

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
VIỆN KHOA HỌC ĐO ĐẠC VÀ BẢN ĐỒ



*Nhà dựng & Phát triển*

**TUYỂN TẬP BÁO CÁO HỘI THẢO KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ  
CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH  
TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**



**NHÀ XUẤT BẢN TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM**



## BAN KHOA HỌC

TT	Họ và tên	Đơn vị công tác	Chức vụ
1	TS. Nguyễn Phi Sơn	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Trưởng ban
2	GS.TSKH. Đặng Hùng Võ	Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam	Phó ban
3	GS. TS. Võ Chí Mỹ	Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam	Phó ban
4	TS. Nguyễn Thị Thanh Hương	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Phó ban
5	ThS. Trịnh Anh Cơ	Hội Trắc địa - Bản đồ - Viễn thám Việt Nam	Thành viên
6	TS. Vũ Thị Hằng	Vụ Khoa học và Công nghệ	Thành viên
7	PGS. TS. Phạm Minh Hải	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
8	ThS. Dương Văn Hải	Cục Đo đạc, Bản đồ và Thông tin địa lý Việt Nam	Thành viên
9	TS. Chu Hải Tùng	Cục Viễn thám quốc gia	Thành viên
10	PGS. TS. Bùi Quang Thành	Trường Đại học Khoa học Tự nhiên	Thành viên
11	TS. Lê Anh Dũng	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
12	TS. Đào Ngọc Long	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
13	PGS. TS. Trần Viết Tuấn	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
14	PGS. TS. Nhữ Thị Xuân	Hội Địa lý Việt Nam	Thành viên
15	PGS. TS. Đinh Thị Bảo Hoa	Trường Đại học Khoa học Tự nhiên	Thành viên
16	PGS. TS. Trịnh Lê Hùng	Học viện Kỹ thuật Quân sự	Thành viên
17	PGS.TS. Nguyễn Văn Sáng	Trường Đại học Mỏ - Địa Chất	Thành viên
18	TS. Đồng Thị Bích Phương	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
19	TS. Đỗ Thị Hoài	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
20	TS. Lại Văn Thủy	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên
21	TS. Nguyễn Thanh Thủy	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ	Thành viên Thư ký

**BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
VIỆN KHOA HỌC ĐO ĐẠC VÀ BẢN ĐỒ**

**TUYÊN TẬP BÁO CÁO  
HỘI THẢO KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

**CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH  
TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

**HÀ NỘI, THÁNG 7 NĂM 2024**



## MỤC LỤC

### CHỦ ĐỀ THỨ NHẤT

#### PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH VÀ HÀNH LANG PHÁP LÝ

VAI TRÒ CỦA CÔNG NGHỆ VÀ DỮ LIỆU ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG HÀNH  
TRÌNH THỰC HIỆN MỤC TIÊU CÁC MÔ HÌNH TĂNG TRƯỞNG MỚI ..... 1

*Võ Chí Mỹ, Võ Ngọc Dũng, Võ Thị Công Chính*

GEOAI: CÔNG NGHỆ VÀ ỨNG DỤNG TRONG ĐỊA KHÔNG GIAN ..... 12

*Nguyễn Phi Sơn, Nguyễn Quang Minh*

NGHIÊN CỨU THỰC TRẠNG VÀ XU HƯỚNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN  
THÔNG MINH ỨNG DỤNG TRONG NGÀNH QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI Ở VIỆT NAM... 39

*Mẫn Quang Huy*

MỘT SỐ GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG HIỆU QUẢ CẬP NHẬT CUNG CẤP VÀ SỬ  
DỤNG DỮ LIỆU ĐỊA LÝ ..... 48

*Nguyễn Văn Thảo*

NÂNG CAO HIỆU QUẢ CHIẾT TÁCH TỰ ĐỘNG ĐỐI TƯỢNG ĐỊA LÝ PHỤC VỤ  
CẬP NHẬT CƠ SỞ DỮ LIỆU NỀN ĐỊA LÝ TỶ LỆ LỚN BẰNG MÔ HÌNH CNN-  
OBIA ..... 59

*Nguyễn Thị Ngọc Hồi, Nguyễn Thanh Thủy, Phạm Thị Hồng Lam, Đinh Thị Thanh, Bùi  
Thị Thanh Huyền, Vũ Thị Hồng Hà, Phạm Văn Thành*

XÂY DỰNG DỰ THẢO TIÊU CHUẨN CƠ SỞ VỀ KHẢO SÁT, ĐO ĐẠC VÀ THÀNH  
LẬP BẢN ĐỒ ĐỐI TƯỢNG ĐỊA LÝ TRONG LÒNG ĐẤT THUỘC PHẠM VI TẦNG  
NÔNG - PHƯƠNG PHÁP GEORADAR..... 76

*Nguyễn Phi Sơn, Nguyễn Thanh Thủy, Đào Ngọc Long, Lê Chí Thịnh, Nguyễn Thị Huệ,  
Nguyễn Thị Thảo, Nguyễn Văn Chức, Lê Viết Nam*



NGUYÊN TẮC VÀ QUY TRÌNH ĐẶT TÊN CHO CÁC ĐỐI TƯỢNG ĐỊA LÝ ..... 90

*Trịnh Anh Cơ*

THỬ NGHIỆM VẬN HÀNH VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG LẤY MẪU NƯỚC MẶT  
TRÊN XUÔNG TỰ HÀNH ..... 97

*Lưu Hải Âu, Đặng Xuân Thủy, Lưu Hải Bằng, Ngô Thị Liên, Phan Doãn Thành Long*

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ HỆ SINH THÁI ĐẤT NGẬP NƯỚC DỰA TRÊN DỮ LIỆU  
VỆ TINH VÀ ĐỊA LÝ - CẢNH QUAN ..... 109

*Nguyễn Thị Thanh Hương, Đinh Thị Thanh, Nguyễn Thị Huệ, Nguyễn Xuân Thang, Phạm  
Thế Tài, Đặng Việt Hoàng, Phan Thị Xuân, Nguyễn Hải Yến, Lê Thị Hoàn*

NGHIÊN CỨU KẾT HỢP SỐ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH TRONG BÀI TOÁN XÁC  
ĐỊNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC BIÊN ..... 125

*Nguyễn Văn Sáng, Phạm Văn Tuyên, Nguyễn Thị Thanh Hương*

NGHIÊN CỨU THÀNH LẬP VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU LƯỚI ĐỘ CAO QUAN TRẮC  
LÚN MẶT ĐẤT TẠI KHU VỰC XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH CÔNG NGHIỆP .... 137

*Trần Khánh, Trần Thùy Linh, Phạm Phú Ninh*

GIỚI THIỆU QUY TRÌNH TÍNH TOÁN VÀ THÀNH LẬP BẢN ĐỒ TỔNG LƯỢNG  
ĐIỆN TỬ TỰ DO (TEC) THỜI GIAN THỰC TỬ DỮ LIỆU ĐO GNSS TRÊN LÃNH  
THỔ VIỆT NAM..... 148

