảm diện tích che phủ.

Bảng 2. Biến động diện tích các lớp phủ sử dụng đất giai đoạn 2019-2023

Chênh lệch diện tích lớp phủ (%)	2020-2019	2021-2020	2022-2021	2023-2022	2023-2019
Đất trồng	0.83	0.47	0.92	-0.64	1.57
Mặt nước	-0.92	-0.14	-1.48	0.57	-3.18
Thực vật dày	-0.48	-0.08	-2.58	-1.49	-5.32
Cây bụi, thảm cỏ	0.14	0.02	1.09	0.22	1.67
Dân cư	0.44	0.14	2.05	1.33	5.27



Hình 5. Biểu đồ biến động các lớp phủ sử dụng đất tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Nghiên cứu đã cho thấy sự biến động rõ rệt của các lớp phủ sử dụng đất tại khu vực nghiên cứu trong giai đoạn 2019- 2023. Hình 5 là biểu đồ thể hiện sự biến động diện tích các lớp phủ bề mặt sau phân loại tại khu vực nghiên cứu theo thuật toán RF. Kết quả giám sát biến động lớp phủ mặt nước giai đoạn 2019-2023 tại khu vực Bắc Từ Liêm, Hà Nội cho thấy rằng có sự suy giảm đáng kể về diện tích lớp phủ Thực vật dày và lớp Mặt nước qua từng năm tại quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội. Cụ thể, sau khoảng 5 năm từ 2019 đến 2023 phát triển, lớp Mặt nước có diện tích giảm 3.18% tương đương khoảng 140.42 ha. Lớp Thực phủ dày giảm 235.27 ha tương ứng giảm 5.32%. Các lớp có diện tích tăng trong giai đoạn này là lớp Đất trồng, lớp Cây bụi, thảm cỏ, lớp Dân cư với diện tích tăng tương ứng là 69.23ha (1.57%), 73.65ha (1.67%), 232.80ha (5.27%). Các lớp phủ sử dụng đất có sự tăng giảm khác nhau theo từng năm, tuy nhiên nghiên cứu đã chỉ ra rằng lớp Dân cư có xu hướng tăng liên tục nhất là trong thời gian từ năm 2021 đến 2022 đã tăng 2.05% tương đương 90.61ha và năm 2022-2023 tăng 1.33% tương đương 58.92ha. Điều này cũng phù hợp với sự phát triển chung về kinh tế xã hội của khu vực nghiên cứu.

#### 5. Kết luận

Công nghệ trí tuệ nhân tạo, thuật toán học máy RF sử dụng trong nghiên cứu đã cho thấy hiệu quả về việc phân loại các lớp phủ sử dụng đất trên địa bàn quận Bắc Từ Liêm được nhanh chóng và có độ tin cậy cao. Kết quả biến động trong giai đoạn 2019-2023 cho thấy sự gia tăng liên tục hàng năm về diện tích của lớp phủ dân cư, sau 5 năm diện tích đã tăng 5.27% tương đương 232.80ha.



Ngược lại là xu hướng suy giảm diện tích một cách rõ rệt của lớp phủ Thực vật dày đặc với mức độ giảm diện tích sau 5 năm là 5.32% tương đương 235.27ha.

Để có những kết quả chuyên sâu hơn cũng như có độ tin cậy cao hơn nữa, cần bổ sung các nghiên cứu chi tiết, khảo sát thực địa và các tài liệu so sánh đối chứng ở những nghiên cứu tiếp theo. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này có thể có khả năng sử dụng tham khảo cho công tác quản lý đất đai, giám sát tình hình sử dụng, thực hiện quy hoạch sử dụng đất tại địa bàn nghiên cứu.

#### **Lời cảm ơn**

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Cục Viễn thám Quốc gia, Bộ Tài nguyên và Môi trường đã hỗ trợ nghiên cứu này, đồng thời cũng xin cảm ơn các cơ quan, tổ chức quốc tế như Google Earth Engine, National Aeronautics and Space Administration (NASA), Chương trình Copernicus của Cơ quan hàng không vũ trụ châu Âu (ESA) đã cung cấp nền tảng xử lý và cung cấp dữ liệu ảnh vệ tinh Sentinel-2 miễn phí cho nghiên cứu này của chúng tôi.

#### **Cam kết của các tác giả**

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Giang Thị Phương Thảo, Phạm Thị Thu Hương, Phạm Việt Hòa, and Nguyễn An Bình, "Đánh giá độ chính xác trong phân loại lớp phủ dựa trên thuật toán học máy và dữ liệu viễn thám thông qua Google Earth Engine: Áp dụng tại tỉnh Đắk Lắk," *Journal of Science on Natural Resources Environment*, no. 46, pp. 55-65, 2021.
- [2] Abbas Taati, Fereydoon Sarmadian, Amin Mousavi, Chamran Taghati Hossien Pour, and Amir Hossein Esmaili Shahir, "Land use classification using support vector machine and maximum likelihood algorithms by Landsat 5 TM images," *Walailak Journal of Science*, vol. 12, no. 8, pp. 681-687, 2015.
- [3] Sadegh Bafandeh Imandoust and Mohammad Bolandraftar, "Application of k-nearest neighbor (knn) approach for predicting economic events: Theoretical background," *International journal of engineering research applications*, vol. 3, no. 5, pp. 605-610, 2013.
- [4] Nabila Farnaaz and MA Jabbar, "Random forest modeling for network intrusion detection system," *Procedia Computer Science*, vol. 89, pp. 213-217, 2016.
- [5] Roger J Lewis, "An introduction to classification and regression tree (CART) analysis," in *Annual meeting of the society for academic emergency medicine in San Francisco, California*, 2000, vol. 14: Department of Emergency Medicine Harbor-UCLA Medical Center Torrance San.
- [6] Swapan Talukdar, Pankaj Singha, Susanta Mahato, Swades Pal, Yuei-An Liou, and Atiqur Rahman, "Land-use land-cover classification by machine learning classifiers for satellite observations - A review," *Remote Sensing*, vol. 12, no. 7, p. 1135, 2020.
- [7] Brian W Szuster, Qi Chen, and Michael Borger, "A comparison of classification techniques to support land cover and land use analysis in tropical coastal zones," *Applied Geography*, vol. 31, no. 2, pp. 525-532, 2011.
- [8] Subhra Swetanisha, Amiya Ranjan Panda, and Dayal Kumar Behera, "Land use/land cover classification using machine learning models," *International Journal of Electrical Computer Engineering*, vol. 12, no. 2, 2022.
- [9] Đặng Thanh Tùng, "Nghiên cứu, ứng dụng hệ thống phần mềm mã nguồn mở thực hiện đánh giá biến động các lớp phủ sử dụng đất từ dữ liệu ảnh vệ tinh trên địa bàn thành phố Hà Nội giai đoạn 2013-2023", cơ quan chủ quản "Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội," Mã số: 13.01.23.M.03, 2023.
- [10] Nguyễn Thị Huyền Trang, Đặng Thanh Tùng, Phạm Thị Sao Mai, and Hà Thị Thu Hồng, "Nghiên cứu phân loại lớp phủ sử dụng đất từ ảnh vệ tinh Sentinel-2 dựa trên thuật toán SVM," *Science Journal of Natural Resources*, no. 45, pp. 74-82, 2023.
- [11] Tung Dang Thanh, Thanh Huyen Dinh Thi, Thuy Hoang Thi, and Ngoc Ta Minh, "Application of Satellite Images and Artificial Intelligence to Monitor Land Cover Changes



- in Hanoi Area During 2013-2023 Period," *VNU Journal of Science: Earth Environmental Sciences*, vol. 39, no. 4, 2023.
- [12] UBND quận Bắc Từ Liêm. (2024, 17/1). *Giới thiệu chung*. Available: <https://bactuliem.hanoi.gov.vn/gioi-thieu-chung>
- [13] UBND quận Bắc Từ Liêm. (2024, 17/1). *Quy hoạch, kế hoạch sử dụng đất*. Available: <https://bactuliem.hanoi.gov.vn/quy-hoach-va-ke-hoach-su-dung-dat>
- [14] Leo Breiman, "Random forests," *Machine learning*, vol. 45, pp. 5-32, 2001.
- [15] J Ross Quinlan, "Bagging, boosting, and C4. 5," in *Aaai/Iaai*, vol. 1, 1996, pp. 725-730.
- [16] Giang Thị Phương Thảo, Phạm Thị Thu Hương, Phạm Việt Hòa, and Nguyễn An Bình, "Đánh giá độ chính xác trong phân loại lớp phủ dự trên thuật toán học máy và dữ liệu viễn thám thông qua Google Earth Engine: Áp dụng tại tỉnh Đắk Lắk," *Journal of Science on Natural Resources Environment*, no. 46, pp. 55-65, 2021.
- [17] Am Hay, "The derivation of global estimates from a confusion matrix," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 9, no. 8, pp. 1395-1398, 1988.
- [18] Ahmed M Abdel-Zaher and Ayman M Eldeib, "Breast cancer classification using deep belief networks," *Expert Systems with Applications*, vol. 46, pp. 139-144, 2016.
- [19] Nguyễn Hữu Trung, "Ứng dụng mã nguồn mở Thông Tin Địa Lý (Open GIS) trong giảng dạy và nghiên cứu quản lý môi trường và tài nguyên thiên nhiên," *Trường Đại học Cần Thơ*, 2020.





## Xác định chênh lệch độ cao giữa hai điểm bằng đồng hồ nguyên tử, một thí nghiệm tại Vũ Hán

Hoàng Anh Thế<sup>1,\*</sup>, Đậu Khắc Tài<sup>1</sup>, Shen Wenbin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Viện Nông nghiệp và Tài Nguyên, trường Đại học Vinh, 182 đường Lê Duẩn, thành phố Vinh, Việt Nam

<sup>2</sup>Đại học Vũ Hán, đường Luojiashan, quận Wuchang. Thành phố Wuhany, tỉnh Hồ Bắc, Trung Quốc

Email tác giả liên hệ: anhthe.dhv@gmail.com

### Tóm tắt:

Các ứng dụng của trắc địa tương đối tính (relativistic geodesy) ngày càng được các nhà khoa học quan tâm và nghiên cứu khai thác. Nhiều nghiên cứu về trắc địa tương đối tính đã thu được những kết quả rất khả quan trong các lĩnh vực đo đạc yêu cầu độ chính xác cao như trắc địa vệ tinh, đo đạc vũ trụ, trắc địa trọng lực... Bài báo này trình bày kết quả một thí nghiệm về xác định chênh cao giữa hai điểm bằng cách so sánh tần số của hai đồng hồ nguyên tử quang học, được thực hiện tại Vũ Hán, Trung Quốc. Kết quả của thí nghiệm đã cho thấy chênh lệch giữa chênh cao xác định bằng phương pháp so sánh tần số đồng hồ và chênh cao xác định bằng phương pháp thủy chuẩn là ở mức centimet.

**Từ khóa:** Trắc địa tương đối tính, Độ cao chính, Đồng hồ nguyên tử quang, So sánh tần số.

Ngày nhận bài: 25/02/2024

Ngày sửa lại: 06/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 08/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

## Determining the height difference between two points using optical clocks, an experiment in Wuhan

Hoang Anh The<sup>1,\*</sup>, Dau Khac Tai<sup>1</sup>, Shen Wenbin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Agriculture and Resources, Vinh University, No 182 Le Duan Road, Vinh City, Viet Nam

<sup>2</sup>Wuhan University, Luojiashan Road, Wuchang District. Wuhan City, Hubei Province. P. R. China

Corresponding Author Email: anhthe.dhv@gmail.com

### Abstract:

The applications of relativistic geodesy are increasingly being studied and exploited by scientists. Many studies on relativistic geodesy have obtained very positive results in measurement fields requiring high accuracy such as satellite geodesy, space geodesy, gravity geodesy, etc. This study presents the results of an experiment on determining the height difference between two points by comparing the frequencies of two optical atomic clocks, in Wuhan, China. The experiment results showed that the difference between the height difference determined by the clock frequency comparison method and the height difference determined by the leveling method was at the centimeter level.

