

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**DIỆM CÔNG TRANG**

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KỸ THUẬT NÂNG CAO  
HIỆU QUẢ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA TRONG THI CÔNG  
CÔNG TRÌNH NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM**

**NGÀNH: KỸ THUẬT TRẮC ĐỊA - BẢN ĐỒ**  
**MÃ SỐ: 9.52.05.03**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**HÀ NỘI - 2021**

Công trình được hoàn thành tại: **Bộ môn Trắc địa công trình,  
Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai  
Trường Đại học Mở - Địa chất, Hà Nội**

Người hướng dẫn khoa học:

- 1. PGS.TS Trần Việt Tuấn**, Trường Đại học Mở - Địa chất
- 2. PGS.TS Nguyễn Quang Thắng**, Trường Đại học Mở - Địa chất

Phản biện 1: **PGS.TS. Vũ Văn Thặng**, Trường Đại học Xây dựng

Phản biện 2: **GS.TS Võ Chí Mỹ**, Hội Trắc địa - Bản Đồ - Viễn thám  
Việt Nam

Phản biện 3: **TS Phạm Minh Hải**, Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án cấp Trường

Hội tại Trường Đại học Mở - Địa chất,

Vào hồi ... giờ ... ngày ... tháng ... năm .....

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- **Thư viện Quốc Gia Việt Nam**
- **Thư viện Trường Đại học Mở - Địa chất**

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Trong thời gian hiện nay có một số công trình NSCT đã được xây dựng ở nước ta. Đó là những công trình có chiều cao ( $H > 100$  m) hay số tầng lớn hơn 40 tầng. Đặc điểm thi công các toà NSCT là: công trình có chiều cao rất lớn được xây dựng trên diện tích nhỏ cho nên toàn bộ hay từng phần của công trình bị dao động với biên độ tương đối lớn và không có quy luật do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra trong quá trình xây dựng. Trong những trường hợp này không thể sử dụng các phương pháp và thiết bị trắc địa truyền thống để đảm bảo độ thẳng đứng của công trình khi thi công xây dựng. Chính vì vậy mà cần phải nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật và thiết bị trắc địa hiện đại nhằm đảm bảo thi công xây dựng công trình theo đúng thiết kế trong điều kiện công trình luôn bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra.

### 2. Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Mục tiêu của đề tài là: “Xác lập được cơ sở khoa học và phương pháp luận xây dựng giải pháp kỹ thuật trắc địa nhằm nâng cao hiệu quả và độ chính xác thi công NSCT ở Việt Nam”.

Đối tượng nghiên cứu là công tác trắc địa trong thi công NSCT ở Việt Nam.

Phạm vi nghiên cứu của luận án bao gồm: Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật đảm bảo độ chính xác thi công các công trình NSCT trong quá trình thi công, nghiên cứu nâng cao hiệu quả công tác trắc địa trong thi công công trình NSCT ở Việt Nam, nghiên cứu giải pháp công nghệ và thiết bị đo đạc hiện đại đang có tại Việt Nam nhằm đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết để đảm bảo độ chính xác trong thi công NSCT ở nước ta.

### 3. Nội dung nghiên cứu

- Khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố tác động của môi trường bên ngoài (nhiệt độ, gió...), và tải trọng của các vật liệu xây dựng, gây ra hiện tượng dao động của công trình NSCT trong không gian và theo thời gian trong quá trình thi công.

- Nghiên cứu sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy TĐĐT để xác định toạ độ tức thời của các điểm trực chính trên các sàn thi công dùng để bố trí khi thi công NSCT.

- Nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật trắc địa nhằm xác định và bố trí hệ trục công trình trên các sàn thi công NSCT đảm bảo yêu cầu thiết kế.

### 4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp thống kê, phương pháp phân tích, phương pháp toán học, phương pháp so sánh, phương pháp thực nghiệm, phương pháp ứng dụng tin học, phương pháp chuyên gia.

## **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài luận án**

- Kết quả nghiên cứu của luận án đóng góp vào sự phát triển và hoàn thiện công tác trắc địa trong thi công công trình NSCT và nâng cao trình độ và khả năng của ngành xây dựng Việt Nam trong xây dựng các công trình lớn và tiêu biểu mang tầm cỡ quốc tế.

- Các kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng để tiến hành triển khai công tác trắc địa trong thi công xây dựng NSCT ở Việt Nam và ứng dụng trong công tác tư vấn giám sát, kiểm tra nghiệm thu công trình trong quá trình thi công và trước khi đưa vào sử dụng các công trình NCT và NSCT ở nước ta.

## **6. Các luận điểm bảo vệ**

**Luận điểm 1:** Do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh và trọng tải công trình, nên toàn bộ hay từng phần của công trình nhà siêu cao tầng sẽ bị dao động tương đối lớn và không có quy luật chung, vì vậy cần nghiên cứu giải pháp kỹ thuật phù hợp để nâng cao hiệu quả và độ chính xác công tác trắc địa trong thi công nhà siêu cao tầng.

**Luận điểm 2:** Giải pháp kỹ thuật sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử đề xuất trong luận án cho phép xác định vị trí tức thời các điểm trên sàn xây dựng với độ chính xác đáp ứng tiêu chuẩn thi công nhà siêu cao tầng.

**Luận điểm 3:** Chương trình máy tính Super HBD V1.0 sử dụng cho hệ thống GNSS- RTK và máy toàn đạc điện tử cho phép tự động hóa quá trình xử lý số liệu trắc địa nhằm nâng cao hiệu quả phục vụ thi công nhà siêu cao tầng.

## **7. Những điểm mới của đề tài luận án**

- Đề xuất giải pháp kỹ thuật sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với các thiết bị trắc địa khác nhằm đảm bảo bố trí công trình đáp ứng yêu cầu kỹ thuật trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam.

- Đã nghiên cứu các giải pháp nâng cao độ chính xác và khả năng ứng dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử để xác định vị trí tức thời của các điểm trực chính trên sàn thi công nhà siêu cao tầng trong quá trình xây dựng.

- Xây dựng thuật toán và thành lập chương trình máy tính chuyên dụng Super HBDV 1.0 dùng cho thi công xây dựng, kiểm tra nghiệm thu công trình nhà cao tầng và nhà siêu cao tầng. Phần mềm Super HBDV1.0 đã cho phép ghép nối tín hiệu, tự động hoá quá trình xử lý số liệu trên các sàn thi công đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và tiến độ thi công xây dựng công trình nhà siêu cao tầng ở nước ta.

## **8. Cấu trúc của luận án**

Cấu trúc luận án gồm ba phần: mở đầu, 4 chương nội dung và phần kết luận.

## CHƯƠNG 1

### TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA TRONG THI CÔNG NHÀ CAO TẦNG VÀ SIÊU CAO TẦNG

#### **1.1. Khái niệm và lịch sử phát triển nhà siêu cao tầng**

##### ***1.1.1. Khái niệm nhà siêu cao tầng***

##### ***1.1.2. Lịch sử phát triển nhà siêu cao tầng***

###### **1.1.2.1. Trên thế giới**

###### **1.1.2.2. Ở Việt Nam**

#### **1.2. Công tác trắc địa trong thi công nhà cao tầng và siêu cao tầng**

##### ***1.2.1. Đặc điểm công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng***

##### ***1.2.2. Quy trình công tác trắc địa trong thi công xây dựng nhà cao tầng***

##### ***1.2.3. Các phương pháp chuyển trục theo phương thẳng đứng trong thi công nhà cao tầng***

###### **1.2.3.1. Phương pháp dây dọi chính xác**

###### **1.2.3.2. Phương pháp dùng mặt phẳng ngắm của máy kinh vĩ hoặc máy kinh vĩ điện tử**

###### **1.2.3.3. Phương pháp chuyển tọa độ lên cao bằng máy toàn đạc điện tử**

###### **1.2.3.4. Phương pháp dùng máy chiếu đứng quang học và lade**

###### **1.2.3.5. Chuyển trục công trình bằng công nghệ GNSS**

##### ***1.2.4. Đặc điểm thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam***

###### **1.2.4.1. Công nghệ vật liệu bê tông**

###### **1.2.4.2. Công tác ván khuôn (Cốp pha)**

###### **1.2.4.3. Công tác thi công cốt thép**

##### ***1.2.5. Các hạn sai trắc địa khi thi công nhà cao tầng và siêu cao tầng***

#### **1.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh đến quá trình thi công xây dựng nhà siêu cao tầng**

##### ***1.3.1. Ảnh hưởng của gió đến vị trí thẳng đứng của công trình***

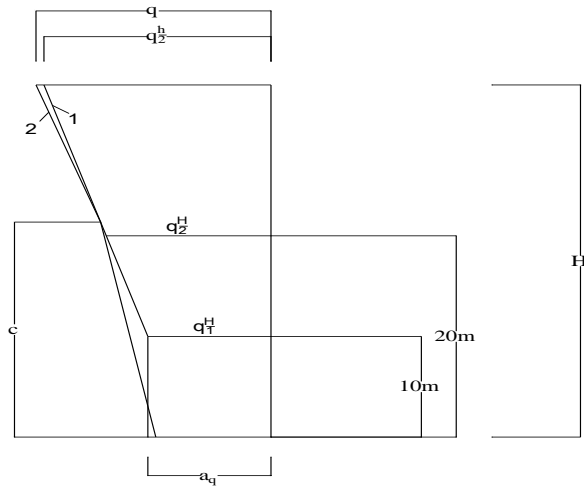
###### **1.3.1.1. Khái niệm, nguyên nhân hình thành, phân loại gió**

###### **1.3.1.2. Tính chất, đặc điểm của gió**

###### **1.3.1.3. Tác động của gió vào công trình**

###### **1.3.1.4. Tải trọng gió**

Tải trọng gió do tác động của khí hậu và thời tiết thay đổi theo thời gian, độ cao và địa điểm dưới dạng áp lực trên các mặt hứng gió hoặc hút gió của ngôi nhà.



