BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

CHU THỊ HỒNG HẢI

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ (GIS) - THỬ NGHIỆM TẠI CÔNG TY NƯỚC SẠCH SỐ 2 HÀ NỘI

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KINH TẾ

HÀ NỘI - 2016

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TR□ỜNG ĐẠI HỌC KINH TẾ QUỐC DÂN

CHU THỊ HỒNG HẢI

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ QUẢN LÝ HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ (GIS) - THỬ NGHIỆM TẠI CÔNG TY N□ỚC SẠCH SỐ 2 HÀ NỘI

CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG THÔNG TIN QUẢN LÝ
MÃ SỐ: 62340405

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KINH TẾ

Ng□ời h□ớng dẫn khoa học:

1. PGS.TS Nguyễn Văn Vỵ
2. TS. Trần Thị Thu Hà

HÀ NỘI - 2016

LỜI CAM ĐOAN

Tôi đã đọc và hiểu về các hành vi vi phạm sự trung thực trong học thuật. Tôi cam kết bằng danh dự cá nhân rằng nghiên cứu này do tôi tự thực hiện và không vi phạm yêu cầu về sự trung thực trong học thuật.

Hà Nội, ngày tháng năm 2016

Người hướng dẫn **Nghiên cứu sinh**

TS. Trần Thị Thu Hà ***Chu Thị Hồng Hải***

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin trân trọng cảm ơn tập thể Lãnh đạo và các thầy, cô giáo Trường Đại học Kinh tế Quốc dân, nhất là các thầy cô Khoa Tin học Kinh tế và Viện Đào tạo Sau Đại học. Tác giả đặc biệt xin gửi lời cảm ơn đến PGS.TS. Nguyễn Văn Vỵ và TS.Trần Thị Thu Hà đã nhiệt tình hướng dẫn và giúp đỡ tác giả hoàn thành bản luận án này.

Tác giả xin được gửi lời cảm ơn chân thành đến Lãnh đạo, cán bộ nhân viên Phòng Kế hoạch - Kỹ thuật, Xí nghiệp Tư vấn Thiết kế của Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội đã tạo điều kiện thuận lợi cho tác giả trong quá trình học tập nghiên cứu và thử nghiệm.

Tác giả xin trân trọng cảm ơn các chuyên gia, cán bộ, nhân viên đã tham gia trả lời phỏng vấn, trả lời phiếu điều tra, cung cấp thông tin bổ ích để tác giả hoàn thành bản luận án này.

Tác giả gửi lời cảm ơn đến các cộng sự, đồng nghiệp, bạn bè, gia đình và người thân đã ủng hộ, tạo điều kiện, chia sẻ khó khăn và thường xuyên khích lệ tác giả trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu để tác giả hoàn thành bản luận án.

Xin trân trọng cảm ơn!

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN ..... **i**
LỜI CẢM ƠN ..... **ii**
MỤC LỤC ..... **iii**
DANH MỤC KÍ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT ..... **vii**
DANH MỤC HÌNH VẼ ..... **viii**
DANH MỤC BIỂU BẢNG ..... **x**
LỜI NÓI ĐẦU **1**
CHƯƠNG 1- QUẢN LÝ HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ **29**
1.1. Quản lý hệ thống cung cấp nước sạch **29**
1.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển HTCCNS trên thế giới và ở Việt Nam 29
1.1.2. Hệ thống cung cấp nước 30
1.1.3. Nhiệm vụ và định hướng cấp nước của Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn 2050 33
1.1.4. Các bên liên quan đến cấp nước sinh hoạt 33
1.1.5. Những bài toán quản lý đặt ra cho HTCCNS 34
1.2. Tổng quan về hệ thống thông tin địa lý **45**
1.2.1. Định nghĩa GIS 45
1.2.2. Các khái niệm liên quan 46
1.2.3. GIS thủ công và GIS trên máy tính 52
1.2.4. Lịch sử ứng dụng GIS 53
1.2.5. Các thành phần của GIS 55
1.2.6. Cơ sở dữ liệu GIS 58
1.2.7. Các chức năng của GIS 62
1.2.8. Ưu điểm – những tồn tại của GIS 64
1.2.9. Xu thế ứng dụng GIS trên thế giới 65
1.3. Những vấn đề cho các CTCCNS khi xây dựng GIS **67**
1.3.1. Công tác chuẩn bị 67
1.3.2. Vấn đề trong triển khai và phát triển GIS 68
1.3.3. Vấn đề chi phí của xây dựng GIS 68

1.3.4. Các công nghệ hỗ trợ GIS 69
1.4. Triển khai một bài toán ứng dụng GIS 70
1.5. Kết luận chương.....70
CHƯƠNG 2 - THỰC TRẠNG QUẢN LÝ KỸ THUẬT VÀ ỨNG DỤNG GIS TẠI CÁC CÔNG TY CUNG CẤP NƯỚC SẠCH VIỆT NAM 72
2.1. Một số khái niệm về hoạt động kỹ thuật của các CTCCNS 72
2.1.1. Bảo trì, bảo dưỡng và sửa chữa 72
2.1.2. Quy trình quản lý và vận hành.....73
2.1.3. Các rủi ro và nguy hại.....73
2.2. Các qui trình quản lý kỹ thuật trong HTCCNS 74
2.2.1. Quản lý mạng lưới truyền dẫn 75
2.2.2. Quản lý mạng lưới phân phối 75
2.2.3. Quản lý mạng lưới đường ống dịch vụ.....76
2.2.4. Quy trình xác định và xử lý ô nhiễm trên mạng lưới cấp nước.....77
2.3. Thực trạng quản lý kỹ thuật và những vấn đề của các CTCCNS 78
2.3.1. Rủi ro trong hoạt động kỹ thuật.....78
2.3.2. Phương pháp xác định rủi ro 78
2.3.3. Phân tích đánh giá rủi ro trong HTCCNS ở Việt Nam.....80
2.3.4. Các biện pháp kiểm soát và phòng ngừa rủi ro 80
2.4. Ứng dụng GIS trong hoạt động nghiệp vụ của các CTCCNS.....81
2.4.1. Đối tượng và phương pháp điều tra.....81
2.4.2. Các kết quả điều tra 82
2.4.3. Nhận xét về thực trạng ứng dụng GIS 86
2.5. Một số khuyến nghị về ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS.....88
2.5.1. Các vấn đề và các nội dung cần ứng dụng GIS 88
2.5.2. Một số vấn đề hạn chế việc triển khai GIS ở các CTCCNS Việt Nam.....89
2.6. Kết luận chương.....90
CHƯƠNG 3 - MÔ HÌNH PHÁT TRIỂN GIS VÀ XÂY DỰNG KHUNG CSDL GIS CHO QUẢN LÝ HTCCNS Ở VIỆT NAM.....92
3.1. Mô hình phát triển một hệ thống GIS 92
3.1.1. Triển khai các ứng dụng GIS.....92
3.1.2. Mô hình tổng quát phát triển một hệ thống GIS.....93

3.2. Mô hình kiến trúc GIS cho quản lý HTCCNS Việt Nam 94
3.2.1. Mô hình kiến trúc hệ thống phần cứng.....94
3.2.2. Kiến trúc hệ thống phần mềm và các tiêu chuẩn kỹ thuật.....96
3.2.3. Một số yêu cầu cơ bản.....98
3.2.4. Một số yêu cầu về tầng dữ liệu.....99
3.3. Xây dựng khung CSDL GIS quản lý HTCCNS 100
3.3.1. Đặt vấn đề.....100
3.3.2. Phương pháp nghiên cứu.....101
3.3.3. Thiết kế khung CSDL GIS cho quản lý HTCCNS.....106
3.4. Kết luận chương.....118
CHƯƠNG 4 - ỨNG DỤNG GIS CHO BÀI TOÁN THIẾT KẾ BẢO TRÌ - MỞ RỘNG MẠNG LƯỚI TỐI ƯU VÀ CẢNH BÁO Ô NHIỄM NƯỚC TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH.....119
4.1. Mở đầu.....119
4.2. Thiết kế thay thế, mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu 121
4.2.1. Đặt vấn đề.....121
4.2.2. Phát biểu bài toán 122
4.2.3. Lập mô hình chung của bài toán.....122
4.2.4. Thuật toán cho bài toán đặt ra 124
4.2.5. Sử dụng cơ sở dữ liệu GIS.....125
4.2.6. Thiết lập mô hình cụ thể cho bài toán 126
4.2.7. Giới thiệu bộ công cụ giải bài toán.....127
4.2.8. Sơ đồ tiến trình giải bài toán.....129
4.2.9. Kết quả thử nghiệm giải bài toán với các dữ liệu thực.....129
4.3. Ứng dụng GIS cho bài toán cảnh báo ô nhiễm nước 135
4.3.1. Đặt vấn đề.....135
4.3.2. Mô tả bài toán.....136
4.3.3. Giải pháp cho bài toán đặt ra.....136
4.3.4. Các bước xây dựng giải pháp 136
4.3.5. Thực hiện bài toán với công cụ được xây dựng và kết quả.....140
4.5. Kết luận chương.....143
KẾT LUẬN 144

