

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
KHOA CẦU ĐƯỜNG - BỘ MÔN TRẮC ĐỊA

----- * * * -----

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LIÊN TỤC
KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG CÓ XÉT
ĐẾN ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH

Mã số: 111-2015/KHXD-TĐ

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Vũ Thái Hà

HÀ NỘI - 2016

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
KHOA CẦU ĐƯỜNG - BỘ MÔN TRẮC ĐỊA

----- * * * -----

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LIÊN TỤC
KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG
CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH

Mã số: 111-2015/KHXD-TĐ

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài

(ký, họ tên, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài

(ký, họ tên)



Th.S. Vũ Thái Hà

**DANH SÁCH NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU
ĐỀ TÀI VÀ ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH**

1. Danh sách những thành viên tham gia nghiên cứu đề tài
 - Th.S. Vũ Thái Hà, Chủ nhiệm đề tài
 - Th.S Bùi Duy Quỳnh, thành viên tham gia nghiên cứu
 - Th.S Đào Duy Toàn, thành viên tham gia nghiên cứu
2. Danh sách đơn vị phối hợp chính
 - Bộ môn Trắc địa, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng

MỤC LỤC

Danh mục bảng biểu	6
Danh mục hình ảnh	7
Danh mục các chữ viết tắt.....	8
Thông tin kết quả nghiên cứu	9
MỞ ĐẦU	13
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG NHÀ CAO TẦNG	17
1.1. Giới thiệu chung về công trình nhà cao tầng	17
1.2. Quy trình công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng	18
1.3. Yêu cầu độ chính xác của công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng	19
CHƯƠNG 2. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG BẰNG TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ VÀ GPS	27
2.1 . Chuyển trục nhà cao tầng bằng phương pháp truyền thống	27
2.2 . Chuyển trục nhà siêu cao tầng bằng GPS và toàn đạc điện tử	34
2.2.1. Yêu cầu độ chính xác	34
2.2.2. Thiết kế lưới định vị và lưới chuyển trục	37
2.2.3. Đo và xử lý kết quả đo lưới định vị, lưới chuyển trục	41
2.2.4. Bình sai kết hợp trị đo GPS và TĐĐT trong hệ địa diện chân trời	43
CHƯƠNG 3. XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO LIÊN TỤC CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG.....	54
3.1 . Tham số dao động.....	54
3.2 . Mô hình dao động công trình đặc trưng	55
3.3 . Xử lý số liệu đo liên tục.....	56

3.3.1. Loại sai số thô trong dãy trị đo.....	56
3.3.2. Thuật toán xác định tham số dao động công trình thông qua một dãy trị đo.....	57
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM CHUYÊN TRỰC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO	60
4.1. Thực nghiệm xây dựng lưới tim trục và lưới định vị tại cốt 0,0 phục vụ công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng	60
4.2. Thực nghiệm chuyển trục lên nhà cao tầng	75
4.3. Thực nghiệm xử lý số liệu đo liên tục có xét đến ảnh hưởng của dao động công trình	77
4.4. Phần mềm xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng	82
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	85
Tài liệu tham khảo	86
Phụ lục	87

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2.1. Độ chính xác chuyển trục theo chiều cao bằng dây dọi.....	28
Bảng 2.2. Độ chính xác chuyển trục theo chiều cao bằng dây dọi.....	35
Bảng 4.1. Kết quả đo lưới tim trục	62
Bảng 4.2. Tọa độ các điểm tim trục sau bình sai.....	62
Bảng 4.3. Tọa độ thiết kế các điểm chuyển trục và giá trị hoàn nguyên.....	63
Bảng 4.4. Ma trận xoay R.....	66
Bảng 4.5. Gia số tọa độ và ma trận hiệp phương sai của các trị đo.....	66
Bảng 4.6. Tọa độ gần đúng các điểm trong hệ địa diện.....	69
Bảng 4.7. Hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh.....	69
Bảng 4.8. Nghiệm của bài toán bình sai GPS thuần túy.....	70
Bảng 4.9. Các trị đo mặt đất	71
Bảng 4.10. Ma trận hệ số hệ phương trình số hiệu chỉnh cạnh	71
Bảng 4.11. Ma trận hệ số hệ phương trình hiệu chỉnh góc.....	72
Bảng 4.12. Nghiệm của bài toán bình sai kết hợp	72
Bảng 4.13. Chiều dài cạnh và sai số tương hỗ.....	73
Bảng 4.14. Tọa độ và sai số vị trí điểm sau bình sai	74
Bảng 4.15. Kết quả tính chuyển tọa độ.....	74
Bảng 4.16. Tọa độ sau bình sai lưới chuyển trục tại tầng 10.....	76
Bảng 4.17. Kết quả tính chuyển tọa độ.....	77
Bảng 4.18. Kết quả tính 6 cạnh đo liên tục và đồng thời.....	80

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Keangnam Hanoi Landmark Tower	17
Hình 1.2. Lotte Center Hà Nội.....	17
Hình 2.1. Chuyển trục công trình bằng phương pháp dây dọi.....	27
Hình 2.2. Chiều điếm theo đường trục kéo dài bằng máy kinh vĩ hoặc TĐĐT	29
Hình 2.3. Máy chiếu đứng DZJ2, DZJ3	31
Hình 2.4. Chuyển trục công trình bằng máy chiếu đứng.....	32
Hình 2.5. Sơ đồ các bước chuyển trục lên nhà siêu cao tầng theo tọa độ.	34
Hình 2.6. Đo chiều dài cạnh.	38
Hình 2.7. Đo góc phương vị.	39
Hình 2.8. Góc đo trên trạm máy	48
Hình 3.1. Mô hình quan trắc liên tục bằng TĐĐT.....	55
Hình 3.2. Mô hình quan trắc liên tục bằng GPS	56
Hình 4.1. Sơ đồ lưới chuyển trục.....	61
Hình 4.2. Sơ đồ đo lưới chuyển trục.....	61
Hình 4.3. Sơ đồ lưới lưới chuyển trục và lưới định vị.....	63
Hình 4.4. Sơ đồ đo lưới bằng GPS và TĐĐT	64
Hình 4.5. Giao diện phần mềm bình sai Compass.....	65
Hình 4.6. Sơ đồ lưới lưới chuyển trục tại tầng 10 và lưới định vị.....	75
Hình 4.7. Mô hình quan trắc liên tục bằng TĐĐT.....	78
Hình 4.8. Mô hình quan trắc liên tục bằng GPS.....	80
Hình 4.9. Giao diện chương trình Xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng.	82
Hình 4.10. Giao diện chương trình Xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng.	83
Hình 4.11. Giao diện chương trình Xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng	83

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

TĐĐT	Toàn đạc điện tử
GPS	Global Positioning system
TS	Total station

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng có xét đến ảnh hưởng dao động của công trình.
- Mã số: 111 – 2015/KHXD - TĐ
- Chủ nhiệm: ThS. Vũ Thái Hà
- Thời gian thực hiện: 12 tháng (từ tháng 05/2015 đến tháng 05/2016)

2. Mục tiêu:

Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng có xét đến ảnh hưởng dao động của công trình

3. Tính mới và sáng tạo:

- Đưa ra quy trình đo đạc và xử lý số liệu chuyển trục lên tầng nhà cao tầng bằng TĐĐT và GPS.
- Ứng dụng đo liên tục và xử lý số liệu để nghiên cứu ảnh hưởng dao động công trình.

4. Kết quả nghiên cứu:

- Tổng hợp các vấn đề về công tác trắc địa phục vụ xây dựng nhà cao tầng.
- Hoàn thiện quy trình đo và xử lý số liệu chuyển trục lên tầng nhà siêu cao tầng bằng TĐĐT và GPS.
- Đưa ra phương án đo và xử lý số liệu đo liên tục để xác định các tham số dao động công trình.

- Thành lập phần mềm ứng dụng xử lý số liệu chuyển trực lên nhà cao tầng.

5. Sản phẩm:

- Báo cáo tổng kết trong đó trình bày các kết quả nghiên cứu.

- Hướng dẫn 01 nhóm sinh viên NCKH (chuẩn bị bảo vệ).

- 01 bài báo đăng trong Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học cán bộ trẻ lần thứ XIII – 2015 của Viện Khoa học Công nghệ xây dựng.

- 01 bài báo đăng trong Tuyển tập báo cáo của Hội nghị Quốc tế “Công nghệ địa không gian và thành lập bản đồ di động”.

- Phần mềm xử lý số liệu đo liên tục để chuyển trực lên nhà siêu cao tầng

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

- Đảm bảo độ chính xác cho công tác chuyển trực lên nhà siêu cao tầng.

- Nâng cao tiến độ xử lý số liệu phục vụ công tác chuyển trực lên nhà siêu cao tầng.

- Có thể áp dụng trong nội dung giảng dạy các môn Trắc địa công trình.