Hình 1.23. Biểu đồ áp lực gió quy về dạng hình thang tương đương

### 1.3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến vị trí thẳng đứng của công trình

Đặc điểm làm việc của kết cấu nhà cao tầng và siêu cao tầng bằng bê tông cốt thép trong điều kiện thay đổi nhiệt độ ở nước ta là: Công trình biến dạng co giãn thường xuyên dưới tác động của nhiệt độ thay đổi. Nhiệt độ cao (nóng) thì bê tông giãn ra, nhiệt độ thấp (lạnh) thì co lại, gặp không khí ẩm thì nở ra, gặp không khí lạnh thì co lại. Có thể coi đó là biến dạng thường ngày của kết cấu nhà cao tầng và siêu cao tầng bằng bê tông cốt thép theo nhiệt độ hay sự thay đổi thời tiết.

### 1.3.3. Ảnh hưởng của tải trọng công trình đến vị trí thẳng đứng của công trình

#### 1.3.3.1. Tải trọng đứng

#### 1.3.3.2. Ảnh hưởng độ lệch tâm của tải trọng thẳng đứng

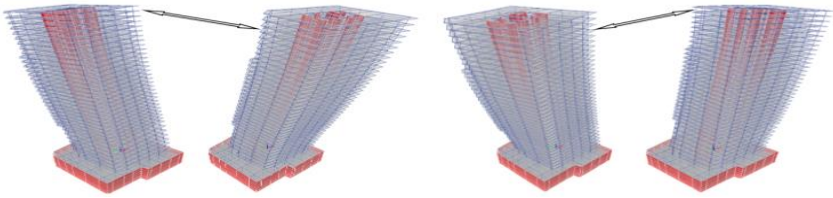
#### 1.3.3.3. Các loại tải trọng khác

### 1.3.4. Tổng hợp các dạng dao động của công trình

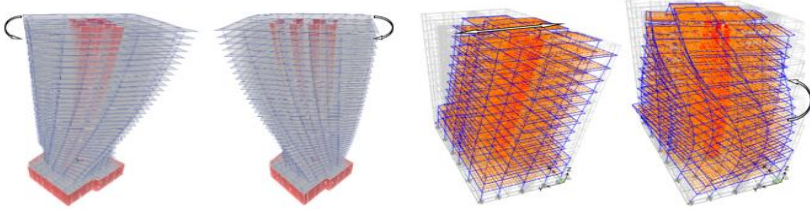
#### 1.3.4.1. Chuyển động tòa nhà

- Chuyển động dài hạn
- Chuyển động hàng ngày
- Chuyển động động

#### 1.3.4.2. Các dạng cơ bản dao động của nhà siêu cao tầng



Hình 1.27. Dạng dao động loại 1,2 của tòa NSCT



Hình 1.28. Dạng dao động loại 3 của tòa NSCT

Như vậy: dưới tác động của nhiều yếu tố ngoại cảnh như gió, thay đổi nhiệt độ, tải trọng bản thân công trình, co ngót từ biến của bê tông, độ lún không đều... NSCT bị dao động theo hướng tác động của ngoại lực. Dao động của phần trên ngôi nhà có thể mang tính đàn hồi và trở về vị trí cũ, cũng có thể mang tính đàn hồi không hoàn toàn và chuyển sang vị trí mới, quỹ đạo chuyển động, vận tốc dao động của công trình không theo quy luật nhất định, phụ thuộc vào vị trí xây dựng, thời gian thi công và kết cấu vật liệu xây dựng công trình.

#### **1.4. Các công trình nghiên cứu về công tác trắc địa trong thi công nhà cao tầng và siêu cao tầng**

##### **1.4.1. Các công trình nghiên cứu ở nước ngoài**

Ngoài một số tài liệu là sách giáo khoa trong đó có nội dung trình bày về công tác trắc địa trong thi công NCT và công trình có chiều cao lớn như: [49], [51], [52]...

1.4.1.1. Nghiên cứu về vấn đề ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng đến độ thẳng đứng của công trình trong quá trình thi công: [53], [60], [61], [63], [64]...

1.4.1.2. Nghiên cứu về vấn đề giải pháp kỹ thuật công tác trắc địa trong thi công các công trình nhà siêu cao tầng: [54]; [55], [60], [61], [63], [64]...

1.4.1.3. Nghiên cứu về ứng dụng phép lọc Kalman trong xử lý số liệu trắc địa: [56], [57], [62]...

##### **1.4.2. Các công trình nghiên cứu ở trong nước**

Ngoài một số tài liệu là sách giáo khoa trong đó có nội dung trình bày về công tác trắc địa trong thi công NCT và công trình có chiều cao lớn như: [5], [15]...

1.4.2.1. Nghiên cứu về vấn đề giải pháp kỹ thuật công tác trắc địa trong thi công các công trình nhà cao tầng: [2], [9], [12], [13] [11], [14], [16], [17], [30] [31]

1.4.2.2. Nghiên cứu về vấn đề ảnh hưởng của các yếu tố khí tượng đến độ thẳng đứng của công trình trong quá trình thi công: [24], [8]...

1.4.2.3. Nghiên cứu về vấn đề giải pháp kỹ thuật của công tác trắc địa trong thi công nhà siêu cao tầng: [8]...

1.4.2.4. Nghiên cứu về ứng dụng phép lọc Kalman trong xử lý số liệu trắc địa: [47], [10], [19], [33], [34]...

### **1.4.3. Các tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN)**

Bao gồm các tài liệu sau: [37], [38], [39], [40], [41], [42], [43], [44]...

## **1.5. Đánh giá chung về tình hình nghiên cứu và định hướng nghiên cứu của luận án**

### **1.5.1. Đánh giá chung về tình hình nghiên cứu**

Trên thế giới: Các quy trình công nghệ ở nước ngoài đã đề cập đến sự dao động của công trình có chiều cao lớn, nhưng không trình bày giải pháp khắc phục, chưa nêu lên các cách hiệu chỉnh giá trị vặn xoắn của công trình do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh tác động lên công trình trong quá trình thi công. Đối với một số tài liệu công bố gần đây mới nêu lên được giải pháp công nghệ đã sử dụng để hiệu chỉnh các điểm bố trí công trình đang thi công theo đúng thiết kế, nhưng nội dung của công nghệ và bản chất của thuật toán chúng ta chưa nắm bắt được và không trình bày về độ chính xác nên chưa phù hợp với điều kiện thực tế ở Việt Nam (thiết bị trắc địa hiện có, điều kiện địa chất, yếu tố xây dựng, trình độ thi công, điều kiện kinh tế...); không đưa ra quy luật chuyển động của tòa NSCT do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh và tải trọng bản thân công trình đến độ thẳng đứng của công trình.

Ở Việt Nam: Do hạn chế về năng lực sản xuất thiết bị đo đạc chính xác cao, nên chủ yếu sử dụng các công nghệ hiện đại nhập khẩu, chưa có điều kiện chế tạo các thiết bị đo chuyên dụng dùng cho công tác trắc địa trong thi công NSCT.

Tại các công trình xây dựng NSCT ở Việt Nam, công việc trắc địa trong thi công NSCT, chủ yếu do các chuyên gia và công ty nước ngoài thực hiện.

### **1.5.2. Định hướng nghiên cứu của luận án**

1. Nghiên cứu giải pháp ứng dụng các công nghệ đo đạc tiên tiến và hiện đại để thay thế các thiết bị và phương pháp đo đạc truyền thống với mục đích tự động hóa



quá trình đo đạc, nâng cao độ chính xác và đảm bảo tiến độ thi công NSCT phù hợp với đặc điểm công nghệ thi công đang được ứng dụng ở Việt Nam.

