

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN QUỐC HIỆP

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ VÀ HỖ TRỢ ĐIỀU
HÀNH HỆ THỐNG TƯỚI THEO THỜI GIAN THỰC**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

HÀ NỘI, NĂM 2017

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN QUỐC HIỆP

**NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG QUẢN LÝ VÀ HỖ TRỢ ĐIỀU
HÀNH HỆ THỐNG TƯỚI THEO THỜI GIAN THỰC**

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

MÃ SỐ: 62 58 02 12

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

TS. NGUYỄN VIỆT CHIẾN

PGS.TS. NGUYỄN THẾ QUẢNG

HÀ NỘI, NĂM 2017

LỜI CAM ĐOAN

Luận án được thực hiện và hoàn thành tại Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Tác giả xin cam đoan công trình nghiên cứu này là của riêng tác giả. Các số liệu và kết quả tính toán là trung thực và không được sao chép từ bất cứ tài liệu nào đã được công bố trước đây.

Hà Nội, ngày tháng năm 2017

Tác giả luận án

Nguyễn Quốc Hiệp

LỜI CẢM ƠN

Trước hết, tác giả xin gửi lời cảm ơn đến các thầy giáo hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Viết Chiến và PGS.TS. Nguyễn Thế Quảng về sự định hướng về mặt khoa học, góp ý nội dung và bố cục của luận án để tác giả có thể hoàn thành các nội dung nghiên cứu của luận án này.

Tác giả xin gửi lời cảm ơn đến các thành viên các hội đồng chấm các chuyên đề luận án của tác giả đã đóng góp các ý kiến quý báu để tác giả có thể hoàn thành luận án. Cảm ơn cơ sở đào tạo của Viện Khoa học Việt Nam đã tạo điều kiện tốt nhất để giúp tác giả có thể hoàn thành luận án.

Tác giả xin chân thành cảm ơn đến lãnh đạo Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Trung tâm Công nghệ Phần mềm Thủy lợi về sự động viên, khích lệ và các đóng góp ý kiến về mặt khoa học để tác giả có thể hoàn thành luận án.

Trong quá trình hoàn thành luận án, tác giả đã được Công ty TNHH MTV Khai thác công trình thủy lợi Yên Lập – tỉnh Quảng Ninh, Công ty TNHH MTV Khai thác công trình thủy lợi Cầu Sơn, Cẩm Sơn – tỉnh Bắc Giang, Xí nghiệp Đầu tư Phát triển thủy lợi Đông Anh thuộc Công ty TNHH MTV Đầu tư phát triển thủy lợi Hà Nội trao đổi với tác giả về các vấn đề trong công tác quản lý vận hành hệ thống tưới của các đơn vị. Đây thực sự là các kinh nghiệm thực tế quý báu để tác giả có thể thực hiện các nội dung nghiên cứu của luận án.

Cuối cùng, tác giả xin chân thành cảm ơn những đồng nghiệp đã hỗ trợ tác giả trong suốt quá trình thực hiện các nội dung nghiên cứu của luận án, và xin chân thành cảm ơn những đồng nghiệp đã cùng tác giả thực hiện nhiều đề tài nghiên cứu cấp Bộ, cấp Nhà nước trong những năm qua để làm tiền đề giúp tác giả hoàn thành luận án này.

Hà Nội, ngày tháng năm 2017

Tác giả

Nguyễn Quốc Hiệp

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	iii
LỜI CẢM ƠN	iii
MỤC LỤC	iiii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU CHỦ YẾU VÀ TỪ VIẾT TẮT	vi
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	viii
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	xi
DANH MỤC CÁC PHỤ LỤC	xii
MỞ ĐẦU	1
1. Sự cần thiết của đề tài.....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	2
3. Đối tượng, phạm vi và nội dung nghiên cứu.....	3
4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	4
5. Những đóng góp mới của luận án.....	5
6. Một số khái niệm	6
7. Bố cục của luận án	7
Chương 1. TỔNG QUAN CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN	8
1.1. Nhóm thứ nhất - Các phần mềm tính toán thủy lực và điều khiển hệ thống trên kênh hở.....	8
1.2. Nhóm thứ hai - Nhóm các phần mềm tính toán nhu cầu tưới	15
1.3. Nhóm thứ ba: Nhóm các phần mềm quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới	16
1.3.1. Nhóm các phần mềm được xây dựng trên máy đơn	16
1.3.2. Nhóm các phần mềm được xây dựng chạy trên mạng internet.....	19
Chương 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT	23
2.1. Phương pháp nghiên cứu.....	23
2.1.1. Cách tiếp cận	23

2.1.2. Phương pháp nghiên cứu.....	27
2.2. Cơ sở lý thuyết để xây dựng hệ thống VNIMS.....	29
2.2.1. Cơ sở lý thuyết để tính toán xác định nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới.....	29
2.2.2. Cơ sở lý thuyết để tính toán xác định đường mực nước trên kênh theo chế độ dòng chảy không ổn định trên kênh hở.....	43
2.2.3. Giải pháp công nghệ để kết nối giữa các trạm thiết bị ngoài hiện trường với cơ sở dữ liệu máy chủ và giữa người dùng đến các trạm thiết bị ngoài hiện trường.....	45
2.2.4. Cơ sở lý thuyết để xây dựng chức năng quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS.....	49
2.2.5. Lựa chọn công cụ lập trình để xây dựng phần mềm.....	54
Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN	56
3.1. Mô hình nghiên cứu - hệ thống VNIMS.....	56
3.1.1. Các thành phần và chức năng của các thành phần trong hệ thống VNIMS.....	56
3.1.2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống VNIMS.....	59
3.2. Kết quả xây dựng khối trung tâm dữ liệu máy chủ	60
3.2.1. Xây dựng phần mềm IMS	60
3.2.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu	85
3.2.3. Xây dựng các phần mềm dịch vụ trên máy chủ	90
3.3. Giải pháp công nghệ sử dụng khối thiết bị ngoài hiện trường và khối người dùng	94
3.4. Khối người dùng.....	99
3.5. Quy trình vận hành hệ thống VNIMS.....	100
3.5.1. Quy trình lập kế hoạch tưới.....	100
3.5.2. Quy trình hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực và quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS	101
3.6. Áp dụng thử nghiệm hệ thống VNIMS tại hệ thống tưới Ấp Bắc- Nam Hồng Đông Anh Hà Nội để kiểm nghiệm.....	103

3.6.1. Nội dung và mục đích của công tác kiểm nghiệm	103
3.6.2. Giới thiệu về hệ thống thủy lợi Ấp Bắc Nam Hồng.....	104
3.6.3. Kiểm nghiệm các kết quả tính toán chế độ tưới và các chức năng của hệ thống VNIMS	106
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	131
1. Kết luận	131
2. Kiến nghị.....	131
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ.....	134
TÀI LIỆU THAM KHẢO	135
PHỤ LỤC TÍNH TOÁN	137

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU CHỦ YẾU VÀ TỪ VIẾT TẮT

ACK (Acknowledgement)	Xác nhận
AI (Analog input)	Đầu vào tương tự
AO (Analog output)	Đầu ra tương tự
API (Application Programming Interface)	Giao diện lập trình ứng dụng
CGI (Common Gateway Interface)	Giao diện cổng giao tiếp phổ biến
Công ty KTCTTL	Công ty Khai thác Công trình Thủy lợi
DI (Digital input)	Đầu vào số
DO (Digital output)	Đầu ra số
GPRS (General packet radio service)	Dịch vụ vô tuyến gói tổng hợp
HTML (HyperText Markup Language)	Ngôn ngữ đánh dấu siêu văn bản
JavaScript	Ngôn ngữ lập trình cho các ứng dụng trên nền Web
MVC (Model View Controller)	Mô hình xây dựng ứng dụng Web
OGC (Open Geospatial Consortium)	Hiệp hội tổ chức thông tin Địa lý quốc tế
OpenFTS (Open Source Full Text Search)	Thành phần mở rộng của hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL
OpenLayers	Thư viện mã nguồn mở gồm các file javascript cho phép xây dựng bản đồ trên nền Web
PostgreSQL	Hệ quản trị cơ sở dữ liệu mã nguồn

	mở với tên gọi là PostgreSQL
PostGIS	Thành phần mở rộng của hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL
RTU (Remote Terminal Unit)	Thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa
SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)	Hệ thống điều khiển giám sát và thu thập số liệu
SQL (Structured Query Language)	Ngôn ngữ truy vấn mang tính cấu trúc
TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)	Giao thức truyền thông liên mạng
TX Req (Transmit Requirement)	Yêu cầu gửi
WCS (Web Coverage Service)	Thông tin không gian và thời gian trên Web
GIS (Geographic information system)	Hệ thống thông tin địa lý
WebGIS (Web geographic information system)	Hệ thống thông tin địa lý trên nền web
WFS Client (Web Feature Service Client)	Dịch vụ tính năng web phía máy khách
WFS Server (Web Feature Service Server)	Dịch vụ tính năng web phía máy chủ
WMS Client (Web Map Service Client)	Dịch vụ bản đồ web phía máy khách
WMS Server (Web Map Service Server)	Dịch vụ bản đồ web phía máy chủ

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 3-1: Sơ đồ khối trung tâm dữ liệu máy chủ.....	57
Hình 3-2: Sơ đồ cấu trúc của phần mềm IMS.....	60
Hình 3-3: Sơ đồ hoạt động của các module trong khối quản lý dữ liệu	62
Hình 3-4: Sơ đồ thuật toán tính toán nhu cầu tưới cho công lấy nước	67
Hình 3-5: Trong sơ đồ khối tính toán nhu cầu tưới từng loại cây trồng lúa vụ chiêm xuân	68
Hình 3-6: Tính lượng nước cần cấp cho cây trồng lúa vụ mùa	69
Hình 3-7: Tính lượng nước cần cấp cho cây trồng cạn.....	70
Hình 3-8: Tính lượng nước tiêu hao do bốc hơi m_{ETC}	71
Hình 3-9: Tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống .	72
Hình 3-10: Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối.....	74
Hình 3-11: Tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh	75
Hình 3-12: Sơ đồ chọn nhóm công cần lập kế hoạch tưới luân phiên	76
Hình 3-13: Tính toán lượng nước cần cấp bù cho thời gian nghỉ tưới của kế hoạch tưới luân phiên.....	77
Hình 3-14: Tính toán lưu lượng tổng cần cấp nước từng ngày cho từng công theo kế hoạch tưới luân phiên	78
Hình 3-15: Sơ đồ kiểm tra điều kiện lưu lượng tưới luân phiên của công theo kế hoạch.	79
Hình 3-16: Sơ đồ tính toán hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực	84
Hình 3-17: Tự động tính toán hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực...	85
Hình 3-18: Bảng dữ liệu Công trình	86
Hình 3-19: Bảng dữ liệu công trình trạm bơm, kênh, công, xi phông, cầu máng	87
Hình 3-20: Bảng dữ liệu giải thửa và giải thửa chi tiết.....	88

Hình 3-21: Bảng dữ liệu cây trồng, đất trồng và gieo trồng	89
Hình 3-22: Bảng chứa dữ liệu một số lớp bản đồ nền	90
Hình 3-23: Phần mềm dịch vụ kết nối giữa cơ sở dữ liệu với thiết bị ngoài hiện trường	91
Hình 3-24: Sơ đồ dịch vụ kết nối giữa phần mềm IMS với phần mềm MIKE 11	93
Hình 3-25: Sơ đồ bố trí các trạm thiết bị giám sát, điều khiển trên hệ thống kênh tưới	94
Hình 3-26: Sơ đồ bố trí các thành phần trong một trạm SGate	95
Hình 3-27: Trạm thiết bị Sgate được bố trí tại đầu các kênh có kích thước $\leq 1,5\text{m}$.	95
Hình 3-28: Các trạm thiết bị Sgate, cửa van dạng phẳng được ghép lại để bố trí tại đầu các kênh lấy nước có kích thước $\geq 1,5\text{m}$	96
Hình 3-29: Các trạm thiết bị Sgate cửa van dạng tràn thành mỏng được ghép lại để bố trí tại đầu các kênh lấy nước có kích thước $\geq 1,5\text{m}$	96
Hình 3-30: Sơ đồ nguyên lý trạm giám sát điều khiển từ xa	97
Hình 3-31: Sơ đồ kết nối các thiết bị của trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối.....	98
Hình 3-32: Sơ đồ kết nối các thiết bị của trạm giám sát đo các thông số khí tượng, lượng mưa tự động	99
Hình 3-33: Sơ đồ hệ thống thủy nông áp Bắc - Nam Hồng.....	104
Hình 3-34: Báo cáo kế hoạch bơm bằng phần mềm VNIMS	113
Hình 3-35: Biểu đồ hiển thị kế hoạch tưới tại trạm bơm Nam Hồng	114
Hình 3-36: Hình ảnh kế hoạch tưới của trạm bơm Nam Hồng của phần mềm VNIMS	114
Hình 3-37: Biểu đồ hiển thị kế hoạch tưới tại trạm bơm Áp Bắc	115
Hình 3-38: Hình ảnh kế hoạch tưới của trạm bơm Áp Bắc của hệ thống VNIMS .	115
Hình 3-39: Giao diện chương trình và các chức năng cơ bản về bản đồ GIS.....	116
Hình 3-40: Báo cáo xác định diện tích gieo trồng theo ngày tại cống Đ6 cũ	118

Hình 3-41: Xác định diện tích đồ ải ngày 13/01/2015	119
Hình 3-42: Xác định diện tích làm đất ngày 14/01/2015	119
Hình 3-43: Xác định diện tích gieo trồng ngày 15/01/2015	120
Hình 3-44: Bảng điều khiển và nhận dữ liệu từ thiết bị Sgate	121
Hình 3-45: Đường mặt nước trên kênh chính Giữa lúc 23:00 ngày 10-2-2014 bằng phần mềm MIKE	122
Hình 3-46: Đường mặt nước trên kênh chính Giữa lúc 23:00 ngày 10-2-2014 bằng phần mềm VNIMS	123
Hình 3-47: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE	124
Hình 3-48: Kết quả đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE	125
Hình 3-49: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm VNIMS	125
Hình 3-50: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE	126
Hình 3-51: Kết quả đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE	126
Hình 3-52: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm VNIMS	127

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 2. 1: Cấu trúc khung truyền dữ liệu	47
Bảng 2. 2: Kiểu khung truyền: Yêu cầu.....	48
Bảng 2. 3: Kiểu khung truyền: Phản hồi.....	48
Bảng 2. 4: Kiểu khung truyền: Yêu cầu.....	48
Bảng 2. 5: Kiểu khung truyền: Phản hồi.....	48
Bảng 2. 6: Cấu trúc dữ liệu	49
Bảng 3. 1: Bảng kế hoạch tưới cho các cống lấy nước đoạn sau trạm bơm Nam Hồng	109
Bảng 3. 2: Bảng kế hoạch tưới cho các cống lấy nước đoạn từ trạm bơm Ấp Bắc đến trạm bơm Nam Hồng.....	109
Bảng 3. 3: Bảng nhập liệu dữ liệu cây trồng.....	117
Bảng 3. 4: Bảng tính diện tích canh tác theo ngày.....	117
Bảng 3. 5: Bảng tổng hợp lượng nước tưới cho vụ chiêm xuân cống Cầu Nhuế ...	129
Bảng 3. 6: Bảng tổng hợp lượng nước tưới cho vụ chiêm xuân cống kênh Tây	129

DANH MỤC CÁC PHỤ LỤC

PHỤ LỤC A	138
Phụ lục A 1:Kiểm nghiệm kết quả tính toán lượng bốc hơi tiềm năng ETo.....	139
Phụ lục A 2: Bảng kết quả tính toán lượng bốc hơi tiềm năng ETo	140
Phụ lục A 3: Kiểm nghiệm kết quả tính toán nhu cầu tưới của các cống lấy nước mặt ruộng tại cống kênh Tây năm 2014.....	141
Phụ lục A 4: Kiểm nghiệm kết quả tính toán nhu cầu tưới của các cống lấy nước mặt ruộng tại cống Cầu Nhuế năm 2014.....	145
Phụ lục A 5: Bảng kiểm nghiệm lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống Áp Bắc – Nam Hồng.....	149
PHỤ LỤC B	152
Phụ lục B 1 : Nhiệt độ không khí cao nhất ngày năm 2013.....	153
Phụ lục B 2 : Nhiệt độ không khí cao nhất ngày năm 2014.....	154
Phụ lục B 3: Nhiệt độ không khí thấp nhất ngày năm 2013	155
Phụ lục B 4: Nhiệt độ không khí thấp nhất ngày năm 2014	156
Phụ lục B 5: Độ ẩm không khí tương đối max ngày năm 2013	157
Phụ lục B 6: Độ ẩm không khí tương đối max ngày năm 2014.....	158
Phụ lục B 7: Độ ẩm không khí tương đối min ngày năm 2013	159
Phụ lục B 8: Độ ẩm không khí tương đối min ngày năm 2014	160
Phụ lục B 9: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng I,tháng II năm 2013	161
Phụ lục B 10: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng III, tháng IV năm 2013.....	163
Phụ lục B 11: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng V, tháng VI năm 2013	165
Phụ lục B 12: Hướng và tốc độ gió thực đo năm VII, tháng VIII	167
Phụ lục B 13: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng IX, tháng X năm 2013	169
Phụ lục B 14: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng XI, tháng XII năm 2013	171
Phụ lục B 15: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng I, tháng II năm 2014	173
Phụ lục B 16: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng III, tháng IV năm 2014.....	175

Phụ lục B 17: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng V, tháng VI năm 2014.....	177
Phụ lục B 18: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng VII, tháng VIII năm 2014	179
Phụ lục B 19: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng IX, tháng X năm 2014.....	181
Phụ lục B 20: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng XI, tháng XII năm 2014	183
Phụ lục B 21: Tổng số giờ nắng trong ngày năm 2013.....	185
Phụ lục B 22: Tổng số giờ nắng trong ngày năm 2014.....	186
Phụ lục B 23: Lượng mưa ngày năm 2013	187
Phụ lục B 24: Lượng mưa ngày năm 2014	188
Phụ lục B 25: Bảng số liệu giai đoạn và thời gian sinh trưởng cây súp lơ, cải bắp	189
Phụ lục B 26: Bảng số liệu giai đoạn và thời gian sinh trưởng cây lúa xuân muộn	189
Phụ lục B 27: Quan hệ giữa lượng mưa thực đo và lượng mưa hiệu quả của cây trồng cạn	190
Phụ lục B 28: Kế hoạch gieo trồng vụ chiêm xuân tại Cống Cầu Nhuế.....	191
Phụ lục B 29: Kế hoạch gieo trồng vụ chiêm xuân tại Cống điều tiết kênh Tây	193
 PHỤ LỤC C	 195
Phụ lục C 1: Nhu cầu nước cống kênh Tây vụ xuân năm 2013.....	196
Phụ lục C 2: Nhu cầu nước cống Cầu Nhuế vụ xuân năm 2013.....	196
Phụ lục C 3: Nhu cầu nước cống kênh Tây vụ xuân năm 2014.....	197
Phụ lục C 4: Nhu cầu nước cống Cầu Nhuế vụ xuân năm 2014.....	197

MỞ ĐẦU

1. Sự cần thiết của đề tài

Đến nay, cả nước đã xây dựng được hàng ngàn hệ thống công trình thủy lợi, gồm: 6.648 hồ chứa các loại, khoảng 10.000 trạm bơm điện lớn, 5.500 cống tưới tiêu lớn, 234.000 km kênh mương. Trong đó, có 904 hệ thống thủy lợi phục vụ tưới tiêu từ 200ha trở lên [1]. Các hệ thống công trình thủy lợi đã phục vụ tưới cho trên 7,3 triệu ha đất trồng lúa (vụ Đông Xuân 2,99 triệu ha, Hè Thu 2,05 triệu ha, Mùa 2,02 triệu ha) góp phần đưa sản xuất lương thực tăng nhanh và ổn định. Ngoài ra, các hệ thống thủy lợi còn tưới cho 1,5 triệu ha rau màu, cây công nghiệp; tạo nguồn nước cho 1,3 triệu ha đất gieo trồng; cung cấp khoảng 6 tỷ m³ nước phục vụ sinh hoạt và công nghiệp; ngăn mặn cho 0,87 triệu ha; cải tạo chua phèn 1,6 triệu ha và tiêu nước trên 1,72 triệu ha đất nông nghiệp [1].

Tuy nhiên, do hiện nay nhu cầu sử dụng nước của các ngành kinh tế, xã hội đang tăng nhanh, nhất là nước cho công nghiệp, sinh hoạt, nước cho nuôi trồng thủy sản, chăn nuôi trong khi tài nguyên nước ở Việt Nam có hạn và đang bị suy thoái nhanh cả về số lượng lẫn chất lượng. Biến đổi khí hậu toàn cầu và khu vực đã và sẽ làm trầm trọng thêm các khó khăn và mức độ ác liệt của các thiên tai. Biến đổi khí hậu làm nhiệt độ tăng cao và nước biển dâng, dẫn đến: suy giảm tài nguyên nước, dòng chảy năm giảm, dòng chảy kiệt suy giảm lớn hơn (giảm từ -2% đến -24%), bốc thoát hơi nước tăng cao khiến nhu cầu sử dụng nước cũng tăng theo. Theo kết quả nghiên cứu [2] thì từ những năm gần đây cho thấy, dòng chảy mùa kiệt trên các lưu vực Cửu Long, sông Hồng - Thái Bình và các lưu vực khác ở miền Trung giảm liên tục và có nơi giảm xuống tới mức thấp nhất lịch sử; nước mặn đã lấn sâu vào sông, ranh giới mặn 1‰ đã xâm nhập ngày càng sâu vào trong phía thượng lưu, làm càng tăng thêm khó khăn về nguồn nước phục vụ kinh tế xã hội.

Sản xuất nông nghiệp là một ngành tiêu thụ tài nguyên nước lớn nhất, tuy nhiên hệ số hiệu ích của hệ thống tưới trung bình chỉ đạt từ 0,5- 0,7; tổn thất nước trên hệ thống kênh chiếm tới từ 50% đến 30% tổng lượng nước yêu cầu. Phần lớn lượng nước lãng phí là do quản lý tưới, như tưới vượt mức tưới, tháo nước xuống

kênh tiêu, các khu vực đầu kênh thừa nước trong khi khu vực cuối kênh thiếu nước, gây ra chỗ thừa chỗ thiếu, úng, hạn đan xen trong khu tưới. Việc điều phối gặp khó khăn do ở trung tâm không nắm được chính xác tình hình thực tế và yêu cầu tưới của từng vị trí diện tích theo thời gian thực; việc điều hành hệ thống luôn bị động do thời tiết và biến động nguồn nước gây lãng phí nước lớn, chi phí vận hành cao, năng suất, thu hoạch không đồng đều, hiệu quả thường có xu hướng thấp.

Vì vậy, vấn đề bức xúc của thực tế đặt ra là làm thế nào để sử dụng hiệu quả nguồn nước nhằm đáp ứng yêu cầu sản xuất nông nghiệp và các ngành kinh tế khác. Để giải quyết một phần của vấn đề này, trong thời gian qua, ở nước ta đã có nhiều nghiên cứu xây dựng, phát triển phần mềm quản lý, điều hành hệ thống tưới nhằm giúp các công ty khai thác công trình thủy lợi có thể cấp nước đủ cho cây trồng cho quá trình sinh trưởng, đạt sản lượng cao, giảm chi phí vận hành, tránh lãng phí nước. Tuy nhiên, các phần mềm đã được nghiên cứu còn một số hạn chế làm ảnh hưởng đến hiệu quả sử dụng trong thực tế, nên người dùng rất ít khi sử dụng, việc điều hành hệ thống tưới chủ yếu vẫn theo quy trình cũ. Những tồn tại chính của việc ứng dụng công nghệ thông tin nói chung và phần mềm nói riêng trong quản lý điều hành hệ thống tưới hiện nay là:

- Các phần mềm chỉ giải quyết được các vấn đề riêng lẻ, chưa tích hợp để giải quyết tổng hợp các vấn đề trong công tác quản lý điều hành hệ thống tưới.
- Chưa ứng dụng các thiết bị tự động hóa và phần mềm để có thể điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực.
- Chưa chạy trên môi trường mạng và chưa được xây dựng dựa trên công nghệ GIS, nên không thuận tiện cho người dùng.
- Giao diện, quy trình còn chưa phù hợp với trình độ tin học của đơn vị quản lý.

Vì vậy, việc nghiên cứu phát triển một công cụ phục vụ quản lý, điều hành hệ thống tưới đáp ứng được các yêu cầu người sử dụng là rất cần thiết.

2. Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ để xây dựng được một công

cụ phục vụ quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ tưới, giảm chi phí quản lý vận hành hệ thống tưới.

3. Đối tượng, phạm vi và nội dung nghiên cứu

a) Đối tượng nghiên cứu

Công tác quản lý, điều hành hệ thống tưới.

b) Phạm vi nghiên cứu

- Hệ thống tưới kênh hở với công trình đầu mối là trạm bơm.
- Mạng lưới kênh là mạng hở, không phải mạng kín.
- Hệ thống chỉ đề cập đến vấn đề điều hành tưới để cấp nước phục vụ sản xuất nông nghiệp, không đề cập đến việc cấp nước phục vụ các mục tiêu khác (công nghiệp, đô thị, sinh hoạt,...), không đề cập đến vấn đề điều hành tiêu nước khi mưa nhiều dẫn đến thừa nước.

c) Nội dung nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu đề ra, tác giả đã thực hiện nội dung nghiên cứu như sau:

- Cơ sở khoa học để đề xuất cấu trúc hệ thống quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực (hệ thống VNIMS):

- + Đề xuất sơ đồ cấu trúc và các thành phần của hệ thống VNIMS;
- + Đề xuất các nguyên lý hoạt động của các thành phần trong hệ thống VNIMS.

- Xây dựng hệ thống VNIMS với nội dung nghiên cứu chính như sau:

- + Xây dựng cơ sở dữ liệu máy chủ.
- + Xây dựng phần mềm IMS:

* Cơ sở lý thuyết để tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho từng ô thửa của các công lấy nước.

* Cơ sở lý thuyết để tính toán lập kế hoạch tưới.

* Cơ sở lý thuyết để tích hợp phần mềm MIKE 11 vào hệ thống VNIMS để tự động tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh theo phương pháp dòng chảy không ổn định trên kênh hở.

* Cơ sở lý thuyết để tính toán hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực, bao gồm các nội dung chính:

- Giải pháp công nghệ để xây dựng chức năng xác định diện tích gieo trồng (diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy) từng ngày của các công lấy nước trên nền bản đồ WebGIS trên các thiết bị di động (điện thoại smart phone, máy tính bảng,..) phục vụ cho việc tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước;
- Giải pháp công nghệ để xây dựng “Dịch vụ tự động tính toán”, bao gồm: tự động tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước, yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống, đường mực nước trên hệ thống kênh khi hệ thống VNIMS nhận được số liệu mới nhất ngoài hiện trường hoặc nhận được các điều chỉnh dữ liệu đầu vào của người dùng.

+ Các giải pháp công nghệ để giám sát, điều khiển các thiết bị kiểm soát lượng nước phân phối từ xa trên hệ thống tưới ngoài hiện trường, bao gồm:

* Giải pháp công nghệ để kết nối giữa các trạm thiết bị ngoài hiện trường với cơ sở dữ liệu máy chủ.

* Giải pháp công nghệ để kết nối giữa người dùng và các trạm thiết bị ngoài hiện trường giúp người dùng có thể ra lệnh điều khiển vận hành hệ thống tưới từ xa thông qua các máy tính PC, thiết bị di động có kết nối Internet.

- Áp dụng thử nghiệm hệ thống VNIMS cho hệ thống tưới Ấp Bắc – Nam Hồng để kiểm nghiệm hệ thống.

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

a) Ý nghĩa khoa học

L luận án đã xây dựng được công thức tổng quát và các sơ đồ thuật toán để tính toán nhu cầu tưới theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng

của từng cây trồng của từng ô thửa cho các cống lấy nước phục vụ cho việc tính toán xác định nhu cầu dùng nước của các cống lấy nước chính xác hơn.

Luận án đã xây dựng được cơ sở khoa học cho việc thiết lập bài toán và xây dựng được hệ thống VNIMS. Hệ thống bao gồm: các trạm thiết bị ngoài hiện trường (các trạm thiết bị kiểm soát từ xa lượng nước phân phối trên hệ thống kênh tưới; trạm đo khí tượng; đo mưa tự động; trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối); phần mềm IMS; trung tâm dữ liệu máy chủ. Hệ thống đã giải quyết được các vấn đề tổng thể trong công tác quản lý, điều hành hệ thống tưới, bao gồm: Quản lý hệ thống công trình, diện tích tưới dựa trên công nghệ WebGIS, tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới, hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực, điều khiển vận hành hệ thống tưới từ xa.

b) Ý nghĩa thực tiễn

Người dùng có thể tương tác với hệ thống VNIMS trên giao diện WebGIS, giúp người dùng thuận tiện trong quá trình sử dụng. Hệ thống này sẽ làm thay đổi phương thức điều hành hệ thống tưới. Người dùng ở bất cứ nơi nào cũng có thể sử dụng điện thoại smartphone, máy tính bảng hoặc máy tính xách tay (có kết nối Internet) truy cập vào hệ thống thông qua các trình duyệt web theo địa chỉ <http://vnims.vn> để quản lý và điều hành hệ thống tưới.

Kết quả nghiên cứu của luận án có thể áp dụng ngay vào thực tế cho các dự án có đầu tư hạng mục xây dựng hệ thống SCADA do Bộ NN&PTNT đang triển khai như: dự án WB7, dự án ADB6, dự án JAICA 2 nhằm nâng cao hiệu quả đầu tư công trình.

5. Những đóng góp mới của luận án

- Đã nghiên cứu cơ sở lý thuyết, đề xuất thiết lập được mô hình cấu trúc thành phần, nguyên lý làm việc của hệ thống tích hợp các phần mềm (VNIMS) để quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực một cách hiệu quả. Đây là một công cụ ứng dụng tiến bộ khoa học công nghệ trong lĩnh vực thông tin và tự động hóa, phục vụ quản lý điều hành hệ thống tưới theo hướng hiện đại, đồng

bộ nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ, giảm chi phí vận hành và tiết kiệm nước trong quản lý khai thác hệ thống thủy lợi.

- Trong hệ thống VNIMS, đã có đóng góp khoa học mới chi tiết như sau:

- + Đã đề xuất được giải pháp công nghệ giúp người dùng có thể xác định diện tích gieo trồng (diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy) từng ngày của các công lấy nước một cách thuận tiện trên nền bản đồ GIS trên các thiết bị di động (điện thoại smart phone, máy tính bảng...) phục vụ cho việc tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước.

- + Đã nghiên cứu được giải pháp công nghệ để tích hợp các phần mềm:

- * Phần mềm MIKE 1 để tính toán xác định đường mực nước trên kênh theo chế độ dòng chảy không ổn định trên kênh hở;

- * Phần mềm IMS để quản lý các công trình thủy lợi, diện tích tưới của hệ thống tưới dựa trên công nghệ WebGIS, tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới và lên phương án vận hành hệ thống tưới theo thời gian thực.

- * Phần mềm dịch vụ máy chủ để kết nối giữa các trạm thiết bị ngoài hiện trường với cơ sở dữ liệu máy chủ. Kết nối giữa người dùng và các trạm thiết bị ngoài hiện trường giúp người dùng có thể ra lệnh điều khiển vận hành hệ thống từ xa thông qua các máy tính PC, thiết bị di động có kết nối Internet.

6. Một số khái niệm

Để tiện theo dõi, tác giả xin giới thiệu một số khái niệm được sử dụng trong luận án như sau:

- Kế hoạch tưới cả vụ: là kế hoạch dài hạn được xây dựng trước khi thời vụ cây trồng bắt đầu và làm cơ sở để đơn vị quản lý khai thác công trình thủy lợi xây dựng kế hoạch phục vụ sản xuất cho toàn bộ vụ tưới hay năm kế hoạch.

- Hỗ trợ vận hành hệ thống theo thời gian thực: là kế hoạch vận hành hệ thống từ thời điểm hiện tại đến thời điểm kết thúc một đợt tưới cụ thể dựa trên cơ sở xem xét các yếu tố và điều kiện thực tế.

7. Bố cục của luận án

Luận án được bố cục như sau:

- Lời mở đầu
- Chương 1: Tổng quan các kết quả nghiên cứu có liên quan
- Chương 2: Phương pháp nghiên cứu, mô hình nghiên cứu và cơ sở lý thuyết
- Chương 3: Kết quả nghiên cứu và thảo luận
- Kết luận và kiến nghị.

Chương 1. TỔNG QUAN CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN

Hiện nay, trên thế giới có nhiều nghiên cứu về việc xây dựng phần mềm quản lý, điều hành hệ thống tưới. Tùy theo khả năng làm việc của các phần mềm mà có thể chia các phần mềm đã xây dựng trên thế giới và trong nước thành 3 nhóm chủ yếu: Nhóm thứ nhất: các phần mềm tính toán thủy lực và điều khiển hệ thống trên kênh hở; Nhóm thứ hai: Nhóm các phần mềm tính toán nhu cầu tưới; Nhóm thứ ba: Nhóm các phần mềm quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới tổng hợp. Cụ thể như sau:

1.1. Nhóm thứ nhất - Các phần mềm tính toán thủy lực và điều khiển hệ thống trên kênh hở

Nhóm phần mềm này có các đặc điểm chính là chỉ quan tâm đến việc tính toán thủy lực trên kênh, thu thập các số liệu đo tự động từ các trạm đo và điều khiển vận hành hệ thống tưới để đảm bảo mực nước được điều tiết trên kênh là tốt nhất, các phần mềm này chưa đề cập đến vấn đề quản lý công trình, tính toán nhu cầu tưới để lập kế hoạch tưới, lên phương án vận hành hệ thống tưới theo thời gian thực. Trên thế giới và ở trong nước có các phần mềm chủ yếu như sau:

Trên thế giới:

Năm 2007, các tác giả O.Begovich và C.I.Aldana tại Jalisco, Mexico. V.M.Ruiz tại Morelos, Mexico. G.Besancon và D.Georges, Pháp đã trình bày kết quả nghiên cứu trên tạp chí “Nghiên cứu ứng dụng Mỹ-La tinh” (Latin American Applied Research) [14]. Công bố này đã trình bày kết quả sử dụng phần mềm giám sát và điều khiển hệ thống kênh để điều khiển các cống điều tiết nhằm duy trì mực nước ở 4 đoạn kênh trong phòng thí nghiệm. Ưu điểm của phần mềm này là: Đã kết nối với các thiết bị đo để thu thập số liệu giám sát, tính toán đưa ra phương án và giúp người dùng điều khiển vận hành đóng mở các cửa cống điều tiết nhằm duy trì mực nước trên các đoạn kênh. Nhược điểm là: chưa đề cập đến vấn đề tính toán nhu cầu tưới, lập phương án cấp nước cho hệ thống tưới mà chỉ quan tâm đến việc điều hành để điều tiết mực nước trên kênh.

Năm 2006, 2 đồng tác giả là Giáo sư Yan Ding và Giáo Sư Sam S.Y Wang thuộc Trường Đại Học Missipi đã công bố thuật toán và phần mềm điều khiển tối ưu của dòng kênh hở (Optimal Control of Open-Channel Flow Using Adjoint Sensitivity Analysis) [15]. Phần mềm có hai mô-đun cơ bản: mô-đun thủy động lực học và mô-đun tối ưu hóa. Phần mềm này có ưu điểm là đã giải quyết được vấn đề kiểm soát dòng chảy tối ưu trong một mạng lưới kênh trên một lưu vực sông, nhược điểm là: chưa đề cập đến vấn đề tính toán nhu cầu tưới, lập phương án cấp nước cho hệ thống tưới.

Năm 2009 hai đồng tác giả người Ấn Độ là Giáo sư P. P. Mujumdar, Khoa kỹ thuật dân dụng, Government Engineering College và Giảng viên R. Gopakumar, Khoa kỹ thuật dân dụng, Viện Khoa học Ấn Độ đã công bố Logic mờ dựa trên thuật toán điều khiển tập trung cho kênh tưới trên tạp chí Hydrological processes [17]. Thuật toán dựa trên mô hình sóng động (các phương trình Saint-Venant) ngược trong không gian, trong đó phương trình động lượng được thay bằng các luật mờ dựa trên mô hình. Các luật mờ dựa trên mô hình được phát triển bằng việc mờ hóa một mô hình toán học mới cho vận tốc sóng (các chi tiết này được trình bày trong báo cáo). Những ưu điểm của thuật toán điều khiển mờ so với các thuật toán điều khiển truyền thống là: trực quan, rõ ràng và không có sự tuyến tính hóa các phương trình quan trọng; Sự điều chỉnh thuật toán và phương pháp tính toán cũng đã được giải thích, đó là một quá trình điều chỉnh đơn giản và các tính toán cũng thực hiện một cách trực tiếp; Đầu ra của thuật toán ổn định và tính thực tế cao. Những nhược điểm của thuật toán là: độ chính xác đầu ra giảm vì tính xấp xỉ hóa cố hữu của logic mờ; Chưa đề cập đến vấn đề tính toán nhu cầu tưới, lập phương án cấp nước cho hệ thống tưới.

- Phần mềm STEADY và phần mềm UNSTEADY của trường đại học Utah, Mỹ (1994). Các phần mềm này tính toán dòng chảy theo phương trình Saint Venant đối với dòng ổn định không đều trong kênh hở. Các phần mềm này đã được ứng dụng ở Mỹ, Ai Cập, Thái Lan...[4].

- Phần mềm SIMWAT do nhóm tác giả E.P Querner người Hà Lan và M. Manzanera người Argentina được ứng dụng cho một số vùng của Argentina vào đầu thập niên 90. Phần mềm này có khả năng tính toán các thông số thủy lực dòng chảy trên mạng lưới tiêu. Phần mềm SIMWAT phối hợp với các phần mềm tính toán cho nước ngầm như FEMSATS, phần mềm FEMSAT hay một phần mềm khác là SIMGRO để tính toán chế độ thủy lực trên kênh và dự báo môi trường liên quan nước mặt và nước ngầm [4].

- Phần mềm ICSS (Irrigation Conveyance System Simulation) do nhóm tác giả là David H. Manz thuộc đại học Calgary, Canada phối hợp với các chuyên gia của công ty phần mềm của Canada xây dựng từ cuối thập niên 80 và phát triển các phiên bản khác nhau vào thập niên 90. Phần mềm ICSS được mô phỏng theo nguyên lý dòng không ổn định cũng theo phương trình Saint Venant, dùng để hỗ trợ tính toán các thông số thủy lực dòng chảy trên mạng lưới kênh tưới để giúp đánh giá hoạt động của hệ thống và trợ giúp điều hành phân phối nước trên kênh. Phần mềm ICSS đã được ứng dụng tại nhiều hệ thống của Canada và Ai Cập từ đầu thập niên 90 [4].

- Phần mềm SIC (Simulation of Irrigation Canals) do nhóm tác giả của công ty CEMAGREF của Pháp phối hợp với Viện quản lý tưới Quốc tế – IIMI (bây giờ là Viện quản lý nước Quốc tế – IWMI) xây dựng và đưa vào ứng dụng từ đầu thập niên 90. Phần mềm được mô phỏng, tính toán các đặc tính thủy lực trên hệ thống kênh tưới theo nguyên lý dòng ổn định và không ổn định. Phần mềm có thể thích hợp với cả trường hợp đối với việc điều hành hệ thống có công tự động hoặc không có công tự động. Phần mềm đã được ứng dụng ở Sri Lanka; Pakistan; Mexico [4].

- Phần mềm MIKE 11: Phần mềm này nằm trong bộ phần mềm MIKE do DHI Water & Environment phát triển [18], là một gói phần mềm dùng để mô phỏng dòng chảy/ lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở các cửa sông, sông, kênh tưới và các vật thể nước khác. Trọng tâm của hệ thống phần mềm MIKE 11 là module mô hình thủy động lực (HD). MIKE 11 giải hệ phương trình bảo toàn khối

lượng và động lượng (Phương trình Saint Venant). Phương trình Saint Venant được thiết lập từ dạng phương trình chuẩn đối với việc bảo toàn khối lượng và động lượng.

Với những giả thiết nêu trên, hệ phương trình chuẩn về bảo toàn khối lượng và động lượng có thể chuyển đổi thành phương trình (1-1) và (1-2), trong đó có xét đến dòng chảy nhập lưu bên trong phương trình liên tục.

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1-1)$$

Phương trình động lượng

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\alpha \frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gA \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = 0 \quad (1-2)$$

Trong đó:

- + Q: lưu lượng (m³/s).
- + x : chiều dài dọc theo dòng chảy (m).
- + g: gia tốc trọng trường (m³/s)
- + q: lưu lượng gia nhập bên đơn vị (m²/s)
- + R: bán kính thủy lực (m)
- + A: diện tích mặt cắt ướt (m²)
- + t: thời gian (s)
- + h: cao trình mặt nước (m)
- + C: hệ số Chezy.
- + α : Hệ số phân bố động lượng.

Trong Mike 11 hệ phương trình trên được biến đổi thành hệ phương trình sai phân hữu hạn ẩn và được giải cho các lưới điểm (tại mỗi nút).

Ưu điểm của phần MIKE 11 là đã tính toán xác định đường mực nước trên kênh theo chế độ dòng chảy không ổn định trên kênh hở (hoặc sông), nên kết quả tính toán sát với thực tế. Nhược điểm là: phần mềm được chạy trên máy đơn và hoạt động độc lập, nên chỉ phù hợp với việc tính toán thiết kế, quy hoạch thủy lợi. Để phục vụ bài toán quản lý điều hành hệ thống tưới cần phải nghiên cứu để tích hợp vào phần mềm quản lý điều hành hệ thống tưới trên máy đơn (hoặc trên máy chủ) và làm thế nào để phần mềm có thể chạy tự động khi nhận được yêu cầu của người dùng hoặc khi nhận được số liệu cập nhật mới từ hệ thống.

Ở Việt Nam:

Việc xây dựng mô hình tính toán thủy lực cho mạng lưới kênh hở đã được Giáo sư tiến sỹ Nguyễn Ân Niên và Giáo sư tiến sỹ Nguyễn Như Khuê nghiên cứu từ những năm 80 với các phần mềm tương ứng là KODO1 và KRSAL:

- Mô hình KODO1 [12]: Mô hình KODO1 của GSTS Nguyễn Ân Niên, ra đời từ năm 1974 trong bài toán phân lũ sông Đáy, sau đó phối hợp với cục dự báo KTTV trong việc tính lũ và tiêu úng cho toàn mạng sông Hồng và sông Thái Bình. Mô hình cũng có thể dùng để xem xét đánh giá nguồn nước, kiểm định hệ thống thủy nông, giải quyết các bài toán quy hoạch thủy lợi ... Mô hình được lập ra để giải bài toán thủy lực nói chung và bài toán lũ nói riêng cho mạng lưới kênh sông. Mô hình dùng phương pháp giải theo sơ đồ hiện, về mặt cấu trúc có thể xem đó là sơ đồ sai phân hỗn hợp: Phương trình liên tục sai phân theo tam giác thuận (Lax) phương trình chuyển động sai phân theo sơ đồ tam giác ngược không cân. Theo cách tính của mô hình, sông được chia thành các ô chứa bởi các mặt cắt, lưu lượng được tính tại các mặt cắt này còn mực nước được tính ở tâm ô chứa.

Ưu điểm chính của mô hình KODO1 là có thể tính cho mọi lưới sông ô chứa phức tạp nhất, độ chính xác cao tính toán đơn giản, gọn nhẹ, kết quả đáp ứng tốt các bài toán thực tế đặt ra. Nhược điểm chính của mô hình là bước thời gian Δt bị hạn chế bởi điều kiện Courant - Lewy, nhưng mô hình không phải tính lặp các hệ số nên tốc độ tính toán vẫn nhanh chóng, không mất thời gian thành lập và giải hệ đại số tuyến tính, tổng thời gian mỗi lớp tính cũng nhỏ.

- Mô hình VRSAP [12]: Mô hình VRSAP (Việt Nam river System and plains) của PGS, TS Nguyễn Như Khuê trên cơ sở cải tiến mô hình KRSAL xây dựng từ năm 1978 là mô hình toán dòng chảy lũ và thủy triều trên hệ thống sông ngòi, hồ chứa và đồng ruộng được cải tiến và phát triển trên sơ đồ sai phân ẩn của Dronker - Hà Lan. Nó mô tả chuyển động sông thiên nhiên khá tốt (Như sông Hồng và sông Thái Bình). Sau đó đến MEKRSAL (Ủy ban sông Mê Công quốc gia) rồi tiếp tục cải tiến đến VRSAP. Mô hình VRSAP được ứng dụng rộng rãi, có hiệu quả cao, giải quyết được nhiều bài toán thông thường và một số bài toán lớn riêng của ĐBSH cũng như ĐBSCL (Có bổ sung thêm phần xâm nhập mặn). Mô hình mô tả chi tiết ĐBSH, tài liệu địa hình thường xuyên được cập nhật, các tài liệu mặt cắt trên hệ thống sông được Bộ Nông Nghiệp và PTNT, tổng cục KTTV đo đạc, khảo sát.

Hiện nay mô hình VRSAP trở thành công cụ chính được sử dụng trong quá trình tính toán các phương án quy hoạch thủy lợi của viện Quy hoạch thủy lợi Bộ Nông Nghiệp và PTNT. Tuy nhiên mô hình còn có nhược điểm sau:

- + Các thửa ruộng hai bên đều được coi là đổ trực tiếp vào kênh, chia thành nhiều cấp cao độ. Trong nội bộ ô ruộng kín không cho phép chảy tràn từ cao xuống thấp. Điều này chỉ đúng trong điều kiện hệ thống thủy nông được hoàn chỉnh từ đầu mội đến mặt ruộng có bờ vùng, bờ kênh đến khoảng bờ ruộng canh tác cao đủ sức chống tràn.

- + Xét đến hoạt động của các trạm bơm tiêu vào hệ thống một cách đơn giản thông qua hệ số tiêu và diện tích vùng bơm, mà hệ số tiêu thì không thể hiện được quá trình bơm một cách hợp lý, khoa học và phù hợp với thực tiễn vận hành các trạm bơm tiêu hiện nay.

Mô hình DUFLOW [7] đã được TS. Đặng Ngọc Hạnh nghiên cứu, áp dụng vào hệ thống tiêu trạm bơm Triều Dương, huyện Tiên Lữ, tỉnh Hưng Yên trong khuôn khổ luận án của mình. Mô hình này là sự kết hợp GIS mô phỏng mưa dòng chảy trên ô thửa tiêu và giải bài toán thủy động lực học dòng một chiều không ổn định trong kênh hở. Cơ sở của dòng chảy 1 chiều không ổn định trong kênh hở mà DUFLOW thiết lập là sử dụng phương pháp số để tích phân hệ các phương trình St.

Venant. Công cụ DUFLOW bắt đầu phát triển phiên bản đầu tiên vào năm 1988, đó là sản phẩm kết hợp của nhiều cơ quan quản lý và nghiên cứu ngành nước của Hà Lan bao gồm: Viện nghiên cứu thủy lực và môi trường (IHE), khoa công nghệ trường đại học tổng hợp Delft, và phòng quản lý sóng thủy triều (nay là RIKZ) thuộc cục quản lý công trình công cộng. Qua quá trình phát triển nhiều lần cải tiến nâng cấp, đến năm 2004 phiên bản 3.7 hoàn thành với sự kết hợp của các modul sau:

- Modul khối lượng và chất lượng nước DUFLOW-DMS, là chương trình tính toán thủy lực dòng không ổn định trong mạng kênh mương thuộc hệ thống thủy nông và sông ngòi thiên nhiên. Chương trình này cũng đồng thời tính toán các quá trình chuyển tải của vật chất trong dòng chảy tự do và xem xét đến nhiều quá trình biến đổi chất lượng nước phức tạp. Không chỉ tính toán thủy lực tiêu nước, DufLOW còn tính các quá trình quản lý dòng chảy trong hệ thống tưới nước.

- Modul mưa dòng chảy RAM (Precipitation Runoff Module), đây là nhu cầu thực tế mà DufLOW đã đáp ứng được theo yêu cầu người sử dụng. Với RAM sẽ tính toán cung cấp nước cho nguồn từ lượng mưa. RAM tính toán các quá trình tổn thất, quá trình chậm tới trước khi nước mưa có thể tới được hệ thống kênh mương.

- Modul Tewor, có thể sử dụng để kiểm tra sự thoát của hệ thống cống thoát nước vào nguồn nước mặt, môđul cung cấp công cụ để phân tích tìm các giải pháp cải thiện chất lượng nước khu vực đô thị.

- Môđul MoDufLOW (implemented in DMS version 3.4), được thực hiện trong phiên bản 3.4. Đây là chương trình tính kết hợp cả chuyển tải nước mặt và các quá trình tương tác với nước ngầm.

Phần mềm DUFLOW có ưu điểm là thiết kế giao diện kết hợp với GIS làm cho quá trình tương tác giữa người sử dụng với thực tế rất gần nhau. Hơn nữa, DUFLOW còn tính tới cả các yếu tố ảnh hưởng của bốc thoát hơi cây trồng, hướng và tốc độ gió... Tất cả các loại công trình thực trên hệ thống thủy nông (gồm cống, tràn, cống điều tiết, trạm bơm, xi phông, và thậm chí cả kênh cấp dưới liên kết với kênh cấp trên trực tiếp không thông qua công trình công tràn...) đều có thể mô

phỏng một cách hiện thực nhất trong mô hình tính toán thủy lực. Tuy nhiên, phần mềm này chỉ phù hợp tính toán cho bài toán tiêu nước trong hệ thống tiêu, không phù hợp để giải quyết bài toán quản lý điều hành hệ thống tưới.

1.2. Nhóm thứ hai - Nhóm các phần mềm tính toán nhu cầu tưới

Nhóm phần mềm này có đặc điểm chính là chỉ quan tâm tính toán nhu cầu tưới của cây trồng do một công phụ trách hoặc cả hệ thống, chưa quan tâm đến việc tính toán lưu lượng tại các điểm phân phối nước trên hệ thống tưới, chưa đặt vấn đề liên kết với các thiết bị điều khiển hệ thống giám sát, đóng mở để có thể nhận số liệu từ hiện trường và điều khiển vận hành hệ thống từ trung tâm. Nhóm phần mềm này chỉ phù hợp cho việc tính toán quy hoạch hoặc thiết kế các công trình thủy lợi. Trên thế giới và ở trong nước có các phần mềm chủ yếu như sau:

Trên thế giới:

Trường Đại học Hawaii tại Manoa – Mỹ đã nghiên cứu xây dựng Phần mềm quản lý và dự báo nhu cầu tưới (IWREDSS) cho Ban quản lý sử dụng nước tại HAWAII - Mỹ. Phần mềm này cho phép người sử dụng ước tính được nhu cầu tưới cho các mùa vụ khác nhau, với các tính chất của đất, hệ thống tưới tiêu, tiến độ gieo trồng, và điều kiện khí hậu. Phần mềm dựa trên nền ArcGIS, với giao diện người dùng thân thiện. Người dùng có thể chọn khu vực cần tưới và nhập các thông số đầu vào, các thông số này bao gồm loại cây trồng đang phát triển cần tưới tiêu, chỉ số diện tích cây trồng, lịch mùa vụ, hệ thống tưới tiêu được sử dụng, số liệu thích hợp, và số liệu đo mực nước. Dựa trên sự phối hợp giữa vị trí hệ thống tưới và trạm thủy văn gần nhất, IWREDSS nội suy ra được lượng mưa và lượng nước bay hơi trong khu vực được chọn. Kết quả của phần mềm là nhu cầu tưới của các diện tích tưới. Ưu điểm của phần mềm là: Phần mềm dựa trên nền ArcGIS nên trực quan, dễ sử dụng. Nhược điểm là: Phần mềm chạy trên máy đơn, nên kết quả tính toán chỉ được hiển thị trên máy đơn, không thuận tiện cho người dùng; Do chạy trên nền ArcGIS, nên phần mềm chạy chậm, người dùng phải mua thêm bản quyền của phần mềm ArcGIS mới sử dụng được [16].

Phần mềm quản lý thông tin tưới tiêu thuộc hệ thống thủy nông Tanjung Karang – Malaysia: Phần mềm sử dụng ngôn ngữ lập trình là VBA- Visual Basic for Application viết trên nền phần mềm ArcGIS của hãng ESRI. Phần mềm được xây dựng tương tự như phần mềm IWREDS [19].

Phần mềm CROPWAT và phần mềm CLIMWAT do Martin Smith lập, đã được tổ chức FAO giới thiệu năm 1991 và 1993 [4]. Phần mềm này có chức năng chính là tính toán nhu cầu nước của các loại cây trồng, không có chức năng tính toán lập kế hoạch tưới cho hệ thống thủy nông, nên chỉ có thể hỗ trợ công tác quy hoạch và thiết kế các công trình thủy lợi.

Phần mềm lập kế hoạch cấp nước tưới ISAREG và IRRICEP do Teixeira và Pereira (Bồ Đào Nha) được xây dựng từ 1992-1993. Phần mềm có chức năng tính toán nhu cầu tưới của cây trồng để trợ giúp cán bộ quản lý lập lịch cấp nước tưới. Phần mềm ISAREG là để trợ giúp hệ thống tưới cây trồng cạn còn phần mềm IRRICEP là để trợ giúp điều hành hệ thống tưới lúa nước. Các phần mềm này đã được ứng dụng để điều hành hệ thống Sorraia gần thủ đô LISBON, Bồ Đào Nha [4].

Ở Việt Nam:

Hiện nay, ở Việt Nam chưa có kết quả nghiên cứu nào thuộc nhóm này được sử dụng phổ biến. Người dùng thường sử dụng phần mềm CROWAT để tính toán nhu cầu dùng nước của cây trồng phục vụ cho bài toán quy hoạch, thiết kế các công trình thủy lợi.

1.3. Nhóm thứ ba: Nhóm các phần mềm quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới

1.3.1. Nhóm các phần mềm được xây dựng trên máy đơn

Nhóm các phần mềm này đã giải quyết được phần lớn các vấn đề trong công tác quản lý điều hành hệ thống tưới. Các phần mềm này đã tính toán nhu cầu tưới từ các công lấy nước, các điểm phân phối nước trên hệ thống, tính toán thủy lực để xác định đường mực nước trên kênh, lập kế hoạch vận hành hệ thống tưới. Vì vậy, nhóm các phần mềm này được áp dụng vào thực tế khá nhiều trên thế giới và ở Việt Nam:

Trên thế giới:

Phần mềm INCA do Viện thủy lợi HR Wallingford (Anh) xây dựng. Phần mềm bao gồm 4 module: Module tính toán vận hành, Module thủy lực, Module lập kế hoạch tối ưu và Module về hệ thống thông tin địa lý GIS. So với mô hình CROPWAT thì INCA có mức độ hoàn thiện tốt hơn, nên có khả năng ứng dụng phù hợp hơn cho bài toán điều hành hệ thống và đã được ứng dụng ở một số nước châu á - Phi, như Sri Lanka, Bangladesh, Thổ Nhĩ Kỳ, Thái Lan, Ấn Độ, Philipin, Zimbabwe, Sudan, Kenya.... [4].

Phần mềm SIMIS do FAO công bố năm 1993. Phần mềm có các chức năng chính: Tính toán nhu cầu nước của cây trồng; Lập kế hoạch tưới; Xây dựng kế hoạch vận hành và duy tu bảo dưỡng hệ thống tưới [4].

Phần mềm điều hành hệ thống kênh tưới chính – IMSOP (Irrigation Main Systems Operation) do Hector. M Malano, Đại học Melbourne (Úc) xây dựng [4]. Phần mềm được xây dựng trên ngôn ngữ lập trình Visual basic 6.0, chạy trên máy đơn. Các số liệu đầu vào chính của phần mềm gồm: Số liệu về diện tích phụ trách của từng cống lấy nước, hiệu quả tưới của từng cống, diện tích của các loại cây trồng của từng cống lấy nước, thời gian sinh trưởng của cây trồng, hệ số cây trồng, các chỉ tiêu cơ lý của đất, số liệu về khí tượng, số liệu về mưa, số liệu về tiến độ gieo trồng, tổn thất trên kênh, số liệu về mặt cắt trên các đoạn kênh, các số liệu quan trắc của các công trình trên kênh,...Kết quả đầu ra là: Bốc thoát hơi tiềm năng ET_0 , nhu cầu dùng nước của các cống lấy nước, của các điểm nút trên hệ thống kênh và tại đầu mối, tính toán đưa ra lịch vận hành trạm bơm; đánh giá kết quả giữa quan trắc lưu lượng thực tế và theo tính toán. Phần mềm có những ưu, nhược điểm sau:

❖ Ưu điểm:

- ✓ Phần mềm đã đặt vấn đề giải quyết tương đối toàn diện bài toán quản lý điều hành hệ thống tưới từ tính toán cân bằng nước mặt ruộng để xác định nhu cầu tưới của từng cống lấy nước, tính toán lưu lượng yêu cầu cấp tại từng nút trên hệ thống kênh, tại đầu mối và đưa ra phương án vận hành các máy bơm, đến tính toán thủy lực trên hệ thống kênh.

- ✓ Đã tính toán nhu cầu tưới theo tiến độ đổ ải, làm đất của từng công lấy nước. Đây là bước đột phá trong việc sử dụng công nghệ tin học để nâng cao mức độ chính xác trong việc tính toán xác định nhu tưới của các công lấy nước.
- ✓ Có thể chuyên đổi giao diện tiếng Anh sang tiếng Việt, nên thuận tiện cho người dùng khi áp dụng vào Việt Nam.
- ❖ **Nhược điểm:** Phần mềm này có một số nhược điểm chính như sau :
 - ✓ Số liệu mưa là số liệu mưa tuần, nên trong tuần có 2 trận mưa mà tổng lượng nước chia cho 7 ngày nhỏ hơn 2mm thì mô hình sẽ không tính và coi như bằng 0, nhưng thực tế lượng mưa này vẫn cung cấp nước cho cây trồng. Vì vậy kết quả tính toán của mô hình thường lớn hơn rất nhiều so với thực tế điều hành;
 - ✓ Hệ số Kc không được tính cho từng khu ruộng lúa ứng với từng thời kỳ sinh trưởng mà tính đồng loạt (coi như gieo cấy đồng thời), việc này làm lượng nước tính toán thường chưa sát với yêu cầu thực tế
 - ✓ Không thể đưa ra lịch tưới luân phiên trên các kênh theo đúng thực tế điều hành, nên rất khó khăn cho việc ứng dụng mô hình vào thực tế điều hành;
 - ✓ Tính toán thủy lực trên kênh theo dòng chảy đều, nên chưa sát với thực tế.
 - ✓ Phần mềm chạy trên máy đơn, nên không thuận tiện cho người dùng.

Ở Việt Nam:

Trong khuôn khổ một dự án hợp tác nghiên cứu giữa Trường đại học Melbourne (Úc) và Viện Khoa học Thủy Lợi (nay là Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam), mô hình vận hành hệ thống kênh tưới (IMSOP) đã được ứng dụng thử nghiệm trên các số hệ thống tưới La Khê, Đan Hoài và Củ Chi. Sau đó, được tác giả và nhóm nghiên cứu của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam nghiên cứu phần mềm này và đã được cải tiến và ứng dụng mở rộng ở hệ thống tưới Đông Anh, Nam Sông Mã, Đồng Cam. Tuy nhiên đến nay, do nhiều nguyên nhân khác nhau, các đơn vị sử dụng gần như không dùng đến công cụ này để tính toán điều hành hệ thống tưới.

Trong khuôn khổ luận án của mình, Tiến sĩ Nguyễn Việt Chiến [4] đã sử dụng mô hình IMSOP để tính toán đưa ra hiệu quả sử dụng nước mưa ứng với từng thời kỳ sinh trưởng của cây lúa.

Trong khuôn khổ luận án của mình, Tiến sĩ Trần Văn Đạt [6] đã nghiên cứu phát triển mô hình IMSOP để vận hành hệ thống tưới trong điều kiện hạn chế nguồn nước. Tác giả đã phát triển mô hình theo hướng chọn mô hình tối ưu phi tuyến để nghiên cứu ứng dụng hỗ trợ ra quyết định trong công tác vận hành hệ thống với hàm mục tiêu là tối đa tổng sản lượng lúa trong trường hợp không đủ nước tưới.