Hà Nội, ngày 24 tháng 5 năm 2016

Chủ nhiệm đề tài

(ký, họ và tên)



ThS. Vũ Thái Hà

17
TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
KHOA CẦU ĐƯỜNG - BỘ MÔN TRẮC ĐỊA

----- * * * -----

BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LIÊN TỤC
KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG CÓ XÉT ĐẾN
ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH

Mã số: 111-2015/KHXD-TĐ

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Vũ Thái Hà

HÀ NỘI - 2016

TRƯỜNG ĐẠI HỌC XÂY DỰNG
KHOA CẦU ĐƯỜNG - BỘ MÔN TRẮC ĐỊA

----- * * * -----

BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LIÊN TỤC
KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG CÓ XÉT ĐẾN
ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH

Mã số: 111-2015/KHXD-TĐ

Chủ nhiệm đề tài: ThS. Vũ Thái Hà

HÀ NỘI - 2016

BÁO CÁO TÓM TẮT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ
CẤP TRƯỜNG TRỌNG ĐIỂM

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO LIÊN TỤC
KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG CÓ XÉT ĐẾN
ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG CỦA CÔNG TRÌNH

Mã số: 111-2015/KHXD-TĐ

Xác nhận của cơ quan chủ trì đề tài

(ký, họ tên, đóng dấu)

Chủ nhiệm đề tài

(ký, họ tên)

Th.S. Vũ Thái Hà

HÀ NỘI - 2016

DANH SÁCH NHỮNG THÀNH VIÊN THAM GIA NGHIÊN CỨU
ĐỀ TÀI VÀ ĐƠN VỊ PHỐI HỢP CHÍNH

1. Danh sách những thành viên tham gia nghiên cứu đề tài
 - Th.S. Vũ Thái Hà, Chủ nhiệm đề tài
 - Th.S Bùi Duy Quỳnh, thành viên tham gia nghiên cứu
 - Th.S Đào Duy Toàn, thành viên tham gia nghiên cứu
2. Danh sách đơn vị phối hợp chính
 - Bộ môn Trắc địa, Khoa Cầu đường, Trường Đại học Xây dựng

MỤC LỤC

Thông tin kết quả nghiên cứu.....	6
MỞ ĐẦU.....	10
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG NHÀ CAO TẦNG.....	14
1.1. Giới thiệu chung về công trình nhà cao tầng.....	14
1.2. Quy trình công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng.....	14
1.3. Yêu cầu độ chính xác của công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng.....	14
CHƯƠNG 2. CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG BẰNG TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ VÀ GPS.....	15
2.1. Chuyển trục nhà cao tầng bằng phương pháp truyền thống.....	15
2.2. Chuyển trục nhà siêu cao tầng bằng GPS và TĐĐT.....	15
2.2.1. Yêu cầu độ chính xác.....	15
2.2.2. Thiết kế lưới định vị và lưới chuyển trục.....	15
2.2.3. Đo và xử lý kết quả đo lưới định vị, lưới chuyển trục.....	17
2.2.4. Bình sai kết hợp trị đo GPS và TĐĐT trong hệ địa diện chân trời.....	17
CHƯƠNG 3. XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO LIÊN TỤC CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG.....	19
3.1. Tham số dao động.....	19
3.2. Mô hình dao động công trình đặc trưng.....	19
3.3. Xử lý số liệu đo liên tục.....	20
3.3.1. Loại sai số thô trong dãy trị đo.....	20
3.3.2. Thuật toán xác định tham số dao động công trình thông qua một dãy trị đo.....	21
CHƯƠNG 4. THỰC NGHIỆM CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO.....	23

4.1. Thực nghiệm xây dựng lưới chuyển trục và lưới định vị tại cốt 0,0 phục vụ công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng.....	23
4.2. Thực nghiệm chuyển trục lên nhà cao tầng.....	25
4.3. Thực nghiệm xử lý số liệu đo liên tục có xét đến ảnh hưởng của dao động công trình.....	26
4.4. Phần mềm xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng.....	29
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	31
Tài liệu tham khảo.....	32

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng có xét đến ảnh hưởng dao động của công trình

- Mã số: 111 – 2015/KHXD - TĐ

- Chủ nhiệm: ThS. Vũ Thái Hà

- Thời gian thực hiện: 12 tháng (từ tháng 05/2015 đến tháng 05/2016).

2. Mục tiêu:

Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng có xét đến ảnh hưởng dao động của công trình

3. Tính mới và sáng tạo:

- Đưa ra quy trình đo đạc và xử lý số liệu chuyển trục lên tầng nhà cao tầng bằng TĐĐT và GPS.

- Ứng dụng đo liên tục và xử lý số liệu để nghiên cứu ảnh hưởng dao động công trình.

4. Kết quả nghiên cứu:

- Tổng hợp về công tác trắc địa phục vụ xây dựng nhà cao tầng.

- Hoàn thiện quy trình đo và xử lý số liệu chuyển trục lên tầng nhà siêu cao tầng bằng TĐĐT và GPS.

- Đưa ra phương án đo và xử lý số liệu đo liên tục để xác định các tham số dao động công trình.

- Thành lập phần mềm ứng dụng xử lý số liệu phục vụ công tác chuyển trục lên nhà cao tầng.

5. Sản phẩm:

- Báo cáo tổng kết trong đó trình bày các kết quả nghiên cứu.

- Hướng dẫn 01 nhóm sinh viên NCKH năm học 2015-2016.

- 01 bài báo đăng trong Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học cán bộ trẻ lần thứ XIII – 2015 của Viện Khoa học Công nghệ xây dựng.

- 01 bài báo đăng trong Tuyển tập báo cáo của Hội nghị Quốc tế “Công nghệ địa không gian và thanh lập bản đồ di động”.

- Phần mềm xử lý số liệu đo phục vụ công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng

6. Hiệu quả, phương thức chuyển giao kết quả nghiên cứu và khả năng áp dụng:

- Đảm bảo độ chính xác công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng.

- Nâng cao tiến độ xử lý số liệu phục vụ công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng.

- Có thể áp dụng trong nội dung giảng dạy các môn Trắc địa công trình – Trường Đại học Xây dựng.

Hà Nội, ngày 24 tháng 5 năm 2016

Chủ nhiệm đề tài

(ký, họ và tên)

ThS. Vũ Thái Hà

INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

1. General information:

- Project title: Researching application of measured continuously in Staking out coordinate axis up to the super high-rise buildings takes into account the impact of fluctuation works.

- Code number: 111 – 2015/KHXD - TĐ

- Coordinator: Ms. Vu Thai Ha

- Duration: from May 2015 to May 2016

2. Objective(s):

Researching application of measured continuously in Staking out coordinate axis up to the super high-rise buildings takes into account the impact of fluctuation works.

3. Creativeness and innovativeness:

- Introduce a process measurement and process data in staking out coordinate axis up to the high-rise by TS and GPS.

- Apply continuous measurement and process data to study the impact of fluctuation works.

4. Research results:

- General issues of surveying work for the construction of tall buildings.

- Complete the process of measuring and processing data in staking out coordinate axis up to the super high-rise by TS and GPS.

- Introduce a plan for measuring and processing data continuously measured to determine the impact of fluctuation works.

- Establishment of software applications for data processing on staking out coordinate axis up to high-rise building.

5. Products:

- Full report which presents topics of research results.

- Research Student Guide (prepared protection).

- 01 articles published in the Conference of the IBST.

- 01 articles published in The International Conference "Geo-spatial and Mobile Mapping Technology"

- Software for data processing on staking out coordinate axis up to high-rise building.

6. Effects, transfer alternatives of reserach results and applicability:

- Ensure accuracy for staking out coordinate axis up to high-rise building.

- Improving data processing progress service of staking out coordinate axis up to high-rise building.

- It can be put into the course content taught surveyor works, Geodetic works projects in National University of Civil Engineering (NUCE).

1. Tổng quan và xác định vấn đề cần nghiên cứu

Trong thời gian gần đây, các thiết bị trắc địa hiện đại như GPS đã được sử dụng để xác định độ thẳng đứng của các công trình cao tầng trên thế giới. Trên thế giới, sử dụng công nghệ GPS để xác định độ thẳng đứng của công trình đã được đăng ký bằng sáng chế tại Mỹ năm 1998 (Gary Sedman Chisholm, Jason Scott Daly, Michael Anthony Hansby) [7]. Công nghệ GPS cũng được sử dụng để chuyển tọa độ lên công trình và kiểm tra độ thẳng đứng tại tòa nhà cao nhất thế giới tháp Burj Dubai tại Tiểu vương quốc Ả Rập (Joël Van Cranenbroeck, Doug Hayes...) [5], [12].