2. Khảo sát và đánh giá độ chính xác và khả năng ứng dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử để xác định vị trí tức thời của các điểm cần bố trí trên các sàn thi công NSCT trong quá trình xây dựng.

3. Nghiên cứu xây dựng thuật toán và thành lập chương trình máy tính xử lý số liệu cho phép xác định tọa độ tức thời của các điểm trực chính trên các sàn thi công NSCT.

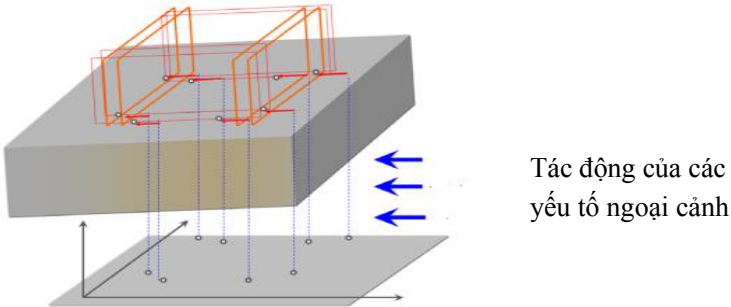
4. Nghiên cứu phương pháp bố trí chi tiết công trình theo đúng vị trí thiết kế nhằm đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật thi công NSCT ở Việt Nam.

## CHƯƠNG 2

### NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KỸ THUẬT CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA TRONG THI CÔNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM

**2.1. Nghiên cứu lựa chọn giải pháp trắc địa khắc phục ảnh hưởng sự dao động trong thi công nhà siêu cao tầng**

**2.1.1. Đặc điểm công tác trắc địa trong thi công NSCT ở Việt Nam**



Hình 2.1. NSCT bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh

**2.1.2. Lựa chọn giải pháp kỹ thuật công tác trắc địa trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam**

2.1.2.1. Giải pháp 1

2.1.2.2. Giải pháp 2

2.1.2.3. Giải pháp 3

Xây dựng một hệ tọa độ thi công công trình (2D) với một điểm gốc (BS) không thay đổi và ổn định, dùng công nghệ GNSS - RTK xác định tổng độ dịch chuyển của mặt sàn NSCT do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh và tải trọng công trình gây ra so với điểm gốc BS, từ đó chúng ta có thể tiến hành:

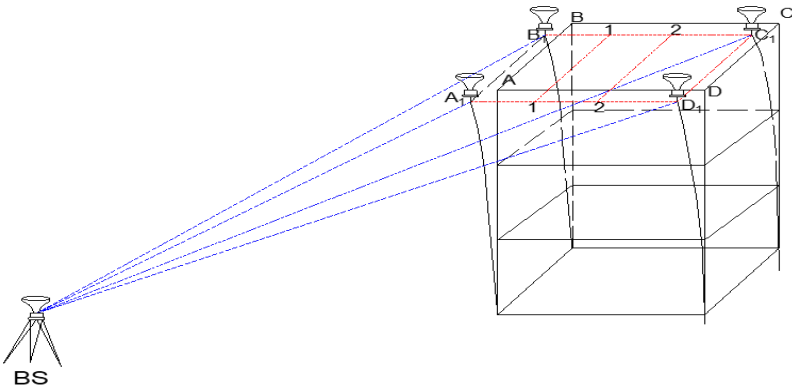
- Xác định giá trị dao động của công trình.
- Chuyển trục công trình lên cao.

## 2.2. Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật công tác trắc địa trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam

### 2.2.1. Nguyên lý của giải pháp kỹ thuật ứng dụng công nghệ GNSS - RTK và máy TĐĐT để xác định vị trí các điểm trục chính NSCT trong quá trình thi công

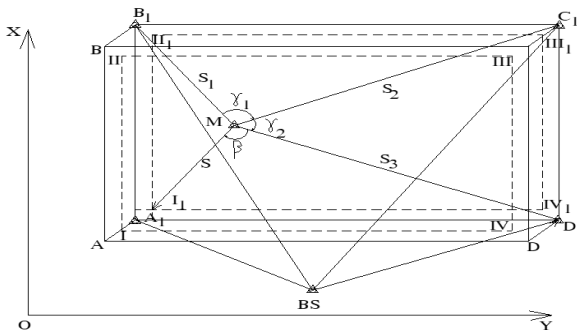
Giả sử tại thời điểm  $t_1$  vị trí toà nhà được xác định bởi các điểm (A, B, C, D) có toạ độ là  $(x, y)_1$  như hình 2.3.

Tại thời điểm  $t_n$  do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh, các điểm (A, B, C, D) di chuyển đến vị trí (A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>) có toạ độ tức thời  $(x, y)_n$ .



Hình 2.3. Giải pháp ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trong thi công NSCT

Nếu sử dụng công nghệ GNSS - RTK với trạm Base đặt tại điểm BS và các trạm rover đặt tại các điểm (A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>, D<sub>1</sub>) sẽ xác định được các giá trị toạ độ tức thời của các điểm này tại thời điểm  $t_n$  tức là các giá trị  $(x, y)_n$ .



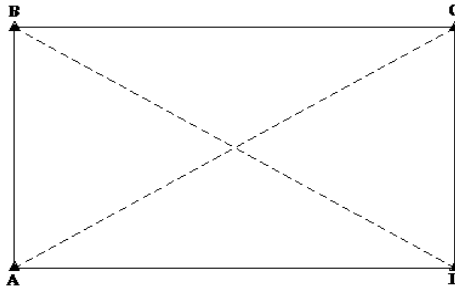
Hình 2.4. Nguyên lý bố trí trục công trình NSCT bằng công nghệ GNSS-RTK và máy TĐĐT

Nguyên lý cơ bản của giải pháp kỹ thuật này được trình bày như hình 2.4

- Đầu tiên cần xây dựng một hệ tọa độ thi công công trình XOY ở dạng hệ tọa độ 2D. Hệ tọa độ này phải trùng với hệ tọa độ đã dùng để thiết kế công trình.
- Điểm BS là điểm nằm ở gần công trình có tọa độ nằm trong hệ XOY và cố định trong suốt quá trình thi công công trình. Tại điểm BS đặt trạm base khi sử dụng công nghệ GNSS - RTK.

#### 2.2.1.1. Tại mặt sàn tầng 1 (bề mặt móng của công trình)

- Giả sử các tại thời điểm  $t_1$  vị trí tòa nhà tầng 1 được xác định bởi các điểm (A, B, C, D) có tọa độ là  $(x,y)_1$  như hình 2.4
- Các điểm (I, II, III, IV) là các điểm giao nhau của các trục chính hoặc trục cơ bản trên công trình có tọa độ là  $(x,y)_{IT}$



Hình 2.5. Sơ đồ bố trí các trạm rover trên sàn cốp pha trượt

- Tại vị trí các điểm A, B, C, D bố trí các trạm đo rover được gắn cố định với sàn cốp pha trượt của từng sàn hoặc của hệ thống các cầu thang máy của công trình.
- Vị trí đặt các trạm rover tạo thành một tứ giác trắc địa như hình 2.5. Khoảng cách giữa các vị trí đặt các trạm rover được đo với độ chính xác cao ngay từ mặt bằng móng công trình. Giá trị các khoảng cách này dùng để đánh giá chất lượng thu tín hiệu GNSS - RTK trên các sàn thi công sau này.
- Tọa độ của các điểm A, B, C, D được xác định chính xác bằng công nghệ GNSS tĩnh trong hệ VN - 2000 và các trị đo mặt đất trong hệ XOY. Các giá trị tọa độ này được sử dụng làm cơ sở để xác định:

- + Tổng độ chuyển dịch do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh đến sàn thi công thứ  $n$  ở thời điểm  $t_n$  so với điểm BS trong hệ tọa độ XOY
- + Xác định độ vặn xoắn của công trình trên sàn thi công thứ  $n$  tại thời điểm  $t_n$ .

#### 2.2.1.2. Tại tầng thi công thứ $n$

- Tại thời điểm  $t_n$  trên tầng thứ “ $n$ ” do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh và tải trọng bản thân công trình các điểm (A, B, C, D) di chuyển đến vị trí  $(A_1,$

$B_1, C_1, D_1$ ) có tọa độ tức thời  $(x, y)_2$ , các điểm (I, II, III, IV) di chuyển đến vị trí  $(I_1, II_1, III_1, IV_1)$  có tọa độ là  $(x, y)_{2T}$  như hình 2.4.