**Keywords:** relativistic geodesy, orthometric height, optical clock, frequency comparison

Submission received: 25/02/2024

Revised: 06/03/2024

Accepted: 08/03/2024

Published: 30/03/2024

## 1. Mở đầu

Trong Trắc địa, độ cao chính là một đại lượng quan trọng, được sử dụng nhiều trong nghiên cứu khoa học, kỹ thuật cũng như đời sống hằng ngày. Ở một số quốc gia trên thế giới, độ cao chính được sử dụng làm cơ sở cho hệ độ cao Nhà nước [1]. Độ cao chính có thể được xác định bằng một số phương pháp truyền thống như phương pháp thủy chuẩn hình học, phương pháp đo cao GPS kết hợp số liệu trọng lực [2],... Các phương pháp này đều có những ưu điểm và nhược điểm riêng. Trong nỗ lực nghiên cứu để phát minh các phương pháp đo đạc mới, các nhà khoa học đã đề xuất một hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng, đó là ứng dụng trắc địa tương đối tính để xác định độ cao chính.

Trắc địa tương đối tính dựa trên thuyết tương đối rộng của Albert Einstein, cho rằng: đồng hồ đặt tại điểm có vị trí cao hơn sẽ chạy nhanh hơn đồng hồ đặt tại điểm ở vị trí thấp hơn [3]. Như vậy, khi so sánh đồng hồ tại hai vị trí, chúng ta hoàn toàn có thể xác định được chênh lệch độ cao giữa hai điểm đó. Theo lý thuyết đó, có hai hướng tiếp cận đã được các nhà khoa học nghiên cứu. Hướng tiếp cận thứ nhất do Bjerhammar đề xuất, cho rằng chênh cao giữa các điểm có thể được xác định bằng cách so sánh tốc độ của một đồng hồ nguyên tử tại các điểm khác nhau trên bề mặt Trái đất (gọi là phương pháp vận chuyển đồng hồ) [4]. Một hướng tiếp cận khác, được gọi là phương pháp dịch chuyển tần số trọng lực, cho rằng sự thay đổi khi truyền tần số giữa hai đồng hồ tại hai vị trí khác nhau thể hiện chênh lệch độ cao giữa hai điểm đó [5]. Đã có nhiều nghiên cứu của các nhà khoa học về những ứng dụng như vậy của đồng hồ nguyên tử trong trắc địa đã được công bố rộng rãi [6-8]. Các nghiên cứu cho thấy, để xác định độ chênh lệch độ cao chính với độ chính xác 1 cm chúng ta cần phải xác định độ lệch thời gian hoặc độ lệch tần số ở mức độ chính xác là  $1 \times 10^{-18}$ . Tuy nhiên, trong một thời gian dài, độ chính xác của đồng hồ là một rào cản lớn cho các thí nghiệm để chứng minh lý thuyết này. Những năm gần đây, đồng hồ nguyên tử quang học xuất hiện và liên

tiếp tạo ra những bước đột phá về độ chính xác. Từ năm 2012 cho đến nay, các đồng hồ có độ chính xác  $10^{-17}$  đến  $10^{-18}$  đã được các nhà khoa học công bố, cung cấp nhiều tiềm năng ứng dụng trong Trắc địa [9].

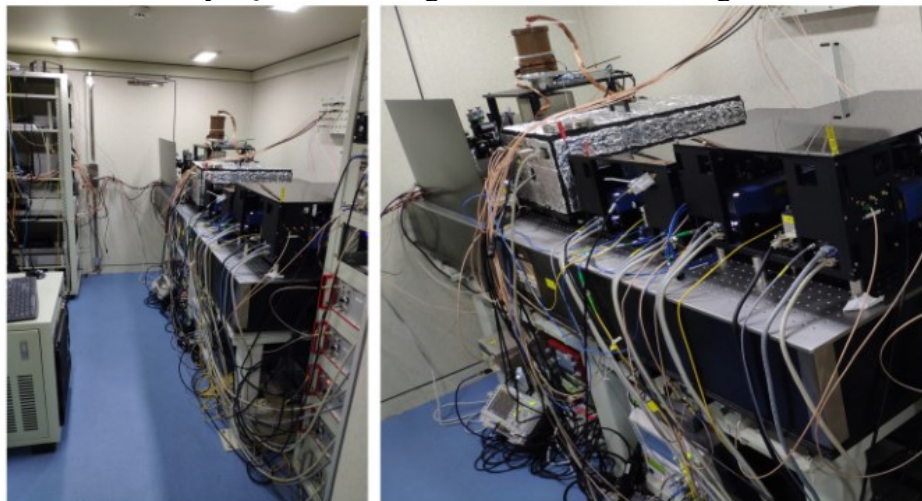
Để so sánh tần số giữa hai đồng hồ, chúng ta có thể so sánh tín hiệu đồng hồ truyền qua vệ tinh và tín hiệu đồng hồ được truyền thông qua sợi cáp quang kết nối giữa hai đồng hồ. Trong các phương pháp đó, phương pháp so sánh tín hiệu đồng hồ truyền qua sợi cáp quang đang có độ chính xác cao nhất vì nó loại bỏ được các lỗi ảnh hưởng do môi trường. Năm 2020, các nhà khoa học Nhật Bản đã thực hiện một thí nghiệm sử dụng đồng hồ quang học đo chênh cao giữa hai điểm đặt trên tháp truyền hình Tokyo, với độ chênh cao là 450 m. Kết quả cho thấy chênh cao đo được bằng phương pháp so sánh tần số đồng hồ chênh lệch so với các phương pháp truyền thống ở mức 5 cm [10].

Nghiên cứu này trình bày kết quả một thí nghiệm được thực hiện tại Vũ Hán, Trung Quốc. Hai đồng hồ nguyên tử được so sánh với nhau thông qua một kết nối sợi quang dài 100 m. Kết quả thí nghiệm cho thấy chênh cao thu được là  $4.33 \pm 0.11$  m, tương xứng với giá trị chênh cao  $4.34 \pm 0.03$  m được xác định bằng phương pháp thủy chuẩn hình học.

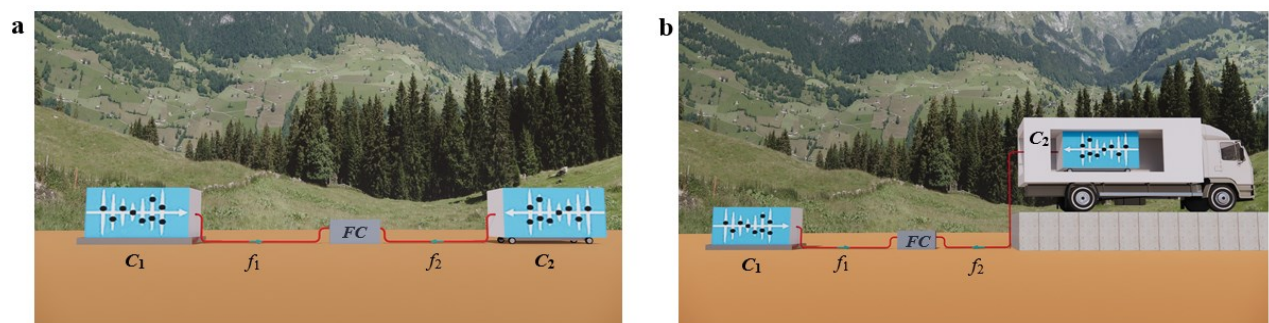
## 2. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Dữ liệu nghiên cứu

Thí nghiệm được thực hiện tại Học viện đổi mới khoa học và đo lường độ chính xác cao, thuộc Viện hàn lâm khoa học Trung Quốc, tại Vũ Hán, Hồ Bắc, Trung Quốc [11]. Đồng hồ sử dụng trong thí nghiệm là hai đồng hồ nguyên tử quang học  $\text{Ca}^+$  có độ ổn định ở mức  $1.3 \times 10^{-17}$  (Hình 1). Một đồng hồ được đặt cố định trong phòng thí nghiệm ( $C_1$ ), cái thứ hai là loại đồng hồ nguyên tử có thể di chuyển được (transportable optical clock -  $C_2$ ), hai đồng hồ được nối với nhau bởi một sợi quang dài 100 m (Hình 2). Đầu tiên, thực hiện so sánh hai đồng hồ tại cùng một vị trí độ cao và thu được dữ liệu chênh lệch tần số tại vị trí này. Tiếp theo, đồng hồ có thể di chuyển được đặt lên một xe chuyên dụng, lúc này vị trí của nó sẽ cao hơn vị trí cũ là 4.34 m (xác định bằng phương pháp thủy chuẩn hình học). Tiến hành so sánh tần số hai đồng hồ ở vị trí chênh lệch độ cao, thu được dữ liệu chênh lệch tần số tại vị trí này. Quá trình thí nghiệm được mô tả trong Hình 2.



Hình 1. Đồng hồ nguyên tử quang học  $\text{Ca}^+$  sử dụng trong thí nghiệm [11]



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm: (a) Hai đồng hồ đặt cùng độ cao. (b) Hai đồng hồ chênh nhau 4.34 m.

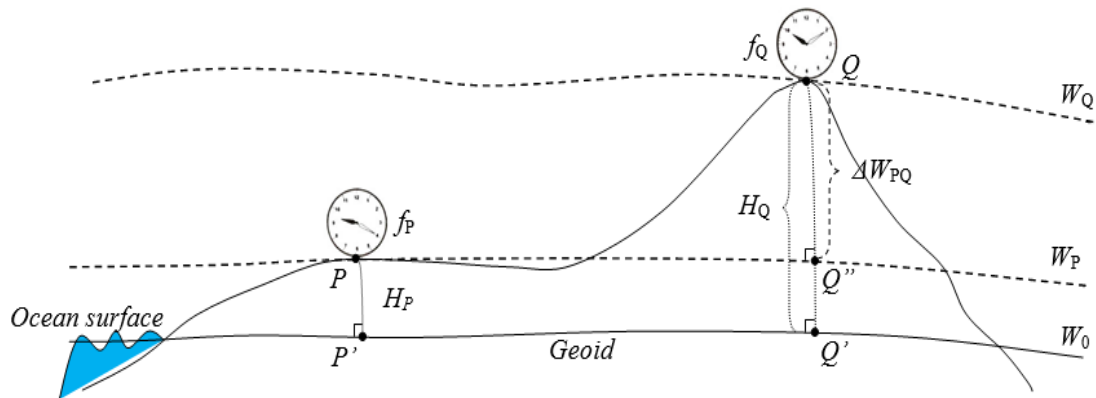
Trong kết quả so sánh tần số thu được, ngoài sự dịch chuyển tần số do thế năng hấp dẫn gây ra còn có sự dịch chuyển tần số gây ra bởi sai số của hệ thống. Việc so sánh tần số đồng hồ tại hai vị trí giúp cho quá trình xử lý số liệu có thể loại bỏ được sai số hệ thống, chỉ còn giữ lại chênh lệch tần số gây ra do sự khác biệt thế năng hấp dẫn.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Trắc địa tương đối tính dùng phương trình dịch chuyển tần số trọng lực là cơ sở khoa học để xác định chênh lệch thế trọng trường giữa hai điểm dựa trên thuyết tương đối rộng của Albert Einstein. Giả sử một đồng hồ đặt tại điểm P phát ra một tần số  $f_P$  và một đồng hồ khác đặt tại điểm Q nhận được tần số  $f_Q$  (Hình 3). Do chênh lệch thế trọng trường giữa hai điểm P và Q nên  $f_P$  và  $f_Q$  là khác nhau. Ta có phương trình sau [12]:

$$W_Q - W_P = -\frac{f_Q - f_P}{f} c^2 \quad (1)$$

trong đó,  $W_P$  và  $W_Q$  tương ứng là thế trọng trường tại 2 điểm P và Q;  $c$  là tốc độ ánh sáng trong chân không. Công thức (1) được gọi là phương trình dịch chuyển tần số trọng lực, mô tả mối quan hệ giữa chênh lệch tần số và chênh lệch thế trọng trường giữa hai điểm.