Ở nước ta, trước đây các công trình thường xây dựng với số tầng từ 07÷ 40 tầng và phương pháp chuyên trục lên các sàn thì công chủ yếu là phương pháp đường thẳng đứng quang học bằng máy chiếu thiên đỉnh (PZL). Khi số tầng của công trình và chiều cao của công trình tăng lên, nếu sử dụng các máy chiếu thiên đỉnh để chuyển trục lên các sàn thì công sẽ làm giảm độ chính xác chiếu điểm do khoảng cách chiếu tăng lên. Ngoài ra do ảnh hưởng rất lớn của các yếu tố môi trường như gió và nhiệt độ,... gây ra hiện tượng vặn xoắn cho công trình, làm cho vị trí các điểm chiếu bằng máy chiếu đứng bị thay đổi, ảnh hưởng đến độ chính xác bố trí và thi công công trình.

Độ chính xác của việc đo GPS trong xác định tọa độ trên công trình đã được chứng minh qua nhiều nghiên cứu của tác giả như Trần Mạnh Nhất và nnk (2002) [8], Trần Việt Tuấn (2007)[20] ... Hiện nay, phương pháp xác định độ thẳng đứng của công trình bằng GPS đã được sử dụng để kiểm tra kết quả chuyển trục tại một số công trình nhà cao tầng tiêu biểu tại Việt Nam như tòa nhà Keangnam và tòa nhà Lotte Hanoi Tower tại Hà Nội bởi các thành viên Khoa Trắc địa, trường Đại học Mỏ địa chất Hà Nội. Các kết quả đo đạc thực nghiệm tại các công trình này cho thấy công nghệ GPS có độ chính xác hoàn toàn đảm bảo được độ chính xác cần thiết khi bố trí và đo kiểm tra độ thẳng đứng của công trình.

Hiện tượng dao động của các công trình ở Việt Nam chưa được nghiên cứu nhiều, các nghiên cứu chủ yếu xác định dao động của một số công trình cầu như Rạch Miễu, Bãi Cháy, Trần Thị Lý [11]...Việc nghiên cứu về dao động do ảnh hưởng của môi trường, đặc biệt là do tốc độ gió đối với nhà cao tầng chưa được thực sự quan tâm tại Việt Nam. Tuy nhiên trên thế giới, có khá nhiều nghiên cứu về vấn đề này bằng các công nghệ khác nhau như sử dụng GPS đo động thời gian thực và sử dụng máy đo gia tốc [15], [16]. Các

nghiên cứu này cho phép xác định được biên độ và tần số dao động của các tòa nhà cao tầng do ảnh hưởng của gió.

Theo nghiên cứu của nhóm Hyo Seon Park [15], đã sử dụng công nghệ GPS đo động thời gian thực và gia tốc kế xác định dao động của một tòa nhà có chiều cao 233m (66 tầng) kết cấu bê tông với tốc độ gió cao nhất 18m/s. Kết quả xác định được giá trị của dao động theo trục X là từ -11.7mm đến 20.9mm và trục Y từ 31.8mm đến 61mm với tần số dao động khoảng 02.Hz.

Có thể thấy đối với công trình có chiều cao lớn, dao động sẽ có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả xác định tọa độ của các điểm nằm ở phần đỉnh của kết cấu. Việc nghiên cứu các công nghệ hiện đại để ứng dụng trong công tác xây dựng nhà siêu cao tầng là vấn đề có tính thời sự ở nước ta. Nội dung **“Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng có xét đến ảnh hưởng dao động của công trình”** nhằm nâng cao hiệu quả cũng như độ chính xác của công tác trắc địa trong xây dựng nhà siêu cao tầng.

2. Tính cấp thiết của đề tài

Cùng với tốc độ đô thị hóa, dân số nước ta đang tăng một cách nhanh chóng, phần lớn dân cư tập trung tại các đô thị lớn và xu thế ngày càng tăng, quỹ đất ở trong đô thị thì ngày càng thu hẹp do đó xây dựng nhà cao tầng, siêu cao tầng đang trở thành một xu thế tất yếu của xã hội. Nhà siêu cao tầng không chỉ thỏa mãn nhu cầu nhà ở dân cư mà còn làm cho bộ mặt đô thị trở nên khang trang và sinh động hơn, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế. Thực tế các năm gần đây ở Việt Nam đã xuất hiện và đang triển khai nhiều dự án các tòa nhà siêu cao tầng như tòa nhà Keangnam Hanoi Landmark Tower 72 tầng, tòa nhà Lotte Center Hà Nội 68 tầng, tòa tháp Bitexco Financial Tower cao 52 tầng tại Tp.Hồ Chí Minh,... và một số dự án khác dự kiến sẽ triển khai trong thời gian tới.

Trong thi công nhà siêu cao tầng với số lượng tầng nhiều, chiều cao lớn thì công tác trắc địa ở các tầng được lặp lại nhiều lần và đòi hỏi độ chính xác rất cao. Trị số sai lệch theo chiều thẳng đứng của kết cấu trực tiếp ảnh hưởng tới khả năng chịu lực của công trình cho nên công tác đo đạc xác định chiều thẳng đứng của công trình trong suốt quá trình thi công là hết sức quan trọng, đòi hỏi độ chính xác cao.

Đặc biệt, trong quá trình đo đạc các trị đo trên tầng cao của nhà siêu cao tầng, do tác động của ngoại lực dẫn đến bị dao động, rung lắc làm ảnh hưởng tới công tác trắc địa cũng như an toàn trong quá trình thi công, độ ổn

định trong thời gian khai thác sử dụng. Hiện nay, các thiết bị đo đạc hiện đại như TĐĐT và GPS có khả năng đo liên tục với độ chính xác cao có khả năng quan trắc xác định sự thay đổi tọa độ các điểm trên công trình.

Vấn đề đặt ra là làm thế nào để đảm bảo độ chính xác trong quá trình chuyển trục lên tầng nhà siêu cao tầng? Đo và xử lý số liệu đo thế nào để giảm ảnh hưởng dao động, rung lắc công trình? Khai thác khả năng đo liên tục của TĐĐT và GPS như thế nào, xử lý số liệu đo liên tục ra sao trong công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng? Đây là những nội dung nghiên cứu chính của đề tài.

3. Mục đích nghiên cứu của đề tài

Nghiên cứu ứng dụng đo liên tục bằng TĐĐT và GPS khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng. Xử lý số liệu đo liên tục xét đến ảnh hưởng dao động công trình.

4. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu: Nhà siêu cao tầng, với độ cao 40 tầng trở lên.
- Phạm vi nghiên cứu: Công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng bằng TĐĐT và GPS. Xử lý số liệu đo liên tục loại bỏ ảnh hưởng của dao động công trình.

5. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

* Cách tiếp cận:

- Tiếp cận lý thuyết: nghiên cứu các phương pháp chuyển trục lên nhà siêu cao tầng hiện nay ở trong, ngoài nước và các phương pháp xử lý số liệu đo liên tục bằng GPS. Phân tích các kết quả nghiên cứu đã thu thập nhằm có định hướng rõ ràng cho bài toán thực nghiệm.
- Tiếp cận thực nghiệm: thông qua kết quả thực nghiệm, phân tích, so sánh, tổng hợp để đưa ra đánh giá về phương án đo và xử lý số liệu đo liên tục để chuyển trục lên nhà siêu cao tầng.

* Phương pháp nghiên cứu:

- Nghiên cứu lý thuyết.
- Đo đạc và tính toán thực nghiệm.
- Thống kê phân tích so sánh và đưa ra đánh giá.

6. Nội dung nghiên cứu

- Nghiên cứu tổng quan về công tác trắc địa phục vụ xây dựng nhà cao tầng.
- Nghiên cứu công tác trắc địa phục vụ xây dựng nhà siêu cao tầng bằng TĐĐT và GPS.
- Nghiên cứu quy trình xử lý số liệu đo liên tục có xét đến ảnh hưởng dao động khi chuyển trục lên nhà siêu cao tầng.
- Thực nghiệm chuyển trục lên nhà siêu cao tầng và xử lý số liệu.

TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG
NHÀ CAO TẦNG

1.1. Giới thiệu chung về công trình nhà cao tầng

Nhà cao tầng là một loại hình đặc biệt của công trình dân dụng được xây dựng tại các thành phố và khu đô thị lớn. Định nghĩa về nhà cao tầng khác nhau tùy theo từng quốc gia và khu vực. Ở nước ta hiện nay có phân loại nhà cao tầng như sau:

- Cao tầng loại 1: Từ 9 tầng đến 16 tầng (cao nhất 50m)
- Cao tầng loại 2: Từ 17 tầng đến 25 tầng (cao nhất 75m)
- Cao tầng loại 3: Từ 26 tầng đến 40 tầng (cao nhất 100m)
- Cao tầng loại 4: Từ 40 tầng trở lên gọi là siêu cao tầng. [1]

1.2. Qui trình công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng

1. Thành lập xung quanh công trình một mạng lưới khống chế trắc địa mặt bằng, độ cao.
2. Chuyển các trục cơ bản của tòa nhà theo thiết kế ra thực địa, định vị tòa nhà, chôn mốc và đánh dấu các trục trên thực địa.
3. Tiến hành các công tác trắc địa phục vụ việc xây dựng phần dưới mặt đất của công trình.
4. Tiến hành các công tác trắc địa phục vụ việc xây dựng phần trên mặt đất của công trình gồm các công việc sau:
5. Tiến hành các công tác đo đạc để theo dõi quá trình biến dạng trong và sau khi đã thi công xây dựng công trình.