- Trên sàn n bằng công nghệ GNSS - RTK sẽ xác định được tọa độ tức thời của các điểm đo RTK ( $A_n, B_n, C_n, D_n$ ) trong hệ XOY tại thời điểm  $t_n$  là  $(x, y)_n$ . Từ đó có thể xác định được tổng độ chuyển dịch của các điểm ( $A_n, B_n, C_n, D_n$ ) ở sàn thứ n so với các điểm (A, B, C, D) ở tầng 1. Đó cũng chính là sự dịch chuyển của các điểm ( $I_n, II_n, III_n, IV_n$ ) ở thời điểm  $t_n$  so với tọa độ ban đầu của các điểm này ở thời điểm  $t_1$

- Nếu trên sàn thi công của tầng thứ n đặt một máy TĐĐT ở một vị trí bất kỳ (điểm M) và sử dụng phương pháp giao hội nghịch góc - cạnh đến các điểm ( $A_n, B_n, C_n, D_n$ ), đo các góc  $\gamma_i$  và các cạnh  $S_i$  (Hình 2.4) sẽ xác định được tọa độ của của điểm M tại thời điểm  $t_{2n}$  (trong hệ XOY) từ đó có thể xác định được các yếu tố bố trí điểm  $I_n, II_n, III_n$  và  $IV_n$  về vị trí theo chỉ định của thiết kế bằng phương pháp tọa độ cực từ điểm M qua góc bố trí  $\beta$  và cạnh cực S (Hình 2.4)

2.2.1.3. Chức năng của hệ thống GNSS - RTK và máy TĐĐT trong giải pháp kỹ thuật đề nghị

- Xác định tổng độ chuyển dịch, dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh của sàn thi công thứ n so với tầng 1 và tầng thứ  $(n - 1)$ .

- Xác định quỹ đạo dịch chuyển và dao động của các sàn thi công theo thời gian thực. Các kết quả đo GNSS - RTK liên tục tạo thành một cơ sở dữ liệu được sử để xác định chuyển vị trung bình của đường hồi quy và thể hiện tổng chuyển vị trung bình của công trình.

- Kết quả đo GNSS - RTK liên tục được sử dụng kết hợp với các phép đo liên tục, thời gian thực về độ nghiêng của công trình dọc theo chiều thẳng đứng dùng để xác định các số hiệu chỉnh dưới dạng các thành phần X và Y để điều chỉnh chính xác tòa nhà theo phương thẳng đứng [54].

### 2.2.2. Yêu cầu độ chính xác của công tác trắc địa khi thi công NSCT

Ký hiệu  $f$  là hạn sai cho phép. Theo [67] hạn sai cho phép trong việc bố trí đường trục đứng cho công trình có độ cao  $H \geq 150$  m là  $f \leq \pm 30$  mm.

Nếu quan niệm hạn sai cho phép này là sai số giới hạn thì sai số trung phương  $m$  được xác định theo công thức [4]:

$$m = \frac{f}{t} \quad (2.5)$$

Giá trị  $m$  bao gồm ảnh hưởng của các nguồn sai số sau:

$$m^2 = m_{td}^2 + m_{tc}^2 \quad (2.6)$$

Trong đó:  $m_{td}$  là sai số do công tác trắc địa gây ra

$m_{tc}$  là sai số thi công xây lắp

Nếu coi hai nguồn sai số này là độc lập và có ảnh hưởng như nhau thì:

$$m_{TD} = \frac{m}{\sqrt{2}} = \pm 10,6\text{mm} \quad (2.7)$$

Mặt khác, sai số của công tác trắc địa bao gồm sai số lưới khống chế ( $m_{kc}$ ), sai số đo GNSS - RTK ( $m_{rtk}$ ) và sai số xác định tọa độ trạm máy M ( $m_{TM}$ ), sai số bố trí ( $m_{bt}$ ) tức là:

$$m_{td}^2 = m_{kc}^2 + m_{rtk}^2 + m_{TM}^2 + m_{bt}^2 \quad (2.8)$$

Sử dụng nguyên tắc đồng ảnh hưởng và ảnh hưởng không đáng kể và sau một số biến đổi ta có:

$$m_0 = \frac{m_{td}k}{\sqrt{1+3k^2}} \quad (2.11)$$

Với  $k = 2$  và  $m_{td} = \pm 10,6$  mm thay vào (2.11) ta tính được  $m_0 = \pm 5,9$  mm.

Từ đó theo (2.10) tính được  $m_{kc} = \pm 2,9$  mm

Như vậy sai số trung phương vị trí điểm của lưới khống chế (điểm đặt trạm base) không được vượt quá đại lượng  $\pm 2,9$ mm.

$m_{TM}$  là sai số xác định tọa độ trạm máy M, nguồn sai số này bao gồm sai số giao hội góc - cạnh ( $m_{gh}$ ) để xác định tọa độ của điểm đặt trạm máy M và sai số do dao động của sàn thi công ( $m_{dd}$ ) gây ra.

$$m_{TM}^2 = m_{dd}^2 + m_{gh}^2 \quad (2.12)$$

Sử dụng nguyên tắc ảnh hưởng không đáng kể và biến đổi ta có

$$m_{gh} = \frac{m_{TM}k}{\sqrt{1+k^2}} \quad (2.14)$$

Thay giá trị  $m_{TM} = \pm 5,9$ mm vào công thức (2.13) và (2.14) ta có  $m_{gh} = \pm 5,3$  mm ;  $m_{dd} = \pm 2,6$  mm

Các đại lượng chuyển dịch ( $d_i$ ) do dao động của công trình gây ra, cần xác định bằng công nghệ GNSS-RTK với độ chính xác  $m_{dd} \leq \pm 2,6$ mm.

Các điểm trục công trình trên các sàn thi công được bố trí với độ chính xác:  $m_{td} = \pm 10,6$ mm

Đây là kết quả tính tương ứng với giá trị  $f = 30$  mm và  $H \geq 150$  m.

**2.2.3. Đánh giá khả năng ứng dụng của giải pháp kỹ thuật sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp máy TĐĐT trong thi công NSCT**

- Không phải để lỗ thông sàn giữa các tầng như khi sử dụng máy chiếu đứng để chuyển các trục chính theo phương thẳng đứng.

- Độ chính xác đo GNSS - RTK hầu như không phụ thuộc vào chiều cao công trình, vì vậy có thể chuyển toạ độ từ đó chuyển các trục từ mặt bằng móng lên tầng thứ n ở độ cao bất kỳ. Điều này tránh được sự tích lũy sai số thường gặp phải khi sử dụng phương pháp chiếu phân đoạn truyền thống.

### **2.3. Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ chính xác khi sử dụng kết hợp công nghệ GNSS-RTK và máy TĐĐT trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam**

#### **2.3.1. Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ chính xác định vị bằng công nghệ GNSS - RTK trong thi công NSCT ở Việt Nam**

##### 2.3.1.1. Khái quát về công nghệ GNSS - RTK

##### 2.3.1.2. Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ chính xác kết quả đo GNSS - RTK trong thi công NSCT ở Việt Nam



*Hình 2.7. Thiết bị kiểm định độ chính xác công nghệ GNSS - RTK*

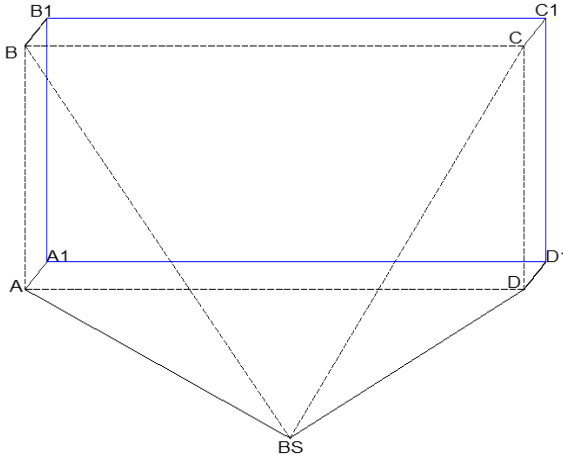
Các giải pháp nâng cao độ chính xác GNSS-RTK đối với các rover bao gồm:

- Tăng thời gian thu tín hiệu:
- Đảm bảo tính ổn định của các ăng ten máy thu rover

Như vậy, khi số trị đo tăng lên n lần thì sai số xác định trị trung bình cộng sẽ giảm  $\sqrt{n}$  lần.

Như vậy, ta có thể kết luận rằng để tăng độ chính xác đo GNSS - RTK thì cần tăng thời gian thu tín hiệu tại các trạm rover với thời gian thu tín hiệu từ khoảng 60s tại mỗi vị trí đo GNSS - RTK.