1.3.2. Nhóm các phần mềm được xây dựng chạy trên mạng internet

Trên thế giới:

Phần mềm Confluent của Rubicon – Australia [20] được xây dựng đồng bộ với thiết bị giám sát điều khiển do công ty Rubicon sản xuất. Phần mềm có ưu điểm : cho phép người dùng có thể quản lý nước, điều hành hoạt động và phục vụ khách hàng một cách linh hoạt. Bằng cách kết hợp công nghệ internet và smartphone mới nhất, phần mềm cho phép lập kế hoạch tưới với công cụ mạng trực quan, kỹ thuật điều khiển từ xa tiên tiến, và một cơ sở dữ liệu chuẩn công nghiệp, Bộ phần mềm Confluent có thể giúp người dùng giải quyết những thách thức gặp phải trong quá trình quản lý tài nguyên nước. Nhược điểm của phần mềm là: Phần mềm chưa quan tâm đến việc tính toán nhu cầu tưới của cây trồng, yêu cầu cấp nước được khách hàng gửi đến đơn vị quản lý cung cấp nước, đơn vị này sẽ sử dụng phần mềm để lập kế hoạch phân phối nước và điều khiển từ xa vận hành hệ thống để cấp nước cho khách hàng, nên phần mềm này chưa phù hợp với điều kiện khi nguồn nước và khả năng của hệ thống công trình không thể đáp ứng theo nhu cầu của khách hàng như thực tế ở Việt Nam mà cần phải tính toán nhu cầu nước của các công lấy nước để cấp đủ yêu cầu; do toàn bộ thiết bị và phần mềm phải mua của công ty Rubicon, nên giá thành rất cao.

Phần mềm Crop-WaterMonitoring and Information System (CWMIS) do Trung tâm nghiên cứu tài nguyên nước (Center for Water Resources Research) thuộc trường đại học Utah – Mỹ phát triển [21]. Phần mềm này sử dụng công nghệ

ảnh viễn thám (Landsat, MODIS) để xác định diện tích cây trồng, từ đó tính toán dự báo nhu cầu tưới trước 8- 16 ngày, các hộ dùng nước có thể truy cập vào hệ thống để biết lượng nước mà mình cần cấp trong các ngày tiếp theo. Phần mềm này có ưu điểm là: sử dụng công nghệ ảnh viễn thám để xác định diện tích gieo trồng, nên việc tính toán nhu cầu tưới tương đối chính xác, phù hợp với thời gian sinh trưởng của cây trồng; sử dụng đơn giản, nông dân chỉ cần truy cập vào hệ thống bằng các thiết bị di động có kết nối internet là có thể biết được thông tin. Phần mềm này có nhược điểm là: chưa hỗ trợ đơn vị cung cấp nước lập kế hoạch tưới, hỗ trợ điều hành tưới theo thời gian thực, chưa kết nối với thiết bị ngoài hiện trường để giám sát điều khiển vận hành hệ thống.

Ở Việt Nam:

Hiện nay, ở Việt Nam có rất ít kết quả nghiên cứu về vấn đề quản lý, điều hành hệ thống tưới dựa trên nền tảng web, mà chủ yếu nghiên cứu về quản lý các công trình thủy lợi trên nền tảng web. Cụ thể như sau :

Hệ thống Waterdata của Đại học thủy lợi [3]. Đây là một khung cơ sở dữ liệu mở phục vụ cho việc trao đổi và chia sẻ dữ liệu thủy lợi hoạt động dựa trên nền tảng mạng internet. Các loại dữ liệu bao gồm: Khí tượng, thủy văn, hải văn, chất lượng nước; Hệ thống kênh mương, sông suối; Địa hình (bình đồ, mặt cắt ngang), địa chất; Các hệ thống thủy lợi và công trình thủy lợi (hồ, đập, cống, trạm bơm, kênh mương, đê, kè). Hệ thống sử dụng tương tác bản đồ GIS (GoogleMaps) để quản lý các công trình thủy lợi. Hệ thống này có ưu điểm là: cho phép khai thác và cập nhật mọi lúc, mọi nơi, cho phép nhiều người cùng sử dụng. Nhược điểm là chỉ quan tâm đến quản lý về thuộc tính công trình, các tài liệu báo cáo có liên quan, đây chỉ như là một kho dữ liệu về các thông tin thủy lợi do người dùng tự cung cấp, hệ thống chưa đề cập đến vấn đề quản lý điều hành hệ thống tưới.

Hệ thống quản lý, giám sát và hỗ trợ điều hành các hồ chứa theo thời gian thực [9]. Hệ thống này do Trung tâm Công nghệ Phần mềm thủy lợi nghiên cứu, phát triển và ứng dụng cho Tổng Cục Thủy lợi. Hệ thống quản lý toàn bộ hệ thống sông suối, bản đồ nền hành chính Việt Nam, thông tin của gần 6.000 hồ chứa (có

1.250 hồ được số hóa trên nền bản đồ) trên nền bản đồ WebGis; tích hợp số liệu quan trắc hàng ngày của gần 600 trạm đo mưa, gần 400 trạm đo mực nước của Trung tâm Khí tượng thủy văn, của 37 hồ chứa Tập đoàn điện lực Việt Nam và của gần 800 hồ chứa. Trong đó có 23 hồ chứa được lắp đặt thiết bị giám sát tự động (trong đó có 15 hồ được trang bị đầy đủ các hạng mục: lượng mưa trên lưu vực, độ mở cửa tràn, độ mở cống, mực nước hồ, mực nước sau tràn, sau cống và trang bị phần mềm dự báo dòng chảy đến hồ và hỗ trợ điều hành hồ chứa theo thời gian thực. Hệ thống có các ưu điểm: Người dùng có thể xem các thông tin về các hồ chứa một cách trực quan trên bản đồ dựa trên công nghệ WebGIS, có thể xem cảnh báo về mực nước hồ, lượng mưa, mực nước sông theo các quy định về biểu tượng và màu sắc một cách trực quan; một số hồ được trang bị thiết bị đo tự động và phần mềm có chức năng dự báo dòng chảy đến hồ và hỗ trợ điều hành hồ chứa theo thời gian thực. Chức năng này giúp các đơn vị quản lý có thể điều hành hồ an toàn về mùa mưa lũ, sử dụng nước tiết kiệm trong mùa kiệt. Tuy nhiên, hệ thống này chưa đề cập đến vấn đề quản lý và điều hành hệ thống tưới.

Kết luận chương 1 :

Hiện nay, trên thế giới có nhiều nghiên cứu phát triển, xây dựng các phần mềm quản lý điều hành hệ thống tưới và được áp dụng khá phổ biến.

Các phần mềm quản lý, điều hành hệ thống tưới đã được nghiên cứu xây dựng và áp dụng ở Việt Nam, còn có một số hạn chế như sau :

- Mỗi phần mềm chỉ giải quyết được một vấn đề trong công tác quản lý điều hành hệ thống tưới, chưa tích hợp các chức năng giải quyết các bài toán khác nhau của các phần mềm khác nhau: quản lý hệ thống công trình, diện tích tưới trên nền công nghệ thông tin địa lý (GIS); tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới; tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh theo chế độ dòng chảy không ổn định; kết nối với các thiết bị ngoài hiện trường để giám sát và điều khiển từ xa các thiết bị để trở thành bộ công cụ thân thiện với người dùng, giúp các công ty KTCTTL có thể quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực và có thể sử dụng hàng ngày để điều hành hệ thống tưới của mình.

- Chưa xây dựng được giải pháp công nghệ giúp người dùng có thể xác định diện tích gieo trồng (diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy) của các công lấy nước một cách thuận tiện;

- Các phần mềm được xây dựng chạy trên máy đơn, dữ liệu và kết quả tính toán chỉ được hiện thị trên 1 máy của cán bộ kỹ thuật sử dụng, nên việc cập nhật thông tin ngoài hiện trường lên cơ sở dữ liệu, gửi thông tin đến cán bộ vận hành hệ thống tưới gặp rất nhiều khó khăn, không kịp thời. Đây cũng là một nguyên nhân cho việc ứng dụng các phần mềm đã được nghiên cứu vào thực tế vẫn còn nhiều hạn chế.

Chương 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Cách tiếp cận

2.1.1.1. Cách tiếp cận để xác định các yêu cầu của bài toán

- Tác giả tiếp cận đối tượng nghiên cứu bằng việc đi thực tế tại các công ty KTCTTL để tìm hiểu tình hình gieo trồng thực tế của các hộ dùng nước, cách quản lý điều hành hệ thống tưới, các vấn đề của thực tế mà các đơn vị đang bức xúc, các mong muốn sử dụng công nghệ để giải quyết.

- Tìm hiểu các phần mềm quản lý, điều hành hệ thống tưới đã được nghiên cứu xây dựng ở trong và ngoài nước. Phân tích các ưu và nhược điểm của từng phần mềm để biết được các phần mềm này đã đáp ứng được các yêu cầu nào trong thực tế tại Việt Nam? Từ đó phân tích xây dựng các yêu cầu của bài toán quản lý, điều hành hệ thống tưới cần phải giải quyết ở Việt Nam. Cụ thể như sau:

1. Tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới

- Kế hoạch tưới được lập từ đầu vụ sản xuất nông nghiệp. Từ các số liệu về cơ cấu cây trồng của các hộ dùng nước, các số liệu về tiến độ gieo trồng của các loại cây trồng, thời gian sinh trưởng của các loại cây trồng trong vụ hiện tại; số liệu khí tượng, lượng mưa trung bình nhiều năm;.... phần mềm sẽ tính toán nhu cầu dùng nước và xác định yêu cầu cấp nước tại các cống lấy nước trực tiếp vào mặt ruộng cho từng ngày, tính toán xác định lưu lượng yêu cầu cấp nước tại các điểm nút trên mạng lưới kênh và tại đầu mỗi.

- Tính toán cân bằng nước về tổng lượng nước, trong trường hợp không đủ nguồn nước để cung cấp cho hệ thống thì cần phải khuyến cáo cho các hộ dùng nước để điều chỉnh tiến độ gieo trồng (nếu trong giai đoạn gieo trồng) hoặc thay đổi lịch tưới luân phiên (nếu trong giai đoạn tưới dưỡng). Trường hợp vẫn không đáp ứng được nhu cầu dùng nước thì cần phải khuyến cáo các hộ dùng nước chuyển đổi cơ cấu cây trồng.

- Tính toán đường mực nước trên hệ thống kênh, trong trường hợp mực nước trên kênh lớn hơn mực nước cho phép, cần phải điều chỉnh tiến độ gieo trồng (nếu trong giai đoạn gieo trồng) hoặc thay đổi lịch tưới luân phiên (nếu trong giai đoạn tưới dưỡng).

2. Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực

- Kết nối với các trạm giám sát điều khiển trên hệ thống tưới để cập nhật số liệu giám sát tại các trạm theo thời gian thực.

- Cập nhật số liệu về tình hình sản xuất nông nghiệp theo thực tế của ngày hiện tại.

- Tính toán nhu cầu tưới và các điểm phân phối nước trên hệ thống từ các số liệu giám sát tự động theo thời gian thực và diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện gieo trồng được cập nhật trong ngày.

- Tính toán lưu lượng đang bơm, lưu lượng đang cấp tại các điểm phân phối nước từ các số liệu giám sát theo thời gian thực.

- Lập phương án điều chỉnh số máy bơm vận hành, thời gian bơm cho phù hợp với yêu cầu cấp nước.

- Tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh ứng với từng phương án điều chỉnh số máy bơm.

- Ra lệnh điều khiển vận hành hệ thống tưới từ trung tâm điều hành hoặc bất cứ đâu bằng máy tính, máy tính bảng, điện thoại smartphone có kết nối internet.

3. Quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS:

- Quản lý các công trình thủy lợi: Hệ thống kênh và công trình trên kênh được hiển thị trên nền bản đồ WebGIS và được quản lý theo hình cây: kênh chính gồm các các kênh cấp 1 và các công trình trên kênh chính; kênh cấp 1 gồm các kênh cấp 2 và các công trình trên kênh cấp 1;.... ; kênh cấp n-1 gồm các kênh cấp n và các công trình trên kênh cấp n-1. Người dùng có thể xem thông tin kỹ thuật, bản vẽ

(dạng tệp *.pdf), hình ảnh công trình của từng đoạn kênh, của từng công trình trên kênh hoặc bảng báo cáo các thông số kỹ thuật của các đoạn kênh, bảng báo cáo thông số kỹ thuật của các loại công trình trên từng đoạn kênh hoặc cả tuyến kênh. Việc quản lý các công trình giúp các công ty KTCTTL có thể biết được hiện trạng các công trình, phục vụ cho việc lập hồ sơ thiết kế duy tu sửa chữa các công trình thủy lợi hàng năm.

- Quản lý diện tích tưới: Từng công lấy nước của cấp kênh n quản lý từng ô thửa của diện tích tưới phụ trách. Từng công lấy nước của cấp kênh $n-1$ quản lý diện tích tưới phụ trách của các công đầu kênh cấp $n, \dots$. Từng công lấy nước trên kênh chính quản lý diện tích tưới của từng công đầu kênh cấp 1. Việc quản lý diện tích tưới này sẽ giúp các công ty KTCTTL của thể xác định được diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo trồng hàng ngày của các công lấy nước, của các cấp kênh và của toàn hệ thống; làm cơ sở giúp các công ty KTCTTL có thể xác định chính xác diện tích được cấp nước phục vụ cho việc nghiệm thu để xin cấp bù thủy lợi phí.

2.1.1.2. Cách tiếp cận để giải quyết các yêu cầu của bài toán

Để giải quyết các yêu cầu bài toán trên, cần phải nghiên cứu các giải pháp công nghệ: Công nghệ để tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới; Công nghệ tự động hóa để giám sát điều khiển hệ thống tưới; Công nghệ WebGIS để quản lý hệ thống tưới;. Tác giả chọn cách tiếp cận để nghiên cứu từng giải pháp công nghệ này như sau:

1. Công nghệ để tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới

Hiện nay phần mềm CROWAT khá phổ biến trong việc tính toán nhu cầu tưới cho cây trồng, tuy nhiên phần mềm này là phần mềm đóng, được viết cho máy đơn và đơn vị phát triển sản phẩm không cung cấp các hàm để có thể tích hợp vào hệ thống để tính toán. Vì vậy, tác giả chọn cách tiếp cận là sử dụng các công thức tính toán trong giáo trình Quy hoạch và thiết kế hệ thống thủy lợi - Tập; TCVN 9168: 2012– Công trình thủy lợi – Hệ thống tưới tiêu – Phương pháp xác định hệ số tưới lúa và một số tài liệu khác về quản lý khai thác các công trình thủy lợi để xây

dựng thuật toán tính toán nhu cầu cấp nước cho từng công lấy nước, lập kế hoạch tưới để phát triển phần mềm.

2. Công nghệ để tính toán xác định đường mực nước trên kênh:

Dòng chảy trên hệ thống kênh tưới là dòng chảy không ổn định trên kênh hở. Để tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh tưới, thông thường người ta giải hệ phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng (Phương trình Saint Venant) và sử dụng các công thức tính toán dòng chảy qua các công trình thủy lợi (công, tràn,...). Tuy nhiên, việc này rất phức tạp, mất nhiều thời gian nghiên cứu. Vì vậy, trong khuôn khổ luận án này, tác giả đã chọn cách tiếp cận là nghiên cứu tích hợp phần mềm MIKE 11 (là phần mềm của hãng DHI Water & Environment nghiên cứu phát triển, phần mềm này được sử dụng khá phổ biến trên thế giới và ở Việt Nam để tính toán diễn biến mực nước trên sông, kênh tưới tiêu theo chế độ dòng chảy không ổn định trên kênh hở) vào hệ thống để tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh tưới. Đây là cách tiếp cận mới ở Việt Nam để giải quyết bài toán này.

3. Công nghệ tự động hóa

Công nghệ này giúp cho người dùng tại trung tâm điều hành có thể giám sát diễn biến vận hành hệ thống tưới.

Từ năm 2010 đến năm 2013, Trung tâm Công nghệ Phần mềm Thủy lợi đã thực hiện đề tài: “Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị kiểm soát và điều khiển từ xa lượng nước phân phối trên hệ thống kênh tưới” do tác giả làm chủ nhiệm đề tài. Sản phẩm chính của đề tài là thiết bị kiểm soát và điều khiển từ xa lượng nước phân phối trên hệ thống kênh tưới (Sgate). Thiết bị này có đặc điểm là sử dụng nguồn điện từ năng lượng pin mặt trời để cung cấp cho hệ thống, tại trung tâm có thể giám sát, điều khiển vận hành thiết bị theo yêu cầu của người dùng (độ mở, lưu lượng hoặc tổng lượng nước sẽ lấy) qua mạng điện thoại di động thông qua dịch vụ GPRS. Thiết bị này được lắp đặt tại các công phân phối nước và các công điều tiết trên kênh.

Từ năm 2010 đến năm 2011, Trung tâm Công nghệ Phần mềm Thủy lợi đã thực hiện dự án sản xuất thử nghiệm cấp nhà nước: “Hoàn thiện công nghệ thông tin

tự động hóa để xây dựng hệ thống thông tin quản lý cơ sở dữ liệu ngành thủy lợi phục vụ công tác phòng chống úng hạn nhằm ứng phó với tình hình biến đổi khí hậu”, sản phẩm chính của dự án là thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU-TL3), thiết bị này được tích hợp vào các trạm khí tượng, đo mưa và trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối để nhận tín hiệu từ các đầu đo, rồi phân tích, truyền về trung tâm và ngược lại.

Trong khuôn khổ luận án tiến sỹ của mình, tác giả không đi nghiên cứu chế tạo thiết bị SGate và thiết RTU-TL3 mà chỉ nghiên cứu nội dung kết nối truyền dữ liệu từ các trạm thiết bị ngoài hiện trường (thiết bị RTU-TL3, thiết bị SGate) về cơ sở dữ liệu máy chủ và hiển thị cho người dùng, truyền lệnh điều khiển từ người dùng lên cơ sở dữ liệu máy chủ và đến thiết bị ngoài hiện trường.

4. Công nghệ để quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS

Công nghệ WebGIS hiện nay có hai xu hướng để phát triển phần mềm: xu hướng thứ nhất: sử dụng công nghệ mã nguồn đóng của hãng ESRI để phát triển. Ưu điểm của xu thế này là xây dựng , phát triển phần mềm đơn giản do sử dụng các công cụ có sẵn. Nhược điểm: cần phải mua bản quyền với giá tương đối cao (khoảng 600 triệu đồng cho một bản quyền); xu thế thứ hai: Sử dụng mã nguồn mở của Hiệp hội phát triển mã nguồn mở. Ưu điểm của xu thế này là không phải mất chi phí mua bản quyền phần mềm. Nhược điểm là cần phải nghiên cứu mã nguồn để tích hợp và phát triển phần mềm.

Để chủ động cho việc phát triển, triển khai phần mềm vào thực tế sau này và hiện tại không phải mua bản quyền, tác giả chọn cách tiếp cận phát triển phần mềm là sử dụng mã nguồn mở OpenLayers và MapServer.

2.1.2. Phương pháp nghiên cứu

Để triển khai thực hiện luận án, tác giả đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

- Phương pháp điều tra khảo sát: Tác giả đã sử dụng phương pháp này để điều tra hiện trạng sản xuất nông nghiệp ở một số hệ thống tưới, cách các đơn vị quản lý điều hành hệ thống tưới. Phân tích sự khác nhau giữa lý thuyết và thực tế để

xây dựng thuật toán tính toán nhu cầu dùng nước của cây trồng phù hợp với thực tế. Điều tra khảo sát các thông số kỹ thuật của hệ thống tưới Ấp Bắc Nam Hồng để phục vụ việc chạy thử, kiểm nghiệm phần mềm.

- Phương pháp mô phỏng: Tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng để kiểm nghiệm hệ thống VNIMS, cụ thể như sau:

+ Tác giả sử dụng hệ thống tưới Ấp Bắc Nam Hồng để mô phỏng hệ thống tưới để kiểm nghiệm các chức năng: Quản lý hệ thống tưới trên bản đồ WebGIS; tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới, tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh, kiểm nghiệm giải pháp công nghệ xác định diện tích gieo trồng (diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy) từng ngày của các công lấy nước trên nền bản đồ GIS trên các thiết bị di động (điện thoại smart phone, máy tính bảng,...).

+ Sử dụng một thiết bị Sgate đặt tại Trung tâm Công nghệ Phần mềm Thủy lợi (sản phẩm trưng bày của Trung tâm) để mô phỏng và kiểm nghiệm quá trình giám sát và điều khiển hệ thống tưới.

+ Sử dụng máy chủ của Trung tâm Nghệ phần mềm Thủy lợi để mô phỏng và kiểm nghiệm trung tâm dữ liệu máy chủ của hệ thống VNIMS.

- Phương pháp kế thừa: Đề tài đã kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây của các đề tài nghiên cứu cấp Bộ, cấp Nhà nước do tác giả làm chủ nhiệm, kế thừa kết quả nghiên cứu về phần mềm IMSOP để phát triển hệ thống VNIMS, cụ thể như sau:

+ Kế thừa công nghệ GIS: Sử dụng kết quả nghiên cứu về các hàm trong chương trình mã nguồn mở MapServer, OpenLayers để phát triển phần mềm IMS.

+ Kế thừa công nghệ tự động hóa: Sử dụng kết quả nghiên cứu về các hàm trong chip vi xử lý Q2687 của hãng Sierra Wireless (được dùng phổ biến trong lĩnh vực tự động hóa) phát triển các giao thức để kết nối từ các trạm thiết bị ngoài hiện trường đến cơ sở dữ liệu máy chủ trung tâm và ngược lại.

+ Kế thừa kết quả nghiên cứu về phần mềm IMSOP: Tác giả đã kế thừa phương pháp tính toán lượng nước cần cấp cho diện tích đồ ải, diện tích chờ, diện tích làm đất theo tiến độ gieo trồng để phát triển module tính toán nhu cầu tưới của

các cống lấy nước; kế thừa phương pháp tính toán nhu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống.

- Phương pháp kiểm nghiệm:

Đề tài đã sử dụng phương pháp này để kiểm nghiệm các chức năng của phần mềm, trong đó có các chức năng chính như sau:

+ Kiểm nghiệm chức năng quản lý các công trình thủy lợi, diện tích tưới trên nền bản đồ GIS.

+ Kiểm nghiệm chức năng cho phép người dùng có thể cập nhật diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy theo ngày của từng cống lấy nước trên giao diện WebGIS trên các thiết bị di động.

+ Kiểm nghiệm chức năng tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới.

+ Kiểm nghiệm chức năng hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực.

+ Kiểm nghiệm chức năng giám sát, điều khiển vận hành hệ thống tưới từ xa.

2.2.Cơ sở lý thuyết để xây dựng hệ thống VNIMS

2.2.1. Cơ sở lý thuyết để tính toán xác định nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới

2.2.1.1. Thuật toán xác định nhu cầu cấp nước của các cống lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng

Để xác định nhu cầu tưới cho cây trồng lúa trong giai đoạn làm đất- cấy [13], có hai phương pháp tính toán như sau :

- Phương pháp gieo cấy đồng thời: Theo phương pháp này thì các cây trồng được coi như gieo cấy đồng thời. Tuy nhiên, theo thực tế thì trong quá trình đồ ải, làm đất và gieo cấy, cần phải có khoảng thời gian nhất định (thông thường từ 15- 30 ngày) mới thực hiện xong, vì vậy theo phương pháp này thì nhu cầu dùng nước của các cống lấy nước thường cao hơn thực tế rất nhiều.

- Phương pháp gieo cấy tuần tự: Theo phương pháp này tỷ lệ diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy theo từng ngày phải bằng nhau. Tuy nhiên trong thực tế, sản xuất nông nghiệp không thể thực hiện như vậy. Thông thường diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy của các ngày là khác nhau, do

đó theo phương pháp tính toán này thì nhu cầu nước theo tính toán vẫn khác xa với thực tế gieo trồng.

Như vậy, theo cả hai phương pháp tính toán nêu trên thì nhu cầu nước theo tính toán đều chưa sát với thực tế sản xuất. Để giải quyết vấn đề này, phần mềm IMSOP đã tính toán nhu cầu dùng nước cho các công với diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích chờ và diện tích cấy theo tỷ lệ diện tích bất kỳ. Tuy nhiên, khi tính toán thành phần hao nước của cây trồng lại coi toàn bộ diện tích cây trồng được gieo cấy đồng thời, nên nhu cầu tưới theo tính toán vẫn chưa sát với thực tế và không phản ánh đúng bản chất nhu cầu dùng nước của cây trồng theo từng thời kỳ sinh trưởng của cây trồng (thông qua hệ số cây trồng K_c). Vì vậy, tác giả đã kế thừa phương pháp tính toán lượng nước cần thiết cho các diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích chờ của các công lấy nước của phần mềm IMSOP và cải tiến phương pháp tính toán lượng nước cần thiết cho các ô thửa được gieo cấy cùng ngày của cây trồng theo thời gian sinh trưởng cho từng công lấy nước.

Mỗi một công lấy nước mặt ruộng phụ trách tưới cho một diện tích tưới (khu tưới). Trong khu tưới có thể có nhiều loại cây trồng khác nhau, nhưng được nhóm thành hai nhóm: nhóm cây trồng lúa và nhóm cây trồng cạn. Ứng với mỗi nhóm cây trồng có cách tính toán nhu cầu tưới khác nhau, cụ thể như sau:

1. Nhóm cây trồng lúa

Các giống lúa có thời gian sinh trưởng và hệ số K_c khác nhau thì được coi là các cây trồng lúa khác nhau. Khi cùng một giống lúa, nhưng thời gian bắt đầu gieo trồng (cấy hoặc gieo sạ) khác nhau thì cũng được gọi là một loại cây trồng lúa.

Tùy theo mùa vụ (vụ chiêm hay vụ mùa) mà quy trình gieo cấy khác nhau, dẫn đến việc tính toán nhu cầu tưới để cấp nước phục vụ sản xuất khác nhau, cụ thể như sau

a) Đối với vụ chiêm xuân

Quy trình canh tác: Cho nước vào ruộng để “đồ ải”, sau đó ngâm đất từ 1-3 ngày rồi làm đất bằng cách sử dụng máy hoặc trâu hoặc sử dụng sức lao động của

con người để làm nhuyễn đất, rồi cấy lúa hoặc gieo sạ, cây lúa phát triển qua các thời kỳ sinh trưởng rồi lúa chín và cuối cùng là thu hoạch.

Như vậy, lượng nước phục vụ nhu cầu tưới vụ chiêm sẽ được tính theo sát quy trình canh tác bao gồm: lượng nước cần cấp cho diện tích cần đở ải ($m_{đở ải}[i]$), lượng nước bù đắp lượng ngấm ổn định và lượng nước bốc hơi mặt thoáng ($m_{chờ}[i]$), lượng nước ngấm ổn định và lượng nước bốc thoát hơi qua lá ($m_{tưới}[i]$) như công thức (2-1):

Công thức tổng quát:

$$m_{tổng}[i] = m_{đở ải}[i] + m_{chờ}[i] + m_{tưới}[i] \quad (2-1)$$

Trong đó:

- $m_{tổng}[i]$: tổng lượng nước cần cấp của ngày thứ i (m^3).

- $m_{đở ải}[i]$: lượng nước cần cấp cho diện tích cần đở ải ngày thứ i (m^3). Tại thời điểm ngày thứ i nếu có diện tích cần đở ải là $S_{đở ải}$ thì lượng nước cần thiết để cấp cho diện tích đó được tính theo công thức (2-2).

$$m_{đở ải}[i] = S_{đở ải}[i] * a_{đở ải}[i] * 10^{-3} \quad (m^3) \quad (2-2)$$

$a_{đở ải}[i]$: lớp nước cần có (mm) của ngày thứ i được xác định theo công thức (2-3).

$$a_{đở ải}[i] = h_{bão hòa}[i] + a_{mặt ruộng}[i] + h_{mặt thoáng}[i] * t_{bh} - Re[i] \quad (mm). \quad (2-3)$$

Trong đó:

+ $S_{đở ải}[i]$: diện tích cần đở ải ngày thứ i (m^2);

+ $h_{bão hòa}$: lượng nước cần thiết để bão hòa tầng đất. Số liệu này được xác định bằng thực nghiệm (mm);

+ $a_{mặt ruộng}$: lớp nước mặt ruộng cần thiết để có thể làm đất (mm). Tùy theo điều kiện làm đất bằng thủ công hay bằng máy cày mà yêu cầu lớp nước khác nhau. Thông thường làm đất bằng thủ công thì lớp nước mặt ruộng yêu cầu là 20mm, nếu làm máy thì lớp nước yêu cầu là 50mm;

+ $h_{\text{mặt thoát}}$: là lượng nước bốc hơi mặt thoát của nước. Số liệu này được xác định bằng thực nghiệm cho từng vùng (mm/ngày);

+ t_{bh} : là thời gian ngấm bão hòa (ngày);

+ $Re[i]$: lượng mưa hiệu quả ngày thứ i . (mm)

Theo kết quả nghiên cứu trong luận án tiến sĩ của TS. Nguyễn Viết Chiến [4] thì lượng mưa hiệu quả tối đa đối với ruộng lúa ở đồng bằng Sông Hồng, vụ chiêm xuân là $R_{\text{max}}=50$ mm và vụ mùa là $R_{\text{max}}= 60$ mm; Lượng mưa tối thiểu là $R_{\text{min}} =2$ mm.

Gọi $R[i]$: lớp nước mưa đo thực tế ngày thứ i (mm) ta có:

(i). $Re[i]= 0$ nếu $R[i]< R_{\text{min}}$

(ii). $Re[i]= R[i]$ nếu $R_{\text{min}}\leq R[i]< R_{\text{max}}$

(iii). $Re[i]= R_{\text{max}}$ nếu $R[i]\geq R_{\text{max}}$

- $m_{\text{chờ}} [i]$: là lượng nước cần thiết để cấp bổ sung cho diện tích đã đổ ải đang chờ làm đất hoặc đã làm đất đang chờ cấy (m^2). Sau thời gian ngấm bão hòa (t_{bh}) mà chưa tiến hành làm đất hoặc làm đất rồi nhưng chưa được cấy (hoặc gieo sạ) thì diện tích này sẽ cần phải cấp bổ sung nước để bù đắp lượng ngấm ổn định và lượng nước bốc hơi mặt thoát như công thức (2-4).

$$m_{\text{chờ}} [i]= S_{\text{chờ}}[i]* a_{\text{chờ}}[i] *10^{-3} (m^3) \quad (2-4)$$

$a_{\text{chờ}}[i]$: lớp nước cần có (mm) để chờ làm đất hoặc đã làm đất đang chờ cấy của ngày thứ i xác định theo công thức (2-5);

$$a_{\text{chờ}}[i] =(h_{\text{ổđ}} +h_{\text{mặt thoát}} +a_{\text{mặt ruộng}}[i])-(a_{\text{ổđ}}+Re[i]) (mm) \quad (2-5)$$

Trong đó:

$S_{\text{chờ}}[i]$: là diện tích đã đổ ải đang chờ làm đất hoặc đã làm đất đang chờ cấy (m^2) xác định theo công thức (2-6);

$$S_{\text{chờ}}[i] =S_{\text{chờ}}[i-1] + S_{\text{chờ}}[i-2]+.... + S_{\text{chờ}}[2] + S_{\text{chờ}}[1] (m^2) \quad (2-6)$$

+ $h_{\text{ổđ}}$: lượng nước ngấm ổn định(mm/ngày);

+ $a_{\text{mặt ruộng}}[i]$: lớp nước mặt ruộng còn lại cuối ngày thứ i ;

+ $a_{\text{mặt ruộng}}[i]$: lớp nước mặt ruộng đầu ngày thứ i .

- $m_{\text{tưới}}[i]$: lượng nước tưới cho ngày thứ i (m^3):

Nếu toàn bộ diện tích này hoặc một phần được gieo cấy thì diện tích này sẽ được chuyển sang giai đoạn tính toán nhu cầu nước trong giai đoạn phát triển của cây trồng, bao gồm hai thành phần: lượng nước ngầm ổn định và lượng nước bốc thoát hơi qua lá như công thức (2-7).

$$m_{\text{tưới}}[i] = (S_{\text{lúa}}[i] + S_{\text{lúa}}[i-1] + \dots + S_{\text{lúa}}[2] + S_{\text{lúa}}[1]) * a_{\text{tưới}}[i] * 10^{-3} + m_{\text{Etc}}[i] \quad (\text{m}^3) \quad (2-7)$$

Trong đó:

- $S_{\text{lúa}}[i]$: là tổng diện tích lúa ngày thứ i (m^2);

- $m_{\text{Etc}}[i]$: lượng nước tiêu hao do bốc hơi của cây trồng trên các ô thửa của các khu tưới tại ngày thứ i (m^3), được tính như mục 3.

- $a_{\text{tưới}}[i]$: lớp nước cần có (mm) tại mặt ruộng của ngày thứ i xác định theo công thức (2-8);

$$a_{\text{tưới}}[i] = (h_{\text{đ}}[i] + a_{\text{mặt ruộng}}[i]) - (a_{\text{mặt ruộng}}[i] + R_{\text{e}}[i]) \quad (\text{mm}) \quad (2-8)$$

b) Đối với vụ mùa

Do vụ mùa đã có một lớp nước mặt ruộng nên bỏ qua giai đoạn đổ ải. Quy trình canh tác gồm: Bỏ sung lượng nước vào ruộng (nếu cần) tạo lớp nước mặt ruộng để có thể làm đất bằng cách sử dụng máy hoặc trâu hoặc sử dụng sức lao động của con người để làm nhuyễn đất, rồi cấy lúa hoặc gieo sạ, cây lúa phát triển qua các thời kỳ sinh trưởng rồi lúa chín và cuối cùng là thu hoạch.

Công thức tổng quát

$$m_{\text{tổng}}[i] = m_{\text{làm đất}}[i] + m_{\text{chờ}}[i] + m_{\text{tưới}}[i] \quad (\text{m}^3) \quad (2-9)$$

- $m_{\text{làm đất}}[i]$: lượng nước cần cấp cho diện tích làm đất ngày thứ i (m^3). Tại thời điểm ngày thứ i nếu có diện tích cần bỏ sung là $S_{\text{làm đất}}$ thì lượng nước cần thiết để cấp cho diện tích đó được tính theo công thức (2-10).

$$m_{\text{làm đất}}[i] = S_{\text{làm đất}}[i] * a_{\text{làm đất}}[i] * 10^{-3} \quad (\text{m}^3) \quad (2-10)$$

$a_{\text{làm đất}}[i]$: lớp nước cần cấp cho diện tích làm đất ngày thứ i xác định theo công thức (2-11)

$$a_{\text{làm đất}}[i] = (a_{\text{làm đất}}[i] + h_{\text{mặt thoát}}[i]) - (h_{\text{đã có}}[i] + Re[i]) \quad (\text{mm}) \quad (2-11)$$

Trong đó:

+ $S_{\text{làm đất}}[i]$: diện tích làm đất ngày thứ i (m^2);

+ $a_{\text{làm đất}}$: lớp nước mặt ruộng cần thiết để có thể làm đất (mm). Tùy theo điều kiện làm đất bằng thủ công hay bằng máy cày mà yêu cầu lớp nước khác nhau. Thông thường làm đất bằng thủ công thì lớp nước mặt ruộng yêu cầu là 20mm, nếu làm máy thì lớp nước yêu cầu là 50mm;

+ $h_{\text{đã có}}$: là lượng nước mặt ruộng hiện có (mm);

- $m_{\text{chờ}}[i]$: là lượng nước cần thiết để cấp bổ sung cho diện tích đã đổ ải đang chờ làm đất hoặc đã làm đất đang chờ cấy (m^2). Sau thời gian ngấm bão hòa (tbh) mà chưa tiến hành làm đất hoặc làm đất rồi nhưng chưa được cấy (hoặc gieo sạ) thì diện tích này sẽ cần phải cấp bổ sung nước để bù đắp lượng ngấm ổn định và lượng nước bốc hơi mặt thoát như công thức (2-6).

- $m_{\text{tưới}}[i]$: lượng nước tưới cho ngày thứ i (m^3);

Nếu toàn bộ diện tích này hoặc một phần được gieo cấy thì diện tích này sẽ được chuyển sang giai đoạn tính toán nhu cầu nước trong giai đoạn phát triển của cây trồng, bao gồm hai thành phần: lượng nước ngấm ổn định và lượng nước bốc thoát hơi qua lá như công thức (2-7).

2. Nhóm cây trồng cạn

Các giống cây trồng cạn có thời gian sinh trưởng và hệ số Kc khác nhau thì được coi là các cây trồng cạn khác nhau. Khi cùng một giống cây trồng cạn, nhưng thời gian bắt đầu gieo trồng khác nhau thì cũng được gọi là một loại cây trồng cạn.

Quy trình canh tác gồm: Bổ sung lượng nước vào ruộng theo phương pháp tưới ẩm trong suốt quá trình từ lúc làm đất, gieo trồng cho đến lúc cây trồng cạn phát triển qua các thời kỳ sinh trưởng, cuối cùng là thu hoạch.

Nhiệm vụ của phần mềm là tính toán lượng nước cần thiết để duy trì độ ẩm thích hợp trong đất (β) nằm trong giới hạn giữa độ ẩm lớn nhất ($\beta_{\max}$) và điểm héo (hay còn gọi là độ ẩm nhỏ nhất $\beta_{\min}$). $\beta_{\max}$, $\beta_{\min}$ phụ thuộc vào lượng bốc thoát hơi của cây trồng hay nói cách khác phụ thuộc vào loại cây trồng [10].

$$\beta_{\min} < \beta < \beta_{\max}$$

Tại thời điểm ngày thứ i , lượng nước cần duy trì độ ẩm thích hợp cho diện tích $S_{\text{cây trồng}}$ như công thức (2-12).

$$m[i] = (S_{\text{cây trồng}}[i] + S_{\text{cây trồng}}[i-1] + \dots + S_{\text{cây trồng}}[2] + S_{\text{cây trồng}}[1]) \cdot b_{\text{tưới}}[i] \cdot 10^{-3} + m_{\text{Etc}}[i] \quad (\text{m}^3) \quad (2-12)$$

$b_{\text{tưới}}[i]$: Mức tưới (m^3/m^2) của ngày thứ i xác định theo công thức (2-13);

$$b_{\text{tưới}}[i] = b_{\text{đất}}[i] - (b_{\text{đất}}[i] + \text{Re}[i])(\text{mm}) \quad (2-13)$$

Trong đó:

+ $S_{\text{cây trồng}}[i]$: Là diện tích gieo trồng ngày thứ i (m^2);

+ $m_{\text{Etc}}[i]$: lượng nước tiêu hao do bốc hơi của cây trồng trên các ô thửa của các khu tưới tại ngày thứ i (m^3), được tính như mục 3

+ $b_{\text{đất}}[i]$: lượng nước cần trữ trong đất cuối ngày thứ i (mm), được xác định theo công thức (2-14)

$$b_{\text{đất}}[i] = \beta[i] \cdot \gamma_k \cdot D \quad (2-14)$$

+ $b_{\text{đất}}[i]$: lượng nước có sẵn trong đất ở đầu ngày thứ i (mm), được xác định theo công thức (2-15)

$$b_{\text{đất}}[i] = \beta_o[i] \cdot \gamma_k \cdot D \quad (2-15)$$

+ Re : là lượng nước mưa rơi xuống được cây trồng sử dụng trong ngày thứ i (mm)

- γ_k : dung trọng khô của đất, T/m^3 ;

- D : chiều sâu lớp đất cần tưới (mm);

- $\beta_o[i]$, $\beta[i]$: độ ẩm trong đất tại đầu và cuối ngày thứ i (%).

3. Tính toán lượng nước tiêu hao do bốc hơi của cây trồng của ngày thứ i ($m_{ETC}[i]$) trên các ô thửa của các khu tưới

Lượng nước tiêu hao do bốc hơi của một loại cây trồng trên các thửa ruộng gieo cấy cùng ngày thứ j tại thời điểm thứ i được tính theo công thức (2-16a và 2-16b)

Trường hợp 1: $i \leq d_{lichGT}$

$$m_{ETC}[i] = S_{GT}[1] * Kc[i] * ET_0[i] + S_{GT}[2] * Kc[i-1] * ET_0[i] + \dots + S_{GT}[j-1] * Kc[2] * ET_0[i] + S_{GT}[j] * Kc[1] * ET_0[i] \quad (2-16a)$$

Trường hợp 2: $i > d_{lichGT}$

$$m_{ETC}[i] = S_{GT}[1] * Kc[i] * ET_0[i] + S_{GT}[2] * Kc[i-1] * ET_0[i] + \dots + S_{GT}[d_{lichGT} - 1] * Kc[i - d_{lichGT} + 1] * ET_0[i] + S_{GT}[d_{lichGT}] * Kc[i - d_{lichGT}] * ET_0[i] \quad (2-16b)$$

Trong đó:

- d_{lichGT} : là tổng số ngày theo lịch gieo trồng của cây trồng;
- $S_{GT}[j]$: là diện tích của loại cây trồng gieo cấy trong ngày thứ j ;
- $Kc[i]$: là hệ số cây trồng ngày thứ i phụ thuộc với loại thời đoạn sinh trưởng của cây trồng;

- $ET_0[i]$: Lượng bốc hơi tiềm năng là lượng bốc thoát nước qua một thảm thực vật được duy trì độ ẩm đầy đủ trong suốt thời gian sinh trưởng. $ET_0[i]$ được tính như công thức (2-17).

$$ET_0[i] = \frac{0,75\Delta[i](R_n[i] - G) + 1,84\gamma \frac{900}{273 + t[i]} v_2 (e_a - e_d)}{\Delta[i] + \gamma(1 + 0,34v_2)} \quad (2-17)$$

+ $t[i]$ là nhiệt độ bình quân ngày thứ i , $^{\circ}C$;

+ $\Delta[i]$ là độ nghiêng của đường quan hệ giữa nhiệt độ với áp suất hơi bão hoà tại nhiệt độ $t[i]$, xác định theo công thức (2-18):

$$\Delta[i] = \frac{4098e_a[i]}{(t[i] + 273)^2} \quad (2-18)$$

$e_a[i]$ là áp suất hơi nước bão hoà của ngày thứ i , kPa, xác định theo công thức (2-19):

$$e_a[i] = 0,611 \exp\left(\frac{17,27t[i]}{t[i] + 273}\right) \quad (2-19)$$

$e_d[i]$ là áp suất hơi nước thực tế của nhiệt độ không khí trung bình ở ngày thứ i , kPa, xác định theo công thức (2-20):

$$e_d[i] = e_a[i].H_r[i]/100 \quad (2-20)$$

$H_r[i]$ là độ ẩm tương đối trung bình của không khí của ngày thứ i , %;

$R_n[i]$ là chênh lệch giữa bức xạ tăng và bức xạ giảm của sóng ngắn và sóng dài tại ngày thứ i , MJ/(m².d), xác định theo công thức (2-21):

$$R_n[i] = R_{ns}[i] - R_{nL}[i] \quad (2-21)$$

$R_{ns}[i]$ là bức xạ của mặt trời được giữ lại sau khi đã phản xạ đối với mặt đất trồng trọt, MJ/(m².d), xác định theo công thức (2-22):

$$R_{ns}[i] = 0,77 \left(0,19 + 0,38 \frac{n}{N} \right) R_a[i] \quad (2-22)$$

$R_a[i]$ là bức xạ ở lớp biên của lớp khí quyển, MJ/(m².d), xác định theo công thức (2-23):

$$R_a[i] = 37,6 dr[i] (W_s \sin \psi \sin \delta[i] + \cos \psi \sin W_s) \quad (2-23)$$

$$W_s[i] = \arccos(-\tan \psi \tan \delta[i]) \quad (2-24)$$

ψ là góc vĩ độ địa lý, rad;

δ là góc lệch theo ngày, rad:

$$\delta = 0,409 \sin(0,0172J - 1,39) \quad (2-25)$$

dr là khoảng cách tương đối theo ngày, xác định theo công thức (2-26):

$$dr = 1 + 0,033\cos(0,0172J) \quad (2-26)$$

J là số thứ tự theo ngày tính toán;

$R_{nL}[i]$ là bức xạ toả ra bởi năng lượng hút được ban đầu, MJ/(m².d), xác định theo công thức (2-27):

$$R_{nL}[i] = \frac{118(t[i] + 273)^4 10^{-9} (0,34 - 0,044\sqrt{e_d}) \left(0,1 + 0,9 \frac{n}{N}\right)}{59,7 - 0,055t[i]} \quad (2-27)$$

N là số giờ nắng cực đại, h, tính theo công thức (1-28):

$$N = 7,64.W_s \quad (2-28)$$

G là thông lượng nhiệt của đất, MJ/(m².d). Trị số của G xác định như theo công thức (2-29):

- Nếu G tính theo ngày:

$$G = 0,38.(t_i - t_{i-1}) \quad (2-29)$$

- Nếu G tính theo nhiệt độ bình quân của tháng xác định theo công thức (2-30):

$$G = 0,14(t_m - t_{m-1}) \quad (2-30)$$

t_i, t_{i-1} là nhiệt độ không khí trung bình ngày thứ i và thứ i-1, °C;

t_m, t_{m-1} là nhiệt độ không khí trung bình của tháng thứ m và thứ m-1, °C;

γ là hằng số biểu nhiệt độ, xác định theo công thức (2-31), (2-32):

$$\gamma = 0,00163 \frac{P}{\lambda} \quad (2-31)$$

$$P = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0063z}{293} \right)^{5,26} \quad (2-32)$$

z là cao độ trung bình của bề mặt cánh đồng trồng cây so với mực nước biển, m, xác định theo công thức (2-33);

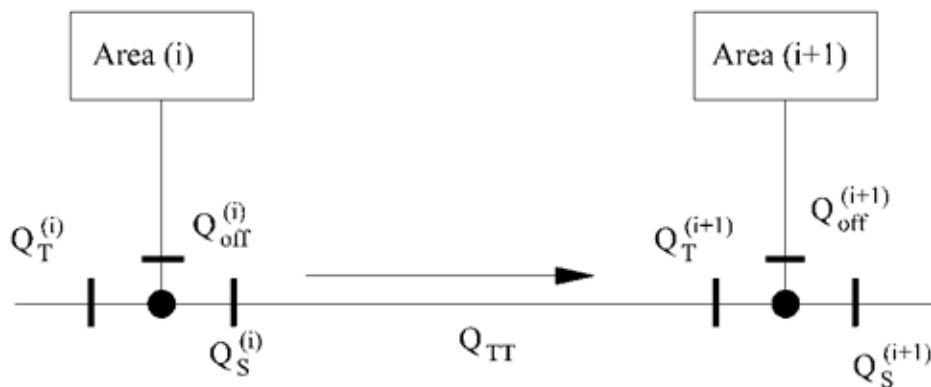
$$\lambda = 2,501 - 2,361.10^{-3} t \quad (2-33)$$

v_2 là tốc độ gió ở độ cao 2,0 m so với mặt ruộng, m/s;

t là thời gian hao nước (số ngày).

2.2.1.2. Thuật toán xác định lưu lượng yêu cầu cấp tại các điểm phân phối nước trên hệ thống

Từ lưu lượng yêu cầu tính toán được tại các công mặt ruộng (Q_{off}), lưu lượng tổn thất trên mỗi đoạn kênh (Q_{TT}). Hệ thống sẽ tính toán nhu cầu nước cho hệ thống kênh tưới từ kênh cấp dưới lên kênh cấp trên và đến công trình đầu mỗi như hình 2.1



Hình 2.1: Sơ đồ tính toán nhu cầu nước trên kênh

Công thức tính toán như (2-34).

$$Q_{\text{T}}(i+1) = Q_{\text{S}}(i+1) + Q_{\text{off}}(i+1) \quad (2-34)$$

$$Q_{\text{S}}(i) = Q_{\text{T}}(i+1) + Q_{\text{TT}}$$

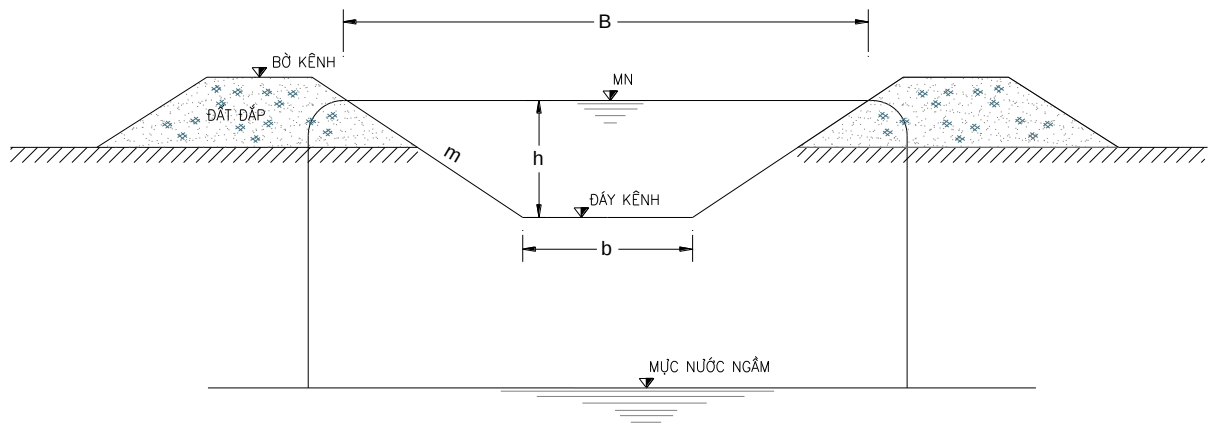
$$Q_{\text{T}}(i) = Q_{\text{S}}(i) + Q_{\text{off}}(i)$$

Tính Q_{TT} :

Sử dụng công thức Côt-chia-Cóp [8], công thức này dựa vào tính chất ngấm của đất cùng với điều kiện thủy lực của đường kênh. Lưu lượng tổn thất do ngấm trên 1km chiều dài của kênh, hình 2.2, được xác định theo công thức (2-35):

$$Q_{\text{TT}} = S_0 * L[i]$$

$$\text{Trong đó: } S_0 = 0,0116K(b + 2\gamma h)\sqrt{1 + m^2} \quad (2-35)$$



Hình 2.2: Sơ đồ tổn thất ngấm trên kênh

Trong đó:

- S_0 : lượng nước ngấm trên 1km kênh (m^3/s)
- b : chiều rộng đáy kênh (m)
- h : chiều sâu nước trong kênh (m)
- γ : hệ số hiệu chỉnh xét đến hiện tượng ngấm chéo ở mái kênh và phụ thuộc vào tính chất của đất $\gamma = 1,1 \div 1,4$.

Kt: hệ số ngấm của đất (m/ngày). Đối với đất có tính thấm rất nhỏ (sét nặng) $K = 0,01$ (m/ngày); Đối với đất thấm ít (đất sét): $K = 0,01 \div 0,05$; Đất có tính thấm vừa (sét pha): $K = 0, \div 0,50$; Đất có tính thấm lớn (cát pha, cát mịn) $K = 0,4 \div 1,0$.

$L[i]$: là chiều dài từ nút thứ i đến nút thứ $i+1$.

2.2.1.3. Cơ sở lý thuyết để tính toán trợ giúp lập kế hoạch tưới trên hệ thống

Khi vào đầu mùa vụ, cán bộ của các công ty KTCTTL sẽ lập kế hoạch tưới trên hệ thống. Quy trình lập kế hoạch tưới trên hệ thống được thực hiện như sau:

1. Công tác chuẩn bị số liệu

- Các hộ dùng nước (hoặc hợp tác xã) sẽ gửi các yêu cầu về tiến độ đồ ải của mình đến công ty KTCTTL, dựa vào tiến độ này, cán bộ của công ty sẽ tách riêng thành tiến độ đồ ải của các cống lấy nước. Trong trường hợp các hộ dùng nước (hoặc hợp tác xã) không gửi yêu cầu thì cán bộ kỹ thuật của công ty KTCTTL sẽ

căn cứ vào lịch gieo trồng của phòng nông nghiệp huyện và kinh nghiệm các năm để đưa ra tiến độ đắp ải, tiến độ làm đất, tiến độ gieo cấy.

- Số liệu mưa, số liệu khí tượng của từng ngày được lấy theo số liệu trung bình nhiều năm.

- Số liệu mực nước bề hút được lấy theo số liệu trung bình nhiều năm đo được.

- Số liệu về hiệu quả tưới của từng kênh mặt ruộng và lượng nước tổn thất trên kênh: Căn cứ vào kết quả quan trắc lưu lượng cấp cho hàng ngày và lưu lượng cần cấp theo tính toán cho các năm trước đó, người dùng sẽ điều chỉnh hiệu quả tưới và lượng nước tổn thất trên kênh cho phù hợp với thực tế.

- Về các số liệu khác như: lượng nước cần bảo hòa tầng đất, ngầm ổn định,... thông thường lấy theo số liệu đã được thí nghiệm trước đây.

2. Công tác lập kế hoạch tưới

Khi lập kế hoạch tưới, người dùng thường chia làm hai giai đoạn: Giai đoạn đắp ải, làm đất và giai đoạn tưới dưỡng:

- Giai đoạn đắp ải, làm đất: Trong giai đoạn đắp ải, làm đất các cống lấy nước cần cấp một lượng nước rất lớn, nên nếu tiến hành cấp nước để đắp ải đồng thời cho toàn bộ diện tích của tất cả các cống thì năng lực công trình đầu mối và hệ thống kênh khó có thể đáp ứng được. Vì vậy, khi lập kế hoạch tưới trong thời kỳ này, người dùng thường lên kế hoạch cấp nước tuần tự cho từng nhóm cống lấy nước để đắp ải trong một khoảng thời gian nhất định, lưu lượng cấp từng ngày của từng cống được tính toán như *mục 2.2.1.1* và *mục 2.2.1.2*. Nếu hệ thống tưới không đáp ứng được yêu cầu tưới thì người dùng phải làm việc với các hộ dùng nước (hoặc hợp tác xã) để điều chỉnh lại tiến độ gieo trồng. Nếu hệ thống đáp ứng được yêu cầu cấp nước thì đây chính là lịch tưới luân phiên của các cống trên hệ thống kênh trong giai đoạn đắp ải, làm đất.

- Giai đoạn tưới dưỡng: Trong giai đoạn này, nhu cầu dùng nước hàng ngày của cây lúa không cao, nên lưu lượng cần cấp cho các cống lấy nước thường nhỏ. Nếu cấp nước để đáp ứng nhu cầu dùng nước của cây trồng theo từng ngày thì việc

điều tiết nước trên kênh để giữ mực nước theo thiết kế để có thể tưới tự chảy vào các cống lấy nước rất khó khăn (tổn công vận hành và tổn thất nước trên kênh lớn). Vì vậy, trong thực tế, các đơn vị quản lý thường cấp nước cho một số (hoặc tất cả) các cống với lưu lượng lớn hơn trong một số ngày để cây trồng có thể sử dụng cho một số ngày tiếp theo mà không cần phải cấp nước.

Việc tính toán lưu lượng cấp nước cho các cống trong các đợt tưới cần phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Tổng lượng nước cấp cho cống thứ j từ ngày t_1 đến ngày t_2 phải bằng tổng nhu cầu cấp nước từ ngày t_1 đến ngày t_3 . Trong đó:

- + t_1 là ngày bắt đầu của đợt tưới;
- + t_2 là ngày kết thúc đợt tưới.
- + t_3 là ngày bắt đầu đợt tưới tiếp theo (từ ngày t_2 đến ngày t_3 không tưới).
- $Q_{\text{off}}[i] \leq Q_{\text{knc}}[j]$.

Trong đó:

- + $Q_{\text{off}}[i]$: là lưu lượng cấp cho cống thứ j của ngày thứ i ;
- + $Q_{\text{knc}}[j]$: là lưu lượng tối đa có thể chảy qua cống lấy nước thứ j .
- Đối với cây trồng lúa: $a < a_{\text{max}}$

Trong đó:

- + a : mực nước tưới vào ruộng;
- + a_{max} : mực nước sử dụng tối đa trong từng giai đoạn sinh trưởng và phát triển của cây trồng.
- Đối với cây trồng cạn: $\beta < \beta_{\text{max}}$

Trong đó:

- + β : độ ẩm của đất;
- + β_{max} : độ ẩm tối đa trong từng giai đoạn sinh trưởng và phát triển của cây trồng.
- Khả năng chuyển tải của kênh mương:

+ So sánh về lưu lượng: So sánh giữa lưu lượng lớn nhất kênh có thể chuyển tải tại các đoạn kênh (Q_{knk}) và lưu lượng yêu cầu cấp (Q_{yck}). Nếu $Q_{knk} \geq Q_{yck}$ có nghĩa là Q_{knk} đã đáp ứng được Q_{yck} . Ngược lại, nếu $Q_{knk} < Q_{yck}$ có nghĩa là Q_{knk} chưa đáp ứng được Q_{yck} nên cần điều chỉnh lịch tưới luân phiên trên hệ thống tưới.

+ So sánh về mực nước trên kênh: Tính toán xác định mực nước trên kênh tại các vị trí thay đổi mặt cắt và lưu lượng trên kênh để xác định cao trình mực nước trên kênh (Z_{mnk}). So sánh Z_{mnk} với Z_k . Nếu $Z_k \geq Z_{mnk}$ có nghĩa là Z_k đã đáp ứng được Z_{mnk} . Ngược lại, nếu $Z_{mnk} < Z_k$ có nghĩa là Z_k chưa đáp ứng được Z_{mnk} nên cần điều chỉnh lịch tưới luân phiên trên hệ thống tưới hoặc điều chỉnh công điều tiết trên kênh.

- Khả năng đáp ứng cấp nước của trạm bơm đầu mối: So sánh giữa lưu lượng yêu cầu tại đầu mối (Q_{ycdm}) và lưu lượng mà trạm bơm có thể cung cấp tối đa (Q_{tbmax}). Nếu $Q_{tbmax} \geq Q_{ycdm}$ có nghĩa là Q_{tbmax} đáp ứng được Q_{ycdm} . Ngược lại, nếu , nếu $Q_{tbmax} < Q_{ycdm}$ có nghĩa là Q_{tbmax} chưa đáp ứng được Q_{ycdm} nên cần điều chỉnh lịch tưới luân phiên trên hệ thống tưới.

2.2.2. Cơ sở lý thuyết để tính toán xác định đường mực nước trên kênh theo chế độ dòng chảy không ổn định trên kênh hở

Trong thực tế, các kênh tưới thông thường không thể được xây dựng trong điều kiện lý tưởng để dòng chảy trên kênh là dòng đều, đặc biệt khi dùng các công điều tiết để điều tiết mực nước trên kênh thì dòng chảy sẽ là đường nước dâng hoặc đường nước đổ. Tuy nhiên, các phần mềm quản lý điều hành hệ thống tưới được xây dựng trước đây và đã được áp dụng vào Việt Nam chủ yếu chỉ tính toán xác định đường mực nước trên kênh theo dòng chảy đều (như phần mềm IMSOP), vì vậy khi tính toán để lên phương án vận hành hệ thống tưới thường không sát với thực tế.

Dòng chảy trên hệ thống kênh tưới là dòng chảy không ổn định trên kênh hở. Để tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh tưới, thông thường người ta giải hệ phương trình bảo toàn khối lượng và động lượng (Phương trình Saint Venant) và sử dụng các công thức tính toán dòng chảy qua các công trình thủy lợi (cổng, tràn,...). Tuy nhiên, việc này rất phức tạp, mất nhiều thời gian nghiên cứu.

Vì vậy, trong khuôn khổ luận án này, tác giả đã chọn giải pháp là nghiên cứu tích hợp phần mềm MIKE 11 vào hệ thống VNIMS để tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh tưới.

2.2.2.1. Yêu cầu các file đầu vào của mô hình

- Sơ đồ mạng lưới kênh và các công trình trên kênh: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên: (*.NWK11);;
- Các mặt cắt ngang của kênh: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên *.XNS11;
- Các điều kiện biên đầu vào, biên đầu ra và biên kiểm tra của hệ thống kênh: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên *.BND11;
- Chuỗi số liệu lưu lượng/mực nước tại các biên theo thời gian: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên *.DFS0;
- Tập tin thông số thủy lực của hệ thống kênh: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên *.HD11;
- Tập tin kết nối và mô phỏng giữa các tập tin khác: được lưu trữ trong tệp có định dạng tên *.SIM11.

2.2.2.2. Lập trình điều khiển chạy mô hình MIKE 11 để tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh

Phần mềm IMS sẽ cập nhật chuỗi số liệu lưu lượng/mực nước tại các biên theo thời gian vào các file *.DFS0 thông qua thư viện DHI.Generic.MikeZero.DFS.dll do MIKE cung cấp. Để điều khiển phần mềm MIKE chạy tính toán thủy lực cần xây dựng một Service cài đặt trên máy chủ (Service này được trình bày ở mục để điều khiển phần mềm MIKE chạy tính toán thủy lực cần xây dựng một Service cài đặt trên máy chủ. Khi nhận được yêu cầu tính toán thủy lực, Service sẽ điều khiển phần mềm MIKE chạy mô hình. Phần mềm MIKE sẽ thông báo “trạng thái” cho Service sau khi thực hiện xong lệnh. Khi nhận được thông báo “trạng thái” thực hiện xong lệnh, Service ngay lập tức báo cho phần mềm IMS để đọc kết quả tính toán tại file kết quả của mô hình (*.RES11), kết quả thu được bao gồm vận tốc, lưu lượng, mực nước tại các mặt cắt trên hệ thống kênh.

