

# NGHIÊN CỨU CHUYỂN DỊCH NHÀ MÁY XI MĂNG CẨM PHẢ BẰNG CÔNG NGHỆ GPS ĐỘ CHÍNH XÁC CAO

TS. **NGUYỄN HẠNH QUYÊN**, NCS. **PHẠM VIỆT HÒA**  
Viện Công nghệ Vũ Trụ, Viện KH&CN Việt Nam  
NCS. **LÊ VĂN HÙNG**  
Viện KHCN Xây dựng

Tóm tắt: Ở Việt Nam, công nghệ GPS đã được sử dụng trong nghiên cứu chuyển dịch công trình. Tuy nhiên đối với công trình xây dựng ven bờ biển với các đặc thù về nền móng địa chất, khả năng áp dụng công nghệ quan trắc chuyển dịch, sóng, gió, thủy triều ảnh hưởng đến độ chính xác quan trắc... việc ứng dụng công nghệ GPS độ chính xác cao cho quan trắc chuyển dịch vẫn chưa được nghiên cứu ứng dụng cụ thể. Nhà máy xi măng Cẩm Phả là công trình ven bờ điển hình, được nghiên cứu chuyển dịch bằng công nghệ GPS độ chính xác cao qua 5 chu kỳ đo. Số liệu đo GPS được xử lý đo nối với các điểm GPS toàn cầu và kết quả sau xử lý được so sánh với kết quả đo toàn đạc để đánh giá độ chính xác xác định dịch chuyển. Bài báo được thực hiện trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu cấp nhà nước "Nghiên cứu và đề xuất phương pháp sử dụng công nghệ GPS độ chính xác cao trong việc xác định chuyển dịch của công trình xây dựng ven bờ".

**Từ khóa:** Công nghệ GPS, chuyển dịch công trình, quan trắc chuyển dịch, đo đạc GPS

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, công nghệ toàn đạc điện tử vẫn được coi là tiêu chuẩn trong quan trắc chuyển dịch công trình, tuy nhiên với các khu vực có địa hình phức tạp, việc triển khai đo đạc gặp rất nhiều khó khăn và tốn kém. Mặt khác, công nghệ GPS độ chính xác cao đã được ứng dụng trong một số nghiên cứu chuyển dịch của các công trình như: nhà máy thủy điện Yaly, nhà máy thủy điện Hòa Bình [5]. Kết quả nghiên cứu đã khẳng định được ưu thế và đáp ứng tốt yêu cầu về độ chính xác quan trắc chuyển dịch của các công trình đó.

Nhà máy xi măng Cẩm Phả thuộc thị xã Cẩm Phả, tỉnh Quảng Ninh là công trình quan trọng với nhiều thiết bị siêu trường, siêu trọng, xây dựng trên nền địa chất yếu, tiêu biểu cho các công trình xây dựng ven bờ có nguy cơ chuyển dịch cao. Việc nắm bắt thông tin đầy đủ, chính xác về độ dịch chuyển cũng như xu hướng dịch chuyển của nhà máy, từ đó đưa ra những dự báo, phương án phòng ngừa, giảm thiểu tối đa rủi ro do quá trình dịch chuyển đang là nhu cầu rất cấp thiết.

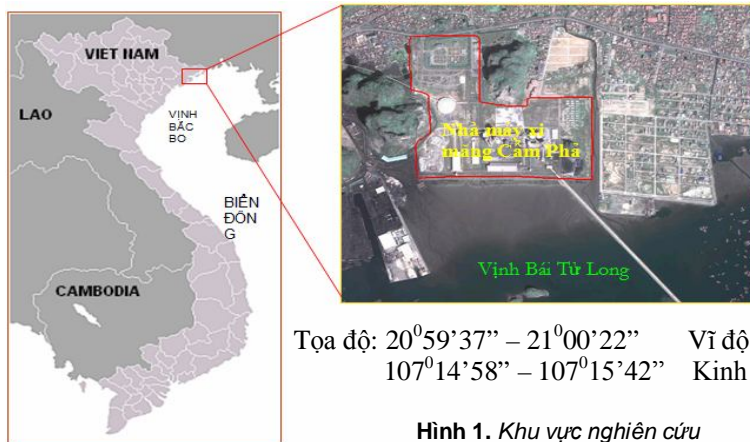
Bài báo này đề cập đến ứng dụng công nghệ GPS độ chính xác cao cho quan trắc chuyển dịch, biến dạng công trình xây dựng ven bờ biển, với những yếu tố đặc thù về nền móng, địa hình, về bố trí xây dựng lưới quan trắc cũng như những khó khăn trong thực hiện quan trắc bằng cả công nghệ truyền thống và GPS.