TÀI LIỆU THAM KHẢO.....146

PHỤ LỤC 154

Phụ lục 1: Tài liệu pháp quy về cấp nước an toàn 154

Phụ lục 2: Nhiệm vụ và định hướng cấp nước của Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn 2050 [31] 154

Phụ lục 3: Mức độ của các bên liên quan đến cấp nước sinh hoạt 157

Phụ lục 4: Quản lý kỹ thuật các hệ thống mạng cấp nước 160

Phụ lục 5: Các rủi ro có cấp độ nguy hại trên 11 trong HTCCNS ở Việt Nam.....162

Phụ lục 6: Các biện pháp kiểm soát rủi ro và phòng ngừa.....164

Phụ lục 7: Danh mục các chuẩn áp dụng 169

Phụ lục 8: Khung CSDL quản lý HTCCNS.....177

Phụ lục 9 : Qui trình điều tra 209

DANH MỤC KÍ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu (viết tắt)	**Tên đầy đủ**	**Ý nghĩa**
AWWA	American Water Works Association	Hiệp hội nước sạch Mỹ
CAD	Computer-aided design	Bản vẽ kỹ thuật từ phần mềm AutoCad
CNTT		Công nghệ thông tin
CSDL		Cơ sở dữ liệu
CSTT		Cơ sở tri thức
CTCCNS		Công ty cung cấp nước sạch
DBMS	Database Management System	Hệ quản trị cơ sở dữ liệu
ESRI	Environmental Systems Research Institute	Viện nghiên cứu môi trường Mỹ
GIS	Geographic Information System	Hệ thống thông tin địa lý
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
HTCCNS		Hệ thống cung cấp nước sạch
HTTT	Information System	Hệ thống thông tin
LAN	Local Area netwwork	Mạng cục bộ
MTV		Một thành viên
PDA	Personnal Digital Asistants	Thiết bị trợ giúp số cá nhân
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	Điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu
SDE	Spatial Database Engine	Quản lý dữ liệu không gian
SQL	Structure Query Language	Ngôn ngữ truy vấn
TCN		Trước công nguyên
TNHH		Trách nhiệm hữu hạn
UTMZone	Universal Trasverse Mercator Zone	Phép chiếu bản đồ
WAN	Wide Area Network	Mạng diện rộng
WHO	World Health Organization	Tổ chức Y tế Thế giới

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1. Các tiêu chí trong hệ thống cấp nước Việt Nam giai đoạn 2007-2014 4
Hình 2. Khung lý thuyết cho luận án.....10
Hình 1.1. Mô hình hệ thống cấp nước đô thị [13].....30
Hình 1.2. Biểu đồ tỷ lệ sử dụng dịch vụ.....35
Hình 1.3. Biểu đồ tỷ lệ huy động công suất 35
Hình 1.4. Biểu đồ tỷ lệ thất thoát nước các năm 36
Hình 1.5. Biểu đồ số lần vỡ đường ống trung bình các năm.....37
Hình 1.6. Tỷ lệ thất thoát nước qua các năm trong quá khứ và kế hoạch trong tương lai.....40
Hình 1.7. Tác động của việc giải quyết tốt các bài toán lên các chỉ tiêu hiệu quả.....42
Hình 1.8. Các thành phần trong hệ thống GIS [63].....46
Hình 1.9. Mô phỏng địa vật (đường phố, lô đất, tòa nhà) trong không gian và dữ liệu thuộc tính [63]. 47
Hình 1.10. Hình dạng địa vật trong không gian[63]. 47
Hình 1.11. Trụ cứu hỏa (có quan hệ không gian với các công trình khác) [63]. 48
Hình 1.12. Các mô hình dữ liệu raster và vector[63]. 49
Hình 1.13. So sánh các mô hình dữ liệu raster và vector[63]. 50
Hình 1.14. Bản đồ bệnh tả ở khu Soho, London do bác sĩ John Snow thực hiện [63].....53
Hình 1.15. Các thành phần của GIS [12].....56
Hình 1.16. Mô tả quản lý dữ liệu Geodatabase 58
Hình 1.17. Dữ liệu dạng lớp đối tượng 59
Hình 1.18. Quản lý dữ liệu Shapefile 59
Hình 1.19. Bảng thuộc tính của các đối tượng 60
Hình 1.20. Mối quan hệ giữa dữ liệu đồ họa và dữ liệu thuộc tính không gian.....62
Hình 1.21. Các bước của chức năng nhập dữ liệu [63]. 63
Hình 2.1. Ví dụ sơ đồ tổ chức bảo dưỡng trên mạng truyền dẫn [28].....75
Hình 2.2. Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới phân phối [28].....76
Hình 2.3. Qui trình thực hiện quản lý mạng lưới dịch vụ[28].....76
Hình 2.4. Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới dịch vụ [28].....77
Hình 2.5. Sơ đồ qui trình tiếp nhận thông tin để xử lý ô nhiễm [28] 77
Hình 2.6. Sơ đồ qui trình xử lý ô nhiễm do rò rỉ [28] 78

Hình 2.7. Biểu đồ hiện trạng ứng dụng GIS của CTCCNS năm 2015.....82
Hình 2.8. Biểu đồ so sánh lý do các công ty chưa ứng dụng GIS.....83
Hình 2.9. Biểu đồ hiện trạng ứng dụng GIS của các CTCCNS 85
Hình 3.1. Sơ đồ triển khai một ứng dụng GIS.....93
Hình 3.2. Sơ đồ mô hình tổng quát phát triển GIS.....93
Hình 3.3. Mô hình hệ thống phần cứng GIS cho các CTCCNS.....95
Hình 3.4. Kiến trúc tổng thể GIS cho quản lý HTCCNS 97
Hình 3.5. Sơ đồ phương pháp luận xây dựng CSDL GIS [47] 102
Hình 3.6. Phương pháp triển khai CSDL GIS cấp nước 103
Hinh 3.7. Các nhóm dữ liệu GIS phục vụ quản lý HTCCNS.....107
Hình 3.8. Cấu trúc một lớp dữ liệu.....111
Hình 3.9. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu “ Hạ tầng cấp nước”.....113
Hình 3.10. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu “ Hạ tầng thoát nước” 114
Hình 3.11. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu “Hành chính” 115
Hình 3.12. Mô hình dữ liệu logic 117
Hình 3.13. Tổ chức kho dữ liệu.....118
Hình 4.1. Giao diện tìm mạng đường ống tối ưu 127
Hình 4.2. Giao diện thiết lập các ràng buộc bài toán 128
Hình 4.3. Sơ đồ quy trình giải bài toán lập mạng tối ưu với bộ công cụ 129
Hình 4.4. Thực trạng mạng lưới cấp nước QC_06.....130
Hình 4.5. Bản đồ mạng đường ống cấp nước theo đường giao thông.....131
Hình 4.6. Bản đồ các tuyến ống vi phạm tiêu chí bãi rác.....132
Hình 4.7. Bản đồ vạch tuyến mạng lưới cấp nước tối ưu.....133
Hình 4.8. Cây tiêu chí cảnh báo nguy cơ ô nhiễm trong HTCCNS 138
Hình 4.9. Giao diện công cụ “Quản lý nguồn gây ô nhiễm”.....140
Hình 4.10. Các bước lập bản đồ cảnh báo ô nhiễm.....141
Hình 4.11. Các nguồn gây ô nhiễm từ lớp ”Địa hình và Sử dụng đất”.....141
Hình 4.12. Các nguồn gây ô nhiễm từ lớp “Công trình cấp nước” 142
Hình 4.13. Kết quả thử nghiệm công cụ “Quản lý nguồn gây ô nhiễm” 142

DANH MỤC BIỂU BẢNG

Bảng 1.1. Một số chỉ tiêu kế hoạch cụ thể năm 2020 và tầm nhìn đến 2050 33
Bảng 1.2. Tỷ lệ bao phủ dịch vụ cấp nước từ 2007 đến 2014 34
Bảng 1.3. Lượng nước được phát vào mạng từ năm 2007 đến 2014 35
Bảng 1.4. Tỷ lệ huy động công suất 35
Bảng 1.5. Hoạt động phát triển và quản lý một HTCCNS 41
Bảng 2.1. Ma trận phân tích rủi ro 79
Bảng 2.2. Số lượng các công ty chưa ứng dụng GIS và lý do 83
Bảng 2.3. Số lượng các công ty đã ứng dụng GIS ở từng hoạt động kỹ thuật 84
Bảng 3.1. Các kiểu trình bày bản đồ chuyên đề 100
Bảng 3.2. Các lớp thông tin của dữ liệu chuyên đề 108
Bảng 3.3. Bảng mô tả thuộc tính dữ liệu 112
Bảng 3.4. Bảng giá trị gán cho các cấp ủy ban nhân dân 112
Bảng 4.1. Khái toán 1m ống 123