*Lại Văn Thủy*

XÁC ĐỊNH BIẾN THIÊN TRỌNG LỰC BẰNG MÁY FG5-X..... 163

*Đinh Xuân Mạnh, Trần Thị Chính, Nguyễn Xuân Thắng*



**CHỦ ĐỀ THỨ HAI**

**ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN  
TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN HỌC MÁY THÀNH LẬP BẢN ĐỒ  
NGUY CƠ NGẬP LỤT KHU VỰC THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG .....173

*Nguyễn Thanh Bằng, Trần Đăng Hùng, Bùi Thanh Huyền, Lê Phương Hà, Giang Hoàng  
Hiệp, Phạm Quang Hiệp, Phạm Minh Hải*

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÁC MÔ HÌNH HỌC MÁY VÀ DỮ LIỆU ĐỊA KHÔNG  
GIAN TRONG DỰ BÁO NGUY CƠ CHÁY RỪNG.....190

*Vũ Văn Trường, Trịnh Lê Hùng, Lê Quang Tú*

NGHIÊN CỨU CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ THỰC TIỄN TRONG ỨNG DỤNG MÔ HÌNH  
ENSEMBLE LEARNING VỚI CÁC TRẠM QUAN TRẮC MÔI TRƯỜNG MẶT ĐẤT  
PHỤC VỤ XÂY DỰNG BẢN ĐỒ PHÁT THẢI BỤI Mịn  $PM_{2.5}$  .....207

*Phạm Minh Hải, Nguyễn Văn Tuấn*

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH YOLO TRONG GIẢI ĐOÁN TỰ ĐỘNG CÁC  
ĐỐI TƯỢNG NGẦM TẦNG NÔNG.....223

*Phạm Minh Hải, Vũ Duy Tân*

ĐÁNH GIÁ MỐI QUAN HỆ GIỮA NỒNG ĐỘ BỤI  $PM_{10}$  VỚI LỚP SỬ DỤNG  
ĐẤT/LỚP PHỦ BÈ MẶT ĐẤT TẠI THÀNH PHỐ HÀ NỘI .....238

*Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Đắc Trường, Đào Đình Đức*

ỨNG DỤNG ẢNH VIỄN THÁM TRONG THÀNH LẬP BẢN ĐỒ HIỆN TRẠNG  
RONG BIỂN TẠI TỈNH KHÁNH HÒA.....251

*Trần Thanh Hà, Nguyễn Văn Hùng*



NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG ẢNH VIỄN THÁM LANDSAT 8/9 TRONG GIÁM SÁT Ô  
NHIỄM BỤI PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> TẠI KHU VỰC NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN THAN ..... 267

*Chu Hải Tùng, Đặng Trường Giang, Nghiêm Văn Ngo*

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ TẠI TỈNH CÀ MAU SỬ  
DỤNG ẢNH VỆ TINH SENTINEL-5P PHỤC VỤ MỤC TIÊU PHÁT TRIỂN BỀN  
VỮNG..... 278

*Đỗ Thị Hoài, Lê Minh Hằng*

ỨNG DỤNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) ĐA PHỔ NHĂM XÁC ĐỊNH  
CHẤT THẢI NHỰA KHU VỰC CỒN CHIM ĐÀM THỊ NẠI, TỈNH BÌNH ĐỊNH 292

*Ngô Anh Tú, Nguyễn Thị Tường Vi, Nguyễn Xuân Học, Châu Mai Trúc, Nguyễn Thị An Hòa*

PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ QUẢN LÝ ĐẤT ĐAI BỀN VỮNG Ở VIỆT NAM THEO  
MÔ HÌNH CỦA FAO VÀ THỬ NGHIỆM TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH VĨNH PHÚC VÀ  
PHÚ YÊN ..... 305

*Phạm Lê Phương, Nguyễn Thị Thanh Hương, Nguyễn Thị Huệ, Lê Chí Thịnh, Nguyễn Thị  
Thu, Nguyễn Tuấn Anh, Lê Văn Hùng, Nguyễn Trọng Đợi*

ỨNG DỤNG GIS KẾT HỢP PHÂN TÍCH NHÂN TỐ KHÁM PHÁ (EFA) VÀ PHÂN  
TÍCH THỨ BẬC (AHP) XÁC ĐỊNH GIÁ ĐẤT PHỔ BIẾN TRÊN THỊ TRƯỜNG  
PHỤC VỤ XÂY DỰNG HỆ SỐ ĐIỀU CHỈNH GIÁ ĐẤT TẠI PHƯỜNG NGUYỄN  
VĂN CỪ, THÀNH PHỐ QUY NHƠN, TỈNH BÌNH ĐỊNH ..... 319

*Nguyễn Trọng Đợi, Nguyễn Duy Tính, Nguyễn Minh Toàn, Nguyễn Y Hoài Ni*

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH ĐỊNH GIÁ ĐẤT THEO PHƯƠNG PHÁP THAM CHIẾU  
THỬA CHUẨN PHỤC VỤ ĐỊNH GIÁ ĐẤT Ở ĐÔ THỊ, THỬ NGHIỆM TẠI PHƯỜNG  
TRƯƠNG ĐỊNH, QUẬN HAI BÀ TRUNG, THÀNH PHỐ HÀ NỘI ..... 336

*Bùi Thị Cẩm Ngọc, Đặng Thu Hằng, Tô Xuân Thọ*



**ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CUỘC SỐNG ĐÔ THỊ THEO KHẢ NĂNG TIẾP CẬN  
KHÔNG GIAN TẠI THÀNH PHỐ TUYẾN QUANG, TỈNH TUYẾN QUANG .....352**

*Bùi Ngọc Tú, Lê Phương Thúy, Trần Quốc Bình, Mẫn Quang Huy, Phạm Lê Tuấn, Nguyễn  
Xuân Linh, Đinh Thị Bảo Hoa*

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CA-MARKOV VÀ LCM DỰ BÁO XU THẾ BIẾN ĐỘNG SỬ  
DỤNG ĐẤT LƯU VỰC SÔNG TRÀ KHÚC GIAI ĐOẠN 2010 - 2030 .....368**

*Dư Vũ Việt Quân, Nguyễn Hữu Duy, Nguyễn Quốc Huy, Phạm Viết Thành, Nguyễn Cao  
Huân, Phạm Minh Tâm*

**ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM ÁNH SÁNG BAN ĐÊM KHU VỰC ĐÔ THỊ TỪ DỮ LIỆU VỆ  
TINH Suomi-NPP-VIIRS .....385**