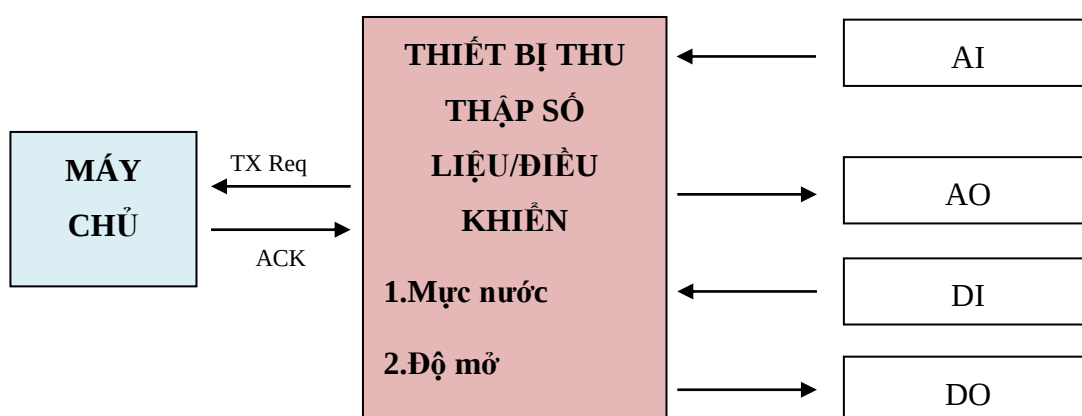
2.2.3. Giải pháp công nghệ để kết nối giữa các trạm thiết bị ngoài hiện trường với cơ sở dữ liệu máy chủ và giữa người dùng đến các trạm thiết bị ngoài hiện trường

1. Giao thức truyền thông

Hệ thống VNIMS có thể cần quản lý vận hành một số lượng lớn các trạm thiết bị tại các công trình trên hệ thống tưới. Do đó, giao thức truyền thông từ thiết bị đến máy chủ được thiết kế dựa trên cơ sở giao thức TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Đây là giao thức được sử dụng cho mạng internet và đang là xu hướng sử dụng để liên kết các thiết bị đo lường - điều khiển thông minh.

2. Sơ đồ truyền số liệu từ thiết bị thu thập số liệu và điều khiển đến máy chủ

Sơ đồ truyền số liệu từ thiết bị thu thập số liệu và điều khiển đến máy chủ như Hình 2.3.



Hình 2.3: Sơ đồ khối hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực
Trong đó:

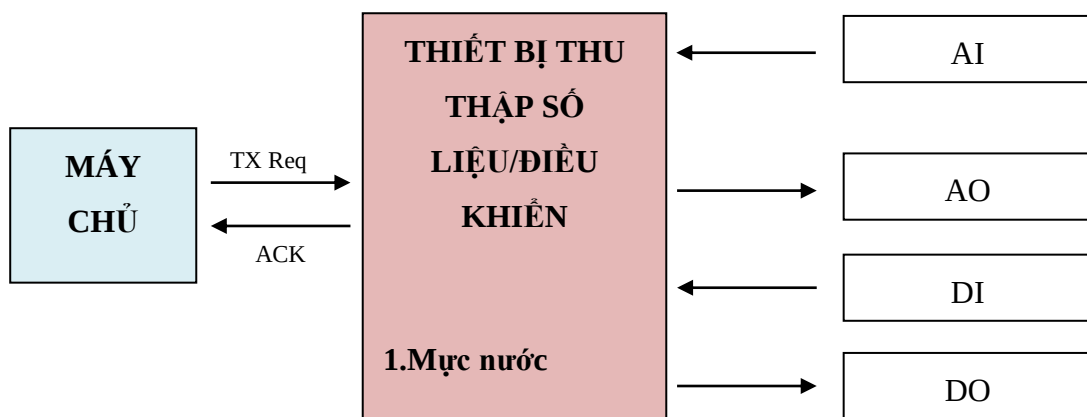
- TX Req(Transmit Request): Yêu cầu Máy chủ cập nhật dữ liệu
- ACK(Acknowledgmen): Xác nhận từ Máy chủ
- AI(Analog Input): Đầu vào tương tự dùng để kết nối với các cảm biến
- AO(Analog Output): Đầu ra tương tự dùng để tự kết nối với các thiết bị điều khiển liên tục
- DI(Digital Input): Đầu vào số kết nối với các cảm biến, nút nhấn...

- DO(Digital Output): Đầu ra số kết nối với thiết bị đóng cắt, đèn báo...

- Dữ liệu được thiết bị đóng gói và gửi tới máy chủ(chiều TX Req từ thiết bị đến máy chủ), khi máy chủ nhận được gói tin sẽ gửi tín hiệu xác nhận(ACK). Trường hợp không nhận được tín hiệu ACK từ máy chủ, thiết bị sẽ phải gửi lại gói tin.

3. Sơ đồ truyền số liệu từ máy chủ đến thiết bị thu thập số liệu và điều khiển

Sơ đồ truyền số liệu từ máy chủ đến thiết bị thu thập số liệu và điều khiển như Hình 2.4.



Hình 2.4: Sơ đồ truyền số liệu từ máy chủ đến thiết bị thu thập số liệu và điều khiển

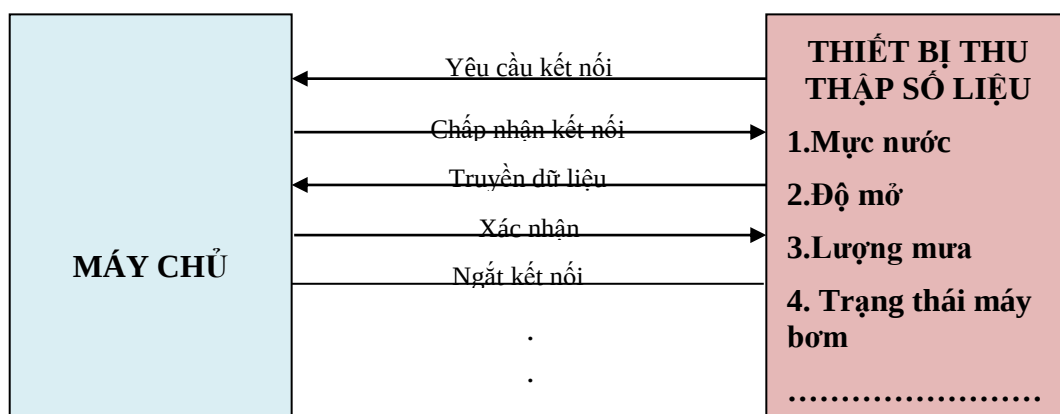
Trong đó:

- TX Req(Transmit Request): Yêu cầu Thiết bị cập nhập dữ liệu
- ACK(Acknowledgmen): Xác nhận từ Thiết bị
- AI(Analog Input): Đầu vào tương tự dùng để kết nối với các cảm biến
- AO(Analog Output): Đầu ra tương dùng để tự kết nối với các thiết bị điều khiển liên tục
- DI(Digital Input): Đầu vào số kết nối với các cảm biến, nút nhấn...
- DO(Digital Output): Đầu ra số kết nối với thiết bị đóng cắt, đèn báo...

Dữ liệu được máy chủ đóng gói và gửi tới thiết bị(chiều TX Req từ máy chủ đến thiết bị), khi thiết bị nhận được gói tin sẽ gửi tín hiệu xác nhận(ACK). Trường hợp không nhận được tín hiệu ACK thiết bị, máy chủ sẽ phải gửi lại gói tin.

4. Trình tự truyền nhận tín hiệu

Sơ đồ truyền nhận tín hiệu giữa máy chủ đến thiết bị thu thập số liệu và điều khiển như *Hình 2.5*.



Hình 2.5: Trình tự truyền nhận tín hiệu

5. Cấu trúc khung truyền dữ liệu

Dữ liệu truyền qua lại giữa máy chủ và thiết bị thu thập số liệu được đóng gói trong một khung truyền với cấu trúc xác định để hai phía có thể hiểu như *Bảng 2.1*

Bảng 2. 1: Cấu trúc khung truyền dữ liệu

Bắt đầu	Phiên bản	Chiều dài khung truyền	Kiểu gói	Mã thiết bị thu thập số liệu	Số lượng thông số	Thông số	Kết thúc
1byte	1byte	4byte	1byte	10byte	2byte	14byte * [Số lượng thông số]	1byte
0x00	0x01 ~0xFF	Tính từ [Bắt đầu] đến [Kết thúc]	0x01 ~0xFF F	Mã ASCII	0x0000 ~0xFFFF		0xFF F

- [Bắt đầu]: Đánh dấu bắt đầu khung truyền luôn có giá trị 0x00;
- [Phiên bản]: Phiên bản của giao thức(hiện tại là 0x02);
- [Chiều dài khung truyền]: Số byte tính từ [Bắt đầu] đến [Kết thúc];

- [Kiểu gói]: Kiểu gói truyền nhận

Với chiều từ thiết bị thu thập đến máy chủ như *Bảng 2.2* và *Bảng 2.3*.

Bảng 2. 2: Kiểu khung truyền: Yêu cầu

Kiểu khung truyền: Yêu cầu	
0x01	Truyền dữ liệu định kỳ
0x02	Cảnh báo

Bảng 2. 3: Kiểu khung truyền: Phản hồi

Kiểu khung truyền: Phản hồi	
0x81	Truyền dữ liệu định kỳ
0x82	Cảnh báo

+ Với chiều từ máy chủ đến thiết bị thu thập như *Bảng 2.4* và *Bảng 2.5*.

Bảng 2. 4: Kiểu khung truyền: Yêu cầu

Kiểu khung truyền: Yêu cầu	
0x10	Yêu cầu cài đặt

Bảng 2. 5: Kiểu khung truyền: Phản hồi

Kiểu khung truyền: Phản hồi	
0x90	Chấp nhận yêu cầu

- [Mã thiết bị thu thập số liệu]: Định danh để phân biệt các thiết bị khác nhau.

- [Số lượng dữ liệu]: số lượng dữ liệu được gửi trong gói.

- [Dữ liệu] như *Bảng 2.6*.

Bảng 2. 6: Cấu trúc dữ liệu

Dữ liệu			
Mã biến vào ra	Thời gian	Giá trị	Dự trữ
1byte	7byte	4byte	2byte
0~0xFF	dd, MM, YYYY; hh:mm:ss	- float - int8, 16, 32	

- + [Mã biến vào ra]: Định danh biến cần truy xuất trên thiết bị;
- + [Thời gian]: Thời gian lấy mẫu;
- + [Giá trị]: Giá trị đo có thể kiểu float; int8, 16, 32bit;
- + [Dự trữ]: Dùng để phát triển thêm chức năng mở rộng về sau;
- [Kết thúc]: Đánh dấu kết thúc gói, luôn có giá trị 0xFF.

2.2.4. Cơ sở lý thuyết để xây dựng chức năng quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS

Tác giả đã kế thừa chương trình mã nguồn mở MapServer và mã nguồn mở Openlayers để kết nối dữ liệu không gian trên PostgreSQL và hiển thị bản đồ GIS trên mạng internet

2.2.4.1. Giới thiệu phần mềm mã nguồn mở MapServer

MapServer là phần mềm mã nguồn mở cho phép tạo các bản đồ động và trình bày dữ liệu không gian trên Web, *Hình 2.6*. Đây là sản phẩm của trường Đại học Tổng hợp Minnesota (Mỹ) trong dự án kết hợp giữa NASA và Sở Tài nguyên bang Minnesota. MapServer có các đặc điểm sau:

- Hỗ trợ các dịch vụ WebGIS theo chuẩn OGC, bao gồm: WMS Server, WMS Client, WFS Server, WFS Client và WCS Server.

- Xuất bản bản đồ với nhiều ưu điểm:

- + Vẽ đối tượng theo tỷ lệ;

- + Hiện thị nhãn theo đối tượng và giải quyết trùng lặp nhãn;

- + Tùy biến giao diện, mẫu trước khi xuất;

- + Sử dụng font: TrueFont;

- + Có các thành phần của bản đồ như thước tỷ lệ, chú giải, bản đồ tham chiếu;

- Tạo bản đồ chuyên đề dựa trên biểu thức truy vấn trên các lớp cơ sở;

- Hỗ trợ các ngôn ngữ kịch bản phổ biến và môi trường phát triển như .NET, PHP, Perl, Python, Java, và Ruby.

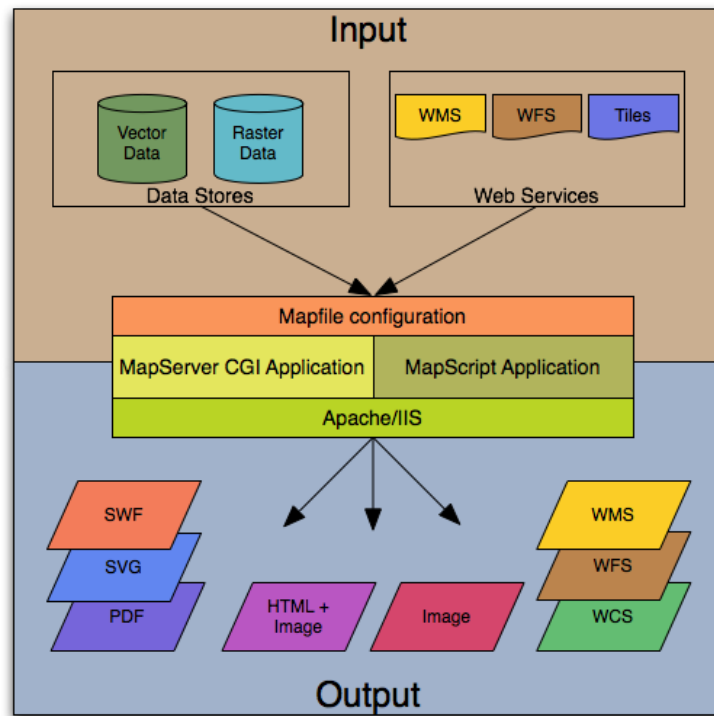
- Hỗ trợ các hệ điều hành: Linux, Windows, MAC OS X, Solaris, ...

- Hỗ trợ định dạng dữ liệu raster và vector:

- + TIFF/GeoTIFF, GIF, PNG, ERDAS, JPEG và EPPL7.

- + ESRI shapefile, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, SqlServer, ...

- + Hỗ trợ lưới chiếu: với hơn 1000 lưới chiếu khác nhau.



Hình 2.6: Kiến trúc ứng dụng của MapServer

MapServer có thể hoạt động ở 2 chế độ CGI (Common Gateway Interface) và API (Application Program Interface). Ở chế độ CGI, các chức năng của MapServer trong môi trường WebServer là CGI MapScript. Đây là cách thức dễ dàng để khởi tạo và phát triển một ứng dụng. Ở chế độ API, có thể truy cập MapServer bằng ASP, PHP, Perl hoặc Python. Chế độ này cho phép xây dựng các ứng dụng uyển chuyển, giàu các chức năng và có khả năng truy cập các cơ sở dữ liệu mở rộng khác.

MapServer hoạt động dựa vào các mẫu là chính. Trước khi thực thi yêu cầu của web, MapServer đọc tệp tin cấu hình (mapfile) mô tả các lớp và các thành phần khác của bản đồ. Nó sẽ vẽ và lưu lại bản đồ. Tiếp theo, nó sẽ đọc một hoặc nhiều tệp tin mẫu HTML mà nó nhận diện trong tệp tin cấu hình. Mỗi tệp tin mẫu sẽ chứa đựng các tags HTML và các chuỗi MapServer đặc biệt. Các chuỗi này sẽ được sử dụng, ví dụ chuỗi chỉ đường dẫn để lưu ảnh bản đồ do MapServer tạo ra, hoặc chuỗi dùng để nhận diện các lớp nào sẽ được sắp xếp, ... MapServer thay thế các giá trị hiện tại vào các chuỗi này và gửi luồng dữ liệu về cho WebServer để WebServer

tiếp tục chuyển về cho trình duyệt. Khi có một yêu cầu mới phát sinh, MapServer sẽ nhận yêu cầu từ WebServer với các giá trị mới và chu trình cứ thế tiếp diễn.

2.2.4.2. Giới thiệu phần mềm mã nguồn mở OpenLayers

Openlayers là một thư viện thuần JavaScript hỗ trợ cho việc hiển thị dữ liệu bản đồ trên hầu hết các trình duyệt web mà không phụ thuộc vào phía server. OpenLayers cài đặt một tập các hàm API JavaScript hỗ trợ việc xây dựng các ứng dụng bản đồ trên nền web, cũng tương tự như các hàm API của Google Maps và Bing Maps, nhưng với sự khác biệt quan trọng – OpenLayers là phần mềm mã nguồn mở, được phát triển bởi cộng đồng phần mềm mã nguồn mở.

Có hai khái niệm quan trọng cần được hiểu rõ khi làm việc với OpenLayers để hiện xây dựng bản đồ: ‘Map’, và ‘Layer’. ‘Map’ là nơi để lưu giữ các thông tin về hệ quy chiếu, đơn vị,... của bản đồ. Bên trong bản đồ, dữ liệu được hiển thị thông qua ‘Layer’. Một ‘Layer’ là một nguồn dữ liệu, nó cho biết OpenLayers nên yêu cầu và hiển thị dữ liệu như thế nào. Trong một ‘Map’ có thể chứa một hoặc nhiều ‘Layer’ chồng lên nhau. Dữ liệu được hiển thị trong một ‘Layer’ có thể là dạng raster hoặc vector.

OpenLayers cung cấp một tập các điều khiển (controls) cho lập trình viên có các thao tác linh hoạt trên bản đồ. Các điều khiển là các lớp trong OpenLayers, chúng cho phép định nghĩa các trạng thái, hành vi của bản đồ. Hoặc hiển thị các thông tin bổ sung cho người dùng. Các điều khiển là giao diện chính cho phép tương tác với bản đồ.

2.2.4.3. Giới thiệu hệ quản trị cơ sở dữ liệu mã nguồn mở PostgreSQL

PostgreSQL là hệ quản trị cơ sở dữ liệu được viết theo hướng mã nguồn mở và rất mạnh mẽ. Hệ quản trị cơ sở dữ liệu này đã có hơn 15 năm phát triển, đồng thời kiến trúc đã được kiểm chứng và tạo được lòng tin với người sử dụng về độ tin cậy, tính toàn vẹn dữ liệu, và tính đúng đắn. PostgreSQL có thể chạy trên tất cả các hệ điều hành, bao gồm cả Linux, UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64), và Windows. Do nó hoàn toàn tuân thủ ACID, có hỗ trợ đầy đủ các

foreign keys, joins, views, triggers, và stored procedures (trên nhiều ngôn ngữ). Hệ quản trị này còn bao gồm các kiểu dữ liệu SQL: 2008 như INTEGER, NUMBER, BOOLEAN, CHAR, VARCHAR, DATE INTERVAL, và TIMESTAMPS. PostgreSQL cũng hỗ trợ lưu trữ các đối tượng có kiểu dữ liệu nhị phân lớn, bao gồm cả hình ảnh, âm thanh, hoặc video. Hệ quản trị cơ sở dữ liệu này được sử dụng thông qua giao diện của các ngôn ngữ C / C + +, Java, . Net, Perl, Python, Ruby, Tcl, ODBC...

Là một hệ quản trị cơ sở dữ liệu mạnh, PostgreSQL tự hào có các tính năng phức tạp như kiểm soát truy cập đồng thời nhiều phiên bản (MVCC), khôi phục dữ liệu tại từng thời điểm (Recovery), quản lý dung lượng bảng (tablespaces), sao chép không đồng bộ, giao dịch lồng nhau (savepoints), sao lưu trực tuyến hoặc nội bộ, truy vấn phức tạp và tối ưu hóa, và viết trước các khai báo để quản lý và gỡ lỗi. PostgreSQL hỗ trợ bộ ký tự quốc tế, hỗ trợ bảng mã nhiều byte, Unicode, và cho phép định dạng, sắp xếp và phân loại ký tự văn bản (chữ hoa, thường). PostgreSQL còn được biết đến với khả năng mở rộng để nâng cao cả về số lượng dữ liệu quản lý và số lượng người dùng truy cập đồng thời.

2.2.4.4. Giải pháp công nghệ để xây dựng chức năng cho phép người dùng có thể cập nhật diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy của từng công trên giao diện WebGIS trên các thiết bị di động

Tại cơ sở dữ liệu PostgreSQL tác giả tổ chức dữ liệu của bảng “Tiến độ gieo trồng” có liên kết với bảng “Giải thửa”. Bảng “Tiến độ gieo trồng” sẽ có chứa Id của bảng “Giải thửa” và chứa cột trạng thái với các giá trị có thể là chờ, đồ ải, làm đất, gieo cấy và cột ngày gieo trồng.

Tác giả sẽ lập trình xây dựng giao diện phần mềm với công cụ cho phép người sử dụng chọn ngày gieo trồng, trạng thái của giải thửa. Sử dụng hàm OpenLayers. Control.WMSGetFeatureInfo của Openlayers để xác định ô giải thửa mà người dùng đang chọn và lập trình vẽ ô giải thửa đang chọn bằng hàm OpenLayers. Feature.Vector. Khi người dùng xác nhận việc cập nhật dữ liệu này, tác giả sử dụng các hàm của Openlayers cung cấp để lấy giá trị thu thập được và lập trình cập nhật

vào cơ sở dữ liệu với ngày gieo trồng và trạng thái tương ứng vào trong bảng “Giải thửa”.

Sau khi người dùng cập nhật xong, cần phải lập trình cho phép gán thuộc tính trên file *.map của MapServer và liên kết hai bảng “Giải thửa” và bảng “Tiến độ gieo trồng” để vẽ bản đồ với màu sắc được định nghĩa tương ứng với diện tích đồ ải, làm đất và gieo cấy.

Sau đó, phần mềm sẽ đọc lại bản đồ ở trạng thái mới, MapServer sẽ cung cấp cho Openlayers những hình ảnh theo trạng thái mới được cập nhật để hiển thị cho người dùng.

2.2.5. Lựa chọn công cụ lập trình để xây dựng phần mềm

Tác giả sử dụng ngôn ngữ lập trình C# trong bộ công cụ lập trình Visual studio của hãng Microsoft để viết phần mềm và các dịch vụ của VNIMS cài đặt phía máy chủ. Lập trình truy xuất cơ sở dữ liệu PostgreSQL và sử dụng thư viện mã nguồn mở MapServer dạng file *.dll để hiển thị hình ảnh bản đồ. Phần lập trình tương tác phía người dùng sử dụng ngôn ngữ kịch bản JavaScript và thư viện mã nguồn mở là Openlayers để hiển thị và tương tác với bản đồ trên nền Web.

Kết luận chương 2

1. Hiện nay, nhu cầu bức xúc của các công ty KTCTTL là cần có công cụ để trợ giúp công tác quản lý điều hành hệ thống tưới nhằm giải quyết các vấn đề: Tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới; Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực; Quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS.

2. Để giải quyết các vấn đề trên cần nghiên cứu xây dựng hệ thống VNIMS với cấu trúc gồm 3 thành phần chính: Khối trung tâm dữ liệu máy chủ; Khối thiết bị ngoài hiện trường và khối người dùng. Cơ sở lý thuyết để xây dựng các khối này như sau:

- Khối trung tâm dữ liệu máy chủ: Cơ sở lý thuyết để tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới; cơ sở lý thuyết để tính toán xác định đường mực nước trên kênh; cơ sở lý thuyết để xây dựng chức năng hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian

thực; cơ sở lý thuyết để xây dựng chức năng quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS.

- Khối thiết bị ngoài hiện trường: Sử dụng các thiết bị do Trung tâm Công nghệ phần mềm Thủy lợi nghiên cứu chế tạo để bố trí lắp đặt ngoài hiện trường, bao gồm: Các thiết bị SGate để lắp đặt tại đầu các cống lấy nước và các cống điều tiết trên kênh; trạm thiết bị giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối; trạm giám sát các yếu tố khí tượng, lượng mưa đặt tại trạm bơm đầu mối hoặc trung tâm của hệ thống tưới.

- Khối người dùng: Người dùng có thể sử dụng máy tính và thiết bị di động có kết nối internet thông qua trình duyệt web để tương tác với hệ thống VNIMS nhằm quản lý và điều hành toàn bộ hệ thống tưới.

Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Mô hình nghiên cứu - hệ thống VNIMS

Như phân tích ở phần tổng quan, một trong các nguyên nhân dẫn đến việc ứng dụng các phần mềm trong quản lý, điều hành hệ thống tưới còn chưa được quan tâm là do thiếu sự tích hợp các phần mềm thành các công cụ đơn giản, thân thiện với người dùng. Hiện nay, trên thế giới đã ứng dụng công nghệ thông tin rất nhanh để phục vụ quản lý, là nền tảng của các hệ thống thông minh. Trong đó, hệ thống có thể thỏa mãn đáp ứng nhanh và hiệu quả của tất cả các yêu cầu của đối tượng thuộc hệ thống quản lý điều hành. Do đó, để nâng cao hiệu quả công tác quản lý điều hành hệ thống tưới, tác giả đề xuất thiết lập một công cụ hỗ trợ là hệ thống tích hợp phần mềm quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực – gọi tắt là VNIMS (Viet Nam Irrigation management system).

Cấu trúc của hệ thống VNIMS bao gồm 3 khối chính (xem *Hình 2.5*): Khối trung tâm dữ liệu máy chủ; Khối thiết bị ngoài hiện trường và Khối người dùng. Các thành phần trong hệ thống được kết nối bằng các phần mềm để đảm bảo hệ thống hoạt động đáp ứng được các yêu cầu nhiệm vụ: quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGis; tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới; hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực.

Sau đây, tác giả mô tả cấu trúc các thành phần trong hệ thống, chức năng của các thành phần và nguyên lý hoạt động của hệ thống.

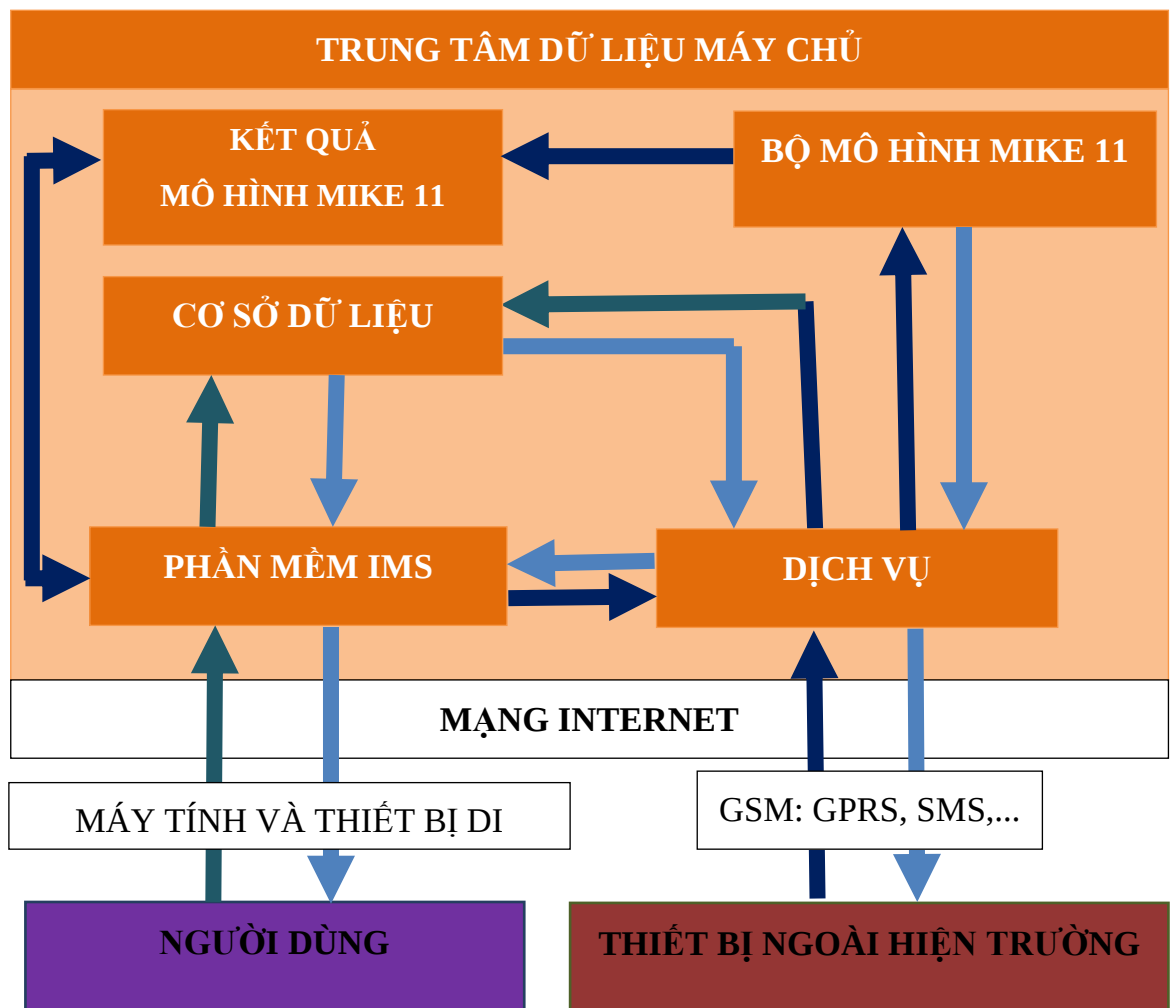
3.1.1. Các thành phần và chức năng của các thành phần trong hệ thống VNIMS

3.1.1.1. Khối trung tâm dữ liệu máy chủ

Khối trung tâm dữ liệu máy chủ (*Hình 3.1*) bao gồm các thành phần: Cơ sở dữ liệu; bộ mô hình MIKE 11; các phần mềm dịch vụ máy chủ; phần mềm IMS. Trong các thành phần này, tác giả nghiên cứu xây dựng các thành phần: Cơ sở dữ liệu, phần mềm IMS và các phần mềm dịch vụ máy chủ, phần mềm MIKE 11 được tác giả nghiên cứu để tích hợp vào hệ thống.

- Cơ sở dữ liệu: Chứa toàn bộ dữ liệu của hệ thống, bao gồm:

+ Dữ liệu tĩnh: Lớp bản đồ hành chính làm bản đồ nền của hệ thống tưới gồm: Ranh giới hành chính, đường xá, vị trí ủy ban nhân dân,...; Bản đồ hiện trạng hệ thống kênh, công trình trên kênh; Thông tin hiện trạng và nhật ký công trình; Diện tích phụ trách của cống lấy nước mặt ruộng và của các cấp kênh; Số liệu tính chất cơ lý của đất cho diện tích phụ trách của các cống lấy nước; Số liệu về cây trồng gồm có: cơ cấu cây trồng và thời gian sinh trưởng của cây trồng; Số liệu về hệ số sử dụng nước Kc của cây trồng theo từng thời kỳ sinh trưởng.



Hình 3-1: Sơ đồ khối trung tâm dữ liệu máy chủ

+ Dữ liệu động: Lịch gieo trồng của các loại cây trồng của từng cống trong hệ thống tưới; Số liệu quan trắc tự động hoặc thủ công của mực nước thượng lưu và hạ lưu của cống, độ mở cửa cống, lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió, số giờ chiếu nắng trong ngày; Dữ liệu điều khiển các trạm giám sát điều khiển trên hệ thống kênh tưới; Dữ liệu đầu vào và các kết quả tính toán của bộ mô hình MIKE 11.

- Bộ mô hình MIKE 11: Được cài đặt trên máy chủ. Khi nhận lệnh của dịch vụ máy chủ sẽ tự động chạy mô hình và tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh.

- Các phần mềm “Dịch vụ máy chủ”: Bao gồm các phần mềm được cài đặt và chạy online trên máy chủ để thực hiện các nhiệm vụ: Tương tác với thiết bị ngoài hiện trường; Tương tác với phần mềm IMS để điều khiển chạy mô hình MIKE 11 theo yêu cầu của người dùng; Tương tác với mô hình MIKE 11 để tự động tính toán xác định đường mực nước theo thời gian thực.

- Phần mềm IMS được cài đặt trên máy chủ, cho phép người dùng thông qua máy tính và thiết bị di động có kết nối internet có thể: Quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS; Tương tác với bộ thông số mô hình Mike 11 thông qua dịch vụ được cài đặt trên máy chủ; Tính toán và xử lý dữ liệu; Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực.

3.1.1.2. Khối người dùng

Người dùng có thể sử dụng máy tính, thiết bị di động có kết nối internet thông qua trình duyệt web để tương tác với hệ thống VNIMS nhằm quản lý và điều hành toàn bộ hệ thống tưới.

3.1.1.3. Khối thiết bị ngoài hiện trường

Thiết bị ngoài hiện trường bao gồm:

- Tại đầu các kênh lấy nước và tại các cống điều tiết trên kênh: Lắp đặt trạm thiết bị SGate. Trạm thiết bị bao gồm: đầu đo mực nước thượng hạ lưu cống, đầu đo độ mở cửa cống, động cơ để vận hành cửa cống, camera giám sát, loa cảnh báo khi có người đứng trong phạm vi công trình, thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU), nguồn điện cấp cho trạm thiết bị.

- Tại trạm bơm đầu mối:

- + Lắp đặt trạm thiết bị giám sát, điều khiển vận hành trạm bơm, bao gồm: thiết bị đo mực nước bể xả, bể hút; thiết bị giám sát trạng thái vận hành của từng máy bơm; camera giám sát; loa cảnh báo khi có người ở trong phạm vi công trình; thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU), nguồn điện cấp cho trạm thiết bị.

- + Lắp đặt trạm thiết bị giám sát đo các thông số khí tượng (nhiệt độ, tốc độ gió,...), lượng mưa tự động; thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU), nguồn điện cấp cho trạm thiết bị.

3.1.2. Nguyên lý hoạt động của hệ thống VNIMS

Khi các trạm giám sát, điều khiển (trong khối “Thiết bị ngoài hiện trường”) nhận được tín hiệu từ các đầu đo sẽ xử lý, phân tích thành các số liệu và kiểm tra xem có cần phải gửi số liệu về trung tâm dữ liệu máy chủ không? nếu cần gửi về, các trạm này sẽ kết nối đến trung tâm dữ liệu máy chủ theo một địa chỉ IP của máy chủ qua mạng điện thoại di động thông qua dịch vụ GPRS (hoặc sóng vô tuyến). Dịch vụ máy chủ sẽ tiếp nhận thông tin và thực hiện ghi số liệu trên cơ sở dữ liệu. Phần mềm IMS tự động tính toán theo thời gian thực như sau:

- Kiểm tra, thấy có sự thay đổi về số liệu giám sát mực nước, độ mở cửa cống, lưu lượng bơm thì sẽ chuyển số liệu mới cập nhật vào mô hình MIKE 11 và tự động điều khiển chạy mô hình để tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh theo số liệu mới cập nhật. Kết quả tính toán của mô hình MIKE 11 sẽ được ghi ra file kết quả, phần mềm IMS tự động đọc file kết quả rồi ghi lên cơ sở dữ liệu. Từ kết quả tính toán này, người dùng có thể điều chỉnh phương án vận hành hệ thống tưới.

- Kiểm tra, thấy có sự thay đổi về lượng mưa, các thông số về khí tượng, phần mềm IMS sẽ tự động tính toán nhu cầu tưới, điều chỉnh lại kế hoạch tưới. Từ kết quả tính toán này, người dùng có thể điều chỉnh phương án vận hành hệ thống tưới.

Khi người dùng (trong khối “Người dùng”) truy cập vào hệ thống theo địa chỉ web: <http://vnims.vn> bằng máy tính PC, các thiết bị di động (máy tính xách tay, máy tính bảng, điện thoại smartphone) có kết nối internet. Phần mềm IMS sẽ truy cập vào cơ sở dữ liệu để lấy dữ liệu và hiển thị trên giao diện WebGIS. Người dùng có thể tương tác lên hệ thống thông qua giao diện của phần mềm IMS, cụ thể như sau:

- Xem thông tin về hệ thống tưới: Khi người dùng tương tác với giao diện phần mềm IMS để xem thông tin thì các tương tác này sẽ được phần mềm chuyển thành các mã lệnh. Các mã lệnh này sẽ thực hiện truy vấn vào cơ sở dữ liệu để lấy dữ liệu và hiển thị thông tin cho người dùng.

- Cập nhật các số liệu: Giao diện của phần mềm IMS cung cấp cho người dùng công cụ để cập nhật các số liệu về hệ thống tưới. Khi người dùng cập nhật, dữ liệu này sẽ được phần mềm chuyển vào lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và thông báo trạng thái cập nhật cho người dùng. Khi người dùng lựa chọn trạng thái kết thúc quá

trình nhập số liệu, phần mềm IMS sẽ tự động tính toán theo số liệu mới được cập nhật.

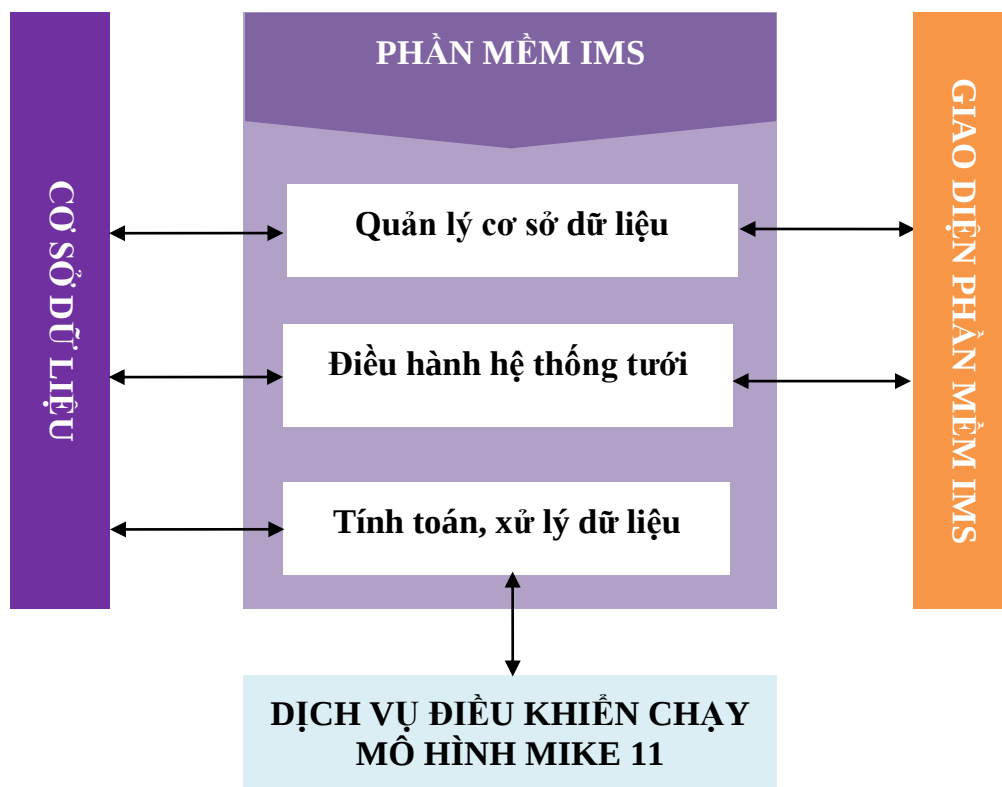
- Ra lệnh điều khiển vận hành hệ thống tưới: Trên giao diện phần mềm IMS, người dùng có thể nhập lệnh đóng mở các cổng, phần mềm IMS sẽ nhận giá trị của lệnh và ghi lên cơ sở dữ liệu. Trạm thiết bị giám sát điều khiển ngoài hiện trường theo định kỳ (thông thường khoảng 10 giây) kết nối tới máy chủ qua đường truyền internet cung cấp bởi dịch vụ GSM/GRPS để chuyển gói tin yêu cầu cung cấp giá trị độ mở của cổng mới tới phần mềm “Dịch vụ máy chủ”. Phần mềm “Dịch vụ máy chủ” sẽ truy cập vào cơ sở dữ liệu để lấy giá trị yêu cầu độ mở cổng mới nhất và cung cấp cho trạm thiết bị giám sát điều khiển. Trạm thiết bị giám sát điều khiển sẽ kiểm tra giá trị yêu cầu độ mở của cổng mới, nếu giá trị này khác với giá trị đang có tại thiết bị thì sẽ thực hiện vận hành đóng mở cửa cổng theo giá trị mới.

3.2. Kết quả xây dựng khối trung tâm dữ liệu máy chủ

3.2.1. Xây dựng phần mềm IMS

3.2.1.1. Cấu trúc của phần mềm IMS

Phần mềm gồm 3 khối chính như Hình 3.2: Khối “Quản lý dữ liệu”; Khối “Tính toán, xử lý dữ liệu”; Khối “Điều hành hệ thống tưới”.



Hình 3-2: Sơ đồ cấu trúc của phần mềm IMS

Trong đó:

- Khối “Quản lý cơ sở dữ liệu”: Khối này có các nhiệm vụ chính như sau:

+ Quản lý toàn bộ dữ liệu bao gồm dữ liệu tĩnh, dữ liệu động được lưu trữ trên cơ sở dữ liệu và hiển thị lên giao diện phần mềm IMS;

+ Cho phép người dùng có thể cập nhật diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy theo ngày của từng công trên giao diện WebGis trên các thiết bị di động;

+ Cho phép người dùng cập nhật các số liệu về hệ thống tưới.

- Khối “Tính toán, xử lý dữ liệu”: Khối này có các chức năng chính như sau:

+ Tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng;

+ Tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống;

+ Tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh;

+ Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối.

- Khối “Điều hành hệ thống tưới”: Khối này có các chức năng chính như sau:

+ Hỗ trợ lập kế hoạch tưới;

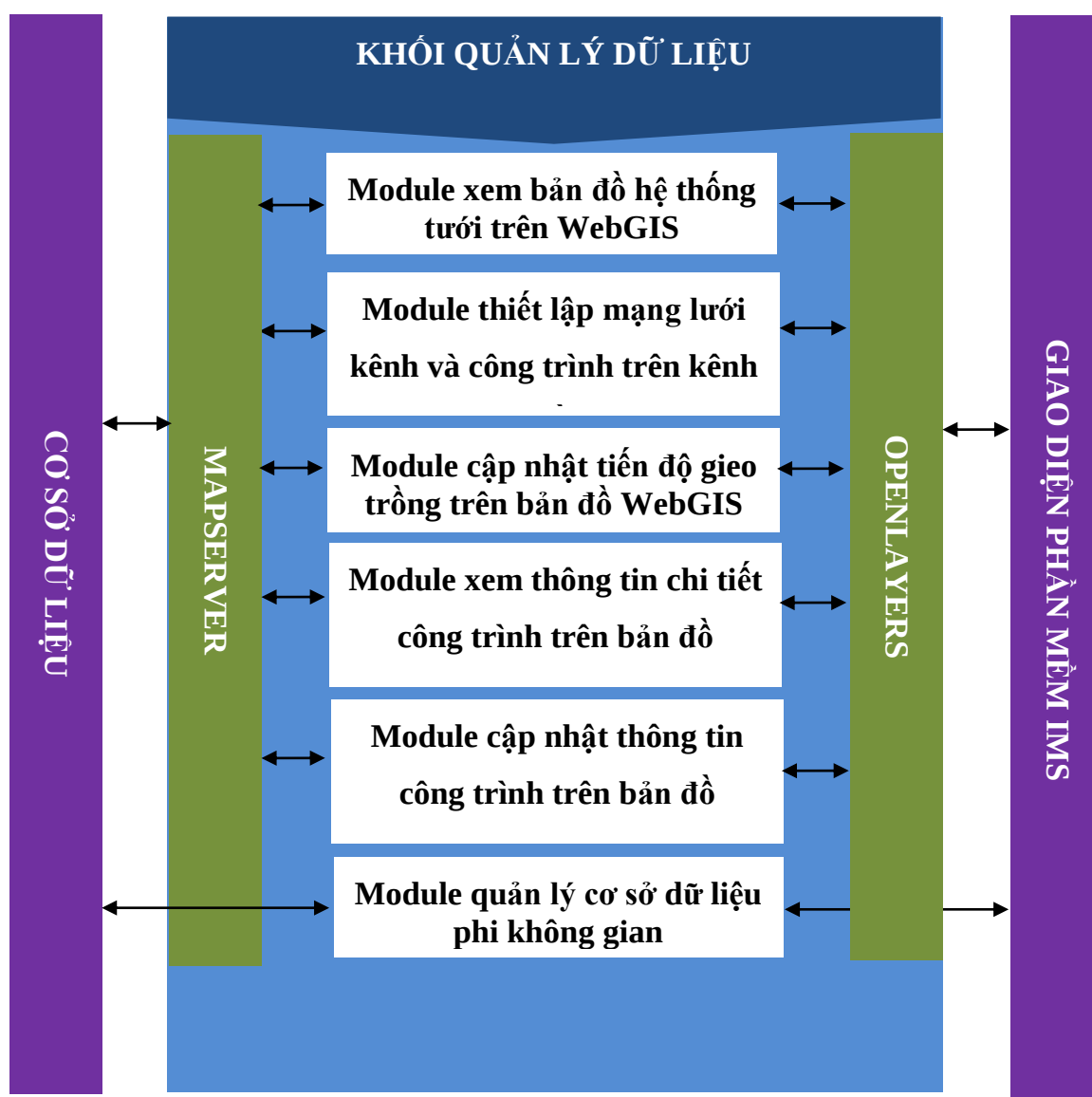
+ Hiển thị kế hoạch tưới của hệ thống;

+ Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực.

+ Hiển thị kết quả dự báo nhu cầu dùng nước theo thời gian thực.

3.2.1.2. Xây dựng khối “quản lý dữ liệu”

Sơ đồ hoạt động của các module trong khối quản lý dữ liệu được trình bày trong Hình 3.3.



Hình 3-3: Sơ đồ hoạt động của các module trong khối quản lý dữ liệu

Khối này bao gồm 06 module chính: Module xem bản đồ hệ thống tưới trên WebGIS; Module xem thông tin chi tiết công trình trên bản đồ WebGIS; Module cập nhật thông tin công trình trên bản đồ WebGIS; Module thiết lập mạng lưới kênh và công trình trên kênh trên bản đồ WebGIS; Module cập nhật tiến độ gieo trồng trên bản đồ WebGIS trên các thiết bị di động (máy tính bảng, điện thoại di động smartphone) có kết nối internet và Module quản lý cơ sở dữ liệu phi không gian.

1. Module xem bản đồ hệ thống tưới trên WebGIS

Module này có hai phần: Phần giao diện tương tác phía người dùng và phần tương tác phía máy chủ.

- Phần tương tác phía người dùng: Tác giả đã sử dụng thư viện mã nguồn mở Openlayers trên ngôn ngữ JavaScript để tiếp nhận các kịch bản tương tác của người dùng trên bản đồ như sau:

+ Trong sự kiện khởi tạo *\$(document).ready*, khởi gán các lớp bản đồ trong hàm *map.addLayers* gồm các lớp bản đồ nền, lớp bản đồ công trình.

+ Sử dụng hàm *OpenLayers.Control.Navigation* để cho phép tiếp nhận các sự kiện trên bản đồ gồm kéo thả chuột, nhấp đúp và thanh cuộn chuột.

+ Tạo thanh công cụ cho phép phóng to và thu nhỏ bản đồ bằng việc sử dụng hàm *OpenLayers.Control.ZoomBox* của Openlayers.

- Phần tương tác phía máy chủ: Phần này có nhiệm vụ tiếp nhận các sự kiện của Openlayers. Tác giả sử dụng thư viện mã nguồn mở Mapserver trong hàm *publicbyte[] GetMapFromWMS(NameValueCollectionWMSquery String)* để truy cập vào cơ sở dữ liệu để sinh ra dữ liệu ảnh bản đồ. Module này sẽ trả ra ảnh dữ liệu bản đồ bằng hàm *mapImage.getBytes()* và gửi cho Openlayers để hiển thị bản đồ WebGIS hoàn chỉnh. Bản đồ hoàn chỉnh gồm các công trình kênh (kênh chính, kênh cấp 1,...), công trình trạm bơm (trạm bơm tưới, trạm bơm tiêu, trạm bơm tưới tiêu kết hợp), công trình cống (cống tưới, cống tiêu, cống điều tiết,...), cầu máng, xi phông, đập dâng và trạng thái diện tích tưới (diện tích chờ, diện tích đổ ải, diện tích được làm đất, diện tích gieo trồng).

2. Xây dựng Module xem thông tin chi tiết công trình trên bản đồ WebGIS

Khi người dùng nhấp con trỏ để xem thông tin công trình trên bản đồ WebGIS, tác giả sử dụng thư viện Openlayers để tiếp nhận tọa độ của vị trí của con trỏ trên bản đồ bằng hàm *feature_info = new OpenLayers.Control.WMSGetFeatureInfo*. Sử dụng thư viện mã nguồn mở Mapserver để truy vấn dữ liệu trong cơ sở dữ liệu PostgreSQL và trả về các thông tin chi tiết cho người dùng bằng hàm *public string GetFeatureInfoFrom WMS(NameValueCollectionWMSqueryString)*.

3. Xây dựng Module cập nhật thông tin công trình trên bản đồ WebGIS

Khi người dùng chọn công trình để cập nhật thông tin trên bản đồ WebGIS, tác giả sử dụng thư viện mã nguồn mở Openlayers lấy thông tin của đối tượng bằng hàm *feature_info = new OpenLayers.Control.WMSGetFeatureInfo*. Thông tin này

được cập nhật vào cơ sở dữ liệu PostgreSQL thông qua hàm `_database.congtrinh.Update(_congtrinh, true)`.

4. Xây dựng Module thiết lập mạng lưới kênh và công trình trên kênh trên bản đồ WebGIS

Tác giả sử dụng thư viện mã nguồn mở Openlayers gồm các hàm: `pointLayer_Draw.events.on` để cho phép vẽ công trình dạng điểm (trạm bơm, các công trình trên kênh), `lineLayer_Draw.events.on` để cho phép vẽ công trình dạng đường (công trình kênh các cấp) và `polygon Layer_Draw.events.on` để cho phép vẽ công trình dạng polygon (hồ chứa, giải thửa). Sau khi xác định vị trí của công trình trên bản đồ WebGIS người dùng sẽ nhập thông tin loại công trình (các loại gồm: kênh, trạm bơm, cống,...) với các thuộc tính như tên công trình, thông tin chung, thông tin kỹ thuật. Toàn bộ những thông tin này được cập nhật vào cơ sở dữ liệu PostgreSQL thông qua hàm `_database.congtrinh.Insert(_congtrinh, true)`.

5. Xây dựng Module cập nhật tiến độ gieo trồng trên bản đồ WebGIS trên các thiết bị di động (máy tính bảng, điện thoại di động smartphone) có kết nối internet

Khi người dùng chọn một giải thửa trên giao diện WebGIS, tác giả sử dụng thư viện mã nguồn mở Openlayers để lấy thông tin và xác định trạng thái của giải thửa là đổ ải, làm đất, gieo trồng trên bản đồ WebGIS bằng hàm `feature_info = new OpenLayers.Control.WMSGetFeatureInfo`. Thông tin trạng thái giải thửa do người dùng cập nhật mới sẽ được chuyển đến hàm `public JsonResult saveBanDoGiaiThua(string strListGiaiThua, string strNgay, int iTrangThai, int iMuaVu, int iCayTrong, bool bTinhToanGieoTrong)` để xử lý và được cập nhật vào cơ sở dữ liệu PostgreSQL.

6. Xây dựng Module quản lý cơ sở dữ liệu phi không gian:

Các dữ liệu phi không gian của hệ thống tưới như: Số liệu về cây trồng, số liệu về đất trồng, số liệu quan trắc được tác giả lập trình quản lý dưới dạng lưới dữ liệu với các hàm lấy dữ liệu, cập nhật dữ liệu, thêm mới dữ liệu và xóa dữ liệu như sau:

- + Hàm lấy dữ liệu: `public ActionResult GetObjects([DataSourceRequest] DataSourceRequest request)`.

- + Hàm cập nhật dữ liệu: `public ActionResult UpdateObject([DataSource`

Request] DataSourceRequest request, Object obj).

+ Hàm thêm mới dữ liệu: *public ActionResult InsertObject([DataSource Request] DataSourceRequest request, Object obj).*

+ Hàm xóa dữ liệu: *public ActionResult DeleteObject([DataSource Request] DataSourceRequest request, Object obj).*

3.2.1.3. Xây dựng khối “Tính toán, xử lý số liệu”

Khối “tính toán, xử lý số liệu” bao gồm các module: “Tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng”; “Tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống”; “Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối”; “Tính toán xác định đường mực nước trên kênh”.

1. Xây dựng Module tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho từng ô thửa của các công lấy nước

Dựa vào các công thức tổng quát trong mục 2.2.1, Tác giả xây dựng các sơ đồ khối cho các nội dung tính toán và viết các hàm tính toán như sau:

- Hàm chính *TinhNhuCauTuoi()*: Sơ đồ khối của hàm *TinhNhuCauTuoi()* như Hình 3.4. Hàm này sẽ gọi lần lượt từng cây trồng trong công tưới phụ trách. Khi gọi đến cây trồng nào thì sẽ kiểm tra loại cây trồng đó xem: là cây trồng lúa hay cây trồng cạn. Nếu là cây trồng lúa thì hàm này sẽ kiểm tra xem là vụ chiêm xuân hay vụ mùa, nếu là vụ chiêm xuân thì hàm này sẽ gọi hàm *NhuCauTuoi_CayTrongLua_VuChiemXuan()* để tính toán, nếu là vụ mùa thì sẽ gọi hàm *NhuCauTuoi_CayTrongLua_VuMua()* để tính toán. Nếu là cây trồng cạn thì hàm này sẽ gọi hàm *NhuCauTuoi_CayTrongCan()* để tính toán.

- Hàm *NhuCauTuoi_CayTrongLua_VuChiemXuan()* (tính toán nhu cầu tưới cho từng loại cây trồng lúa vụ chiêm xuân): Sơ đồ khối của hàm *NhuCauTuoi_CayTrongLua_VuChiemXuan()* như Hình 3.5. Trong hàm này có sử dụng hàm *conNhuCauTuoi_Etc_CayTrong()* để tính toán lượng nước cần thiết để cấp cho từng ô thửa theo thời kỳ sinh trưởng của từng cây trồng do công phụ trách (*mETC[i]*).

- Hàm *NhuCauTuoi_CayTrongLua_VuMua()* (tính toán nhu cầu tưới cho từng loại cây trồng lúa vụ mùa): Sơ đồ khối của hàm *NhuCauTuoi_Cay TrongLua*

_VuMua() như Hình 3.6. Trong hàm này có sử dụng hàm con *NhuCauTuoi_Etc_CayTrong()* để tính toán lượng nước cần thiết để cấp cho từng ô thửa theo thời kỳ sinh trưởng của từng cây trồng do công phụ trách ($m_{ETC}[i]$).

- Hàm *NhuCauTuoi_CayTrongCan()* (tính toán nhu cầu tưới cho từng loại cây trồng cạn): Sơ đồ khối của hàm *NhuCauTuoi_CayTrongCan()* như Hình 3.7. Trong hàm này có sử dụng hàm con *NhuCauTuoi_Etc_CayTrong()* để tính toán lượng nước cần thiết để cấp cho từng ô thửa theo thời kỳ sinh trưởng của từng cây trồng do công phụ trách ($m_{ETC}[i]$).

- Hàm *NhuCauTuoi_Etc_CayTrong()*: cho phép tính toán lượng nước tiêu hao do bốc hơi cho từng ô thửa theo thời kỳ sinh trưởng của từng cây trồng do công phụ trách. Sơ đồ khối của hàm *NhuCauTuoi_Etc_CayTrong()* như Hình 3.8.

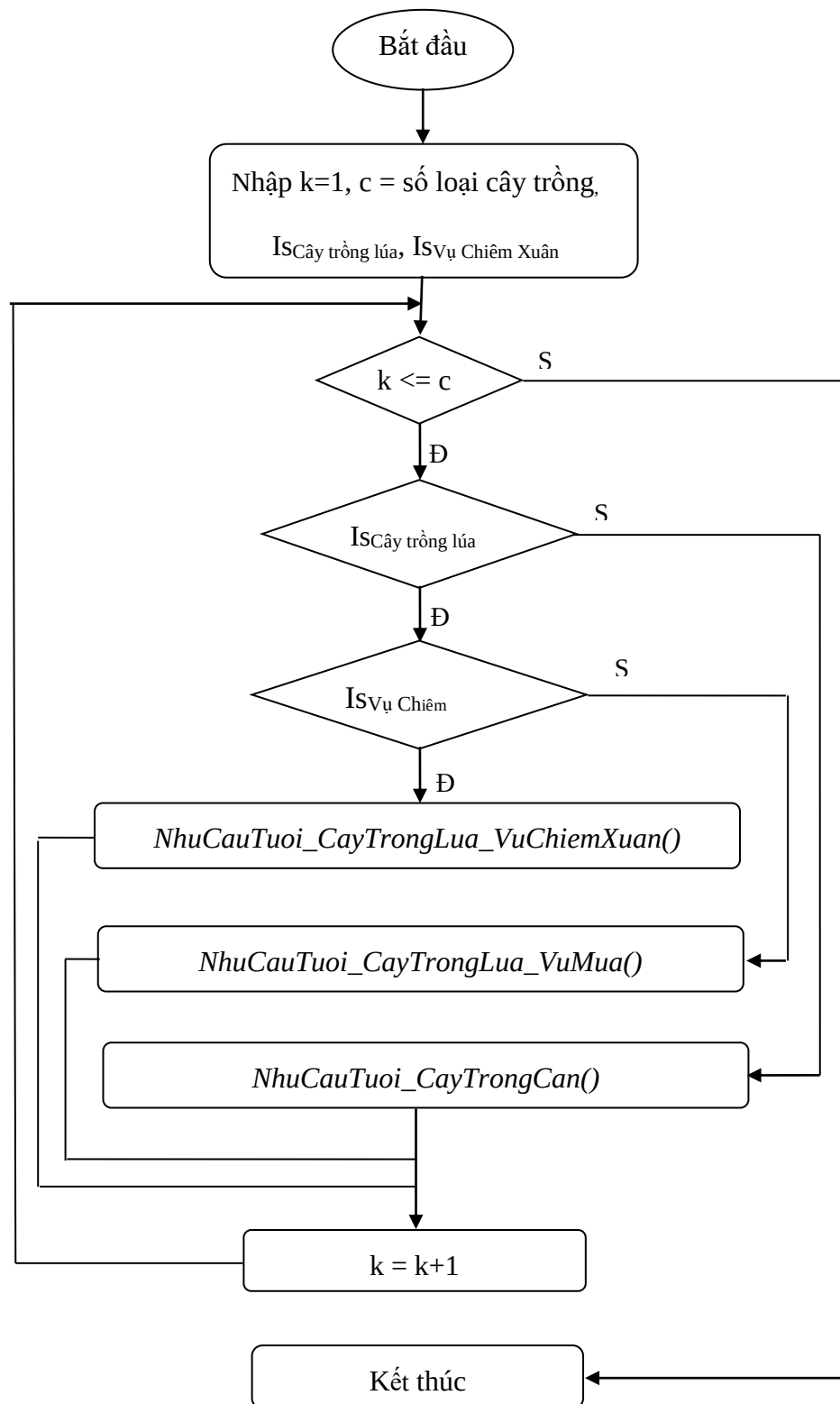
Trong đó:

- $d_{\text{lich gieo trồng}}$: tổng số ngày gieo trồng trong lịch gieo trồng của mùa vụ hiện tại, (ngày);
- $d_{\text{thoi gian sinh trưởng}}$: tổng số ngày sinh trưởng và phát triển của loại cây trồng, (ngày);
- $S_{\text{Gieo trồng}}[i]$: Diện tích gieo trồng ngày thứ i , (ha);
- $m_{\text{tong}}[j]$: Tổng lượng nước cần tưới của ngày thứ j , (m^3).