LỜI NÓI ĐẦU

1. Giới thiệu tóm tắt về luận án

Luận án tập trung giải quyết một số vấn đề đang đặt ra trong việc quản lý hệ thống cung cấp nước sạch (HTCCNS) ở nước ta. Hoạt động quản lý kinh doanh không những chưa hiệu quả (tỷ lệ thất thoát thất thu cao), mà việc quản lý kỹ thuật còn đang có nhiều vấn đề bất cập, hệ lụy của nó là vô cùng nghiêm trọng. Trước tiên, nó làm cho giá thành nước sạch được sản xuất ra trong những năm vừa qua rất cao. Tiếp theo, nó hạn chế đáng kể khả năng đầu tư xây mới những HTCCNS nhằm đáp ứng yêu cầu sử dụng nước rất lớn trong điều kiện kinh tế tăng trưởng và dân số phát triển nhanh ở Việt Nam. Sau cùng, nó làm lãng phí nguồn tài nguyên đang ngày một khan hiếm và cạn kiệt. Để hướng đến việc giải quyết các vấn đề bất cập nói trên một cách cơ bản và triệt để, luận án đi sâu nghiên cứu ứng dụng Hệ thống thông tin Địa lý (Geographic Information System – GIS) cho quản lý HTCCNS ở Việt Nam. Đó cũng là xu hướng của thế giới hiện nay. Mục tiêu đầu tiên của luận án là đề xuất một mô hình phát triển GIS nhằm trợ giúp hiệu quả cho toàn bộ hoạt động quản lý HTCCNS, bao gồm cả quản lý kinh doanh và quản lý kỹ thuật. Mục tiêu tiếp theo, là phát triển CSDL GIS cho HTCCNS (*vì cơ sở dữ liệu là nền tảng của mọi HTTT, và CSDL GIS quyết định sự vận hành và chất lượng của hệ thống GIS*). Cuối cùng, luận án nghiên cứu xây dựng một vài mô đun điển hình để giải quyết những bài toán quan trọng nhất đang đặt ra trong quản lý kỹ thuật của HTCCNS Việt Nam. Đó là các bài toán: Q*uản lý tài sản HTCCNS (bao gồm cả quản lý rò rỉ), thiết kế tối ưu để thay thế và mở rộng mạng ống cung cấp nước, quản lý và cảnh báo ô nhiễm mạng cung cấp nước*.

Các bài toán được nêu ra trên đây đã được một số tác giả nghiên cứu và thử nghiệm tại một vài cơ sở ở Việt Nam cũng như ở nước ngoài. Tuy nhiên, những nghiên cứu đã có ở Việt Nam còn đơn giản, mới ở mức thử nghiệm, còn thiếu tính hệ thống và thường nhằm giải quyết những yêu cầu cụ thể ở cơ sở, chưa thật sự điển hình, chưa tính đến mọi ràng buộc của bài toán mà thực tế hiện đang đối mặt. Các nghiên cứu của nước ngoài được biết đến thường chỉ xét các ràng buộc hiện hữu trong thời điểm được nghiên cứu, và thuật toán sử dụng chỉ phù hợp với bài toán đặt ra thời điểm đó. Trong luận án, các bài toán trên được xem xét một cách tổng quát hơn. So với các nghiên cứu trước đây [18][20][57], luận án không những bổ sung thêm các ràng buộc cho phù hợp với hoàn cảnh mới trong điều kiện của nền kinh tế và công nghệ thế giới đang phát triển mạnh mẽ (*đô thị hóa nhanh, các yếu tố môi trường có thay đổi lớn, có nhiều vật liệu và công nghệ mới được áp dụng*), mà còn tính đến một số đặc trưng cụ

thể khác hiện hữu ở Việt Nam (*ô nhiễm môi trường trầm trọng, chất lượng nước chưa thật sự được quan tâm*). Đồng thời, luận án cũng sử dụng một giải thuật thích hợp (chưa nghiên cứu tương tự nào áp dụng) để tìm lời giải tối ưu cho bài toán đặt ra đạt hiệu quả cao.

Những đề xuất của luận án không tham vọng đi đến xây dựng một GIS hoàn chỉnh để giải quyết mọi vấn đề của quản lý HTCCNS ở Việt Nam. Các đề xuất này chỉ nhằm làm cơ sở phương pháp luận và phương pháp để phát triển GIS một cách hệ thống và bài bản, giúp cho các CTCCNS có thể đẩy nhanh quá trình ứng dụng và phát triển GIS của riêng mình một cách hiệu quả. Ngoài những vấn đề quan trọng đã được nghiên cứu giải quyết, với đề xuất của luận án, các CTCCNS ứng dụng GIS có thể bổ sung thêm những mô đun cần thiết cho việc quản lý HTCCNS của mình mà không quá khó khăn.

Luận án đã sử dụng các dữ liệu của Công ty Cấp nước số 2 Hà Nội để thử nghiệm hai chức năng: *Tư vấn thiết kế thay thế và mở rộng mạng ống cung cấp nước tối ưu; cảnh báo ô nhiễm và quản lý chất lượng nước*. Các chức năng và công cụ của hệ thống được thử nghiệm bước đầu đã cho kết quả khả quan. Những kết quả này một lần nữa cho phép khẳng định tính đúng đắn, tính hiệu quả và tính thực tiễn của các kết quả nghiên cứu của luận án.

Tổng thể luận án bao gồm 162 trang được tổ chức thành phần mở đầu (28 trang), bốn chương và phần kết luận (2 trang). Luận án có 57 hình vẽ và 13 bảng số liệu. Ngoài ra có phần tài liệu tham khảo và phụ lục gồm 72 trang.

2. Lý do chọn đề tài

Cung cấp nước là một ngành thuộc cơ sở kỹ thuật hạ tầng đô thị, có chi phí đầu tư, sửa chữa và nâng cấp rất tốn kém. Nó đóng vai trò quan trọng đối với phát triển sản xuất và sinh hoạt của xã hội. Trong những năm qua, tốc độ đô thị hóa lớn làm gia tăng dân số tại các khu đô thị, cùng với tốc độ phát triển kinh tế và công nghiệp nhanh kéo theo nhu cầu sử dụng nước sạch ngày càng tăng. Vì hiện tại khả năng cấp nước của chúng ta đang ở mức rất thấp, nên đòi hỏi khách quan của nhu cầu dùng nước này đang tạo áp lực rất lớn cho ngành cấp nước Việt Nam. Nhu cầu sử dụng nước sạch trong những năm tới là rất lớn. Bên cạnh đó, theo sự tiến bộ của xã hội, nhu cầu này được nâng lên một tầm mới là sử dụng đủ nước sạch với chất lượng, dịch vụ tốt, và nguồn nước an toàn.

Do kinh tế phát triển nhanh, môi trường tự nhiên bị hủy hoại đang gây ô nhiễm các nguồn nước. Nhiều nguồn cấp nước hiện tại ở Việt Nam đang có nguy cơ suy giảm cả về số lượng và chất lượng. Giá thành đầu tư sản xuất một khối nước sạch ngày càng

cao. Một phần mạng lưới không nhỏ trong HTCCNS của ta đã cũ kỹ, tỷ lệ hư hỏng và rò rỉ cao, việc thay thế, sửa chữa phần mạng lưới cũ này diễn ra rất chậm chạp. Hệ quả là, lượng nước sạch sản xuất ra thất thoát quá lớn, làm lãng phí đáng kể nguồn tài nguyên quý giá của quốc gia, người tiêu dùng phải gánh chịu giá nước cao, nhà nước thiếu hụt nguồn đầu tư mở rộng các HTCCNS để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế xã hội. Với những lý do trên, đề tài "*Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý cho hệ thống cung cấp nước sạch dựa trên hệ thống thông tin địa lý- thử nghiệm tại Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội*" được chọn làm đề tài luận án Tiến sỹ Kinh tế tại Viện Đào tạo Sau đại học- Trường Đại học kinh tế Quốc dân Hà Nội. Mục tiêu của luận án là nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS, trực tiếp góp phần giải quyết một số vấn đề nan giải, cấp bách trong ngành cấp nước của nước ta hiện nay.

Hệ thống cung cấp nước sạch của Việt Nam được xây dựng từ thời Pháp thuộc, nhưng hơn 40 năm sau thống nhất đất nước, năng lực đáp ứng nhu cầu dùng nước của chúng ta còn rất thấp (xem Hình 1): mới có khoảng 80% dân số đô thị và khoảng 42% nông thôn được dùng nước sạch [16]. Trong khi đó ở các nước khác, như Trung Quốc, tỷ lệ này là 91%, Nhật Bản là 100% [80], v.v…. Suốt 7 năm (2007 đến 2014) mật độ bao phủ dịch vụ của chúng ta chỉ tăng thêm được 10%. Không chỉ số người được dùng nước sạch còn ít, mà mức nước tiêu dùng tính theo đầu người mới đạt 120 lít/người/ngày (Hình 1), chỉ bằng khoảng 20% mức tiêu dùng của các nước phát triển [37]. Trong khi mức cung cấp nước sử dụng còn rất thấp, thì tỷ lệ thất thoát nước lại rất cao (25,25%) [32] và *chậm được cải thiện* (Hình 1): Trong vòng 7 năm (2007 đến 2014) tỷ lệ này chỉ giảm 7%, tức là, bình quân một năm chỉ giảm được 1%. Các kết quả nghiên cứu quan trắc mới nhất cho thấy, tại một số đô thị lớn như Hà Nội, TP.Hồ Chí Minh, Hải Phòng, Hòn Gai, Vinh, Cà Mau, Sóc Trăng, Bạc Liêu nguồn nước ngầm đang có những dấu hiệu cạn kiệt, ô nhiễm, nhiễm mặn [34]. Vì thế, ngay việc tăng cường khai thác công suất của các nhà máy nước sẵn có cũng rất khó khăn. Đầu tư nhà máy mới phải lấy nước từ nguồn rất xa hàng chục cây số (như Vinaconex lấy nước từ Sông Đà), làm cho giá thành nước ngày càng cao. Không những số lượng nước sạch cung cấp theo đầu người còn thấp, mà chất lượng nước cũng đáng báo động. Chất lượng nước ở nhiều nhà máy đã không đạt chuẩn đề ra (mặc dù chuẩn của chúng ta thấp hơn nhiều so với chuẩn của thế giới).