*Trịnh Lê Hùng, Lê Văn Phú*

**ĐÁNH GIÁ VÀ SỬ DỤNG DỮ LIỆU GOOGLE BUILDINGS FOOTPRINT CHO  
THÀNH LẬP BẢN ĐỒ MẬT ĐỘ XÂY DỰNG KHU VỰC THÀNH PHỐ HÀ NỘI ...397**

*Đông Thị Bích Phương*

**KẾT HỢP PHƯƠNG PHÁP LỌC KALMAN VÀ PHƯƠNG PHÁP TỰ HỒI QUY  
THÀNH LẬP MÔ HÌNH VÀ DỰ BÁO BIẾN DẠNG CÔNG TRÌNH .....407**

*Phạm Quốc Khánh, Nguyễn Hà, Nguyễn Công Sơn*

**ỨNG DỤNG KẾT HỢP CÔNG NGHỆ MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI (UAV) VÀ  
GIS TRONG TÍNH TOÁN TẢI TRỌNG CÔNG TRÌNH XÂY DỰNG TẠI KHU VỰC  
ĐÔ THỊ .....419**

*Hoàng Thị Thu Hà, Trịnh Ngọc Bích, Nguyễn Thị Ngọc Hò, Nguyễn Văn Tuấn*

**QUY TRÌNH THU NHẬN, XỬ LÝ DỮ LIỆU VỀ TÀI SẢN GẮN LIỀN VỚI ĐẤT  
PHẦN DƯỚI MẶT ĐẤT TRONG KHÔNG GIAN BA CHIỀU .....433**

*Nguyễn Thị Thảo, Trịnh Thị Tố Uyên, Trần Thị Minh Đức, Hoàng Thị Tâm, Nguyễn Thị Chi*



THÀNH LẬP TẬP BẢN ĐỒ PHỤC VỤ QUẢN LÝ VÀ BẢO TỒN ĐẤT NGẬP NƯỚC  
KHU VỰC BẮN ĐÀO CÀ MAU ..... 448

*Nguyễn Thị Chi, Đồng Thị Bích Phương, Hoàng Thị Tâm*

## NGHIÊN CỨU KẾT HỢP SỐ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH TRONG BÀI TOÁN XÁC ĐỊNH DỊ THƯỜNG TRỌNG LỰC BIỂN

Nguyễn Văn Sáng<sup>1,\*</sup>, Phạm Văn Tuyên<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Thanh Hương<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Mỏ Địa chất, <sup>2</sup>Trường Đại học Thành Đông,

<sup>3</sup>Viện Khoa học Đo đạc - Bản đồ

Ngày nhận bài: 16/4/2024; Ngày gửi phản biện: 16/4/2024; Ngày chấp nhận đăng: 3/5/2024

---

### Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu này là tìm ra giải pháp kết hợp số liệu đo cao vệ tinh để cải thiện độ chính xác và độ phân giải của dị thường trọng lực xác định từ số liệu đo cao vệ tinh. Số liệu đo cao vệ tinh ở chế độ đo GM đã được phân tích và kết hợp với nhau. Độ chính xác của số liệu đo cao vệ tinh cũng được phân tích. Số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 và SARAL/AltiKa đã được sử dụng để tính dị thường trọng lực trên Vịnh Bắc Bộ theo 3 phương án khác nhau: (1) Tính với số liệu Cryosat-2; (2) Tính với số liệu SARAL/AltiKa; và (3) Tính với số liệu kết hợp. Các kết quả tính toán được so sánh với dị thường trọng lực đo bằng tàu. Kết quả thực nghiệm cho thấy: Khi kết hợp số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 và SARAL/AltiKa thì độ phân giải của dị thường trọng lực tăng lên và độ chính xác của nó đạt  $\pm 2,77$  mGal, tốt hơn các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu hiện có trên khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Đo cao vệ tinh, Dị thường trọng lực biển, Kết hợp số liệu.

---

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đo cao vệ tinh (Altimetry) là một trong các kỹ thuật tiên tiến của thế giới. Trong những năm gần đây, đo cao vệ tinh được ứng dụng hiệu quả trong nhiều lĩnh vực trong đó có xác định dị thường trọng lực biển. Có nhiều dự án vệ tinh đã và đang hoạt động, cung cấp nguồn số liệu phong phú. Việc kết hợp các loại số liệu với nhau để tăng độ chính xác và độ phân giải của dị thường trọng lực là vấn đề đang được các nhà khoa học quan tâm.

Trên thế giới, đã có nhiều công trình nghiên cứu kết hợp số liệu đo cao vệ tinh để xác định dị thường trọng lực biển, tiêu biểu như: Năm 1995, Cheinway Hwang và Barry Parsons đã sử dụng kết hợp số liệu của các vệ tinh Seasat, Geosat, ERS -1 và T/P để tính dị thường trọng lực biển cho khu vực Reykjanes Ridge, đạt độ chính xác  $\pm 5,76$  mGal [2]; Năm 2010, O. B. Andersen và các đồng nghiệp đã sử dụng kết hợp số liệu của các vệ tinh Geosat, ERS-1, ERS2, T/P, Jason-1, Envisat, GFO và ICESat để xác định dị thường trọng

---

\* Tác giả liên hệ - ĐT: 0947.368.825  
Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

---



lực biển và xây dựng thành mô hình trường trọng lực toàn cầu DNSC08GRA có độ phân giải (1'x1'), độ chính xác đạt  $\pm 3,91$  mGal [10]; Năm 2013, O. B. Andersen và các cộng sự đã kết hợp số liệu của các vệ tinh mới CryoSat-2 và Jason-1 để xây dựng mô hình trường trọng lực toàn cầu DTU13GRAV có độ phân giải (1'x1'), đạt độ chính xác  $\pm 4,45$  mGal ở vùng Bắc Cực và  $\pm 3,71$  mGal ở vùng Bắc Đại Tây Dương [8]. Mô hình này sau đó được nâng cấp thành các mô hình DTU15GRAV và DTU17GRAV [9].

Ở Việt Nam, cũng đã có một số công trình nghiên cứu xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh như: năm 2012, trong tài liệu [4], các tác giả đã xác định dị thường trọng lực từ số liệu vệ tinh ENVISAT trên Biển Đông, đạt độ chính xác khoảng  $\pm 6,0$  mGal; Năm 2017, các tác giả đã xác định dị thường trọng lực biển cho vùng biển xung quanh quần đảo Trường Sa (Việt Nam) với độ phân giải (3'x3') chỉ bằng số liệu đo cao vệ tinh Cryosat-2 [7] vv...

Các vệ tinh đo cao khác nhau thường có các thông số quỹ đạo khác nhau, chế độ đo khác nhau và độ chính xác khác nhau. Việc kết hợp số liệu đo của các vệ tinh một cách hợp lý sẽ làm tăng độ phân giải và độ chính xác của dị thường trọng lực xác định từ số liệu đo cao vệ tinh. Đây là vấn đề mà bài báo này tập trung nghiên cứu. Khu vực nghiên cứu là Vịnh Bắc Bộ, Việt Nam (xem Hình 1).