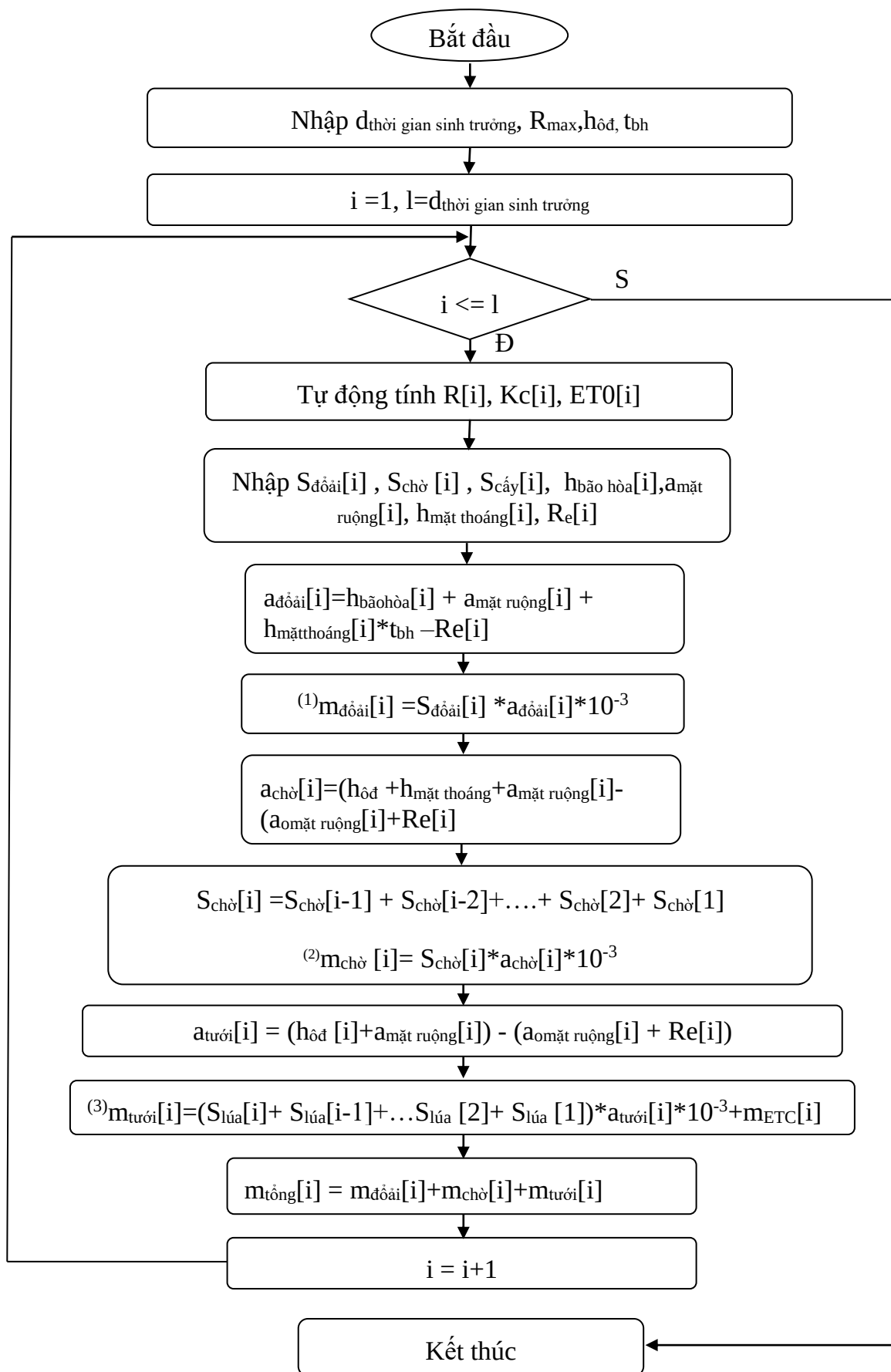
2. Xây dựng module “Tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống”

Tại cơ sở dữ liệu PostgreSQL trên máy chủ, thiết kế dữ liệu bảng “DiemPhan Phoi”, đây là bảng trung gian lưu trữ theo mối quan hệ một điểm phân phối nước trên hệ thống (parentId) bao gồm nhiều cống mặt ruộng (childId). Tại bảng này có các trường dữ liệu như sau:

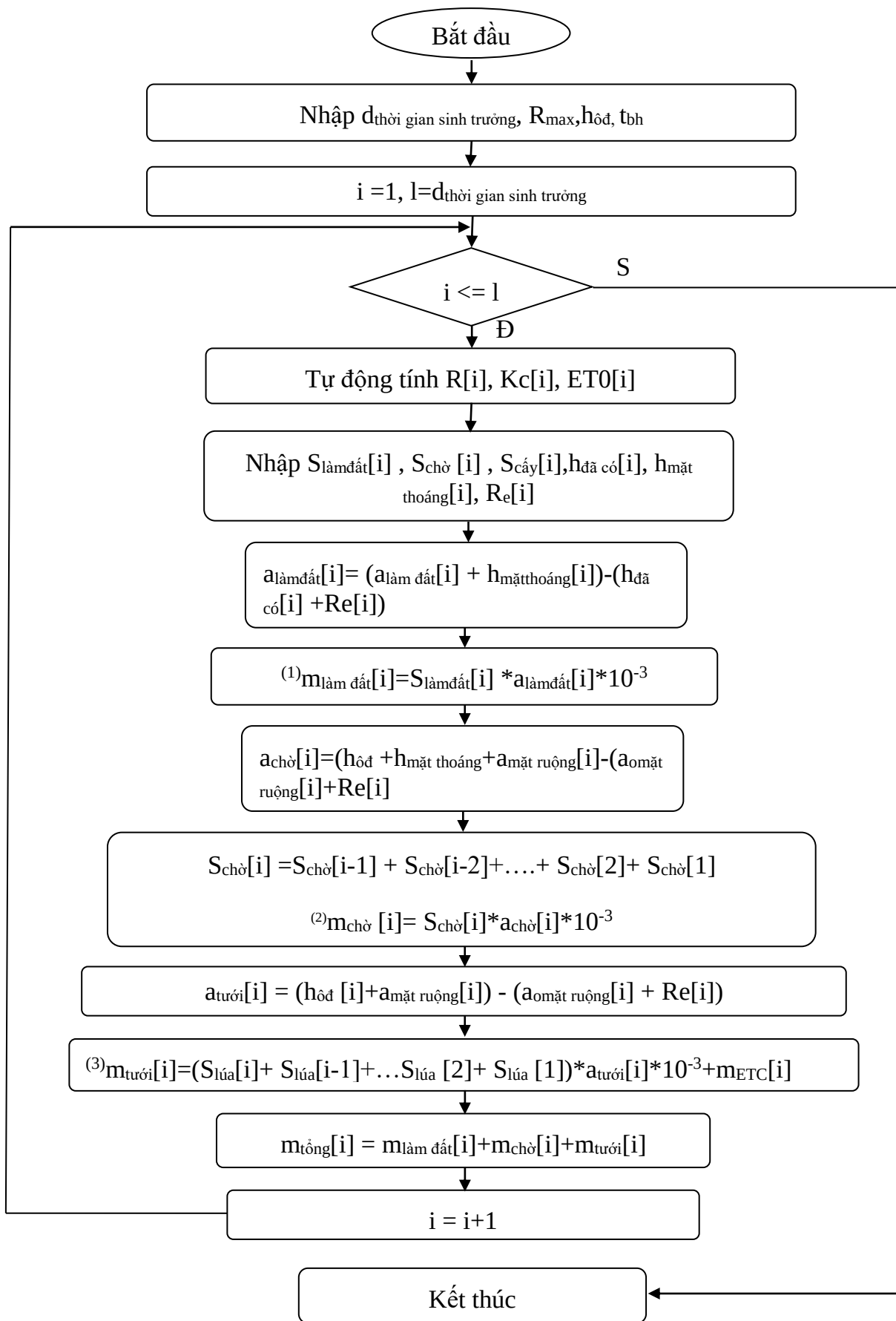
- parentId: là Id của các điểm phân phối nước;
- childId: là Id của các cống mặt ruộng;
- l: chiều dài kênh tính từ cống mặt ruộng này đến điểm (cống mặt ruộng hoặc điểm phân phối nước) gần nó nhất tính theo chiều người dòng chảy (m)
- b: chiều rộng đáy kênh (m)
- h: chiều sâu nước trong kênh (m)
- γ : hệ số hiệu chỉnh xét đến hiện tượng ngấm chéo ở mái kênh và phụ thuộc vào tính chất của đất $\gamma = 1,1 \div 1,4$.
- k: hệ số ngấm của đất (m/ngày)
- m: hệ số mái kênh



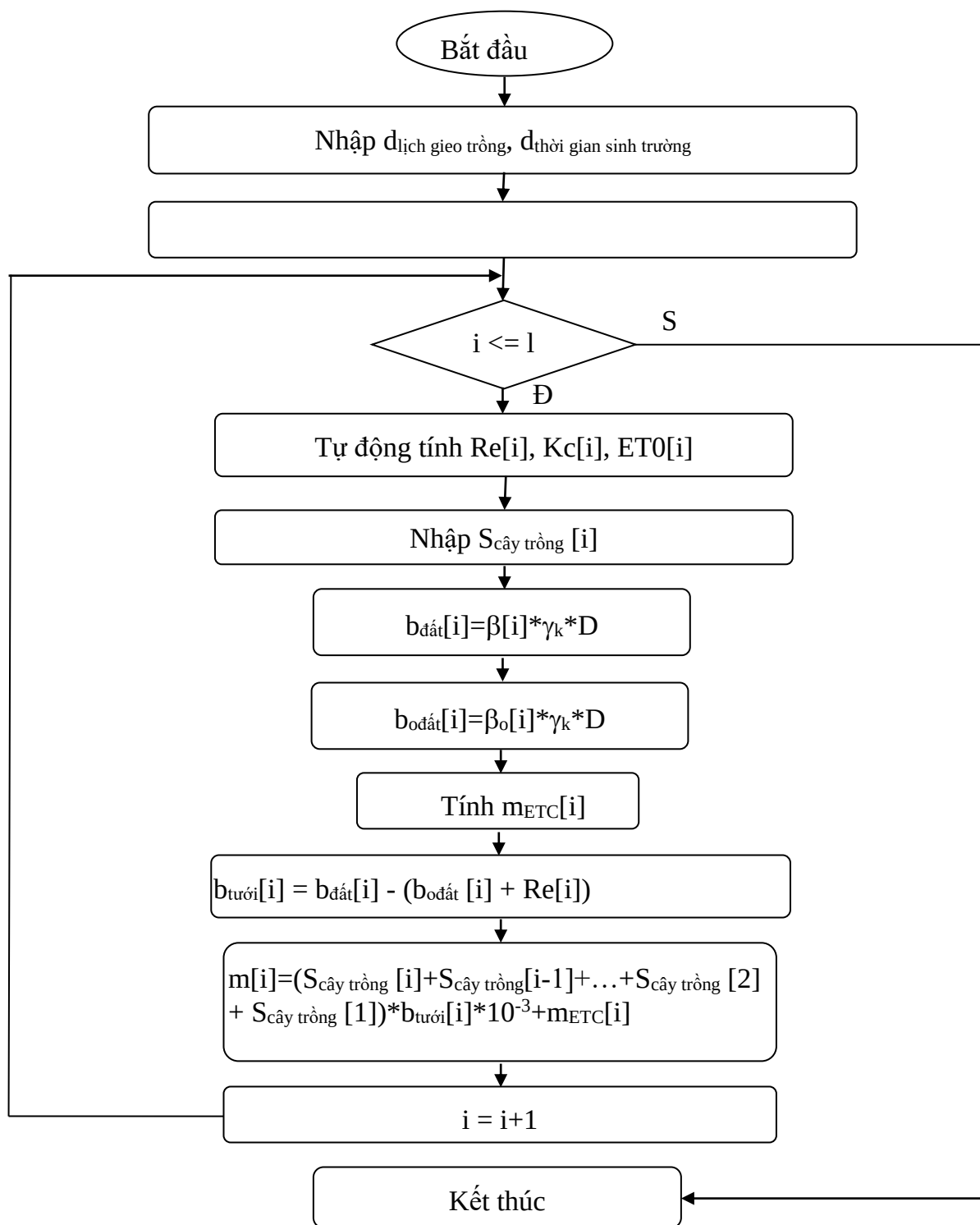
Hình 3-4: Sơ đồ thuật toán tính toán nhu cầu tưới cho công lấy nước



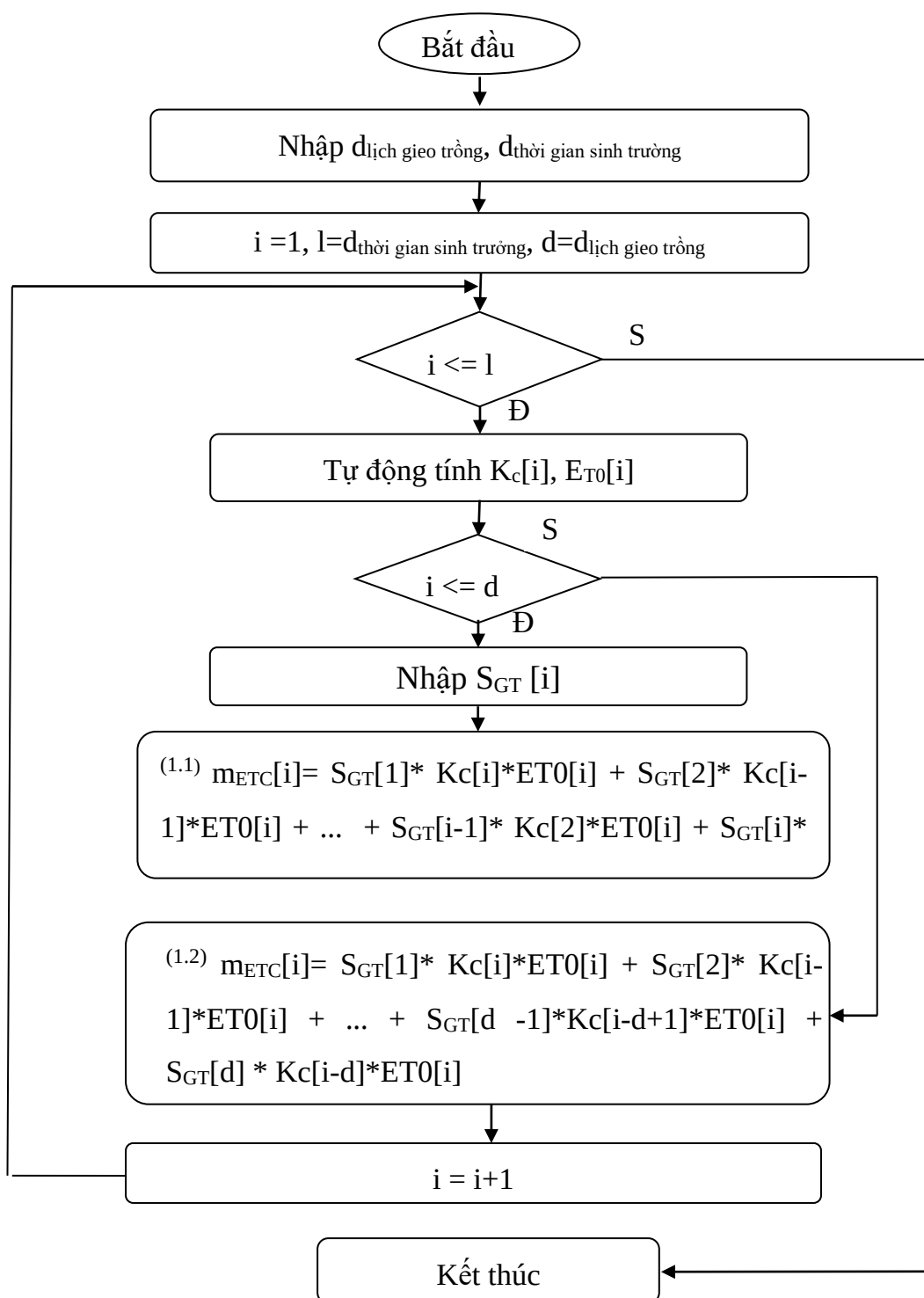
Hình 3-5: Trong sơ đồ khối tính toán nhu cầu tưới từng loại cây trồng lúa vụ chiêm xuân



Hình 3-6: Tính lượng nước cần cấp cho cây trồng lúa vụ mùa



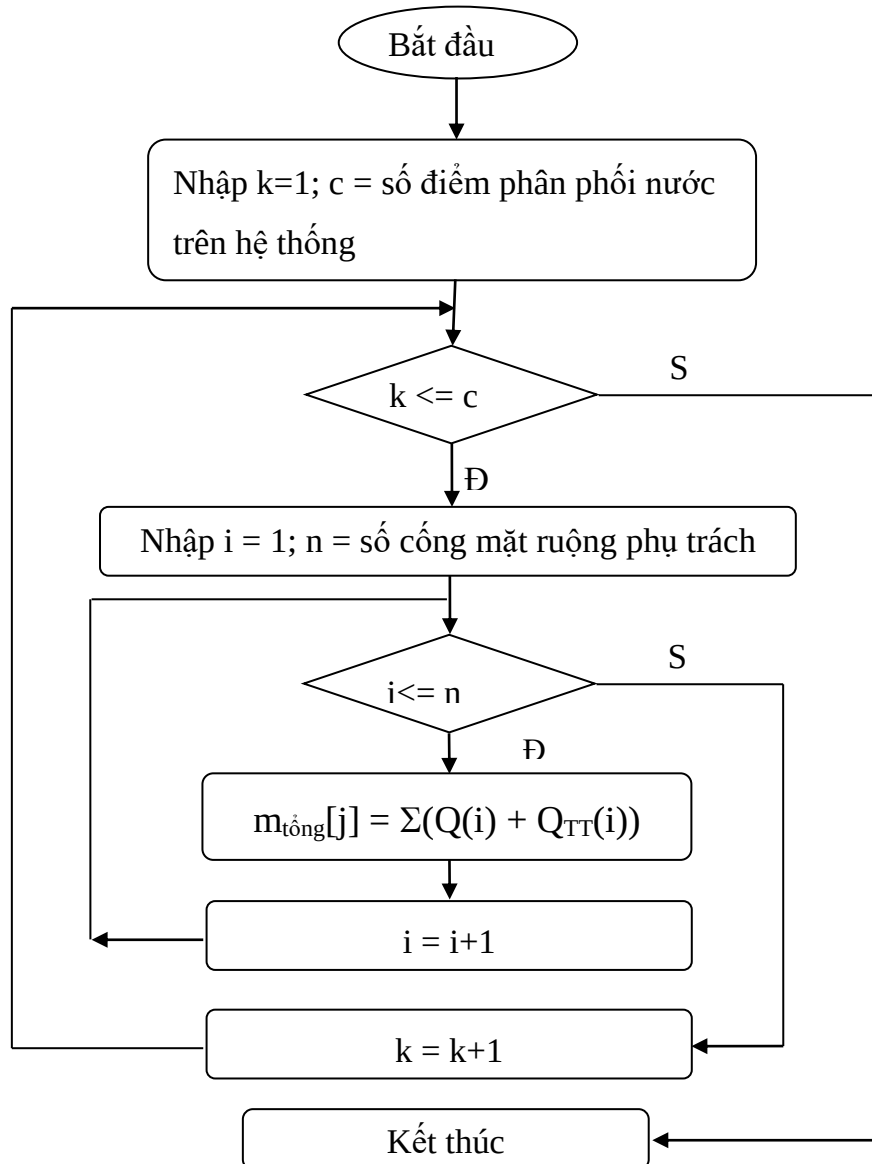
Hình 3-7: Tính lượng nước cần cấp cho cây trồng cạn



Hình 3-8: Tính lượng nước tiêu hao do bốc hơi m_{ETC}

Sơ đồ giải thuật tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống như *Hình 3.9*, trong đó:

- $Q_{TT}(i)$: Lưu lượng tổng thất được tính theo công thức Cốt-chia-Cóp;
- $Q_{off}(i)$: Nhu cầu tưới của công thứ i ;
- $m_{tổng}[j]$: Yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước thứ j .



Hình 3-9: Tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống

3. Xây dựng module “Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối”

Hàm chính *TinhToanPhanPhoiNuoc()*: Sơ đồ khối của hàm *TinhToanPhanPhoiNuoc()* như Hình 3.10.

Trong đó:

- Qyc: tổng lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống;
- Qyc[i]: lưu lượng yêu cầu tại điểm phân phối thứ i;
- Qkn: lưu lượng bơm của trạm đầu mối;
- Qpp[i]: lưu lượng phân phối tính được tại điểm phân phối thứ i.

4. Xây dựng module “Tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh”

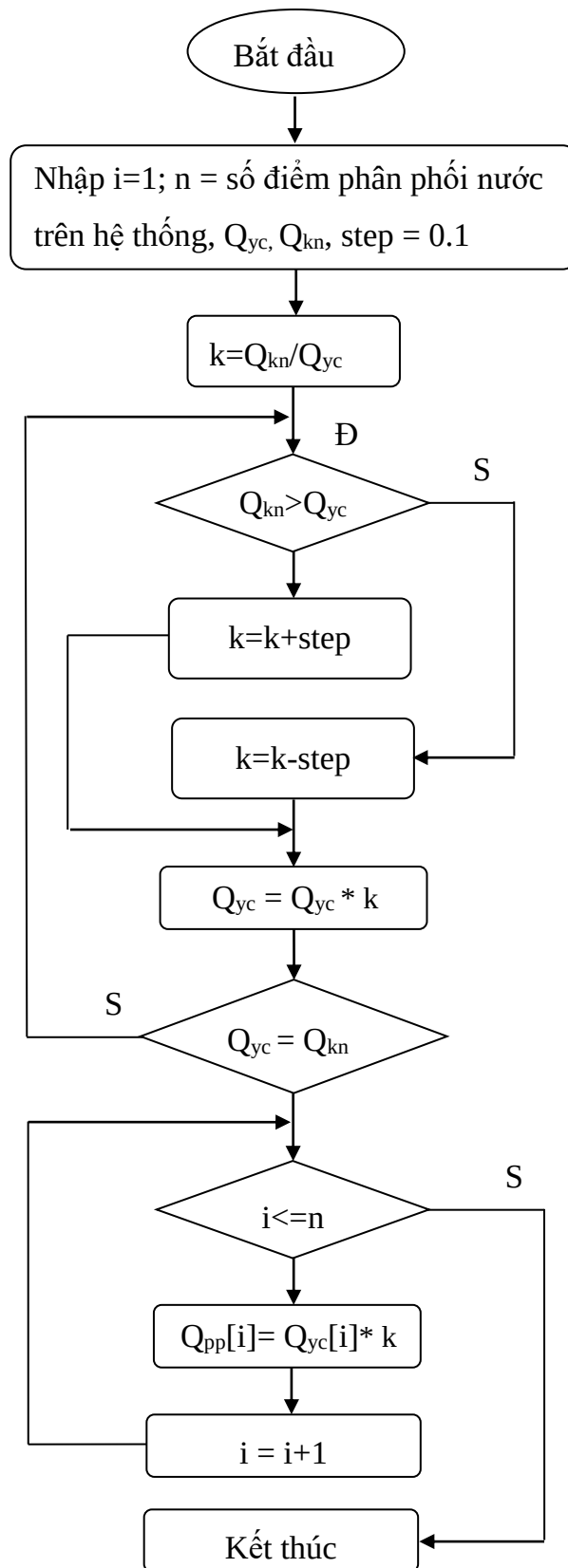
Để tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh sử dụng hàm *TinhDienBienMucNuocKenh()*. Sơ đồ khối của hàm *TinhDienBienMucNuocKenh()* như Hình 3.11. Hàm này gồm những hàm con như sau:

Hàm *CapNhatDuLieuDfs0()*: Cho phép để cập nhật lưu lượng bơm phân phối theo thời gian (Q bơm), lưu lượng yêu cầu tại các cống (Q_{off} Cống) theo thời gian bằng việc sử dụng thư viện *DHI.Generic.MikeZero.DFS.dll* do MIKE cung cấp.

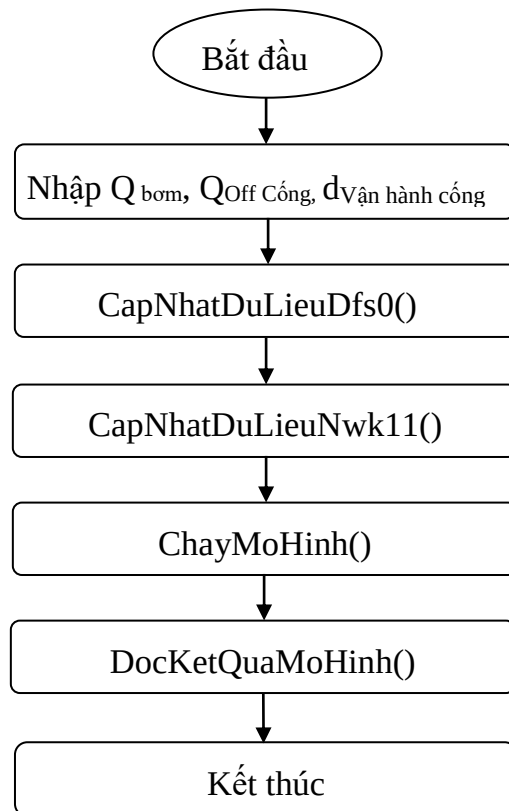
Hàm *CapNhatDuLieuNwk11()*: Cho phép cập nhật đóng mở cống theo thời gian (dVận hành cống) bằng việc sử dụng thư viện *DHI.PFS.dll* do MIKE cung cấp.

Hàm *ChayMoHinh()*: Cho phép điều khiển phần mềm MIKE chạy tính toán thủy lực thông qua một Service cài đặt trên máy chủ.

Hàm *DocKetQuaMoHinh()*: Cho phép đọc kết quả mô hình kết quả dạng file *.RES11 thể hiện diễn biến đường mực nước và lưu lượng trên kênh bằng việc sử dụng thư viện *DfsFileFactory.DfsGenericOpen(filename)* trong thư viện *DHI.Generic.MikeZero.DFS.dll* do MIKE cung cấp.



Hình 3-10: Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối



Hình 3-11: Tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh

5. Xây dựng khối “Điều hành hệ thống tưới”

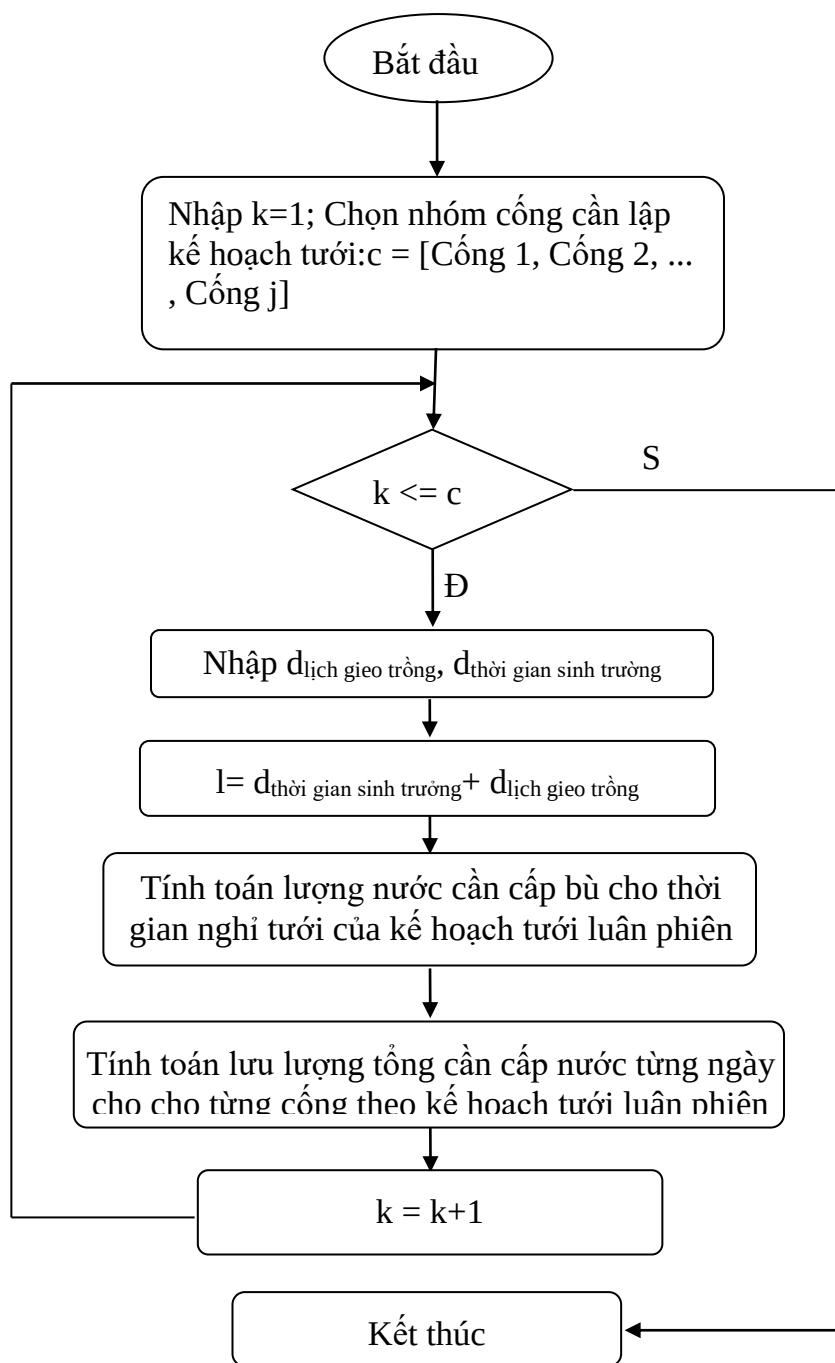
Khối “Điều hành hệ thống tưới” bao gồm hai module: “Lập kế hoạch tưới trên hệ thống” và “Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực”.

a) Xây dựng Module “Lập kế hoạch tưới trên hệ thống”

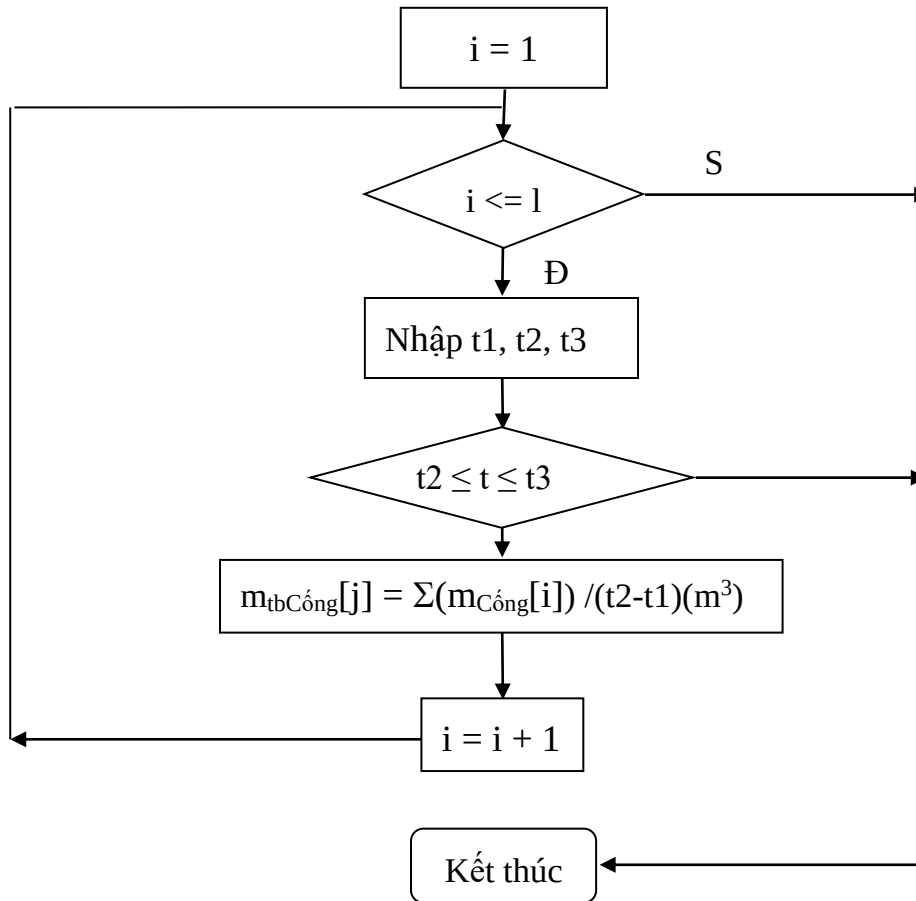
Sơ đồ khối của module “Lập kế hoạch tưới trên hệ thống” như Hình 3.12.

Trong đó:

- c là số lượng cống được chọn cho đợt tưới luân phiên;
- Phần “Tính toán lượng nước cần cấp bù cho thời gian nghỉ tưới của kế hoạch tưới luân phiên” được thể hiện như Hình 3.13;
- Phần “Tính toán lưu lượng tổng cần cấp nước từng ngày cho từng cống theo kế hoạch tưới luân phiên” được thể hiện như Hình 3.14.



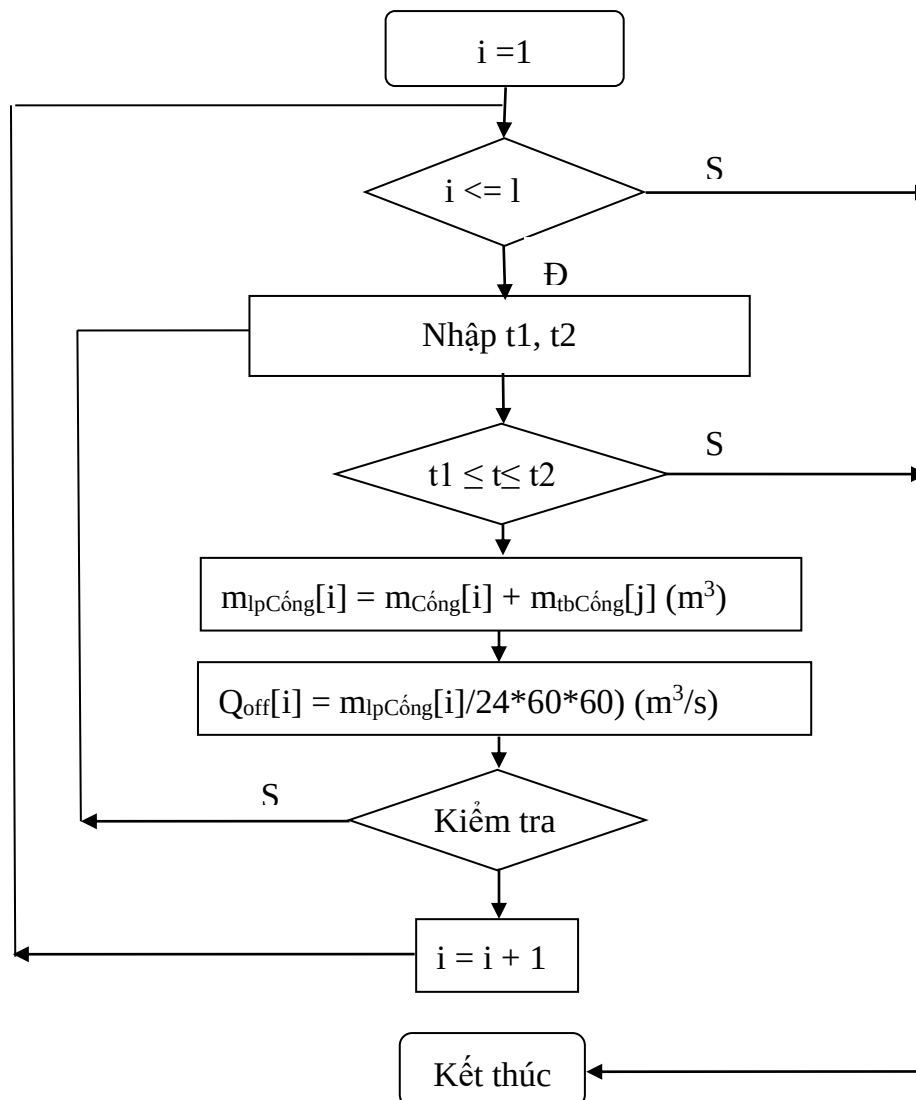
Hình 3-12: Sơ đồ chọn nhóm cống cần lập kế hoạch tưới luân phiên



Hình 3-13: Tính toán lượng nước cần cấp bù cho thời gian nghỉ tưới của kế hoạch tưới luân phiên

Trong đó:

- $m_{tbCống}[j]$: Lượng nước trung bình trong thời gian từ $t1$ đến $t2$ cần cấp bù cho thời gian nghỉ tưới từ $t2$ đến $t3$ của cống thứ j (m^3);
- $m_{Cống}[t]$: Nhu cầu nước của cống trong ngày thứ t (m^3).



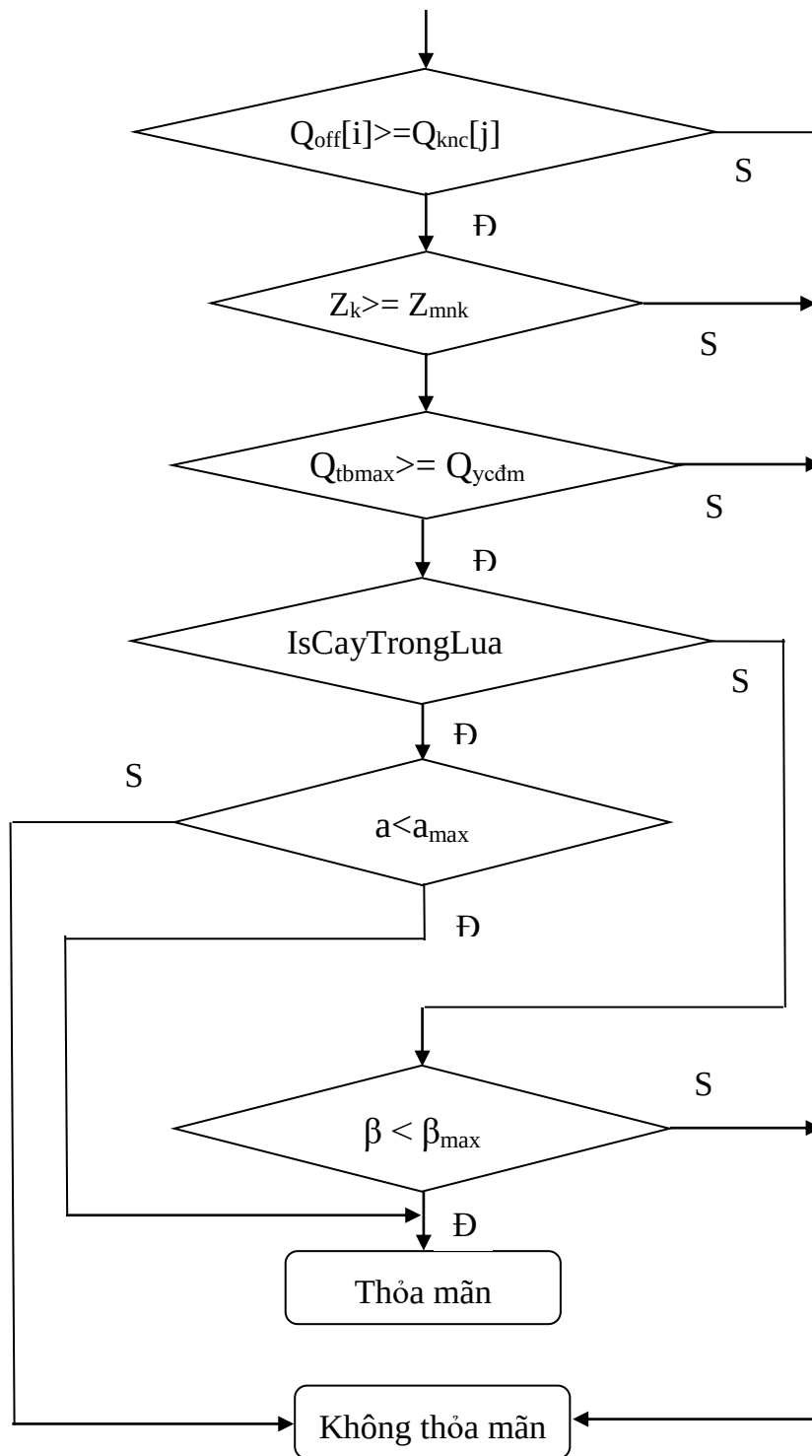
Hình 3-14: Tính toán lưu lượng tổng cân cấp nước từng ngày cho từng cống theo kế hoạch tưới luân phiên

Trong đó:

- $m_{lpCổng}[t]$: tổng lượng nước yêu cầu của cống tưới luân phiên trong ngày thứ t (từ $t1$ đến $t2$) (m^3);

- $Q_{off}[t]$: tổng lưu lượng yêu cầu của cống tưới luân phiên trong ngày thứ t (từ $t1$ đến $t2$) (m^3/s).

- [Kiểm tra] sẽ thực hiện việc kiểm tra điều kiện lưu lượng tưới luân phiên của cống theo kế hoạch như Hình 3.15:



Hình 3-15: Sơ đồ kiểm tra điều kiện lưu lượng tưới luân phiên của công theo kế hoạch.

b) Xây dựng Module “ Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực”

Khi điều hành hệ thống tưới, một số số liệu đầu vào từng ngày theo thực tế của hệ thống sẽ không đúng với kế hoạch: số liệu diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện

tích gieo cấy; số liệu về khí tượng; số liệu về lượng mưa; số liệu về mực nước, lưu lượng qua các công phân phối nước. Vì vậy, các số liệu này cần phải được cập nhật theo thời gian thực, hệ thống cần phải tự động tính toán nhu cầu nước, lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối nước trên hệ thống và đường mực nước trên kênh theo thời gian thực để người dùng điều chỉnh phương án vận hành hệ thống tưới nhằm đảm bảo cấp nước đủ, kịp thời cho các diện tích cần tưới.

Sơ đồ module “ Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực” được thể hiện như *Hình 3.17*. Trong đó:

- Xây dựng khối "Cập nhật tiến độ gieo trồng theo thời gian": gồm dữ liệu tiến độ gieo trồng thực tế từ bản đồ WebGIS (đổ ải, làm đất, cấy). Toàn bộ dữ liệu này được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu máy chủ và được "Dịch vụ tự động tính toán" kiểm tra định kỳ để thực hiện tính toán nhu cầu tưới. Kết quả cho phép hiển thị dữ liệu theo thời gian thực: nhu cầu tưới tại trạm bơm đầu mối và tại các điểm phân phối nước từ số liệu thực tế.

- Xây dựng khối “Dữ liệu các trạm giám sát điều khiển”: gồm dữ liệu theo thời gian thực do trạm thiết bị giám sát điều khiển gửi về, gồm: Trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối; Trạm thiết bị SGate (mực nước thượng lưu, hạ lưu, độ mở cửa các công lấy nước và công điều tiết nước) trên hệ thống kênh; Trạm quan trắc khí tượng, lượng mưa. Toàn bộ dữ liệu này được lưu trữ vào cơ sở dữ liệu máy chủ và được "Dịch vụ tự động tính toán" thực hiện tính toán để hiển thị: lưu lượng bơm; lưu lượng đang chảy qua các công trình phân phối nước; đường mực nước trên các cấp kênh đang vận hành.

- Xây dựng khối "Điều chỉnh vận hành hệ thống": dựa vào việc so sánh nhu cầu tưới tính toán và thực tế đang vận hành để điều chỉnh theo điều kiện thực tế. Công cụ phục vụ việc điều chỉnh gồm :

- * Điều chỉnh vận hành số lượng bơm hoặc: thời gian bơm; tiến độ gieo trồng; lịch tưới luân phiên. Toàn bộ dữ liệu điều chỉnh này được "Dịch vụ tự động tính toán" thực hiện tính toán và cập nhật vào cơ sở dữ liệu. Kết quả cho phép hiển thị nhu cầu tưới tại trạm bơm đầu mối và tại các điểm phân phối nước từ số liệu thực tế

theo kết quả đã điều chỉnh.

* Điều khiển vận hành hệ thống tưới từ xa: Tại trung tâm điều hành, người dùng có thể ra lệnh vận hành các trạm giám sát, điều khiển trạm bơm đầu mối và trạm thiết bị SGate (mức nước thượng lưu, hạ lưu, độ mở cửa các cống lấy nước và điều tiết) trên hệ thống kênh. Nguyên lý thực hiện việc này đã trình bày trong *mục 3.1.1.3*.

- Xây dựng khối "dịch vụ tự động tính toán":

Trên máy chủ, viết một dịch vụ định kỳ (60 giây/lần) truy xuất vào bảng lưu trữ dữ liệu ngoài hiện trường (lưu trữ tại 2 khối: "Cập nhật tiến độ gieo trồng theo thời gian" và "Dữ liệu các trạm giám sát điều khiển") tại cơ sở dữ liệu PostgreSQL. Kiểm tra thấy có sự thay đổi về dữ liệu thì lập tức lần lượt gọi các module sau :

+ Module "Tính toán nhu cầu tưới của các cống lấy nước":

* Tính nhu cầu tưới của các cống lấy nước thời điểm hiện tại: Lập trình thực hiện truy xuất vào cơ sở dữ liệu để lấy những dữ liệu mới nhất của từng cống phụ trách gồm số liệu diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy; số liệu về khí tượng; số liệu về lượng mưa. Sử dụng các công thức tính toán nhu cầu tưới của cống mặt ruộng tại *mục 2.2.1.1* để lập trình tính toán nhu cầu tưới của của các cống ở thời điểm hiện tại.

* Module "Tính yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối trên hệ thống": Sử dụng công thức tại *mục 2.2.1.2* "Nghiên cứu cơ sở lý thuyết để tính toán yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống" và dữ liệu nhu cầu tưới của các cống lấy nước để lập trình tính toán được yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối trên hệ thống từ thời điểm hiện tại tới thời điểm lượng mưa dự báo được.

* Module "Tính toán đường mực nước trên hệ thống kênh": Sau khi tính được yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối trên hệ thống ta đã biết được lưu lượng cần cấp tại trạm bơm đầu mối theo từng ngày. Từ lưu lượng yêu cầu này, lập trình tính toán xem cần thiết phải bơm bao nhiêu máy bơm trong bao nhiêu giờ. Lập trình để cập nhật những số liệu: lưu lượng bơm phân phối theo thời gian, lưu lượng yêu cầu tại

các cống theo thời gian vào file *.dfs0 của mô hình MIKE 11; cập nhật độ mở của các cống lấy nước vào file *.nwk11. Lập trình để tự động gọi mô hình MIKE để tính toán đường mực nước trên kênh bằng việc sử dụng Service cài đặt trên máy chủ (Service này được trình bày ở mục 3.1.1.1). Khi đã có kết quả, sử dụng thư viện *.dll của MIKE 2014 cung cấp để lập trình đọc lưu lượng và đường mực nước trên kênh từ file kết quả *.res11, lập trình hiển thị kết quả tính toán đường mực nước trên kênh cho người dùng.

- Xây dựng khối "Điều chỉnh vận hành hệ thống": dựa vào việc so sánh giữa nhu cầu tại trạm bơm đầu mối và các điểm phân phối nước với số liệu thời gian thực (lưu lượng bơm; lưu lượng đang chảy qua các công trình phân phối nước; đường mực nước trên các cấp kênh) để điều chỉnh theo điều kiện thực tế. Công cụ phục vụ việc điều chỉnh gồm:

+ Điều chỉnh dữ liệu vận hành số lượng bơm hoặc thời gian bơm; tiến độ gieo trồng; lịch tưới luân phiên. Toàn bộ dữ liệu điều chỉnh này được "Dịch vụ tính toán và cập nhật số liệu" thực hiện tính toán và cập nhật vào cơ sở dữ liệu. Kết quả cho phép hiển thị nhu cầu tưới tại trạm bơm đầu mối và tại các điểm phân phối nước theo kết quả đã điều chỉnh.

+ Điều khiển vận hành hệ thống tưới từ xa: Cho phép điều khiển vận hành từ xa thiết bị SGate bằng việc thay đổi góc mở của Cống. Nguyên lý thực hiện việc này đã trình bày trong mục 3.1.2.

Các hàm trong Module “ Hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực” được lập trình theo sơ đồ khối như Hình 3.16, bao gồm các hàm con như sau:

- Hàm *Nhap_TienDoGieoTrong()*: cho phép cập nhật dữ liệu tiến độ gieo trồng thực tế trên nền bản đồ WebGIS (đồ ải, làm đất, cấy).

- Hàm *Nhap_DuLieuCacTramGiamSatDieuKhien()*: cho phép cập nhật dữ liệu theo thời gian thực từ các trạm thiết bị ngoài hiện trường gồm: Trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối; Trạm thiết bị SGate (mực nước thượng lưu, hạ lưu, độ mở cửa các cống lấy nước và điều tiết) trên hệ thống kênh; Trạm quan trắc khí tượng, lượng mưa.

- Hàm *KiemTraDieuKienTinhToan()*: cho phép tự động truy xuất vào bảng cơ sở dữ liệu tblLog và bảng tblTienDoGieoTrong, khi thấy có sự thay đổi về dữ liệu thì gán biến IsThucHienTinhToan = true để thực hiện tính toán nhu cầu tưới.

- Hàm *TinhNhuCauTuoi()*: Tính nhu cầu tưới của các công lấy nước thời điểm hiện tại (được tính toán theo mục 2.2.1.1).

- Hàm *TinhToanYeuCauCapNuocTaiDiemPhanPhoi()*: Tính yêu cầu cấp nước tại các điểm phân phối trên hệ thống (được tính toán theo mục 2.2.1.2).

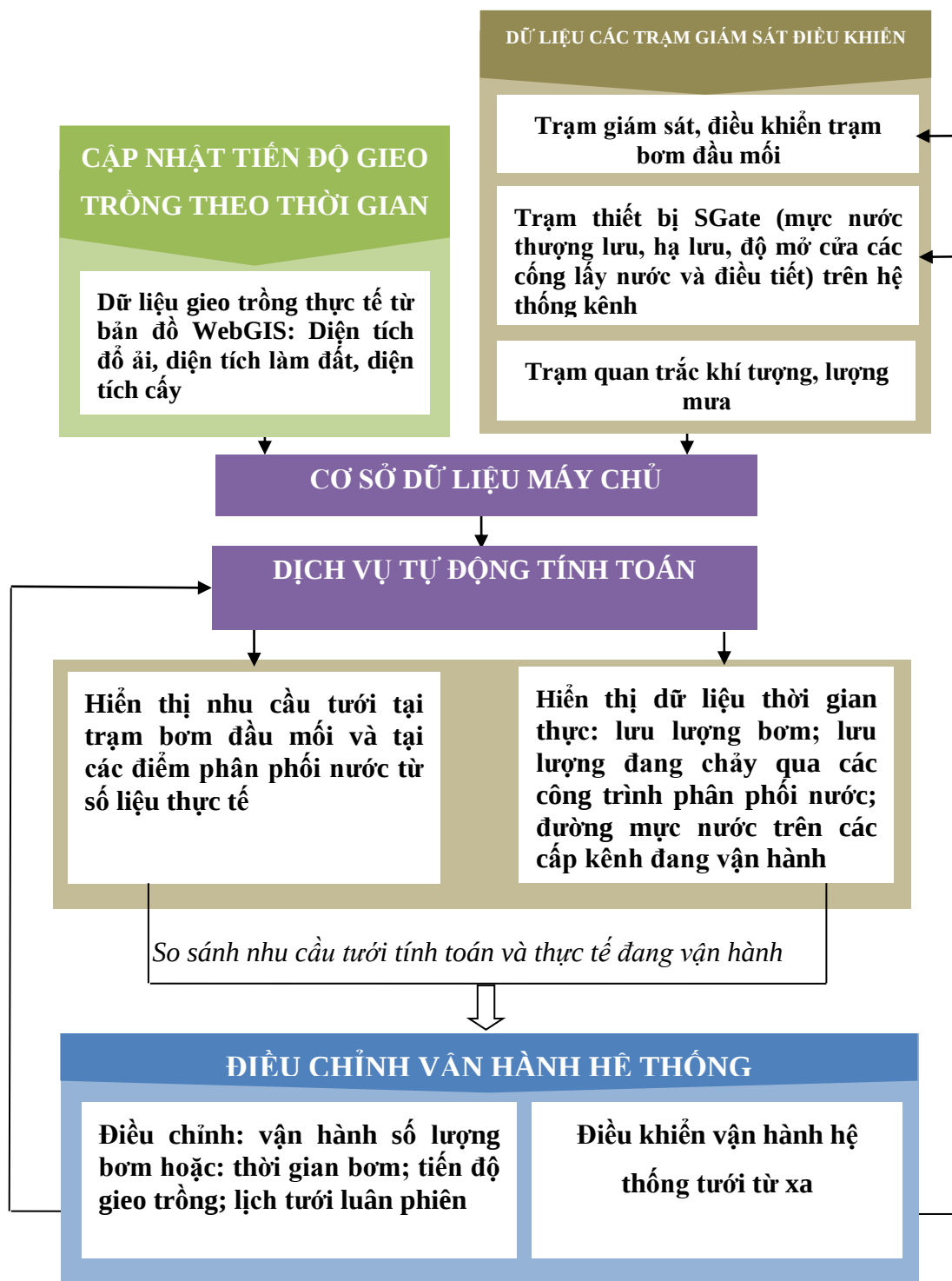
- Hàm *TinhToanPhanPhoiNuoc()*: Tính toán phân phối nước tại các điểm phân phối nước trên hệ thống theo lưu lượng bơm của trạm bơm đầu mối.

- Hàm *TinhDienBienMucNuocKenh()*: Tính toán diễn biến mực nước trên hệ thống kênh.

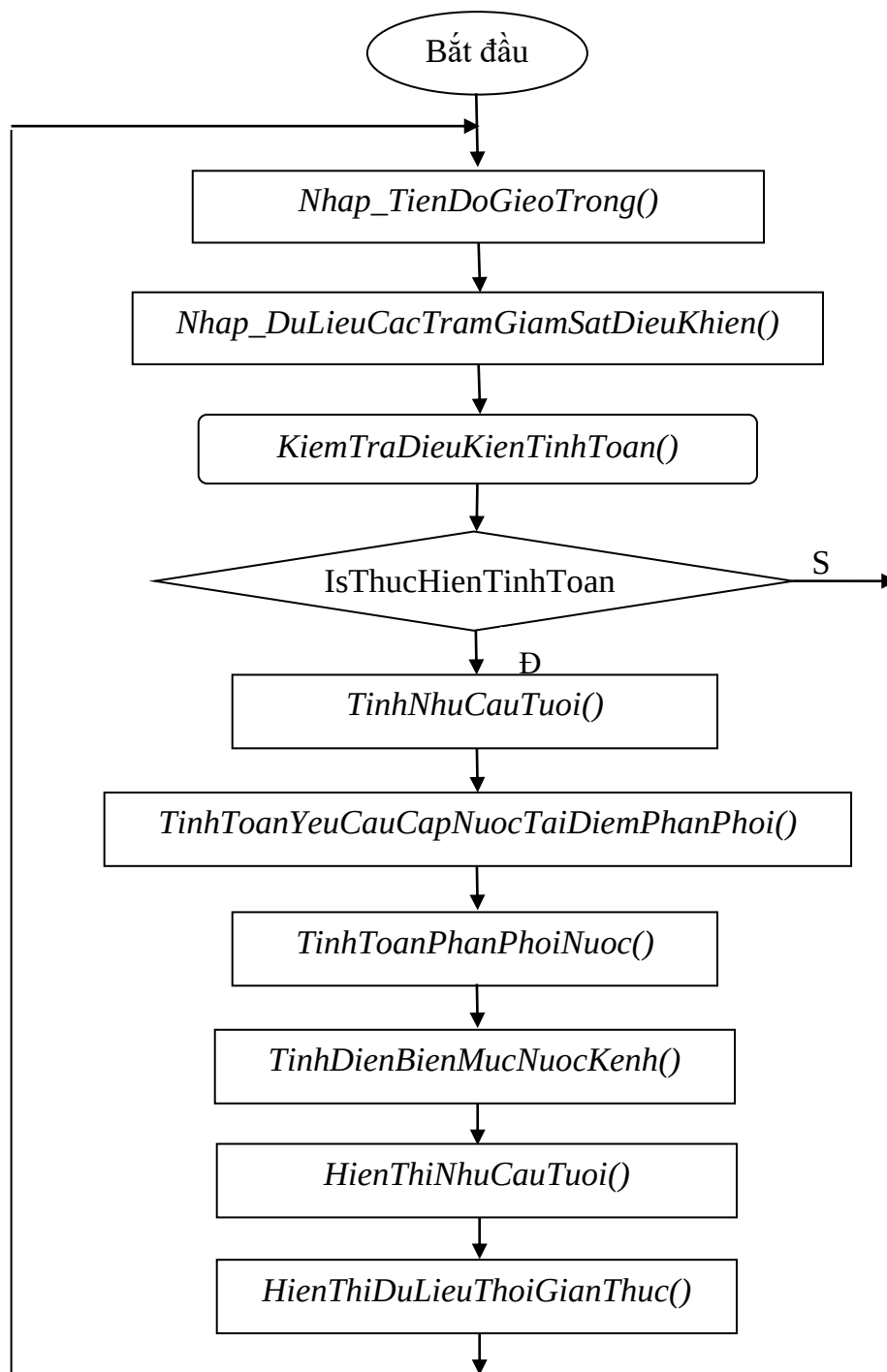
- Hàm *HienThiNhuCauTuoi()*: cho phép hiển thị dữ liệu thời gian thực nhu cầu tưới tại trạm bơm đầu mối và tại các điểm phân phối nước từ số liệu thực tế.

- Hàm *HienThiDuLieuThoiGianThuc()*: Cho phép hiển thị dữ liệu thời gian thực: lưu lượng bơm; lưu lượng đang chảy qua các công trình phân phối nước; đường mực nước trên các cấp kênh đang vận hành.

Dựa vào việc so sánh nhu cầu tưới tính toán và thực tế đang vận hành để điều chỉnh theo điều kiện thực tế thông qua hàm *Nhap_TienDoGieoTrong ()*, *Nhap_DuLieuCacTramGiamSatDieuKien()*.



Hình 3-16: Sơ đồ tính toán hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực



Hình 3-17: Tự động tính toán hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực

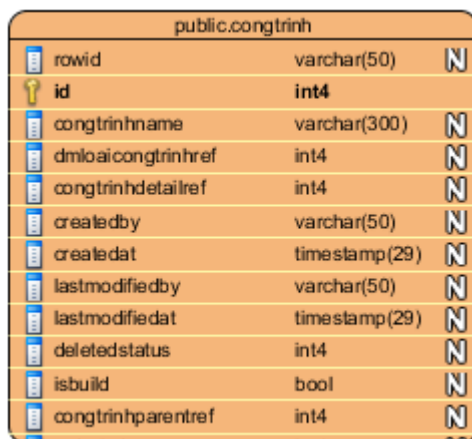
3.2.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu

Trên hệ quản trị cơ sở dữ liệu PostgreSQL tác giả đã thiết kế các bảng như sau:

- Bảng chứa dữ liệu công trình: Cấu trúc của bảng được thể hiện như Hình 3.18. Bảng này sẽ liên kết đến các công trình, cụ thể gồm: bảng trạm bơm,

kênh, cống, xi phông, cầu máng,... Mỗi liên kết này, thể hiện bằng việc bảng này có:

- + Trường `congtrinhdetailref` chứa id của dữ liệu trạm bơm, kênh, cống,...
- + Trường `dmloaicongtrinhref` cho biết công trình thuộc loại là trạm bơm, kênh, cống,...



public.congtrinh		
rowid	varchar(50)	N
id	int4	
congtrinhtname	varchar(300)	N
dmloaicongtrinhref	int4	N
congtrinhdetailref	int4	N
createdby	varchar(50)	N
createdat	timestamp(29)	N
lastmodifiedby	varchar(50)	N
lastmodifiedat	timestamp(29)	N
deletedstatus	int4	N
isbuild	bool	N
congtrinhparentref	int4	N

Hình 3-18: Bảng dữ liệu Công trình

Các thuộc tính khác của bảng:

+ Trường `parentid` chứa id của công trình cấp trên. Nếu là kênh chính thì sẽ không có dữ liệu của trường này, nếu là công trình thuộc kênh thì `parentid` sẽ chọn và lưu dữ liệu của id là mã công trình cấp trên của nó. Như vậy, dựa theo dữ liệu của trường `parentid` cho phép hiển thị được dữ liệu theo dạng hình cây để hình thành các cấp của công trình trên kênh theo kênh chính, kênh cấp 1, kênh cấp 2,...;

- + Trường `httnref`: cho biết công trình thuộc hệ thống thủy nông nào;
- + Trường `provinceref`: cho biết công trình thuộc tỉnh nào;
- + Trường `districtref`: cho biết công trình thuộc huyện nào;
- + Trường `communeref`: cho biết công trình thuộc xã nào.

- Các bảng công trình: trạm bơm, kênh, cống, xi phông, cầu máng: Các bảng này chứa thông tin thuộc tính chi tiết của công trình như tên công trình, các thông tin chung và các thông số kỹ thuật của công trình. Dữ liệu không gian của công trình được lưu trữ với kiểu dữ liệu geometry. Cấu trúc của các bảng này được thể hiện như Hình 3.19.