Có nhiều nguyên nhân gây ra các vấn đề nêu trên, nhưng có thể nhận ra *ba nguyên nhân cốt lõi* thuộc về quản lý HTCCNS đó là:

- Phương pháp quản lý mạng đường ống chưa tốt, *nên không thể phát hiện kịp thời và có giải pháp thích hợp đối với các sự cố rò rỉ gây ra tỷ lệ thất thoát nước cao.*

– *Chưa có phương pháp thay thế, bảo trì hiệu quả* cho hệ thống mạng đường ống. Chính vì vậy, vấn đề cấp bách đặt ra là làm thế nào để duy tu bảo trì thay thế *đối với mạng đường ống cũ, và* thiết kế mở rộng mạng lưới đường ống mới *một cách tốt nhất có thể: vừa rẻ, vừa nhanh và có hiệu quả sử dụng.*

– Chưa có phương tiện, giải pháp phòng tránh và cảnh báo ô nhiễm hữu hiệu. *Việc cảnh báo được sớm ô nhiễm là tiền đề để có giải pháp kiểm soát chất lượng nước trong HTCCNS kịp thời. Nhiệm vụ này hết sức quan trọng, vì nó liên quan trực tiếp đến sức khỏe và chất lượng cuộc sống của cộng đồng xã hội đang đòi hỏi ngày càng được nâng cao. Đây là vấn đề còn ít được quan tâm trong quản lý HTCCNS Việt Nam.*

Hình 1. Các tiêu chí trong hệ thống cấp nước Việt Nam giai đoạn 2007-2014

Nguồn dữ liệu: Hiệp hội cấp thoát nước Việt Nam (2011) và [1]

Nếu giải quyết vấn đề đầu tiên hướng đến sử dụng hiệu quả nguồn nước sản xuất ra bằng giải pháp quản lý (nhằm giảm thất thoát), thì đối với vấn đề thứ hai nhằm giảm chi phí đầu tư và tăng tốc độ đưa vào sử dụng, khai thác các mạng đường ống được sửa chữa hay mở rộng (đang có nhu cầu rất lớn và bị hạn chế vì nguồn vốn đầu tư). Giải quyết vấn đề cuối cùng nhằm đảm bảo chất lượng nước sử dụng đang bị ô nhiễm và đứng trước rất nhiều nguy cơ ô nhiễm đe dọa ngày càng tăng. Có thể nhận thấy các vấn đề nêu ra ở trên đã được các công ty cấp nước Việt Nam nhận biết từ nhiều năm nay (qua nghiên cứu thực trạng), và cũng đã có một số giải pháp cụ thể như:

– *Phân vùng tách mạng đường ống để dễ quản lý (hoàn thiện quản lý).*

– *Xác định vị trí lắp các đồng hồ đo thích hợp. Các đồng hồ đo có nhiệm vụ chuyển tự động các thông tin đo được trong HTCCN về trung tâm để xử lý, giúp*

cung cấp thông tin kịp thời cho việc ra các quyết định (tăng cường khả năng giám sát).

- *Tính toán và điều chỉnh áp suất đường ống để tăng lưu chuyển nước (tăng năng lực hệ thống, chưa phổ biến).*
- *Áp dụng giải pháp thay thế mạng lưới cũ bằng hệ thống mới với công nghệ mới, và có sử dụng bản đồ giấy (áp dụng tiến bộ khoa học, kỹ thuật) v.v….*
- *Sử dụng máy tính để trợ giúp quản lý (ứng dụng CNTT).*

Tất cả các giải trên đều đã được thực hiện nhưng chưa đồng đều, chưa phổ biến trong các đơn vị cung cấp nước, mức độ cải thiện quản lý là không nhiều vì các giải pháp chủ yếu vẫn được thực hiện theo phương thức thủ công, thiếu sự đồng bộ, không có tính hệ thống (*vì chưa sử dụng được các dữ liệu không gian liên quan đến mạng ống cấp nước và môi trường của nó*), do vậy kết quả đạt được còn hạn chế, chưa phù hợp với xu thế và yêu cầu phát triển hiện nay của xã hội.

Từ đầu những năm 90 (của thế kỹ XX), HTCCNS của các nước phát triển như Hà Lan, Đan Mạch, Mỹ cũng có tình trạng gần như chúng ta hiện nay. Các nước này đã ứng dụng GIS cho hoạt động quản lý HTCCNS. Kết quả họ kiểm soát được chất lượng nước theo thời gian thực, giảm tỷ lệ thất thoát xuống chỉ còn 4%-7%, đảm bảo HTCCNS hoạt động liên tục, bền vững [36]. Giải pháp này cũng đã được triển khai thành công ở Malaysia, Thái Lan, là những quốc gia có điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội gần tương tự như Việt Nam. Vì vậy, ứng dụng GIS nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS ở Việt Nam, cụ thể để giải quyết ba vấn đề trên là hoàn toàn phù hợp với xu thế ứng dụng công nghệ mới và có ý nghĩa quyết định cho đến lúc này. Hơn nữa, việc ứng dụng GIS cho quản lý HTCCNS của chúng ta hiện nay là hoàn toàn khả thi, vì:

- *Chúng ta có được những bài học kinh nghiệm ứng dụng của các nước đi trước, và cả công nghệ mà họ có thể cung cấp (tất nhiên là còn có những hạn chế).*
- *Sự phát triển nhiều các công cụ tiện lợi hỗ trợ việc xây dựng ứng dụng GIS, và đã có những công ty CNTT Việt Nam nắm được công nghệ và các công cụ này để triển khai các ứng dụng GIS. Mặt khác, trình độ CNTT của các công ty cấp nước Việt Nam hiện nay đủ khả năng để tiếp nhận sử dụng và khai thác các GIS.*
- *Nhiều cơ quan quản lý đã xây dựng được các dữ liệu dạng bản đồ, đặc biệt của ngành nước, và các chuẩn liên quan cũng đã được nghiên cứu và ban hành cùng các chuẩn quốc gia về bản đồ đã công bố. Đó là những cơ sở nền tảng cả về*

pháp lý và kỹ thuật cho phép xây dựng CSDL GIS cho các CTCCNS một cách chuẩn xác, bền vững.

Việc ứng dụng GIS quản lý HTCCNS sẽ không chỉ giải quyết được những hạn chế tồn tại từ trước đến nay mà nó còn rất thuận tiện cho việc tra cứu thông tin mạng đường ống, khách hàng, tính toán áp lực, biết được tình trạng cung cấp nước, lập kế hoạch thiết kế cải tạo, mở rộng mạng lưới, hỗ trợ công tác thống kê theo yêu cầu, v.v… Việc ứng dụng GIS trong quản lý HTCCNS sẽ cho cái nhìn tổng thể về toàn bộ mạng lưới cấp nước, phục vụ việc sửa chữa hỏng hóc, thay lắp đường ống, đồng hồ, nắm bắt thông tin khách hàng một cách trực quan mà không mất nhiều thời gian, công sức như trước nhờ sử dụng các công cụ tự động hóa cao. Hơn nữa, sử dụng GIS còn có các ưu điểm sau: (1) Không chỉ kết hợp nhiều giải pháp, tích hợp được những công cụ quản lý trước đây và bổ sung thông tin cho mô đun đã có(quản lý khách hàng, quản lý hóa đơn), v.v…(2) Quản lý được nhiều loại dữ liệu, cho phép truy vấn, tìm kiếm một cách dễ dàng, nhanh chóng và hiệu quả; (3) có thể hiển thị các dữ liệu, thông tin cần thiết dưới dạng các bản đồ, cho hình ảnh báo cáo trực quan; (4) kết hợp dữ liệu đã có với các dữ liệu có thể thu thập từ nhiều nguồn khác nhau để giải quyết những bài toán quản lý khác nhau; (5) có thể mô hình hóa và xử lý bài toán quản lý thường gặp trên nền tảng GIS để trợ giúp việc ra các quyết định và tạo ra những giá trị mới thông qua phân tích không gian - thời gian hoặc mô hình hoá các dữ liệu có toạ độ; (6) cho phép cải tiến và tự động hóa mức cao các quy trình phân tích ra quyết định quản lý, cải thiện chất lượng dịch vụ đối với khách hàng, v.v… trong quản lý HTCCNS.