## **2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

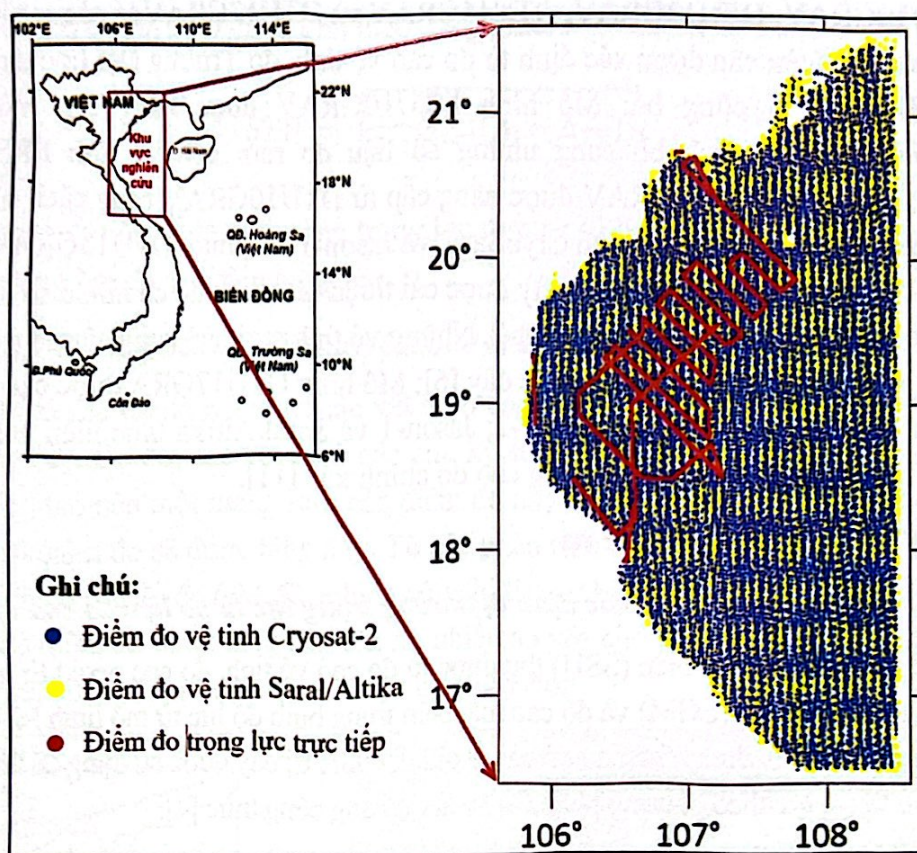
### **2.1. Dữ liệu**

#### **2.1.1. Số liệu đo cao vệ tinh**

Nghiên cứu này sử dụng 105 chu kỳ số liệu của vệ tinh Cryosat-2 đo ở chế độ trắc địa (Geodetic Mission - GM), được đo từ ngày 31 tháng 07 năm 2010 (chu kỳ 5) đến ngày 22 tháng 09 năm 2018 (chu kỳ 109), với 30.810 điểm đo (các điểm màu xanh trên Hình 1); và 54 chu kỳ số liệu của vệ tinh Saral/AltiKa, được đo từ ngày 04 tháng 07 năm 2016 (chu kỳ 36) đến ngày 06 tháng 09 năm 2021 (chu kỳ 89), với 16.062 điểm đo (các điểm màu vàng trên Hình 1). Số liệu này được cung cấp bởi trung tâm lưu trữ dữ liệu vệ tinh AVISO [1].

Tại mỗi điểm đo đều có tọa độ trắc địa thuộc hệ tọa độ WGS-84 và độ cao mặt biển (SSH) đã được hiệu chỉnh các sai số và thuộc hệ triều không phụ thuộc. Độ chính xác độ cao mặt biển của vệ tinh Cryosat-2 là  $\pm 0,010$  m và của Saral/AltiKa là  $\pm 0,032$  m.





Hình 1: Khu vực và số liệu nghiên cứu

### 2.1.2. Số liệu đo trọng lực trực tiếp trên tàu

Để đánh giá độ chính xác kết quả dị thường trọng lực biển được xác định bằng số liệu đo cao vệ tinh, 56978 điểm đo trọng lực trực tiếp được đo bằng tàu trong phạm vi Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam đã được sử dụng (xem Hình 1). Tại mỗi điểm đo đều có tọa độ trắc địa thuộc hệ tọa độ WGS-84 và dị thường trọng lực chân không thuộc hệ triều không phụ thuộc. Các điểm này được đo bằng máy trọng lực biển ZLS Dynamic Meter D06 của hãng ZLS Corp Mỹ với độ chính xác của máy theo lý lịch là  $\pm 1$  mGal do Liên đoàn Địa chất và Khoáng sản biển thực hiện, có độ tin cậy cao [12].

### 2.1.3. Số liệu mô hình trường trọng lực toàn cầu

EIGEN-6C4 là mô hình thế trọng trường toàn cầu được xây dựng và công bố năm 2014 bằng cách kết hợp mô hình EGM2008 với nhiều loại số liệu vệ tinh khác nhau như: số liệu vệ tinh LAGEOS, số liệu trọng lực vệ tinh GRACE, số liệu gradient trọng lực vệ tinh GOCE. Mô hình EIGEN-6C4 được xây dựng đến bậc và hạng 2190. Mô hình này đạt độ chính xác 4,8 cm khi so sánh với số liệu GPS-Thủy chuẩn trên 675 điểm tại Đức [3].



DTU10GRAV, DTU13GRAV, DTU15GRAV và DTU17GRAV là các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu được xác định từ đo cao vệ tinh, do Trường Đại học tổng hợp kỹ thuật Đan Mạch công bố: Mô hình DTU10GRAV được nâng cấp mô hình DNSC08GRAV bằng cách bổ sung những số liệu đo mới của vệ tinh ERS-2 và ENVISAT; Mô hình DTU13GRAV được nâng cấp từ DTU10GRAV bằng cách sử dụng số liệu đo cao vệ tinh mới của vệ tinh CryoSat-2 và Jason-1; Mô hình DTU15GRAV được nâng cấp từ DTU13GRAV. Mô hình này được cải thiện rất nhiều do có nhiều số liệu của vệ tinh Jason-1 và số liệu vệ tinh Cryosat-2. Những vệ tinh mới này cung cấp số trị đo độ cao bề mặt nhiều gấp ba lần so với trước đây [6]; Mô hình DTU17GRAV được các tác giả sử dụng số liệu của các vệ tinh Cryosat-2; Jason-1 và Saral/Altika thực hiện nhiệm vụ trắc địa để tăng mật độ điểm đo và nâng cao độ chính xác [11].