Trong đó:

- + Bảng public.waterstation: lưu trữ dữ liệu thông tin chung và thông tin kỹ thuật về Trạm bơm;
- + Bảng public.kenh: lưu trữ dữ liệu thông tin chung và thông tin kỹ thuật về công trình Kênh;
- + Bảng public.cong: lưu trữ dữ liệu thông tin chung và thông tin kỹ thuật về công trình Cống;
- + Bảng public.xiphong: lưu trữ dữ liệu thông tin chung và thông tin kỹ thuật về công trình Xi phông;
- + Bảng public.caumang: lưu trữ dữ liệu thông tin chung và thông tin kỹ thuật về công trình Cầu máng.

public.waterstation		
 rowid	varchar(50)	
 waterstationname	varchar(150)	
 catawaterstationtyperef	int4	
 httnref	int4	
 districtref	int4	
 communalref	int4	
 provinceref	int4	
 catawatercontrolref	int4	
 vitri	varchar(250)	
 namxaydung	int4	

public.cong		
 rowid	varchar(50)	
 id	int4	
 congname	varchar(150)	
 catacongtyperef	int4	
 provinceref	int4	
 districtref	int4	
 communalref	int4	
 vitri	varchar(50)	

public.xiphong		
 rowid	varchar(50)	
 id	int4	
 xiphongname	varchar(150)	
 communalref	int4	
 districtref	int4	
 provinceref	int4	
 vitritu	varchar(150)	

public.kenh		
 rowid	varchar(50)	
 id	int4	
 kenhname	varchar(150)	
 communalref	int4	
 districtref	int4	
 provinceref	int4	
 catakenhtyperef	int4	
 catakenhlevelref	int4	
 vitritu	varchar(150)	
 vitriden	varchar(150)	
 dmloaicongtrinhref	int4	
 congtrinhref	int4	
 catadonviquanlykhaihacref	int4	
 httnref	int4	
 namxaydung	int4	
 namhoanthanh	int4	
 dientichphutrachtuoi	float4	
 dientichphutrachtieu	float4	
 chieuongdaykenh	float4	

public.caumang		
 rowid	varchar(50)	
 id	int4	
 caumangname	varchar(150)	
 communalref	int4	
 districtref	int4	
 provinceref	int4	
 vitritu	varchar(150)	
 vitriden	varchar(150)	

Hình 3-19: Bảng dữ liệu công trình trạm bơm, kênh, cống, xi phông, cầu máng

- Các bảng chứa dữ liệu phục vụ tính toán nhu cầu tưới

+ Bảng giải thửa và giải thửa chi tiết: Cấu trúc của các bảng này được thể hiện như *Hình 3.20*.

public.giaithua			
	id	int4	
	geom	int4	N
	congtrinhref	int4	N
	dmloaicongtrinhref	int4	N
	dientich	float4	N
	lengiaithua	varchar(150)	N

public.giaithuachitiet			
	id	int4	
	ngay	timestamp(29)	N
	giaithuaref	int4	N
	trangthai	int4	N
	createdby	varchar(50)	N
	createdat	timestamp(29)	N
	lastmodifiedby	varchar(50)	N
	lastmodifiedat	timestamp(29)	N
	muavuref	int4	N

Hình 3-20: Bảng dữ liệu giải thửa và giải thửa chi tiết

Trong đó:

- * Bảng public.giaithua: lưu trữ dữ liệu tên giải thửa và vị trí của giải thửa trên bản đồ (kiểu dữ liệu geometry);

- * Bảng public.giaithuachitiet: lưu trữ dữ liệu trạng thái chi tiết của giải thửa tại trường “trangthai” gồm các trạng thái đồ ải, làm đất, cấy. Bảng này liên kết với bảng public.giaithua thông qua trường giaithuaref.

+ Bảng cây trồng, đất trồng và gieo trồng: Cấu trúc của các bảng này được thể hiện như *Hình 3.21*.

Trong đó:

- * Bảng public.caytrong: bảng này chứa danh mục các loại cây trồng của hệ thống và các đặc tính của các loại cây trồng này.

- * Bảng public.dattrong: bảng này chứa danh mục các loại đất trồng của hệ thống và các thông số kỹ thuật của các loại đất trồng này.

- * Bảng public.gieotrong: bảng này chứa dữ liệu lịch gieo trồng của của từng cây trồng cho từng công trong hệ thống tưới. Bảng này liên kết với bảng Công bằng trường “congref” và bảng Cây trồng bằng trường “caytrongref”.

public.caytrong		
caytrongcode	varchar(50)	
caytrongname	varchar(50)	
thoigiangieocay	float4	N
dientichtrong	float4	N
createdby	varchar(50)	N
createdat	timestamp(29)	N
lastmodifiedby	varchar(50)	N
lastmodifiedat	timestamp(29)	N
deletedstatus	int4	N
giaidoansinhtruong1	float4	N
giaidoansinhtruong2	float4	N

public.gieotrong		
caytrongref	int4	N
songaygieocay	int4	N
dtgieotrong	float4	N
dtcho	float4	N
dtngam	float4	N
dtlamdat	float4	N
phantramdtngam	float4	N
phantramdtlamdat	float4	N
phantramdtgieotrong	float4	N
catamuavuref	int4	N
httnref	int4	N
congref	int4	N
createdby	varchar(50)	N
createdat	timestamp(29)	N
lastmodifiedby	varchar(50)	N
lastmodifiedat	timestamp(29)	N
deletedstatus	int4	N
ngay	timestamp(29)	N
longdientich	float4	N
phantramdtcho	float4	N
phantramdtngam_conlai	float4	N
phantramdtlamdat_conlai	float4	N
phantramdtgieotrong_conlai	float4	N

public.dattrong		
dattrongcode	varchar(50)	
dattrongname	varchar(50)	N
tinhatatcolycuadatre	varchar(50)	
dientich	float4	N
locdothamlau	float4	N
luongnuocbaohoadat	float4	N
thoigiangambahoa	float4	N
createdby	varchar(50)	N
createdat	timestamp(29)	N
lastmodifiedby	varchar(50)	N
lastmodifiedat	timestamp(29)	N

Hình 3-21: Bảng dữ liệu cây trồng, đất trồng và gieo trồng

- Một số bảng phụ trên cơ sở dữ liệu

Các bảng chứa dữ liệu bản đồ nền: Cấu trúc của các bảng này được thể hiện như Hình 3.22. Trong đó:

+ Bảng public.province: bảng này có trường provincename chứa tên các tỉnh và trường geom chứa hình dạng (polygon) đường bao của tỉnh trên bản đồ (kiểu dữ liệu geometry);

+ Bảng public.district: bảng này có trường districtname chứa tên các huyện và trường geom chứa hình dạng (polygon) đường bao của huyện trên bản đồ (kiểu dữ liệu geometry);

+ Bảng public.communal: bảng này có trường communalname chứa tên các xã và trường geom chứa hình dạng (polygon) đường bao của xã trên bản đồ (kiểu dữ liệu geometry);

+ Bảng public.river: bảng này có trường rivername chứa tên các sông và trường geom chứa hình dạng (polygon) của sông trên bản đồ (kiểu dữ liệu geometry).

public.province		
zone	float8	N
provincecode	int4	N
provincename	varchar(40)	N
pro_area	float8	N
pro_popula	float8	N
rename_eng	varchar(40)	N
note	varchar(50)	N
faoproject	int2	N
note2	varchar(50)	N

public.district		
districtcode	int4	N
distcode04	int4	N
provinceref	int4	N
procode04	int4	N
districtname	varchar(40)	N
admintype	varchar(40)	N
province name	varchar(40)	N
rename	varchar(40)	N
distarea	float8	N

public.river		
rowid	varchar(50)	
id	int4	
rivername	varchar(150)	
httnref	int4	
catariverlevelref	int4	
communalref	int4	
districtref	int4	
province ref	int4	
vitritu	varchar(100)	

public.communal		
communalcode	int4	
districtref	int4	
distcode04	int4	
province ref	int4	
communalname	varchar(40)	
admintype	varchar(20)	
districtname	varchar(40)	
province name	varchar(40)	
comarea	float8	

Hình 3-22: Bảng chứa dữ liệu một số lớp bản đồ nền

3.2.3. Xây dựng các phần mềm dịch vụ trên máy chủ

Có hai phần mềm dịch vụ trên máy chủ: Phần mềm dịch vụ kết nối giữa cơ sở dữ liệu máy chủ với các trạm thiết bị ngoài hiện trường và Phần mềm dịch vụ kết nối giữa phần mềm IMS với bộ mô hình MIKE 11.

3.2.3.1. Xây dựng phần mềm dịch vụ kết nối giữa cơ sở dữ liệu máy chủ với trạm thiết bị ngoài hiện trường

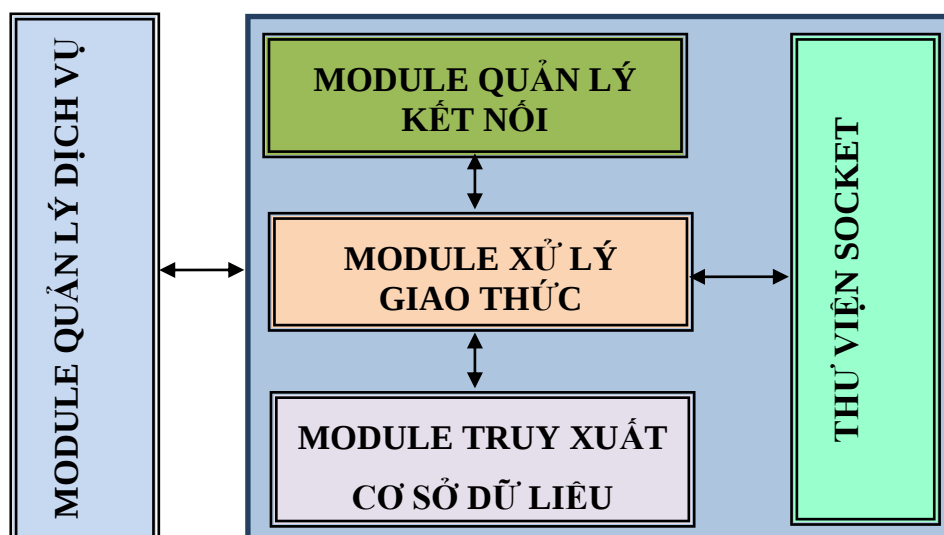
Giao thức truyền thông từ thiết bị đến máy chủ được sử dụng là TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Đây là giao thức được sử dụng cho mạng internet và đang là xu hướng sử dụng để liên kết các thiết bị đo lường - điều khiển thông minh.

Để đảm bảo hệ thống chạy ổn định với hiệu suất cao, dịch vụ kết nối thu thập số liệu và điều khiển được xây dựng dưới dạng dịch vụ trên máy chủ (Windows services) trên công nghệ .NET với công cụ phát triển là bộ Visual Studio của Microsoft, sơ đồ như Hình 3.23.

Dịch vụ bao gồm các module chính:

- Module quản lý dịch vụ: là ứng dụng kiểm soát hoạt động của toàn bộ dịch vụ cho phép bật, tắt và theo dõi trạng thái hoạt động của dịch vụ. Module quản lý

dịch vụ được xây dựng từ lớp ServiceController thuộc namespace System.ServiceProcess, đây là lớp hỗ trợ quản lý các dịch vụ chạy trên máy chủ được cung cấp bởi nền tảng .NET.



Hình 3-23: Phần mềm dịch vụ kết nối giữa cơ sở dữ liệu với thiết bị ngoài hiện trường

- Thư viện Socket: là thư viện hỗ trợ truyền thông qua mạng bằng giao thức TCP/IP được hỗ trợ bởi hệ điều hành và công cụ lập trình. Thư viện Socket nằm trong namespace System.Net.Sockets cung cấp tất cả các lớp đóng gói cần thiết để truy xuất mạng như: Socket, TcpClient, TcpListener, UdpClient...

- Module xử lý giao thức: Sử dụng thư viện Socket để nhận các yêu cầu kết nối và xử lý các gói tin từ các trạm thiết bị ngoài hiện trường. Chuyển các yêu cầu của người sử dụng từ cơ sở dữ liệu đến các trạm thiết bị ngoài hiện trường.

- Module quản lý kết nối: Sử dụng thư viện Socket để nhận các yêu cầu kết nối thiết bị thu thập số liệu và điều khiển. Quản lý các kết nối từ các thiết bị thu thập số liệu đến dịch vụ. Trong hệ thống tưới, số lượng trạm thiết bị ngoài hiện trường có thể rất lớn. Việc duy trì kết nối với mỗi trạm thiết bị sẽ cần sử dụng thêm tài nguyên hệ thống (RAM, CPU). Module quản lý kết nối có chức năng quản lý các thiết bị kết nối để tự động đóng các kết nối, giải phóng tài nguyên của các kết nối không sử dụng. Module kết nối bao gồm:

- + Lớp kết nối CconnectionItem: quản lý kết nối với thiết bị thu thập và điều khiển.
- + Lớp quản lý kết nối ConnectionsManager: quản lý toàn bộ các kết nối tới các thiết bị thu thập, được xây dựng kế thừa từ lớp SynchronizedCollection <T> thuộc namespace System.Collections.Generic của thư viện .NET
- + Lớp ảo hóa thiết bị CVirtualDevice: mỗi thiết bị kết nối vào sẽ được ánh xạ với một đối tượng CVirtualDevice.
- + Lớp quản lý các thiết bị CVirtualDevicesCollection: lớp này chứa tập hợp các thiết bị ảo hay nói cách khác là quản lý toàn bộ các kết nối. Lớp CVirtualDevicesCollection được xây dựng kế thừa từ lớp SynchronizedCollection <T> thuộc namespace System.Collections.Generic của thư viện .NET.
- Module xử lý giao thức: Sử dụng thư viện Socket để nhận các gói tin từ các thiết bị thu thập số liệu, phân tích gói tin để xác định yêu cầu xem yêu cầu cập nhật số liệu hay lấy số liệu cài đặt. Module này được đóng gói trong các lớp sau:
 - + Lớp phân tích nhận dạng khung truyền CDataReceivedArgs có nhiệm vụ xác định khung truyền hợp lệ.
 - + Lớp phân tích yêu cầu cập nhật số liệu CupdateDataReceivedArgs có nhiệm vụ phân tích các bản ghi cần cập nhật.
 - + Lớp phân tích yêu cầu lấy số liệu cài đặt số liệu CGetDataReceived có nhiệm vụ phân tích các bản ghi yêu cầu.
- Module Truy xuất cơ sở dữ liệu: Cập nhật số liệu từ thiết bị vào cơ sở dữ liệu và lấy số liệu từ cơ sở dữ liệu chuyển tới thiết bị.

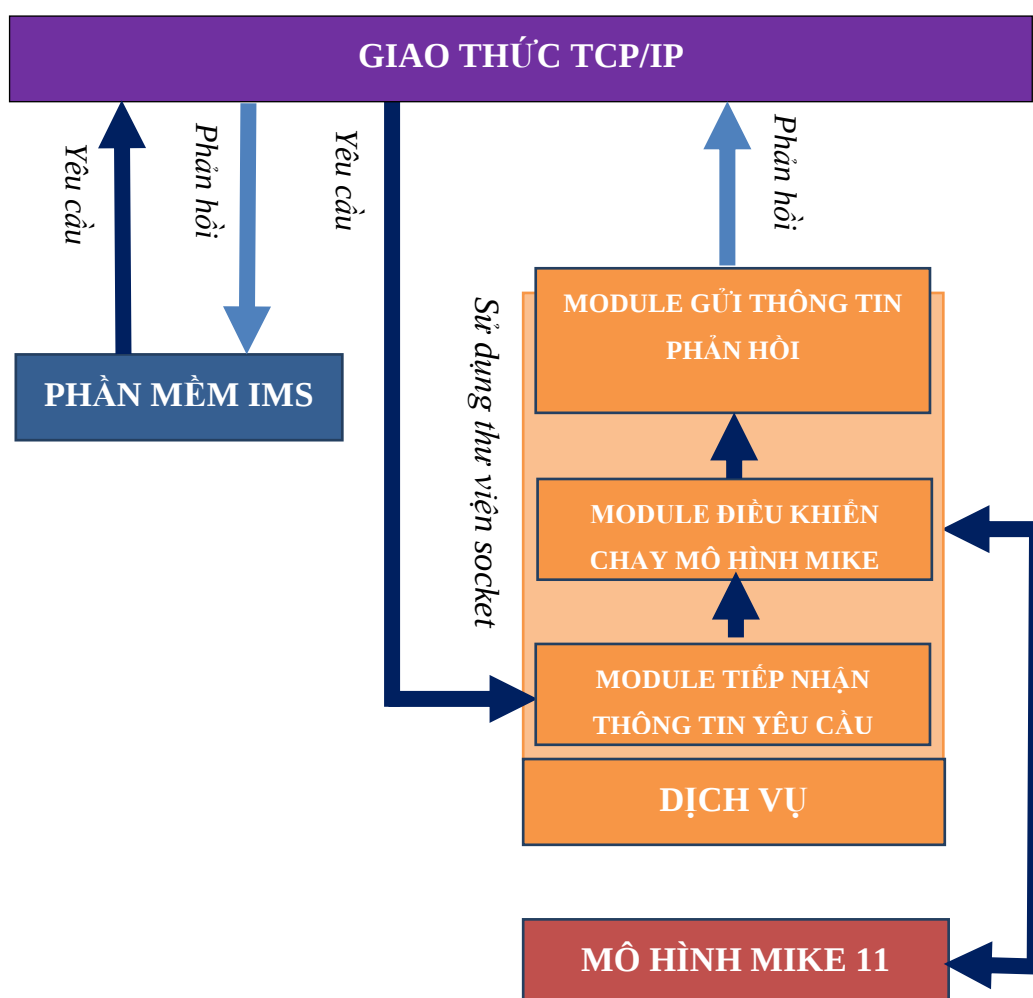
3.2.3.2. Xây dựng Phần mềm dịch vụ kết nối giữa phần mềm IMS với bộ mô hình MIKE11

Phần mềm IMS ra lệnh điều khiển cho “Dịch vụ” thông qua giao thức TCP/IP như sơ đồ Hình 3.24.

Phần mềm dịch vụ này sử dụng thư viện Socket trong namespace System.Net.Sockets cung cấp tất cả các lớp đóng gói cần thiết để truy xuất mạng như: Socket, TcpClient, TcpListener, UdpClient...được cung cấp bởi nền tảng .NET. Tác giả sử dụng ngôn ngữ lập trình C# để lập trình tạo các module chính như sau:

- Module tiếp nhận thông tin yêu cầu: Sử dụng các lớp TcpClient, NetworkStream trong thư viện SocketTcpListener để nhận các yêu cầu kết nối và xử lý các gói tin nhận được từ phần mềm IMS. Sau đó module này sẽ chuyển các yêu cầu đã được tiếp nhận đến Module điều khiển chạy mô hình MIKE11.

- Module điều khiển chạy mô hình MIKE11: Dữ liệu đã tiếp nhận ở dạng nhị phân được phân tích thành các lệnh và các tham số của lệnh bằng việc sử dụng hàm Encoding.ASCII.GetString sau đó sử dụng thư viện phần mềm MIKE 2014 điều khiển chạy mô hình MIKE11 với các tham số nhận được này. Sau khi hoàn tất việc chạy mô hình, thông tin kết quả sẽ được gửi sang module gửi thông tin phản hồi.



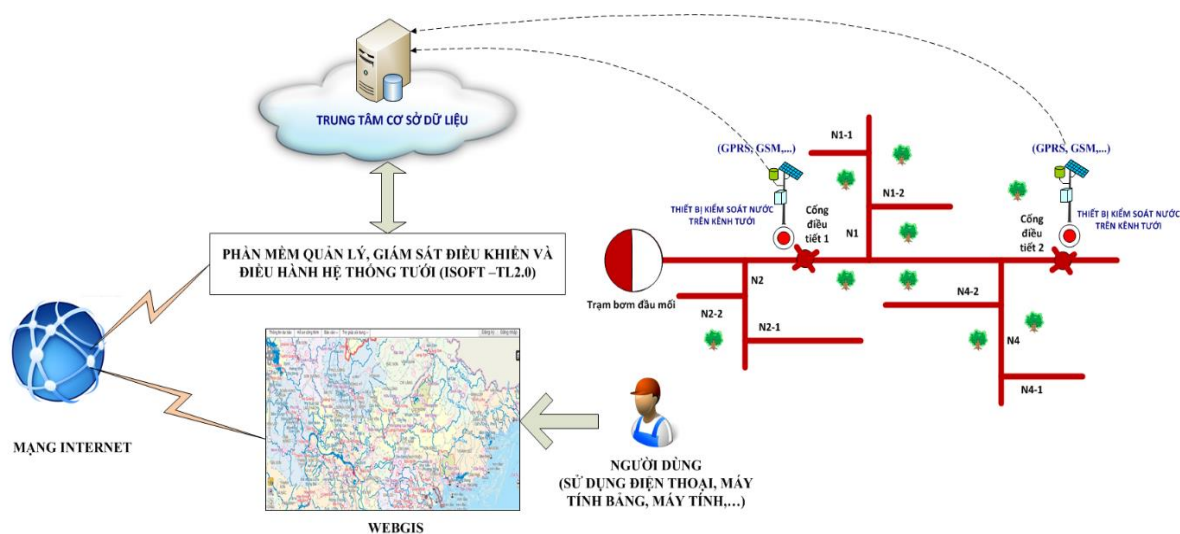
Hình 3-24: Sơ đồ dịch vụ kết nối giữa phần mềm IMS với phần mềm MIKE 11

- Module gửi thông tin phản hồi: Module này tiếp nhận thông tin phản hồi

dạng text từ Module điều khiển chạy mô hình MIKE11 gửi sang, sau đó sử dụng hàm Encoding.ASCII.GetBytes để chuyển dữ liệu text thành dữ liệu nhị phân. Sau đó sử dụng hàm Write của lớp NetworkStream để gửi trả lại phần mềm IMS thông tin phản hồi này thông qua giao thức TCP/IP.

3.3. Giải pháp công nghệ sử dụng khối thiết bị ngoài hiện trường và khối người dùng

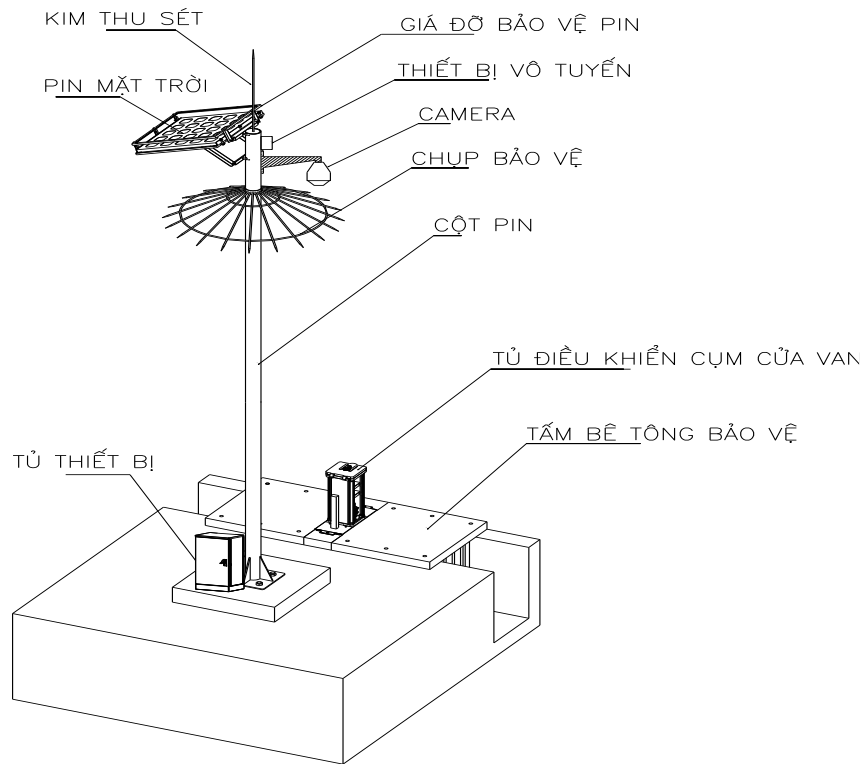
Việc nghiên cứu chế tạo các trạm thiết bị giám sát, điều khiển để vận hành hệ thống tưới từ xa rất phức tạp, nên trong khuôn khổ luận án của mình, tác giả không nghiên cứu chế tạo các thiết bị này, mà chỉ nghiên cứu các giải pháp công nghệ để tích hợp các thiết bị chính của hệ thống đã được nghiên cứu trong các đề tài cấp Bộ, cấp Nhà nước do tác giả làm chủ nhiệm đề tài, dự án (thiết bị đo mực nước, thiết bị đo độ mở cửa công, thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa – RTU-TL3, thiết bị kiểm soát từ xa lượng lượng nước phân phối trên hệ thống kênh tưới – Sgate) để thiết kế sơ bộ các trạm giám sát điều khiển từ xa trên hệ thống kênh tưới. Sơ đồ bố trí thiết bị như *Hình 3.25*.



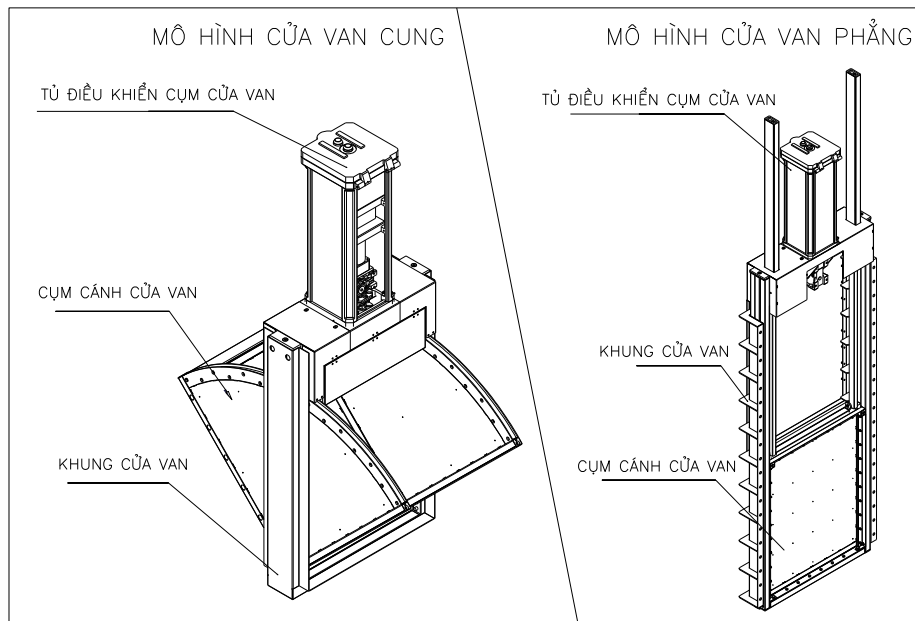
Hình 3-25: Sơ đồ bố trí các trạm thiết bị giám sát, điều khiển trên hệ thống kênh tưới

- Tại đầu các kênh lấy nước và tại các công điều tiết trên kênh: Lắp đặt trạm thiết bị Sgate, Sơ đồ bố trí các thành phần trong một trạm như *Hình 3.26*. Đối với các kênh có kích thước $\leq 1,5$ m thì lắp đặt một trạm thiết bị như *Hình 3.27*, đối với các kênh có kích thước lớn $\geq 1,5$ m thì có thể ghép nhiều trạm lại như *Hình 3.28* và

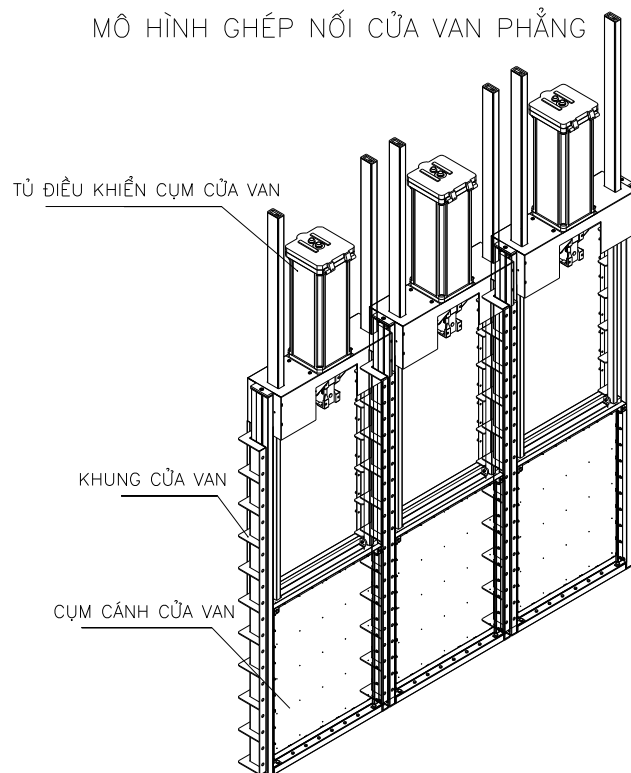
Hình 3.29.



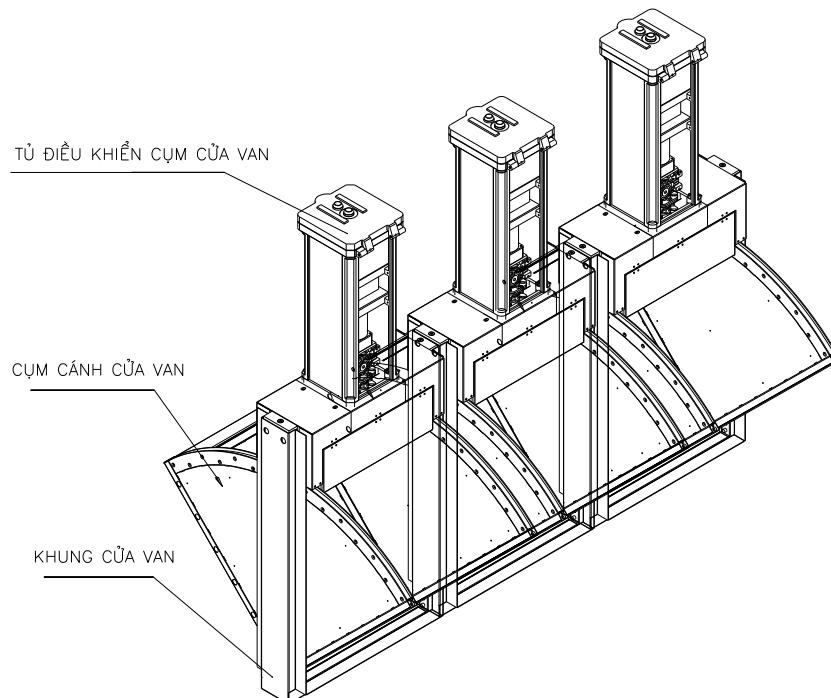
Hình 3-26: Sơ đồ bố trí các thành phần trong một trạm SGate



Hình 3-27: Trạm thiết bị Sgate được bố trí tại đầu các kênh có kích thước $\leq 1,5\text{m}$

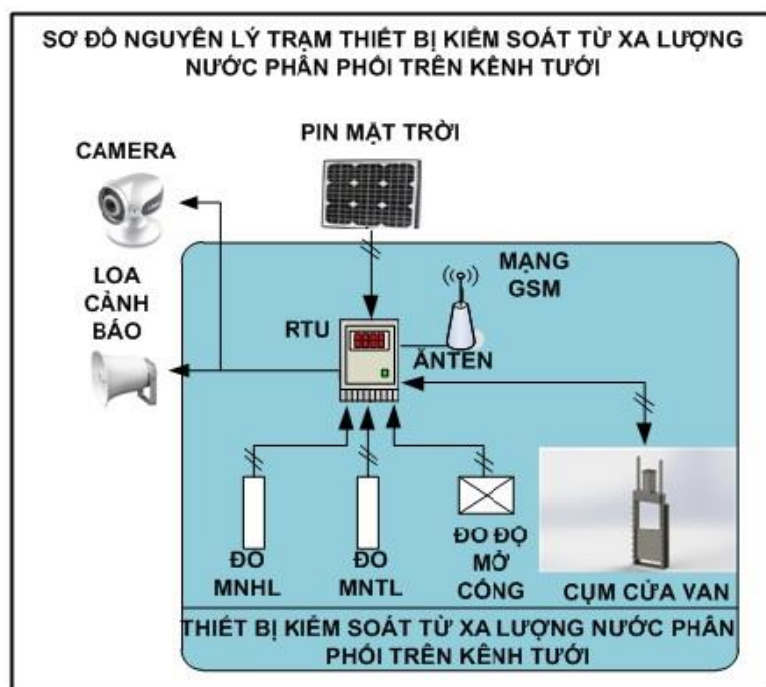


Hình 3-28: Các trạm thiết bị Sgate, cửa van dạng phẳng được ghép lại để bố trí tại đầu các kênh lấy nước có kích thước $\geq 1,5\text{m}$



Hình 3-29: Các trạm thiết bị Sgate cửa van dạng tràn thành mống được ghép lại để bố trí tại đầu các kênh lấy nước có kích thước $\geq 1,5\text{m}$

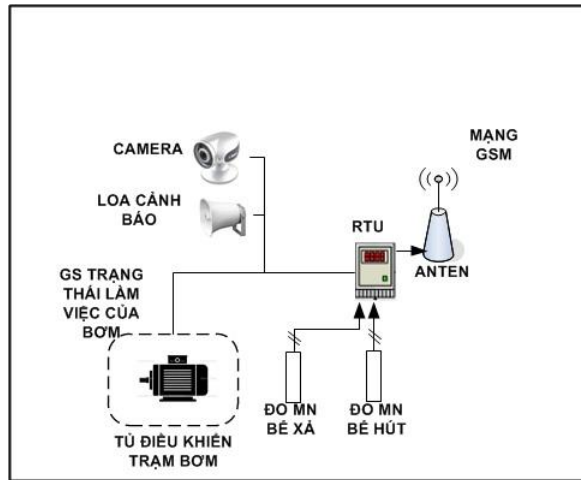
Sơ đồ kết nối các thiết bị của trạm như *Hình 3.30*



Hình 3-30: Sơ đồ nguyên lý trạm giám sát điều khiển từ xa
Trạm thiết bị này có các đặc tính kỹ thuật như sau:

- + Kết nối qua mạng di động GSM 4 băng tần: 900/1800/850/1900. Có khả năng truyền thông qua các phương thức: SMS/GPRS/EGPRS;
 - + Giám sát mực nước thượng lưu, hạ lưu công trình;
 - + Giám sát độ mở cửa van;
 - + Nhận lệnh điều khiển từ trung tâm và vận hành cửa van theo yêu cầu;
 - + Hệ thống được cấp nguồn bằng Pin mặt trời kết hợp acquy lưu trữ;
 - + Camera giám sát hình ảnh công trình, hình ảnh được truyền qua mạng di động;
 - + Loa nén tích hợp cảm biến hồng ngoại: Khi có người xâm nhập, hệ thống sẽ phát cảnh báo, đồng thời chụp ảnh gửi về trung tâm.
- Tại trạm bơm đầu mối:
- + Lắp đặt trạm thiết bị giám sát, điều khiển vận hành trạm bơm, bao gồm: thiết bị đo mực nước bể xả, bể hút; thiết bị giám sát trạng thái vận hành của từng máy bơm; camera giám sát; loa cảnh báo khi có người ở trong phạm vi công trình;

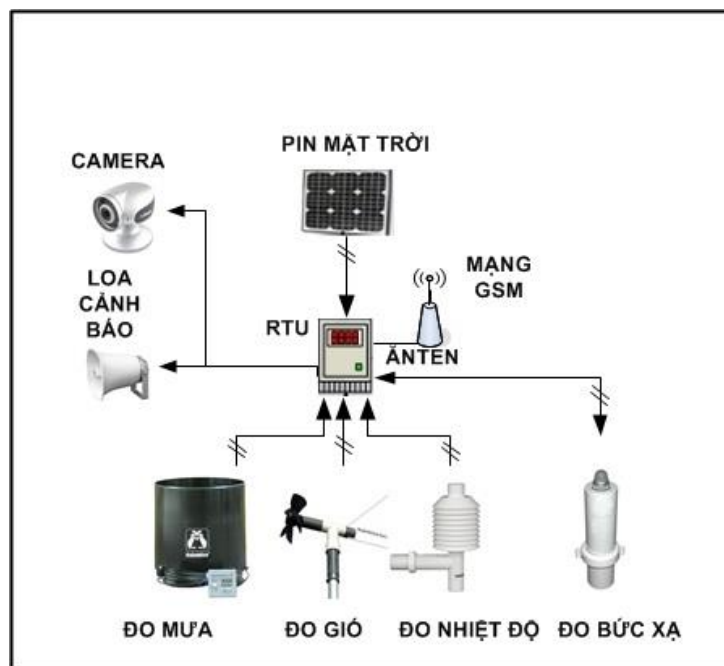
thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU), nguồn điện cấp cho trạm thiết bị. Sơ đồ nguyên lý hoạt động như *Hình 3.31*.



Hình 3-31: Sơ đồ kết nối các thiết bị của trạm giám sát điều khiển trạm bơm đầu mối.

Trạm thiết bị này có các đặc tính kỹ thuật như sau:

- * Kết nối qua mạng di động GSM 4 băng tần: 900/1800/850/1900. Có khả năng truyền thông qua các phương thức: SMS/GPRS/EGPRS;
 - * Hệ thống được cấp nguồn bằng điện lưới;
 - * Camera giám sát hình ảnh công trình, hình ảnh được truyền qua mạng di động;
 - * Loa nén tích hợp cảm biến hồng ngoại: Khi có người xâm nhập, hệ thống sẽ phát cảnh báo, đồng thời chụp ảnh gửi về trung tâm;
 - * Giám sát mực nước bể xả, bể hút;
 - * Giám sát trạng thái vận hành và điều khiển các máy bơm.
- + Lắp đặt trạm thiết bị giám sát đo các thông số khí tượng (nhiệt độ, tốc độ gió,...), lượng mưa tự động; thiết bị thu thập và truyền số liệu từ xa (RTU), nguồn điện cấp cho trạm thiết bị. Sơ đồ nguyên lý hoạt động như *Hình 3.32*.



Hình 3-32: Sơ đồ kết nối các thiết bị của trạm giám sát đo các thông số khí tượng, lượng mưa tự động

Trạm thiết bị này có các đặc tính kỹ thuật như sau:

- * Kết nối qua mạng di động GSM 4 băng tần: 900/1800/850/1900. Có khả năng truyền thông qua các phương thức: SMS/GPRS/EGPRS;
- * Hệ thống được cấp nguồn bằng Pin mặt trời kết hợp acquy lưu trữ;
- * Tích hợp cảm biến đo hướng gió, tốc độ gió;
- * Tích hợp cảm biến đo mưa;
- * Tích hợp cảm biến đo bức xạ mặt trời;
- * Tích hợp cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm;
- * Camera giám sát hình ảnh công trình, hình ảnh được truyền qua mạng di động;
- * Loa nén tích hợp cảm biến hồng ngoại: Khi có người xâm nhập, hệ thống sẽ phát cảnh báo, đồng thời chụp ảnh gửi về trung tâm.

3.4. Khối người dùng

Người dùng có thể sử dụng máy tính và thiết bị di động có kết nối internet thông qua các trình duyệt web, tương tác với phần mềm IMS để quản lý và điều hành toàn bộ hệ thống tưới.

3.5. Quy trình vận hành hệ thống VNIMS

Hệ thống VNIMS có ba nhiệm vụ: Lập kế hoạch tưới, hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực và quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS. Ứng với mỗi nhiệm vụ khác nhau thì có quy trình vận hành hệ thống khác nhau.

3.5.1. Quy trình lập kế hoạch tưới

Khi lập kế hoạch tưới, người dùng thường chia làm hai giai đoạn: Giai đoạn đo ải, làm đất và giai đoạn tưới dưỡng:

- *Quy trình lập kế hoạch tưới trong giai đoạn đo ải, làm đất:*

+ Xử lý 1: Trước khi vào thời vụ, cán bộ quản lý yêu cầu các hộ dùng nước (các hợp tác xã) cung cấp cho đơn vị quản lý khác thác các công trình thủy lợi (KTCTTL): cơ cấu cây trồng (diện tích trồng lúa, diện tích trồng cây màu), thời gian gieo trồng của từng loại cây trồng.

+ Xử lý 2: Cán bộ kỹ thuật của đơn vị quản lý KTCTTL làm việc với phòng nông nghiệp của các huyện trọng phạm vi phụ trách để thu thập các số liệu về thời gian sinh trưởng của các loại cây trồng.

+ Xử lý 3: Cán bộ kỹ thuật của đơn vị quản lý KTCTTL: nhập các số liệu về cơ cấu cây trồng, thời gian sinh trưởng của các loại cây trồng, lập tiến độ gieo trồng (diện tích độ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo trồng theo thời gian); phần mềm sẽ tự động tính toán nhu cầu tưới của từng công lấy nước và của toàn hệ thống.

+ Xử lý 4: Kiểm tra khả năng đáp ứng cung cấp nước của các công cấp nước, khả năng chuyển tải của hệ thống kênh, khả năng cấp nước của công trình đầu mối. Từ đó điều chỉnh lại tiến độ gieo trồng hoặc cơ cấu cây trồng cho phù hợp với khả năng cấp nước của hệ thống.

+ Xử lý 5: Làm việc với các hộ dùng nước về việc điều chỉnh tiến độ gieo trồng hoặc cơ cấu cây trồng để phù hợp với khả năng cấp nước của hệ thống. Kế hoạch cuối cùng phù hợp với khả năng cấp nước của hệ thống là kế hoạch tưới của hệ thống.

- *Giai đoạn tưới dưỡng:*

+ Xử lý 1: Dựa vào kinh nghiệm điều hành hệ thống tưới, cán bộ của đơn vị quản lý KTCTTL chọn một số cống trên hệ thống để cấp nước theo từng đợt, hệ thống sẽ tự động tính toán lượng nước cần cấp cho các cống và của hệ thống theo từng đợt.

+ Xử lý 2: : Kiểm tra khả năng đáp ứng cung cấp nước của các cống cấp nước, khả năng chuyển tải của hệ thống kênh, khả năng cấp nước của công trình đầu mối. Từ đó điều chỉnh lại thời gian cho các đợt tưới hoặc số lượng cống được tưới trong một đợt tưới cho phù hợp với khả năng cấp nước của hệ thống. Kế hoạch cuối cùng phù hợp với khả năng cấp nước của hệ thống là kế hoạch tưới của hệ thống.

3.5.2. Quy trình hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực và quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS

Trường hợp 1. Tiếp nhận thông tin từ các trạm giám sát, điều khiển tại thực địa: Khi các thiết bị ngoài hiện trường nhận được tín hiệu từ các đầu đo sẽ xử lý, phân tích thành các số liệu và kiểm tra xem có cần phải gửi số liệu về trung tâm dữ liệu máy chủ không, nếu cần gửi về, các trạm này sẽ kết nối đến trung tâm dữ liệu máy chủ theo một địa chỉ IP của máy chủ qua mạng điện thoại di động thông qua dịch vụ GPRS (hoặc sóng vô tuyến). Dịch vụ máy chủ sẽ tiếp nhận thông tin và thực hiện ghi số liệu trên cơ sở dữ liệu. Sau khi tiếp nhận thông tin ghi trên cơ sở dữ liệu, phần mềm IMS tự động tính toán theo thời gian thực, cụ thể có những xử lý như sau:

- Xử lý 1: Kiểm tra, thấy có sự thay đổi về số liệu giám sát mực nước, độ mở cửa cống, lưu lượng bơm thì sẽ chuyển số liệu mới cập nhật vào mô hình MIKE 11 và tự động điều khiển chạy mô hình để tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh theo số liệu mới cập nhật. Kết quả tính toán của mô hình MIKE 11 sẽ được ghi ra file kết quả, phần mềm IMS tự động đọc file kết quả rồi ghi lên cơ sở dữ liệu. Từ kết quả tính toán này, người dùng có thể điều chỉnh phương án vận hành hệ thống tưới.

- Xử lý 2: Kiểm tra, thấy có sự thay đổi về lượng mưa, các thông số về khí tượng, phần mềm IMS sẽ tự động tính toán nhu cầu tưới, điều chỉnh lại kế hoạch

tươi. Từ kết quả tính toán này, người dùng có thể điều chỉnh phương án vận hành hệ thống tưới.

Trường hợp 2: Khi người dùng (trong khối “Người dùng”) truy cập vào hệ thống theo địa chỉ web: <http://vnims.vn> bằng máy tính PC, các thiết bị di động (máy tính xách tay, máy tính bảng, điện thoại smartphone) có kết nối internet. Phần mềm IMS sẽ truy cập vào cơ sở dữ liệu để lấy dữ liệu và hiển thị trên giao diện WebGIS. Người dùng có thể tương tác lên hệ thống thông qua giao diện của phần mềm IMS, cụ thể có những xử lý như sau:

- Xử lý 3: Xem thông tin về hệ thống tưới: Khi người dùng tương tác với giao diện phần mềm IMS để xem thông tin thì các tương tác này sẽ được phần mềm chuyển thành các mã lệnh. Các mã lệnh này sẽ thực hiện truy vấn vào cơ sở dữ liệu để lấy dữ liệu và hiển thị thông tin cho người dùng.

- Xử lý 4: Cập nhật các số liệu: Giao diện của phần mềm IMS cung cấp cho người dùng công cụ để cập nhật các số liệu về hệ thống tưới. Khi người dùng cập nhật, dữ liệu này sẽ được phần mềm chuyển vào lưu trữ trong cơ sở dữ liệu và thông báo trạng thái cập nhật cho người dùng. Khi người dùng lựa chọn trạng thái kết thúc quá trình nhập số liệu, phần mềm IMS sẽ tự động tính toán theo số liệu mới được cập nhật.

- Xử lý 5: Ra lệnh điều khiển vận hành hệ thống tưới: Trên giao diện phần mềm IMS, người dùng có thể nhập lệnh đóng mở các cổng, phần mềm IMS sẽ nhận giá trị của lệnh và ghi lên cơ sở dữ liệu. Trạm thiết bị giám sát điều khiển ngoài hiện trường theo định kỳ (thông thường khoảng 10 giây) kết nối tới máy chủ qua đường truyền internet cung cấp bởi dịch vụ GSM/GRPS để chuyển gói tin yêu cầu cung cấp giá trị độ mở cửa cổng mới tới phần mềm “Dịch vụ máy chủ”. Phần mềm “Dịch vụ máy chủ” sẽ truy cập vào cơ sở dữ liệu để lấy giá trị yêu cầu độ mở cổng mới nhất và cung cấp cho trạm thiết bị giám sát điều khiển. Trạm thiết bị giám sát điều khiển sẽ kiểm tra giá trị yêu cầu độ mở cửa cổng mới, nếu giá trị này khác với giá trị đang có tại thiết bị thì sẽ thực hiện vận hành đóng mở cửa cổng theo giá trị mới.

3.6. Áp dụng thử nghiệm hệ thống VNIMS tại hệ thống tưới Ấp Bắc- Nam Hồng Đông Anh Hà Nội để kiểm nghiệm

3.6.1. Nội dung và mục đích của công tác kiểm nghiệm

Hệ thống VNIMS được xây dựng từ việc tích hợp các thành phần: Cơ sở dữ liệu; các phần mềm dịch vụ máy chủ; phần mềm IMS; phần mềm MIKE 11; các thiết bị ngoài hiện trường. Trong đó:

- Phần mềm MIKE 11 là phần mềm thương mại đã được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam, nên không cần phải kiểm nghiệm độ chính xác của phần mềm, mà chỉ cần kiểm nghiệm khả năng tích hợp của phần mềm vào hệ thống có đảm bảo chạy ổn định không? Có cho kết quả giống như phần mềm MIKE 11 chạy trên máy đơn không?

- Các phần mềm dịch vụ máy chủ: có nhiệm vụ kết nối giữa thiết bị, cơ sở dữ liệu máy chủ và người dùng. Vì vậy chỉ cần kiểm nghiệm khả năng hoạt động của các chức năng giám sát hệ thống, điều khiển vận hành các thiết bị ngoài hiện trường.

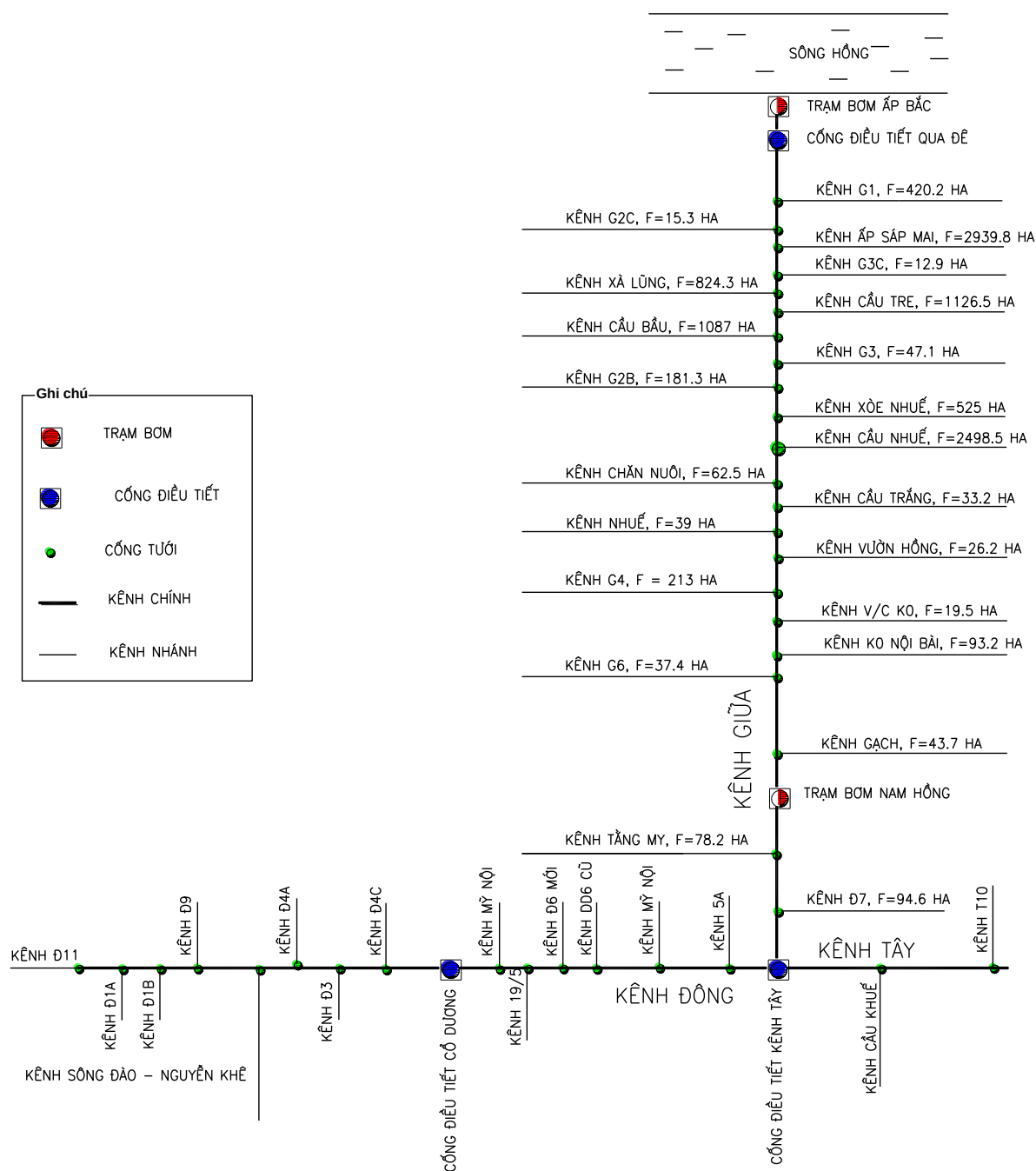
- Phần mềm IMS: được xây dựng từ các công thức trong giáo trình Giáo trình Quy hoạch và thiết kế hệ thống thủy lợi - Tập 1, tiêu chuẩn quốc gia 9168:2012 – Công trình thủy lợi – Hệ thống tưới tiêu – Phương pháp xác định hệ số tưới lúa và từ bộ mã nguồn mở MapServer và OpenLayer. Vì vậy, về vấn đề tính toán nhu cầu tưới và lập kế hoạch tưới, tác giả không kiểm nghiệm việc tính toán như thế có đúng với thực tế không? Mà chỉ kiểm nghiệm xem việc lập trình để tính toán có đúng với phương pháp tính toán bằng thủ công không? Về vấn đề quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS thì chỉ kiểm nghiệm xem khả năng hoạt động của hệ thống.

Từ kết quả phân tích trên, tác giả kiểm nghiệm hệ thống VNIMS với các nội dung chính như sau:

- Kiểm nghiệm khả năng hoạt động của hệ thống.
- Kiểm nghiệm tính chính xác trong việc tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới.
- Kiểm nghiệm về tính phù hợp của các chức năng của hệ thống đối với công tác quản lý điều hành hệ thống tưới thực tế.

3.6.2. Giới thiệu về hệ thống thủy lợi Ấp Bắc Nam Hồng

Hệ thống thủy nông Ấp Bắc - Nam Hồng là hệ thống trạm bơm thuộc huyện Đông Anh TP Hà Nội, được xây dựng từ năm 1963, có nhiệm vụ tưới cho 5.127,4 ha và tiêu cho 18.000 ha thuộc diện tỉnh của các huyện Đông Anh, Mê Linh và một phần huyện Sóc Sơn (Hà Nội).



Hình 3-33: Sơ đồ hệ thống thủy nông Ấp Bắc - Nam Hồng

Hệ thống (được trình bày như *Hình 3.33*) bao gồm các công trình sau:

1. Trạm bơm đầu mối Áp Bắc (cấp 1)

Gồm 6 tổ máy loại DU-750, $Q = 8.000 \text{ m}^3/\text{h}$, động cơ MAS-VT-N200KW đặt tại đầu thôn Vĩng La; lấy nước trực tiếp từ sông Hồng bơm vào kênh giữa để cấp cho toàn bộ hệ thống; Cao trình bể hút thiết kế: +2,8m; Cao trình bể xả thiết kế: +9,12m.

2. Trạm bơm Nam Hồng (cấp 2):

Gồm 5 tổ máy loại CVS-1000 $Q = 5.800 \text{ m}^3/\text{h}$, động cơ R232 - 12-N160 KW đặt tại thôn Tăng My xã Nam Hồng, lấy nước từ cuối kênh giữa, bơm lên kênh Đông và kênh Tây để tưới cho khu cao của Đông Anh và Mê Linh.

3. Hệ thống kênh:

Bao gồm có 3 kênh chính: Giữa, Đông, Tây và 82 kênh mương lớn nhỏ lấy nước từ các kênh chính vào khu tưới.

- Kênh Giữa dài 8.870 m từ kênh dẫn trạm bơm Áp Bắc tới công phân nước cho kênh Tây, kênh Đông, lưu lượng kênh $Q = 12,15 \text{ m}^3/\text{s}$, cấp nước cho diện tích phụ trách kênh giữa, chuyển nước cho trạm bơm Nội Bài và trạm bơm Nam Hồng bơm lên kênh Đông và kênh Tây.

- Hệ thống kênh Tây: Kênh Tây dài 6.270m lấy nước tưới từ trạm bơm Nam Hồng với lưu lượng $1,73 \text{ m}^3/\text{s}$, tưới cho diện tích canh tác của Mê Linh.

- Hệ thống kênh Đông: Bao gồm:

+ Kênh chính Đông dài 6.735 m đã được kiên cố hoá, lấy nước từ trạm bơm Nam Hồng với lưu lượng $Q = 4,71 \text{ m}^3/\text{s}$

+ Kênh cấp 2: Trên hệ thống kênh Đông có 19 tuyến kênh cấp 2. Trong đó có 2 kênh đã được kiên cố hoá hoàn toàn còn lại 17 kênh với tổng chiều dài là 39.134 m chưa được kiên cố hoá hoặc chỉ được kiên cố hoá một phần (Kênh Đ4A kiên cố hoá được 2.600m trên tổng chiều dài 5.300m, kênh Đ1B kiên cố hoá được 500m trên tổng chiều dài là 2.200m, kênh Đ1A Việt Hùng kiên cố hoá được 600m trên tổng chiều dài là 2.750m) đang bị xuống cấp, gây tổn thất nước rất lớn.

+ Kênh Nội Bài: dài 4.750m lấy nước từ kênh giữa vượt qua sông Cà Lồ cấp nước cho trạm bơm Nội Bài huyện Sóc Sơn.

- Hệ thống Sông Thiếp có 2 chức năng:

+ Cung cấp nguồn cho 25 trạm bơm tưới dọc sông;

+ Tiêu nước qua cống điều tiết Cổ Loa.

3.6.3. Kiểm nghiệm các kết quả tính toán chế độ tưới và các chức năng của hệ thống VNIMS

3.6.3.1. Kiểm nghiệm tính chính xác trong việc tính toán nhu cầu tưới của các cống lấy nước mặt ruộng.

1. Chuẩn bị số liệu phục vụ cho việc tính toán kiểm nghiệm

Do việc tính toán bằng phương pháp lập bảng khối lượng rất lớn nên trong mục kiểm định phần mềm này, tác giả thực hiện việc kiểm nghiệm tính toán nhu cầu tưới cho 02 cống là cống kênh Tây và cống Cầu Nhuế thuộc hệ thống thủy nông Ấp Bắc – Nam Hồng. Vị trí và diện tích phụ trách tưới của 02 cống xem *Bảng 3.1*

Bảng 3-1: Lý trình và diện tích phụ trách tưới của cống

TT	Tên cống	Lý trình (km)	Diện tích phụ trách (ha)
1	Cống Cầu Nhuế	K5+222	8,0
2	Cống điều tiết kênh Tây	K8+985	726,3

- Số liệu về khí tượng được thu thập tại Trung tâm Khí tượng Thủy Văn Quốc gia, trình bày tại phụ lục B bao gồm :

+ Nhiệt độ cao nhất, thấp nhất trong ngày $T_{\max}$, $T_{\min}$ (°C) : trình bày tại phụ lục B1 ÷ phụ lục B4;

+ Độ ẩm không khí lớn nhất, nhỏ nhất $R_{h\max}$, $R_{h\min}$ (%) : trình bày tại phụ lục B5÷phụ lục B8;

- + Tốc độ gió, hướng gió trong ngày (m/s): trình bày tại phụ lục B9 ÷ phụ lục B20;
 - + Thời gian nắng trong ngày (giờ): trình bày tại phụ lục B21 ÷ phụ lục B22;
 - + Lượng mưa bình quân trong ngày X (mm): trình bày tại phụ lục B23 ÷ phụ lục B24;
 - Số liệu về cây trồng:
 - + Thời gian sinh trưởng của cây trồng (ngày):
 - * Đối với cây súp lơ, cải bắp lấy theo [11]: trình bày tại phụ lục B26;
 - * Đối với lúa : Lấy số liệu theo [13]: trình bày tại phụ lục B27;
 - + Hệ số cây trồng K_c :
 - * Đối với cây súp lơ, cải bắp tra theo phụ lục E [11]: trình bày tại phụ lục B26;
 - * Đối với lúa : Tra theo bảng C.1, phụ lục C [13]: trình bày tại phụ lục B27;
 - + Độ ẩm cho phép đối với cây súp lơ, cải bắp $\beta_{max}, \beta_{min}, (%)$: lấy theo điều 9, điều 10 [11]: trình bày tại phụ lục B26;
 - + Công thức tưới tăng sản cho lúa a_{min}, a_{max} (mm) lấy theo phụ lục C [13]: trình bày tại phụ lục B27;
- Quan hệ giữa lượng mưa thực đo và lượng mưa hiệu quả của cây trồng cần : tra theo bảng tính của Brouwer và Heibloem, 1986 được trình bày tại phụ lục B28
- Kế hoạch gieo trồng vụ chiêm xuân lấy theo [5] : trình bày tại phụ lục B29;
 - Thời gian tính toán : 15/1/2014 đến 3/6/2014

2. Phương pháp tính toán

- Tính toán lập bảng bằng bảng tính Excel.
- Tính toán bằng hệ thống VNIMS.

3. Kết quả kiểm nghiệm

a) Kết quả kiểm nghiệm chức năng tính toán lượng bốc hơi tiềm năng E_{To}

- Tính toán bằng bảng tính Excel: lượng bốc hơi tiềm năng E_{To} được tính theo các công thức đã nêu tại *điểm 3 mục 2.3.1.1.*

- Tính toán bằng phần mềm: Dựa vào các thông số đầu vào là các yếu tố khí tượng, hệ thống VNIMS tính toán ra kết quả tính toán ETo.

Chi tiết tính toán xem phụ lục A1, phụ lục A2 của phụ lục A

Đánh giá kết quả: Hệ thống VNIMS đã tính toán cho kết quả trùng khớp với kết quả tính toán bằng bảng tính excel.