1.3. Yêu cầu độ chính xác của công tác trắc địa khi thi công nhà cao tầng

Kết luận được rằng, việc thành lập các mạng lưới khống chế trong các giai đoạn khác nhau trong thi công nhà cao tầng là cần thiết, nhằm đảm bảo độ chính xác xây dựng đặc biệt là theo phương thẳng đứng. Để thỏa mãn yêu cầu công tác bố trí các kết cấu và chuyển trục công trình lên cao trong thi công nhà cao tầng thì sai số trung phương vị trí tương hỗ giữa hai điểm kề nhau của lưới khống chế cơ sở trên mặt bằng móng cần đạt độ chính xác cỡ $\pm 1,6 \div 2$ mm.

CÔNG TÁC TRẮC ĐỊA PHỤC VỤ XÂY DỰNG
NHÀ SIÊU CAO TẦNG BẰNG TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ VÀ GPS

2.1. Chuyển trục nhà cao tầng bằng phương pháp truyền thống

- a, Phương pháp dây dọi
- b, Phương pháp dùng mặt phẳng ngắm của máy kinh vĩ hoặc máy TĐĐT
- c, Phương pháp dùng máy chiếu đứng quang học

2.2. Chuyển trục nhà siêu cao tầng bằng GPS và TĐĐT

Qui trình chung của công tác chuyển trục lên nhà cao tầng bằng TĐĐT và GPS được thể hiện trong hình 2.5.

2.2.1. Yêu cầu độ chính xác

- a, Đối với lưới chuyển trục và lưới định vị tại mặt bằng cốt 0,0

Nếu tiến hành xây dựng lưới khống chế một cấp bao gồm các điểm định vị và điểm chuyển trục, sai số trung phương của lưới cần đạt độ chính xác $\leq \pm 2$ mm.

- b, Đối với tầng đầu tiên của mỗi phân đoạn chiếu

Tính được sai số trung phương lưới khống chế cho phép tại tầng đầu tiên của phân đoạn chiếu:

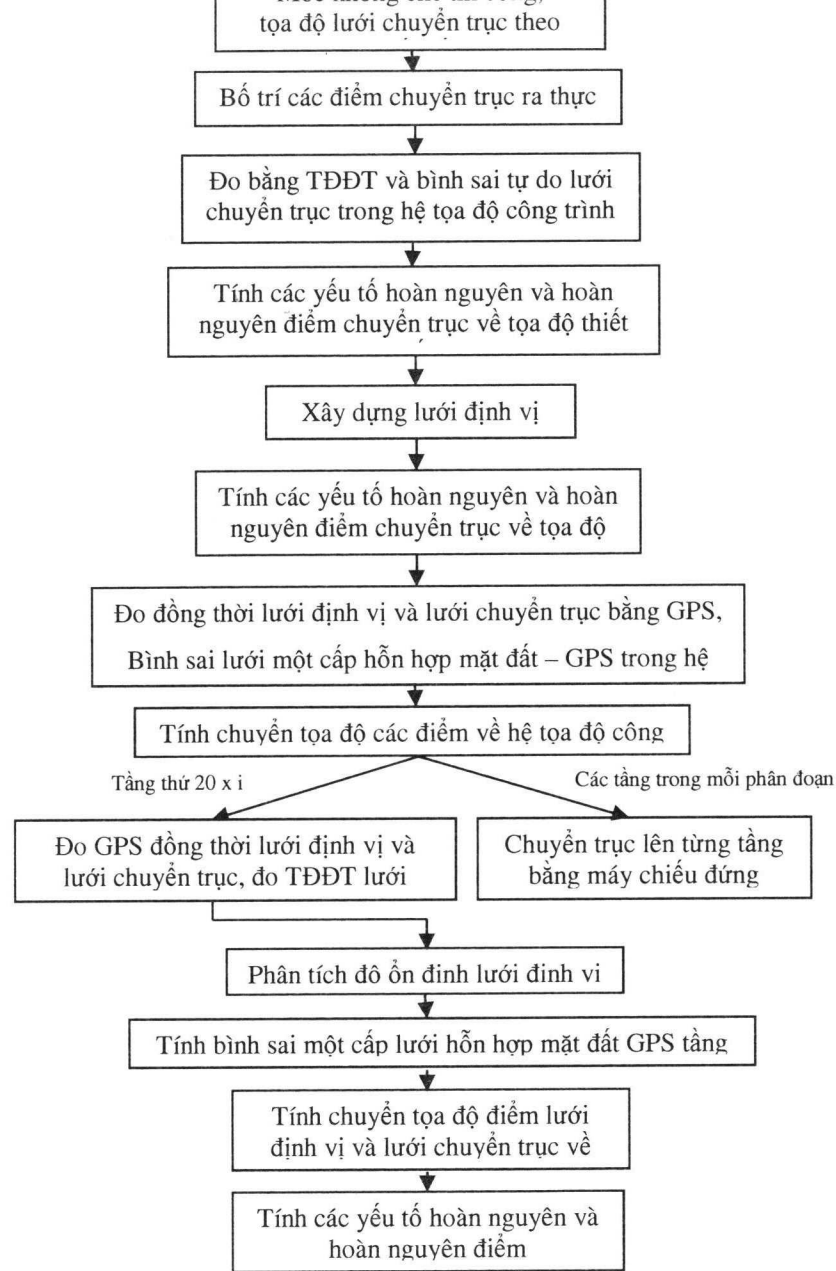
$$m_{kc}^i \leq \pm \frac{\Delta_{XD}}{8} \approx \pm \frac{H_i}{8000} \text{ (mm)} \quad (1)$$

Trong đó: - m_{kc}^i là sai số trung phương lưới khống chế tại tầng đầu tiên của phân đoạn chiếu thứ i (tầng 20 x i).

- H_i là độ cao tầng đầu tiên của phân đoạn chiếu thứ i.

2.2.2. Thiết kế lưới định vị và lưới chuyển trục

Lưới định vị được xây dựng chắc chắn, tại nơi có địa chất ổn định, nằm ngoài phạm vi tác động biến dạng công trình và thoáng đảng, góc ngưỡng vệ tinh rộng, không gần điện cao thế hay cột viễn thông, các toà nhà cao tầng. Lưới định vị thường có ít nhất là 3 điểm để phân tích ổn định.



Hình 2.5. Sơ đồ chuyển trực lên nhà siêu cao tầng ứng dụng TĐĐT và GPS

Do không thể chuyển trực tiếp các điểm tim trực lên các tầng, cần phải xây dựng một lưới khác gần các điểm lưới tim trực, gọi là lưới chuyển trực. Lưới này thường có 4 điểm hoặc có thể hơn tùy vào dạng công trình.

Tại cốt 0,0, lưới chuyển trực và lưới định vị được xây dựng bằng máy TĐĐT và GPS. Có thể coi một cách gần đúng các trị đo GPS là chiều dài và phương vị cạnh đo độc lập nhau. Khi đó việc ước tính độ chính xác lưới có thể được thực hiện theo thuật toán của phương pháp bình sai gián tiếp.

2.2.3. Đo và xử lý kết quả đo lưới chuyển trực, lưới định vị

- a. Đo lưới chuyển trực và lưới định vị
- b. Xử lý kết quả đo

2.2.4. Bình sai kết hợp trị đo GPS và TĐĐT trong hệ địa diện chân trời [9]

- a. Bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ địa diện chân trời

Ta thực hiện bình sai lưới GPS trong hệ tọa độ địa diện chân trời như sau:

Bước 1: Tính đổi \bar{x}_G, \bar{y}_G (UTM) của điểm quy chiếu sang tọa độ trắc địa B_G, L_G .

Bước 2: Dựa vào B_G, L_G thành lập ma trận xoay R tại điểm quy chiếu theo công thức (2.21).

Bước 3: Tính chuyển n gia số tọa độ địa tâm $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ thành n gia số tọa độ địa diện $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ theo công thức (2.22). Đồng thời xác định ma trận hiệp phương sai trong hệ địa diện M dựa vào ma trận xoay R và ma trận hiệp phương sai trong hệ địa tâm C_{XYZ} theo công thức (2.23).

Bước 4: Kiểm tra sai số khép hình f_x, f_y, f_z trong hệ địa diện theo công thức (2.24).

Bước 5: Bình sai bước 1 chỉ thuần túy gồm các vecto cạnh GPS, với tọa độ giả định điểm gốc trong hệ địa diện là tọa độ của điểm đó trong hệ UTM theo các bước đã trình bày ở mục 3.4.1a.