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Khái quát bài toán xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh

Từ số liệu độ cao mặt biển (SSH) thu được từ đo cao vệ tinh, độ cao geoid từ mô hình trường trọng lực toàn cầu (EGM) và độ cao mặt biển trung bình độ lực từ mô hình MDT toàn cầu được loại bỏ, để thu được phần dư độ cao geoid  $\Delta N$ . Giá trị này được sử dụng để tính phần dư dị thường trọng lực theo phương pháp Collocation bằng công thức [4]:

$$\delta g_P = C_{\Delta N \delta g_P}^T \cdot [C_{\Delta N \Delta N} + C_A]^{-1} \cdot \Delta N \quad (1)$$

Trong đó:  $C_{\Delta N \delta g_P}$  là ma trận hiệp phương sai chéo giữa phần dư dị thường trọng lực cần xác định và phần dư độ cao geoid;  $C_{\Delta N \Delta N}$  là ma trận hiệp phương sai của phần dư độ cao geoid;  $C_A$  là ma trận hiệp phương sai sai số đo;  $\Delta N$  là ma trận phần dư độ cao geoid.

Các giá trị của ma trận hiệp phương sai sẽ được xác định từ hàm hiệp phương sai lý thuyết, sau khi đã làm khớp với hiệp phương sai thực nghiệm [5].

Sau khi tính được phần dư dị thường trọng lực, dị thường trọng lực từ mô hình EGM toàn cầu được khôi phục, để nhận được dị thường trọng lực toàn phần:

$$\Delta g_P = \Delta g_{EGM} + \delta g_P \quad (2)$$

Để đánh giá độ chính xác, dị thường trọng lực này được so sánh với dị thường trọng lực đo trực tiếp. Các giá trị độ lệch  $\Delta_i$ , độ lệch trung bình  $\Delta_{TB}$  được tính theo công thức:

$$\Delta_i = \Delta g_i^{alt} - \Delta g_i^{ship}; \quad \Delta_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_i. \quad (3)$$



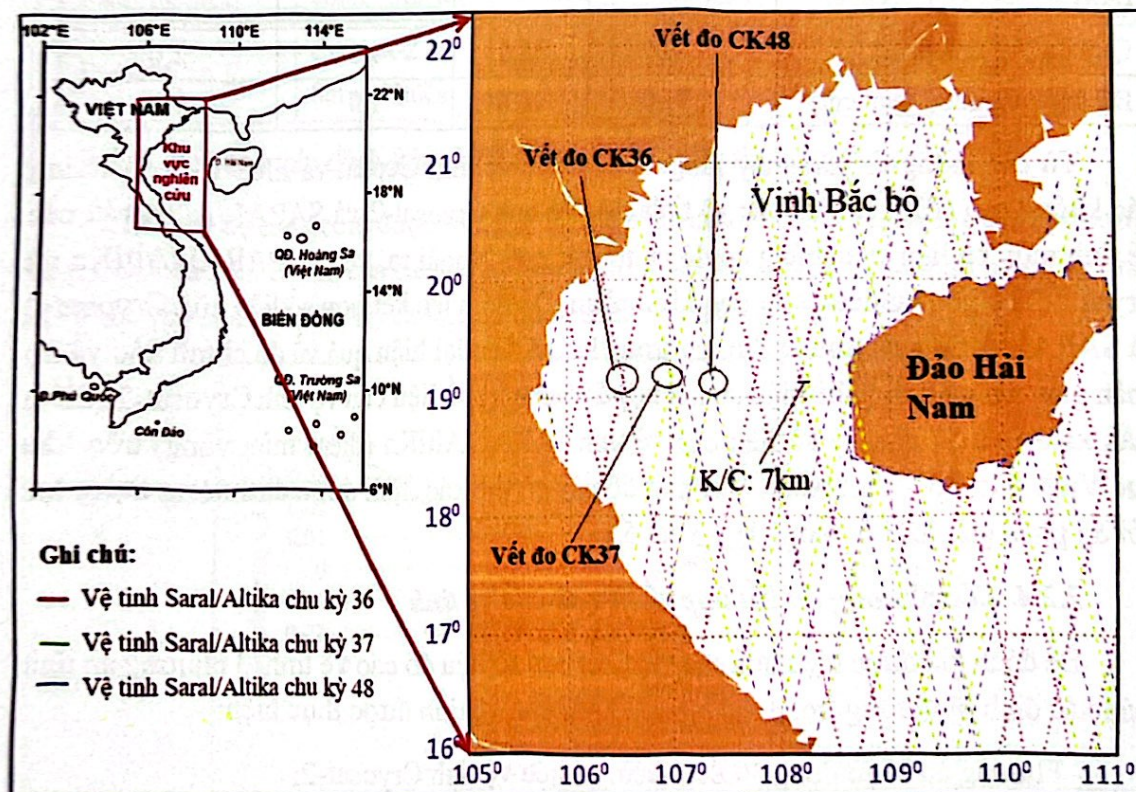
Độ lệch chuẩn  $STD$  được tính theo công thức:

$$STD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_i - \Delta_{TB})^2}, \quad (4)$$

Trong đó:  $\Delta g_i^{alt}$  là dị thường trọng lực tính từ số liệu đo cao vệ tinh;  $\Delta g_i^{ship}$  là dị thường trọng lực đo trực tiếp bằng tàu.

### 2.2.2. Kết hợp số liệu của các vệ tinh ở chế độ đo GM

GM là chế độ đo mà vị trí các vết đo ở các chu kỳ đo khác nhau sẽ luôn thay đổi (xem Hình 2). Do đó, các vết đo ở các chu kỳ sẽ đan xen vào nhau theo hướng từ Tây sang Đông tạo nên một mạng lưới các điểm đo dày đặc. Kết hợp nhiều chu kỳ quan sát thì mật độ điểm đo sẽ được tăng dày. Từ các phân tích trên ta thấy, lựa chọn số liệu của các vệ tinh có chế độ đo GM để nghiên cứu chi tiết sự biến đổi của trường trọng lực biển thì mật độ điểm đã được tăng dày lên rất nhiều so với chế độ đo ERM. Khi kết hợp các loại vệ tinh với nhau thì mật độ sẽ được tăng dày hơn.



Hình 2: Sự phân bố các vết đo của vệ tinh SARAL/AltiKa  
ở chế độ đo GM trên khu vực Vịnh Bắc Bộ



### 2.2.3. Kết hợp số liệu vệ tinh mới có độ chính xác cao với nhau

Để nghiên cứu chính xác được đặc điểm của trường trọng lực biển bằng số liệu đo cao vệ tinh, ngoài yêu cầu về mật độ điểm đo thì yêu cầu về độ chính xác của số liệu đo là hết sức quan trọng. Trong Bảng 1, là thông tin về sai số của một số vệ tinh đo cao đã và đang thực hiện chế độ đo GM.