Kết luận: Chức năng tính toán bốc hơi tiềm năng ETo của hệ thống VNIMS là chính xác.

b) Kết quả kiểm nghiệm kết quả tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước mặt ruộng

Tính toán bằng bảng tính Excel: lưu lượng cần thiết của các công lấy nước mặt ruộng (công Cầu Nhuế và công điều tiết kênh Tây) theo thời gian (tính bằng ngày) được tính theo các công thức

$$q[i] = \frac{m[i]}{(24 \times 3600)} (m^3 / s) \quad (3-1)$$

Trong đó

$m[i]$: lượng nước cần cấp cho công thứ j trong ngày thứ i;

Công thức tính toán $m[i]$ xem trong mục 2.3.1.2.

Tính toán bằng hệ thống VNIMS: Dựa vào các thông số đầu vào: Khí tượng thủy văn, lịch tưới luân phiên, tiến độ gieo trồng sử dụng chức năng tính toán nhu cầu tưới, tên công trình cần hiển thị (Công Cầu Nhuế và công điều tiết kênh Tây), phần mềm sẽ cho kết quả là bảng lưu lượng cần thiết theo từng ngày tại từng công mặt ruộng và biểu đồ hiển thị nhu cầu tưới theo thời gian

Chi tiết tính toán xem phụ lục A3, phụ lục A4 của phụ lục A

Đánh giá kết quả: Hệ thống VNIMS đã tính toán cho kết quả trùng khớp với kết quả tính toán bằng bảng tính excel.

Kết luận: Chức năng tính toán nhu cầu tưới của hệ thống VNIMS là chính xác.

3.6.3.2. Kiểm nghiệm lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống kênh, lập kế hoạch tưới, xác định đường mực nước trên kênh

1. Chuẩn bị số liệu phục vụ cho việc tính toán kiểm nghiệm

Từ kết quả kiểm nghiệm tính chính xác trong việc tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước mặt ruộng, tác giả sử dụng kết quả tính toán nhu cầu tưới của từng công lấy nước của hệ thống VNIMS với số liệu đầu vào về cây trồng, tính chất cơ lý của đất, khí tượng, mưa,... tương tự như công kênh Tây và công Cầu Nhuế, diện tích phụ trách của 47 công như phụ lục B30 (Phụ lục B) để kiểm nghiệm các chức năng này.

Để thuận lợi cho việc tính toán kiểm nghiệm, tác giả lập kế hoạch tưới cho các công lấy nước đoạn sau trạm bơm Nam Hồng như *Bảng 3.2*, các công lấy nước đoạn từ trạm bơm Áp Bắc đến trạm bơm Nam Hồng như *Bảng 3.3*.

Bảng 3-2: Bảng kế hoạch tưới cho các công lấy nước đoạn sau trạm bơm Nam Hồng

TT	Đợt tưới	Ngày tưới
1	Đợt 1	4/2/2014 đến ngày 14/2/2014
1	Đợt 2	25/2/2014 đến ngày 5/3/2014
1	Đợt 3	25/3/2014 đến ngày 6/4/2014
1	Đợt 4	30/4/2014 đến ngày 9/5/2014

Bảng 3-3: Bảng kế hoạch tưới cho các công lấy nước đoạn từ trạm bơm Áp Bắc đến trạm bơm Nam Hồng

TT	Đợt tưới	Ngày tưới
1	Đợt 1	4/2/2014 đến ngày 11/2/2014
1	Đợt 2	25/2/2014 đến ngày 5/3/2014
1	Đợt 3	25/3/2014 đến ngày 6/4/2014
1	Đợt 4	30/4/2014 đến ngày 9/5/2014

2. Phương pháp tính toán

- Kiểm nghiệm lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống kênh, lập kế hoạch tưới: Tác giả sử dụng phương pháp tính toán bằng bảng tính Excel để

so sánh kết quả tính toán bằng hệ thống VNIMS.

- Kiểm nghiệm chức năng xác định đường mực nước trên kênh: Tác giả sử dụng phần mềm MIKE11 được cài đặt trên máy đơn để tính toán để so sánh với kết quả tính toán của hệ thống VNIMS (được tích hợp phần mềm MIKE 11).

3. Kết quả kiểm nghiệm

a) Kết quả kiểm nghiệm lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống kênh được trình bày tại phụ lục A7

Đánh giá kết quả: Hệ thống VNIMS đã tính toán cho kết quả trùng khớp với kết quả tính toán bằng bảng tính excel.

Kết luận: Chức năng tính toán lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống kênh của hệ thống VNIMS là chính xác.

b) Kết quả kiểm nghiệm chức năng lập kế hoạch tưới

Với chức năng này, tác giả nhập kế hoạch bơm cho hai trạm bơm Ấp Bắc và trạm bơm Nam Hồng, phần mềm truy xuất báo cáo như *Hình 3.34*.

Tính toán bằng bảng tính Excel: Kết quả tính toán lập kế hoạch vận hành trạm bơm Ấp Bắc và trạm bơm Nam Hồng, hiển thị biểu đồ kế hoạch tưới như *Hình 3.35* và *Hình 3.36*.

Tính toán bằng hệ thống VNIMS: Kết quả tính toán lập kế hoạch vận hành trạm bơm Nam Hồng như *Hình 3.37* và trạm bơm Ấp Bắc như *Hình 3.38*.

XÍ NGHIỆP ĐTPT THỦY LỢI ĐÔNG ANH

Độc Lập - Tự Do - Hạnh Phúc

BÁO CÁO KẾ HOẠCH BƠM*Ngày lập báo cáo: 16/12/2015*

Thời gian	Trạm bơm Ấp Bắc		Trạm bơm Nam Hồng	
	Số máy bơm	Thời gian bơm	Số máy bơm	Thời gian bơm
4/2/2014	3	24	2	24
5/2/2014	3	24	2	24
6/2/2014	3	24	2	24
7/2/2014	3	24	2	24
8/2/2014	2	24	2	24
9/2/2014	2	24	2	24
10/2/2014	2	24	2	24
11/2/2014	2	17	2	24
12/2/2014			1	24
13/2/2014			2	24
14/2/2014			1	14
15/2/2014				
16/2/2014				
17/2/2014				
18/2/2014				
19/2/2014				
20/2/2014				
21/2/2014				
25/2/2014	1	24	1	24

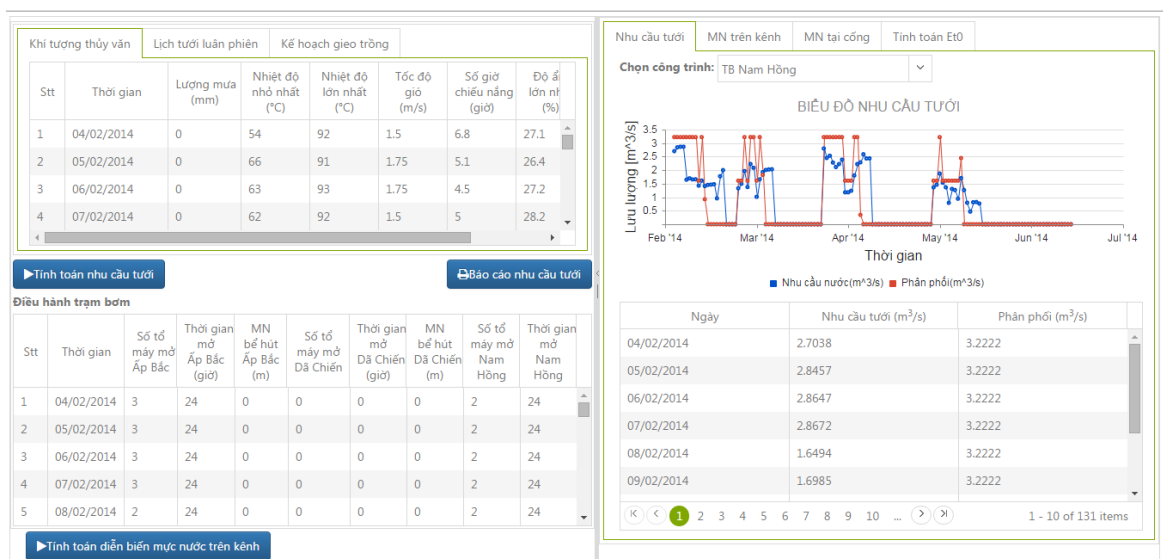
Thời gian	Trạm bơm Ấp Bắc		Trạm bơm Nam Hồng	
	Số máy bơm	Thời gian bơm	Số máy bơm	Thời gian bơm
26/2/2014	2	24	1	24
27/2/2014	2	24	2	24
28/2/2014	1	24	1	24
1/3/2014	2	24	2	24
2/3/2014	2	24	2	24
3/3/2014	1	24	1	24
4/3/2014	2	24	2	24
5/3/2014	2	9	2	14
6/3/2014				
7/3/2014				
8/3/2014				
9/3/2014				
25/3/2014	3	24	2	24
26/3/2014	2	24	2	24
27/3/2014	2	24	2	24
28/3/2014	2	24	2	24
29/3/2014	2	24	2	24
30/3/2014	2	24	2	24
31/3/2014	2	24	2	24
1/4/2014	1	24	1	24
2/4/2014	1	24	1	24
3/4/2014	1	24	1	24
4/4/2014	2	24	2	24

Thời gian	Trạm bơm Ấp Bắc		Trạm bơm Nam Hồng	
	Số máy bơm	Thời gian bơm	Số máy bơm	Thời gian bơm
5/4/2014	2	24	2	24
6/4/2014	1	15	2	3
7/4/2014				
8/4/2014				
9/4/2014				
10/4/2014				
30/4/2014	1	24	1	24
1/5/2014	1	24	1	24
2/5/2014	2	24	2	24
3/5/2014	1	24	1	24
4/5/2014	1	24	1	24
5/5/2014	1	24	1	24
6/5/2014	1	24	1	24
7/5/2014	1	24	1	24
8/5/2014	1	24	1	24
9/5/2014	2	10	2	18
10/5/2014				
11/5/2014				
12/5/2014				
13/5/2014				
14/5/2014				
15/5/2014				
16/5/2014				

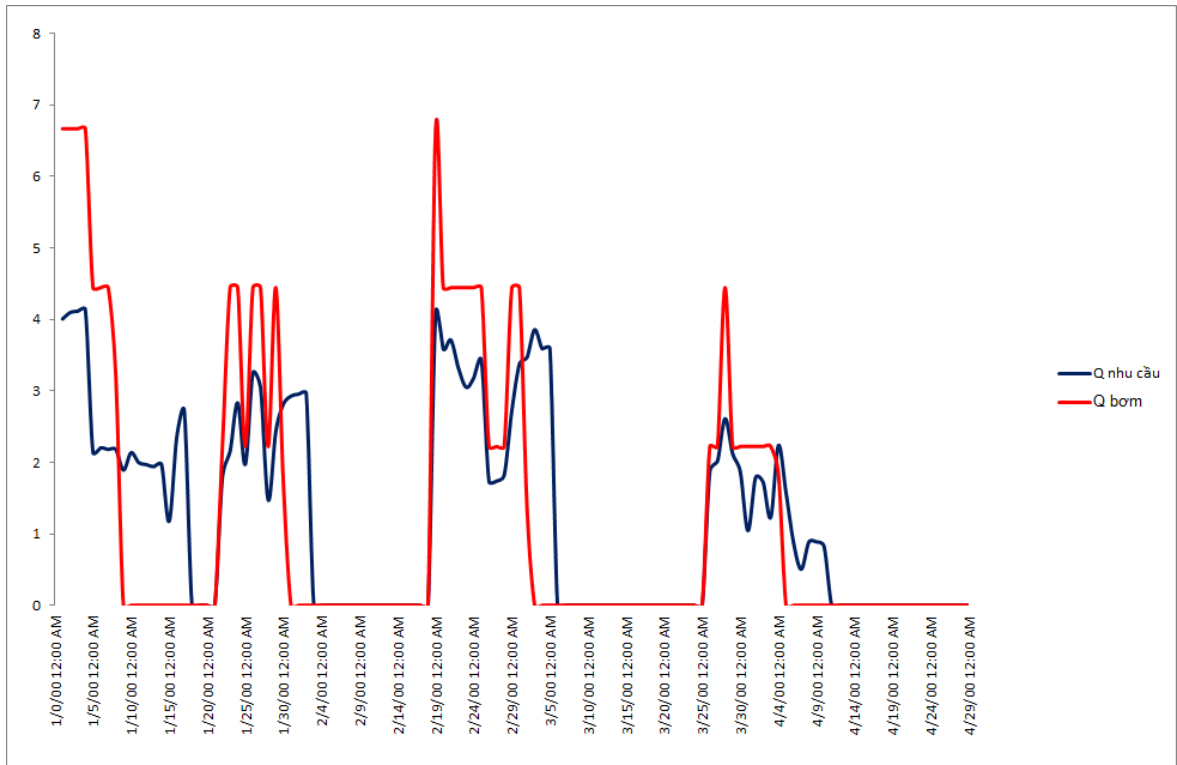
Hình 3-34: Báo cáo kế hoạch bơm bằng phần mềm VNIMS



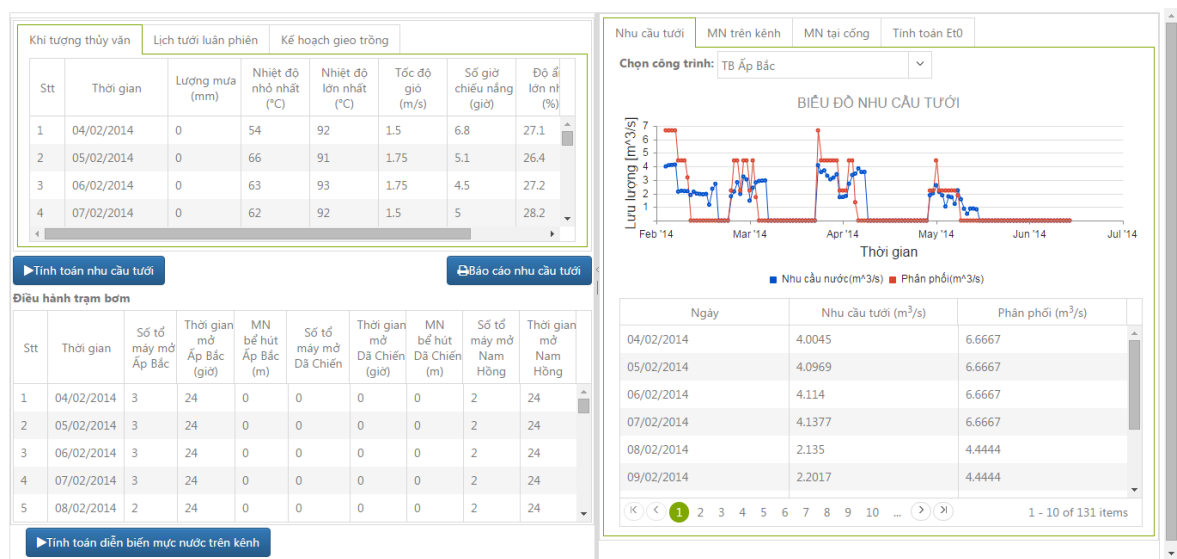
Hình 3-35: Biểu đồ hiển thị kế hoạch tưới tại trạm bơm Nam Hồng



Hình 3-36: Hình ảnh kế hoạch tưới của trạm bơm Nam Hồng của phần mềm VNIMS



Hình 3-37: Biểu đồ hiển thị kế hoạch tưới tại trạm bơm Ấp Bắc



Hình 3-38: Hình ảnh kế hoạch tưới của trạm bơm Ấp Bắc của hệ thống VNIMS

Đánh giá kết quả: Hệ thống VNIMS đã tính toán cho kết quả trùng khớp với kết quả tính toán bằng bảng tính excel.

Kết luận: Chức năng lập kế hoạch tưới của hệ thống VNIMS là chính xác.

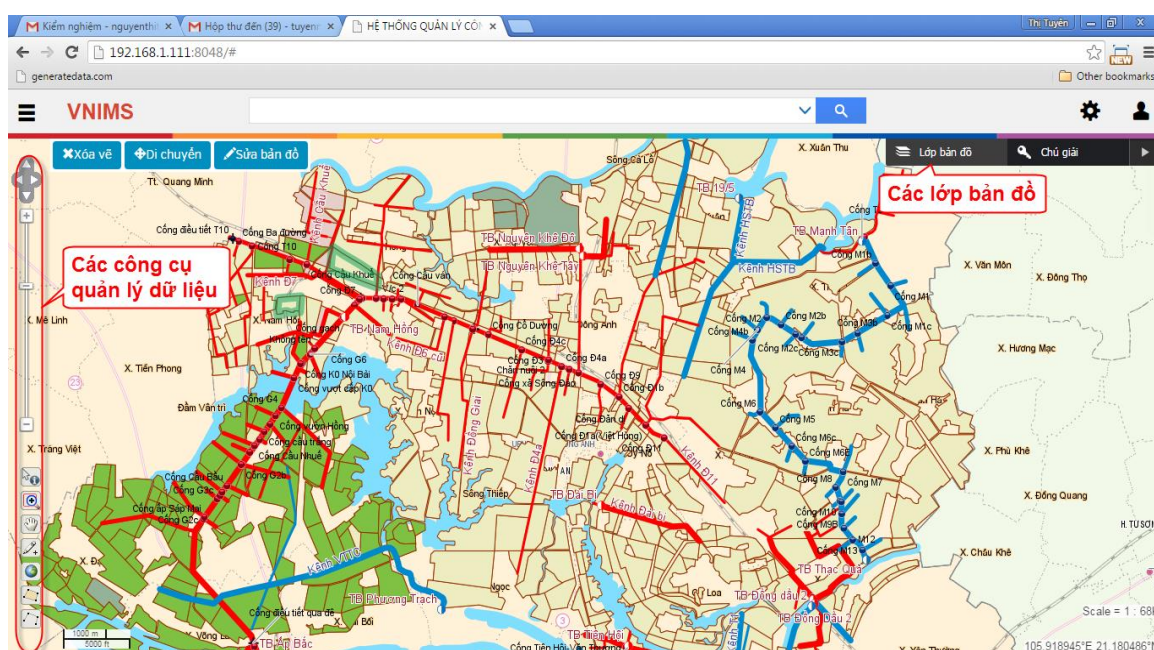
3.6.3.3. Kiểm nghiệm khả năng hoạt động của hệ thống.

1. Chuẩn bị số liệu

Các số liệu: bản đồ tưới của hệ thống tưới Ấp Bắc – Nam Hồng (giới hạn phạm vi đến kênh cấp 2), các số liệu trắc dọc, ngang của kênh chính (kênh giữa), kênh cấp 1 (kênh Đông), vị trí và các thông số kỹ thuật các công trình trên kênh (các công lấy nước, các công điều tiết, cầu qua kênh, trạm bơm Ấp Bắc, trạm bơm Nam Hồng), diện tích tưới của các công phụ trách trên kênh chính, trên kênh cấp 1.

2. Kết quả kiểm nghiệm

a) Kết quả kiểm nghiệm các chức năng quản lý hệ thống tưới trên bản đồ WebGIS



Hình 3-39: Giao diện chương trình và các chức năng cơ bản về bản đồ GIS.

Tác giả đã kiểm nghiệm các chức năng cơ bản về bản đồ GIS bao gồm: Hiện thị các đối tượng trên nền bản đồ WebGIS và tương tác với bản đồ, quản lý hệ thống kênh và các công trình trên kênh, quản lý diện tích tưới của các cấp kênh.

Đánh giá kết quả: Bản đồ hiển thị các tuyến kênh theo đúng quy định: Kênh tưới màu đỏ, kênh tiêu màu xanh. Kênh chính có độ dày to, độ dày giảm dần xuống từng cấp kênh. Các công trình trên kênh hiển thị theo đúng quy định. Hệ thống quản

lý hệ thống kênh theo hình cây: Kênh chính bao gồm các công trình trên kênh và các kênh cấp 1,...Quản lý diện tích tưới theo từng ô thửa của từng cấp kênh.

Kết luận: Chức năng quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS hoạt động tốt.

b) Kiểm nghiệm chức năng xác định diện tích gieo trồng (diện tích đồ ải, diện tích làm đất, diện tích gieo cấy) từng ngày của các công lấy nước trên nền bản đồ GIS trên các thiết bị di động (điện thoại smart phone, máy tính bảng,...):

Để kiểm nghiệm hoạt động của tính năng này, tác giả đã sử dụng thiết bị di động và thực hiện nhập dữ liệu gieo trồng cho một số thửa ruộng thuộc diện tích phụ trách của công Đ6 cũ với các thông tin như *Bảng 3.4*:

Bảng 3-4: Bảng nhập liệu dữ liệu cây trồng

Mã thửa	Diện tích (ha)	Cây trồng	Ngày thực hiện		
			13/01/2015	14/01/2015	15/01/2015
406	55,68530	Xuân Sớm	Đồ ải	Làm đất	Gieo trồng
407	32,64250	Xuân Sớm	Đồ ải	Làm đất	Làm đất
410	5,62742	Xuân Sớm	Đồ ải	Đồ ải	Làm đất

Từ số liệu *Bảng 3.4* tác giả tính toán được diện tích đất canh tác theo ngày như *Bảng 3.5*.

Bảng 3-5: Bảng tính diện tích canh tác theo ngày

TT	Ngày	Cây trồng	Diện tích (ha)		
			Đồ ải	Làm đất	Gieo trồng
1	13/01/2015	Xuân Sớm	93,95522	0	0
2	14/01/2015	Xuân Sớm	5,62742	88,3278	0
3	15/01/2015	Xuân Sớm	0	38,26992	55,6853

Tác giả nhập dữ liệu như *Bảng 3.1* lên phần mềm VNIMS, truy xuất báo như *Hình 3.40*

CÔNG TY ĐTPT THỦY LỢI HÀ NỘI

XÍ NGHIỆP ĐTPT THỦY LỢI ĐÔNG ANH

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM

Độc Lập - Tự Do - Hạnh Phúc

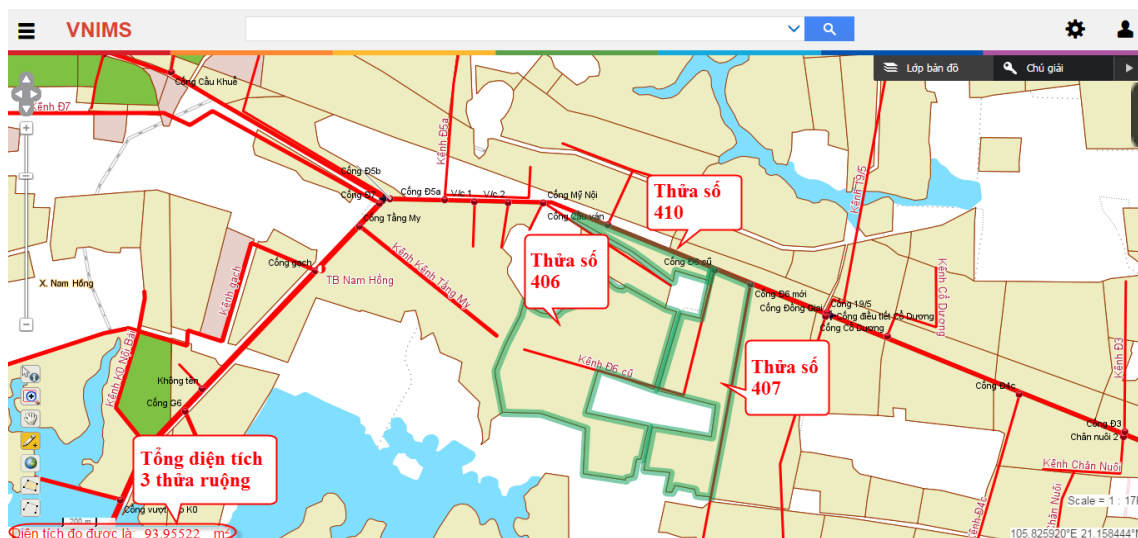
BÁO CÁO XÁC ĐỊNH DIỆN TÍCH GIEO TRỒNG THEO NGÀY TẠI CỐNG Đ6

Ngày báo cáo: 15/01/2015

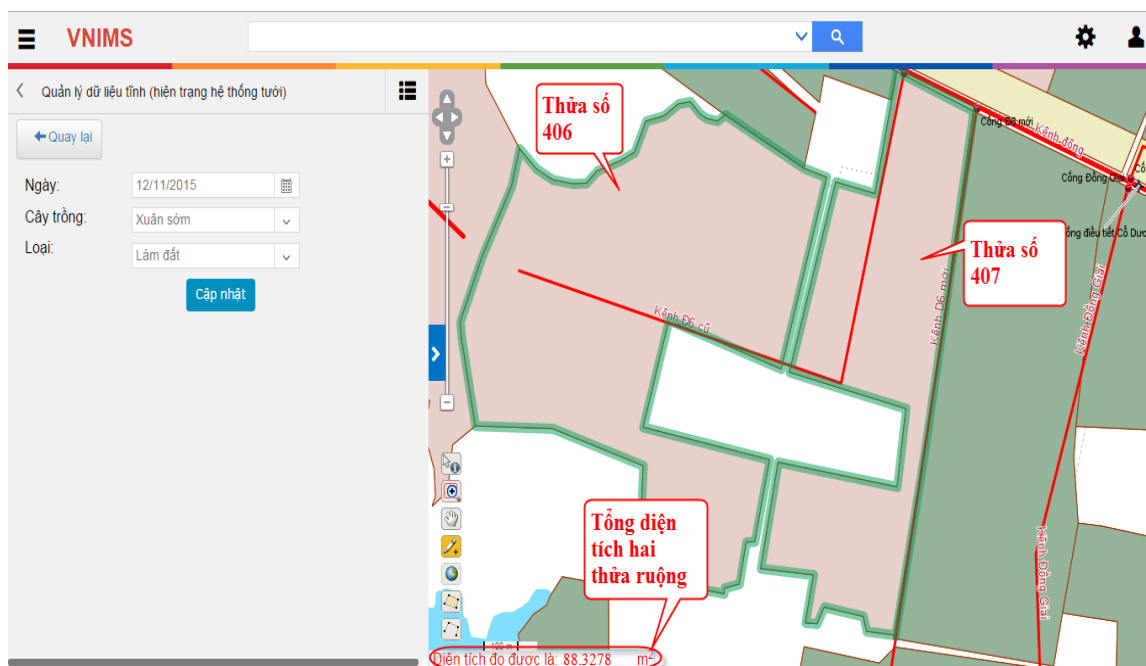
STT	Cây trồng	S phụ trách (ha)	S đồ ải (ha)	S làm đất (ha)	S gieo trồng (ha)	S chờ (ha)
13/01/2015		93,95522	93,95522	0	0	0
Cống Đ6 cũ		93,95522	93,95522	0	0	0
1	Xuân Sớm	55,68530	55,68530	0	0	0
2	Xuân Sớm	32,64250	32,64250	0	0	0
3	Xuân Sớm	5,62742	5,62742	0	0	0
14/01/2015		93,95522	5,62742	8,832,780	0	0
Cống Đ6 cũ		93,95522	5,62742	8,832,780	0	0
1	Xuân Sớm	55,68530	0	55,68530	0	0
2	Xuân Sớm	32,64250	0	32,64250	0	0
3	Xuân Sớm	5,62742	5,62742	0	0	0
15/01/2015		93,95522	0	38,26992	55,68530	0
Cống Đ6 cũ		93,95522	0	38,26992	55,68530	0
1	Xuân Sớm	55,68530	0	0	55,68530	0
2	Xuân Sớm	32,64250	0	32,64250	0	0
3	Xuân Sớm	5,62742	0	5,62742	0	0

Hình 3-40: Báo cáo xác định diện tích gieo trồng theo ngày tại cống Đ6 cũ

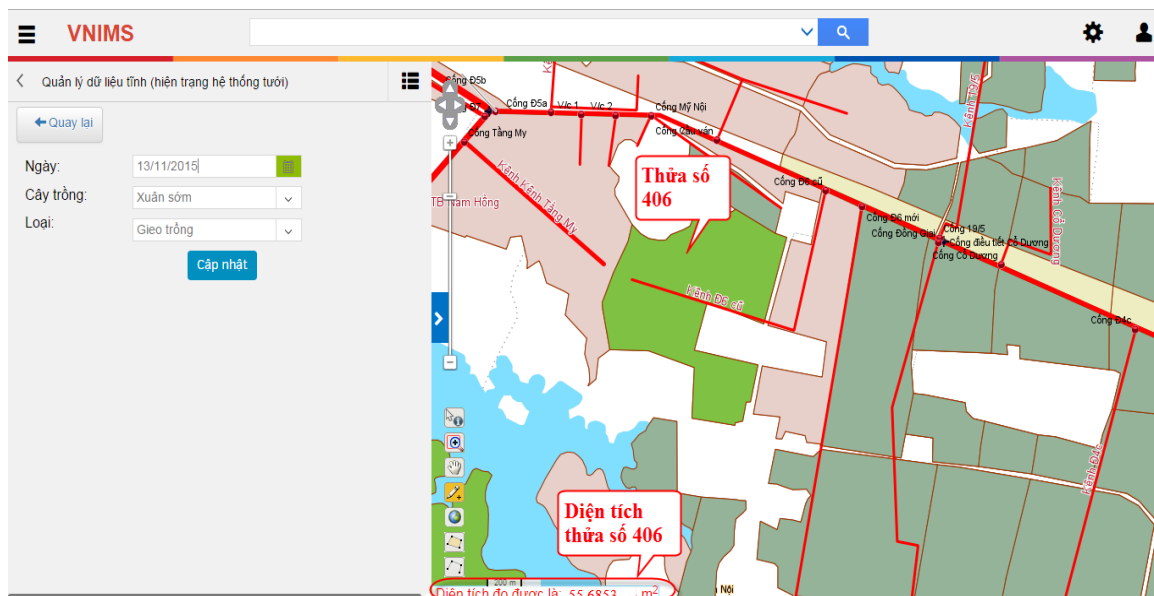
Sử dụng công cụ đo diện tích để xác định diện tích các thửa ruộng đã gieo trồng ngày 13/01/2015 trên bản đồ ta nhận được kết quả như *Hình 3.41*, *Hình 3.42*, *Hình 3.43*.



Hình 3-41: Xác định diện tích đồ ả ngày 13/01/2015



Hình 3-42: Xác định diện tích làm đất ngày 14/01/2015



Hình 3-43: Xác định diện tích gieo trồng ngày 15/01/2015

Đánh giá kết quả: Đối chiếu hai kết quả trên ta thấy được chức năng xác định diện tích đất gieo trồng từng ngày của hệ thống hoạt động tốt.

Kết luận: Chức năng chức năng xác định diện tích đất gieo trồng từng ngày của hệ thống hoạt động tốt.

c) Kiểm nghiệm khả năng nhận dữ liệu từ thiết bị Sgate gửi về và khả năng ra lệnh điều khiển đóng mở cửa van:

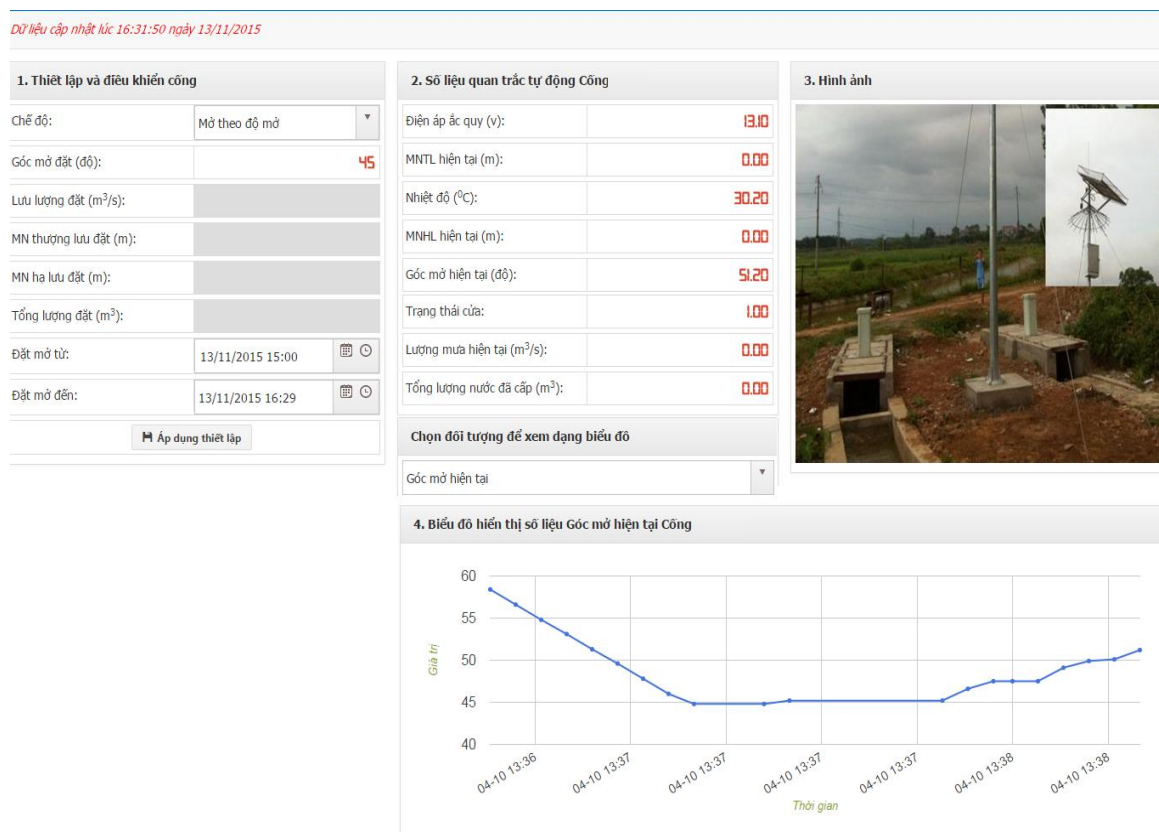
Cảm biến đo độ đóng mở cửa van tự động đo dữ liệu khi có sự thay đổi độ mở cửa van và truyền về bộ thu thập số liệu tự động hiển thị lên màn hình điều khiển thiết bị Sgate.

Từ màn hình điều khiển đóng mở cửa van, tác giả thực hiện nhập thông tin điều khiển mở cửa van:

- Cổng: G1;
- Chế độ mở: Mở theo độ mở;
- Góc mở đặt: 45°;
- Đặt mở từ: 13/11/2015 15:00;
- Đặt mở đến: 13/11/2015 16:29.

Nhấn “Áp dụng thiết lập” chương trình truyền dữ liệu điều khiển đến cửa

van để thực hiện mở cửa van theo các thông số thiết lập. Tại cống tác giả đã lắp đặt một đầu đo tự động đo độ mở cửa van, thiết bị truyền dữ liệu thông tin độ mở cửa van theo thời gian thực và biểu đồ hiển thị số liệu góc mở tại cống như *Hình 3.44*



Hình 3-44: Bảng điều khiển và nhận dữ liệu từ thiết bị Sgate

Đánh giá kết quả: Thiết bị Sgate đã hoạt động đúng như yêu cầu người dùng.

Kết luận: Chức năng giám sát và điều khiển thiết bị SGate hoạt động tốt.

d) Kết quả kiểm nghiệm chức năng tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh

- Kiểm nghiệm kết quả tính toán đường mực nước trên kênh: Tác giả sử dụng 2 phương pháp để tính toán với cùng bộ dữ liệu. Phương pháp 1: sử dụng hệ thống VNIMS để tính toán, phương pháp 2: sử dụng phần mềm MIKE11 được cài trên máy đơn để tính toán

Kết quả tính toán xác định đường mực nước trên kênh Giữa bằng phần mềm MIKE 11 được cài đặt trên máy đơn như *Hình 3.45*.

Kết quả tính toán xác định đường mực nước trên kênh Giữa bằng hệ thống VNIMS như *Hình 3.46*.

Kết quả tính toán xác định đường mực nước trên kênh Đông bằng phần mềm MIKE 11 được cài đặt trên máy đơn như *Hình 3.47*.

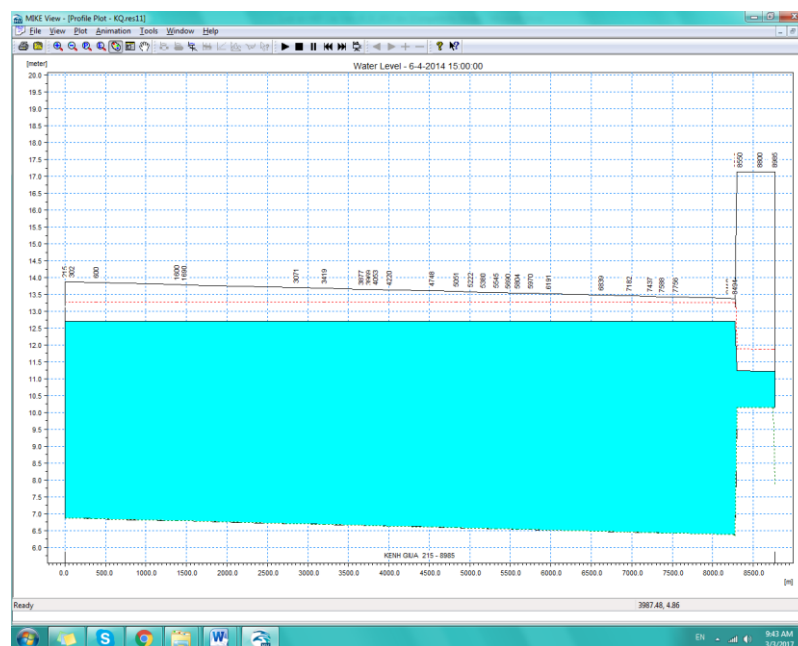
Kết quả tính toán xác định đường mực nước trên kênh Đông bằng hệ thống VNIMS như *Hình 3.48*.

Kết quả tính toán xác định diễn biến đường mực nước tại vị trí cống kênh Tây bằng phần mềm MIKE 11 được cài đặt trên máy đơn như *Hình 3.49*, *Hình 3.50*.

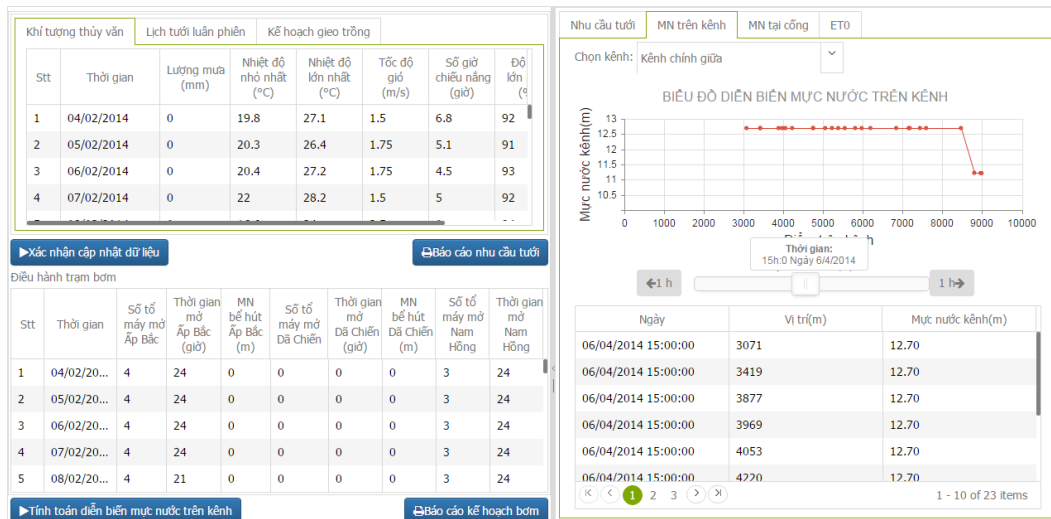
Kết quả tính toán xác định diễn biến đường mực nước tại vị trí cống kênh Tây bằng hệ thống VNIMS như *Hình 3.51*.

Kết quả tính toán xác định diễn biến đường mực nước tại vị trí cống Cầu Nhuế bằng phần mềm MIKE 11 được cài đặt trên máy đơn như *Hình 3.52*, *Hình 3.53*.

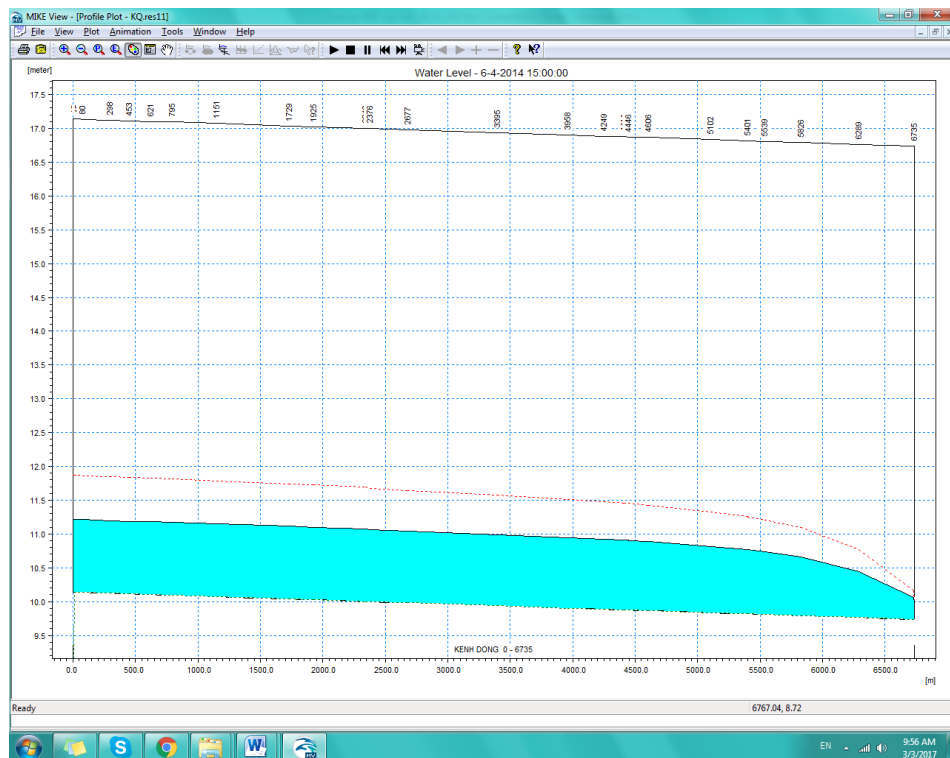
Kết quả tính toán xác định diễn biến đường mực nước tại vị trí cống Cầu Nhuế bằng hệ thống VNIMS như hình 3.54.



Hình 3-45: Đường mặt nước trên kênh chính Giữa lúc 15:00 ngày 6-4-2014 bằng phần mềm MIKE



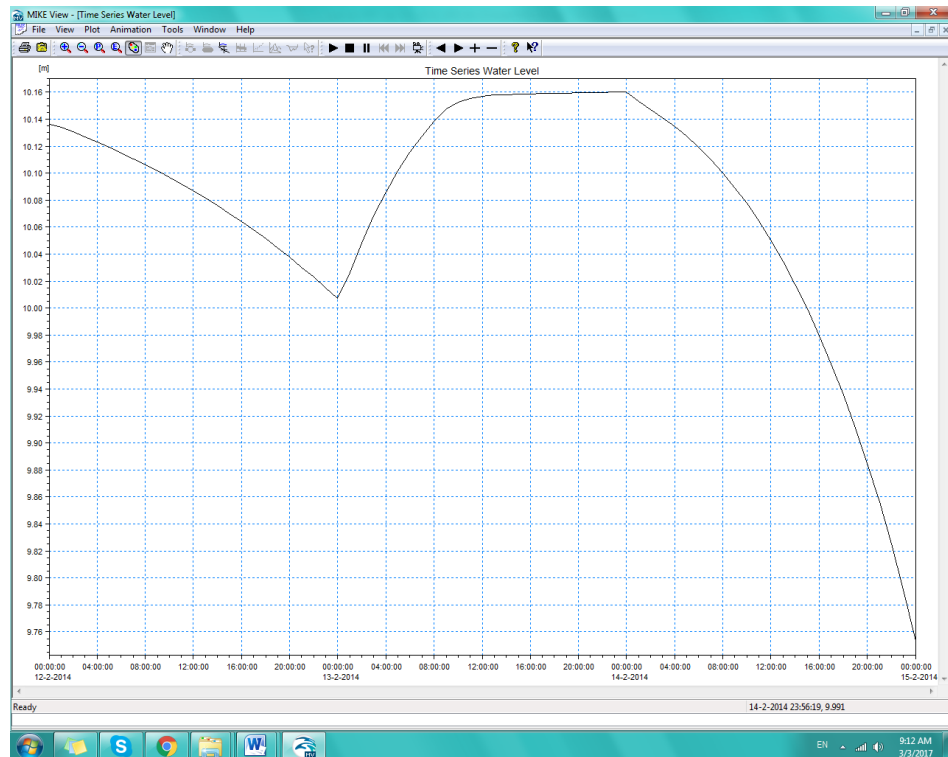
Hình 3-46: Đường mặt nước trên kênh chính Giữa lúc 15:00 ngày 6-4-2014 bằng phần mềm VNIMS



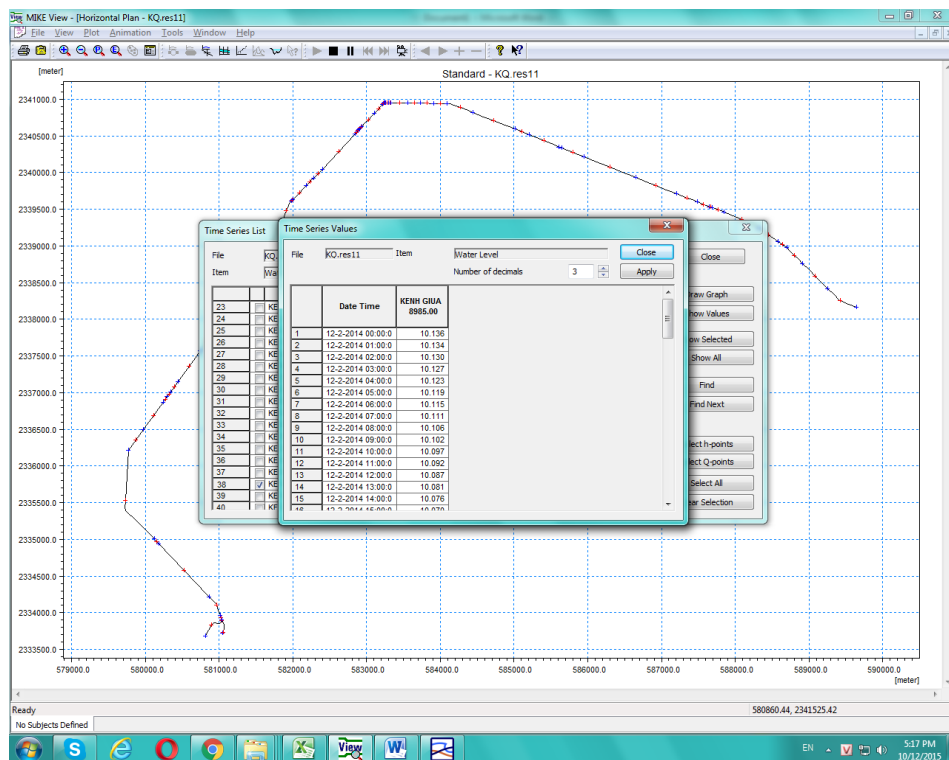
Hình 3-47: Đường mặt nước trên kênh Đông lúc 15:00 ngày 6-4-2014 bằng phần mềm MIKE



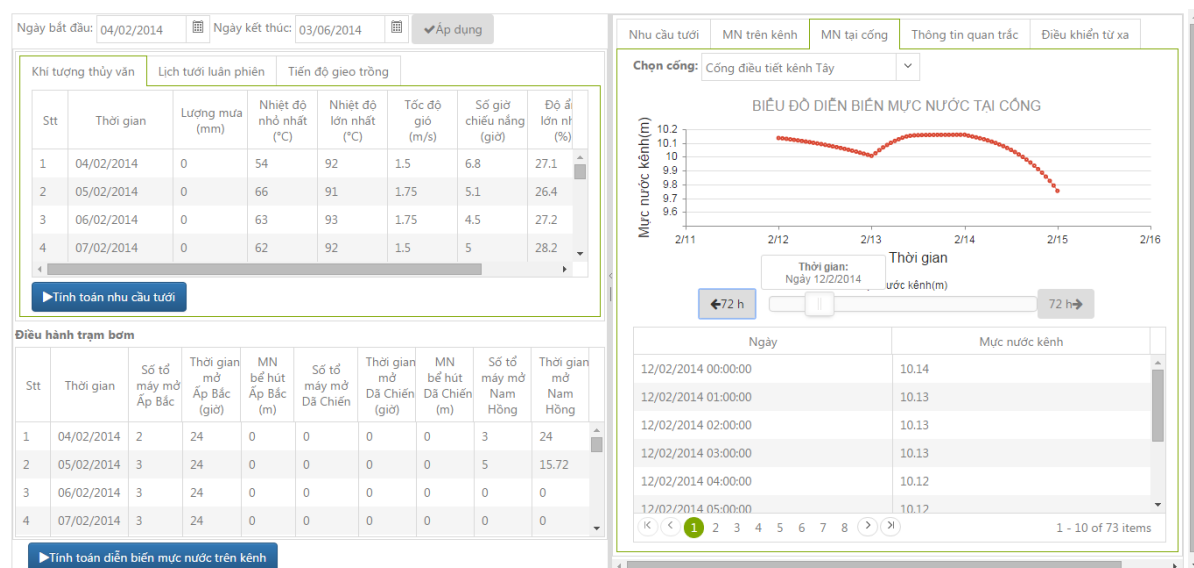
Hình 3-48: Đường mặt nước trên kênh Đông lúc 15:00 ngày 6-4-2014 bằng phần mềm VNIMS



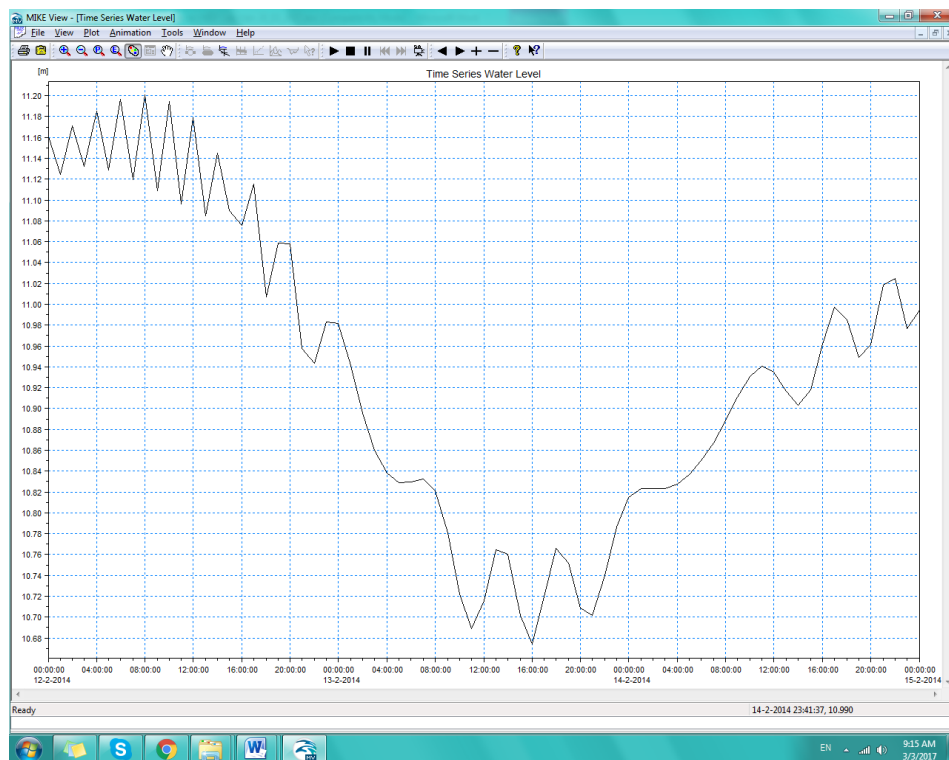
Hình 3-49: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE



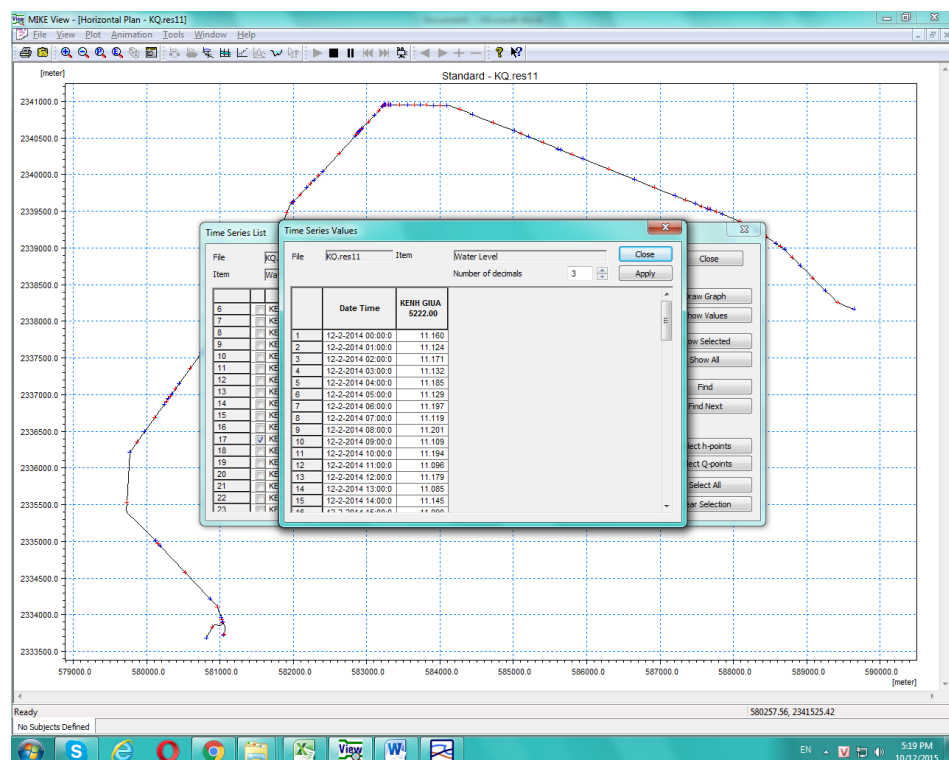
Hình 3-50: Kết quả đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE



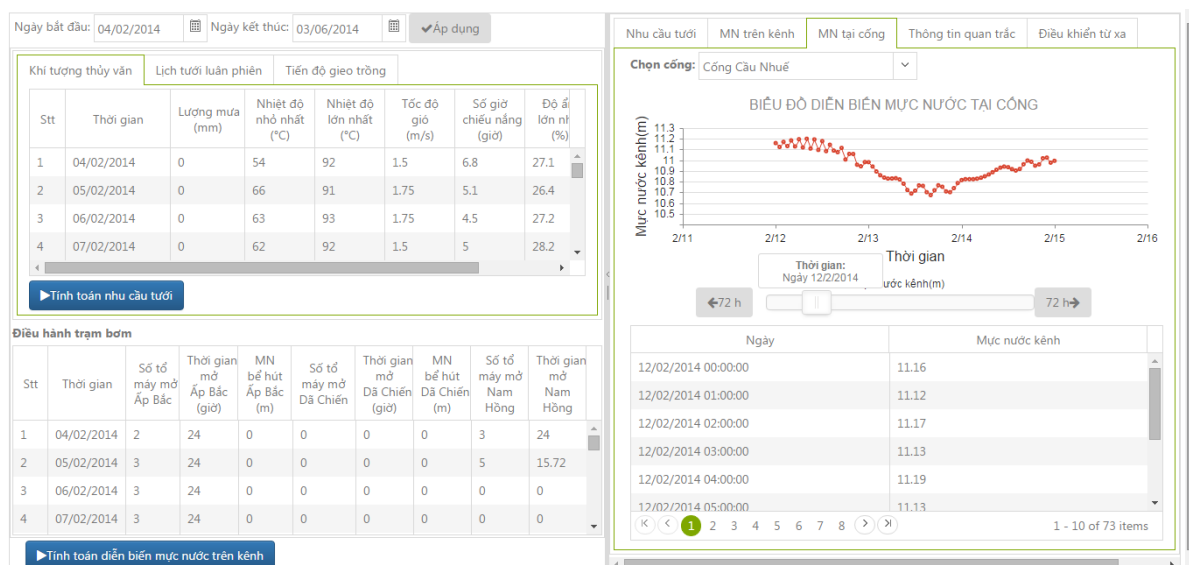
Hình 3-51: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống kênh Tây từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm VNIMS



Hình 3-52: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE



Hình 3-53: Kết quả đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm MIKE



Hình 3-54: Diễn biến đường mặt nước tại vị trí đầu cống Cầu Nhuế từ 0:00 ngày 12-2-2014 đến 23:00 ngày 14-2-2014 bằng phần mềm VNIMS

Đánh giá kết quả: Hệ thống VNIMS đã tính toán xác định đường mực nước trên kênh trùng khớp với kết quả tính toán của phần mềm MIKE 11 chạy trên máy đơn.

Kết luận: Phần mềm MIKE11 đã được tích hợp thành công vào hệ thống VNIMS.

3.6.3.4. Kiểm nghiệm về tính phù hợp của các chức năng của hệ thống đối với công tác quản lý điều hành hệ thống tưới thực tế.

Sau khi kiểm nghiệm các tính năng trên cho kết quả tốt, tác giả đã đến Xí nghiệp KTCTTL Đông Anh để giới thiệu, hướng dẫn sử dụng hệ thống quản lý và điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực cho cán bộ kỹ thuật của Xí nghiệp. Sau khi dùng thử, Xí nghiệp KTCTTL Đông Anh đã có các nhận xét đánh giá về tính phù hợp của các chức năng của phần mềm VNIMS. Tác giả đã tiếp nhận các ý kiến đóng góp và đã hoàn thiện hệ thống theo các ý kiến đóng góp.

3.6.3.5. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Khi áp dụng hệ thống VNIMS vào hệ thống tưới sẽ có hiệu quả kinh tế sau:

- Tiết kiệm được nhân công vận hành hệ thống tưới: Việc tiết kiệm này tùy thuộc vào từng công ty quản lý hệ thống tưới, nên trong khuôn khổ luận án, tác giả

không đi phân tích hiệu quả này.

- Tiết kiệm được nước do cấp đúng, cấp đủ so với phương án vận hành truyền thống: Việc tính toán được hiệu quả này cần phải có hệ thống vận hành thực tế, nên tác giả không đi phân tích hiệu quả này.

- Tăng năng suất cây trồng khi các cây trồng được cấp đủ nước: Việc xác định được hiệu quả này cũng cần phải có hệ thống vận hành thực tế, nên tác giả không đi phân tích hiệu quả này.

- Tiết kiệm được lượng nước cấp cho cây trồng khi sử dụng thuật toán tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho **từng ô thửa** của các công lấy nước so với phương pháp cũ. Tác giả tiến hành đánh giá lượng nước tiết kiệm này, cụ thể như sau:

1. Nội dung bài toán

Tác giả tính toán theo 2 phương pháp:

- Phương pháp 1: tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho từng ô thửa của các công lấy nước.

- Phương pháp 2: tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ đồ ải, làm đất thực tế và coi các khu ruộng của công lấy nước được gieo cấy đồng thời.

2. Kết quả tính toán

Với hai trường hợp tính toán như đã đưa ra, tác giả đã tính toán được tổng lượng nước tưới cho toàn vụ chiêm xuân tại hai công Cầu Nhuế và công điều tiết kênh Tây trong 2 năm 2013, 2014. Chi tiết xem *Bảng 3.5*, *Bảng 3.6*.

Bảng 3-6: Bảng tổng hợp lượng nước tưới cho vụ chiêm xuân công Cầu Nhuế

TT	Trường hợp tính	Tổng lượng nước tưới (m ³)			
		năm 2013		năm 2014	
		Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (bao gồm giai đoạn đồ ải, làm đất và tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (chỉ có giai đoạn tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (bao gồm giai đoạn đồ ải, làm đất và tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (chỉ có giai đoạn tưới dưỡng)
1	Trường hợp 1	36.793	27.426	34.816	25.501
2	Trường hợp 2	38.667	29.300	36.739	27.424
3	Chênh lệch (m ³)	1.873	1.873	1.923	1.923
	Tiết kiệm (%)	4,85	<u>6,40</u>	5,23	<u>7,01</u>

Bảng 3-7: Bảng tổng hợp lượng nước tưới cho vụ chiêm xuân công kênh Tây

TT	Trường hợp tính	Tổng lượng nước tưới (m ³)			
		năm 2013		năm 2014	
		Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (bao gồm giai đoạn đồ ải, làm đất và tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (chỉ có giai đoạn tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (bao gồm giai đoạn đồ ải, làm đất và tưới dưỡng)	Tưới cho súp lơ + cải bắp + lúa (chỉ có giai đoạn tưới dưỡng)
1	Trường hợp 1	3.340.376	2.489.931	3.160.897	2.315.240
2	Trường hợp 2	3.510.493	2.660.048	3.335.477	2.489.820
3	Chênh lệch (m ³)	170.117	170.117	174.580	174.580
	Tiết kiệm (%)	4,85	<u>6,40</u>	5,23	<u>7,01</u>

Đánh giá kết quả:

Việc sử dụng phương pháp 1 mà tác giả đã thiết lập để tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng đã tiết kiệm được 6,40% đến 7,01% lượng nước so với phương pháp 2 trong trường hợp chỉ so sánh trong giai đoạn tưới dưỡng và tiết kiệm được từ 4,85% đến 5,23% trong trường hợp so sánh lượng nước cho cả vụ.