GIS ngày một phát triển và hoàn thiện hơn cho phép kết hợp với viễn thám, giúp người quản lý bao quát được các đối tượng cần quản lý theo không gian và thời gian thực mà không cần phải đến thực địa. Với hiện trạng hệ thống cấp nước của ta hiện nay, việc sử dụng GIS sẽ góp phần giải quyết những khó khăn tồn tại trong việc quản lý HTCCNS, nhờ có sự cung cấp đầy đủ thông tin tức thời dưới dạng các thuộc tính không gian, thuộc tính đối tượng, thông tin về môi trường nơi mà hệ thống đi qua và cuối cùng là kết hợp với các tiêu chí đặt ra của các tổ chức liên quan như: Bộ Y tế, Sở giao thông Vận tải, Sở Tài nguyên và Môi trường, v.v… GIS sẽ đưa ra những cảnh báo, lập ra những bản đồ, lập ra những dự báo, trợ giúp cho người quản lý đưa ra những quyết định nhanh chóng kịp thời và tối ưu đáp ứng mục tiêu "**phòng bệnh hơn chữa bệnh**". Hơn nữa, GIS còn có thể hỗ trợ và bổ sung cho những công cụ quản lý đã có để đạt được hiệu quả quản lý cao hơn (về độ chính xác, tính kịp thời và tiện dụng, giảm nhân lực).

Qua kết quả điều tra thực trạng cho thấy: Hiện nay, ở các nước phát triển, bộ phần mềm GIS quản lý tổng thể HTCCNS đã hoàn thiện ở mức cao và đầy đủ các chức năng (water GIS của ESRIS). Tuy nhiên, một mô hình dù tốt đến đâu cũng không thể áp dụng tốt đối với tất cả các trường hợp có các điều kiện môi trường khác nhau, đặc biệt với những đặc thù của Việt Nam (môi trường, con người, chính sách). Các bộ phần mềm này hiện nay đã được triển khai ở giai đoạn đầu cho một số công ty cung cấp nước sạch Việt Nam (công ty nước sạch Cần Thơ, Đà Nẵng) với một số các chức năng tiêu biểu: *Quản lý tài sản hệ thống; lập kế hoạch thay thế bảo trì mạng đường ống; quản lý thông tin điểm rò rỉ.* Chức năng quản lý tài sản có tương đối đầy đủ các đối tượng và các thuộc tính cần quản lý. Chức năng lập kế hoạch thay thế bảo trì mạng ống trong bộ phần mềm được đánh giá cao nhất mới chỉ dựa vào tiêu chí tuổi thọ của đối tượng do nhà sản xuất qui định theo chuẩn của các nước phát triển. Chức năng quản lý thông tin điểm rò rỉ, quản lý các thông tin như: Vị trí, ngày rỏ rỉ, ngày khắc phục, đội khắc phục, vật tư tiêu hao. Chức năng này mới dừng ở việc quản lý thông tin liên quan đến điểm rò rỉ, các mục tiêu khác chưa được thực hiện. Nhìn chung, khi sử dụng gói phần mềm GIS của nước ngoài để quản lý tổng thể HTCCNS của Việt Nam còn có một số hạn chế như:

- *Ngôn ngữ tiếng Anh là một rào cản lớn (một số đã được Việt hóa nhưng thuật ngữ dùng chưa chính xác, thân thiện) cho người sử dụng.*
- *Trong hệ thống phần mềm của nước ngoài, nhiều đối tượng và thuộc tính không có trong HTCCNS ở Việt Nam, dẫn đến thiếu dữ liệu đầu vào.*
- *Một số đối tượng cần quản lý có sẵn trong phần mềm được định dạng và thiết lập các ràng buộc khác với các chuẩn yêu cầu của ta. Dẫn đến kết quả đầu ra không được như mong muốn.*
- *Một số đối tượng cần thêm vào hệ thống theo đặc thù HTCCNS ở Việt Nam lại gặp khó khăn trong việc định dạng dữ liệu và thiết lập ràng buộc. Phần này rất cần sự nghiên cứu một cách kỹ lưỡng các đối tượng đã có trong hệ thống để nhận biết được mối liên hệ giữa các đối tượng này. Vấn đề này lại không được hướng dẫn chi tiết trong bất cứ tài liệu nào của phần mềm.*
- *Một số chuẩn dùng trong phần mềm nước ngoài khác với chúng ta nên khi sử dụng phần mềm nhiều kết quả mà hệ thống đưa ra là không phù hợp…. (vì trình độ CNTT của các đơn vị còn hạn chế và không có hướng dẫn cụ thể của gói phần mềm).*

- *Hay gặp sự cố trong vận hành hệ thống, nhưng không nhận được sự trợ giúp kịp thời (vì nguồn lực về nhân sự có thể khắc phục được sự cố của các đơn vị triển khai vẫn còn rất hạn chế).*
- *Giá thành triển khai sử dụng phần mềm nước ngoài còn cao.*

Tất cả các lý do trên đã làm cho việc khai thác các hệ thống phần mềm nước ngoài trong các công ty của ta còn chưa đáp ứng được yêu cầu mong muốn, hay không phù hợp. Việc triển khai ứng dụng cũng như mở rộng thêm các chức năng mới do yêu cầu thực tế của các công ty cung cấp nước sạch (CTCCNS) ở Việt Nam đối với phần mềm này là khó khăn (cả về tài chính và kỹ thuật) và thường chậm chạp. Một điều dễ hiểu là, do phần mềm được đóng gói và có nhu cầu bảo vệ bản quyền, nên chúng ta không thể hiểu hết và can thiệp vào phần mềm của họ, đặc biệt là vấn đề thiết kế và những thuật toán dành cho các giải pháp kỹ thuật mà phần mềm cung cấp. Vì thế, một số CTCCNS khác ở Việt Nam (như Khánh Hòa, Bình Thuận) đã không sử dụng các gói phần mềm của nước ngoài, mà chủ động xây dựng GIS theo nhu cầu của riêng mình. Các đối tượng và thuộc tính được quản lý trong các phần mềm tự xây dựng này tuy chưa đầy đủ so với các gói phần mềm từ nước ngoài, nhưng đã có được một số chức năng như: *Quản lý tài sản; Quản lý thông tin rò rỉ và quản lý bảo trì tài sản thiết bị* [21][26]. Những phần mềm này có một số ưu điểm như: Giao diện thân thiện, phần mềm thuần Việt dễ sử dụng, giá thành rẻ, khả năng vận hành và khắc phục sự cố tốt hơn. Tuy nhiên, những sản phẩm này còn đơn giản, thiếu một thiết kế tốt, thiếu nhiều chức năng đòi hỏi phải có giải pháp kỹ thuật với trình độ cao, để có thể đáp ứng được đầy đủ nhiều yêu cầu của quản lý. Đặc biệt, những phần mềm như vậy thường chưa tính đến khả năng nâng cấp và bảo trì sau này. Mặc dù vậy, khi triển khai các ứng dụng GIS ở các mức độ khác nhau, các công ty này đã khẳng định được rằng: Nhờ ứng dụng GIS đã giúp họ nâng cao được hiệu quả quản lý HTCCNS ở mức độ nhất định, và cần phải đẩy mạnh việc ứng dụng GIS nhiều hơn nữa (công ty cấp nước MTV Đà Nẵng trước đây có tỷ lệ thất thoát nước sạch rất cao 31% vào năm 2010, sau khi ứng dụng GIS vào quản lý đến nay tỷ lệ thất thoát là 16,88% năm 2014)[1].

Dựa vào xu thế phát triển công nghệ trên thế giới gần đây, căn cứ vào tình hình thực tiễn trong và ngoài nước, tác giải lựa chọn đề tài nghiên cứu này là một nhu cầu thiết thực. Với đề tài này, câu hỏi quản lý đặt ra là: *Các công ty cung cấp nước sạch Việt Nam cần phải ứng dụng công nghệ GIS như thế nào để giải quyết một cách triệt*

để và đạt hiệu quả cao các hoạt động quản lý của mình:Tiêu biểu là các hoạt động quản lý tài sản mạng lưới, hoạt động thiết kế thay thế - mở rộng mạng lưới và cảnh báo ô nhiễm?

Từ câu hỏi quản lý trên, các câu hỏi nghiên cứu sau đây được đặt ra:

- *Ứng dụng GIS vào hoạt động quản lý tại các công ty cung cấp nước sạch Việt Nam có thể giải quyết được những vấn đề gì?*
- *Phương pháp luận chung để giải quyết những bài toán quản lý trong HTCCNS Việt Nam dựa trên GIS cần được tiến hành như thế nào?*
- *Khung CSDL GIS cho hoạt động quản lý HTCCNS Việt Nam với các bài toán đề xuất gồm những thành phần dữ liệu nào và cấu trúc ra sao?*
- *Mô hình hóa bài toán thiết kế thay thế - mở rộng mạng lưới và bài toán kiểm soát cảnh báo ô nhiễm trong HTCCNS như thế nào và cách thức giải quyết chúng trên nền tảng của GIS ra sao?*

Để trả lời các câu hỏi trên, cần triển khai điều tra để nắm được thực trạng hoạt động quản lý HTCCNS ở Việt Nam (cả về nội dung quản lý và dữ liệu sử dụng). Sau điều tra, tác giả đã tiến hành nghiên cứu những vấn đề nêu ra ở trên và thử nghiệm kết quả nghiên cứu với các dữ liệu cụ thể của Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội. Từ đó hoàn thiện kết quả nghiên cứu và đưa ra các kết luận và khuyến nghị. Kết quả nghiên cứu sẽ giúp việc triển khai GIS tại các công ty cấp nước Việt Nam thuận tiện, dễ dàng, hiệu quả, góp phần đẩy nhanh tiến độ ứng dụng GIS vào hoạt động quản lý nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động của họ.