Bảng 1: Thống kê sai số độ cao mặt nước biển của các vệ tinh ở chế độ đo GM [11]

Sai số	Geosat	ERS-1	Cryosat-2	SARAL/AltiKa
Thiết bị (cm)	5,0	3,0	0,2	1,0
Tầng Ion (cm)	2,0 ÷ 3,0	2,0 ÷ 3,0	0,2	0,3
Tình trạng mặt biển (cm)	2,0	2,0	0,2	2,0
Tầng đối lưu khô (cm)	1,0	1,0	0,2	0,7
Tầng đối lưu ướt (cm)	4,0	1,2	0,2	1,0
Khoảng c từ vệ tinh đến mặt biển sau khi đã hiệu chỉnh (cm)	7,0	4,6	0,4	2,6
Quỹ đạo vệ tinh (cm)	20,0	18,0	1,0	2,0
Độ cao mặt nước biển (cm)	21,0	18,6	1,0	3,2

Từ các thông tin này thấy rằng: số liệu của vệ tinh Geosat và ERS-1 có độ chính xác không cao (đây cũng là các vệ tinh cũ). Vệ tinh Cryosat-2 và SARAL/AltiKa là các vệ tinh mới, số liệu của chúng có độ chính xác cao. Ngoài ra, vệ tinh SARAL/AltiKa và Cryosat-2 có góc nghiêng quỹ đạo khác nhau. Do đó, việc kết hợp số liệu của Cryosat-2 và SARAL/AltiKa để tính dị thường trọng lực sẽ đem lại hiệu quả về độ chính xác và độ phân giải. Trên Hình 1 thể hiện sự kết hợp 105 chu kỳ số liệu của vệ tinh Cryosat-2 (điểm màu xanh) và 54 chu kỳ số liệu của vệ tinh SARAL/AltiKa (điểm màu vàng) trên khu vực Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam. Với mật độ này có thể xác định được dị thường trọng lực với độ phân giải lưới ô vuông là 1,5'x1,5'.

### 2.2.4. Các phương án kết hợp số liệu đo cao vệ tinh

Để đánh giá được hiệu quả của việc kết hợp số liệu đo cao vệ tinh, 3 phương án tính toán xác định dị thường trọng lực từ số liệu đo cao vệ tinh được thực hiện:

- Phương án 1: sử dụng 30.810 điểm số liệu vệ tinh Cryosat-2;
- Phương án 2: sử dụng 16.062 điểm số liệu vệ tinh Saral/Altika;



- Phương án 3: sử dụng kết hợp 30.810 điểm số liệu vệ tinh Cryosat-2 và 16.062 điểm số liệu vệ tinh Saral/AltiKa.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả tính phần dư độ cao geoid

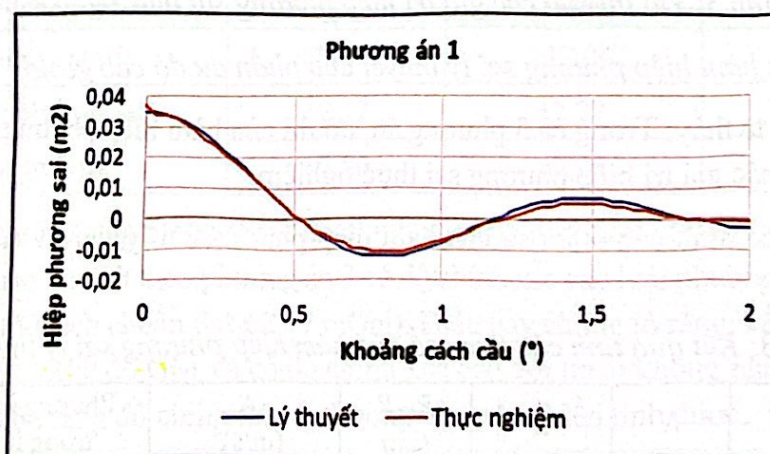
Từ độ cao mặt biển, sau khi loại bỏ độ cao geoid từ mô hình EGM toàn cầu EIGEN-6C4; độ cao mặt biển trung bình từ mô hình DTU15MDT và địa hình mặt biển biến đổi theo thời gian, sẽ nhận được phần dư độ cao geoid. Thống kê phần dư độ cao geoid được trình bày trên Bảng 2.

Bảng 2: Thống kê phần dư độ cao geoid của các phương án

Phương án tính	Vệ tinh	Số điểm	Phần dư độ cao geoid $\Delta N$ (m)		
			Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Phương án 1	Cryosat-2	30.810	+0,112	-0,496	+0,705
Phương án 2	Saral/AltiKa	16.062	+0,134	-0,656	+0,673
Phương án 3	Cryosat-2 & Saral/AltiKa	46.872	+0,120	-0,656	+0,705

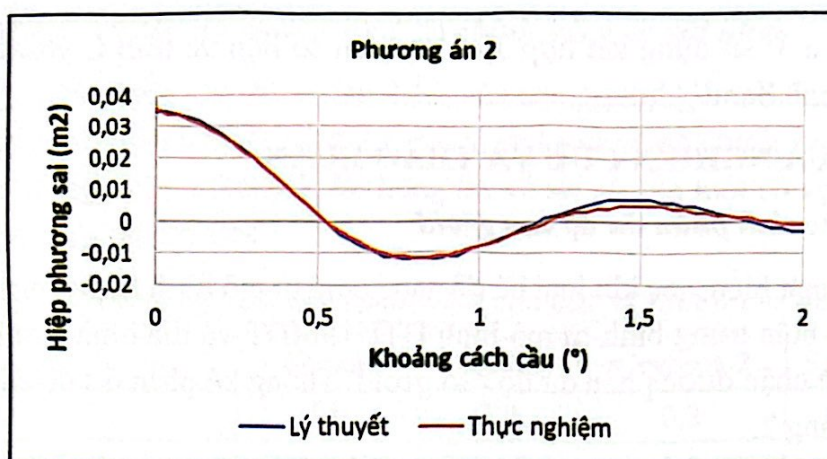
#### 3.2. Kết quả xác định hàm hiệp phương sai phần dư độ cao geoid

Phần dư độ cao geoid được sử dụng để tính phần dư dị thường trọng lực theo phương pháp Collocation. Đồ thị của các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và hàm hiệp phương sai lý thuyết của phần dư độ cao geoid được trình bày trên Hình 3.