Kết luận chương 3.

Hệ thống VNIMS đã được xây dựng với 3 khối chính: Khối trung tâm dữ liệu máy chủ; Khối người dùng và Khối thiết bị ngoài hiện trường. Các khối này liên kết với nhau bằng các phần mềm: Phần mềm IMS liên kết giữa khối người dùng và khối trung tâm dữ liệu máy chủ, các phần mềm dịch vụ máy chủ liên kết giữa khối trung tâm dữ liệu máy chủ với khối thiết bị ngoài hiện trường. Việc liên kết này tạo thành một khối đồng nhất, giúp người dùng có thể sử dụng các công việc rời rạc trước đây thành công việc liên hoàn để quản lý và điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực. Hệ thống đã được kiểm nghiệm khả năng hoạt động của các chức năng, tính chính xác trong việc tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới của hệ thống tưới. Kết quả: các chức năng hoạt động tốt, các kết quả tính toán chính xác 100% so với việc dùng bảng tính Excel để tính toán.

Khi áp dụng hệ thống VNIMS vào hệ thống tưới sẽ có hiệu quả kinh tế: tiết kiệm được nhân công vận hành hệ thống tưới; tiết kiệm được nước do cấp đúng, cấp đủ so với phương án vận hành truyền thống; tăng năng suất cây trồng khi các cây trồng được cấp đủ nước; tiết kiệm được lượng nước cấp cho cây trồng khi sử dụng thuật toán tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho **từng ô thửa** của các công lấy nước so với phương pháp cũ từ 6,40% đến 7,01% lượng nước trong trường hợp chỉ so sánh trong giai đoạn tưới dưỡng và tiết kiệm được từ 4,85% đến 5,23% lượng nước trong trường hợp so sánh cho cả vụ.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận

a. Hệ thống VNIMS đã được xây dựng để giải quyết các vấn đề tổng thể trong công tác quản lý điều hành hệ thống tưới, bao gồm: quản lý hệ thống tưới trên nền bản đồ WebGIS, tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới, hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực. Hệ thống đã tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho từng ô thửa của các công lấy nước; đã tích hợp phần mềm MIKE 11 vào hệ thống để tính toán xác định đường mực nước trên hệ thống kênh theo chế độ dòng không ổn định, không đều trên kênh hở; đã cho phép người dùng có thể cập nhật tiến độ gieo trồng trên bản đồ WebGIS trên các thiết bị di động (máy tính bảng, điện thoại di động smartphone) có kết nối internet. Hệ thống đã được kiểm nghiệm khả năng hoạt động của các chức năng, tính chính xác trong việc tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới của hệ thống tưới. Kết quả: các chức năng hoạt động tốt, các kết quả tính toán chính xác, trùng với kết quả tính toán bằng bảng tính Excel.

b. Khi áp dụng hệ thống VNIMS vào hệ thống tưới sẽ có hiệu quả kinh tế: tiết kiệm được nhân công vận hành hệ thống tưới; tiết kiệm được nước do cấp đúng, cấp đủ so với phương án vận hành truyền thống; tăng năng suất cây trồng khi các cây trồng được cấp đủ nước; tiết kiệm được lượng nước cấp cho cây trồng khi sử dụng thuật toán tính toán nhu cầu cấp nước của các công lấy nước mặt ruộng theo tiến độ gieo trồng thực tế và theo thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho **từng ô thửa** của các công lấy nước so với phương pháp cũ từ 6,40% đến 7,01% lượng nước trong trường hợp chỉ so sánh trong giai đoạn tưới dưỡng và tiết kiệm được từ 4,85% đến 5,23% lượng nước trong trường hợp so sánh cho cả vụ.

2. Kiến nghị

a. Kiến nghị về việc áp dụng hệ thống VNIMS vào thực tế

- Hiện nay, vấn đề cần phải nâng cao hiệu quả sử dụng nước đang là vấn đề lớn của ngành và đã được thể hiện trong đề án: nâng cao hiệu quả quản lý khai thác công trình thủy lợi hiện có theo quyết định số: 784/QĐ-BNN-TCTL ngày 21 tháng 04 năm 2014. Trong đó có mục tiêu là: “đến năm 2016 có 50%, đến năm 2020 có 100% các tổ chức quản lý khai thác công trình thủy lợi hoạt động theo phương thức đặt hàng hoặc đấu thầu quản lý khai thác”. Đây sẽ là vấn đề then chốt trong việc thúc đẩy các đơn vị quản lý khai công trình thủy lợi ứng dụng công nghệ cao vào quản lý điều hành hệ thống tưới nhằm nâng cao chất lượng dịch vụ cung cấp nước, tiết kiệm chi phí vận hành. Vì vậy, để có thể áp dụng hệ thống VNIMS vào thực tế một cách hiệu quả, đề nghị Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đẩy mạnh việc triển khai thực hiện đề án này.

- Trong thời gian qua, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã cho triển khai áp dụng hệ thống SCADA vào một số hệ thống tưới như: hệ thống tưới hồ Yên Lập – tỉnh Quảng Ninh, hệ thống tưới hồ Cẩm Sơn – tỉnh Bắc Giang, hệ thống tưới hồ Kẻ Gỗ - tỉnh Hà Tĩnh,... Tuy nhiên, hiện nay các hệ thống này không hoạt động và không phát huy được hiệu quả đầu tư. Có nhiều nguyên nhân, trong đó có hai nguyên nhân chủ yếu dẫn đến việc này là: Thứ nhất: các hệ thống này không được đầu tư đồng bộ: quản lý hệ thống công trình, diện tích tưới trên nền bản đồ WebGIS, tính toán nhu cầu tưới, lập kế hoạch tưới, hỗ trợ điều hành hệ thống tưới theo thời gian thực. Thứ hai: Các thiết bị được sử dụng cho các hệ thống là thiết bị nhập khẩu, nên không phù hợp với điều kiện với tự nhiên, xã hội ở Việt Nam, không thuận lợi cho việc bảo trì, bảo hành hệ thống. Vì vậy, khi triển khai các hệ thống SCADA vào các hệ thống tưới, đề nghị Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn xem xét cho phép áp dụng hệ thống VNIMS để có thể khắc phục được các yếu điểm mà các hệ thống SCADA đã được đầu tư trước đây.

- Trong trường hợp không có đủ nguồn kinh phí để đầu tư hệ thống VNIMS hoàn chỉnh (bao gồm cả phần mềm và các thiết bị ngoài hiện trường) thì các công ty KTCTTL có thể chỉ đầu tư phần mềm (khối trung tâm dữ liệu máy chủ), các số liệu đo đạc ngoài hiện trường sẽ được đo bằng phương pháp thủ công và nhập số liệu thông qua phần mềm trên thiết bị di động (máy tính bảng, điện thoại) hoặc trên máy

tính PC, công nhân sẽ phải ra đóng, mở vận hành các công trình. Trong trường hợp này, hệ thống vẫn hoạt động, tuy nhiên hiệu quả sẽ giảm nhiều so với trường hợp đầu tư hoàn chỉnh.

b. Kiến nghị về hướng tiếp tục nghiên cứu từ kết quả nghiên cứu của luận án

- Hệ thống VNIMS chưa có khả năng tự động vận hành đóng mở các cống phân phối nước, các cống điều tiết trên kênh để thiết lập trạng thái vận hành mới của hệ thống tưới khi các yếu tố đầu vào thay đổi đảm bảo hệ thống tự động cấp nước đúng, đủ, vận hành tối ưu. Đây là vấn đề rất khó, liên quan đến toán học, lý thuyết điều khiển, lập trình tối ưu, nên trong thời gian tới NCS sẽ từng bước xây dựng một nhóm nghiên cứu cùng với tác giả để giải quyết bài toán này.

- Việc nghiên cứu được giải pháp công nghệ để tích hợp phần mềm MIKE 11 vào hệ thống phần mềm chạy trên máy chủ, tự động tính toán thủy lực trên hệ thống kênh, sông sẽ giúp tác giả có thể nghiên cứu phát triển các hệ thống hỗ trợ quản lý điều hành các công trình thủy lợi theo thời gian thực, cụ thể: hệ thống dự báo lũ, dự báo các vùng ngập lụt và hỗ trợ điều hành hồ chứa theo thời gian thực; hệ thống quản lý và hỗ trợ điều hành hệ thống tiêu theo thời gian thực; hệ thống quản lý, giám sát và dự báo xâm nhập mặn theo thời gian thực. Đây cũng là định hướng nghiên cứu tiếp theo của tác giả trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. Nguyễn Quốc Hiệp, Nguyễn Đăng Hà, **Công nghệ SCADA - Giải pháp hiện đại hóa công tác quản lý, điều hành tưới ở Việt Nam**. Đặc san Khoa học công nghệ Thủy lợi – Viện KHTL Việt Nam số 17, tháng 1 năm 2008.
2. Nguyễn Quốc Hiệp và những cộng sự, **Giải pháp kiểm soát lượng nước phân phối trên hệ thống kênh tưới**. Đặc san Khoa học công nghệ Thủy lợi - Viện KHTL Việt Nam số 25, tháng 3 năm 2010.
3. **Hệ thống thông tin giám sát điều khiển, dự báo lũ và điều hành hồ chứa theo thời gian thực - giải pháp nâng cao an toàn hồ chứa nước Việt Nam**. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi - Viện KHTL Việt Nam số (5+6) - ISSN: 18594255, tháng 12 năm 2011.
4. Nguyễn Quốc Hiệp, Nguyễn Ngọc Tuân, Nguyễn Văn Minh, **Hệ thống thông tin quản lý cơ sở dữ liệu thủy lợi phục vụ điều hành tưới tiêu**. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi - Viện KHTL Việt Nam số 12 - ISSN: 1859-425, tháng 12 năm 2012.
5. **Công nghệ quản lý, giám sát mặn và điều hành hệ thống tưới**, Hội thảo Quốc tế và Hợp thường niên Mạng lưới INWEPF lần thứ 11 - Tuyển tập Báo cáo Hội thảo quốc tế ISBN: 978-604-59-2333-7, năm 2014.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bộ Nông Nghiệp và Phát triển Nông thôn (2014), *Đề án nâng cao hiệu quả quản lý khai thác công trình thủy lợi hiện có*, Quyết định số 784/QĐ-BNN-TCTL, Hà Nội.
2. Báo điện tử Đảng cộng sản Việt Nam, *Nguy cơ tăng diện tích xâm nhập mặn vùng ven biển Bắc bộ*, Trang thông tin điện tử: http://dangcongsan.vn/CPV/Modules/News_English/News_Detail_E.aspx?CN_ID=639600&CO_ID=10008.2014.
3. Bộ Nông Nghiệp và Phát Triển Nông thôn (2015), *Cơ sở dữ liệu Thủy lợi dùng chung*, Trang thông tin điện tử [http:// www.waterdata.vn](http://www.waterdata.vn).
4. Nguyễn Việt Chiến (2003), *Nghiên cứu ứng dụng và phát triển mô hình IMSOP để điều hành phân phối nước hợp lý, nâng cao hiệu quả sử dụng nước của hệ thống tưới bằng bơm ở đồng bằng sông Hồng*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Viện Khoa học Vật liệu. Hà Nội.
5. Công ty ĐTPT Thủy lợi Hà Nội (2014), *Tổng hợp diện tích nghiệm thu theo loại máy bơm tưới xí nghiệp ĐTPT Thủy lợi Đông Anh năm 2013,2014*, Hà Nội.
6. Trần Văn Đạt (2012), *Nghiên cứu phát triển mô hình vận hành hệ thống tưới trong điều kiện hạn chế nguồn nước ở vùng đồng bằng Bắc Bộ*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội.
7. Đặng Ngọc Hạnh (2012), *Nghiên cứu tính toán tiêu nước để đánh giá hiệu quả hệ thống bơm tiêu vùng đồng bằng sông Hồng (áp dụng điển hình tại hệ thống Triều Dương)*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội.
8. Phạm Ngọc Hải, Tống Đức Khang, Bùi Hiếu, Phạm Việt Hòa (2007), *Giáo trình quy hoạch và thiết kế hệ thống thủy lợi*, Tập 1, Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội.
9. Tổng Cục Thủy lợi, *Trang thông tin điện tử* <http://thuyloivietnam.vn>, Hà Nội.
10. Trung tâm Khoa học và Triển khai Kỹ thuật Thủy lợi (2012), *Hệ thống tưới tiêu - Yêu cầu kỹ thuật tưới bằng phương pháp phun mưa*, TCVN 9170 : 2012, Hà Nội.
11. Trung tâm Khoa học và Triển khai Kỹ thuật Thủy lợi (2011), *Công trình thủy lợi –*

Kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm, TCVN 8641 : 2011, Hà Nội.

12. Trần Chí Trung (2008), *Ứng dụng mô hình toán để lập kế hoạch phân phối nước*, Báo cáo chuyên đề, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Hà Nội
13. Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2012), *Công trình thủy lợi - Hệ thống tưới tiêu – Phương pháp xác định hệ số tưới lúa*, TCVN 9168:2012, Hà Nội.

Tiếng Anh

14. Begovich O, Ruiz V.M, Besançon G, Aldana C. I, Georges D (2007), “Predictive control with constraints of a multi-pool irrigation canal prototype”, Latin America Applied Research.
15. Ding Y, M.ASCE, Wang S. S. Y, F.ASCE (2006), “Optimal Control of Open-Channel Flow Using Adjoint Sensitivity Analysis”, Journal of hydraulic engineering.
16. Fares A. (2013), “Irrigation Water Requirement Estimation Decision Support System (IWREDSS) to Estimate Crop Irrigation Requirement for Consumptive Use Permitting In Hawaii”, University of Hawai`i at Mānoa, 1910 East-West Road, Honolulu, HI 96822.
17. Gopakumar R, Mujumdar. P. P (2009), “A fuzzy logic based dynamic wave model inversion algorithm for canal regulation”.
18. Mike 11 (2014), A Modelling System for Rivers and Channels User Guide, DHI Water and Environment, Denmark.
19. Rowshon M. K, M. Amin S. M, Lee T. S, Shariff A. R. M (2009), “GIS-Integrated Rice Irrigation Management Information System for a River-Fed Scheme”, Water Resour Manage.
20. Rubicon water (2015), Trang thông tin điện tử <http://www.rubiconwater.com/catalogue/confluent-usa>
21. Utah State University, Trang thông tin điện tử [http://uwrl.usu.edu/sites/default/files/utah 2014 .pdf](http://uwrl.usu.edu/sites/default/files/utah%202014.pdf)

PHỤ LỤC TÍNH TOÁN

PHỤ LỤC A
KẾT QUẢ KIỂM ĐỊNH PHẦN MỀM VNIMS

**Phụ lục A 1:Kiểm nghiệm kết quả tính toán lượng bốc hơi tiềm năng ETo
từ tháng I đến tháng VI năm 2014**

Ngày	I		II		III		IV		V		VI	
	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS
1	1,70	1,700	1,57	1,574	2,31	2,306	2,09	2,087	2,59	2,591	5,65	5,647
2	1,84	1,841	1,81	1,807	1,83	1,830	2,00	2,004	3,81	3,808	6,59	6,587
3	1,43	1,434	2,11	2,111	1,60	1,600	1,95	1,950	2,86	2,860	5,08	5,077
4	2,07	2,069	3,18	3,178	1,58	1,576	2,03	2,027	4,15	4,153	5,10	5,098
5	2,17	2,168	2,83	2,828	1,55	1,549	1,93	1,934	2,78	2,783	2,27	2,268
6	1,97	1,969	2,82	2,818	1,57	1,571	2,10	2,100	2,33	2,329	3,31	3,315
7	1,61	1,614	2,97	2,968	1,60	1,600	2,54	2,538	2,11	2,109	4,19	4,188
8	1,94	1,937	1,49	1,493	1,60	1,603	2,00	1,997	3,00	3,001	4,09	4,086
9	1,43	1,432	1,60	1,596	1,61	1,605	2,03	2,026	5,55	5,551	4,95	4,949
10	1,32	1,318	1,74	1,738	1,50	1,499	2,55	2,545	5,55	5,553	3,04	3,039
11	1,26	1,263	1,66	1,659	1,67	1,668	2,18	2,177	4,81	4,811	2,35	2,354
12	1,22	1,218	1,32	1,322	1,74	1,736	2,16	2,164	3,85	3,849	2,76	2,758
13	1,50	1,503	1,64	1,644	1,70	1,705	2,32	2,323	5,63	5,628	3,60	3,600
14	2,25	2,248	2,04	2,041	1,76	1,760	2,29	2,287	6,04	6,038	3,75	3,752
15	2,07	2,073	1,55	1,546	1,71	1,712	2,91	2,912	5,72	5,721	4,44	4,443
16	2,11	2,107	1,28	1,284	1,68	1,685	2,57	2,566	4,10	4,104	4,63	4,631
17	1,38	1,380	1,34	1,342	1,72	1,720	2,27	2,266	5,55	5,554	2,89	2,889
18	2,15	2,151	1,73	1,725	1,84	1,839	2,24	2,244	4,37	4,372	3,17	3,166
19	2,11	2,112	2,00	1,997	1,85	1,850	2,17	2,169	3,94	3,936	3,60	3,596
20	1,96	1,957	2,66	2,663	1,86	1,863	2,33	2,331	4,13	4,133	5,03	5,027
21	2,56	2,564	1,51	1,514	2,18	2,177	2,35	2,353	6,49	6,491	4,30	4,296
22	1,85	1,849	1,39	1,391	1,63	1,634	2,21	2,211	6,33	6,334	2,42	2,415
23	2,17	2,166	1,43	1,428	1,61	1,611	2,21	2,207	6,60	6,598	2,30	2,304
24	2,68	2,684	1,75	1,752	2,19	2,194	2,35	2,349	5,71	5,709	2,66	2,656
25	1,34	1,342	1,62	1,615	3,16	3,158	2,40	2,396	5,48	5,476	2,75	2,745
26	1,40	1,399	1,82	1,818	2,19	2,191	4,35	4,349	3,46	3,455	5,92	5,922
27	1,77	1,774	1,63	1,635	2,35	2,352	2,23	2,234	3,90	3,897	4,84	4,839
28	1,34	1,335	1,72	1,718	2,12	2,123	2,09	2,094	4,52	4,523	3,26	3,259
29	1,60	1,605			2,10	2,102	2,13	2,126	3,04	3,037	3,44	3,443
30	2,19	2,188			2,87	2,872	2,47	2,472	5,24	5,237	2,45	2,447
31	3,02	3,018			3,26	3,257			5,11	5,106		

Phụ lục A 2: Bảng kết quả tính toán lượng bốc hơi tiềm năng ETo
từ tháng VII đến tháng XII năm 2014

Ngày	VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS	Excel	VNIMS
1	2,86	2,863	5,05	5,048	2,54	2,543	4,02	4,018	3,76	3,759	2,02	2,018
2	3,51	3,508	4,04	4,037	2,81	2,814	2,88	2,878	2,74	2,740	1,27	1,274
3	5,16	5,157	3,60	3,603	2,51	2,505	3,88	3,876	2,38	2,382	1,22	1,216
4	4,72	4,717	3,08	3,076	3,56	3,560	4,79	4,795	1,79	1,793	1,51	1,508
5	2,88	2,879	3,27	3,266	4,96	4,960	2,35	2,351	1,66	1,661	1,49	1,487
6	3,22	3,217	2,89	2,887	4,69	4,687	4,67	4,673	1,53	1,535	1,19	1,195
7	4,76	4,756	2,40	2,405	4,83	4,826	3,84	3,838	1,46	1,460	1,82	1,821
8	4,02	4,019	3,18	3,184	2,29	2,290	4,10	4,102	1,88	1,875	1,99	1,986
9	4,86	4,857	3,07	3,069	3,38	3,384	3,40	3,402	1,37	1,367	1,62	1,615
10	4,46	4,460	5,33	5,328	4,43	4,435	1,97	1,966	1,34	1,342	1,36	1,358
11	2,71	2,714	5,12	5,116	4,83	4,832	4,13	4,133	1,48	1,481	1,51	1,512
12	3,05	3,049	4,72	4,720	4,13	4,127	3,74	3,740	2,26	2,257	2,00	2,002
13	3,56	3,562	2,32	2,324	3,18	3,175	3,46	3,456	2,04	2,040	1,88	1,882
14	3,58	3,582	2,33	2,330	3,57	3,571	3,37	3,370	2,93	2,932	1,69	1,686
15	5,00	4,999	2,37	2,373	3,83	3,831	3,33	3,328	1,50	1,503	1,63	1,634
16	4,09	4,089	3,15	3,147	2,74	2,738	2,58	2,580	1,49	1,495	2,67	2,671
17	2,74	2,737	4,84	4,840	2,61	2,614	1,74	1,742	1,86	1,861	2,33	2,332
18	5,58	5,581	4,37	4,368	2,24	2,240	2,62	2,625	1,92	1,920	1,54	1,541
19	2,67	2,674	2,40	2,401	2,81	2,809	3,30	3,304	1,77	1,766	1,87	1,875
20	3,31	3,309	2,67	2,668	3,12	3,119	3,53	3,529	2,54	2,541	1,91	1,906
21	2,72	2,723	3,95	3,945	2,15	2,149	2,04	2,040	1,68	1,685	1,83	1,832
22	4,06	4,055	3,09	3,088	4,91	4,906	2,31	2,306	2,16	2,164	2,28	2,283
23	5,47	5,471	4,50	4,496	3,90	3,896	2,06	2,057	2,96	2,964	1,74	1,738
24	5,52	5,515	2,64	2,638	3,77	3,771	1,85	1,850	3,08	3,080	1,32	1,324
25	3,80	3,795	3,98	3,985	3,53	3,531	1,69	1,685	2,35	2,355	1,27	1,266
26	2,55	2,548	3,12	3,125	4,48	4,482	3,45	3,446	2,90	2,899	1,16	1,164
27	2,67	2,670	4,28	4,278	3,33	3,325	2,58	2,579	3,49	3,491	1,31	1,310
28	3,11	3,115	2,68	2,677	4,10	4,101	1,74	1,744	3,18	3,183	2,14	2,144
29	4,13	4,130			4,73	4,728	1,68	1,675	3,69	3,692	2,00	2,004
30	3,09	3,086			3,38	3,380	2,92	2,924	2,50	2,496	2,42	2,417
31	4,25	4,247			2,54	2,543			3,76	3,759		

Phụ lục A 3: Kiểm nghiệm kết quả tính toán nhu cầu tưới của các cống lấy nước mặt ruộng tại cống kênh Tây năm 2014

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
15/1/2014	28,66	28,66	0,000	0,000	0,000	0,000
16/1/2014	58,28	58,28	0,000	0,001	0,001	0,000
17/1/2014	57,25	57,25	0,000	0,001	0,001	0,000
18/1/2014	118,96	118,96	0,000	0,001	0,001	0,000
19/1/2014	146,01	146,01	0,000	0,002	0,002	0,000
20/1/2014	162,38	162,38	0,000	0,002	0,002	0,000
21/1/2014	248,11	248,11	0,000	0,003	0,003	0,000
22/1/2014	204,50	204,50	0,000	0,002	0,002	0,000
23/1/2014	269,58	269,58	0,000	0,003	0,003	0,000
24/1/2014	371,07	371,07	0,000	0,004	0,004	0,000
25/1/2014	209,65	209,65	0,000	0,002	0,002	0,000
26/1/2014	243,78	243,78	0,000	0,003	0,003	0,000
27/1/2014	340,97	340,97	0,000	0,004	0,004	0,000
28/1/2014	280,61	280,61	0,000	0,003	0,003	0,000
29/1/2014	366,08	366,08	0,000	0,004	0,004	0,000
30/1/2014	547,44	547,44	0,000	0,006	0,006	0,000
31/1/2014	821,96	821,96	0,000	0,010	0,010	0,000
1/2/2014	463,63	463,63	0,000	0,005	0,005	0,000
2/2/2014	572,21	572,21	0,000	0,007	0,007	0,000
3/2/2014	715,03	715,03	0,000	0,008	0,008	0,000
4/2/2014	12570,95	12570,95	0,000	0,145	0,145	0,000
5/2/2014	18792,26	18792,26	0,000	0,218	0,218	0,000
6/2/2014	19413,16	19413,16	0,000	0,225	0,225	0,000
7/2/2014	18517,08	18517,08	0,000	0,214	0,214	0,000
8/2/2014	20305,58	20305,58	0,000	0,235	0,235	0,000
9/2/2014	20877,24	20877,24	0,000	0,242	0,242	0,000
10/2/2014	18694,24	18694,24	0,000	0,216	0,216	0,000
11/2/2014	19229,99	19229,99	0,000	0,223	0,223	0,000
12/2/2014	15014,33	15014,33	0,000	0,174	0,174	0,000
13/2/2014	17858,01	17858,01	0,000	0,207	0,207	0,000
14/2/2014	9014,25	9014,25	0,000	0,104	0,104	0,000
15/2/2014	13598,73	13591,61	0,052	0,157	0,157	0,052
16/2/2014	15661,26	15661,27	0,000	0,181	0,181	0,000
17/2/2014	15573,91	15573,91	0,000	0,180	0,180	0,000

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
18/2/2014	13380,57	13380,57	0,000	0,155	0,155	0,000
19/2/2014	19443,71	19443,71	0,000	0,225	0,225	0,000
20/2/2014	19928,55	19928,55	0,000	0,231	0,231	0,000
21/2/2014	11204,98	11204,98	0,000	0,130	0,130	0,000
22/2/2014	17057,97	17057,97	0,000	0,197	0,197	0,000
23/2/2014	20875,46	20875,46	0,000	0,242	0,242	0,000
24/2/2014	11942,99	11942,99	0,000	0,138	0,138	0,000
25/2/2014	8901,19	8901,19	0,000	0,103	0,103	0,000
26/2/2014	5023,52	5023,52	0,000	0,058	0,058	0,000
27/2/2014	8504,65	8504,65	0,000	0,098	0,098	0,000
28/2/2014	4269,84	4269,84	0,000	0,049	0,049	0,000
1/3/2014	8413,56	8413,56	0,000	0,097	0,097	0,000
2/3/2014	7503,41	7502,70	0,009	0,087	0,087	0,009
3/3/2014	132,21	132,21	0,000	0,002	0,002	0,000
4/3/2014	4285,66	4285,66	0,000	0,050	0,050	0,000
5/3/2014	6438,28	6435,08	0,050	0,075	0,074	0,050
6/3/2014	6987,41	6986,26	0,016	0,081	0,081	0,016
7/3/2014	7135,21	7135,21	0,000	0,083	0,083	0,000
8/3/2014	7213,48	7213,48	0,000	0,083	0,083	0,000
9/3/2014	7258,09	7258,09	0,000	0,084	0,084	0,000
10/3/2014	2445,29	2445,29	0,000	0,028	0,028	0,000
11/3/2014	7262,14	7262,14	0,000	0,084	0,084	0,000
12/3/2014	4170,79	4170,80	0,000	0,048	0,048	0,000
13/3/2014	7152,69	7152,68	0,000	0,083	0,083	0,000
14/3/2014	7621,55	7621,54	0,000	0,088	0,088	0,000
15/3/2014	7756,85	7756,85	0,000	0,090	0,090	0,000
16/3/2014	7524,14	7524,14	0,000	0,087	0,087	0,000
17/3/2014	7644,75	7644,75	0,000	0,088	0,088	0,000
18/3/2014	8020,76	8020,76	0,000	0,093	0,093	0,000
19/3/2014	8076,14	8076,15	0,000	0,093	0,093	0,000
20/3/2014	8138,13	8138,13	0,000	0,094	0,094	0,000
21/3/2014	6,33	6,36	0,483	0,000	0,000	0,483
22/3/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
23/3/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
24/3/2014	1653,75	1653,84	0,006	0,019	0,019	0,006
25/3/2014	11594,81	11594,84	0,000	0,134	0,134	0,000

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
26/3/2014	8998,83	8999,14	0,003	0,104	0,104	0,003
27/3/2014	9627,21	9582,68	0,465	0,111	0,111	0,465
28/3/2014	8850,31	8888,33	0,428	0,102	0,103	0,428
29/3/2014	8815,71	8815,71	0,000	0,102	0,102	0,000
30/3/2014	11107,45	11107,45	0,000	0,129	0,129	0,000
31/3/2014	11963,24	11963,24	0,000	0,138	0,138	0,000
1/4/2014	5,42	5,45	0,564	0,000	0,000	0,564
2/4/2014	40,29	40,32	0,076	0,000	0,000	0,076
3/4/2014	417,71	419,21	0,359	0,005	0,005	0,359
4/4/2014	982,77	984,28	0,153	0,011	0,011	0,153
5/4/2014	2201,59	2201,59	0,000	0,025	0,025	0,000
6/4/2014	2552,49	2552,49	0,000	0,030	0,030	0,000
7/4/2014	7119,17	7098,98	0,284	0,082	0,082	0,284
8/4/2014	7578,55	7548,18	0,402	0,088	0,087	0,402
9/4/2014	7453,43	7417,36	0,486	0,086	0,086	0,486
10/4/2014	8702,69	8653,53	0,568	0,101	0,100	0,568
11/4/2014	7822,41	7767,51	0,707	0,091	0,090	0,707
12/4/2014	7755,28	7693,02	0,809	0,090	0,089	0,809
13/4/2014	8189,70	8120,26	0,855	0,095	0,094	0,855
14/4/2014	8113,87	8042,11	0,892	0,094	0,093	0,892
15/4/2014	9765,76	9674,45	0,944	0,113	0,112	0,944
16/4/2014	8862,44	8779,10	0,949	0,103	0,102	0,949
17/4/2014	8001,14	7934,71	0,837	0,093	0,092	0,837
18/4/2014	9161,46	9090,47	0,781	0,106	0,105	0,781
19/4/2014	8968,99	8902,53	0,746	0,104	0,103	0,746
20/4/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
21/4/2014	1191,01	1191,01	0,000	0,014	0,014	0,000
22/4/2014	2893,42	2893,85	0,015	0,033	0,033	0,015
23/4/2014	8810,65	8698,38	1,291	0,102	0,101	1,291
24/4/2014	120,73	120,73	0,000	0,001	0,001	0,000
25/4/2014	1326,72	1326,72	0,000	0,015	0,015	0,000
26/4/2014	9130,71	8963,41	1,867	0,106	0,104	1,867
27/4/2014	9365,00	9294,48	0,759	0,108	0,108	0,759
28/4/2014	1894,16	1894,16	0,000	0,022	0,022	0,000
29/4/2014	3395,17	3395,17	0,000	0,039	0,039	0,000
30/4/2014	10489,74	10489,93	0,002	0,121	0,121	0,002

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
1/5/2014	11551,05	11346,15	1,806	0,134	0,131	1,806
2/5/2014	14817,73	14650,99	1,138	0,172	0,170	1,138
3/5/2014	12352,71	12219,25	1,092	0,143	0,141	1,092
4/5/2014	11025,64	10884,40	1,298	0,128	0,126	1,298
5/5/2014	6372,66	6321,22	0,814	0,074	0,073	0,814
6/5/2014	10492,74	10380,16	1,085	0,121	0,120	1,085
7/5/2014	10125,24	10032,54	0,924	0,117	0,116	0,924
8/5/2014	9008,89	8928,35	0,902	0,104	0,103	0,902
9/5/2014	19477,31	19360,53	0,603	0,225	0,224	0,603
10/5/2014	16924,93	16848,16	0,456	0,196	0,195	0,456
11/5/2014	14437,43	14393,09	0,308	0,167	0,167	0,308
12/5/2014	7298,69	7280,95	0,244	0,084	0,084	0,244
13/5/2014	15176,92	15176,92	0,000	0,176	0,176	0,000
14/5/2014	15496,13	15496,13	0,000	0,179	0,179	0,000
15/5/2014	14252,20	14252,20	0,000	0,165	0,165	0,000
16/5/2014	10372,79	10404,94	0,309	0,120	0,120	0,309
17/5/2014	12860,50	12845,12	0,120	0,149	0,149	0,120
18/5/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
19/5/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
20/5/2014	29,79	29,91	0,411	0,000	0,000	0,411
21/5/2014	3012,33	3005,21	0,237	0,035	0,035	0,237
22/5/2014	9731,15	9731,24	0,001	0,113	0,113	0,001
23/5/2014	9102,03	9102,04	0,000	0,105	0,105	0,000
24/5/2014	7138,51	7138,51	0,000	0,083	0,083	0,000
25/5/2014	6060,08	6060,08	0,000	0,070	0,070	0,000
26/5/2014	972,07	972,07	0,000	0,011	0,011	0,000
27/5/2014	3194,81	3194,81	0,000	0,037	0,037	0,000
28/5/2014	1363,19	1363,19	0,000	0,016	0,016	0,000
29/5/2014	1683,42	1696,04	0,744	0,019	0,020	0,744
30/5/2014	1885,62	1885,62	0,000	0,022	0,022	0,000
31/5/2014	948,40	948,40	0,000	0,011	0,011	0,000
1/6/2014	62,46	62,46	0,000	0,001	0,001	0,000
2/6/2014	36,43	36,43	0,000	0,000	0,000	0,000
3/6/2014	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000

Phụ lục A 4: Kiểm nghiệm kết quả tính toán nhu cầu tưới của các công lấy nước mặt
ruộng tại công Cầu Nhuế năm 2014

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
15/1/2014	311	310,73	0,000	0,004	0,004	0,000
16/1/2014	632	631,87	0,000	0,007	0,007	0,000
17/1/2014	621	620,78	0,000	0,007	0,007	0,000
18/1/2014	1.290	1.289,76	0,000	0,015	0,015	0,000
19/1/2014	1.583	1.583,05	0,000	0,018	0,018	0,000
20/1/2014	1.761	1.760,54	0,000	0,020	0,020	0,000
21/1/2014	2.690	2.690,12	0,000	0,031	0,031	0,000
22/1/2014	2.217	2.217,25	0,000	0,026	0,026	0,000
23/1/2014	2.923	2.922,92	0,000	0,034	0,034	0,000
24/1/2014	4.023	4.023,27	0,000	0,047	0,047	0,000
25/1/2014	2.273	2.273,08	0,000	0,026	0,026	0,000
26/1/2014	2.643	2.643,1	0,000	0,031	0,031	0,000
27/1/2014	3.697	3.696,9	0,000	0,043	0,043	0,000
28/1/2014	3.043	3.042,5	0,000	0,035	0,035	0,000
29/1/2014	3.969	3.969,17	0,000	0,046	0,046	0,000
30/1/2014	5.936	5.935,5	0,000	0,069	0,069	0,000
31/1/2014	8.912	8.911,95	0,000	0,103	0,103	0,000
1/2/2014	5.027	5.026,86	0,000	0,058	0,058	0,000
2/2/2014	6.204	6.204,07	0,000	0,072	0,072	0,000
3/2/2014	7.753	7.752,56	0,000	0,090	0,090	0,000
4/2/2014	136.298	136.298,3	0,000	1,578	1,578	0,000
5/2/2014	203.752	203.751,77	0,000	2,358	2,358	0,000
6/2/2014	210.484	210.483,76	0,000	2,436	2,436	0,000
7/2/2014	200.768	200.768,25	0,000	2,324	2,324	0,000
8/2/2014	220.160	220.159,68	0,000	2,548	2,548	0,000
9/2/2014	226.358	226.357,85	0,000	2,620	2,620	0,000
10/2/2014	202.689	202.689,04	0,000	2,346	2,346	0,000
11/2/2014	208.498	208.497,77	0,000	2,413	2,413	0,000
12/2/2014	162.790	162.790,22	0,000	1,884	1,884	0,000
13/2/2014	193.622	193.622,39	0,000	2,241	2,241	0,000
14/2/2014	97.735	97.735,41	0,000	1,131	1,131	0,000
15/2/2014	147.442	147.364,63	0,052	1,707	1,706	0,052
16/2/2014	169.805	169.804,54	0,000	1,965	1,965	0,000
17/2/2014	168.857	168.857,37	0,000	1,954	1,954	0,000
18/2/2014	145.077	145.076,51	0,000	1,679	1,679	0,000

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
19/2/2014	210.815	210.814,99	0,000	2,440	2,440	0,000
20/2/2014	216.072	216.071,86	0,000	2,501	2,501	0,000
21/2/2014	121.488	121.488,	0,000	1,406	1,406	0,000
22/2/2014	184.948	184.948,1	0,000	2,141	2,141	0,000
23/2/2014	226.338	226.338,49	0,000	2,620	2,620	0,000
24/2/2014	129.490	129.489,79	0,000	1,499	1,499	0,000
25/2/2014	96.510	96.509,58	0,000	1,117	1,117	0,000
26/2/2014	54.467	54.466,62	0,000	0,630	0,630	0,000
27/2/2014	92.210	92.210,21	0,000	1,067	1,067	0,000
28/2/2014	46.295	46.295,01	0,000	0,536	0,536	0,000
1/3/2014	91.223	91.222,53	0,000	1,056	1,056	0,000
2/3/2014	81.354	81.346,71	0,009	0,942	0,942	0,009
3/3/2014	1.433	1.433,41	0,000	0,017	0,017	0,000
4/3/2014	46.467	46.466,55	0,000	0,538	0,538	0,000
5/3/2014	69.806	69.771,19	0,050	0,808	0,808	0,050
6/3/2014	75.760	75.747,27	0,016	0,877	0,877	0,016
7/3/2014	77.362	77.362,31	0,000	0,895	0,895	0,000
8/3/2014	78.211	78.210,88	0,000	0,905	0,905	0,000
9/3/2014	78.695	78.694,54	0,000	0,911	0,911	0,000
10/3/2014	26.513	26.512,67	0,000	0,307	0,307	0,000
11/3/2014	78.739	78.738,53	0,000	0,911	0,911	0,000
12/3/2014	45.221	45.221,12	0,000	0,523	0,523	0,000
13/3/2014	77.552	77.551,72	0,000	0,898	0,898	0,000
14/3/2014	82.635	82.635,27	0,000	0,956	0,956	0,000
15/3/2014	84.102	84.102,24	0,000	0,973	0,973	0,000
16/3/2014	81.579	81.579,16	0,000	0,944	0,944	0,000
17/3/2014	82.887	82.886,84	0,000	0,959	0,959	0,000
18/3/2014	86.964	86.963,68	0,000	1,007	1,007	0,000
19/3/2014	87.564	87.564,2	0,000	1,013	1,013	0,000
20/3/2014	88.236	88.236,27	0,000	1,021	1,021	0,000
21/3/2014	69	68,98	0,485	0,001	0,001	0,483
22/3/2014	0	0	0	0,000	0,000	0
23/3/2014	0	0	0	0,000	0,000	0
24/3/2014	17.930	17.931,49	0,006	0,208	0,208	0,006
25/3/2014	125.715	125.715,05	0,000	1,455	1,455	0,000
26/3/2014	97.568	97.571,55	0,003	1,129	1,129	0,003
27/3/2014	104.381	103.898,55	0,462	1,208	1,203	0,465

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
28/3/2014	95.958	96.370,19	0,430	1,111	1,115	0,428
29/3/2014	95.583	95.582,77	0,000	1,106	1,106	0,000
30/3/2014	120.431	120.430,6	0,000	1,394	1,394	0,000
31/3/2014	129.709	129.709,37	0,000	1,501	1,501	0,000
1/4/2014	59	59,08	0,567	0,001	0,001	0,564
2/4/2014	437	437,14	0,076	0,005	0,005	0,076
3/4/2014	4.529	4.545,26	0,360	0,052	0,053	0,359
4/4/2014	10.656	10.671,86	0,153	0,123	0,124	0,153
5/4/2014	23.870	23.870,38	0,000	0,276	0,276	0,000
6/4/2014	27.675	27.674,95	0,000	0,320	0,320	0,000
7/4/2014	77.188	76.969,42	0,284	0,893	0,891	0,284
8/4/2014	82.169	81.839,82	0,401	0,951	0,947	0,402
9/4/2014	80.813	80.421,41	0,484	0,935	0,931	0,486
10/4/2014	94.357	93.824,4	0,565	1,092	1,086	0,568
11/4/2014	84.813	84.217,86	0,702	0,982	0,975	0,707
12/4/2014	84.085	83.410,19	0,803	0,973	0,965	0,809
13/4/2014	88.795	88.042,45	0,848	1,028	1,019	0,855
14/4/2014	87.973	87.195,21	0,884	1,018	1,009	0,892
15/4/2014	105.884	104.893,58	0,935	1,226	1,214	0,944
16/4/2014	96.089	95.185,81	0,940	1,112	1,102	0,949
17/4/2014	86.751	86.030,72	0,830	1,004	0,996	0,837
18/4/2014	99.332	98.561,83	0,775	1,150	1,141	0,781
19/4/2014	97.245	96.524,13	0,741	1,126	1,117	0,746
20/4/2014	0	0	0	0,000	0,000	0
21/4/2014	12.913	12.913,34	0,000	0,149	0,149	0,000
22/4/2014	31.371	31.376,08	0,015	0,363	0,363	0,015
23/4/2014	95.528	94.310,67	1,274	1,106	1,092	1,291
24/4/2014	1.309	1.308,94	0,000	0,015	0,015	0,000
25/4/2014	14.385	14.384,77	0,000	0,166	0,166	0,000
26/4/2014	98.998	97.184,17	<u>1,832</u>	1,146	1,125	<u>1,867</u>
27/4/2014	101.538	100.773,72	0,753	1,175	1,166	0,759
28/4/2014	20.537	20.537,14	0,000	0,238	0,238	0,000
29/4/2014	36.812	36.811,56	0,000	0,426	0,426	0,000
30/4/2014	113.733	113.735,22	0,002	1,316	1,316	0,002
1/5/2014	125.240	123.018,69	1,774	1,450	1,424	1,806
2/5/2014	160.659	158.850,81	1,125	1,859	1,839	1,138
3/5/2014	133.932	132.485,09	1,080	1,550	1,533	1,092

Ngày	m (m ³)		Sai số(%)	q (m ³ /s)		Sai số(%)
	Excel	VNIMS		Excel	VNIMS	
4/5/2014	119.544	118.012,21	1,281	1,384	1,366	1,298
5/5/2014	69.094	68.536,7	0,807	0,800	0,793	0,814
6/5/2014	113.766	112.545,06	1,073	1,317	1,303	1,085
7/5/2014	109.781	108.776,02	0,916	1,271	1,259	0,924
8/5/2014	97.677	96.804,09	0,894	1,131	1,120	0,902
9/5/2014	211.179	209.913,13	0,600	2,444	2,430	0,603
10/5/2014	183.506	182.673,21	0,454	2,124	2,114	0,456
11/5/2014	156.535	156.054,57	0,307	1,812	1,806	0,308
12/5/2014	79.135	78.942,4	0,243	0,916	0,914	0,244
13/5/2014	164.553	164.553,15	0,000	1,905	1,905	0,000
14/5/2014	168.014	168.014,12	0,000	1,945	1,945	0,000
15/5/2014	154.527	154.526,96	0,000	1,789	1,789	0,000
16/5/2014	112.465	112.813,77	0,310	1,302	1,306	0,309
17/5/2014	139.438	139.270,91	0,120	1,614	1,612	0,120
18/5/2014	0	0	0	0,000	0,000	0
19/5/2014	0	0	0	0,000	0,000	0
20/5/2014	323	324,33	0,413	0,004	0,004	0,411
21/5/2014	32.661	32.583,45	0,236	0,378	0,377	0,237
22/5/2014	105.508	105.509,27	0,001	1,221	1,221	0,001
23/5/2014	98.687	98.687,22	0,000	1,142	1,142	0,000
24/5/2014	77.398	77.398,03	0,000	0,896	0,896	0,000
25/5/2014	65.705	65.705,38	0,000	0,760	0,760	0,000
26/5/2014	10.540	10.539,53	0,000	0,122	0,122	0,000
27/5/2014	34.639	34.639,14	0,000	0,401	0,401	0,000
28/5/2014	14.780	14.780,1	0,000	0,171	0,171	0,000
29/5/2014	18.252	18.389,04	0,750	0,211	0,213	0,744
30/5/2014	20.445	20.444,56	0,000	0,237	0,237	0,000
31/5/2014	10.283	10.282,9	0,000	0,119	0,119	0,000
1/6/2014	677	677,25	0,000	0,008	0,008	0,000
2/6/2014	395	394,97	0,000	0,005	0,005	0,000
3/6/2014	311	310,73	0,000	0,004	0,004	0,000

Phụ lục A 5: Bảng kiểm nghiệm lưu lượng yêu cầu tại các điểm phân phối trên hệ thống Áp Bắc – Nam Hồng

Ngày	TB Nam Hồng			TB Áp Bắc		
	Excel	VNIMS	Sai số	Excel	VNIMS	Sai số
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%
04/02/2014	3,222	3,22	0.00	6,667	6,67	0.00
05/02/2014	3,222	3,22	0.00	6,667	6,67	0.00
06/02/2014	3,222	3,22	0.00	6,667	6,67	0.00
07/02/2014	3,222	3,22	0.00	6,667	6,67	0.00
08/02/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
09/02/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
10/02/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
11/02/2014	3,222	3,22	0.00	3,194	3,19	0.00
12/02/2014	1,611	1,61	0.00	0,000	0,00	0.00
13/02/2014	3,222	3,22	0.00	0,000	0,00	0.00
14/02/2014	0,928	0,93	0.00	0,000	0,00	0.00
15/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
16/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
17/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
18/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
19/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
20/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
21/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
22/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
23/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
24/02/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
25/02/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
26/02/2014	1,611	1,61	0.00	4,444	4,44	0.00
27/02/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
28/02/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
01/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
02/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
03/03/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
04/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
05/03/2014	1,828	1,83	0.00	1,728	1,73	0.00
06/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
07/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
08/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
09/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
10/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
11/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
12/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
13/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
14/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
15/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
16/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00

Ngày	TB Nam Hồng			TB Áp Bắc		
	Excel	VNIMS	Sai số	Excel	VNIMS	Sai số
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%
17/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
18/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
19/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
20/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
21/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
22/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
23/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
24/03/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
25/03/2014	3,222	3,22	0.00	6,667	6,67	0.00
26/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
27/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
28/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
29/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
30/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
31/03/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
01/04/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
02/04/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
03/04/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
04/04/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
05/04/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
06/04/2014	0,346	0,35	0.00	1,354	1,35	0.00
07/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
08/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
09/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
10/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
11/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
12/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
13/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
14/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
15/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
16/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
17/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
18/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
19/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
20/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
21/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
22/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
23/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
24/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
25/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
26/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
27/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
28/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00

Ngày	TB Nam Hồng			TB Áp Bắc		
	Excel	VNIMS	Sai số	Excel	VNIMS	Sai số
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%	(m ³ /s)	(m ³ /s)	%
29/04/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
30/04/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
01/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
02/05/2014	3,222	3,22	0.00	4,444	4,44	0.00
03/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
04/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
05/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
06/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
07/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
08/05/2014	1,611	1,61	0.00	2,222	2,22	0.00
09/05/2014	2,448	2,45	0.00	1,853	1,85	0.00
10/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
11/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
12/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
13/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
14/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
15/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
16/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
17/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
18/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
19/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
20/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
21/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
22/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
23/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
24/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
25/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
26/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
27/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
28/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
29/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
30/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
31/05/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
01/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
02/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
03/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
04/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
05/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
06/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
07/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
08/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
09/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00
10/06/2014	0,000	0,00	0.00	0,000	0,00	0.00

PHỤ LỤC *B*
SỐ LIỆU ĐẦU VÀO

Phụ lục B1 : Nhiệt độ không khí cao nhất ngày năm 2013

Trạm: Láng

Đơn vị: °C

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	15,6	26,7	29,9	24,2	31,6	35,3	34,0	34,6	29,4	25,9	29,8	24,5
2	16,2	24,6	28,4	28,9	28,6	34,5	35,2	35,0	28,4	32,0	31,5	24,7
3	15,3	27,5	20,5	29,8	30,5	34,0	34,0	32,6	31,7	33,3	30,2	25,0
4	13,6	24,0	20,4	30,0	27,0	34,2	34,5	33,7	29,3	32,2	29,2	25,6
5	10,7	27,8	24,5	32,4	30,4	33,2	35,5	34,5	26,4	30,9	30,2	25,4
6	12,9	28,5	25,7	29,5	31,7	34,5	35,9	33,7	25,4	31,7	29,0	25,4
7	12,5	29,2	26,8	24,2	30,4	35,3	35,2	33,8	29,0	32,7	28,0	24,5
8	12,4	26,7	27,3	23,6	31,6	38,1	34,8	26,7	28,8	33,3	27,4	25,2
9	15,2	23,8	27,3	23,2	34,0	38,5	32,0	29,1	32,0	33,3	30,4	24,5
10	16	16,2	26,1	22,0	31,8	35,2	33,3	31,0	33,0	32,5	26,8	24,1
11	14	17,8	27,5	19,6	30,1	29,9	31,0	33,5	30,4	33,2	29,1	21,6
12	15,4	17,9	23,6	22,7	31,6	33,4	34,1	35,0	28,8	32,9	28,8	18,4
13	18,1	17,5	28,9	25,6	34,3	33,3	34,5	35,5	31,3	33,5	24,6	17,6
14	16,6	21,5	28,0	25,9	38,1	33,7	33,7	36,6	33,9	33,2	24,6	17,7
15	15,5	19,9	25,0	28,9	39,4	35,5	31,6	34,7	34,5	31,7	23,5	17,0
16	18	20,4	27,9	30,1	40,0	32,9	30,6	36,5	33,9	30,0	26,4	14,4
17	17,5	24,5	28,0	33,0	36,4	34,2	31,5	36,2	30,4	22,9	27,2	19,2
18	15,7	26,6	28,3	32,2	35,9	33,5	31,6	35,1	34,8	20,6	25,0	18,5
19	16,9	24,0	30,3	32,5	37,5	35,4	32,2	32,8	33,1	24,2	23,6	16,6
20	20,3	22,4	30,9	31,4	37,6	35,1	32,3	28,2	31,5	27,9	21,5	17,1
21	23,2	15,8	29,3	29,6	35,0	35,5	32,5	31,0	34,7	28,6	20,0	18,0
22	23,4	17,4	29,3	30,7	35,1	36,1	31,4	34,3	35,0	28,2	21,2	18,5
23	24,5	23,5	30,9	31,7	32,9	32,0	28,9	35,5	31,7	28,9	22,8	18,9
24	21,9	23,3	31,2	32,4	33,7	28,3	33,6	32,4	28,5	25,6	27,4	20,1
25	21	23,4	30,5	32,6	35,5	31,2	33,9	31,6	26,8	28,8	25,8	20,1
26	16,5	26,3	30,6	28,9	36,9	35,2	33,0	31,4	23,6	28,7	26,3	20,5
27	20,4	26,5	27,3	30,7	38,2	35,4	29,8	34,5	28,7	27,9	22,9	19,0
28	18,7	27,9	29,0	32,5	38,0	35,9	27,5	35,0	31,5	26,9	20,4	17,7
29	18,6		26,0	33,1	34,4	37,0	29,0	35,8	31,5	28,1	22,3	17,2
30	24		26,8	34,5	29,6	37,5	30,4	33,6	28,4	29,0	21,5	16,6
31	24		25,2		34,5		33,2	32,8		27,3		20,8
T.bình	17,6	23,3	27,5	28,9	33,9	34,5	32,6	33,4	30,5	29,5	25,9	20,5

Phụ lục B2 : Nhiệt độ không khí cao nhất ngày năm 2014

Trạm: Láng

Đơn vị: °C

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	21,7	23,0	25,9	28,2	28,7	36,8	31,8	35,3	30,2	34,9	32,4	27,2
2	24	23,9	24,1	25,2	31,5	38,4	33,5	35,0	30,5	33,8	30,1	22,3
3	23	26,1	22,4	25,3	29,4	36,5	35,5	34,5	29,9	35,0	23,3	20,6
4	24,2	27,1	20,3	25,5	32,5	37,2	36,2	34,0	33,5	35,2	24,4	21,3
5	24	26,4	18,9	24,5	29,3	31,5	34,3	32,0	34,2	31,5	26,1	19,7
6	25,3	27,2	19,4	26,8	25,6	32,7	33,0	31,0	34,6	31,2	24,6	18,1
7	26	28,2	19,4	26,5	26,0	33,6	34,6	31,2	34,7	32,0	23,0	19,7
8	25,7	24,0	20,0	24,6	30,0	34,2	34,5	34,6	32,2	31,5	23,2	22,3
9	19	18,8	17,5	26,0	36,2	36,2	35,8	32,2	34,2	32,0	21,6	22,2
10	18,5	15,5	15,8	28,9	38,8	35,2	35,5	37,0	35,0	30,5	21,2	20,3
11	17,8	13,2	20,8	27,5	37,2	30,0	31,7	38,0	35,9	31,7	22,4	19,2
12	17,7	12,4	21,5	27,5	34,4	30,6	31,7	36,0	33,7	32,1	24,2	17,8
13	16	14,0	21,3	29,5	36,7	32,2	33,4	30,8	33,7	30,3	23,8	18,6
14	18,9	14,5	19,9	28,3	39,2	29,5	32,0	29,1	33,7	29,2	25,6	21,0
15	19,5	15,8	20,8	30,3	36,2	33,7	34,3	30,2	34,7	29,9	23,5	22,0
16	20,8	15,7	20,2	29,1	34,4	36,5	33,7	31,5	32,1	30,6	22,5	19,6
17	18,5	16,6	20,7	28,5	36,5	32,8	31,7	35,7	30,7	27,0	23,7	20,1
18	21,9	17,0	23,5	28,8	36,0	33,7	35,0	35,3	29,9	31,0	21,5	20,2
19	21,7	13,9	24,5	28,2	34,6	37,0	32,7	33,2	32,6	31,0	23,2	21,5
20	21,2	18,2	23,9	28,2	33,2	38,4	33,4	29,6	32,5	32,1	25,5	22,2
21	22	16,6	22,3	29,0	37,8	37,6	32,1	32,9	29,1	31,7	26,7	19,8
22	21,2	16,5	16,2	27,7	39,7	34,6	33,7	32,0	32,8	29,4	28,2	19,7
23	21,5	17,3	17,2	28,7	39,0	31,2	35,6	33,2	32,5	27,8	29,1	22,2
24	23,5	22,2	24,0	30,1	36,6	32,2	36,2	31,0	33,0	26,5	30,0	20,0
25	19,4	22,0	26,7	30,0	35,8	34,6	35,7	33,5	33,3	27,4	29,6	22,5
26	22,3	22,7	25,6	33,0	34,0	38,0	31,9	31,5	34,3	31,4	29,9	20,5
27	24,3	21,4	25,7	29,0	34,7	37,5	31,0	33,4	33,2	31,0	31,7	18,4
28	22,3	22,8	27,8	25,7	34,2	33,4	31,9	30,1	34,3	28,2	31,3	20,4
29	22,5		27,2	25,6	33,2	34,0	33,3	28,2	34,8	27,6	32,0	22,7
30	24,5		29,5	25,6	36,0	32,1	31,7	32,6	34,7	31,8	30,7	22,5
31	26,2		30,5		35,9		35,0	34,2		32,6		23,2
T.B	21,8	19,8	22,4	27,7	34,3	34,4	33,6	32,9	33,0	30,9	26,2	20,9

Phụ lục B3: Nhiệt độ không khí thấp nhất ngày năm 2013

Trạm: Láng

Đơn vị: °C

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	12,8	20,0	23,8	21,2	22,1	27,4	26,0	26,7	24,5	23,0	23,2	18,1
2	14,0	20,6	20,5	23,0	22,0	27,4	27,5	25,8	26,0	23,3	22,5	15,4
3	13,4	18,3	16,3	23,9	24,4	25,2	26,3	24,7	27,1	24,7	23,4	15,5
4	10,5	20,0	17,4	24,4	21,8	26,6	27,5	25,6	24,1	24,6	22,2	16,0
5	8,7	20,5	17,2	25,8	22,7	27,2	28,5	27,5	22,9	24,8	22,4	16,5
6	9,0	22,1	16,5	21,6	23,0	27,6	28,6	27,6	22,0	25,7	23,7	17,2
7	10,1	23,0	19,0	20,4	23,2	26,2	25,0	25,0	22,8	23,0	23,8	16,5
8	10,5	22,6	20,2	18,7	25,1	25,0	26,9	23,8	24,2	22,7	24,7	17,2
9	11,2	13,5	21,0	18,8	26,0	29,8	26,8	24,3	24,6	23,0	24,0	18,8
10	12,5	12,0	21,3	18,5	25,0	25,0	27,4	26,0	25,1	24,2	24,2	17,5
11	11,9	14,9	22,5	17,6	25,9	25,1	28,3	26,0	26,2	25,0	22,3	18,4
12	11,3	15,9	21,7	18,3	25,2	24,9	27,5	26,8	25,3	25,7	21,6	16,7
13	9,8	14,1	22,3	18,6	26,3	24,0	26,7	27,5	25,5	26,0	20,5	15,7
14	12,9	16,5	22,7	19,2	27,6	25,0	27,4	28,2	25,0	26,2	21,1	15,0
15	13,9	17,4	22,4	20,3	28,9	26,4	27,1	27,8	26,8	26,6	20,5	14,4
16	14,8	15,5	22,6	22,9	30,2	28,1	26,7	29,5	26,3	22,9	19,0	11,2
17	15,7	16,6	24,1	23,3	25,8	27,7	24,0	27,7	26,9	20,5	21,5	11,0
18	13,7	20,0	24,0	25,2	26,4	28,2	25,0	25,4	26,6	19,6	20,4	10,6
19	13,1	21,8	23,6	25,1	28,0	28,5	26,1	26,8	27,3	20,4	19,5	9,6
20	15,0	14,8	25,2	26,0	29,2	29,2	26,2	25,4	24,4	20,2	19,2	9,2
21	16,9	13,7	24,8	26,5	25,5	28,4	26,6	25,7	25,4	21,0	17,5	10,5
22	18,9	13,7	24,7	24,9	26,5	29,2	26,5	24,7	26,6	22,4	18,7	10,2
23	17,8	16,1	24,6	26,0	27,2	26,6	25,5	27,1	27,6	23,0	19,8	10,3
24	17,5	17,2	24,8	24,1	26,1	25,2	25,5	26,1	24,8	22,4	21,7	12,3
25	16,5	18,7	24,6	26,2	25,8	26,4	26,5	26,0	23,6	19,8	20,3	11,4
26	15,1	20,0	25,5	23,3	26,0	26,6	27,6	26,2	21,5	19,5	19,8	11,3
27	15,6	22,0	22,2	24,2	29,0	28,3	25,0	26,2	21,9	20,0	17,6	12,0
28	16,1	22,3	21,0	25,6	29,5	28,9	25,6	27,5	23,3	22,1	15,7	10,2
29	15,1		22,5	24,7	27,0	28,7	25,7	28,0	22,9	22,4	17,7	10,3
30	17,5		21,0	26,4	25,3	28,2	25,7	28,0	24,5	23,1	17,0	11,0
31	19,9		20,3		25,4		26,0	25,6		24,0		10,5
T.B	21,8	19,8	22,4	27,7	34,3	34,4	33,6	32,9	33,0	30,9	26,2	20,9