Kết quả bài báo là minh chứng cho khả năng áp dụng quy trình quan trắc chuyển dịch bằng công nghệ GPS độ chính xác cao nhà máy xi măng Cẩm Phả cho các công trình ven bờ có điều kiện tương tự.

## 2. Đặc điểm khu vực nghiên cứu

Nhà máy xi măng Cẩm Phả được xây dựng trên khu đất san lấp lấn biển, với thành phần vật chất là đất đá thải từ các mỏ than, đất đá bờ rời và gắn kết yếu. Nhà máy bao gồm nhiều hạng mục có tải trọng lớn, nhạy cảm với các chuyển dịch, biến dạng của nền móng như: Lò nung, tháp trao đổi nhiệt, các loại máy nghiền,... Bên cạnh đó nhà máy còn có hệ thống cầu cảng dài 4 km nối dài ra vịnh Bái Tử Long. Nghiên cứu tập trung quan trắc đánh giá chuyển dịch cho toàn bộ mặt bằng của nhà máy và đặc biệt là cầu cảng nối ra biển. Các hạng mục công trình cùng sự hoạt động không ngừng của các phương tiện chuyên chở của nhà máy là những vật cản, hạn chế khả năng quan sát cho việc áp dụng công nghệ toàn đạc trong quan trắc chuyển dịch.

Ngoài các yếu tố chung ảnh hưởng đến độ chính xác quan trắc chuyển dịch nhà máy, một trong những yếu tố đặc trưng cho công trình ven bờ ảnh hưởng tới thu nhận tín hiệu GPS trong các chu kỳ quan trắc là đặc điểm chế độ hải văn và thủy triều của khu vực.



Tọa độ: 20<sup>0</sup>59'37'' – 21<sup>0</sup>00'22''      Vĩ độ Bắc  
 107<sup>0</sup>14'58'' – 107<sup>0</sup>15'42''      Kinh độ Đông

**Hình 1.** Khu vực nghiên cứu

### 3. Thiết bị sử dụng trong nghiên cứu

#### 3.1 Mốc quan trắc dùng cho nghiên cứu

Các mốc trong lưới quan trắc chuyển dịch công trình nhà máy xi măng Cẩm Phả được thiết kế và xây dựng căn cứ trên những khuyến cáo của tổ chức IGS (tổ chức quốc tế về dịch vụ địa động học) và các đặc thù tại khu vực nghiên cứu. Các mốc chúng tôi sử dụng được thiết kế đảm bảo các tiêu chí sau: Có tính bền vững theo thời gian, có vị trí lắp đặt ổn định, đảm bảo quan trắc độ chính xác cao, không tương tác với tín hiệu GPS, giá thành thấp, thiết kế đơn giản, dễ dàng lắp đặt, bền vững về mặt ăn mòn,...

#### 3.2 Thiết bị dùng cho quan trắc

\* Để quan trắc GPS, nhóm nghiên cứu dùng hệ thống 8 máy thu tín hiệu vệ tinh 2 tần số TRIMBLE 5700 do Mỹ sản xuất với các chỉ tiêu kỹ thuật:

- Đo hai dải tần L1 và L2;
- 24 kênh dải tần L1 với mã C/A, 2 dải tần L1/L2;
- Bộ nhớ trong (4Mb) đáp ứng ghi số liệu đo liên tục trên 24h.

8 bộ ăng ten Zephyr Geodetic 2 của hãng Trimble do Mỹ sản xuất có vành chống phản xạ. Ăng ten có thể thu được cả sóng GPS tần số L1, L2C, L5 và GLONASS.

\* Để quan trắc bằng toàn đạc điện tử, nhóm nghiên cứu sử dụng máy toàn đạc TC1800 do hãng LEICA của Thụy Sĩ chế tạo. Máy có độ chính xác: đo cạnh MD = ± (1mm + 2.10<sup>-6</sup> D), đo góc ngang ± 1" và đo góc đứng ± 2".