Hình 3. Xác định chênh cao bằng phương pháp so sánh tần số đồng hồ.

Gọi  $H_P$ ,  $H_Q$  tương ứng là độ cao chính của điểm P và Q; chênh lệch thế trọng trường giữa hai điểm P và Q là  $\Delta W_{PQ} = W_Q - W_P$ ; dịch chuyển tần số giữa hai điểm P và Q là  $\Delta f_{PQ} = f_Q - f_P$ . Giả sử chúng ta đã biết độ cao chính của điểm P, lúc này, độ cao chính của điểm Q có thể được xác định theo công thức sau [13]:

$$H_Q = \frac{H_P(g_P + 0.0424 \times H_P) - \Delta W_{PQ}}{g_Q + 0.0424 \times H_Q^0} \quad (2)$$

trong đó,  $g_P$ ,  $g_Q$  là giá trị trọng lực tại điểm P và Q (đơn vị  $\text{cm/s}^2$ );  $H_Q^0$  là độ cao gần đúng tại điểm Q (đơn vị km), giá trị này không ảnh hưởng đến kết quả tính  $H_Q$  vì  $H_Q$  sẽ được xác định bằng quá trình tính lặp. Kết hợp công thức (1) và (2), ta có:

$$H_Q = \frac{H_P(g_P + 0.0424 \times H_P)}{g_Q + 0.0424 \times H_Q^0} + \frac{\Delta f_{PQ}}{f} c^2 \quad (3)$$

Từ công thức (3) ta thấy, nếu có thể xác định được giá trị chuyển dịch tần số  $\Delta f_{PQ}$  thì chúng ta có thể tính được độ cao điểm Q. Đây là nguyên tắc xác định độ cao của một điểm dựa trên phương pháp so sánh tần số đồng hồ.

## 3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

### 3.1. Quy trình xử lý số liệu

Số liệu trong nghiên cứu này được cung cấp bởi Viện hàn lâm khoa học Trung Quốc, do Huang và công sự thực hiện [11]. Số liệu đo bao gồm 2 tệp dữ liệu: Tệp dữ liệu đo tại vị trí hai đồng hồ cùng độ cao và tệp dữ liệu đo tại vị trí hai đồng hồ chênh lệch độ cao là 4.34 m, Quy trình xử lý số liệu được thực hiện theo trình tự sau:

- Loại bỏ sai số thô: Trong tín hiệu tần số thu được chứa nhiều sai số thô, vì vậy cần loại bỏ các sai số này trước khi thực hiện bước tiếp theo. Sai số thô được loại bỏ dựa theo nguyên tắc: những giá trị nào lớn hơn 2 lần sai số trung phương của dãy trị đo thì xem là sai số thô và loại nó ra khỏi dãy trị đo. Quá trình này là quá trình tính lặp, thực hiện bằng một chương trình lập trình nhỏ. Quá trình tính lặp chỉ dừng lại khi toàn bộ trị đo trong dãy số liệu đều nhỏ hơn 2 lần sai số trung phương của dãy trị đo. Giá trị số liệu gốc được thể hiện trong Hình 4a và Hình 5a. Giá trị số liệu sau khi đã loại bỏ sai số thô được thể hiện trong Hình 4b và Hình 5b.

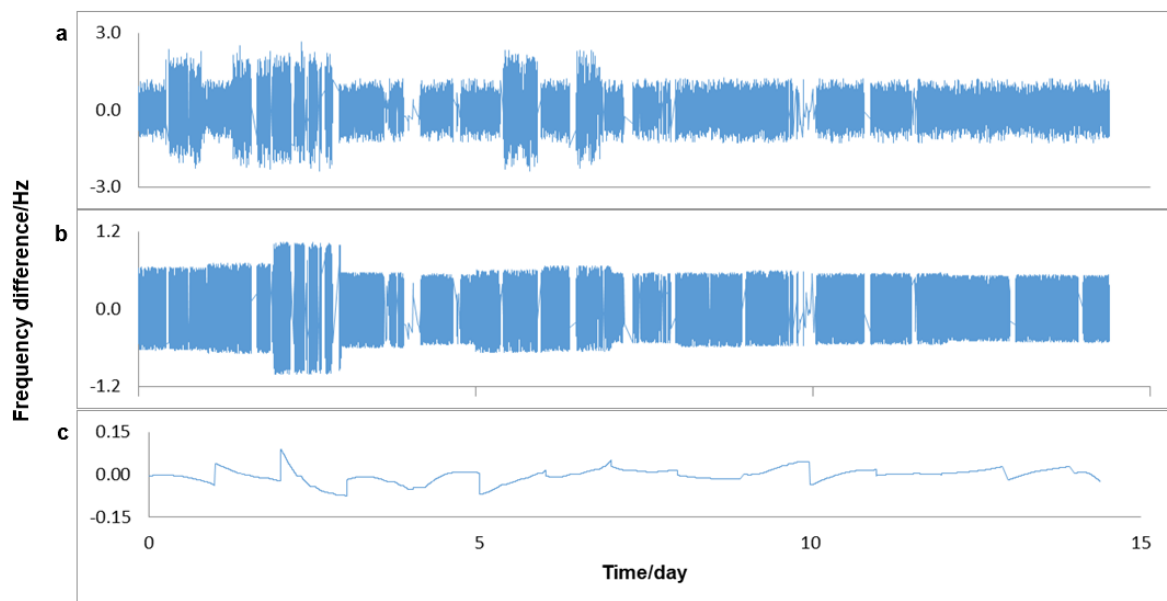
- Loại bỏ nhiễu: Sau khi loại bỏ sai số thô, chúng ta thực hiện loại bỏ nhiễu tín hiệu. Ở bước này chúng tôi sử dụng phương pháp EEMD (Ensemble Empirical Mode Decomposition) để loại bỏ các nhiễu, “làm trơn” số liệu. EEMD là một phương pháp loại bỏ nhiễu được ứng dụng nhiều trên thế giới [14]. Nhiều nghiên cứu đã trình bày cụ thể về phương pháp EEMD và chứng minh rằng phương pháp này có hiệu quả rất tốt trong việc loại bỏ các nhiễu trong các chuỗi số liệu tín hiệu tần số [15,16]. Kết quả sau khi loại bỏ nhiễu bằng phương pháp EEMD được thể hiện trong Hình 4c và Hình 5c.

- Tính giá trị trung bình và sai số: Sử dụng kết quả của phương pháp EEMD, tính giá trị trung bình của mỗi ngày đo. Từ đó, tính giá trị trung bình có trọng số và sai số trung phương của hai dãy trị đo tại hai vị trí.

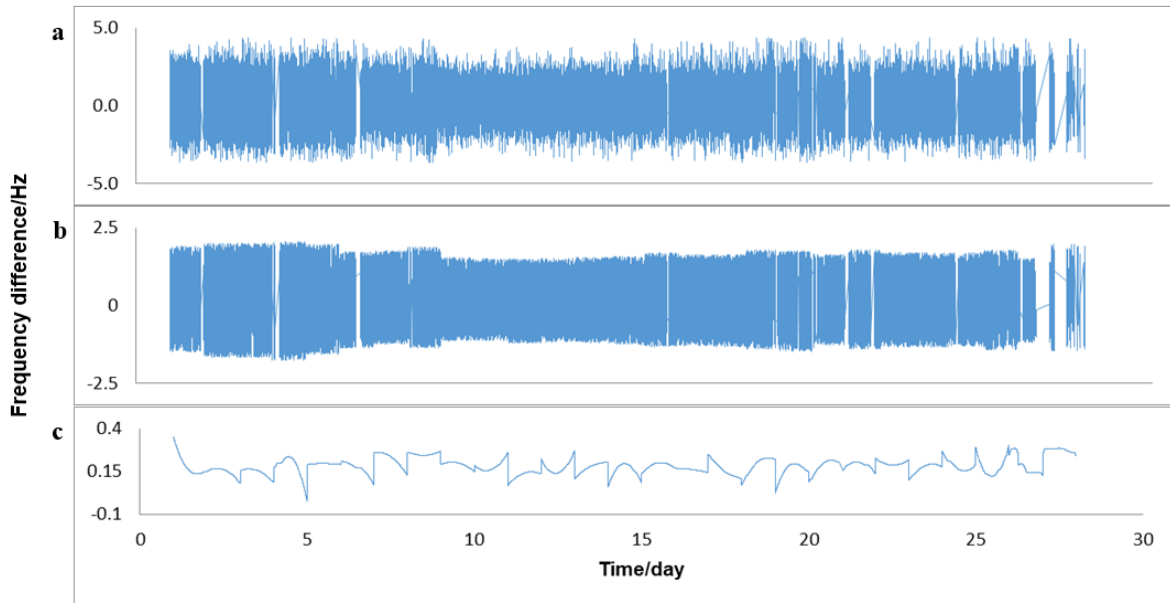
### 3.2. Kết quả nghiên cứu

Nhìn vào Hình 4 và Hình 5 ta có thể thấy, số liệu gốc ban đầu chứa nhiều sai số lớn. Sau quá trình loại bỏ sai số thô, dãy số liệu đã trở nên ổn định hơn (Hình 4b và Hình 5b). Tiếp theo, kỹ thuật EEMD được áp dụng cho các tập dữ liệu được xử lý để loại bỏ nhiễu định kỳ. Kết quả thu được là chuỗi tín hiệu đã trở nên “mịn” hơn rất nhiều (Hình 4c và Hình 5c).

Kết quả tính toán cho thấy, tại cùng một vị trí độ cao, giá trị dịch chuyển tần số giữa hai đồng hồ là  $\Delta f_1 = (0,000924 \pm 0,002005)$  Hz. Tại vị trí hai đồng hồ chênh lệch độ cao, dịch chuyển tần số giữa hai đồng hồ là  $\Delta f_2 = (0,195288 \pm 0,004252)$  Hz. Từ kết quả đo, độ chênh lệch tần số của hai đồng hồ đặt ở hai vị trí khác nhau là  $\Delta f = 0,195288 - 0,000924 = 0,194364$  Hz. Với tần số của đồng hồ nguyên tử quang sử dụng trong thí nghiệm này là  $f = 411.042.129.776.400,41$  Hz [11],  $c = 299.792.458$  m/s,  $g = 9,80665$  m·s<sup>-2</sup>, chúng tôi thu được chênh lệch độ cao giữa hai đồng hồ là  $4,33 \pm 0,11$  m (xem Bảng 1). Kết quả này tương xứng với chênh lệch độ cao  $4,34 \pm 0,03$  m đo bằng phương pháp thủy chuẩn hình học.



Hình 4. Số liệu đo tại vị trí hai đồng hồ có độ cao bằng nhau



Hình 5. Số liệu đo tại vị trí hai đồng hồ có độ chênh cao là 4.34 m

Bảng 1. Kết quả chênh cao đo được bằng so sánh tần số đồng hồ

Tần số đồng hồ (Hz)	Địch chuyển tần số đo được (Hz)	$g$ (m/s <sup>2</sup> )	Chênh cao (m)
411,042,129,776,400.41	0.194364	9.80665	4.33(11)

#### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, việc so sánh tần số đồng hồ được thực hiện bằng phương pháp truyền tần số qua sợi cáp quang. Hiện nay, đây là phương pháp so sánh tần số cho kết quả có độ chính xác cao nhất [12]. Việc thực hiện so sánh tần số đồng hồ tại hai vị trí giúp cho kết quả của thí nghiệm loại bỏ được sai số hệ thống. Kết quả nghiên cứu phù hợp với độ chính xác của đồng hồ sử dụng trong thí nghiệm.