3. Khung lý thuyết và mục tiêu nghiên cứu

Hình 2 là mô hình nghiên cứu cho luận án dựa trên lý thuyết về khoa học thiết kế trong nghiên cứu HTTT của Havner đưa ra năm 2004 [40]. Khung lý thuyết thể hiện:

- **Môi trường nghiên cứu bao gồm***: Con người, mô hình tổ chức và các nhân tố công nghệ. Trong đó, yếu tố con người được coi là quan trọng nhất, vì họ chính là nguồn lực có thể tiếp nhận và vận hành hệ thống.*
- **Nền tảng lý thuyết và phương pháp luận:** L*à nền tảng tri thức và công cụ giúp giải quyết vấn đề.*
- **Những vấn đề cần nghiên cứu giải quyết:** T*huộc trung tâm và là đối tượng của nghiên cứu.*

Các mục tiêu đặt ra, các nhiệm vụ phải thực hiện, các vấn đề tồn tại và các cơ hội của các CTCCNS được thể hiện bằng nhu cầu phát triển của ngành cấp nước và tạo ra khoảng trống nghiên cứu trong lĩnh vực GIS trong ngành cấp nước. Các khoảng trống nghiên cứu này được xem xét trong ngữ cảnh hiện nay của các công ty cấp nước Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu mà luận án đề xuất và kiến nghị áp dụng vào quản lý HTCCNS là những đóng góp cho cơ sở tri thức về quản lý và xây dựng HTTT quản lý với việc ứng dụng GIS. Các kết quả thử nghiệm là cơ sở để điều chỉnh, đánh giá lại, hoàn thiện và phát triển các ứng dụng tiếp theo trong lĩnh vực ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS tại Việt Nam.

Hình 2. Khung lý thuyết cho luận án

Trên cơ sở câu hỏi quản lý, các câu hỏi nghiên cứu và khung nghiên cứu lý thuyết trên, tác giả đặt ra mục tiêu nghiên cứu tổng quát là: X***ây dựng giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý Hệ thống cung cấp nước sạch với sự trợ giúp của Hệ thống thông tin địa lý.***

Để đạt được mục tiêu tổng quát trên, nghiên cứu sẽ thực hiện các mục tiêu chi tiết sau:

- *Nghiên cứu một cách có hệ thống nhu cầu cấp thiết tiến hành đổi mới quản lý các CTCCNS Việt Nam trong bối cảnh nguồn nước ngọt đang bị ô nhiễm và ngày càng cạn kiệt.*
- *Nghiên cứu GIS và việc triển khai hệ thống GIS cho ngành cấp nước và một số ngành khác.*
- *Nghiên cứu quá trình ứng dụng GIS để hỗ trợ công tác quản lý kinh doanh cũng như quản lý kỹ thuật trong HTCCNS Việt Nam.*
- *Đưa ra các bài toán cấp bách cần giải quyết, các vấn đề có thể giải quyết nhờ GIS, mô hình chung phát triển GIS, khung CSDL GIS cho ngành cấp nước nhằm nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS.*
- *Xây dựng và thử nghiệm một số mô đun chức năng của hệ thống như: Thiết kế, thay thế mở rộng mạng lưới tối ưu và quản lý chất lượng nước với các dữ liệu của công ty cấp Nước số 2 Hà Nội.*

4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận án là một số HTCCNS tiêu biểu ở Việt Nam. Xét trên quan điểm điều khiển học, hệ thống này bao gồm hai thành phần cơ bản là *đối tượng quản lý* và *đối tượng bị quản lý*. Trong *đối tượng quản lý*, nghiên cứu tập trung vào các hoạt động của quản lý kỹ thuật của hệ thống. Trong *đối tượng bị quản lý*, là mạng đường ống cung cấp nước sạch và môi trường có tác động trực tiếp lên nó.

4.2. Phạm vi nghiên cứu

- ***Về mặt không gian**: Phạm vi bao gồm phần lớn các công ty cấp nước sạch ở Việt Nam, có thể thu thập được các dữ liệu cần thiết cho việc nghiên cứu.*
- ***Về mặt thời gian**: dữ liệu được sử dụng là các số liệu điều tra, các số liệu thứ cấp thu thập từ năm 2007 đến 12/2015 từ các nguồn khác nhau.*
- ***Về mặt nội dung**: Trước hết, nghiên cứu chỉ tập trung vào một số vấn đề của quản lý kỹ thuật quan trọng trong HTCCNS. Đây chính là các bài toán phức tạp và nan giải đang được đặt ra. Sau đó là nghiên cứu về các mạng cung cấp nước sạch ở Việt Nam, để biết thực trạng của chúng cả về mặt cấu trúc cũng như môi*

trường ảnh hưởng. Cuối cùng, là nghiên cứu về giải pháp cho các vấn đề đặt ra, bao gồm nghiên cứu giải pháp về khung cảnh cho việc giải các bài toán – công nghệ GIS, mô hình các bài toán và thuật toán giải chúng. Sau nữa, là những đề xuất về phát triển một GIS để tự động hóa đến mức cao nhất có thể toàn bộ quá trình giải quyết các vấn đề đặt ra nhằm trợ giúp việc nâng cao hiệu quả các hoạt động quản lý HTCCNS ở Việt Nam.

4.3. Phương pháp nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu đặt ra, luận án sử dụng các phương pháp sau:

- Phương pháp tiếp cận hệ thống *nhằm xác định cấu trúc tổng thể của hệ thống, và những yếu tố môi trường ảnh hưởng đến hệ thống được nghiên cứu.*
- Phương pháp phân tích định tính, định lượng *để nghiên cứu thực trạng của hoạt động quản lý tại các CTCCNS và thực trạng quản lý kỹ thuật của các HTCCNS ở Việt Nam. Ngoài ra, phương pháp này còn được sử dụng để dự đoán nhu cầu sử dụng nước sạch cũng như khả năng cung cấp nước sạch trong tương lai. Các phương pháp này được thực hiện dựa trên các bộ dữ liệu sơ cấp từ các cuộc phỏng vấn, điều tra, và các số liệu thứ cấp thu được từ các công bố của các công ty và sổ tay cấp nước an toàn của các CTCCNS Việt Nam từ năm 2007 đến 2014.*
- Phương pháp chuẩn hoá dữ liệu không gian và thuộc tính s*ử dụng phần mềm MapInfo để số hóa bản đồ, cập nhật tọa độ của mạng lưới vào bản đồ và chuyển các lớp bản đồ không cùng hệ quy chiếu về một hệ quy chiếu cụ thể là vùng lưới chiếu là UTM Zone 48- Northern Hemisphere.*
- Phương pháp mô hình hóa : *Sử dụng các biểu đồ, sơ đồ và đồ thị biểu diễn thực trạng các vấn đề quản lý và kỹ thuật trong HTCCNS Việt Nam, giúp cho quá trình phân tích trở nên rõ ràng và dễ hiểu hơn.*
- Phương pháp phân tích và thiết kế HTTT *để xây dựng GIS trợ giúp việc tự động hóa giải quyết những vấn đề được đặt ra.*

5. Kết cấu luận án

Ngoài phần mở đầu, kết luận, phụ lục, luận án được chia làm 4 phần chính:

Chương 1: *Quản lý hệ thống cung cấp nước sạch dựa trên Hệ thống thông tin địa lý (GIS)*

Chương này đi sâu vào phân tích hoạt động quản lý HTCCNS Việt Nam và giới thiệu những đặc trưng của GIS. Phần đầu của chương trình bày các khái niệm cơ bản liên quan đến hệ thống cung cấp nước sạch, những nhiệm vụ, định hướng ngành cấp nước của Việt Nam trong tương lai. Phần tiếp theo, phân tích thực trạng hoạt động

quản lý HTCCNS qua các chỉ tiêu cơ bản với dữ liệu của toàn ngành, để từ đó làm rõ những bài toán quản lý đặt ra cho ngành cấp nước Việt Nam cần giải quyết ngay, nhằm thực hiện được nhiệm vụ và mục tiêu đã đề ra. Tiếp theo, giới thiệu các khái niệm căn bản, đặc trưng của GIS và khẳng định GIS là công cụ thích hợp nhất lúc này để có thể giúp giải quyết những bài toán quản lý đặt ra. Cuối cùng, đưa ra những vấn đề cần quan tâm khi xây dựng và phát triển một GIS quản lý HTCCNS ở Việt Nam.