Các thiết bị trên đều được kiểm định trước khi đưa vào sử dụng đảm bảo đo đạc với độ chính xác cao nhất có thể.

#### 3.3 Các tiêu chuẩn được áp dụng

Toàn bộ các bước nghiên cứu của đề tài được thực hiện chặt chẽ và tuân thủ theo các quy định tiêu chuẩn của Bộ Xây dựng, gồm có:

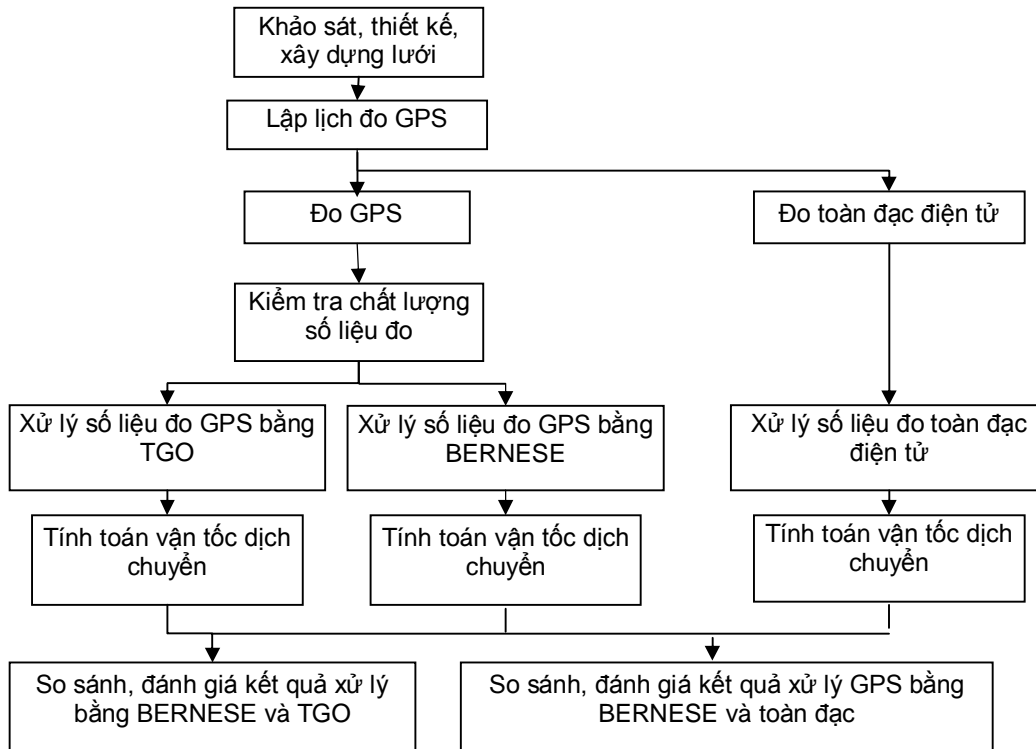
- TCXDVN 351 : 2005 "Quy trình kỹ thuật quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình";
- TCXDVN 364 : 2006 "Tiêu chuẩn kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình";
- TCXDVN 309 : 2004 "Công tác trắc địa trong xây dựng công trình – Yêu cầu chung".

Trong đó, tiêu chuẩn cơ bản được sử dụng là căn cứ cho quá trình so sánh, đánh giá độ chính xác của quan trắc bằng toàn đạc và GPS đối với các công trình xây dựng trên nền đất đắp, đất yếu và trên nền đất bị

nén mạnh trong quan trắc chuyển dịch ở giai đoạn sử dụng là: Sai số giới hạn đo độ lún là 5 mm và dịch chuyển ngang là 10 mm (TCXDVN 309 : 2004).