Chúng tôi sử dụng phương pháp EEMD để xử lý chuỗi số liệu đo. Kết quả cho thấy phương pháp EEMD lọc nhiễu hiệu quả của dữ liệu tần số truyền qua sợi cáp quang. Các tín hiệu tần số thường là tín hiệu phi tuyến tính liên tục và bị ảnh hưởng khá nhiều bởi nhiễu. Việc xử lý các tín hiệu này theo các phép biến đổi cũ (biến đổi Fourier, biến đổi Wavelet, v.v.) thường không mang lại kết quả như mong muốn [17]. Từ các nghiên cứu đã công bố [15, 16] và kết quả tính toán trong nghiên cứu này cho thấy phương pháp EEMD là phương pháp giảm nhiễu phù hợp, có thể sử dụng để xử lý tín hiệu tần số trong các phép đo trắc địa.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy phương pháp so sánh tần số đồng hồ truyền qua sợi cáp quang có nhiều hứa hẹn trong việc xác định chênh cao giữa các điểm. Hạn chế của phương pháp này là cần có kết nối sợi quang giữa hai điểm đo. Vì thế, hiện nay các nhà khoa học đang nghiên cứu việc kết nối và so sánh tần số đồng hồ truyền trong không gian.

Việc ứng dụng trắc địa tương đối tính trong nghiên cứu Trắc địa tại Việt Nam đang là vấn đề khá mới mẻ, là cánh cửa cần được khai phá và ứng dụng. Hạn chế hiện nay là đồng hồ nguyên tử quang chúng ta chưa có để tiến hành các thí nghiệm nghiên cứu. Hy vọng trong tương lai, với sự phát triển của khoa học công nghệ, các đồng hồ nguyên tử quang sẽ trở nên phổ biến và Việt Nam sẽ có nhiều ứng dụng của các đồng hồ độ chính xác cao này vào công tác Trắc địa.

#### Lời cảm ơn

Cảm ơn Học viện đổi mới khoa học và đo lường độ chính xác cao, thuộc Viện hàn lâm khoa học Trung Quốc, tại Vũ Hán, Hồ Bắc, Trung Quốc đã cung cấp số liệu cho nghiên cứu này.

#### Cam kết của các tác giả

Các tác giả cam kết không có xung đột lợi ích trong bài báo này.



### Tài liệu tham khảo

- [1] US Department of Commerce, NOAA; US Department of Commerce, NOAA. "National Geodetic Survey - Home". *www.ngs.noaa.gov*. Retrieved 2020-09-07.
- [2] Phạm Hoàng Lâm, Bùi Quang Tuyên, “Thêm một thể nghiệm đo cao GPS đạt độ chính xác thủy chuẩn hạng III Nhà nước ở Việt Nam”, *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, số 4, trang 9-13, 2010.
- [3] A. Einstein, “Die Feldgleichungen der Gravitation”, in *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften*. Berlin, Germany, pp. 844–847, 1915.
- [4] A. Bjerhammar, “On a relativistic geodesy”, *Bull. Géodésique*, vol. 59, no. 3, pp. 207–220, Sep. 1985.
- [5] W. Shen, D. Chao, and B. Jin, “Determination of the geopotential and orthometric height based on frequency shift equation”, *Natural Sci.*, vol. 3, no. 5, pp. 388–396, 2011.
- [6] Hoàng Anh Thế, Nguyễn Quang Phúc, “Xác định độ cao chính bằng tín hiệu GPS dựa trên thuyết tương đối rộng,” *Tuyển tập báo cáo khoa học Hội nghị khoa học địa chất biển lần thứ 3*, 2019.
- [7] C. Lisdat et al., “A clock network for geodesy and fundamental science”, *Nature Commun.*, vol. 7, p. 12443, Aug. 2016.
- [8] J. Grotti et al., “Geodesy and metrology with a transportable optical clock”, *Nature Phys.*, vol. 14, no. 5, pp. 437–441, May 2018.
- [9] H. Yao, Z. Baolin, and Z. T. Mengyan, “Liquid nitrogen-cooled Ca<sup>+</sup> optical clock with systematic uncertainty of  $3 \times 10^{-18}$ ”, *Phys. Rev. Appl.*, vol. 17, no. 3, Mar. 2022.
- [10] M. Takamoto, I. Ushijima, N. Ohmae, T. Yahagi, K. Kokado, H. Shinkai, and H. Katori, “Test of general relativity by a pair of transportable optical lattice clocks”, *Nature Photon.*, vol. 14, pp. 411–415, Apr. 2020.
- [11] H. Yao et al. “Geopotential measurement with a robust, transportable Ca<sup>+</sup> optical clock”, *Phys. Rev. A*, 102, 050802, 2020.
- [12] A. T. Hoang, Z. Shen, W. Shen, C. Cai, W. Xu, A. Ning, and Y. Wu, “Determination of the orthometric height difference based on optical fiber frequency transfer technique”, *Geodesy Geodyn.*, vol. 12, no. 6, pp. 405–412, Nov. 2021.
- [13] B. Hofmann-Wellenhof and H. Moritz, *Physical Geodesy*. Cham, Switzerland: *Springer*, 2005.
- [14] K.C. Wu, et al.. A preliminary experiment of determining the geopotential difference using two hydrogen atomic clocks and TWSTFT technique. *J. Geod. Geodyn*, 11, 229–241. 2020.
- [15] Z.H. Wu, N.E. Huang. “Ensemble empirical mode decomposition: A noise-assisted data analysis method”, *Adv. Adapt. Data Anal.*, 1, 1–41, 2009
- [16] N.E. Huang, Z.H. Wu. “A review on Hilbert-Huang transform: Method and its applications to geophysical studies”. *Rev. Geophys*, 46, RG2006, 2008.
- [17] S. Gasi. A new ensemble empirical mode decomposition (EEMD) denoising method for seismic signals. *Energy Procedia*, 97, 84–91, 2016.



## So sánh kết quả định vị tuyệt đối xử lý bằng Bernese và theo dịch vụ định vị trực tuyến (Online PPP service)

Nguyễn Việt Thuận<sup>1\*</sup>, Trần Văn Phong<sup>1</sup>, Văn Đức Tùng<sup>1</sup>, Hoàng Quang Vinh<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thanh Hương<sup>1</sup>, Vũ Tuấn Hùng<sup>1</sup>, Đào Hải Nam<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Viện Địa chất – Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 84, Phố Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam.  
Email tác giả liên hệ: thuan191986@gmail.com*

### Tóm tắt:

Hiện nay, các dịch vụ định vị trực tuyến dựa trên Web được phát triển bởi một số tổ chức; thân thiện với người dùng, không giới hạn và hầu hết đều miễn phí; đã trở thành một sự thay thế đáng kể so với phần mềm khoa học và thương mại có chi phí cao. Nghiên cứu thử nghiệm này đã được thực hiện trên trạm LANG để tìm ra sự khác biệt về các dịch vụ trực tuyến dựa trên Web được sử dụng nhiều nhất trên toàn thế giới (cụ thể là CSRS-PPP, GAPS). Các dịch vụ này sử dụng các phương pháp tiếp cận giải pháp định vị điểm tuyệt đối và chính xác (PPP- Precise Point Positioning). Tọa độ PPP của trạm được ước tính bằng cách sử dụng cả dịch vụ trực tuyến và phần mềm Bernese 5.2 từ bộ dữ liệu GPS 24 giờ, sau đó tính toán sự khác biệt về tọa độ giữa các dịch vụ trực tuyến và phần mềm xử lý Bernese. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng cho từng giải pháp khác biệt là dưới 10 mm đối với dịch vụ trực tuyến định vị điểm chính xác. Độ chính xác vị trí điểm thu được từ các dịch vụ trực tuyến cung cấp giải pháp có độ chính xác cao có thể được sử dụng trong nhiều ứng dụng kỹ thuật và phân tích trắc địa.

**Từ khóa:** GPS; Precise Point Positioning (PPP); Web-Based Online Services

Ngày nhận bài: 28/02/2024

Ngày sửa lại: 08/03/2024

Ngày chấp nhận đăng: 11/03/2024

Ngày xuất bản: 30/03/2024

## Compare absolute positioning results processed by Bernese and online positioning services (Online PPP service)

Nguyen Viet Thuan<sup>1\*</sup>, Tran Van Phong<sup>1</sup>, Van Duc Tung<sup>1</sup>, Hoang Quang Vinh<sup>1</sup>, Nguyen Thi Thanh Huong<sup>1</sup>, Vu Tuan Hung<sup>1</sup>, Dao Hai Nam<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>*Institute of Geology – Vietnam Academy of Science and Technology, No 84 Chua Lang Street, Dong Da District, Hanoi, Vietnam*

*Corresponding Author Email: thuan191986@gmail.com*

### Abstract:

Web-based online location services are developed by a number of organizations; User-friendly, unlimited and mostly free; has become a significant alternative to high-cost scientific and commercial software to achieve GPS data processing and analysis. When centimeter (cm) level accuracy is desired, it is easily achieved with these services. In this paper, an experimental study was performed on the LANG station; Institute of Geology to find an accurate analysis of the most used web-based online services worldwide (namely CSRS-PPP, GAPS). These services use relative and precise point positioning (PPP) solution approaches. In this pilot study, station coordinates were estimated using an online service and GPS Bernese 5.2 processing software from a 24-hour GPS data set, and then the difference in coordinates between stations was calculated. Bernese online services and software. From the evaluations, it is seen that the results for each solution differ by less than 10 mm for the precise point positioning online service. The results show that the position accuracy obtained from the related online services provides a highly accurate solution that can be used in a variety of geodetic analysis and engineering applications.

**Keywords:** GPS; Precise Point Positioning (PPP); Web-Based Online Services

Submission received: 28/02/2024

Revised: 08/03/2024

Accepted: 11/03/2024

Published: 30/03/2024

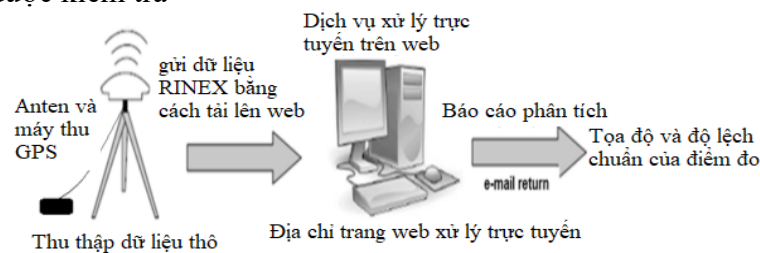
## 1. Mở đầu

Ngày nay, khi các dịch vụ Internet phát triển, có thể cung cấp dịch vụ trực tuyến cho nhiều ứng dụng trong lĩnh vực kỹ thuật thông qua Internet. Một trong những dịch vụ này là đánh giá dữ liệu GPS trực tuyến [1]. Tính năng quan trọng nhất của các ứng dụng dựa trên Internet là các dịch vụ này miễn phí và dễ sử dụng. Gần đây, các dịch vụ định vị GNSS dựa trên web đã phát triển như một lựa chọn bổ sung cho các phương pháp tính toán cổ điển. Các dịch vụ như vậy tự động tạo ra các giải pháp bằng cách sử dụng một số tập dữ liệu đo GNSS được tải qua giao diện web qua Internet [2]. Các quan sát GNSS được thu thập tại hiện trường được ghi lại ở các định dạng dữ liệu tiêu chuẩn như Receiver Independent Exchange Format (RINEX) và sau đó được tải lên các dịch vụ định vị dựa trên web, cho phép thu được tọa độ vị trí của các điểm quan sát trong thời gian ngắn và miễn phí [3].

Dịch vụ định vị dựa trên web đã được coi là giải pháp thay thế cho phần mềm khoa học hoặc thương mại trong 15 năm trở lại đây. Bất cứ nơi nào có truy cập Internet, việc đánh giá dữ liệu RINEX bằng các dịch vụ đó sẽ dễ dàng hơn. Một khía cạnh đáng tin cậy khác là việc sử dụng phần mềm khoa học (Bernese, Gamit, GIPSY/OASIS II, v.v.) chạy trong nền của các hệ thống này. Những dịch vụ này cũng mang lại nhiều lợi ích cho người dùng bằng cách giảm chi phí của nhiều

phần mềm, phần cứng, công cụ, nhân sự và dịch vụ vận chuyển. Kết quả từ các dịch vụ này ở dạng báo cáo tóm tắt hoặc chi tiết. Giá trị độ lệch chuẩn của các điểm này được gửi cùng với tọa độ điểm ước tính trong báo cáo. Một số dịch vụ gửi báo cáo tóm tắt dưới dạng thông tin tóm tắt ngắn, trong khi một số dịch vụ cung cấp báo cáo chi tiết với phần trình bày chi tiết và đồ họa. Nhiều dịch vụ trong số này là miễn phí và một số dịch vụ yêu cầu tư cách thành viên để truy cập bằng tên người dùng và mật khẩu trong khi sử dụng.