Chương 2: *Thực trạng quản lý kỹ thuật và ứng dụng GIS vào hoạt động này tại các CTCCNS Việt Nam*

Chương này đi sâu nghiên cứu về các hoạt động quản lý kỹ thuật của HTCCNS Việt Nam. Phần đầu của chương trình bày các khái niệm liên quan đến các hoạt động kỹ thuật trong hệ thống và các quy trình quản lý kỹ thuật cơ bản. Phần tiếp theo, phân tích các dữ liệu lịch sử về quản lý kỹ thuật của các CTCCNS qua các năm để làm rõ sự thay đổi, những bất cập trong các hoạt động kỹ thuật hiện nay. Từ đó, khẳng định lại một lần nữa phải hoàn thiện các nghiệp vụ này bằng cách ứng dụng công nghệ mới - công nghệ GIS. Ngoài ra, thông qua kết quả điều tra phân tích thực trạng ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS của các công ty nước cấp nước Việt Nam. Cuối cùng đưa ra một số khuyến nghị về các nội dung cụ thể cần ứng dụng GIS vào quản lý và các vấn đề gây hạn chế quá trình triển khai GIS ở các CTCCNS Việt Nam.

Chương 3: *Mô hình phát triển GIS và xây dựng khung CSDL cho quản lý HTCCNS ở Việt Nam*

Chương này được chia thành 3 phần. Phần đầu đề xuất mô hình phát triển một hệ thống GIS nói chung. Phần tiếp theo, đề xuất mô hình kiến trúc GIS quản lý HTCCNS giúp nâng cao hiệu quả quản lý. Phần cuối cùng, trình bày phương pháp luận, phương pháp thiết kế cơ sở dữ liệu GIS và đề xuất một khung CSDL GIS đầy đủ các nhóm dữ liệu (dữ liệu chuyên đề, dữ liệu nền), các đối tượng và các thuộc tính đối tượng để quản lý tổng hợp HTCCNS nhằm nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS. Đặc biệt CSDL GIS đề xuất sẽ phục vụ để giải quyết các bài toán đã nêu ở những chương trước.

Chương 4: *Ứng dụng GIS cho bài toán thiết kế mạng cấp nước tối ưu và cảnh báo ô nhiễm nước trong HTCCNS*

Chương này trình bày chi tiết phương pháp giải quyết 2 bài toán *thiết kế thay thế, mở rộng mạng lưới và cảnh báo ô nhiễm chất lượng nước* đã nêu ở Chương 1, sử dụng CSDL GIS đã đề xuất ở Chương 3. Tiếp theo, sử dụng dữ liệu của Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội để thử nghiệm. Phần cuối chương, trình bày các kết quả thử nghiệm và đưa ra một số nhận xét.

6. Tổng quan tình hình nghiên cứu

Hệ thống cung cấp nước sạch ra đời từ rất sớm (thế kỷ XVI) ở các nước Tây Âu. Nhưng chỉ từ khi người ta xây dựng các hệ thống khai thác và mạng lưới truyền dẫn (thế kỷ XVIII), thì các hoạt động quản lý kinh doanh và kỹ thuật (kiểm tra, bảo trì, phát triển mạng dẫn nước, chất lượng nước) mới trở thành hoạt động chính thức và thường xuyên. Các hoạt động quản lý này ngày càng được xã hội quan tâm không chỉ về số lượng mà còn cả về chất lượng nước được cung cấp. Trước tình trạng khan hiếm và ô nhiễm của nguồn nước ngọt hiện nay, công tác quản lý HTCCNS càng trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Đã có nhiều kết quả nghiên cứu liên quan đến hoạt động này. Đặc biệt, từ giữa thế kỷ 20, nhờ có sự phát triển mạnh mẽ của phương pháp mô hình hóa, nhiều bài toán thuộc lĩnh vực cung cấp nước sạch đã được nghiên cứu và giải quyết hiệu quả nhờ sự trợ giúp của máy tính điện tử.

6.1. Những nghiên cứu ngoài nước

Từ thủa sơ khai, do các mạng đường ống cấp nước có qui mô nhỏ và được lắp đặt lộ thiên nên các hoạt động bảo trì hệ thống mạng lưới đơn giản và dễ thực hiện. Theo sự tiến bộ của xã hội, hệ thống mạng đường ống có quy mô ngày càng mở rộng, và được đặt ngầm một phần dưới đất. Do đó, những bài toán liên quan đến bảo trì hệ thống mạng ống nước (gồm sửa chữa, thay thế và mở rộng hoặc kết hợp cả hai) ngày một phức tạp và có chi phí rất cao. Nhiều kết quả nghiên cứu liên quan đến việc giải bài toán mở rộng và bảo trì hệ thống mạng đường ống tối ưu, đã được công bố. Dưới đây là một số nghiên cứu tiêu biểu:

Năm 1979, Sharmir và Howard đề xuất một mô hình bài toán cho việc ra quyết định lựa chọn phương án sửa chữa hoặc thay thế đường ống khi so sánh giữa tỷ lệ ống vỡ và các chi phí sửa chữa với việc thay thế đường ống mới [71]. Bài toán này được đặt ra trong hoàn cảnh lúc đó giá thành đường ống và các phụ kiện kèm theo còn rất cao. Năm 1982, Walski và Pelliccia đã phát triển một tiêu chuẩn mới đơn giản hơn để thay thế đường ống nước khi so sánh tỷ lệ vỡ hiện tại của một đường ống lớn hơn tỷ lệ vỡ định mức [75]. Sau đó Walski xem xét thêm bài toán về việc phục hồi đường ống dẫn nước khi chi phí cho phục hồi nhỏ hơn chi phí tăng thêm cho áp lực bơm nước và thiết bị cần thiết bổ sung để nước vẫn lưu thông tốt trong các ống chính bằng cách áp dụng chỉ số Hazen-Williams C[1] thấp [77]. Vào năm 1986, chính ông đã phát triển một khuôn khổ chung cho việc ra quyết định phục hồi hệ thống mạng ống nước. Công trình

[1]Hazen-Williams C là công thức tính áp lực trong đường ống với yếu tố tính chất vật lý của đường ống và sự giảm áp lực do ma sát

của ông đã gợi ý các giải pháp phục hồi khác nhau cho một số bài toán cụ thể [78]. Cũng về chủ đề này, O'Day cho rằng, quyết định việc bảo dưỡng đường ống, phục hồi chức năng, và thay thế hiệu quả không chỉ dựa vào tuổi thọ của ống, mà phải dựa trên thực tế và các thông tin được cập nhật về điều kiện vật chất cụ thể của hệ thống phân phối nước [67]. Cũng vẫn với bài toán trên, nhưng khi tính đến những yếu tố mới, tác giả Sullivan nhấn mạnh việc lập kế hoạch ưu tiên để thay thế, cải tạo đường ống phải dựa trên hồ sơ bảo dưỡng, hồ sơ tuổi thọ và kiểm tra áp lực của đường ống cũng như cấu trúc đường bộ của thành phố có ảnh hưởng đến nó [73]. Để tối ưu hóa chi phí cho việc phục hồi, thay thế mở rộng tuyến ống, một loạt mô hình tối ưu hóa ra đời có áp dụng những kết quả nghiên cứu mới về cơ học: Bằng sự kết hợp tối ưu hóa phi tuyến (hàm mục tiêu) và quy trình mô phỏng thủy lực để tính áp lực lên thành ống để tìm lời giải cho việc ra quyết định trong HTCCNS đã được Woodburn và cộng sự đưa ra năm 1987 [79], và để xác định giải pháp chi phí tối thiểu cho việc phục hồi và thay thế các thành phần của hệ thống phân phối nước đã được đề xuất vào năm 1992 [62]. Theo hướng mô hình hóa tối ưu này, Kim đã cải thiện mô hình của Shamir và Howard bằng cách bổ sung điều kiện kiểm tra độ tin cậy thủy lực [60], còn Kim và Mays giải quyết bài toán đặt ra bằng cách sử dụng biến số nguyên để biểu diễn việc quyết định thay thế hay phục hồi một đoạn đường ống, thay vì sử dụng độ dài đường ống đó như là biến quyết định [59]. Halhal lại sử dụng một thuật toán di truyền cấu trúc trộn để giải quyết bài toán lựa chọn một mạng con tốt nhất có thể của mạng lưới cần được lắp đặt. Một cách tiếp cận đa mục tiêu được mô tả bằng cách sử dụng đồng thời cả chi phí về vốn và lợi ích kinh tế thu được như mục tiêu kép, cho phép sử dụng một loạt các giải pháp biến đổi chi phí có điều khiển để không vượt quá lợi ích [51]. Vấn đề tối ưu hóa kích thước đường ống khi thay thế, sửa chữa cũng được nghiên cứu vào năm 2008 [66]. Trong luận án bảo vệ thạc sỹ của Baek [43] đã phát triển cách tính toán tối ưu của hệ thống khi đưa ra quyết định phục hồi chức năng của Hệ thống phân phối bằng cách sử dụng công cụ ReHS. Năm 2001, khi giải quyết vấn đề phục hồi một hệ thống mạng lưới cấp nước lớn, Geem và các cộng sự đã sử dụng thuật toán " Harmony Search" mới để giải quyết bài toán này thay cho kỹ thuật tối ưu thông thường đã không còn hiệu quả [48]. Năm 2002, cũng nhóm tác giả này nghiên cứu và đưa ra kết quả khi sử dụng thuật toán " Harmony Search" trên vào việc thiết kế mạng đường ống [49].