#### 4. Phương pháp nghiên cứu

Số liệu đo GPS sẽ được xử lý bằng hai phần mềm BERNESE5.0 và TGO để đảm bảo không có nhầm lẫn trong các bước xử lý số liệu và đánh giá khả năng sử dụng từng phần mềm trong điều kiện cụ thể. So sánh tốc độ dịch chuyển cũng như hướng dịch chuyển giữa kết quả quan trắc bằng toàn đạc và bằng công nghệ GPS sẽ đánh giá được độ chính xác và khả năng ứng dụng công nghệ GPS độ chính xác cao trong nghiên cứu chuyển dịch của Nhà máy xi măng Cẩm Phả nói riêng và các công trình ven bờ nói chung. Toàn bộ quá trình nghiên cứu được mô hình hóa theo sơ đồ sau:



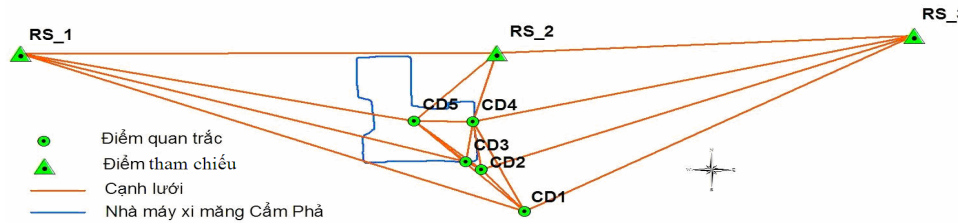
Hình 2. Sơ đồ tổng quát quy trình nghiên cứu

#### 4.1 Thiết kế lưới quan trắc

Mạng lưới quan trắc chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả được thiết kế với 2 cấp riêng biệt bao gồm: 3 điểm “mốc tham chiếu” (RS\_1, RS\_2, RS\_3) là các mốc có sự ổn định cao, được xây dựng trên núi đá (xem hình 3) hoặc trên các địa vật vững chắc và được sử dụng như điểm khống chế. Để quan trắc sự dịch chuyển, 5 “mốc quan trắc”, bao gồm 3 mốc (CD\_3, CD\_4, CD\_5) được xây dựng trong phạm vi nhà máy nhằm quan trắc sự dịch chuyển nền đất nhà máy và 2 mốc (CD\_1, CD\_2) trên cầu cảng nhằm quan trắc sự dịch chuyển của hệ thống cầu cảng. Việc bố trí các điểm tham chiếu về một phía của khu đo là do đặc thù của các công trình ven bờ.



Hình 3. Mốc chuẩn xây trên núi đá



Hình 4. Sơ đồ lưới quan trắc chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả

#### 4.2 Quan trắc chuyển dịch và xử lý số liệu đo GPS

Nghiên cứu được thực hiện trong 5 chu kỳ đo với thời gian và thời lượng như bảng 1. Trong 3 chu kỳ đầu (I, II, III), việc quan trắc chia làm 2 ca đo với thời lượng 12h mỗi ca. Ca đo 1 cung cấp số liệu quan trắc chuyển dịch. Ca đo 2, tâm ăng ten được cố ý dịch chuyển đi 1 khoảng cách xác định để đánh giá độ chính xác thực tế nhận được từ quan trắc bằng GPS.

Số liệu quan trắc được kiểm tra chất lượng ngay sau khi kết thúc mỗi chu kỳ đo. Quá trình xử lý số liệu đo GPS được thực hiện trên cả hai phần mềm BERNESE 5.0 (là phần mềm xử lý số liệu GPS độ chính xác cao) và TGO (là phần mềm xử lý thông dụng). Kết quả của 2 phần mềm sẽ kiểm tra sự đúng đắn trong quá trình xử lý.

Số liệu đo GPS được xử lý đo nối với hai điểm IGS (KUNM và TWTF) để xác định được không những dịch chuyển tương đối trong nội bộ nhà máy mà còn xác định dịch chuyển tuyệt đối trên phạm vi toàn cầu.

#### 4.3 Quan trắc chuyển dịch và xử lý số liệu đo toàn đạc điện tử

Quan trắc chuyển dịch bằng toàn đạc điện tử được coi là tiêu chuẩn và được quy định trong các văn bản pháp quy của nhà nước. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng kết quả đo toàn đạc là căn cứ để đánh giá mức độ chính xác quan trắc chuyển dịch bằng công nghệ GPS.

Quá trình quan trắc bằng toàn đạc điện tử được thực hiện qua 3 chu kỳ đầu của quá trình nghiên cứu và trên 4 điểm quan trắc CD\_2, CD\_3, CD\_4, CD\_5 ngay trước thời điểm đo GPS của mỗi chu kỳ và quan trắc.