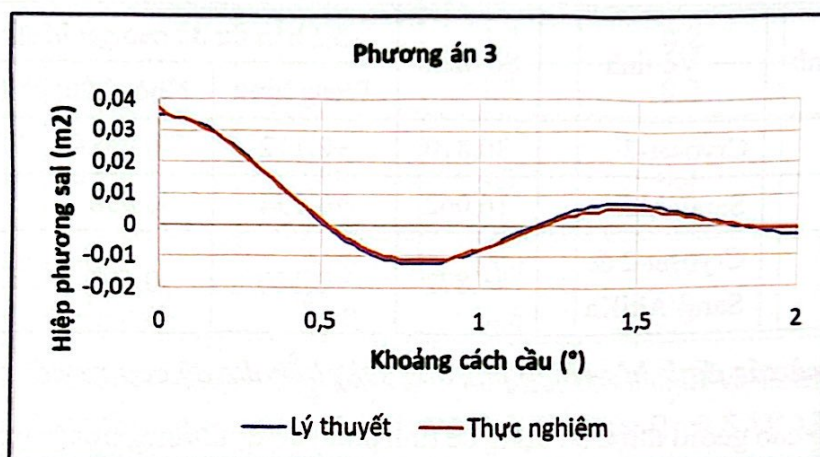


a) Phương án 1





b) Phương án 2



c) Phương án 3

Hình 3: Đồ thị của các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm và hàm hiệp phương sai lý thuyết của phần dư độ cao geoid

Từ Hình 3 ta thấy: Trong cả 3 phương án, đồ thị của hàm hiệp phương sai lý thuyết rất phù hợp với các giá trị hiệp phương sai thực nghiệm.

Kết quả xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết được trình bày trên Bảng 3.

Bảng 3: Kết quả tính các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết

Phương án	$N$	$a$	$R_B - R$ (km)	$A$ (m/s) <sup>4</sup>	Phương sai dị thường trọng lực (mGal <sup>2</sup> )
Phương án 1	320	25,4263	-1,000	$0,1451 \times 10^{-2}$	60,88
Phương án 2	315	26,8046	-1,000	$0,1217 \times 10^{-2}$	58,96
Phương án 3	320	25,2415	-1,000	$0,1451 \times 10^{-2}$	60,44



### 3.3. Kết quả tính phần dư dị thường trọng lực từ phần dư độ cao geoid

Thống kê vắn tắt phần dư dị thường trọng lực được trình bày trong Bảng 4. Kết quả này cho thấy: khi chỉ sử dụng số liệu vệ tinh Cryosat-2 hoặc Saral/Altika chỉ xác định được dị thường trọng lực với độ phân giải  $2' \times 2'$  hoặc  $2,5' \times 2,5'$ . Khi kết hợp số liệu của 2 loại vệ tinh trên thì có thể xác định được dị thường trọng lực với độ phân giải  $1,5' \times 1,5'$ . Phần dư dị thường trọng lực được phục hồi dị thường trọng lực từ mô hình EIGEN-6C4 để nhận được dị thường trọng lực toàn phần.

Bảng 4: Thống kê vắn tắt phần dư dị thường trọng lực

Phương án tính	Vệ tinh	Độ phân giải	Phần dư dị thường trọng lực biến (mGal)		
			Trung bình	Nhỏ nhất	Lớn nhất
Phương án 1	Cryosat-2	$2,0' \times 2,0'$	-0,85	-20,37	+20,88
Phương án 2	Saral/Altika	$2,5' \times 2,5'$	-1,05	-19,88	+18,02
Phương án 3	Cryosat-2 & Saral/Altika	$1,5' \times 1,5'$	-0,86	-20,17	+20,79

Để đánh giá độ chính xác, dị thường trọng lực tính được từ số liệu đo cao vệ tinh được so sánh với dị thường trọng lực đo trực tiếp bằng tàu (các điểm màu đỏ trên Hình 1). Tóm tắt kết quả đánh giá độ chính xác được trình bày trên Bảng 5.

Bảng 5: Tóm tắt kết quả đánh giá độ chính xác dị thường trọng lực

Các chỉ tiêu so sánh	Phương án 1	Phương án 2	Phương án 3
Độ lệch nhỏ nhất (mGal)	-7,43	-7,60	-7,32
Độ lệch lớn nhất (mGal)	+11,63	+12,04	+11,59
Độ lệch trung bình (mGal)	+2,12	+2,27	+2,16
Độ lệch chuẩn (mGal)	$\pm 2,80$	$\pm 2,89$	$\pm 2,77$

Kết quả trên Bảng 5 cho thấy: độ chính xác của dị thường trọng lực biến xác định từ số liệu đo cao vệ tinh theo phương án 3 có độ chính xác cao hơn phương án 1 và phương án 2 một chút (độ lệch chuẩn đạt  $\pm 2,77$  mGal). Điều này chứng tỏ rằng: kết hợp nhiều loại số liệu vệ tinh có chế độ GM và có độ chính xác cao với nhau không những làm tăng độ phân giải mà còn tăng độ chính xác dị thường trọng lực biến tính được.

Để so sánh với độ chính xác dị thường trọng lực của thể giới tính, các mô hình dị thường trọng lực toàn cầu DTU10GRA, DTU13GRA, DTU15GRA, DTU17GRA cũng được đánh giá bằng cách so sánh với số liệu đo trọng lực trực tiếp trên khu vực nghiên cứu [11]. Tổng hợp kết quả đánh giá độ chính xác của các mô hình trường trọng lực toàn



cầu và kết quả của nghiên cứu này trên vùng biển Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam được trình bày trên Bảng 6.

*Bảng 6: Tổng hợp kết quả đánh giá độ chính xác dị thường trọng lực*

Dị thường trọng lực	Độ lệch trung bình (mGal)	Độ lệch chuẩn (mGal)
DTU10GRA	+2,99	±5,80
DTU13GRA	+2,95	±5,73
DTU15GRA	+3,19	±5,63
DTU17GRA	+3,11	±5,76
Phương án 1	+2,12	±2,80
Phương án 2	+2,27	±2,89
Phương án 3	+2,16	±2,77

Từ Bảng 6 cho thấy: Kết quả tính dị thường trọng lực của nghiên cứu này có độ chính xác cao hơn của thế giới. Điều này đã khẳng định giải pháp kết hợp số liệu đo cao vệ tinh trong nghiên cứu này có hiệu quả.

#### **4. KẾT LUẬN**

Kết hợp số liệu của các vệ tinh đo ở chế độ ERM không làm tăng độ phân giải của dị thường trọng lực tính được. Chỉ có kết hợp số liệu đo ở chế độ GM mới làm tăng độ phân giải của dị thường trọng lực.

Kết hợp số liệu 105 chu kỳ số liệu của vệ tinh Cryosat-2 và 54 chu kỳ số liệu của vệ tinh SARAL/AltiKa xác định được dị thường trọng lực trên khu vực Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam với độ phân giải 1,5'x1,5' và độ chính xác ±2,77 mGal. Độ chính xác này cao hơn của các mô hình dị thường trọng lực do thế giới cung cấp trên khu vực nghiên cứu. ○

#### **Lời cảm ơn**

Các tác giả xin chân thành cảm ơn Đề tài cấp quốc gia Việt Nam ĐTDLCN.07/23 và đề tài cấp Bộ mã số: B2021-MDA-06 đã tài trợ cho nghiên cứu này.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. AVISO (2017). "Along-track Level-2+ (L2P) SLA Product Handbook", pp.1-29.
- [2]. Cheinway Hwang and Barry Parsons (1995), "Gravity anomalies derived from Seasat, Geosat, ERS-1 and TOPEX/POSEIDON altimetry and ship gravity: a case study over the Reykjanes Ridge", *Geophysical Journal International*. 122(2), pp. 551-568.