Phụ lục B4: Nhiệt độ không khí thấp nhất ngày năm 2014

Trạm: Láng

Đơn vị: °C

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	11,1	17,6	20,7	23,6	22,0	29,2	26,2	28,5	26,4	27,0	26,0	21,8
2	12,3	18,5	20,7	20,8	23,5	29,0	26,6	28,7	25,4	27,2	22,4	16,5
3	16,5	19,4	18,2	21,9	24,8	29,6	27,4	24,1	25,7	27,0	20,0	16,2
4	16,8	19,8	18,1	21,6	24,8	28,5	28,5	27,3	26,1	27,0	19,4	16,7
5	15,2	20,3	17,6	21,1	21,0	23,8	26,2	27,5	27,2	24,0	22,4	16,5
6	18,0	20,4	17,2	20,5	20,0	27,3	27,3	27,0	27,9	24,9	20,7	16,8
7	20,1	22,0	18,4	20,5	22,4	25,7	27,5	27,6	27,0	23,1	20,0	14,4
8	19,0	16,6	17,5	22,0	23,4	25,5	25,6	27,5	28,4	22,7	18,5	17,4
9	16,1	15,5	15,1	22,2	25,5	27,5	29,2	24,7	26,5	23,8	18,5	17,8
10	13,9	12,2	14,3	23,5	28,5	27,2	27,6	27,6	28,4	24,7	19,3	17,0
11	15,2	9,6	14,5	24,3	28,5	26,9	27,4	29,8	28,4	23,9	20,4	16,9
12	15,7	9,9	17,5	24,2	27,5	25,2	27,2	30,6	28,7	23,7	19,2	15,5
13	14,1	9,3	19,9	24,8	26,5	24,9	26,5	24,9	28,0	23,5	20,1	14,2
14	9,6	11,3	17,0	25,2	28,3	24,5	26,9	25,0	28,1	23,4	19,8	14,1
15	10,5	13,3	16,0	25,1	28,4	25,3	27,4	26,1	27,4	22,5	20,0	14,0
16	11,1	12,1	16,4	25,5	28,4	29,0	27,1	26,2	28,1	23,9	19,5	17,2
17	15,2	14,0	18,5	25,4	27,8	28,5	26,7	25,6	24,7	24,7	19,9	13,7
18	13,1	13,6	19,7	25,0	25,5	27,8	27,0	28,6	26,1	24,0	18,4	12,2
19	12,5	11,2	21,1	25,4	25,5	25,7	27,3	26,3	26,2	23,8	17,8	12,7
20	13,8	10,5	21,5	25,0	27,0	29,9	25,6	25,5	26,5	24,6	17,2	12,8
21	13,5	12,7	14,4	25,4	28,3	31,3	25,7	26,4	23,5	25,8	20,2	13,6
22	11,4	14,6	13,6	26,0	30,3	27,0	26,2	27,2	24,7	23,0	22,0	13,4
23	11,0	15,9	14,6	24,7	29,7	26,5	27,1	27,4	24,8	24,8	22,4	12,2
24	13,4	17,1	16,3	26,2	29,5	27,2	29,0	26,4	25,5	24,4	22,9	14,6
25	17,0	18,9	19,5	25,9	27,8	28,0	27,3	25,5	25,6	23,5	22,6	15,6
26	17,8	19,0	20,5	24,3	26,7	30,0	27,0	26,0	26,7	24,0	23,6	17,2
27	17,7	18,4	20,6	22,3	26,0	30,3	24,5	26,0	27,2	25,0	23,6	16,2
28	17,1	19,6	22,1	23,4	25,7	26,3	26,0	26,1	27,1	23,9	24,3	15,7
29	18,8		23,6	22,5	28,0	26,0	25,0	25,0	27,5	23,5	24,6	13,8
30	17,5		23,7	19,0	29,0	27,4	26,8	24,6	26,6	24,6	24,5	13,8
31	17,2		24,0		26,2		27,2	26,1		25,4		15,0
T.B	14,9	15,5	18,5	23,6	26,3	27,4	26,9	26,6	26,7	24,4	21,0	15,3

Phụ lục B5: Độ ẩm không khí tương đối max ngày năm 2013

Trạm: Láng

Đơn vị: mm

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	67	96	97	95	95	89	99	91	97	94	96	77
2	86	93	97	93	96	90	92	92	96	94	92	84
3	98	95	73	95	96	90	95	98	95	91	86	83
4	95	97	63	95	93	93	90	89	97	87	75	89
5	97	96	76	94	96	93	92	88	97	91	84	83
6	98	96	89	93	94	87	92	91	97	83	81	93
7	98	96	93	75	96	91	91	93	96	88	83	90
8	98	94	97	94	94	89	92	97	96	83	93	97
9	95	88	95	95	95	82	92	96	96	86	93	86
10	67	92	98	96	93	98	94	92	97	90	98	88
11	70	99	91	89	76	84	89	95	92	86	96	87
12	84	98	100	84	91	79	91	93	96	85	82	83
13	86	93	99	82	91	81	90	90	96	89	73	99
14	95	97	95	95	93	81	90	88	97	89	82	99
15	100	99	92	95	90	85	89	87	91	85	85	96
16	99	89	92	94	87	88	95	90	94	93	95	93
17	99	100	91	98	96	91	95	87	95	94	89	90
18	83	100	92	94	94	90	94	93	95	94	87	72
19	91	98	96	94	91	95	94	95	92	88	87	77
20	97	97	90	95	87	93	92	94	98	84	90	79
21	96	97	92	95	89	91	91	94	92	86	98	81
22	95	97	92	95	87	96	91	94	87	79	93	75
23	96	88	91	97	94	99	95	94	93	79	98	82
24	97	89	91	92	95	100	95	92	97	86	99	80
25	82	92	93	93	93	98	91	95	98	97	72	74
26	98	95	92	97	90	92	95	97	94	89	81	86
27	94	95	92	91	77	85	98	97	84	86	97	75
28	88	97	95	95	83	90	98	92	93	87	91	75
29	98		90	90	93	84	98	91	80	96	63	76
30	99		93	95	93	94	97	92	84	97	66	75
31	96		88		93		97	94		93		88
T.B	91,7	95,1	91,1	92,8	91,3	89,9	93,4	92,6	93,7	88,7	86,8	84,3

Phụ lục B6: Độ ẩm không khí tương đối max ngày năm 2014

Trạm: Láng

Đơn vị: mm

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	93	92	99	97	96	95	99	86	95	91	92	92
2	96	91	96	98	89	91	96	99	94	88	88	100
3	96	88	96	100	93	91	92	97	94	89	77	93
4	93	92	97	95	96	97	88	94	94	86	79	100
5	87	91	92	95	93	97	96	98	93	94	85	68
6	94	93	94	94	89	87	94	98	91	83	94	97
7	93	92	96	95	92	96	92	94	92	89	94	98
8	93	94	96	95	94	96	98	94	90	87	93	68
9	70	95	93	98	89	90	91	94	89	86	96	77
10	79	68	94	97	79	95	91	89	92	89	98	94
11	91	66	95	98	84	96	96	82	92	88	95	76
12	96	91	95	98	92	94	97	78	90	82	84	78
13	69	87	96	93	90	98	96	96	93	82	74	69
14	74	59	93	97	91	98	93	92	90	74	78	69
15	79	79	87	95	88	92	94	89	93	76	91	86
16	90	95	94	93	91	93	95	95	95	84	98	63
17	89	95	92	97	89	92	97	95	95	93	84	59
18	94	95	95	97	95	97	95	91	95	91	76	63
19	87	80	96	98	96	96	95	98	96	89	87	76
20	87	76	96	94	91	79	96	98	94	93	92	85
21	76	92	90	98	93	91	97	92	93	92	93	89
22	84	95	95	96	80	95	95	96	91	97	93	68
23	87	95	97	98	88	95	94	97	85	87	95	83
24	90	93	97	98	90	93	88	95	84	84	96	88
25	95	94	96	95	90	95	92	96	87	90	96	94
26	89	95	95	94	91	87	96	91	85	90	94	99
27	91	93	94	99	95	86	99	94	90	91	94	98
28	91	94	97	88	95	94	91	95	90	96	92	77
29	90		95	95	94	99	98	95	92	96	95	88
30	95		95	98	93	95	96	96	87	95	95	89
31	94		94		92		95	93		93		89
T.B	88,1	88,2	94,7	96,1	90,9	93,3	94,6	93,5	91,4	88,5	89,9	83,0

Phụ lục B7: Độ ẩm không khí tương đối min ngày năm 2013

Trạm: Láng

Đơn vị: mm

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	52	65	67	83	72	52	59	43	85	72	59	40
2	56	72	73	71	76	54	54	59	89	56	48	31
3	77	55	46	75	70	54	63	78	72	37	53	38
4	78	79	49	75	77	56	58	59	85	48	51	37
5	90	63	34	69	63	63	54	54	90	58	47	53
6	69	66	51	47	66	52	57	63	77	49	59	44
7	76	62	57	45	73	56	58	56	70	29	67	48
8	89	72	57	67	54	44	55	87	76	31	76	47
9	54	72	65	77	57	44	67	77	62	38	57	59
10	47	78	78	74	65	72	59	71	53	49	77	60
11	57	81	67	72	50	51	68	59	72	52	62	67
12	63	78	91	68	62	32	57	40	79	51	57	71
13	60	78	63	57	62	34	54	48	67	51	60	75
14	78	77	65	72	49	41	61	46	53	54	62	78
15	94	72	82	71	40	42	72	59	57	54	61	84
16	85	73	68	67	37	63	78	50	57	56	55	78
17	79	73	75	54	60	73	70	49	75	89	45	42
18	70	70	73	63	55	76	70	51	47	82	55	43
19	79	84	67	73	47	71	68	59	54	67	62	44
20	77	86	62	76	49	58	62	82	64	52	63	45
21	71	85	72	81	61	58	63	72	54	53	84	44
22	77	68	68	78	60	63	69	60	50	55	83	38
23	59	48	63	75	76	65	83	54	64	51	86	41
24	76	66	58	60	61	78	57	75	78	71	63	37
25	62	77	68	68	52	72	56	69	88	37	36	34
26	80	71	68	63	42	57	68	72	79	34	52	37
27	53	73	59	73	43	54	88	57	63	47	74	42
28	73	70	69	64	42	52	88	57	56	66	50	42
29	85		71	57	77	49	82	57	40	69	35	38
30	75		71	59	76	48	76	66	62	69	50	42
31	78		67		56		56	61		79		44
T.B	72	72	65	68	59	56	65	61	67	55	60	49

Phụ lục B8: Độ ẩm không khí tương đối min ngày năm 2014

Trạm: Láng

Đơn vị: mm

Tỉnh(TP): Hà Nội

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	44	71	73	65	64	56	73	57	71	47	58	59
2	50	66	76	76	57	48	65	64	68	55	61	76
3	57	53	90	77	74	61	57	60	73	48	59	78
4	43	54	74	64	62	54	51	62	59	45	66	55
5	51	66	70	79	66	73	74	74	58	68	72	55
6	61	63	90	67	67	68	68	74	53	43	85	68
7	65	62	91	69	75	57	58	73	43	35	86	54
8	63	87	91	87	62	62	62	60	69	42	63	41
9	60	64	78	81	45	53	54	73	58	47	82	58
10	67	56	83	74	38	63	61	53	58	56	87	75
11	79	53	72	82	44	75	72	48	54	39	79	61
12	63	66	79	83	66	71	71	55	67	39	60	50
13	58	51	91	73	56	56	65	78	68	49	57	38
14	38	43	66	79	42	75	70	68	60	48	48	42
15	41	49	66	68	58	61	57	70	54	44	69	55
16	44	78	73	76	64	54	60	73	68	57	76	47
17	63	87	83	83	57	67	73	50	74	77	66	23
18	39	56	78	82	63	62	57	58	79	53	60	24
19	41	54	79	83	61	49	75	78	64	53	58	31
20	45	34	83	77	68	43	62	72	64	53	55	37
21	23	67	66	79	47	52	67	59	65	61	61	46
22	17	87	78	83	44	84	57	69	43	58	66	40
23	36	90	85	84	46	69	49	62	38	58	59	44
24	52	76	70	79	60	68	57	73	44	63	54	59
25	76	82	64	80	62	55	64	58	48	70	56	55
26	65	76	69	62	65	44	67	66	47	55	60	86
27	57	83	70	77	63	53	68	57	63	58	53	71
28	68	82	74	76	61	69	68	68	58	73	58	47
29	68		78	77	71	66	62	83	50	80	53	34
30	59		70	65	58	68	66	58	52	59	56	45
31	35		63		61		54	53		57		39
T.B	72	72	65	68	59	56	65	61	67	55	60	49

Phụ lục B9: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng I, tháng II năm 2013

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: I								Tháng: II							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0		0		0		0		0		0	SE	2	SE	2
2		0		0		0		0	SE	1	SW	1	S	3	SSE	4
3		0		0	NE	2		0	SE	2		0		0		0
4		0	NE	2	NE	2	NE	1		0		0	SE	2	SE	2
5	NE	2	NN E	2		0		0		0		0	SW	2		0
6		0	NE	2	NW	2		0	SE	2		0	SW	3	SW	2
7		0		0	NE	2		0	SE	2		0	SE	2	SSE	3
8	E	2	NE	1		0		0		0	SW	2	SE	2	E	2
9		0		0	NE	3		0	NE	5	ENE	4	E	2		0
10		0		0	NE	1		0	NE	3		0		0		0
11		0		0	NE	3	NN E	2		0		0		0		0
12		0	NN E	2	NE	3		0		0		0	N	2	NE	2
13		0		0	NE	1		0	NE	1	ENE	2		0		0
14		0	N	1	N	1		0		0		0		0		0
15		0		0		0		0		0		0		0		0
16	N	2		0		0		0		0		0		0		0
17		0		0		0	NE	4		0		0		0		0
18	NE	1		0		0		0		0		0	SE	2	SSE	2

Tháng	Tháng: I								Tháng: II							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
19		0		0		0		0		0		0		0		0
20		0		0		0		0	NE	3	NE	3	N	2	NE	2
21		0		0		0	W	1	ENE	2	N	1	NE	1		0
22		0		0		0		0		0	N	2	N	2	N	1
23		0		0	S	3	S	3	N	1		0		0		0
24	SSE	2		0		0		0	S	2		0		0		0
25	NE	2	N	1	NW	1		0		0		0	S	1	S	1
26		0	NE	2		0		0		0		0		0		0
27		0		0	NE	2		0		0		0	SW	3	S	2
28		0		0	NE	1	ENE	3	SSE	2	SE	2	NW	2	SE	2
29		0		0		0		0								
30		0		0		0	SSE	2								
31	SW	2		0	SSE	1	SE	2								
Tổng		13		13		28		18		26		17		33		27

Phụ lục B10: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng III, tháng IV năm 2013

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: III								Tháng: IV							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	SW	2		0		0	SSE	3		0		0	SW	2		0
2		0		0		0	NE	4		0		0	NE	2	S	2
3	NE	4	ENE	3	NE	2		0	SE	1	S	1		0	SS W	2
4		0		0		0	SSE	2	SS E	3	SE	2	SE	3	E	2
5		0		0		0	SS W	2		0		0	N	1		0
6		0		0	SW	1	S	2		0	NN E	3	NE	2		0
7		0		0	SE	1		0	NN E	2	E	1	NE	2	E	1
8		0		0		0		0		0		0	SW	1		0
9		0		0	SE	2	SE	2		0		0		0	N	1
10	S	1		0		0		0		0		0	NN E	2	NE	2
11		0		0		0	ESE	2	NE	2	NE	2	N	4	N	2
12	NE	1		0		0		0	NE	1		0	SE	1	NE	1
13		0		0	S	3	S	3	NE	2		0	NE	2	SE	2
14		0		0		0	SSE	2		0		0	SW	2		0
15	SSE	2	SW	1	SW	2	S	3		0		0		0		0
16		0	SE	3	S	1	S	4	SE	1		0	S	1		0
17	SE	2		0		0	S	2		0		0		0	NN	3

Tháng	Tháng: III								Tháng: IV							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
															E	
18	S	2		0		0		0	SE	1		0	SE	1		0
19		0		0	SE	2	SE	2	E	1		0	SS W	1		0
20		0		0		0		0	SE	1		0		0	SE	2
21		0	SE	1	SW	2	SE	3		0		0	SW	1		0
22		0	SS W	2	SE	2	SW	2	ES E	2	NE	1	SE	2	SE	3
23		0		0	SE	2	SE	3	SE	2	S	1	SE	3	ESE	3
24	S	1		0	W	2	ENE	2		0	N	1		0	SW	2
25	S	2	SSE	2	SE	2	S	3		0		0	S	1	SE	1
26	S	2		0	SW	3	ESE	2	NN E	3		0	NE	1	SE	2
27	ENE	3	NN E	2		0		0		0		0	SE	2	SW	1
28	SE	2		0		0		0	S	2		0	SS W	1	SW	2
29		0	NE	3		0		0	S W	2		0		0	SSE	4
30		0		0	WS W	2		0		0		0		0		0
31	NE	2	NE	1	NE	1		0								
Tổng		26		18		30		48		26		12		38		38

Phụ lục B11: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng V, tháng VI năm 2013

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: V								Tháng: VI							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	NE	2		0	NE	1	SE	2		0		0		0	S	1
2		0	SW	1	SW	1		0	SE	1		0		0	NN E	2
3		0	NE	1		0	SE	1		0		0		0		0
4	NE	3	NE	1		0		0	S W	2		0		0		0
5	ESE	1		0	S	1		0		0		0		0	SW	2
6		0		0	SE	2		0	S	1	S	1		0		0
7		0		0	N	1	S	1		0	SW	1		0	SE	1
8	SW	1		0		0	SE	2	SE	2		0	SW	1	SE	2
9		0		0		0		0	SE	2		0		0		0
10		0		0	NW	1		0		0	N	2	W	2		0
11		0	E	1	NE	1		0	N W	1	NW	1	SE	2		0
12		0		0		0	S	2		0		0	NN W	2		0
13		0	S	1		0	S	2		0		0		0		0
14		0		0	SW	2	SW	1		0		0		0		0
15		0		0		0		0		0	N	2	NE	1		0
16	S	1		0	NE	1		0	S	1		0		0	NE	1
17		0	SW	2	E	1		0	S	2		0	SE	1	S	2

Tháng	Tháng: V								Tháng: VI							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
18		0		0		0		0	SE	1		0	SE	1	SE	2
19		0		0		0	SE	1		0		0	SE	1	SW	2
20	N	1		0		0		0	SE	1		0	N	1	SE	1
21	NE	1		0		0	SE	1		0		0	NE	1		0
22		0		0		0		0		0		0	NW	1	NE	2
23		0		0	NW	2		0		0	N	2		0	NE	2
24		0		0		0		0	N	2	NN W	2	NN W	1		0
25		0		0		0		0		0		0	SW	1		0
26		0		0	SW	1	NW	1		0		0		0	S	2
27	SE	2		0		0	S	2		0		0		0		0
28		0		0	W	1		0		0		0		0	S	1
29		0	SE	2		0		0		0		0	SE	1	SSE	2
30		0		0		0	SW	3	S	2	SW	1	W	2	SW	1
31		0		0	E	1	S	2								
Tổng		12		9		17		21		18		12		19		26

Phụ lục B12: Hướng và tốc độ gió thực đo năm VII, tháng VIII

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: VII								Tháng: VIII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	SE	1		0		0	SSE	2		0		0		0		0
2	S	2	SW	1		0	SSE	2		0		0	NW	1		0
3	SW	2		0	SE	1		0		0		0	SW	2	ESE	2
4		0		0	S	1	S	2	SE	2		0		0		0
5	S	1	SE	1		0	SW	2		0		0	SW	1	S	2
6		0		0	SW	1	SE	2		0		0	SW	2	SW	2
7	SE	1	SE	2	SW	3	SE	2		0		0	N	2	NE	2
8	ESE	2		0		0	S	1	N	2	SE	1	SE	1		0
9	SE	1	S	1	SE	1		0		0		0		0		0
10	S	2		0	SE	1	S	2		0		0		0		0
11	S	1		0		0		0		0		0		0		0
12		0	SE	1	W	1	SE	2		0		0		0		0
13	SE	2		0		0		0		0		0	N	2		0
14		0		0		0	S	2		0		0	NE	1	NE	2
15		0	S	2		0		0		0		0		0		0
16		0		0		0	SE	1		0		0	SW	1		0
17		0		0		0	E	2	NE	2		0	NW	2	ENE	3
18	SW	1	SW	1	SE	1		0	N	1		0	NW	1		0

Tháng	Tháng: VII								Tháng: VIII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
19		0		0	SW	1		0		0		0	NW	2	NW	2
20		0	N	1	W	1	SE	1		0	NW	1	NW	1		0
21		0	N	1	E	2	SW	2	N W	2		0		0		0
22		0		0		0		0		0		0		0		0
23		0	NE	2	SW	1		0		0		0	N	1		0
24		0		0	NE	2	SS W	2	E	2		0		0		0
25		0	NE	2		0	NE	1	SE	1		0		0		0
26		0		0	SW	1	SW	2	N W	1		0		0		0
27		0		0	NW	1		0		0		0		0		0
28		0		0		0		0	S	2		0		0	S	1
29		0		0	SE	1	NE	1	SE	1		0		0		0
30	NE	1		0	NW	1		0	SE	1		0		0	SW	2
31		0		0		0		0		0		0		0		0
Tæng		17		15		21		31		17		2		20		18

Phụ lục B13: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng IX, tháng X năm 2013

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: IX								Tháng: X							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0		0		0		0	N W	2	N	2	NE	2	NW	1
2		0		0		0	NE	1	NE	1	NW	1	N	1		0
3		0		0		0		0	NE	1		0	N	1		0
4		0		0		0		0		0		0	SW	1		0
5		0	NE	1		0		0		0		0		0	SSE	1
6	NE	1		0		0		0	S W	1		0	NE	1	NE	2
7		0		0	WS W	1		0		0	N	1	NE	1		0
8		0		0		0		0	N	2	NE	1	N	1		0
9		0		0	N	1		0		0	N	1		0		0
10		0		0	SE	1		0		0		0		0		0
11		0		0		0		0		0	NE	1	NE	1		0
12		0		0	NE	1		0		0		0	NW	1		0
13		0		0	SW	1		0		0	N	1	NE	1		0
14		0	NW	1	NW	1		0	S W	1		0	NE	1	NE	3
15		0		0	W	1	NE	1		0		0	ENE	2	NE	1
16		0		0	N	1	SSE	2		0	N	1	N	1	NE	1
17		0	NE	1		0	SE	1	NE	2		0	N	1	NE	2

Tháng	Tháng: IX								Tháng: X							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
18		0		0	SE	1	N	1	ENE	2	NE	1		0	NE	1
19		0	N	1	N	1		0	N	2		0		0		0
20		0		0	SE	1		0		0		0	NE	1		0
21		0		0	N	1		0		0		0	SW	2		0
22		0	NN W	2	NW	1		0	N	1	N	1	N	1		0
23	N	1		0		0		0	N	1	NE	1		0		0
24		0		0		0		0	N W	1	NW	2	NW	2		0
25	N	2		0		0		0		0	NW	2	NW	2		0
26		0	NE	1		0		0		0	NW	1		0		0
27	NE	1		0	NE	1		0	S W	1	NE	1		0		0
28		0		0	NE	1		0		0		0	SS W	1		0
29		0	N	1	NE	2		0		0	NE	1	SW	2	NN E	2
30	NE	1		0	NE	2		0	S	1	NW	1	SE	1		0
31										0		0	SS W	1	SW	2
Tổng		6		8		19		6		19		20		29		16

Phụ lục B14: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng XI, tháng XII năm 2013

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: XI								Tháng: XII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0		0		0		0	N	1		0	E	1		0
2		0		0		0		0		0	NE	1		0		0
3		0	NE	1	SW	1		0		0		0		0	SW	2
4	NE	2	NE	1	NE	1		0	N W	2		0	E	1		0
5		0		0	SW	1	S	1		0		0	SW	2		0
6		0	NE	1	NE	1		0		0		0		0		0
7		0	N	1	NE	1		0		0		0		0		0
8		0		0		0		0		0		0	SW	1	SSE	1
9		0		0		0		0	N	1		0	NW	1	NW	2
10	W	2		0		0	NW	2		0		0		0		0
11	NN E	3	NW	2	NE	2		0		0	NE	2		0	N	1
12	N	1		0		0	NE	1	NE	1	ENE	2	NE	1	NE	1
13		0		0	NW	1		0	NE	1	NE	2		0	NE	1
14		0	NE	1	NE	1	NE	1		0	N	1	NE	2		0
15	NN W	1	NE	1	NN E	1	N	2	NE	2	NE	2	N	1	NW	1
16	NW	1		0		0		0	N	2	NE	3	N	1	N	1
17		0		0	NN E	1		0		0		0	NE	2		0

Tháng	Tháng: XI								Tháng: XII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
18		0	N	1		0		0	N	2	N	2	N	1		0
19	NE	1	NE	1	N	1		0		0	N	1	NE	2		0
20		0		0		0	NE	1		0	N	1	NE	2	NN W	1
21		0	NE	1		0		0		0		0	NW	2		0
22		0		0	NW	1		0		0	NE	1	NE	1		0
23		0		0	NE	1	SW	1		0	NW	1		0		0
24		0		0		0		0		0	N	1	NW	1		0
25	NE	2		0	NE	1		0		0		0	NE	1		0
26	SE	1		0	SE	2	SE	2	N	1		0		0		0
27		0		0	NE	1	NE	1		0	NW	1	N	1	NW	2
28	NN E	2	NN E	2	NN E	1		0		0		0	SE	1		0
29		0		0	NE	1		0		0		0		0		0
30		0		0		0		0		0		0	N	1		0
31										0		0	N	1		0
Tang		16		13		20		12		13		21		27		13

Phụ lục B15: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng I, tháng II năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: I								Tháng: II							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0		0		0		0	SS W	1		0		0	S	2
2		0		0		0		0		0		0	S	2	S	1
3	SE	2		0		0		0		0		0	SW	1	SW	1
4		0		0	NE	2		0		0		0	SSE	2	SSE	4
5		0		0	SE	1	SE	2		0	S	2	SE	2	SSE	3
6		0		0	SE	2	SSE	2		0	SE	1	SE	2	ESE	4
7		0		0		0	SW	2		0	SSE	2	SE	2	SE	2
8	SE	1	SE	1	SE	2	N	1	S	3	NE	2	S	2	SE	3
9	N	2		0		0		0		0		0	NE	2	NE	2
10		0		0	N	2		0	ES E	2	NE	1	NE	1		0
11		0	N	1	NW	1	NE	1	NE	1		0	N	2	SW	1
12		0	NNW	1		0		0		0		0	NE	1	NE	2
13		0	N	1	NE	2		0	NE	1	NE	2	NE	2		0
14		0		0	N	2	N	1	NE	2	NE	2	NE	1		0
15	NE	1		0	NW	1		0		0		0	NE	2		0
16	E	2		0		0		0		0		0		0		0
17		0		0	NW	1		0		0		0	NE	1		0
18		0		0	NE	2		0		0		0	NE	3	NE	2
19		0		0	SW	1	SW	1	NE	3	NE	3	NE	2		0
20		0	N	1	NW	2		0	NE	1	N	1	NE	1	NE	1
21		0	NE	2	NE	1		0	S	2		0	NE	1		0

Tháng	Tháng: I								Tháng: II							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
									W							
22		0		0		0		0		0		0	NE	2		0
23		0		0	SE	1		0		0		0		0		0
24	SE	2		0	SW	1	SSE	2	SS E	2		0	SSE	2	SSE	1
25		0	N	1	NE	1		0		0		0		0	SE	2
26		0		0	SE	1		0	W	2		0	S	2	E	2
27		0		0		0		0	SE	1	S	1	SS W	1		0
28		0		0		0		0		0		0	S	2	SE	2
29		0		0	SE	1	SSE	2								
30		0		0	SE	1		0								
31		0		0	SSE	2	SE	2								
Tổng		10		8		30		16		21		17		41		35

Phụ lục B16: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng III, tháng IV năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: III								Tháng: IV							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	SW	2		0	SE	1	SE	1		0		0	SE	1		0
2		0		0	SE	2	SSE	2		0		0	N	1		0
3		0		0	NE	1	SE	2		0		0		0		0
4		0		0		0		0		0		0		0	S	1
5		0		0		0		0		0		0		0		0
6		0		0		0		0		0		0		0		0
7		0		0		0		0		0	SE	2		0	S	1
8		0		0		0		0	SE	1	S	2		0		0
9		0	NN E	2	NE	1		0		0		0		0	SSE	1
10		0		0	NE	1		0		0		0	SE	1	SE	3
11		0		0	W	1	NE	1		0		0	SSE	2	SE	3
12		0		0	NN E	1	NW	2	SE	2		0		0	S	3
13		0		0		0		0		0		0	SE	1	SSE	2
14		0	NE	2		0		0	S	1	SE	1	SW	1	ENE	2
15		0		0	NW	1		0	SS E	2		0	SE	1	SW	2
16		0	NE	1		0		0		0	SW	1	SE	2	SW	3
17		0		0	NE	1		0	SE	2	SE	1	SW	1	E	2
18		0		0		0	SE	2		0		0	S	1	SW	3

Tháng	Tháng: III								Tháng: IV							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
19		0		0	NE	1		0	S W	1		0		0		0
20		0		0	SE	2		0	SE	1		0	SE	1	S	2
21	ENE	2	NE	4	E	1	S	1	SE	2	SE	2	SE	2		0
22	N	2	NE	1	NE	1		0		0		0		0	SE	2
23		0		0		0		0		0	S	1		0	SE	2
24		0	N W	2		0		0	SE	1	SE	1	SE	1	S	1
25		0		0	S	2	SSE	2		0	E	1	SE	2	S	2
26		0		0	SW	1	SSE	3		0	SW	1	N	1		0
27	SSE	2	SS E	2	SE	2	SSE	2	SE	2	E	1		0		0
28		0	E	1		0	SE	1		0		0		0		0
29	SE	2		0		0	W	1		0		0	N	1		0
30	SS W	1	SS E	1	SE	2		0	N W	2	NE	2		0		0
31	SE	2		0	N	2	S	1								
Tổng		13		16		24		21		17		16		20		35

Phụ lục B17: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng V, tháng VI năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: V								Tháng: VI							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0		0		0	S	1	SE	2	SE	1	SW	1	SE	2
2		0		0	N	2	E	3	SE	3	SE	3		0	SSE	3
3		0		0		0	E	1		0		0	SE	1		0
4	E	1		0		0	SE	2	SE	1		0		0	NW	6
5	N	3	N	2	N	2	SW	1		0		0		0		0
6	NE	2		0		0		0	SE	1	SE	1	SW	2	SW	1
7		0		0		0		0		0		0	N	2		0
8	W	1	SW	1	SW	1	SE	3		0		0		0	SE	2
9	S	3		0	SE	1	SE	1		0		0	SE	1		0
10		0		0	SW	2		0		0		0		0	SE	2
11		0		0	N	2		0		0		0	SE	1		0
12	SE	1	NE	1	SSE	3	SE	2		0	NW	2	NW	2	NE	2
13		0		0		0	SSE	4	N W	1	N	1	N	2		0
14	SE	1		0		0	SSE	2		0		0	NW	2	NW	2
15		0		0		0	SS W	2		0		0	SE	2		0

Tháng	Tháng: V								Tháng: VI							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
16	SE	1	N	1		0	SE	1		0		0	SE	1	SE	2
17	SE	1	SE	1		0	ESE	3	SE	1		0	SW	2		0
18	SE	1		0		0		0		0		0		0		0
19		0	SE	2		0	ESE	2		0		0		0		0
20	NW	2		0	SE	1	SE	2		0		0	W	2		0
21	SE	1	S	1	SE	2	SSE	2	S W	2		0	NW	2		0
22	SE	2	S	1		0	SE	2		0		0	N	1		0
23	SE	1	SSE	1	SE	1	SE	3		0		0		0		0
24	SE	3	SE	2	N	2	SE	2		0		0	NE	1	SE	1
25	SE	2		0	SE	1	SE	3	S	1		0		0		0
26	SE	1		0	ESE	2		0	E	2		0	SW	1		0
27		0	SE	2	E	2		0		0		0		0		0
28	SE	1		0		0		0	W	1	W	1	NW	1		0
29		0	SE	2	SE	2	SW	2		0		0	S	2	SE	2
30	SW	1	SW	1	SE	1		0		0		0		0		0
31	S	1	SW	2	SE	1	SE	1								
Tổng		30		20		28		45		15		9		29		25

Phụ lục B18: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng VII, tháng VIII năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: VII								Tháng: VIII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	N	1	N	1	SE	1		0	SS E	2		0		0	ESE	2
2		0		0		0		0	S	1		0		0	SE	2
3	SE	1	E	1		0	SW	1	N	1		0	NW	2	S	2
4		0	SE	1	SE	1		0		0		0		0	SE	2
5	SE	3		0		0		0		0		0	SW	2		0
6		0		0	N	1	SE	3		0		0	SE	1		0
7		0	SW	1	W	1		0		0		0	S	2		0
8		0		0		0		0		0		0	W	1		0
9	SSE	1	SE	1	SE	1		0	NN W	3		0		0		0
10	SW	1		0		0	SW	1		0		0	NW	1	SE	1
11		0		0		0	SE	2		0		0	S	1	W	2
12	SE	2		0	S	1		0		0	S	2	N	3	NN E	2
13		0		0	NE	1	SW	1	N W	1		0	NW	1	NW	1
14	W	1		0	SE	2	SW	1	NN W	1		0	N	1		0

Tháng	Tháng: VII								Tháng: VIII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
15	ESE	2		0	SE	1	S	1		0		0		0	SE	2
16		0		0		0	SE	2		0		0	SE	2	SW	1
17		0	SW	1	SE	1		0		0	SE	2	SE	1		0
18		0	NN E	2	NW	2	NW	2	S	2		0		0	SW	1
19	NW	2	N	3	NW	1		0	SS E	1		0	N	1	NN W	2
20	SE	2	SSE	2		0	SW	1		0	N	1	N	2		0
21	N	1		0	SW	1		0		0		0	E	1	SE	1
22		0		0	N	1		0	SE	1	SW	1	SSE	2	SSE	2
23		0	NW	1	NW	2		0	S W	1	S	1	SE	3	S	2
24	S	1	N	1		0		0		0		0	SW	2		0
25	SE	1		0		0	SE	2	S	1		0	SW	1		0
26		0		0	SW	1	N	2		0	N	1	SE	2	SE	1
27		0		0		0	SSE	2		0	NE	1	ESE	2		0
28		0	N	1		0		0		0	N	1	NW	2	N	2
29		0	N	1	NW	2		0	SS E	2		0	NN W	2	NW	1
30		0	N	1	NW	2		0		0		0		0		0
31		0		0		0	S	2		0	N	1	N	3		0
Tổng		19		18		23		23		17		11		41		29

Phụ lục B19: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng IX, tháng X năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: IX								Tháng: X							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1		0	N	1	NW	2		0	SS E	1		0		0	SSE	2
2		0	SE	2		0		0	SE	1		0		0		0
3		0	NW	1		0		0	SE	2		0		0	S	1
4		0		0		0	S	2	SE	1		0	SE	2	SSE	2
5		0		0	S	2	SS W	3	SE	1	NW	1	N	2	N	2
6	SW	1		0		0	S	2	NN E	2	N	2	NE	2	N	1
7	S	1		0	S	1		0		0	NW	2		0		0
8		0		0		0	S	1	N W	1	N	2	NE	1		0
9		0		0		0	SSE	2		0	NW	1		0		0
10	S	1		0		0		0		0		0	NE	1		0
11	SW	1		0	S	1	SSE	3		0	NE	2	N	2		0
12	S	2		0	E	1	SW	3	N	1		0	N	1		0
13		0		0		0	S	2		0	NW	1	NW	1		0
14		0		0	N	1		0		0		0	NW	2		0

Tháng	Tháng: IX								Tháng: X							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
15		0		0		0		0		0		0	NW	1		0
16	NN E	2	N	3	NW	3		0		0	NE	1		0	SW	1
17	NW	3	NW	2	ESE	3	SSE	3		0		0	NW	1		0
18	SE	1	SSE	2		0		0		0		0		0	S	1
19		0		0	NW	1		0	S	1	N	2	SE	1	SSE	2
20		0		0		0	SE	1	SE	1	NE	1		0	SS W	2
21		0	N	1		0		0		0		0		0		0
22	N	2	NW	1	NW	2	SSE	1		0		0	N	3		0
23		0		0	NE	1		0	NE	1	NN E	2		0		0
24	NW	2	N	1		0		0		0		0	NE	1	N	1
25		0		0	SW	1		0		0		0		0	NW	1
26		0	SE	1		0	SE	2		0	N	2	NW	2	SSE	2
27	SE	1	SE	1		0	SSE	2		0		0	SS W	3	N	1
28	SE	1		0	SW	2	SE	2		0		0	NE	2		0
29	SE	1	SE	2	S	2	SE	2		0		0		0		0
30		0		0		0		0		0		0		0	SE	2
31										0		0	SW	2		0
Tổng		19		18		23		31		13		19		30		21

Phụ lục B20: Hướng và tốc độ gió thực đo tháng XI, tháng XII năm 2014

Trạm: Láng

Kinh độ: 105°48'

Tỉnh(TP): Hà Nội

Vĩ độ: 21°01'

Đơn vị: m/s

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Tháng	Tháng: XI								Tháng: XII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
1	SSE	2	SE	1	SW	1	SW	1		0	NN E	3	N	2	NE	1
2		0		0	NE	3	NE	3	NE	1		0	N	1		0
3	NE	2	NE	2		0	N	2		0	N	1		0		0
4		0	N	2	W	1		0	NE	1	NE	1	NE	1		0
5		0		0		0	NN E	2		0		0	NE	2		0
6		0		0	NN E	2	NE	2		0	NE	1		0		0
7	NE	1		0		0	N	2	NN E	2	NN E	3	NE	2		0
8	NE	3	N	1	N	2		0		0		0	SSE	1	SW	1
9		0	N	1		0		0		0		0	N	2		0
10		0		0		0		0		0	NW	2	NE	1	NE	1
11		0		0	NE	2	NE	1	NE	1	W	1		0	N	1
12	NE	1	NN E	2	NE	2	N	2	N	1	NE	2	NN E	3		0
13	NE	1	N	1	NE	2		0	N	2		0	N	2		0
14	NE	1	N	2	N	1		0		0	NE	1		0		0
15	SW	1		0		0	NE	1		0		0	N	1		0
16	NE	1		0	NE	2	NE	1	NE	3	NN E	2	NE	3	N	1
17	N	2		0		0	NE	2		0	N	1	ENE	2		0

Tháng	Tháng: XI								Tháng: XII							
Giờ	1h		7h		13h		19h		1h		7h		13h		19h	
Ngày	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ	Hướng	T.độ
18	N	1	NE	2	NN W	2		0		0		0		0		0
19		0		0	NN E	2		0		0	N	1		0		0
20	NE	1		0		0	SE	1		0	N	1		0		0
21		0		0		0	E	1		0	N	2	NN E	2	N	1
22		0		0		0	SE	3	N	1		0	N	3		0
23	SE	1	SE	1		0	SSE	3		0		0		0		0
24		0		0	SE	2	SE	3		0	NN W	1	NN W	1		0
25	SE	2		0		0		0		0		0	N	1		0
26		0		0	SW	2	SSE	3		0		0		0		0
27		0	E	1	SE	2	S	4		0	NE	1	N	2	N	1
28	SE	2	SE	1		0	SSE	2	N	2	N	1	NN E	2		0
29	SW	2	SSE	2	E	1	SSE	3		0		0	N	1		0
30	SSE	3	SW	1		0		0	SE	1	N	1	SE	2		0
31										0		0	N	1		0
Tổng		27		20		29		42		15		26		38		7

Phụ lục B21: Tổng số giờ nắng trong ngày năm 2013

Trạm: Láng

Tỉnh(TP): Hà Nội

Đơn vị: giờ

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0,0	4,1	2,6	0,0	3,8	9,1	5,8	9,3	0,0	0,0	2,7	8,0
2	0,0	0,0	0,3	1,8	0,5	3,8	5,8	6,4	0,0	8,1	7,7	8,4
3	0,0	6,8	0,0	2,2	4,2	4,5	1,7	0,0	0,0	8,6	5,8	8,4
4	0,0	1,3	0,0	1,7	0,0	8,8	5,3	9,6	0,0	7,2	8,8	8,1
5	0,0	3,7	7,1	4,1	4,5	3,8	10,5	8,9	0,0	0,0	8,5	5,8
6	0,0	4,3	5,2	0,3	5,7	4,6	9,4	7,0	0,0	5,5	1,2	6,4
7	0,0	6,3	4,6	0,0	3,0	5,1	8,9	4,0	5,1	8,3	0,4	6,2
8	0,0	0,4	4,9	0,0	4,2	10,1	9,0	0,0	1,3	8,7	0,0	5,9
9	0,0	0,0	4,3	0,0	4,7	10,8	0,0	0,1	4,4	8,5	4,2	0,4
10	0,4	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	4,5	1,5	5,7	4,0	0,2	0,5
11	0,0	0,0	1,6	0,0	5,4	0,0	0,0	5,2	0,3	6,6	1,7	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	9,4	4,6	7,1	0,0	6,0	5,2	0,0
13	6,2	0,0	4,2	1,8	5,3	11,0	6,7	9,5	0,9	6,5	1,2	0,0
14	0,0	0,0	1,8	1,1	8,2	10,4	3,1	7,4	8,4	4,9	0,6	0,0
15	0,0	0,0	0,0	3,0	8,3	9,2	0,3	1,8	6,0	0,6	0,0	0,0
16	0,0	0,0	1,9	1,6	7,9	0,8	0,0	4,4	7,1	0,0	1,6	0,0
17	0,0	1,3	0,4	6,8	4,4	2,8	2,2	8,3	0,1	0,0	3,8	7,9
18	0,0	1,1	0,1	4,1	5,1	1,7	3,8	6,6	7,7	0,0	0,0	8,1
19	0,0	0,0	4,8	3,6	9,8	7,1	4,0	4,2	3,2	0,0	0,0	8,0
20	0,0	0,0	3,9	0,9	8,4	2,3	3,6	0,0	2,0	7,1	0,0	7,8
21	1,2	0,0	3,1	0,2	4,1	4,0	4,4	1,1	9,1	7,4	0,0	7,8
22	0,0	5,7	2,7	1,1	6,6	4,2	1,8	5,5	8,3	4,1	0,0	7,7
23	4,1	0,0	4,3	2,7	1,9	0,6	0,0	4,6	0,0	7,0	0,0	7,1
24	0,0	0,9	5,0	5,2	4,8	0,0	9,4	0,0	0,0	0,0	1,6	7,2
25	0,0	0,0	3,7	2,8	6,6	0,2	6,9	1,2	0,0	8,3	5,3	7,4
26	0,0	0,1	2,1	2,8	6,9	7,8	0,0	1,2	0,0	8,1	4,8	7,1
27	0,2	0,2	0,0	6,2	10,1	3,1	0,0	6,8	3,7	4,9	0,0	6,6
28	0,0	2,7	4,9	3,7	8,3	5,7	0,0	6,6	7,1	0,0	0,0	6,9
29	0,0		0,0	5,7	0,0	10,5	0,0	5,7	8,7	0,1	3,5	4,3
30	0,1		1,2	5,6	0,1	10,3	1,8	2,7	0,3	3,1	0,0	0,0
31	0,0		0,7		9,0		6,4	4,2		1,3		6,7

Phụ lục B22: Tổng số giờ nắng trong ngày năm 2014

Trạm: Láng

Tỉnh(TP): Hà Nội

Đơn vị: giờ

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	6,7	0,1	2,3	0,0	1,5	8,4	1,4	7,5	0,8	6,4	7,6	0,0
2	6,8	1,1	0,0	0,2	4,0	9,5	4,0	4,7	2,1	3,2	2,8	0,0
3	0,3	2,7	0,0	0,0	2,2	8,1	8,4	3,1	1,3	5,9	1,3	0,0
4	5,2	6,8	0,0	0,0	6,0	6,1	6,9	1,9	4,4	8,4	0,2	0,4
5	5,5	5,1	0,0	0,0	0,2	0,0	1,2	3,0	8,3	0,0	0,0	0,2
6	2,7	4,5	0,0	0,6	0,5	1,7	1,9	2,0	7,7	8,0	0,0	0,0
7	1,0	5,0	0,0	1,7	0,0	5,9	7,5	0,0	9,0	8,3	0,0	0,9
8	1,5	0,0	0,0	0,0	1,0	5,5	5,8	2,6	0,2	8,2	0,0	4,4
9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	8,3	6,9	2,4	3,7	6,9	0,0	1,4
10	0,0	0,0	0,0	1,1	9,6	1,5	6,3	9,3	7,6	0,2	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1	0,0	0,9	7,4	7,2	8,2	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,3	1,9	4,0	5,2	8,1	0,8	1,3
13	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	3,3	3,7	0,0	3,1	7,1	0,6	0,5
14	8,5	0,0	0,0	0,0	10,4	5,2	3,5	0,0	4,9	7,0	7,1	4,7
15	7,6	0,0	0,0	1,5	10,3	6,9	7,8	0,0	6,4	8,0	0,0	3,9
16	7,4	0,0	0,0	0,4	4,8	6,0	5,4	2,7	0,0	2,8	0,1	0,0
17	1,1	0,0	0,0	0,0	8,7	0,8	1,1	7,9	0,1	0,0	0,9	7,8
18	6,6	0,0	0,0	0,0	6,5	2,7	9,3	5,8	0,4	3,8	0,0	7,7
19	6,3	0,2	0,0	0,0	4,3	4,3	0,0	0,0	2,6	3,9	2,0	7,6
20	3,2	6,3	0,0	0,0	4,9	7,4	1,9	1,3	3,8	6,2	7,9	7,4
21	7,9	0,0	0,0	0,0	10,9	3,8	1,0	5,5	0,6	1,5	1,6	1,0
22	8,4	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	5,8	1,6	8,7	1,7	3,2	6,2
23	8,5	0,0	0,0	0,0	10,4	0,0	9,6	6,1	7,9	0,1	6,8	7,3
24	7,9	0,1	1,7	0,0	7,7	0,5	9,6	1,2	5,4	0,0	6,9	0,0
25	0,0	0,0	4,8	0,0	8,5	0,8	3,8	5,8	5,9	0,0	4,6	0,0
26	0,0	0,0	0,3	7,1	2,8	9,9	0,0	2,2	8,2	5,3	6,0	0,0
27	3,2	0,0	0,0	0,0	4,1	7,8	1,1	6,5	3,5	2,1	7,4	0,0
28	0,2	0,0	0,3	0,0	7,3	2,4	2,7	0,6	5,9	0,1	7,1	2,8
29	0,1		0,0	0,0	0,8	2,8	5,8	0,0	7,0	0,5	7,8	7,9
30	5,1		2,4	0,9	8,2	0,4	2,0	5,8	5,8	5,3	3,6	7,9
31	7,5		3,1		7,8		5,8	6,7		7,4		6,2

Phụ lục B23: Lượng mưa ngày năm 2013

Trạm: Đông Anh

Tỉnh(TP): Hà Nội

Đơn vị: giờ

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	-	-	-	0	31	-	6	-	13	0	-	-
2	-	-	-	0	12,5	-	0	-	0	-	-	-
3	-	-	-	18	1	-	8	87	0	-	-	-
4	-	2,5	-	2	34	8,9	-	2	26,5	-	-	-
5	-	0	-	-	-	-	-	-	69	-	-	-
6	0	-	-	-	19	-	-	0	49	-	-	-
7	0	-	-	-	-	5,5	12,5	5	8	-	-	-
8	1	-	-	-	3	-	54,5	201,5	39,8	-	-	-
9	-	-	-	-	6	-	70	75,5	2	-	-	-
10	-	-	-	7	-	24,5	4	43,5	-	-	0	-
11	-	1,5	1	-	-	-	39	-	-	-	30	0
12	-	2	0	-	-	-	0	-	3	-	-	5
13	0	-	0	-	0	-	2	-	7	-	-	0
14	0	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	5
15	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,5
16	0	-	-	-	-	-	0	-	-	0	0	14
17	0	0	-	-	16	-	47	-	-	27,5	-	0
18	-	0	-	-	-	-	45	5	-	12,5	-	0
19	-	1	-	-	0	-	18,5	11,5	0	-	0	-
20	-	-	-	-	54	-	-	49,5	14	-	0	-
21	-	-	-	1	0	-	-	4,5	-	-	0	-
22	-	-	-	-	0	0	38	29,5	-	-	0	-
23	-	-	-	-	-	17,5	66	-	0	-	0	-
24	-	0	-	1,5	12,5	9	2	4,5	17	-	-	-
25	1,5	-	-	-	6,5	-	-	41,5	9,5	-	-	-
26	0	0	-	2	4	-	-	41	-	-	-	-
27	0	-	-	-	-	-	145	-	-	-	1	-
28	0	-	-	-	-	-	9	-	-	-	0	-
29	0		-	6	13	-	40,5	-	19	0	-	-
30	-		0	-	1	0	7	-	0	-	-	-
31	-		5,5		-		-	12		0		-

Phụ lục B24: Lượng mưa ngày năm 2014

Trạm: Đông Anh

Tỉnh(TP): Hà Nội

Đơn vị: giờ

Nguồn: Trung tâm Khí tượng Thủy văn Quốc gia

Ngày	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		-	0	29	-	-	1	-	-	-	-	3
2		-	0	0	0	-	37	14	0	-	-	0
3		-	5	0	-	-	-	-	68	-	-	0
4		-	1	2	3	3	-	-	0	-	0	-
5		0	-	0	3,5	19	-	6	-	12	0	-
6		-	0	0	1,5	-	-	76,5	-	-	6,5	-
7		0	0	-	-	1	0	-	-	-	12	0
8		0	0	-	2,5	37	0	-	-	-	6	-
9		-	0	0	-	0	-	7,5	0	-	1,5	1
10		-	2,5	0	-	0	4	-	0	-	0	-
11		0	1	0	-	0	1	-	-	-	3	-
12		-	2	-	3	-	0	9	-	-	-	-
13		-	1,5	0	-	2	24	0	-	-	-	-
14		-	1	0	-	-	6	-	-	-	-	-
15		-	0	0	-	-	29	6	-	-	-	-
16		0	0	0	0	-	0	0	15	0	2	-
17		0	-	-	-	-	0	36	1,5	0	-	-
18		3	-	0	29	-	44	3	70,5	-	-	-
19		-	0	0	3	19	21	0	26,5	-	-	-
20		0	0	39	4	-	22	1	2,5	-	-	-
21		1,5	11,5	1	-	-	6	4	28,5	-	-	-
22		0	6	1	-	5,5	-	119,5	90	39	-	-
23		0	0	0	-	0	-	11	-	-	-	-
24		0	0	33	-	0	-	0	-	0	-	-
25		6,5	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
26		0	-	-	5,5	-	9,5	0	-	-	-	3,5
27		0	-	1,5	-	-	87	70	-	-	-	0
28		3	-	10	5	-	0	-	9	0	-	-
29			-	-	0	13	4	-	0	44	-	-
30			-	0	0	1	3	-	-	-	-	-
31			-		-		-	-		0		-

Phụ lục B25: Bảng số liệu giai đoạn và thời gian sinh trưởng cây súp lơ, cải bắp

STT	Giai đoạn sinh trưởng	Súp lơ				Cải bắp			
		Thời gian sinh trưởng	Kc	$\beta_{\min}$	$\beta_{\max}$	Thời gian sinh trưởng	Kc	$\beta_{\min}$	$\beta_{\max}$
		(ngày)		(%)	(%)	(ngày)		(%)	(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	GD1	15	0,5	70	80	10	0,5	70	80
2	GD2	25	0,8	70	80	20	0,8	70	80
3	GD3	30	1,1	75	80	25	1,1	80	85
4	GD4	20	0,85	75	80	25	0,85	80	85
5	GD5	10	0,6	70	80	10	0,6	75	80

Phụ lục B26: Bảng số liệu giai đoạn và thời gian sinh trưởng cây lúa xuân muộn

STT	Giai đoạn sinh trưởng	Cây lúa xuân muộn			
		Thời gian sinh trưởng	Kc	$a_{\min}$	$a_{\max}$
		(ngày)		(mm)	(%)
	1	2	3	4	5
1	Cấy - Bén rễ	20	1,34	50	100
2	Đẻ nhánh	32	1,5	50	100
3	Đứng cái	18	1,6	0	10
4	Làm đòng - Trổ	7	1,75	30	50
5	Ngậm sữa - Chắc xanh	8	1,7	30	50
6	Chắc xanh - Chín	8	1,7	30	50

Phụ lục B27: Quan hệ giữa lượng mưa thực đo và lượng mưa hiệu quả của cây trồng cạn

Nguồn: Brouwer và Heibloem, 1986

TT	R (mm/tháng)	Re(mm/tháng)	R (mm/ngày)	Re(mm/ngày)
1	0	0	0,00	0,00
2	10	0	0,33	0,00
3	20	2	0,67	0,07
4	30	8	1,00	0,27
5	40	14	1,33	0,47
6	50	20	1,67	0,67
7	60	26	2,00	0,87
8	70	32	2,33	1,07
9	80	39	2,67	1,30
10	90	47	3,00	1,57
11	100	55	3,33	1,83
12	110	63	3,67	2,10
13	120	71	4,00	2,37
14	130	79	4,33	2,63
15	140	87	4,67	2,90
16	150	95	5,00	3,17
17	160	103	5,33	3,43
18	170	111	5,67	3,70
19	180	119	6,00	3,97
20	190	127	6,33	4,23
21	200	135	6,67	4,50
22	210	143	7,00	4,77
23	220	151	7,33	5,03
24	230	159	7,67	5,30
25	240	167	8,00	5,57
26	250	175	8,33	5,83

Phụ lục B28: Kế hoạch gieo trồng vụ chiêm xuân tại Cổng Cầu Nhuế

Thời gian	Lúa			Súp lơ	Bắp cải
	DT đổ ải trong ngày	DT làm đất trong ngày	DT cấy trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày
(d/m/y)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
15/1/2015				149.909	149909
16/1/2015				149.909	149909
17/1/2015				149.909	149909
18/1/2015				149.909	149909
19/1/2015				149.909	149909
20/1/2015				149.909	149909
21/1/2015				149.909	149909
22/1/2015				149.909	149909
23/1/2015				149.909	149909
24/1/2015				149.909	149909
25/1/2015				149.909	149909
26/1/2015				149.909	149909
27/1/2015				149.909	149909
28/1/2015				149.909	149909
29/1/2015				149.909	149909
30/1/2015				149.909	149909
31/1/2015				149.909	149909
1/2/2015				149.909	149909
2/2/2015				149.909	149909
3/2/2015				149.909	149909
4/2/2015	689.582	-	-	99.939	199879
5/2/2015	1.055.360	-	-	99.939	199879
6/2/2015	1.055.360	899.455	-	99.939	199879
7/2/2015	876.968	899.455	449.727	99.939	199879

Thời gian	Lúa			Súp lơ	Bắp cải
	DT đổ ải trong ngày	DT làm đất trong ngày	DT cấy trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày
8/2/2015	1.073.349	899.455	449.727	99.939	199879
9/2/2015	1.073.349	899.455	449.727	99.939	199879
10/2/2015	894.957	899.455	449.727	99.939	199879
11/2/2015	912.946	899.455	449.727	99.939	199879
12/2/2015	662.598	899.455	449.727	99.939	199879
13/2/2015	787.023	449.727	449.727	99.939	199879
14/2/2015	160.403	449.727	449.727	99.939	
15/2/2015	421.245	449.727	899.455	99.939	
16/2/2015	590.642	461.720	806.511	99.939	
17/2/2015	563.658	461.720	806.511	99.939	
18/2/2015	626.620	461.720	806.511	99.939	
19/2/2015	698.576	461.720	806.511	99.939	
20/2/2015	590.642	461.720	806.511	99.939	
21/2/2015	236.856	461.720	806.511	99.939	
22/2/2015	586.145	461.720	806.511	99.939	
23/2/2015	806.511	461.720	806.511	99.939	
24/2/2015	178.392	761.538	749.546		
25/2/2015	449.727	761.538	749.546		
26/2/2015	-	761.538	749.546		
27/2/2015	-	749.546	899.455		
28/2/2015	-	617.625	893.458		
1/3/2015					

Phụ lục B29: Kế hoạch gieo trồng vụ chiêm xuân tại Công điều tiết kênh Tây

Thời gian	Lúa			Súp lơ	Bắp cải
	DT đổ ải trong ngày	DT làm đất trong ngày	DT cấy trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày
(d/m/y)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)
15/1/2015				13.826	13826
16/1/2015				13.826	13826
17/1/2015				13.826	13826
18/1/2015				13.826	13826
19/1/2015				13.826	13826
20/1/2015				13.826	13826
21/1/2015				13.826	13826
22/1/2015				13.826	13826
23/1/2015				13.826	13826
24/1/2015				13.826	13826
25/1/2015				13.826	13826
26/1/2015				13.826	13826
27/1/2015				13.826	13826
28/1/2015				13.826	13826
29/1/2015				13.826	13826
30/1/2015				13.826	13826
31/1/2015				13.826	13826
1/2/2015				13.826	13826
2/2/2015				13.826	13826
3/2/2015				13.826	13826
4/2/2015	63.601	-	-	9.218	18435
5/2/2015	97.337	-	-	9.218	18435
6/2/2015	97.337	82.958	-	9.218	18435
7/2/2015	80.884	82.958	41.479	9.218	18435
8/2/2015	98.996	82.958	41.479	9.218	18435

Thời gian	Lúa			Súp lơ	Bắp cải
	DT đổ ải trong ngày	DT làm đất trong ngày	DT cấy trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày	Diện tích gieo trồng trong ngày
9/2/2015	98.996	82.958	41.479	9.218	18435
10/2/2015	82.543	82.958	41.479	9.218	18435
11/2/2015	84.202	82.958	41.479	9.218	18435
12/2/2015	61.112	82.958	41.479	9.218	18435
13/2/2015	72.588	41.479	41.479	9.218	18435
14/2/2015	14.794	41.479	41.479	9.218	
15/2/2015	38.852	41.479	82.958	9.218	
16/2/2015	54.476	42.585	74.385	9.218	
17/2/2015	51.987	42.585	74.385	9.218	
18/2/2015	57.794	42.585	74.385	9.218	
19/2/2015	64.430	42.585	74.385	9.218	
20/2/2015	54.476	42.585	74.385	9.218	
21/2/2015	21.846	42.585	74.385	9.218	
22/2/2015	54.061	42.585	74.385	9.218	
23/2/2015	74.385	42.585	74.385	9.218	
24/2/2015	16.453	70.238	69.131		
25/2/2015	41.479	70.238	69.131		
26/2/2015	-	70.238	69.131		
27/2/2015	-	69.131	82.958		
28/2/2015	-	56.964	82.405		
1/3/2015					

PHỤ LỤC C
ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ

Phụ lục C1: Nhu cầu nước cống kênh Tây vụ xuân năm 2013

STT	Cây trồng	$m_{đồ\ ai + ch\bar{o}}$	$m_{ch\bar{o}}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH1}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH2}$	m_{TH1}	m_{TH2}
		(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	Lúa	758,907.62	91,537.70	1,954,595.93	2,023,070.66	2,805,041.24	2,873,515.98
2	Cải bắp	-	-	267,582.41	305,966.84	267,582.41	305,966.84
3	Súp lơ	-	-	267,752.68	331,010.49	267,752.68	331,010.49
4	Tổng	758,907.62	91,537.70	2,489,931.01	2,660,047.99	3,340,376.33	3,510,493.30

Phụ lục C2: Nhu cầu nước cống Cầu Nhuế vụ xuân năm 2013

STT	Cây trồng	$m_{đồ\ ai + ch\bar{o}}$	$m_{ch\bar{o}}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH1}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH2}$	m_{TH1}	m_{TH2}
		(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	Lúa	8,359.16	1,008.26	21,529.35	22,283.58	30,896.78	31,651.01
2	Cải bắp	-	-	2,947.35	3,370.14	2,947.35	3,370.14
3	Súp lơ	-	-	2,949.22	3,645.99	2,949.22	3,645.99
4	Tổng	8,359.16	1,008.26	27,425.92	29,299.72	36,793.35	38,667.14

Phụ lục C3: Nhu cầu nước cống kênh Tây vụ xuân năm 2014

STT	Cây trồng	$m_{đô\ ai + ch\bar{o}}$	$m_{ch\bar{o}}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH1}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH2}$	m_{TH1}	m_{TH2}
		(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	Lúa	758,397.76	87,258.54	1,950,657.93	2,030,512.74	2,796,314.23	2,876,169.04
2	Cải bắp	-	-	169,383.64	207,422.37	169,383.64	207,422.37
3	Súp lơ	-	-	195,198.66	251,885.71	195,198.66	251,885.71
4	Tổng	758,397.76	87,258.54	2,315,240.23	2,489,820.83	3,160,896.53	3,335,477.13

Phụ lục C4: Nhu cầu nước cống Cầu Nhuế vụ xuân năm 2014

TT	Cây trồng	$m_{đô\ ai + ch\bar{o}}$	$m_{ch\bar{o}}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH1}$	$m_{t\bar{u}\bar{o}i\ TH2}$	m_{TH1}	m_{TH2}
		(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
1	Lúa	8,353.55	961.13	21,485.97	22,365.55	30,800.65	31,680.23
2	Cải bắp	-	-	1,865.72	2,284.70	1,865.72	2,284.70
3	Súp lơ	-	-	2,150.06	2,774.45	2,150.06	2,774.45
4	Tổng	8,353.55	961.13	25,501.75	27,424.71	34,816.43	36,739.39