Các dịch vụ định vị dựa trên web gồm hai loại giải pháp khác nhau: Đầu tiên là phương pháp định vị tương đối và thứ hai là phương pháp giải pháp định vị điểm chính xác (PPP). Trong nghiên cứu này, giải pháp định vị điểm chính xác dựa trên web được sử dụng. Các dịch vụ chủ yếu được sử dụng cho giải pháp PPP chỉ sử dụng các sản phẩm GPS hoặc GPS + GLONASS như quỹ đạo và hiệu chỉnh đồng hồ. Luồng dữ liệu cho cả hai dịch vụ định vị dựa trên web được hiển thị trong Hình 1. Trong nghiên cứu này, hai dịch vụ PPP dựa trên web khác nhau: GAPS và CSRS-PPP, được biết đến nhiều nhất và được sử dụng rộng rãi, các thuộc tính chung của dịch vụ, địa chỉ truy cập và kết quả phân tích đều được kiểm tra



Hình 1. Sơ đồ trình bày các dịch vụ định vị dựa trên web.

## 2. Phương pháp và các tiện ích xử lý số liệu GNSS.

Kỹ thuật PPP dựa trên việc đánh giá mã và phép đo pha được thu thập từ một máy thu. Trong kỹ thuật này, vị trí máy thu được xác định trực tiếp bằng cách sử dụng quỹ đạo chính xác và hiệu chỉnh đồng hồ do IGS (International GNSS Service) và các tổ chức tương tự ban hành [5, 6]. Sự thành công của việc định vị bằng kỹ thuật PPP phụ thuộc phần lớn vào việc xác định sự thay đổi quỹ đạo chính xác của vệ tinh GPS. Do đó, với giải pháp PPP, điều quan trọng là phải có được thông tin quỹ đạo chính xác và đồng hồ vệ tinh thay vì thông tin quỹ đạo được phát từ vệ tinh. Độ chính xác, độ trễ phát sóng, cập nhật và khoảng thời gian thu tín hiệu đối với quỹ đạo vệ tinh GPS chính xác và hiệu chỉnh đồng hồ do IGS công bố được nêu trong Bảng 1. Ngày nay, do độ chính xác của quỹ đạo vệ tinh chính xác và các sản phẩm đồng hồ do các tổ chức như IGS, CODE và JPL công bố ngày càng tiên bộ, việc sử dụng kỹ thuật PPP ngày càng tăng trong việc xác định vị trí điểm.

Bảng 1. Thông tin các loại lịch vệ tinh (Nguồn: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/>)

Loại lịch vệ tinh	Sai số quỹ đạo/ Đồng hồ vệ tinh	Độ chính xác	Thời gian hình thành	Thời gian cập nhật	Tần xuất tín hiệu
Quảng bá (Broadcast)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	100 cm 5 ns RMS 2.5 ns SDEV	Tức thời	---	Hàng ngày
Cực nhanh – dự báo (Ultrarapid – predicted)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	5cm 3 ns RMS 1.5 SDEV	Tức thời	3,9,15,21 UTC	15 min
Cực nhanh – quan trắc (Ultrarapid – observed)	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	3 cm 150 ps RMS 50 ps SDEV	Sau 3-9 h	3,9,15,21 UTC	15 min
Nhanh - Rapid	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	2.5 cm 75 ps RMS 24 ps SDEV	Sau 17-41 h	17h UTC	15min
Cuối cùng - Final	Quỹ đạo: Đồng hồ vệ tinh	2.5 cm 75 ps RMS 20 ps SDEV	Sau 12 – 18 ngày	Thứ 5 hàng tuần	15min





Dưới đây là phương trình quan sát độc lập với tầng điện ly của phép đo khoảng cách giả và pha sóng mang bao gồm vị trí máy thu, độ lệch đồng hồ, độ trễ tầng đối lưu, pha sóng mang không xác định các thông số và sai số quan sát [3]:

$$lp = p + c(dt - dT) + T_r + I_r + \varepsilon_p$$

$$l\varphi = p + c(dt - dT) + N\lambda + T_r + I_r + \varepsilon_\varphi \quad (1)$$

trong đó  $lp$  và  $l\varphi$  lần lượt là sự kết hợp độc lập với tầng điện ly của các phép đo mã và pha;  $dt$  là độ lệch đồng hồ của máy thu, là chênh lệch giữa thời gian của máy thu (đồng hồ của máy thu) và thời gian hệ thống (GPS);  $dT$  là độ lệch đồng hồ vệ tinh, là chênh lệch giữa thời gian vệ tinh (đồng hồ vệ tinh) và thời gian hệ thống (GPS);  $c$  là tốc độ ánh sáng trong không gian;  $N$  là số nguyên của pha sóng mang độc lập với tầng điện ly;  $T_r$  là độ trễ tín hiệu tầng đối lưu và  $I_r$  là độ trễ tín hiệu tầng điện ly giữa vệ tinh và máy thu;  $\lambda$  là bước sóng;  $\varepsilon_\varphi$  và  $\varepsilon_p$  là các thành phần nhiễu bao gồm cả sự phản xạ tín hiệu [4-6]. Khoảng cách hình học giữa vệ tinh ( $X^s, Y^s, Z^s$ ) và máy thu ( $X^r, Y^r, Z^r$ ) được xác định như sau:

$$\rho = \sqrt{(X^s - X^r)^2 + (Y^s - Y^r)^2 + (Z^s - Z^r)^2} \quad (2)$$

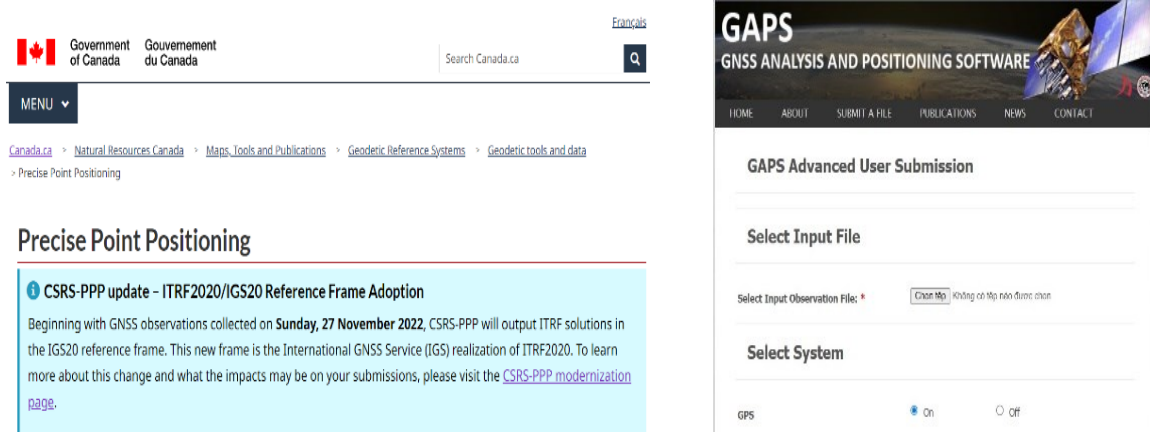
Các dịch vụ GNSS dựa trên web rất dễ sử dụng và không yêu cầu kiến thức bổ sung về phần mềm. Dữ liệu ở định dạng RINEX thu được từ máy thu GNSS được xử lý bằng cách tải chúng lên giao diện web của các dịch vụ định vị dựa trên web. Tùy thuộc vào dịch vụ được cung cấp được sử dụng, một số dịch vụ yêu cầu thông tin bổ sung như nhãn hiệu ăng-ten thu sóng và chiều cao ăng-ten. Khi kết thúc quá trình đánh giá được bắt đầu sau quá trình tải lên các quan sát GNSS, báo cáo cuối cùng về các quan sát GNSS có liên quan sẽ được trình bày cho người dùng qua e-mail hoặc liên kết có thể tải xuống từ giao diện web. Địa chỉ Internet của các dịch vụ định vị dựa trên web có thể xử lý các trị đo GNSS theo phương pháp PPP và cung cấp chúng cho người dùng được nêu trong Bảng 2. Để đáp ứng độ chính xác định vị điểm tùy từng yêu cầu đặt ra, mỗi dịch vụ cũng cập nhật riêng cho mình các số liệu hỗ trợ khác nhằm đưa ra kết quả tốt nhất cho khách hàng.

Bảng 2. Thông tin địa chỉ Web các dịch vụ định vị trực tuyến.

Tính năng	APPS	GAPS	CSRS-PPP	Magic-PPP
Cơ quan phát triển	Jet Propulsion Laboratory (JPL)	University of New Brunswick (UNB)	Natural Resources Canada (NRCan)	Spain GMV Company
Trang web dịch vụ	<a href="http://apps.gdgps.net">http://apps.gdgps.net</a>	<a href="http://gaps.gge.unb.ca/">http://gaps.gge.unb.ca/</a>	<a href="http://www.geod.nrcan.gc.ca/">http://www.geod.nrcan.gc.ca/</a>	<a href="http://magicgnss.gmv.com/ppp">http://magicgnss.gmv.com/ppp</a>
Phiên bản mới nhất	GIPSY 6.2	GAPS V5.2	CSRS-PPP	Magic GNSS 5.3
Các phép đo được hỗ trợ xử lý	Static	Static, kinematic	Kinematic, static	Static, kinematic
Dữ liệu đo	Dual-frequency	Dual-frequency	Single or dualfrequency	Dual-frequency
Hạn chế của tập tin tải lên	5 Mb	10 Mb	100 Mb	5 Mb
Hệ vệ tinh	GPS	GPS	GPS\ GLONASS	GPS\GLONASS
Khung tham chiếu	ITRF2014	ITRF2014/NAD83	ITRF2014/NAD83- CSRS	ITRF2014
Lịch vệ tinh chính xác	JPL rapid/final/real-time	IGS	IGS	IGS\GMV
Mô hình độ trễ tầng đối lưu	GMF: troposphere mapping function	UNB-VMF1; UNB3 MF: VMF1-gridded	Dry delay: Davis Wet delay: Hopf MF: GMF	--
Ước tính độ trễ tầng đối lưu	Độ trễ khô và ướt theo phương thiên đỉnh	Độ trễ theo phương thiên đỉnh	Độ trễ theo phương thiên đỉnh	Độ trễ khô và ướt theo phương thiên đỉnh



Dịch vụ phân tích và định vị GNSS (GAPS) với địa chỉ truy cập <http://gaps.gge.unb.ca/> là dịch vụ xử lý dựa trên web do Đại học New Brunswick (UNB) cung cấp. Đây là một dịch vụ không yêu cầu đăng ký thành viên. Dịch vụ này sử dụng các sản phẩm đồng hồ và quỹ đạo nhanh, cuối cùng của IGS trong quá trình thu tín hiệu GPS, dịch vụ chưa đưa vào tính toán dữ liệu hỗ trợ tầng điện ly, tải trọng đại dương.... GAPS là dịch vụ cung cấp giải pháp GNSS cho người dùng qua e-mail. Các giải pháp tọa độ của GAPS được thể hiện trong khung tham chiếu ITRF14.