##### 2.3.1.3. Khảo sát độ chính xác phát hiện chuyển dịch do dao động của NSCT bằng công nghệ GNSS - RTK



Hình 2.8. Sơ đồ lưới thực nghiệm phát hiện chuyển dịch dao động của NSCT

Độ chính xác đo phát hiện chuyển dịch  $d_i$  của NSCT bằng công nghệ GNSS-RTK đạt độ chính xác từ  $m_{di} = \pm (1.7 \div 2.1)mm$

So sánh với các chỉ tiêu kỹ thuật đo dao động của NSCT đã nêu ở mục 2.2.2, ta thấy công nghệ GNSS-RTK đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết khi xác định chuyển dịch do dao động của toà NSCT giữa hai thời điểm  $t_1$  và  $t_2$  trong quá trình thi công xây dựng công trình.

### 2.3.2. Ứng dụng phép lọc Kalman để xử lý số liệu thu GNSS - RTK

#### 2.3.2.1. Nguyên lý và công thức cơ bản của lọc Kalman

$$\text{Mô hình trạng thái: } \mathbf{X}_k = \mathbf{F}_{k-1} \mathbf{X}_{k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{U}_k + \mathbf{W}_k \quad (2.19)$$

$$\text{Mô hình trị đo: } \mathbf{L}_k = \mathbf{D}_k \mathbf{X}_k + \mathbf{V}_k \quad (2.20)$$

Lọc Kalman là một phép ước lượng lặp, chu trình tính toán có thể chia thành hai bước chính:

Bước 1: Dự đoán hay cập nhật trạng thái:

$$\mathbf{X}_k^- = \mathbf{F}_{k-1,k} \mathbf{X}_{k-1} + \mathbf{B}_k \mathbf{U}_k \quad (2.21)$$

$$\mathbf{P}_k^- = \mathbf{F}_{k-1,k} \mathbf{P}_{k-1} \mathbf{F}_{k-1,k}^T + \mathbf{Q}_k \quad (2.22)$$

Bước 2: Cập nhật trị đo:

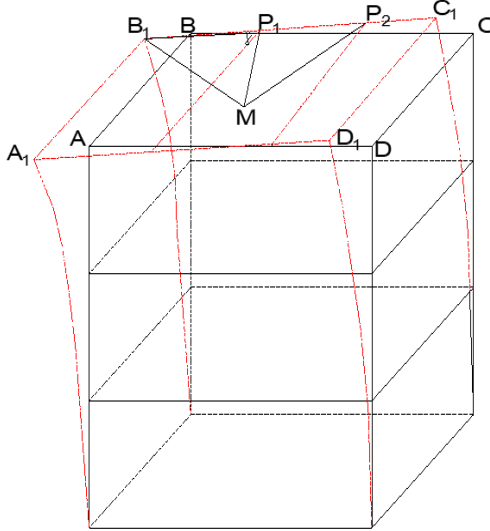
$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_k^- \mathbf{D}_k^T \left[ \mathbf{D}_k \mathbf{P}_k^- \mathbf{D}_k^T + \mathbf{R}_k \right]^{-1} \quad (2.23)$$

$$\hat{\mathbf{X}}_k = \mathbf{X}_k^- + \mathbf{K}_k (\mathbf{L}_k - \mathbf{D}_k \mathbf{X}_k^-) \quad (2.24)$$

$$\mathbf{P}_k = \mathbf{P}_k^- - \mathbf{K}_k \mathbf{D}_k \mathbf{P}_k^- \quad (2.25)$$

2.3.2.2. Ứng dụng lọc Kalman trong xử lý số liệu đo GNSS - RTK

**2.3.3. Khảo sát ảnh hưởng độ nghiêng của sàn thi công nhà siêu cao tầng**



*Hình 2.9. Góc nghiêng  $\gamma$  của sàn thi công tại thời điểm  $t_i$*

Như vậy: khi bố trí chi tiết trên các sàn thi công tại các công trình NSCT, nếu góc nghiêng  $\gamma$  của sàn thi công không vượt quá  $14'$  thì không cần phải tính số hiệu chỉnh này vào chiều dài cạnh khi bố trí công trình.

**2.3.4. Tính chuyển tọa độ đo GNSS - RTK về hệ tọa độ thi công công trình**

Khi sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy TĐĐT để bố trí trên các sàn thi công NSCT cần phải tiến hành tính chuyển kết quả đo GNSS - RTK tại các thời điểm bố trí về hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình. Giải pháp này sẽ đảm bảo sự đồng nhất về hệ tọa độ thiết kế và thi công công trình, làm giảm sự biến dạng về chiều dài cạnh đo bằng công nghệ GNSS trong hệ tọa độ thi công công trình, điều này giúp nâng cao độ chính xác của các điểm đo GNSS - RTK dùng làm cơ sở để bố trí chi tiết trên các sàn thi công NSCT.

**2.3.5. Kiểm tra đánh giá tính ổn định của điểm đặt trạm base**

Giải pháp kỹ thuật sử dụng công nghệ GNSS-RTK trong bố trí thi công NSCT dựa trên nguyên lý: sử dụng một hệ tọa độ thi công trên mặt đất với một điểm cố định nằm ngoài khu vực xây dựng có tọa độ không thay đổi trong suốt quá trình thi công (được sử dụng làm điểm đặt trạm base). Tọa độ của các trạm rover được bố trí trên công trình đều xác định theo gia số tọa độ so với điểm trạm base. Vì vậy điểm được chọn là điểm trạm base cần phải ổn định và cần thường xuyên đo đạc kiểm tra, xử lý số liệu để đánh giá tính ổn định của điểm cố định này.



## 2.4. Nghiên cứu xây dựng quy trình sử dụng của công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy TĐĐT trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam

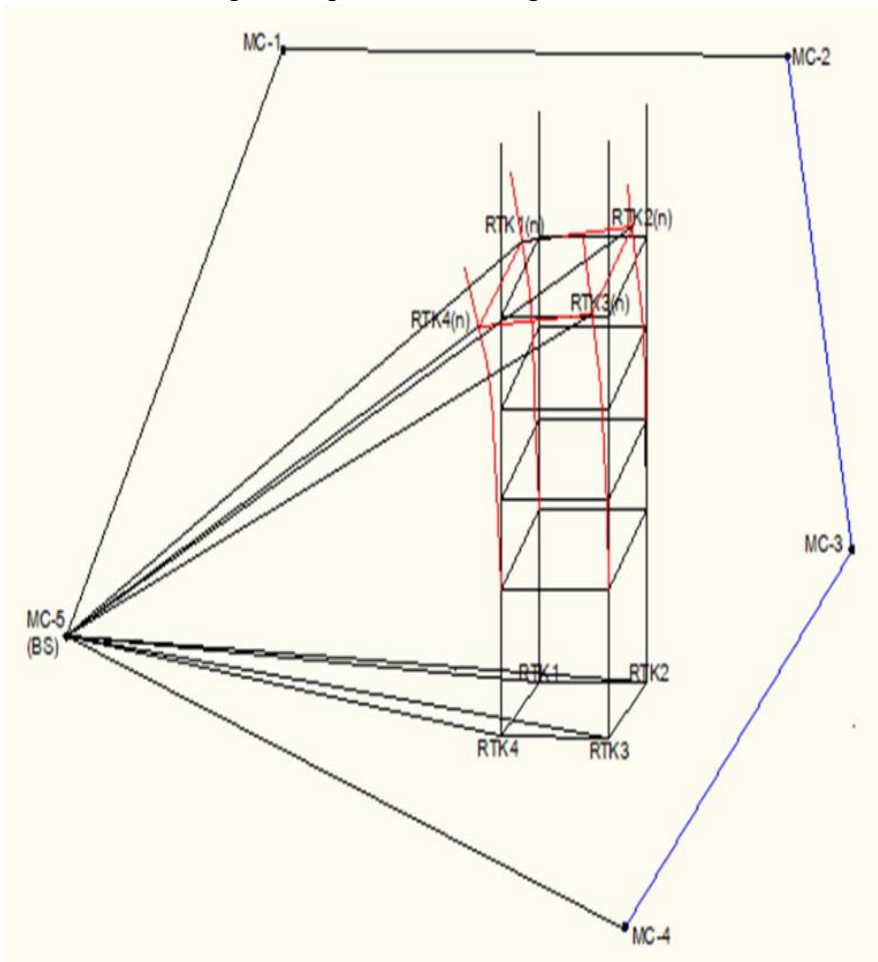
### 2.4.1. Thành lập lưới khống chế bên ngoài công trình