Bước 6: Bình sai bước 2, kết hợp các trị đo GPS ($\Delta x, \Delta y, \Delta z$) với các trị đo góc bằng β và các trị đo chiều dài cạnh D. Trong bước này bao gồm:

- Lập các phương trình số hiệu chỉnh trị đo GPS theo công thức

$$V_i = A_i X + L_i \quad (2.45)$$

Với số hạng tự do L_i được tính dựa vào tọa độ x, y, z đã bình sai lần 1.

- Tính ma trận \tilde{P}_i (3×3) của từng vecto cạnh theo công thức (2.44).
- Lập các phương trình số hiệu chỉnh trị đo góc bằng theo công thức (2.40) và các phương trình số hiệu chỉnh trị đo cạnh theo công thức (2.10).
- Lập ma trận hệ phương trình chuẩn chung theo công thức (2.41).
- Giải hệ phương trình chuẩn chung, nhận được vecto ẩn số X theo công thức

$$X = (A^T P A)^{-1} A^T P L \quad (2.46)$$

- Tính tọa độ sau bình sai và tính các số hiệu chỉnh cho các trị đo.
- Tính trị sau bình sai của các trị đo.
- Tính sai số trung phương đơn vị trọng số

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[PvV]}{3n+n_1+n_2-t}} \quad (2.47)$$

Trong đó: n là số cạnh GPS,
 n_1 là số góc bằng,
 n_2 là số cạnh đo,
 t là số ẩn số cần xác định trong lưới

- Đánh giá độ chính xác ẩn số và hàm các trị bình sai
- + Sai số trung phương các thành phần tọa độ trong hệ địa diện chân trời của điểm được tính:

$$\left. \begin{aligned} m_x &= \mu \cdot \sqrt{Q_{xx}} \\ m_y &= \mu \cdot \sqrt{Q_{yy}} \\ m_z &= \mu \cdot \sqrt{Q_{zz}} \end{aligned} \right\} \quad (2.48)$$

Trong đó Q_{xx}, Q_{yy}, Q_{zz} là các phần tử trên đường chéo chính của ma trận nghịch đảo Q ứng với tọa độ x, y, z của điểm cần đánh giá.

Sai số trung phương vị trí mặt bằng của điểm được tính:

$$m_p = \mu \cdot \sqrt{Q_{xx} + Q_{yy}} \quad (2.49)$$

Nhận thấy được rằng, việc kết hợp cả đo mặt đất và công nghệ GPS để thành lập lưới chắc chắn sẽ phát huy được ưu điểm và khắc phục được những mặt hạn chế của mỗi phương pháp, nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật trong công tác xây dựng lưới.

CHƯƠNG 3

XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO LIÊN TỤC CÓ XÉT ĐẾN ẢNH HƯỞNG DAO ĐỘNG KHI CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG

3.1. Tham số dao động công trình

Dao động công trình có tính tuần hoàn, phương trình dao động có dạng [2],[10]:

$$Q_t = a_0 + a_1 \cos(\omega t) + b_1 \sin(\omega t) \quad (3.1)$$

Trong đó :

- Q_t là sự chuyển dịch của công trình.
 - t là thời điểm của dao động; tần số góc $\omega = 2\pi f$; a_0 là độ dịch chuyển trung bình của đối tượng; a_1, b_1 giá trị thể hiện biên độ của dao động.
- Mối quan hệ giữa tần số và chu kỳ dao động thể hiện trong công thức (3.2)

$$f = \frac{1}{T} \quad (3.2)$$

Với:

- Tần số (f) là số lần dao động trong một đơn vị thời gian.
- Chu kỳ dao động (T) là thời gian thực hiện một dao động.

Biên độ dao động $A = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$ là khoảng cách giữa hai thời điểm cực trị liền kề của điểm quan trắc dao động.

Đối với công trình xây dựng các tham số dao động chính cần xác định:

- Biên độ dao động (A), tần số (f), chu kỳ dao động (T).
- Độ trễ (Δt) là thời gian từ khi ngoại lực tác động đến khi công trình dao động.

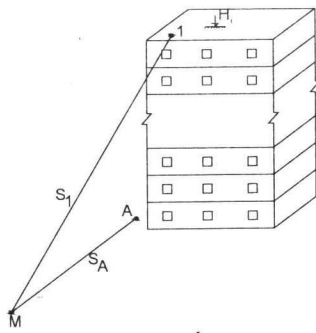
Ngoài ra cần xác định:

- Độ chính xác đo m_i cần thiết để xác định được các tham số dao động.
- Thời gian tối thiểu t_0 cần thiết giữa hai trị đo liên nhau để dãy trị đo được coi là liên tục.

3.2. Mô hình dao động công trình đặc trưng

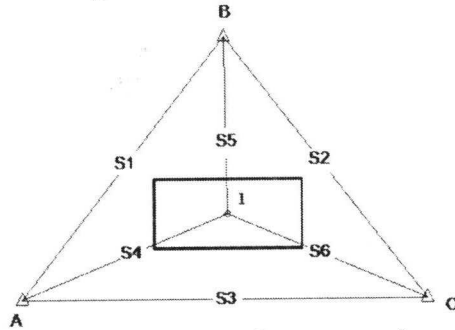
a, Dịch chuyển đập chắn công trình thủy lợi, thủy điện

b, Thay đổi điều kiện môi trường ảnh hưởng tới độ chính xác cạnh đo bằng TĐĐT



Hình 3.1. Mô hình quan trắc liên tục bằng TĐĐT

c, Dao động nhà siêu cao tầng



Hình 3.2. Mô hình quan trắc liên tục bằng GPS

3.3. Xử lý số liệu quan trắc liên tục

3.3.1. Loại sai số thô trong dãy trị đo

Phương pháp quan trắc hiệu quả để xác định tham số dao động công trình là đo liên tục. Máy TĐĐT có khả năng tự động đo và lưu số liệu với tần suất tính theo giây. Theo nghiên cứu thực nghiệm của nhóm Hayes [5] thì có thể sử dụng trị đo GPS đo trong vòng một giờ với thời gian thu mỗi nhịp tín hiệu là 1 giây. Như vậy có thể thấy số trị đo tham gia thực hiện định vị tĩnh là 1800 trị đo.

Thuật toán loại sai số thô phù hợp với dãy trị đo liên tục là “cửa sổ trượt” [18]. Số trị đo liên tục trong mỗi cửa sổ là $k = 2 \div K$. Giá trị K phụ thuộc vào số trị đo liên tục trong mỗi chu kỳ và độ chính xác các trị đo. Trong một chu kỳ dao động nếu đo liên tục 30 đến 40 trị đo, giá trị K phù hợp là 4 đến 5 [18].

3.3.2. Thuật toán xác định tham số dao động công trình thông qua một dãy trị đo

Trong hình 3.2, cạnh S^A_i là dãy trị đo cạnh liên tục khoảng cách giữa điểm đặt máy cố định M và mốc A ở vị trí ổn định gần công trình. Cạnh S^1_i là dãy trị đo liên tục khoảng cách giữa điểm M và điểm 1 ở trên đỉnh nhà siêu cao tầng. Để xác định các tham số dao động ở điểm 1, khi đo bằng TĐĐT, cạnh S^A_i chỉ đo một số trị đo cần thiết. Trình tự tính như sau [18]:

Bước 1. Sau khi loại sai số thô, tính trị trung bình cộng S^{TB} , sai số trung một trị đo m_i và sai số trung phương của trị trung bình cộng m_S^{TB} theo công thức:

$$S_A^{TB} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i^A}{n}, \quad m_{S_{Ai}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{(n-1)}} \quad \text{và} \quad m_A^{TB} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n(n-1)}} \quad (3.3)$$

Bước 2. Tính trị trung bình cộng và sai số của các dãy trị đo liên tục theo cửa sổ trượt. Mỗi cửa sổ đều tính trị trung bình cộng S_j và sai số m_{S_j} theo công thức (3.3), với các trị đo ở cửa sổ thứ j là từ S_1^{TB} đến S_{n-K}^{TB} .

Bước 3. Tính độ lệch trị trung bình cộng giữa hai cửa sổ liên kế thứ j và j+1:

$$\Delta S_{j,j+1} = S_{j+1}^{TB} - S_j^{TB} \quad (3.4)$$

Trị số K của cửa sổ trượt được xác định khi tính độ lệch trung bình cho đến khi hội tụ. Trị số K phù hợp thường biến đổi từ 3 đến 9. Độ lệch có thể hiệu chỉnh ảnh hưởng của điều kiện môi trường thông qua kết quả xử lý dãy trị đo cạnh ổn định S_A [17] để tăng thêm độ chính xác.