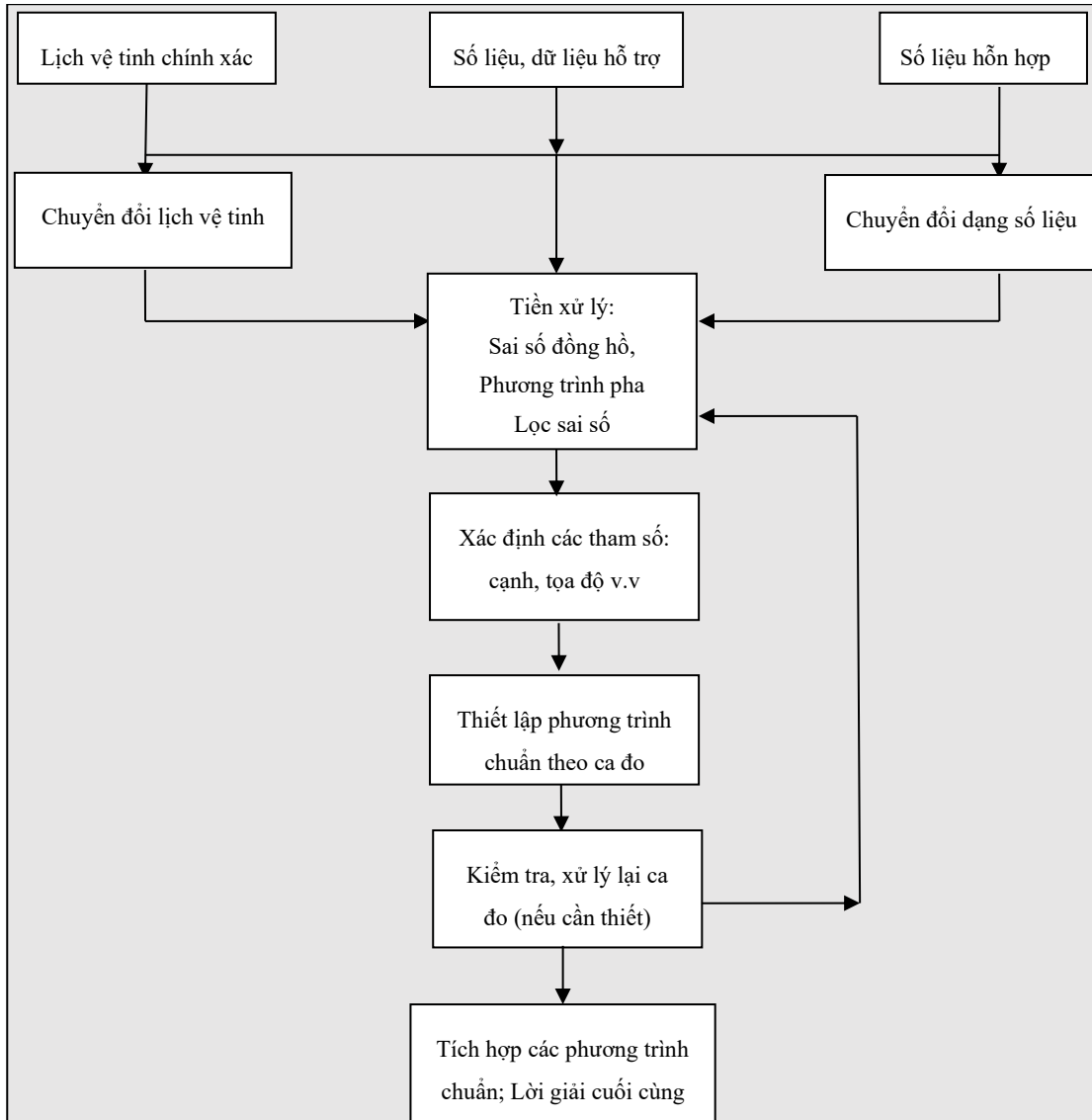
Hình: Giao diện trên internet của các dịch vụ CSRS-PPP, GAPS.

Định vị điểm chính xác của Hệ thống tham chiếu không gian Canada (CSRS-PPP) địa chỉ truy cập <https://webapp.csrscscrs.nrcan-rncan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> là dịch vụ xử lý GNSS dựa trên web do Bộ Tài nguyên Canada (NRCAN) cung cấp. CSRS-PPP sử dụng các sản phẩm đồng hồ và quỹ đạo GPS chính xác do IGS cung cấp. Các giải pháp tọa độ PPP được thể hiện trong cả dữ liệu NAD83 và ITRF14 với các báo cáo phân tích đồ họa chi tiết [7]. Dịch vụ này đã tích cực xử lý dữ liệu GLONASS từ ngày 4 tháng 10 năm 2011 và chấp nhận các tệp hiệu chỉnh tải thủy triều đại dương (OTL) do người dùng cung cấp từ ngày 14 tháng 2 năm 2012.

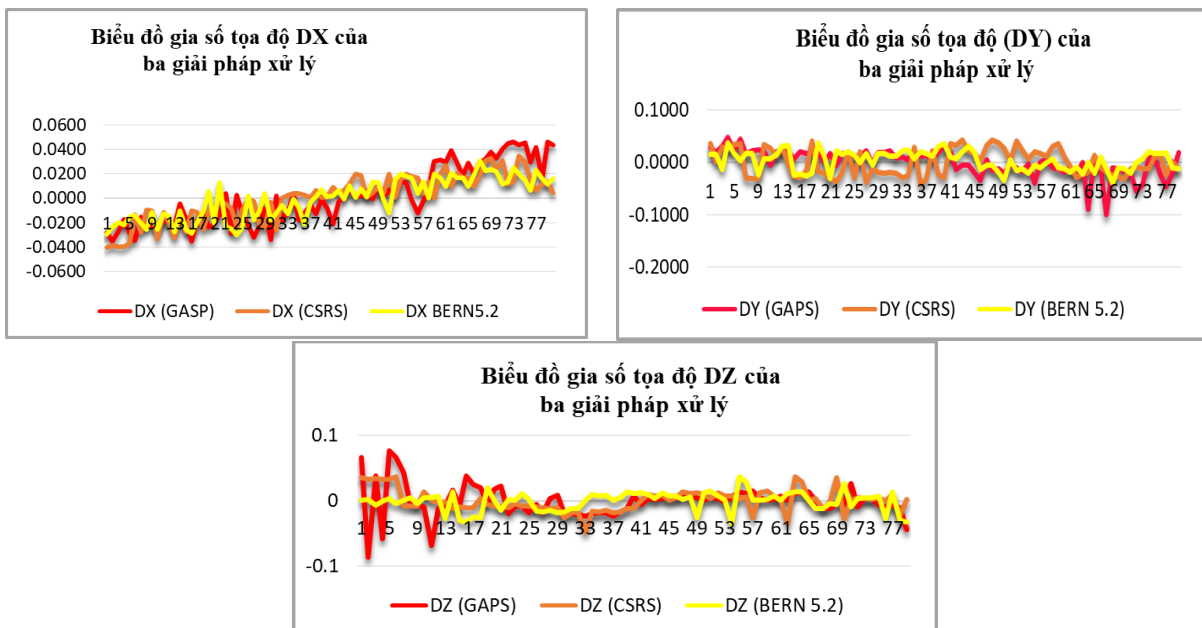
### 3. Dữ liệu và kết quả tính toán

Trong nghiên cứu này, dữ liệu của Hệ thống Vệ tinh Định vị Toàn cầu (GNSS) ở các thời điểm khác nhau thuộc trạm GNSS cố định LANG, đo liên tục, số liệu này kết hợp với các dữ liệu hỗ trợ khác như lịch vệ tinh chính xác, độ trễ tầng đối lưu... được xử lý bằng phần mềm Bernese 5.2 cụ thể là module PPP\_BAS[5]. Quy trình đánh giá dữ liệu GNSS được thực hiện trong các ca đo 24 giờ và kết quả được so sánh giữa các kết quả giải pháp trang Internet khác nhau. Tổng số hơn 80 ca đo đã được xử lý, bao gồm số liệu GNSS tại trạm LANG các ngày GPS từ 001-081 năm 2021 và 2022. Kết quả thu được từ nghiên cứu này là 3 loại tọa độ của ba giải pháp đã được chọn: (1) xử lý hậu kỳ từ phần mềm Bernese 5.2 và (2) các kết quả tọa độ từ các giải pháp định vị trực tuyến PPP-online service, các giá trị gia số tọa độ của ca đo 24h ứng với từng giải pháp (Hình 4) được so sánh với nhau.

Số liệu đo và số liệu hỗ trợ sau khi biên tập đầy đủ được đưa vào xử lý bằng phần mềm Bernese theo quy trình sau:



Hình 3: Quy trình xử lý số liệu bằng phần mềm Bernese 5.2.



Hình 4. Biểu đồ so sánh các gia số tọa độ (PPP) của từng giải pháp so với giá trị gần đúng.

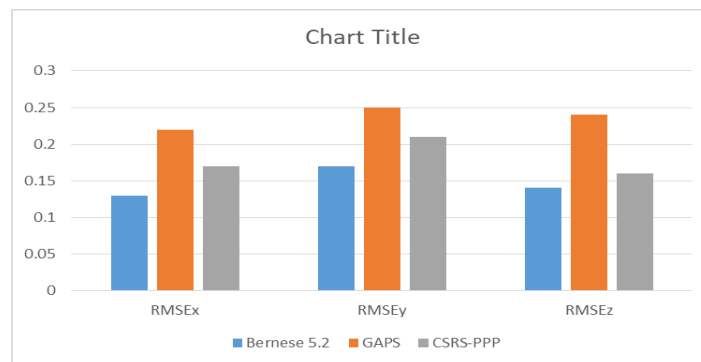
Giá trị thống kê của các kết quả thu được có thể được đánh giá bằng cách xem xét Sai số bình phương trung bình (RMSE) [3, 6]. Sai số trung phương trung bình (RMSE), còn được gọi là Độ lệch bình phương trung bình, là thước đo được sử dụng thường xuyên để đánh giá sự khác biệt giữa các giá trị được quan sát từ các phép đo lường khác nhau. RMSE được tính bằng công thức sau:

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dx)^2}{n}}, RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dy)^2}{n}}, RMSE_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (Dz)^2}{n}} \quad (3)$$

Các giải pháp quan sát GPS 24 giờ của trạm LANG được đưa vào xử lý, các giá trị RMSE của các giải pháp tọa độ CSRS-PPP, GAPS và Bernese 5.2 khác biệt nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,005 m. Sau đây là bảng thống kê các giá trị sai số:

Bảng 3. Kết quả RMSE của ba giải pháp xử lý.

Các giải pháp	RMSE <sub>x</sub> (m)	RMSE <sub>y</sub> (m)	RMSE <sub>z</sub> (m)
Bernese 5.2	0.013	0.017	0.014
GAPS	0.022	0.025	0.024
CSRS-PPP	0.017	0.020	0.016



Hình 5: Biểu đồ thể hiện sai số RMSE cho từng giải pháp xử lý khác nhau.

Sau khi thu được kết quả tính RMSE của từng thành phần tọa độ trong hệ tọa độ không gian địa tâm, của các dịch vụ định vị dựa trên web, tọa độ thu được được so sánh với tọa độ thu được trong phần mềm khoa học Bernese 5.2.

Từ bảng kết quả thu được ta nhận thấy: giá trị tọa độ của giải pháp xử lý bằng phần mềm Bernese 5.2 có độ tin cậy cao bởi các sai số tính toán nhỏ hơn so với các giải pháp khác. Giá trị tọa độ từ giải pháp xử lý bằng dịch vụ GAPS lệch hơn nhiều so với hai giải pháp còn lại có thể nguyên nhân dịch vụ này chưa cập nhật và đưa vào tính toán các số liệu hỗ trợ như: loại lịch vệ tinh chính xác cuối cùng (Final), số liệu độ trễ tầng điện ly (.ion), số liệu tải trọng đại dương, tải trọng địa quyển, mô hình kiến tạo (.pld) và các số liệu hỗ trợ khác.

Theo kết quả thu được, dịch vụ CSRS-PPP cho kết quả tốt hơn phương pháp trực tuyến GAPS, sai số bình phương trung bình RMSE được tính toán lần lượt là ±1,7, ±0,2 và ±0,16 theo hướng X, Y và Z. So với giải pháp xử lý hậu kỳ Bernese 5.2, dịch vụ định vị trực tuyến PPP-CSRS không sai khác nhiều và kết hợp với các dữ liệu hỗ trợ khác giá trị RMSE này sẽ chắc chắn tiệm cận bằng nhau.