Kết quả quan trắc chuyển dịch bằng toàn đạc được bình sai theo phương pháp bình sai tự do và tính toán tốc độ dịch chuyển dựa trên tọa độ sau bình sai.

### 5. Kết quả nghiên cứu

#### 5.1 Độ chính xác thực tế nhận được bằng GPS theo phương ngang

Bảng 1. Lịch quan trắc nhà máy xi măng Cẩm Phả

Chu kỳ	Bắt đầu ca đo	Kết thúc ca đo	Ngày trong năm	Tuần GPS
I	16h	16h	334	1507_6
	29/11/2008	30/11/2008	335	1508_0
II	14h	14h	59	1520_6
	28/2/2009	01/3/2009	60	1521_0
III	14h	14h	150	1533_6
	30/5/2009	31/5/2009	151	1534_0
IV	13h	20h	241	1546_6
	29/8/2009	29/8/2009		
V	11h	18h	332	1559_6
	28/11/2009	28/11/2009		

**Bảng 2. Kết quả đánh giá độ chính xác thực tế theo phương ngang nhận được bằng công nghệ GPS**

Điểm	Khoảng cách thực (m)	Chu kỳ I		Chu kỳ II		Chu kỳ III	
		Khoảng cách đo được (m)	Độ lệch (m)	Khoảng cách đo được (m)	Độ lệch (m)	Khoảng cách đo được (m)	Độ lệch (m)
CD21-CD_2	0.0350	0.0354	0.0004	0.0367	0.0017	0.0369	0.0019
CD41-CD_4	0.0400	0.0402	0.0002	0.0400	0.0000	0.0396	-0.0004
CD51-CD_4	0.0400	0.0396	-0.0004	0.0418	0.0018	0.0384	-0.0016

CD21, CD41, CD51 là các điểm kiểm tra cách các điểm quan trắc tương ứng một khoảng cách xác định (Khoảng cách thực). “Độ lệch” là hiệu số giữa khoảng cách thực và khoảng cách đo được bằng công nghệ GPS. Bảng kết quả trên cho thấy sai số thực tế từ kết quả đo GPS đều nhỏ hơn 2 mm. Điều này đồng nghĩa với việc sử dụng công nghệ GPS độ chính xác cao sẽ xác định được chuyển dịch thực tế trên 2 mm.

### 5.2 Kết quả chuyển dịch theo phương ngang giữa Bernese 5.0 và TGO và toàn đạc điện tử

Bảng 3 thể hiện giá trị dịch chuyển tổng hợp theo phương ngang quá trình quan trắc bằng GPS và toàn đạc điện tử. Quá trình đo toàn đạc chỉ thực hiện với 4 điểm quan trắc nên điểm RS\_1 và CD\_1 không có giá trị so sánh (No data). Từ bảng kết quả này, có thể thấy, cả hai giá trị chuyển dịch tính toán từ phần mềm BERNESE5.0 và TGO tương tự như kết quả tính toán bằng toàn đạc. Sự dịch chuyển quan trắc được bằng GPS và toàn đạc có sự sai khác nhỏ hơn 5 mm (nằm trong hạn sai cho phép), đồng nghĩa với việc dùng công nghệ GPS độ chính xác cao có thể đáp ứng được yêu cầu xác định dịch chuyển của nhà máy xi măng Cẩm Phả.

**Bảng 3. Kết quả chuyển dịch tổng hợp theo phương ngang**

Tên điểm	Bernese (m)	TGO (m)	Toàn đạc (m)
RS_1	0.0161	0.0124	No data
CD_1	0.0062	0.0084	No data
CD_2	0.0118	0.0087	0.0117
CD_3	0.0061	0.0033	0.0014
CD_4	0.0054	0.0026	0.0013
CD_5	0.0159	0.0118	0.0121

### 5.3 Kết quả chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả theo phương thẳng đứng

Tương tự như với phương ngang, độ chính xác thực tế nhận được theo phương thẳng đứng cũng được đánh giá bằng hiệu số (độ lệch) độ chênh cao giữa điểm kiểm tra và điểm quan trắc đo được so với độ chênh cao thực tế. Kết quả bảng 4 cho thấy: sai số xác định chuyển dịch theo chiều thẳng đứng lớn nhất tại điểm CD\_5 là 3mm, các điểm CD\_2 và CD\_4 có sai số nhỏ dưới 3mm qua các chu kỳ đo. Sai số này nằm trong hạn sai cho phép.