Bước 4. Xác định các tham số dao động

- Chu kỳ dao động T:

Xét dãy độ lệch giữa các cửa sổ trượt, tại vị trí độ lệch đổi dấu là cực trị. Độ lệch đổi dấu từ dương (+) sang âm (-) là vị trí cực đại; từ âm sang dương có cực tiểu.

Chu kỳ dao động là tích của độ lệch giữa hai cực đại hoặc cực tiểu liên kế với thời gian giữa hai trị đo:

$$t = N_o \cdot t_o \quad (3.5)$$

trong đó: N_o là độ lệch giữa hai cực đại hoặc hai cực tiểu liên kế. t_o là thời gian giữa hai trị đo.

- Tần số f là số chu kỳ dao động trong một đơn vị thời gian

$$f = 1/T \quad (3.6)$$

- Biên độ dao động A là khoảng cách giữa hai cực trị liên kế

$$A = \Delta_{j+1} - \Delta_j \quad (3.7)$$

Trong đó Δ_j và Δ_{j+1} là giá trị của cực trị thứ j và $j + 1$.

Qua việc tiến hành các thực nghiệm xử lý số liệu đo liên tục GPS và TĐĐT xác định tham số dao động, trong đó có thực nghiệm được trình bày ở chương số 4. Tác giả đã chứng minh được tính đúng đắn của phương pháp xử lý số liệu này, đồng thời có một số kết luận như sau:

- Dãy trị đo liên tục cho khả năng xác định các tham số dao động của công trình quan trắc.

- Dãy trị đo liên tục cho phép chuyển tọa độ lên nhà siêu cao tầng, nếu xử lý theo qui trình phù hợp thì vị trí tương hỗ giữa các trục loại trừ được ảnh hưởng của dao động.

- Khi biên độ dao động tương đương với sai số đo thì việc xác định độ lệch giữa các cửa sổ bị nhiễu, cần có sự can thiệp thủ công. Kết quả khảo sát cho thấy khi biên độ dao động chỉ bằng một nửa sai số đo thì độ lệch hoàn toàn bị nhiễu, không thể xác định được các tham số dao động.

- Nếu đo một cạnh, thì chỉ xác định được biên độ dao động theo phương của cạnh quan trắc.

- Hướng nghiên cứu tiếp theo là hoàn chỉnh phần mềm xử lý số liệu quan trắc liên tục xác định ảnh hưởng của dao động. Xây dựng chương trình tự động kết nối số liệu đo và đưa ra hình ảnh hiển thị.

CHƯƠNG 4 THỰC NGHIỆM CHUYỂN TRỤC LÊN NHÀ SIÊU CAO TẦNG VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU ĐO

4.1. Thực nghiệm xây dựng lưới chuyển trục và lưới định vị tại cốt 0,0 phục vụ công tác chuyển trục lên nhà siêu cao tầng

4.1.1. Mục đích thực nghiệm

Để kiểm tra việc đo đạc thành lập lưới và xử lý số liệu kết hợp GPS và TĐĐT trong thi công xây dựng nhà cao tầng.

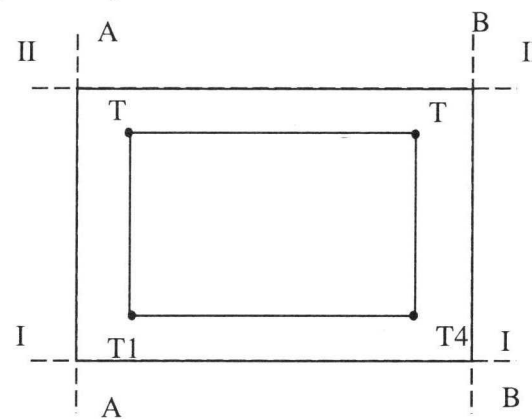
4.1.2. Nội dung thực nghiệm

Trong năm 2015 chúng tôi đã tiến hành tổ chức đo thực nghiệm lưới trắc địa chuyên dụng bằng công nghệ GPS và toàn đạc điện tử tại bãi thực nghiệm phường Thanh Trì, quận Hoàng Mai, Hà Nội.

- Bước 1: Tiến hành xây dựng lưới chuyển trục, đo lưới chuyển trục bằng TĐĐT, đánh giá độ chính xác lưới và hoàn nguyên các điểm lưới chuyển trục.

- Bước 2: Xây dựng lưới định vị, đo GPS các điểm định vị và điểm chuyển trục, đo TĐĐT các điểm chuyển trục, bình sai kết hợp trị đo TĐĐT và GPS trong hệ địa diện chân trời.

a, Xây dựng lưới chuyển trục



Hình 4.1. Sơ đồ lưới chuyển trục

* Đo đạc:

Tiến hành đo đạc lưới tim trục ngoài thực địa. Sử dụng máy toàn đạc điện tử TCR-705 và đo các 8 góc và 6 cạnh.

Với kết quả các trị đo lưới ngoài thực địa như trên, ta tiến hành bình sai theo bài toán bình sai lưới tự do.

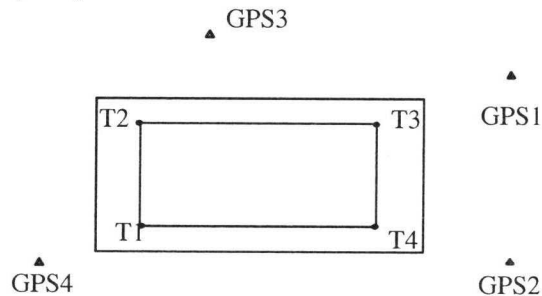
Bảng 4.2. Tọa độ các điểm chuyển trục sau bình sai

Điểm	Tọa độ		Sai số		
	x(m)	y(m)	mx(mm)	my(mm)	mpmm
T1	19999.9999	1000.0000	0.6	0.6	0.9
T2	20044.9946	1000.0001	0.6	0.6	0.9
T3	20044.9974	1050.0004	0.6	0.6	0.9
T4	19999.9975	1050.0086	0.6	0.6	0.9

Kết luận: Sai số vị trí điểm đạt yêu cầu < 2mm. Lưới chuyển trục xây dựng đạt độ chính xác yêu cầu.

Sau khi có kết quả xử lý lưới, tiến hành tính các yếu tố hoàn nguyên.

b, Xây dựng lưới định vị



Hình 4.3. Sơ đồ lưới lưới chuyển trục và lưới định vị

* Đo đạc:

Đo GPS đồng thời lưới định vị và lưới chuyển trục, bình sai một cấp lưới định vị và lưới chuyển trục.

Trong lần đo 1: Do có 5 máy thu GPS nên ta chia làm hai ca đo. Các ca đo được đo trong thời gian là 2 tiếng [7].

Ca1: Đo đồng thời lưới 4 điểm định vị GPS1, GPS2, GPS3, GPS4 và 1 điểm lưới chuyển trục T4

Ca 2: Giữ nguyên máy tại 2 điểm GPS4, T4. 3 máy còn lại đặt tại 3 điểm trong lưới chuyển trục T1, T2, T3.

Sau khi đo xong, tiến hành bình sai số liệu đo bằng phần mềm Compass với bài toán bình sai tự do.

c, Xử lý lưới mặt bằng cốt 0.0

Tiến hành bình sai hỗn hợp trị đo mặt đất - GPS

Bảng 4.14. Tọa độ và sai số vị trí điểm sau bình sai

Điểm	Tọa độ			Sai số		
	x(m)	y(m)	z(m)	mx(mm)	my(mm)	mz(mm)
GPS1	20000.0000	5000.0000	0.000	----	----	----
GPS2	19789.9933	5167.7972	0.434	0.8	1.3	2.7
GPS3	20331.3332	4775.9794	-0.078	0.7	1.1	2.4
GPS4	19928.0292	4428.9860	0.001	0.7	1.1	2.3
T1	19905.6576	4768.5878	0.052	0.9	1.2	2.9
T2	19950.6506	4768.9508	0.095	1.0	1.3	2.9
T3	19950.2499	4818.9497	0.075	0.9	1.2	3.1
T4	19905.2515	4818.5948	0.003	0.7	1.1	2.3

Kết luận: Sai số vị trí điểm lớn nhất là 1.6mm < 2mm. Vậy lưới định vị và lưới tìm trục xây dựng đạt yêu cầu.

Chọn trục gốc hệ tọa độ công trình là điểm T1 (80000.000; 10000.000). Ta có kết quả sau khi tính chuyển về hệ tọa độ công trình được thể hiện trong bảng 4.15.

Bảng 4.15. Kết quả tính chuyển tọa độ

STT	Tên điểm	Tọa độ địa diện		Tọa độ công trình	
		X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
1	GPS2	19789.9933	5167.7972	79887.549	10400.126
2	GPS3	20331.3332	4775.9794	80425.723	10003.971
3	GPS4	19928.0292	4428.9859	80019.644	9660.229
4	T1	19905.6588	4768.5879	80000.003	10000.000
5	T2	19950.6508	4768.9494	80044.997	10000.000
6	T3	19950.2500	4818.9494	80044.998	10050.002
7	T4	19905.2515	4818.5949	79999.998	10050.009

4.2. Thục nghiệm chuyển trục lên nhà cao tầng

4.2.1. Mục đích thực nghiệm

Để kiểm tra việc chuyển trục lên tầng nhà cao tầng bằng GPS và TĐĐT.