### 2.4.2. Công tác trắc địa trong thi công phần móng công trình

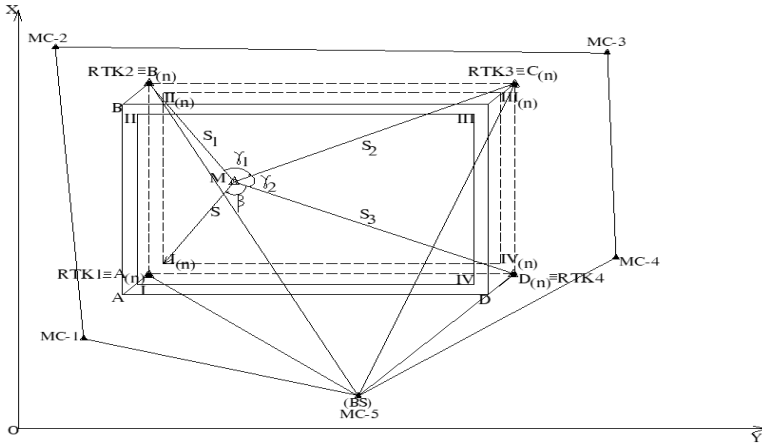
### 2.4.3. Sử dụng công nghệ GNSS-RTK đo kiểm tra hệ thống trục công trình đã được bố trí trên mặt móng công trình

### 2.4.4. Chuyển các điểm khống chế (trục công trình) lên cao

Trình tự chuyển trục công trình bằng công nghệ GNSS - RTK kết hợp máy toàn đạc điện tử trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam như sau:



Hình 2.11. Sơ đồ bố trí các rover và trạm base chuyển trục lên cao trong thi công nhà siêu cao tầng



Hình 2.12. Sơ đồ quy trình chuyển trục lên cao trong thi công NSCT

#### 2.4.5. Bố trí chi tiết trên các mặt bằng xây dựng

#### 2.4.6. Đo vẽ hoàn công

#### 2.4.7. Công tác trắc địa trong giai đoạn hoàn thiện công trình

#### 2.4.8. Quan trắc chuyển dịch biến dạng công trình

### 2.5. Nghiên cứu mở rộng khả năng ứng dụng của công nghệ GNSS-RTK kết hợp với máy TĐĐT trong một số dạng công tác trắc địa công trình

#### 2.5.1. Nghiên cứu ứng dụng của công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy TĐĐT trong thi công nhà cao tầng

#### 2.5.2. Ứng dụng của công nghệ GNSS-RTK kết hợp với máy TĐĐT trong công tác tư vấn giám sát, kiểm tra nghiệm thu nhà cao tầng

### 2.6. Nhận xét

Từ các kết quả nghiên cứu giữa lý thuyết và đo đạc tính toán thực nghiệm ở chương 2, chúng tôi rút ra một số nhận xét sau đây:

- Giải pháp sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy TĐĐT cho phép xác định được toàn bộ các điểm bố trí ở thời điểm “t” bất kỳ với độ chính xác đảm bảo được các yêu cầu cần thiết trong thi công NCT và NSCT.

- Giải pháp này khắc phục được nhược điểm của các giải pháp truyền thống như trong thi công NCT thì không cần để các lỗ thông sàn; trong thi công NSCT hoàn toàn có thể bố trí công trình trong điều kiện bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra và không phụ thuộc vào chiều cao công trình.

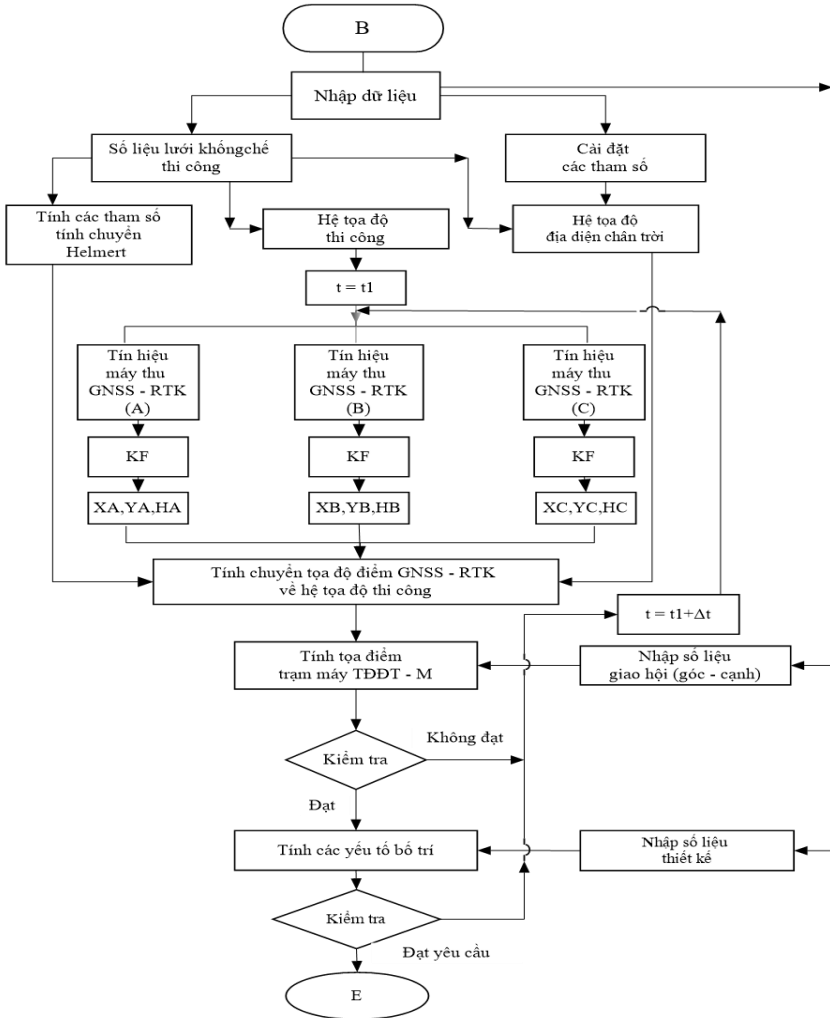
- Để ứng dụng giải pháp kỹ thuật này hiệu quả thì cần lưu ý đến vấn đề: xử lý số liệu đo GNSS-RTK, tính chuyển tọa độ các điểm đo GNSS - RTK về hệ tọa độ thi công công trình và tính ổn định của điểm đặt trạm base trong công nghệ GNSS - RTK.

**CHƯƠNG 3**  
**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ CHƯƠNG TRÌNH**  
**MÁY TÍNH PHỤC VỤ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA TRONG THI CÔNG**  
**NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM**

**3.1. Sự cần thiết phải xây dựng chương trình máy tính chuyên dụng**

**3.2. Xây dựng sơ đồ khối và thuật toán**

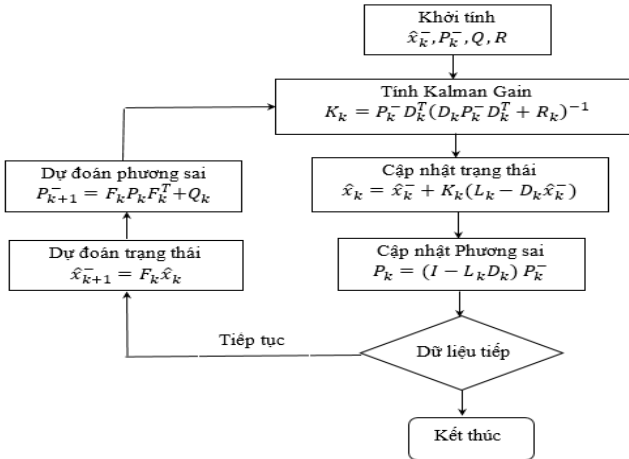
**3.2.1. Xây dựng sơ đồ khối**



*Hình 3.1. Sơ đồ khối chương trình máy tính phục vụ công tác trắc địa thi công nhà siêu cao tầng*

### 3.2.2. Xây dựng thuật toán

#### 3.2.2.1. Thuật toán lọc Kalman



Hình 3.2. Sơ đồ khối các bước tính toán trong phép lọc Kalman

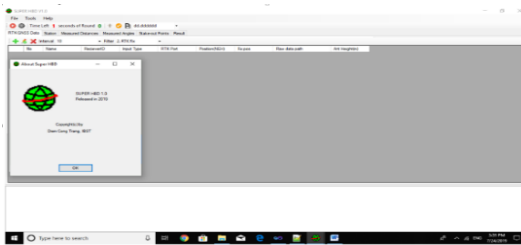
3.2.2.2. Thuật toán tính chuyển tọa độ các điểm đo GNSS - RTK về hệ tọa độ thi công công trình

3.2.2.3. Thuật toán tính các yếu tố bố trí

### 3.3. Xây dựng các Modul của chương trình

#### 3.3.1. Giới thiệu về Super HBDV 1.0

##### 3.3.1.1. Giao diện chính



Hình 3.5. Giao diện chính

3.3.1.2. Thiết đặt các tham số trong mục Tool/Setting

3.3.1.3. Thao tác đối với modul cài đặt các điểm GNSS - RTK

3.3.1.4. Thao tác đối với modul nhập điểm trạm máy TĐĐT

3.3.1.5. Thao tác đối với modul nhập các cạnh đo

3.3.1.6. Thao tác đối với modul nhập các góc đo

3.3.1.7. Thao tác đối với modul nhập các điểm bố trí

3.3.1.8. Phần mềm chạy và nhận dữ liệu GNSS - RTK

3.3.1.9. Kết quả tính toán và bố trí điểm

### **3.3.2. Nhận xét**

Phần mềm được thành lập chạy trên nền Windows, có giao diện đơn giản thuận tiện cho người sử dụng với khả năng tính toán nhanh, tức thời.