#### 4. Kết luận

Ngày nay, công nghệ PPP ngày càng trở nên quan trọng; kỹ thuật PPP khả thi trong quá trình đo đạc và đánh giá chỉ với một máy thu GNSS và việc cung cấp miễn phí các dịch vụ này cho người dùng trên Internet khiến các hệ thống này trở nên thuận lợi trong nhiều ứng dụng. Nhiều sản phẩm đầu ra có thể thu được mà không cần kiến thức chuyên môn về GNSS ngoài trình độ cơ bản. Khi sử dụng dịch vụ định vị trên nền web, việc lựa chọn các thông số giải pháp phù hợp với cấu trúc dữ liệu và phương pháp đo có thể mang lại độ chính xác tọa độ lên mức cao nhất. Với ứng dụng dành cho nghiên cứu khoa học chỉ ra rằng các dịch vụ đó không phù hợp với các ứng dụng đòi hỏi yêu cầu cao, chẳng hạn như mô hình tầng điện ly và tầng đối lưu, nghiên cứu phân tích biến dạng, thông



số định hướng trái đất, v.v. Kết quả từ các dịch vụ định vị trên nền web cho thấy không có nhiều khác biệt giữa kết quả của phần mềm khoa học (Bernese, Garmit...) khi có đủ dữ liệu và thời gian quan trắc trong các phiên GNSS. Điều này khá rõ ràng trong các kết quả về độ chính xác được đưa ra trong Hình 5. Kết quả thu được từ các dịch vụ như vậy mang lại lợi ích lớn về thời gian và chi phí, đủ để cung cấp thông tin vị trí cho nhiều ứng dụng kỹ thuật.

#### **Lời cảm ơn**

Cảm ơn đề tài Đài trạm Viện Địa chất, đề tài cơ sở số 02-ĐTCS/2023: “So sánh độ chính xác định vị điểm đơn chính xác (PPP) xử lý bằng Bernese và theo dịch vụ định vị điểm đơn chính xác trực tuyến” đã hỗ trợ, cung cấp số liệu để nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu này.

#### **Cam kết của các tác giả**

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Ghoddousi-Fard, R. and P. Dare, *Online GPS processing services: an initial study*. GPS Solutions, 2005. 10(1): p. 12-20.
- [2] El-Mowafy, A., *Analysis of Web-Based GNSS Post-Processing Services for Static and Kinematic Positioning Using Short Data Spans*. Survey Review, 2013. 43(323): p. 535-549.
- [3] Ocalan T, E.B., Tunalioglu N, *Analysis of web-based online services for GPS relative and precise point positioning techniques*. Boletim de Ciencias Geodesicas, 2013: p. 191-207.
- [4] E, G. *A Comparison of Free GPS Online Post-Processing Services GPS World 2013* [cited 2018 Apr].
- [5] Dach R, H.U., Fridez P, Meindl M, *Manual of bernese GPS Software Version 5.2*. 2015, University of Bern: Astronomical Institute.
- [6] Zumberge JF, H.M., Jefferson DC, Watkins MM, Webb FH, *Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks*. Journal of Geophysical Research, 1997. 102(B3): p. 5005-5017.
- [7] *Transformation Parameters from ITRF08 to ITRF2014* 2018



## PHẦN THỨ BA: TIN HOẠT ĐỘNG NGÀNH

### - Tin quốc tế:

+ *Hội thảo quốc tế GeoConnect Asia.*



### TỔNG QUAN SỰ KIỆN

Triển lãm và Hội nghị Geo Connect Asia 2024 diễn ra từ ngày 6-7/3/2024 là triển lãm lớn nhất dành cho các thị trường không gian địa lý, định vị, trí thông minh vị trí và viễn thám đang mở rộng nhanh chóng trong khu vực, bao gồm hơn 100 công ty hàng đầu. Việc đặt cùng địa điểm với Digital Construction Asia đặc biệt tập trung vào sự phát triển của một trong những ngành công nghiệp lớn nhất khu vực.

Với ứng dụng ngày càng tăng của bí quyết dựa trên không gian địa lý trong quá trình ra quyết định của chính phủ, doanh nghiệp và tổ chức phi lợi nhuận, sự kiện thường niên bao gồm một buổi trình diễn với sự kết hợp giữa nền tảng kỹ thuật và lãnh đạo tư tưởng.

Việc bổ sung Marine & Hydro Asia sẽ mở rộng phạm vi tiếp cận các thị trường không gian thủy văn trong khu vực. Drone & Uncrewed Asia giới thiệu các ngành công nghiệp UAV trong khu vực và giải quyết các cơ hội trong các ngành công nghiệp quan trọng và mới nổi.



The Geo Connect Asia 2025 will be **9 - 10 April 2025** at Sands Expo & Convention Centre Singapore

Geo Connect Asia 2025 sẽ diễn ra từ ngày 9 - 10 tháng 4 năm 2025 tại Trung tâm Hội nghị & Triển lãm Sands Singapore

+ *Hội nghị Bản đồ Quốc tế tại Canada tháng 8 năm 2025*

The 32nd International Cartographic Conference will take place in Vancouver, Canada, 18–22 August 2025.

Hội nghị Bản đồ Quốc tế lần thứ 32 sẽ diễn ra tại Vancouver, Canada, từ ngày 18 đến ngày 22 tháng 8 năm 2025.

<https://icaci.org/icc2025/>





+ *Hội nghị Bản đồ Quốc tế tại Áo tháng 9 năm 2024*

The International Cartographic Association (ICA), the Vienna University of Technology (TU Wien), the Austrian Academy of Sciences (ÖAW), the German (DGfK), Austrian (ÖKK), Swiss (SGK), British (BCS) and Czech (ČKS) Cartographic Societies are pleased to invite you to the European Cartographic Conference – EuroCarto 2024, 9-11 September 2024 at TU Wien, Austria.

**EuroCarto2024**



VIENNA, 9 - 11 SEPTEMBER 2024

Hiệp hội Bản đồ Quốc tế (ICA), Đại học Công nghệ Vienna (TU Wien), Viện Hàn lâm Khoa học Áo (ÖAW), Đức (DGfK), Áo (ÖKK), Thụy Sĩ (SGK), Anh (BCS) và Séc (ČKS) Hiệp hội Bản đồ hân hạnh mời bạn tham dự Hội nghị Bản đồ Châu Âu – EuroCarto 2024, ngày 9-11 tháng 9 năm 2024 tại TU Wien, Áo.

<https://icaci.org/invitation-to-eurocarto2024/>

**- Tin trong nước:**

+ *Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ tổ chức Hội thảo khoa học và công nghệ nhân dịp kỷ niệm 30 năm ngày thành lập 09/7/1994-09/7/2024.*

<https://visam.vn/tin-tuc/noi-bat/152/thu-moi-viet-bai-hoi-thao-khoa-hoc-va-cong-nghe.html>

+ *Apple triển khai xe chụp ảnh bản đồ ở Việt Nam*

<https://vnexpress.net/apple-trien-khai-xe-chup-anh-ban-do-o-viet-nam-4711809.html?gidzl=nLgQ5wveDdl6G9iOhNSrTSH1cXcmSJcfqXITlkuZC2Q749KGl21eSO8GbX7jS3zmraV75cDQ1fnKhcmtUm>



LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ - VIỆN THĂM VIỆT NAM

**TẠP CHÍ TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ**

Địa chỉ: Số 2 Đặng Thuỳ Trâm, Cổ Nhuế 1, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Điện thoại: 0978910602, Email: [info@geocartagis.org](mailto:info@geocartagis.org), Website: [www.geocartagis.org](http://www.geocartagis.org)

**THƯ MỜI VIẾT BÀI CHO TẠP CHÍ TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ**

**Kính gửi: Quý cộng tác viên, đối tác và bạn đọc!**

Ban biên tập Tạp chí Trắc địa - Bản đồ trân trọng kính mời Quý vị gửi bài viết đến Tạp chí với nội dung phổ biến kiến thức, kinh nghiệm cho các nhà quản lý, doanh nghiệp, cơ quan, trường học, nhà nghiên cứu và độc giả trong mọi lĩnh vực của Khoa học đa ngành liên quan như: *Trắc địa, Bản đồ, Viễn thám, GIS, Khoa học Trái đất, Quản lý Đất đai – Bất động sản, Mỏ - Địa chất, Tài nguyên và Môi trường, Nông Lâm nghiệp, Thủy sản, Giao thông Vận tải, Xây dựng...*

**Lợi ích của tác giả**

- 1. Miễn phí:** Chúng tôi đang miễn phí xuất bản bài báo cho tất cả các bài báo đăng trên Tạp chí của chúng tôi từ năm 2024-2025. Ngoài ra, mỗi bài viết sẽ được cung cấp mã định danh đối tượng kỹ thuật số (DOI) do Crossref cấp.
- 2. Xuất bản Swift:** Quá trình đánh giá ngang hàng đối với các bài nghiên cứu khoa học của chúng tôi thường được hoàn thành trong vòng 2-3 tuần và sau khi được chấp nhận, các bài viết sẽ được ưu tiên xuất bản sớm nhất có thể. Toàn bộ quá trình xuất bản được hoàn thành trong 2 tháng.
- 3. Lập chỉ mục trực tuyến:** Các bài viết về nghiên cứu khoa học xuất bản trên Tạp chí Trắc địa – Bản đồ được Crossref, Google Scholar, ... xác lập chỉ mục.
- 4. Tham gia hệ thống phản biện quốc tế,** được ghi nhận trên Publons.
- 5. Trả phí đặc biệt:** Các bài viết có giá trị cao sẽ được Tạp chí trả giá cao nhất có thể.

Không có giới hạn về độ dài, số từ, biểu đồ hoặc loại bản thảo. Chúng tôi hoan nghênh các bài viết Nghiên cứu, Đánh giá, Giao tiếp ngắn, Bình luận ngắn, Ý kiến, Giới thiệu thiết bị công nghệ kỹ thuật mới, kinh nghiệm hay hiệu quả, v.v.v...

Các mẫu bản thảo, quy định về định dạng, trích dẫn, ... được đăng trên địa chỉ **Website: [www.geocartagis.org](http://www.geocartagis.org)**

Bản thảo xin vui lòng gửi kèm theo tiêu đề bài viết tiềm năng và ngày xuất bản mong muốn tới địa chỉ email: [info@geocartagis.org](mailto:info@geocartagis.org)

Xin Trân trọng cảm ơn !

Hà nội, ngày 01 tháng 2 năm 2024

**Nơi nhận:**

- Như
- Lưu VT;

TỔNG BIÊN TẬP  
TẠP CHÍ  
TRẮC ĐỊA  
- BẢN ĐỒ  
ĐẶNG HÙNG VŨ





LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM  
HỘI TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ - VIỆN THÁM VIỆT NAM  
**TẠP CHÍ TRẮC ĐỊA – BẢN ĐỒ**

Địa chỉ: Số 2 Đặng Thuỳ Trâm, Cổ Nhuế 1, Bắc Từ Liêm, Hà Nội  
ĐT. 0978910602, Email: info@geocartagis.org, Website: www.geocartagis.org

**PHIẾU ĐẶT MUA TẠP CHÍ + CHUYÊN SAN**

Tên đơn vị (hoặc cá nhân): .....

Địa chỉ: .....

Tel: ..... Fax: ..... Email: .....

Mã số thuế: .....

Địa chỉ nhận Tạp chí: .....

- Đặt mua Tạp chí với thời hạn và số lượng như sau: từ tháng ..... đến tháng .....
- Chuyên san với thời hạn và số lượng như sau: từ tháng ..... đến tháng ....