4.1.2. Nội dung thực nghiệm

Chúng tôi đã tiến hành giả định vị trí 4 điểm chuyển trục tại tầng 10 được xác định bằng máy chiếu đứng. Tọa độ điểm tim trục $T1_{10}, T2_{10}, T3_{10}, T4_{10}$ tại tầng 10 được tổ chức đo kiểm tra bằng GPS và TĐĐT.

Dựa vào kết quả tính chuyển tọa độ các điểm tim trục tại tầng 10, so sánh với tọa độ các điểm tim trục tại cốt 0,0 để hoàn nguyên các điểm về đúng vị trí thiết kế.

Như vậy, qua 2 thực nghiệm 4.1 và 4.2 nhận thấy, việc chuyển trục lên tầng bằng TĐĐT và GPS có thể đảm bảo được độ chính xác yêu cầu. Qui trình đo và xử lý số liệu đưa ra phù hợp với công tác thi công xây dựng công trình.

4.3. Thực nghiệm xử lý số liệu đo liên tục có xét đến ảnh hưởng của dao động công trình

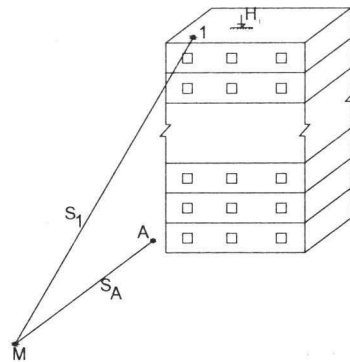
4.2.1. Mục đích thực nghiệm

Để kiểm tra xử lý số liệu đo liên tục bằng GPS hoặc toàn đạc điện tử nhằm xác định tham số dao động công xây dựng nhà cao tầng.

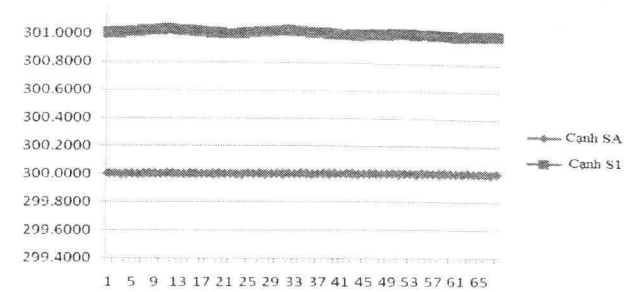
4.2.2. Nội dung thực nghiệm

a. Thực nghiệm số 1:

- Kết quả thực nghiệm 68 trị đo cạnh TĐĐT khoảng cách giữa 2 điểm ổn định mốc M và mốc A dưới chân nhà cao tầng là S_A^i và khoảng cách giữa mốc M và điểm 1 trên nóc tòa nhà cao tầng là S_1^i . Điểm 1 ở trên nóc nhà cao tầng bị dao động (hình 4.7).



Hình 4.7. Mô hình quan trắc liên tục bằng TĐĐT



Biểu đồ 4.1. Kết quả cạnh đo S_A và S_1

Tiến hành tính toán hai dãy kết quả đo cùng độ chính xác đo hai cạnh S_A và S_1 .

Trị xác suất nhất của 2 cạnh đo là

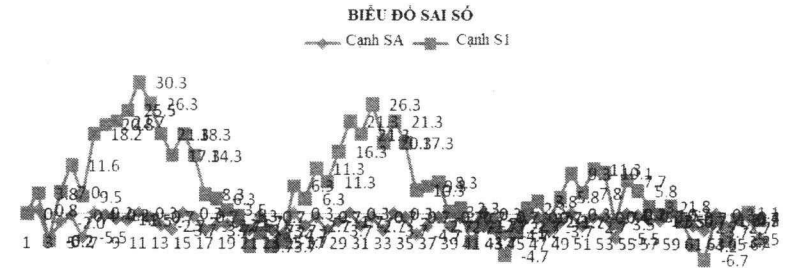
$$S_A = 300,0004m \text{ và } S_1 = 301,0128m$$

Sai số trung phương mỗi trị đo tính theo Bessel là

$$m_{SAi} = \pm 1,8mm \text{ và } m_{S1i} = \pm 9,2mm$$

Sai số trung phương trị xác suất nhất là

$$m_{SA} = \pm 0,2 \text{ mm và } m_{S1} = \pm 1,1 \text{ mm}$$



Biểu đồ 4.2. Sai số cạnh S_A và dao động cạnh S_1

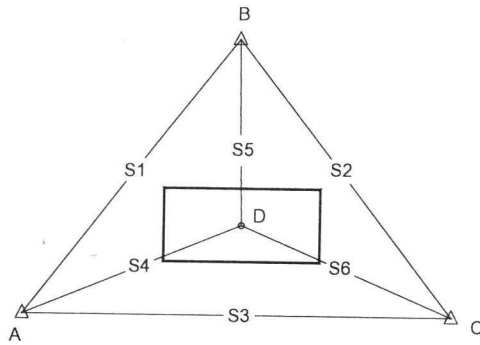
* Nhận xét:

- Nhận thấy sai số đo cạnh S_1 lớn hơn cạnh S_A . Nguyên nhân là do ngoài các nguồn sai số do dụng cụ, môi trường, người đo giống như cạnh S_A thì khi đo cạnh S_1 còn có sai số do bản thân điểm 1 bị dao động theo công trình.

- Dựa vào sai số khi đo S_A có thể tách được sai số do điểm 1 bị dao động theo công trình.

b. Thực nghiệm số 2:

- Thực nghiệm đo GPS cạnh S_1, S_2 và S_3 nối 3 điểm A, B và C ở các vị trí ổn định; Ba cạnh S_4, S_5 và S_6 là khoảng cách từ 3 điểm ổn định tới điểm D ở nóc nhà cao tầng, bị dao động (hình 4.8).

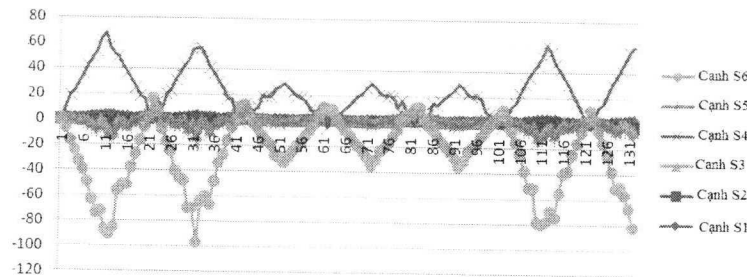


Hình 4.8. Mô hình quan trắc liên tục bằng GPS

Xử lý 6 dãy trị đo liên tục và đồng thời với 132 giá trị mỗi dãy theo qui trình 4 bước nêu ở chương 3. Kết quả và độ chính xác ở bảng 4.1.

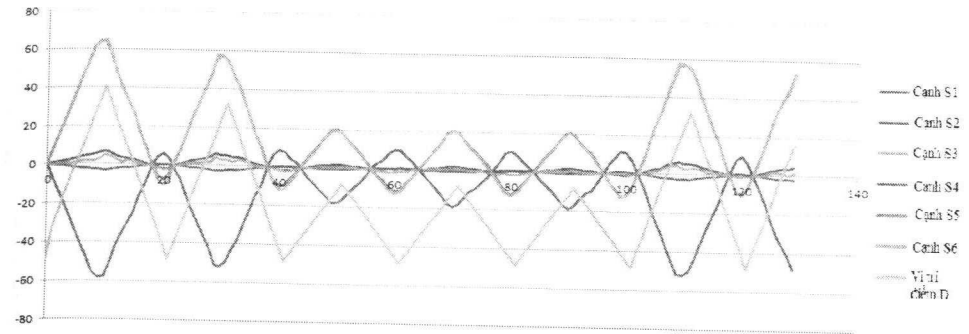
Bảng 4.18. Kết quả tính 6 cạnh đo liên tục và đồng thời

Cạnh	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆
Trị trung bình (m)	320.1578	102.9540	319.5309	164.0424	165.4967	200.9666
Sai số trung phương trị đo (mm)	1.0	2.4	1.9	19.6	21.6	22.0
Sai số trị trung bình cộng (mm)	0.1	0.2	0.2	1.7	1.9	1.9



Biểu đồ 4.3. Dao động điểm D theo 3 hướng

Biểu đồ 4.4 là dao động theo 3 hướng A, B, C và vị trí điểm D



Biểu đồ 4.4. Dao động theo 3 hướng và vị trí điểm D.