## **CHƯƠNG 4**

### **MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐO ĐẠC VÀ TÍNH TOÁN THỰC NGHIỆM**

#### **4.1. Thực nghiệm khảo sát độ chính xác định vị điểm bằng công nghệ GNSS - RTK với khoảng thời gian thu tín hiệu tăng lên 1 phút và 5 phút (Thực nghiệm 1)**

##### **4.1.1. Mục đích thực nghiệm**

##### **4.1.2. Nội dung thực nghiệm**

##### **4.1.3. Kết quả thực nghiệm**

Đánh giá độ chính xác định vị bằng công nghệ GNSS - RTK theo công thức (4.7) ta có độ chính xác định vị bằng công nghệ GNSS - RTK đạt độ chính xác  $m_s = \pm 0.41$  mm

Từ kết quả đo đạc và tính toán thực nghiệm cho thấy: độ chính xác định vị bằng công nghệ GNSS - RTK so với yêu cầu đã trình bày ở mục 2.2.2, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết đề ra.

#### **4.2. Khảo sát độ chính xác phát hiện chuyển dịch do dao động của NSCT bằng công nghệ GNSS - RTK (Thực nghiệm 2)**

##### **4.2.1. Mục đích thực nghiệm**

##### **4.2.2. Nội dung thực nghiệm**

##### **4.2.3. Kết quả thực nghiệm**

Với  $n$  là số lần đo GNSS - RTK. Sử dụng công thức (4.8) và số liệu tính toán trong bảng 4.2 để tính ta có:  $m_{d1} = \pm 2.0$  mm;  $m_{d2} = \pm 1.7$  mm;  $m_{d3} = \pm 2.1$  mm

So sánh với các chỉ tiêu kỹ thuật đo dao động của NSCT nêu ở mục 2.2.2 ta thấy công nghệ GNSS - RTK đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết khi xác định chuyển dịch do dao động của toà NSCT giữa hai thời điểm  $t_1$  và  $t_2$  trong quá trình thi công xây dựng công trình.

#### **4.3. Thực nghiệm đánh giá độ tin cậy và độ chính xác của hệ thống GNSS - RTK kết hợp máy TĐĐT xử lý bằng phần mềm Super HBDV 1.0 trên mô hình (Thực nghiệm 3)**

##### **4.3.1. Mục đích thực nghiệm**

##### **4.3.2. Nội dung và kết quả thực nghiệm**

##### **4.3.2.1. Thiết bị sử dụng**



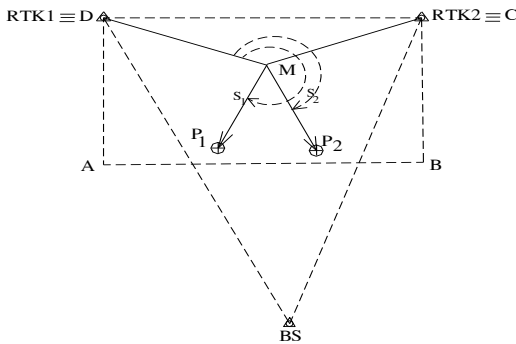
Hình 4.9. Máy GNSS-RTK - Gắn gương 360° và hệ thu phát sóng 3G

#### 4.3.2.2. Nội dung tiến hành thực nghiệm

a. Xác định các tham số tính chuyển tọa độ

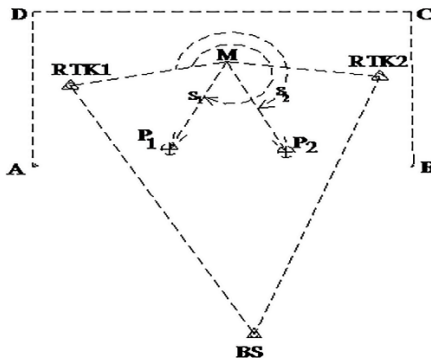
b. Tổ chức đo đạc

❖ Phương án 1:



Hình 4.9. Sơ đồ lưới thực nghiệm - phương án 1

❖ Phương án 2:

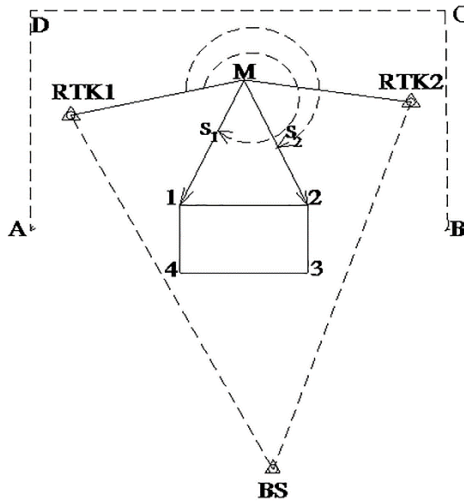


Hình 4.10. Sơ đồ lưới thực nghiệm - phương án 2

\* Đánh giá độ chính xác bố trí điểm theo các yếu tố thiết kế:  $m_p = 2.72\text{mm}$

\* Đánh giá độ chính xác các điểm bố trí theo tọa độ điểm bố trí:  $m_p = 2.24\text{mm}$

❖ *Phương án 3:*



Hình 4.12. Sơ đồ lưới thực nghiệm - phương án 3

\* Đánh giá độ chính xác tương hỗ các điểm bố trí theo sai số đo khoảng cách

Sai số trung phương xác định chiều dài cạnh hay sai số trung phương tương hỗ giữa hai điểm bố trí:  $m_s = 2,19\text{mm}$

#### 4.3.3. Nhận xét

Từ kết quả đo đạc thực nghiệm trên mô hình cho thấy:

- Tính hiệu quả của giải pháp công nghệ GNSS - RTK: với 1 điểm trạm base đặt tại điểm gốc của hệ tọa độ thi công và các trạm rover đặt ở vị trí bất kỳ đều có thể xác định được tọa độ các điểm cần bố trí với độ chính xác nằm trong giới hạn cho phép và độ chính xác này đảm bảo công tác bố trí thi công NSCT.

- Độ chính xác đạt được của giải pháp đề ra đáp ứng được các yêu cầu công tác trắc địa trong thi công NSCT và cho phép xác định các điểm lưới không chế chuyên dụng hay các điểm bất kỳ cần bố trí trên công trình theo thời gian thực.

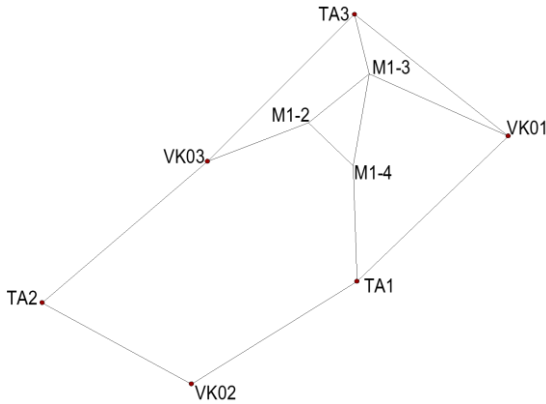
- Đã chứng minh được độ tin cậy đạt được của chương trình máy tính đã thành lập và sự hợp lý của các thuật toán đã xây dựng trong chương trình.

#### 4.4. Thực nghiệm ứng dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp máy TĐĐT và phần mềm Super HBDV 1.0 tại tháp V3 dự án xây dựng chung cư 50 tầng Terra - An Hưng (Hà Đông - TP Hà Nội) (Thực nghiệm 4)

##### 4.4.1. Giới thiệu dự án

##### 4.4.2. Mục đích thực nghiệm

##### 4.4.3. Sơ đồ hệ thống lưới không chế phục vụ thi công xây dựng dự án



Hình 4.14. Sơ đồ lưới khống chế mặt bằng tại dự án Terra - An Hưng

#### 4.4.4. Nội dung thực nghiệm

Sai số bố trí điểm tính theo các yếu tố bố trí:  $m_p = 3.5\text{mm}$

#### 4.4.5. Nhận xét

Từ kết quả đo đạc thực nghiệm trên tòa tháp V3 - dự án Terra - An Hưng cho thấy:

- Sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với phần mềm Super HBDV1.0 cho phép bố trí các điểm trực chính trên các sàn thi công với độ chính xác đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết trong thi công xây dựng NCT và NSCT ở nước ta.