Vận tốc chuyển dịch theo chiều thẳng đứng và sai số trung phương được tính từ 2 phần mềm xử lý số liệu GPS là BERNESE5.0 và TGO thể hiện trong bảng 5. Có thể thấy rõ: sai số tính được từ phần mềm xử lý Bernese 5.0 có hệ thống và phù hợp với thực tế hơn phần mềm TGO do sai số tính được từ phần mềm TGO là quá nhỏ (nhỏ hơn 1mm). Hơn nữa, xử lý số liệu GPS bằng phần mềm BERNESE 5.0 đã giảm thiểu ảnh hưởng của các yếu tố như khúc xạ tầng khí quyển, các yếu tố liên quan đến trái đất cũng như ảnh hưởng của mặt trời, mặt trăng,... Do đó xét trên cả hai khía cạnh, lý thuyết và thực tế, kết quả xử lý số liệu quan trắc chuyển dịch từ phần mềm BERNESE5.0 tin cậy hơn kết quả từ phần mềm TGO.

**Bảng 4. Kết quả đánh giá độ chính xác thực tế theo phương thẳng đứng bằng công nghệ GPS**

Tên điểm	Giá trị thực	Độ chênh cao CK1(m)		Độ chênh cao CK2 (m)		Độ chênh cao CK3 (m)	
		Giá trị đo được	Độ lệch	Giá trị đo được	Độ lệch	Giá trị đo được	Độ lệch
CD_2- CD21	0	0.002	0.002	-0.002	-0.002	0.001	0.001
CD_4- CD41	0	-0.003	-0.003	0.001	0.001	0	0
CD_5- CD51	0	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002

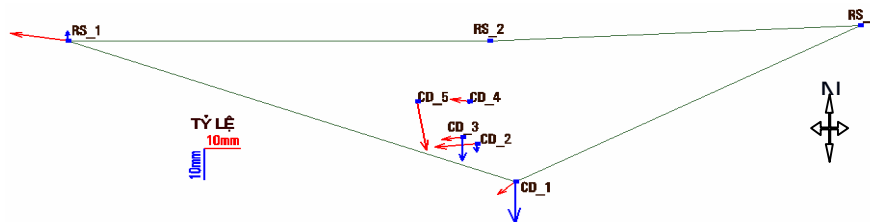
**Bảng 5. Vận tốc và sai số ước tính vận tốc dịch chuyển theo phương thẳng đứng tính được từ hai phần mềm TGO và BENESE 5.0**

Tên điểm	$V_{(BER)}$	$RMS_{(BER)}$	$V_{(TGO)}$	$RMS_{(TGO)}$
CD_1	-0.0134	0.0013	-0.0155	0.001
CD_2	-0.0025	0.0014	-0.0037	0.0009
CD_3	-0.0077	0.0014	-0.0051	0.0001
CD_4	-0.0007	0.0015	-0.0006	0
CD_5	-0.0002	0.0015	0.0029	0.0004
RS_1	0.0033	0.0014	0.0023	0

#### 5.4 Kết quả tính toán chuyển dịch tổng hợp nhà máy xi măng Cẩm Phả

Từ những đánh giá trên, cho thấy ứng dụng công nghệ GPS độ chính xác cao hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu quan trắc chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả theo cả phương ngang và phương thẳng đứng. Do đó kết quả quan trắc bằng công nghệ GPS và xử lý số liệu bằng phần mềm BERNESE 5.0 sẽ được sử dụng là kết quả cuối cùng cho đánh giá chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả.

Hình 5 thể hiện kết quả dịch chuyển tổng hợp nhà máy xi măng Cẩm Phả theo phương ngang và phương thẳng đứng. Trong đó, điểm RS\_1 được thiết kế là điểm ổn định, tuy nhiên trên thực tế khi kiểm tra, điểm RS\_1 không đáp ứng được yêu cầu thiết kế ban đầu. Do đó điểm RS\_1 được xử lý tương tự như đối với các điểm quan trắc.