**Lưu ý: Chuyên san xuất bản tháng 6, tháng 12 trong năm. 50.000 đồng**

**Số Tết (Tháng 01+02): 60.000 đồng**

Tạp chí			
Số kỳ đặt mua (1)	Số cuốn/kỳ (2)	Đơn giá (3)	Thành tiền (4)=(2)*(3)
1 kỳ (1 số)	..... cuốn	48.000 đồng/1 kỳ	đồng
4 kỳ (4 số)=1 năm	..... cuốn	46.500 đồng/1 kỳ	đồng
8 kỳ (8 số)=2 năm	..... cuốn	45.000 đồng/1 kỳ	đồng
10 kỳ (10 số)=2.5 năm	..... cuốn	43.200 đồng/1 kỳ	đồng
20 kỳ (20 số)= 5 năm	..... cuốn	40.800 đồng/1 kỳ	đồng
<b>Chuyên san</b>	..... cuốn	50.000 đồng	đồng
<b>Số Tết</b>	..... cuốn	60.000 đồng	đồng
<b>Tổng</b>			<b>đồng</b>

Ghi chú: Tạp chí xuất bản 4 số/1 năm

- Phương thức thanh toán:

**Chuyển khoản** | Tiền mặt | Qua bưu điện

**Tài khoản: Tạp chí Trắc địa – Bản đồ . Mã số thuế: 0101257467; Số tài khoản: 1461536868**

Mở tại: **Ngân hàng Thương mại Cổ phần Ngoại thương Việt Nam (Vietcombank), chi nhánh ngân hàng Thanh Xuân**

Mã khách hàng: .....

Phiếu và tiền đặt mua xin gửi về:

Văn phòng giao dịch Tạp chí Trắc địa – Bản đồ.

Địa chỉ: 45 Nguyễn Trãi, Khương Trung, Thanh Xuân, Hà Nội

Tel: 0978910602

Email: info@geocartagis.org

Website: http://www.geocartagis.org



TẠP CHÍ TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ  
Số tài khoản: 1461536868  
VCB THANH XUAN-TRU SO CN

Ngày.....tháng.....năm 202...

**Người đặt mua**

Ký tên, đóng dấu (nếu có)

Quý khách tải phiếu này về, điền thông tin, ký tên, đóng dấu, gửi qua email [info@geocartagis.org](mailto:info@geocartagis.org) hoặc zalo 0978910602



## Hệ thống thiết bị dùng cho cập nhật bản đồ Wingtra



Máy bay không người lái (UAV) được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực: chụp ảnh trên không, giám sát trên bộ, trên biển, chống buôn lậu, kiểm soát môi trường, bảo vệ rừng, thăm dò địa chất, dịch vụ nông – ngư nghiệp. Trong ngành Trắc địa – Bản đồ, UAV được sử dụng cho công tác chụp ảnh độ phân giải cao, quét dữ liệu Lidar để thành lập, cập nhật, chỉnh lý cơ sở dữ liệu bản đồ địa hình, địa chính, quy hoạch, quan trắc số liệu không gian do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, đánh giá hậu quả thiên tai (lũ lụt, cháy rừng...).

Các UAV hiện nay có độ kháng gió rất cao, đảm bảo bay chụp dữ liệu ảnh ngay trong khi có thời tiết không thuận lợi trong mùa mưa bão, vùng đồng bằng ven biển nhiều gió hay vùng núi hiểm trở. Việc cất hạ cánh được thực hiện tự động theo phương thức lên thẳng (VTOL) cho phép triển khai được ở nhiều loại địa hình, khu vực khó khăn về khoảng không cất hạ cánh, trong các khu dân cư, rừng ngập mặn, đầm lầy.

Máy ảnh gắn trên UAV có độ phân giải cao 42-61 MP cho các dữ liệu ảnh rõ nét kết hợp với định vị tâm ảnh PPK, khoảng cách giữa trạm điều khiển mặt đất và UAV (10km) nên có thể bay chụp diện rộng hoặc điều động UAV bay chụp những khu vực khó có thể tiếp cận.

Thiết bị quét Lidar được tích hợp với mô đun IMU độ chính xác cao khi gắn trên các UAV kết hợp với trạm định vị GNSS Base hoặc từ các mạng lưới CORS hiện có. Dải quét của cảm biến Lidar phù hợp với các điều kiện bay và địa hình từ vài chục mét đến hơn 1000m trên bề mặt địa hình với độ chính xác cỡ cm.

Wingtra là hãng sản xuất UAV công nghệ VTOL có khả năng mang được nhiều cảm biến chụp ảnh RGB, Oblique, MultiSpectral, Thermal và cảm biến quét Lidar dải rộng. Mọi thông tin chi tiết xin tham khảo tại Công ty Cổ phần Dịch vụ Thương mại Khảo sát Hà Đông (HDS).

HDS là đại diện, đại lý phân phối của những nhà sản xuất hàng đầu trên thế giới về thiết bị Trắc địa – Bản đồ như: Trimble (Mỹ), Wingtra (Thụy Sĩ), Teledyne (Mỹ), DJI (Trung Quốc) ...

### **Địa chỉ liên hệ:**

- VPGD: Số 3-4/LK21 Khu đấu giá Ngô Thì Nhậm – P. La Khê- Quận Hà Đông- Hà Nội  
- Điện thoại: +84-24.8588 1218 / 0913303122

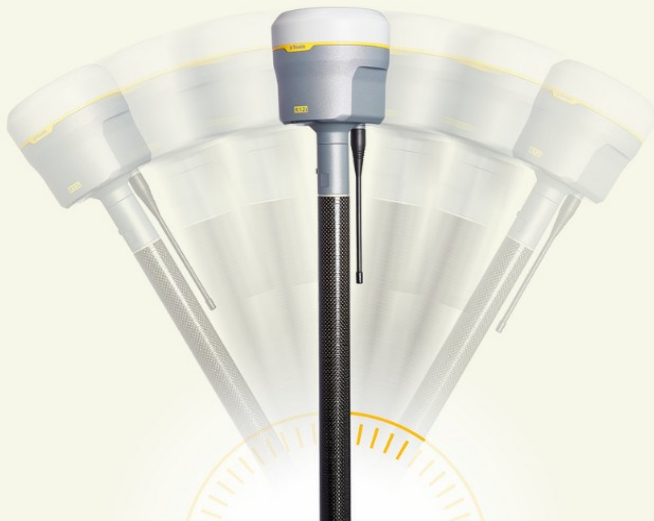
Địa chỉ Website: [www.hdsurvey.vn](http://www.hdsurvey.vn)

# HỆ THỐNG GNSS THẾ HỆ MỚI CỦA TRIMBLE



Với những tính năng cải tiến chính này, GNSS Trimble được ưu tiên lựa chọn trong rất nhiều lĩnh vực như: khảo sát địa hình, địa chính, GIS, quan trắc, thi công và nghiên cứu trái đất.

**Đất Hợp là đại diện của Trimble tại Việt Nam**, dẫn đầu xu thế trong ngành trắc địa – bản đồ với những giải pháp đã được ứng dụng và chứng thực như: Khảo sát địa hình; Thu thập và tích hợp GIS; Mobile mapping; 3D laser scanning; Quan trắc – Monitoring; Công trình hầm – khai khoáng mỏ.



Trimble được biết đến là thương hiệu hàng đầu thế giới về công nghệ định vị vệ tinh toàn cầu (GNSS) dựa vào thuật toán xử lý nhiễu đa đường, giờ đây thuật toán Propoint giúp người khảo sát thu thập dữ liệu nhanh hơn, chính xác và đáng tin cậy hơn khi đo đạc trong đô thị hay rừng nhiều tán cây trên các thế hệ như Trimble R12i, Trimble R780, Trimble R750, Trimble Catalyst DA2. Tất cả đều được kích hoạt sẵn tính năng thu sóng hiệu chỉnh Trimble RTX - một loại sóng hiệu chỉnh qua vệ tinh (L-Band/IP internet) giúp hiệu chỉnh đến các máy thu Rover đạt độ chính xác centimet khi bị mất kết nối với các trạm hiệu chỉnh mặt đất (yêu cầu internet/radio UHF).

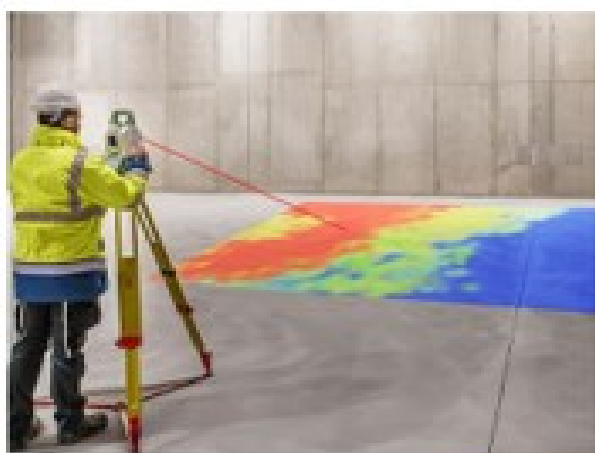


## Thông tin liên hệ:

- Địa chỉ văn phòng: 2 Đường Số 4, Khu đô Thị Vạn Phúc, Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh
- Điện thoại: 028 3 6208 606
- Hotline: 0903 825 125
- Email: [dathop@dathop.com.vn](mailto:dathop@dathop.com.vn)

## GIẢI PHÁP MÁY TOÀN ĐẠC ĐA NĂNG LEICA NOVA MS60 CHO ĐA MỤC TIÊU ỨNG DỤNG

Máy toàn đạc điện tử đa năng Leica Nova MS60 có độ chính xác đo góc lên đến 1" với nhiều tiện ích tăng cường: tự động đo chiều cao, khóa gương tự động, khoanh vùng nhanh đối tượng khảo sát với camera tích hợp sẵn giúp tăng cường tính chính xác, tối đa ứng dụng, giảm thời gian khảo sát và nâng cao hiệu suất làm việc.



MS60 có khả năng quét laser 3D lên tới 30.000 điểm mỗi giây cho phép người dùng thu thập dữ liệu 3D phục vụ đa dạng khai thác và phân tích cấu trúc, kiểm soát kích thước, tính toán khối lượng, lập bản đồ mô hình 3D. Ứng dụng Inspect Surface giúp phân tích độ phẳng và kiểm tra bề mặt xây dựng nhanh chóng, tức thời giúp làm chủ hoàn toàn các công việc ngay ngoài thực địa.

Với các ưu thế vượt trội, MS60 được thiết kế để sử dụng trong nhiều ứng dụng thực tiễn như: khai thác mỏ, đo lường công trình, công nghiệp chế tạo sản phẩm kích thước lớn, giám sát biến dạng kết cấu, giám sát thi công, lập bản đồ 2D và 3D...

Sản phẩm phụ kiện thông minh Leica AP20 AutoPole với các tính năng vượt trội: khóa ID, bù nghiêng nhờ IMU, đo chiều cao sào gương PoleHeight cho phép tăng hiệu suất khảo sát, phù hợp với nhiều thiết bị máy toàn đạc tự động khác nhau.

Thông tin chi tiết tham khảo tại **SISC GROUP** gồm **Công ty Cổ phần Thiết bị SISC Việt Nam** (thành lập năm 1997, trước đó là Công ty TNHH Siêu Việt) và **Công ty Cổ phần Thiết bị Sài Gòn** (thành lập năm 1992)

**SISC GROUP** là đại diện, đại lý phân phối của những nhà sản xuất hàng đầu trên thế giới: Leica Geosystems (Thụy Sĩ), Nikon (Nhật Bản), Ortho Clinical Diagnostics (Mỹ), Applied Biosystems - Thermo Fisher Scientific (Mỹ), Labconco (Mỹ), Rigaku (Nhật), Buchi (Thụy Sĩ)...

### ĐỊA CHỈ LIÊN HỆ:

**VP Hà Nội:** Tòa nhà SISC, 56 63-65-67-69-71 Đường Láng Hạ, Phường Thành Công, Quận Ba Đình, Hà Nội

Tel: +84-24-3747 2258 / 3747 2259 / 3628 8449 / 3638 0043

**VP HCM:** 56 988-990 Đường Thủy Trâm, phường 13,

quận Bình Thạnh, Tp. Hồ Chí Minh

Tel: + 84-28-5431 8877

Email: info@sisc.com.vn