- Khi sử dụng công nghệ này để bố trí thi công trên công trình NCT và NSCT đã khắc phục được một số tồn tại của phương pháp chiếu điểm truyền thống (không cần phải để các lỗ chiếu thông sàn, tránh sự tích lũy sai số, giảm ảnh hưởng của yếu tố chiết quang đến kết quả đo...)

- Giải pháp công nghệ này thuận lợi cho công tác bố trí thi công trong điều kiện công trình bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh gây ra.

### 4.5. Thực nghiệm ứng dụng phần mềm SUPER.HBD V1.0 tại dự án Golden Park Tower

#### 4.5.1. Giới thiệu dự án

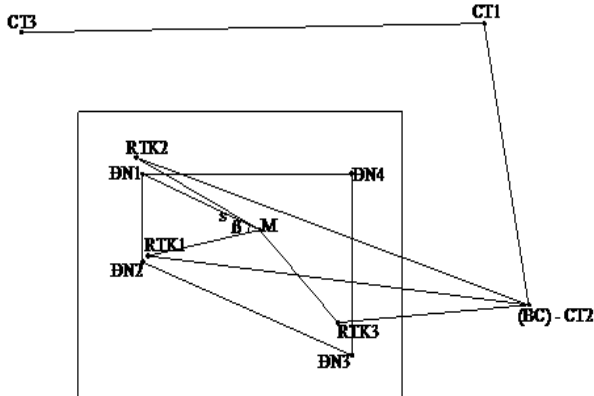
#### 4.5.2. Mục đích thực nghiệm

#### 4.5.3. Nội dung và kết quả thực nghiệm

##### 4.5.3.1. Hệ thống mốc khống chế cơ sở

##### 4.5.3.2. Sơ đồ bố trí lưới thực nghiệm Golden Part Tower





Hình 4.19. Sơ đồ lưới thực nghiệm Golden Part Tower - SuperHBD.VI

#### 4.5.4. Kết quả thực nghiệm

Sai số bố trí điểm tính theo các yếu tố bố trí:  $m_p = 3,02$  (mm)

#### 4.5.5. Nhận xét

Từ kết quả đo đạc thực nghiệm trên tòa nhà Golden Park Tower cho thấy:

Sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với phần mềm Super HBDV 1.0 cho phép xác định vị trí các điểm cần bố trí chi tiết trên các sàn thi công với độ chính xác đảm bảo được các yêu cầu kỹ thuật cần thiết trong thi công xây dựng NCT và NSCT ở nước ta.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### 1. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu về lý thuyết và đo đạc tính toán thực nghiệm có thể rút ra kết luận sau:

1.1. Nhà siêu cao tầng là công trình xây dựng có chiều cao lớn, được xây dựng trên diện tích hẹp nên trong quá trình thi công, một phần hay toàn bộ công trình luôn bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh với biên độ tương đối lớn và không có quy luật chung. Vì vậy cần áp dụng các giải pháp kỹ thuật phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả và độ chính xác công tác trắc địa trong thi công nhà siêu cao tầng.

1.2. Giải pháp kỹ thuật sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp máy toàn đạc điện tử đã được nghiên cứu về lý thuyết với kết quả đo đạc thử nghiệm cho phép bố trí tất cả các điểm trên công trình theo thời gian thực. Điều này cho phép tiến hành công tác bố trí chi tiết công trình trên các sàn thi công trong điều kiện công trình luôn bị dao động do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh. Đây cũng

chính là tính hiệu quả của giải pháp kỹ thuật đề xuất trong thi công nhà siêu cao tầng ở Việt Nam.

1.3. Khi sử dụng công nghệ GNSS - RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử thi công nhà siêu cao tầng cần áp dụng một số giải pháp đề xuất trong luận án nhằm nâng cao độ chính xác công tác trắc địa. Kết quả nghiên cứu lý thuyết và đo đạc thực nghiệm cho thấy tính hiệu quả của các giải pháp công nghệ nêu trên.

1.4. Chương trình máy tính chuyên dụng Super HBDV 1.0 dùng cho thi công nhà cao tầng và nhà siêu cao tầng đã giải quyết được vấn đề ghép nối tín hiệu, tự động hoá quá trình xử lý số liệu trắc địa trên các sàn thi công. Các kết quả đo đạc thử nghiệm cho thấy phần mềm Super HBDV 1.0 có tốc độ xử lý số liệu nhanh với độ tin cậy cao, đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và tiến độ thi công NSCT ở nước ta.

1.5. Các kết quả nghiên cứu trong luận án có thể được ứng dụng để tiến hành công tác trắc địa phục vụ thi công, tư vấn giám sát, kiểm tra nghiệm thu chất lượng công trình NCT và NSCT, cũng như các công trình hiện đại khác. Kết quả nghiên cứu này góp phần nâng cao trình độ chuyên môn và khả năng ứng dụng thực tế của chuyên ngành trắc địa ứng dụng nước ta trong xây dựng các công trình lớn tiêu biểu mang tầm cỡ quốc tế.

## **2. KIẾN NGHỊ**

2.1. Cần tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện quy trình đo đạc, tính toán và xử lý số liệu cho các giải pháp ứng dụng công nghệ hiện đại nhằm nâng cao hiệu quả của công tác trắc địa trong thi công xây dựng NSCT ở Việt Nam.

2.2. Trong hệ thống Tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN) hiện nay, tiêu chuẩn về công tác trắc địa trong thi công xây dựng NSCT chưa được cập nhật kịp thời và bổ sung các công nghệ mới, điều này ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng xây dựng NSCT ở nước ta khi thi công bằng công nghệ hiện đại. Vì vậy chúng tôi kiến nghị các cơ quan có thẩm quyền sớm ban hành TCVN và các văn bản pháp quy phù hợp với thực tế thi công xây dựng NSCT ở nước ta hiện nay.

**DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ  
ĐÃ CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN NỘI DUNG LUẬN ÁN**

1. Diêm Công Trang và nnk (2018), “Nghiên cứu một số giải pháp nâng cao hiệu quả công tác trắc địa thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, (35), tr. 21-28.
2. Diêm Công Trang, Nguyễn Quang Thắng (2018), “Giải pháp kiểm tra độ thẳng đứng công trình trong thi công nhà siêu cao tầng”. *Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học quốc tế ACI, Viện KHCN Xây dựng*, tr. 347 - 362.
3. Trần Ngọc Đông, Diêm Công Trang, (2017), “Phương pháp nâng cao hiệu quả chuyển tọa độ và độ cao lên các sàn thi công nhà cao tầng ở Việt Nam”. *Hội thảo Quốc tế về Quản lý thông minh Cơ sở Hạ tầng, ICSMI, trường ĐH GTVT Hà Nội*, tr. 317 - 328.
4. Nguyễn Quang Thắng, Vũ Thái Hà, Diêm Công Trang (2017), “Solution for reduction of effects of some factors on accuracy of staking out axis to working platforms in construction of skyscraper”. *The International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources in Hanoi, Vietnam, October 2017*, pg.67 - 73.
5. Nguyễn Quang Thắng, Vũ Thái Hà, Diêm Công Trang (2019), “Giải pháp chuyển độ cao lên sàn xây dựng bằng công nghệ GNSS trong thi công nhà siêu cao tầng”. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng*, (3), tr.59 - 64.
6. Trần Việt Tuấn, Diêm Công Trang (2018), “Khảo sát độ chính xác công nghệ GNSS - RTK trong một số dạng công tác trắc địa công trình”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, (37), tr. 46 - 49.
7. Trần Việt Tuấn, Diêm Công Trang (2019), “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, (40), tr.22 - 26.
8. Diêm Công Trang, Trần Việt Tuấn (2019), “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS - RTK trong công tác kiểm tra, nghiệm thu và đánh giá độ thẳng đứng của nhà siêu cao tầng trước khi đưa vào sử dụng”. *Hội nghị Khoa học Cán bộ trẻ lần thứ XV - Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng*.
9. Trần Việt Tuấn, Diêm Công Trang (2019), “Nghiên cứu giải pháp công nghệ GNSS - RTK trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, (42), tr.39 - 43.
10. Trần Việt Tuấn, Dương Thành Trung, Diêm Công Trang (2020), “Nghiên cứu nâng cao hiệu quả công tác đo đạc, xử lý số liệu trắc địa trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*, (44), tr.11-15.