* Nhận xét:

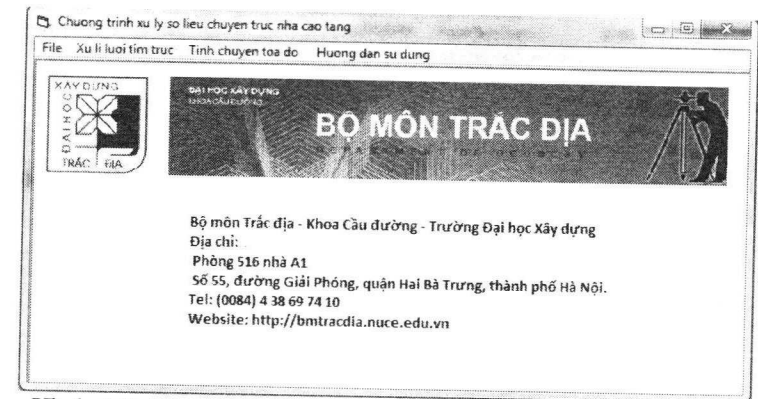
- Kết quả xử lý 6 dãy trị đo liên tục, xác định được các tham số dao động điểm quan trắc theo 3 hướng và dao động vị trí điểm.

- Khi biên độ dao động tương đương với sai số đo thì việc xác định độ lệch giữa các cửa sổ bị nhiều, cần có sự can thiệp thủ công. Kết quả khảo sát cho thấy khi biên độ dao động chỉ bằng một nửa sai số đo thì độ lệch hoàn toàn bị nhiều, không thể xác định được các tham số dao động.

- Nếu đo một cạnh, thì chỉ xác định được biên độ dao động theo phương của cạnh quan trắc.

Từ hai thực nghiệm ở phần 4.3 này, có thể nhận thấy, với cách lựa chọn vị trí điểm, cách đo và xử lý số liệu đo liên tục theo như nêu ở chương 3 hoàn toàn có thể xác định được tham số dao động công trình.

4.4. Phần mềm xử lý số liệu chuyển trực lên nhà cao tầng



Hình 4.9. Giao diện chương trình Xử lý số liệu chuyển trực lên nhà cao tầng

* Chức năng:

Chương trình có các chức năng sau:

1. Chức năng xử lý số liệu lưới
 - Bình sai tự do lưới chuyển trục
 - Bình sai kết hợp lưới chuyển trục và lưới định vị Đo kết hợp GPS và TĐĐT
 - Phân tích độ ổn định lưới định vị
2. Chức năng tính chuyển tọa độ
 - Tính chuyển XY –BL
 - Tính chuyển giữa các múi chiếu
 - Tính chuyển XYZ – xyz
 - Tính chuyển BLH – XYZ.

Qua thử nghiệm các chức năng tính toán của chương trình kết luận được rằng: Kết quả tính bằng Excel và kết quả tính bằng chương trình là tương đương nhau.

KẾT LUẬN

Trong quá trình thực hiện đề tài, rút ra được những kết luận sau:

1. TĐĐT và GPS có thể đáp ứng độ chính xác cho công tác trắc địa trong chuyển trục lên nhà cao tầng với yêu cầu độ chính xác vị trí điểm cỡ $\pm 2\text{mm}$.
2. Bài toán bình sai trị đo GPS trong hệ tọa độ địa diện chân trời kết hợp với các trị đo mặt đất có thuật toán và quy trình bình sai chặt chẽ.
3. Dãy trị đo liên tục cho khả năng xác định các tham số dao động của công trình quan trắc.
4. Dãy trị đo liên tục cho phép chuyển tọa độ lên nhà siêu cao tầng, nếu xử lý theo qui trình phù hợp thì vị trí tương hỗ giữa các trục không bị ảnh hưởng của dao động.
5. Khi bố trí số lượng và vị trí điểm đo hợp lý, dãy trị đo liên tục cho phép xác định giá trị dao động theo các hướng khác nhau. Nếu đo một cạnh, thì chỉ xác định được biên độ dao động theo phương của cạnh quan trắc.
6. Khi biên độ dao động tương đương với sai số đo thì việc xác định độ lệch giữa các cửa sổ bị nhiều, cần có sự can thiệp thủ công. Kết quả khảo sát cho thấy khi biên độ dao động chỉ bằng một nửa sai số đo thì độ lệch hoàn toàn bị nhiều, không thể xác định được các tham số dao động.

KIẾN NGHỊ

1. Để hoàn thiện hơn nữa những nội dung lý thuyết, cần có thêm nhiều thực nghiệm thực tế, đặc biệt là yêu cầu thực nghiệm bắt đầu từ khi xây dựng mặt bằng cốt 0,0 cho đến khi thi công tầng cuối của công trình nhà cao tầng.
2. Việc phát hiện giá trị dao động theo các hướng của công trình cần được tiếp tục nghiên cứu sâu hơn. Có thể đưa ra cảnh báo để có thể kịp thời xử lý các vấn đề trong thi công cũng như vận hành công trình.
3. Công tác xử lý dãy trị đo liên tục cần được nghiên cứu nhiều hơn để loại bỏ bớt những trị đo xấu, đưa ra kết quả chính xác nhất.
4. Phần mềm “Xử lý số liệu chuyển trục lên nhà cao tầng” có thể tiếp tục xây dựng thêm phần hiển thị biểu đồ, cũng như dự báo dịch chuyển công trình.
5. Qua những kiến nghị trên, tác giả mong muốn được tiếp tục phát triển đề tài trong thời gian tới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Xây dựng, TCXDVN 194: 2006, Nhà cao tầng – Công tác khảo sát kỹ thuật, 2006.
2. Bộ Xây dựng, TCVN 9398 : 2012, Công tác trắc địa trong xây dựng công trình - Yêu cầu chung, 2012.
3. Bộ Xây dựng, TCVN 9115 : 2012, Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép lắp ghép - thi công và nghiệm thu, 2012.
4. Bộ Xây dựng, TCVN 9401-2012, Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình, 2012.
5. Douglas MCL Hayes, Ian R Sparks, and Joël Van Cranenbroeck, *Core Wall Survey Control System for High Rise Building*, in XXIII FIG Congress: Shaping the Change, Munich, Germany, 2006.
6. Công ty cổ phần thiết bị SISC Việt Nam. *Các thiết bị trắc địa và địa không gian của Leica*. 2010.
7. Gary Sedman Chisholm, Jason Scott Daly, Michael Anthony Hansby, *Relating to the determination of verticality in tall building and other structures*, 5841353, Nov.28, 1998.
8. Hồ Thị Lan Hương, Hồ Thị Hoài, *Đánh giá tình hình ứng dụng hệ thống quan trắc cầu dây văng và cầu dây văng ở Việt Nam*, Hội thảo khoa học “Công nghệ địa tin học trong quản lý cơ sở hạ tầng”, Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội.
9. TS.Lê Văn Hùng, *Nghiên cứu bình sai kết hợp trị đo GPS và trị đo mặt đất trong hệ tọa độ vuông góc không gian địa điện chân trời áp dụng cho các mạng lưới trắc địa công trình*, Luận án Tiến sĩ, 2014
10. Huang Sheng Xiang, Liu Jing Nam (2001), *Evaluating the precision of GPS positioning for short baseline using long-term data*. Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, Wuhan 430079, China.
11. Hyo Seon Park, Hong Gyoo Sohn, Ill Soo Kim and Jae Hwan Park, *Application of GPS to monitoring of wind-induced response of high-rise buildings*, Structure Design of Tall Spec Building, pp. 117-132, June 2008.
12. Joël Van Cranenbroeck, Doug Hayes, Soang Hun OH, and Mohammed Haider, *Core Wall Control System – The State of Art*, in 7th FIG Regional Conference, Ha Noi, Viet Nam, 2009.
13. PGS.TS Trần Khánh, TS Nguyễn Quang Phúc. *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*. NXB Giao thông vận tải, 2010.
14. Phạm Doãn Mậu, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong quan trắc biến dạng công trình thủy điện ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ, Hà Nội – 2014.
15. Noemi Emanuela Cazzaniga, Livio Pinto, Franco Bettinal, and Antonella Frigerio, *Structure monitoring with GPS and accelerometers: the chimney of the power plant in Picacenza, Italy*, in 12th FIG Symposium, Baden, 2006.
16. Trần Mạnh Nhất và nnk, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình công nghiệp và nhà cao tầng*, Hà Nội, 2002.
17. PGS.TS. Vũ Thặng, *Trắc địa xây dựng thực hành*, Nhà xuất bản Xây dựng 2010.
18. PGS.TS. Vũ Thặng, *Bài giảng Cơ sở Trắc địa công trình*, Đại học Xây dựng, Hà Nội 2014.
19. US. Army Corps of engineers. *Structural Deformation Surveying*, 2002.
20. Trần Viết Tuấn, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPS trong trắc địa công trình ở Việt Nam*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, Hà Nội, 2007.