[3]. Förste Ch., Bruinsma S., Abrikosov O., Lemoine J-M. et al. (2014), The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse (EIGEN 6C4). *5th GOCE user workshop*, Paris 25-28, Nov.

[4]. Neiman Y. M., Nguyễn Văn Sáng (2011). Xác định dị thường trọng lực trên biển Việt Nam bằng số liệu đo cao vệ tinh ENVISAT, *Tạp chí Trắc địa và Chụp ảnh Hàng không* (số 5, tr 15 - 21), Matxcova (tiếng Nga).

[5]. Nguyễn Thành Lê, Nguyễn Văn Sáng, Đinh Xuân Mạnh (2021). Xây dựng giải pháp tối ưu việc xác định các tham số của hàm hiệp phương sai lý thuyết trong phương pháp LSC. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ*, Số 49 - 9/2021, tr 15-20. Viện Khoa học Đo đạc - Bản đồ.

[6]. Nguyễn Văn Sáng (2020), Đánh giá độ chính xác của mô hình dị thường trọng lực toàn cầu xác định từ đo cao vệ tinh trên Biển Đông. *Tạp chí Công nghiệp mỏ* (số 01, 2/2020, tr 65-68). Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam, Hà Nội. ISSN: 0868 - 7052.

[7]. Nguyen Van Sang, Vu Van Tri, Pham Van Tuyen (2019). Determination of Marine Gravity Anomalies in the Truong Sa Archipelago's Sea Territory Using Satellite Altimeter Data. *FIG Working Week 2019. Geospatial information for a smarter life and environmental resilience*, Hanoi, Vietnam, April 22-26, 2019.

[8]. Ole B Andersen and et al. (2013), The DTU13 Global marine gravity field-first evaluation. *Ocean Surface Topography Science Team Meeting*, Boulder, Colorado.

[9]. Ole B Andersen, Per Knudsen and NA Maximenko (2016), The updated geodetic mean dynamic topography model-DTU15MDT, American Geophysical Union, *Ocean Sciences Meeting 2016*.

[10]. Ole B Andersen, Per Knudsen and Philippa AM Berry (2010), "The DNSC08GRA global marine gravity field from double retracked satellite altimetry", *Journal of Geodesy*. 84(3), pp. 191-199.

[11]. Phạm Văn Tuyên (2023). Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ chính xác xác định dị thường trọng lực bằng số liệu đo cao vệ tinh trên vùng biển Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam. *Luận án tiến sĩ*. Trường Đại học Mỏ - Địa chất.

[12]. Trịnh Nguyên Tính và nnk (2012). *Điều tra đặc điểm địa chất, địa động lực, khoáng sản, địa chất môi trường và dự báo tai biến địa chất các vùng biển Việt Nam*, Báo cáo kết quả dự án.



## **Summary**

### **Research to combine satellite altimetry data in the determination of marine gravity anomaly**

*Nguyen Van Sang*

*Hanoi University of Mining and Geology*

*Pham Van Tuyen*

*Thanh Dong University*

*Nguyen Thi Thanh Huong*

*Vietnam Institute of Surveying and Mapping*

The purpose of this study is to find a solution to combine satellite altimetry data to improve the accuracy and resolution of gravity anomalies determined from satellite altimetry data. Satellite altimetry data in Geodetic Mission mode have been analyzed and combined each other. The accuracy of satellite altimeter data was also analyzed. Cryosat-2 and SARAL/AltiKa satellite altimetry data have been used to determine gravity anomalies in the Gulf of Tonkin (Vietnam) according to three options: (1) Calculate only with Cryosat-2 data; (2) Calculate only with SARAL/AltiKa data; and (3) Calculate with combined data. The results were compared with shipborne gravity anomalies. The experimental results show that: When combining Cryosat-2 and SARAL/AltiKa satellite altimetry data, the resolution and accuracy of gravity anomalies increase and the accuracy reaches  $\pm 2.77$  mGal. This accuracy is better than that of other available global gravity anomaly models over the study area.

**Keywords:** *Satellite altimetry, Marine gravity anomaly, Combine data.*



**NHÀ XUẤT BẢN TÀI NGUYÊN - MÔI TRƯỜNG  
VÀ BẢN ĐỒ VIỆT NAM**

**Trụ sở chính:**

Số 85 - Nguyễn Chí Thanh, P. Láng Hạ, Q. Đống Đa, Tp. Hà Nội

Tel: (84-4) 3835 5958, 3834 3646, 3773 4371

Fax: (84-4) 3834 4610

E-mail: qlxb@bando.com.vn

Website: www.bando.com.vn

**Chi nhánh tại Hà Nội:**

Số 14 - Pháo Đài Láng, P. Láng Thượng, Q. Đống Đa, Tp. Hà Nội

**Chi nhánh tại Tp. Hồ Chí Minh:**

30 Đường số 3, Khu phố 4, P. An Khánh, Tp. Thủ Đức, Tp. Hồ Chí Minh

**TUYÊN TẬP BÁO CÁO HỘI THẢO KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

**CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN THÔNG MINH**

**TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG**

Đối tác liên kết: Viện Khoa học Đo đạc Bản đồ

---

**Chịu trách nhiệm xuất bản:**

**Chủ tịch kiêm Tổng Giám đốc: Lê Minh Hải**

Biên tập viên: Lê Anh Sơn

---

**Chịu trách nhiệm nội dung: Ban Khoa học**

Biên tập nội dung: Nguyễn Thanh Thủy

Bùi Thị Thanh Huyền

Lê Chí Thịnh

Nguyễn Thị Huệ

Trình bày bìa và thiết kế in: Trần Việt Cường

Vũ Thị Hồng Hà

Đinh Thị Thanh

Nguyễn Thị Thu

---

Số lượng in 140 cuốn, khổ 19 x 27 cm; In tại Công ty TNHH Quảng cáo  
In ấn Lộc Phát

Địa chỉ cơ sở in: Số 71, ngõ 161, đường Nguyễn Xiển, phường Hạ Đình,  
quận Thanh Xuân, thành phố Hà Nội

Số xác nhận đăng ký xuất bản: 2139-2024/CXBIPH/01-516/BaĐ

Số quyết định xuất bản: Số 60/QĐ-NXBTNMT

In xong và nộp lưu chiểu: tháng 7 năm 2024

Mã số ISBN: 978-604-4982-97-7