**Hình 5. Kết quả chuyển dịch nhà máy xi măng Cẩm Phả**

## 6. Kết luận

Kết quả quan trắc cho thấy: Các điểm quan trắc đều chuyển dịch có xu hướng thống nhất và có quy luật. Riêng điểm CD\_5 dịch chuyển có hướng khác so với các điểm khác. Qua xử lý được kiểm tra lại và xác định được nguyên nhân sự bất thường của điểm CD\_5 xảy ra giữa chu kỳ I và II. Nhà máy xi măng Cẩm Phả vẫn tiếp tục được xây dựng và mở rộng sản xuất đã ảnh hưởng đến vị trí của điểm CD\_5.

Toàn bộ nhà máy xi măng Cẩm Phả bị dịch chuyển ngang theo hướng Tây với vận tốc ước tính 5,4mm/năm (điểm CD\_4), 6,1mm/năm (điểm CD\_3). Riêng hệ thống cầu cảng dài 4km của nhà máy kéo dài ra hướng Vịnh Hạ Long, hướng dịch chuyển có phân chéch theo hướng Tây Nam với vận tốc 6,2mm/năm (điểm CD\_1) và 11,7mm/năm (điểm CD\_2).

Tương tự dịch chuyển ngang, xu hướng lún của nhà máy xi măng Cẩm Phả cũng theo quy luật rõ ràng và phù hợp với thực tế cấu trúc nền móng của nhà máy. Độ lún tăng dần ra hướng biển (hướng Nam), lún mạnh nhất là điểm CD\_1 xây dựng trên cầu cảng (xa đất liền nhất) có vận tốc 13,4mm/năm. Các điểm CD\_4, CD\_5 có tốc độ lún nhỏ hơn do nằm sát đất liền.

Kết quả quy trình quan trắc chuyển dịch bằng công nghệ GPS nhà máy xi măng Cẩm Phả đảm bảo độ chính xác quan trắc về cả mặt bằng và độ cao. Do đó, có thể ứng dụng rộng rãi quy trình nghiên cứu trên cho các công trình ven bờ có điều kiện tương tự nhà máy xi măng Cẩm Phả.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. H. BOCK, G. BEUTLER, S. SCHAER, T. A. SPRINGER, M. ROTHACHER. Processing Aspects Related to Permanent GPS Arrays. *Paper presented at GPS 99, Tsukuba, Japan, Oct 1999.*
2. M. ROTHACHER. Basics of GPS Data Processing. *TU Munich GPS Tutorial presented at the International Symposium on GPS, Oct. 1999, Tsukuba, Japan.*
3. ROLF DACH, URS HUGENTOBLE, PIERRE FRIDEZ, MICHAEL MEINDL. Bernese GPS Software Version 5.0. *Digital Print by Stämpfli Publications, 2007.*
4. S. VEY, E. CALAIS. GPS measurements of ocean loading and its impact on zenith tropospheric delay estimates. *a case study in Brittany, France. Journal of Geodesy, Vol. 76, No. 8, p. 419-427, 2002.*
5. NGÔ VĂN HỢI, Nghiên cứu ứng dụng hệ thống định vị toàn cầu GPS và máy toàn đạc điện tử đánh giá chuyển dịch ngang của các công trình. *Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, Hà Nội, 2005.*
6. VY QUỐC HẢI, So sánh kết quả xử lý số liệu GPS của lưới địa động lực bằng phần mềm GPSurvey 2.35 và Bernese 4.2, *Tạp chí các khoa học về Trái đất. 4 (T26) 2004, tr. 426 - 431, Hà Nội.*
7. Đề tài NCKH cấp Bộ Tài nguyên môi trường: "Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS để xác định chuyển dịch vỏ trái đất khu vực đứt gãy Lai Châu - Điện Biên" (2001- 2004).
8. TCXDVN 351 : 2005 "Quy trình kỹ thuật quan trắc chuyển dịch ngang nhà và công trình.
9. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 309 : 2004 "Công tác trắc địa trong xây dựng công trình dân dụng và khu công nghiệp".
10. Tiêu chuẩn xây dựng Việt Nam TCXDVN 271 : 2002 "Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học".