Nhìn chung, các công trình được nghiên cứu trên tập trung giải quyết *bài toán mở rộng và bảo trì tối ưu mạng đường ống nước* bằng cách xây dựng các mô hình tối ưu với các ràng buộc và hàm mục tiêu khác nhau. Điểm khác nhau giữa chúng là các nghiên cứu sau thường tính đến nhiều hơn các điều kiện ràng buộc thực tế của bài toán

(tuổi thọ đường ống, tỷ lệ rò rỉ, mức độ sửa chữa thực tế hoặc áp lực nước trên đường ống) hoặc làm phức tạp thêm hàm mục tiêu (bao gồm nhiều tiêu chí như chi phí vốn bỏ ra, hiệu quả kinh tế mang lại hoặc chênh lệch giữa chúng, v.v...). Cùng với mô hình các bài toán có độ phức tạp thay đổi, các tác giả đã đưa ra các phương pháp giải khác nhau. Trước đây, do giá thành các đường ống và phụ kiện rất đắt, nên nhiều bài toán bảo trì, thay thế được đặt ra có thể tiến hành chỉ cho từng đoạn đường ống. Ngày nay, trừ những loại ống lớn, bài toán thường đặt ra cho một cụm mạng đường ống có sự tương đồng nhất định (vì thường các đường ống trong cụm đều được lắp đặt cùng thời điểm, cùng loại, cùng hãng sản xuất, nên tuổi thọ là tương đối giống nhau). Thêm vào đó, phương pháp giải các mô hình toán học tối ưu hiện rất phong phú. Với năng lực rất mạnh của máy tính, việc giải các mô hình với các bài toán loại này không còn là vấn đề khó khăn. *Điều đáng ghi nhận ở đây chính là mô hình của các bài toán được xây dựng ngày càng có nhiều ràng buộc gần hơn với bài toán thực tế được yêu cầu giải quyết.* Tuy nhiên, các bài toán đặt ra chưa sử dụng công nghệ GIS, vì lúc đó công nghệ này chưa phát triển. Cách thiết lập các ràng buộc để giải các bài toán chủ yếu vẫn làm thủ công (có thể đã sử dụng bản đồ giấy), vì thế thường tốn rất nhiều công sức và thời gian. Hơn nữa, nhiều ràng buộc thực tế của bài toán phải bỏ qua vì thiếu các dữ liệu không gian hoặc do sự quá phức tạp của nó khi cần phải biểu diễn chúng trong không gian. Năm 2013, Harri Antikainen sử dụng các dữ liệu không gian trong GIS [52] được lưu trữ ở dạng Raster để mô hình hóa bài toán thiết kế thay thế mở rộng mạng lưới và thuật toán A* tìm đường đi cho đường ống nước có giá trị tối ưu. Cũng trong năm này, nhóm tác giả Jun a, Koo b và Koh đã công bố kết quả nghiên cứu mở rộng hệ thống mạng lưới cấp nước ở Seul dựa trên GIS. Trong kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả đã đưa ra công thức tính chi phí xây dựng, công thức tính tuổi thọ của đường ống, sử dụng giải thuật DISKTRA, để lập kế hoạch bảo trì và thay thế các đoạn đường ống tối ưu bằng cách xác định thời điểm thay thế đường ống, tìm đường đi ngắn nhất cho đoạn đường ống được thay thế. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu còn chỉ ra rằng cần phải sử dụng bản đồ đường giao thông làm cơ sở chia vùng, chia ô mạng đường ống [57].

Nhờ sử dụng công nghệ GIS, việc thiết lập bài toán trong các nghiên cứu trên không những bao hàm được các ràng buộc như những nghiên cứu trước đó (tính tuổi thọ, chi phí xây dựng, v.v…), mà còn bổ sung thêm các ràng buộc về địa hình, không gian đặt ống và chia vùng khi sử dụng bản đồ nền trong GIS về đường giao thông (trước đây công việc này phải tiến hành trực tiếp trên thực địa). Với cách làm này, việc thiết lập bài toán với đầy đủ các ràng buộc cần thiết trở nên đơn giản và nhanh chóng

hơn rất nhiều. Tuy vậy, trong khi giải bài toán đặt ra, các nghiên cứu trước đây sử dụng thuật toán DISKTRA để tìm đường đi ngắn nhất cho đoạn đường ống được thay thế sẽ làm hạn chế phạm vi của bài toán được giải, khi mà nhu cầu thay thế không chỉ là một đoạn đường ống mà là toàn bộ một cụm mạng đường ống, v.v...

GIS không chỉ hỗ trợ giải quyết các vấn đề kỹ thuật trong HTCCNS, mà GIS còn khẳng định được vai trò của mình trong việc trợ giúp quản lý **sản xuất và kinh doanh nước sạch.**

Năm 1991, tại hội nghị báo cáo về tình hình nước sạch thế giới do Hiệp hội Nước quốc tế tổ chức. Các nước Đức, Pháp, Đan Mạch, Italy đã báo cáo kết quả khả quan đạt được khi ứng dụng GIS quản lý HTCCNS trong đó đề cập đến GIS giúp quản lý rò rỉ giúp giảm nhanh tỷ lệ thất thoát nước sạch. Chủ đề này đã nhận được sự quan tâm đặc biệt của nhiều quốc gia. Tuy nhiên, các nghiên cứu cụ thể, chi tiết không được trình bày trong hội thảo [41]. Năm 2003, cuốn sách "*Phát triển mô hình quản lý và cung cấp nước*" (của Walski, T. M. và các tác giả khác) được giới thiệu như một cuốn từ điển bách khoa, cung cấp đầy đủ nội dung cho ứng dụng GIS vào quản lý. Cuốn sách đề cập tới tất các hoạt động thường ngày của các CTCCNS như: Q*uản lý mạng đường ống, quản lý nhu cầu sử dụng nước, quản lý khách hàng, hóa đơn, v.v...* và các qui trình khắc phục sự cố xảy ra trong các hoạt động đó [76]. Khi thực hiện ứng dụng GIS theo cuốn sách này, các CTCCNS ở Việt Nam gặp rất nhiều khó khăn, vì rằng, việc xây dựng hệ thống và các qui trình thực thi các nghiệp vụ của chúng ta không giống các tiêu chuẩn như trong sách đưa ra và một vài công nghệ sử dụng đã không còn phù hợp. Do vậy, cuốn sách chỉ có ý nghĩa tham khảo.

Theo thời gian, GIS ngày càng phát triển và hoàn thiện. Ngoài khả năng cung cấp được nhiều thông tin do kết hợp giữa dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính, GIS còn có khả năng tích hợp được các công nghệ mới phục vụ cho việc cung cấp thông tin trên thực địa nhanh chóng, dễ dàng, nhất là ở những địa hình hiểm trở khó khăn trong việc khảo sát thực địa. Một trong các công nghệ đó là viễn thám. Như chúng ta đã biết, HTCCNS thường trải ra trên một không gian rộng. Nhiều thiết bị của hệ thống đặt ở những vị trí hiểm trở, khắc nghiệt rất cần thu thập các thông tin về nó. Ví dụ như các van, bể chứa, các thiết bị đang vận hành, v.v…Viễn thám giúp cho công tác quản lý các đối tượng của hệ thống đạt hiệu quả cao hơn do không cần cử người đến tận nơi để khảo sát hay lấy dữ liệu. Nội dung này được nhóm tác giả Khadri, S.F.R và Chaitanya Pande nghiên cứu và đề xuất năm 2014 [58]. Việc, kết hợp GIS và viễn thám cung cấp các hình ảnh cho GIS, theo cách thông thường sẽ dẫn đến việc đưa ra kết luận rất chậm trễ. Để cải thiện tốc độ cung cấp thông tin, tác giả Zhao-Shun Wang và các đồng sự còn

đề xuất sử dụng công nghệ Client-Server, Browser-Server kết hợp với viễn thám tạo thành một mô hình hệ thống hỗn hợp mới. Nghiên cứu này đã được đề xuất vào năm 2008 [82]. GIS không chỉ giúp ích trong việc quản lý các vấn đề kỹ thuật của HTCCNS, mà nó còn hỗ trợ giải quyết tốt các vấn đề liên quan khác, chẳng hạn: "Ứng dụng GIS phân tích mối liên hệ giữa việc mở rộng diện tích đất đô thị và hệ quả của nó ảnh hưởng tới HTCCNS như thế nào". Đây chính là nội dung của một nghiên cứu được trình bày trong hội thảo khoa học và công nghệ ở Monaco năm 2012 [81]. Một số nghiên cứu khác lại đề cập tới việc điều khiển HTCCNS nhờ GIS để cung cấp nước theo nhu cầu sử dụng khác nhau của từng vùng, từ đó điều chỉnh áp lực cho hợp lý [50]. Tác giả Alaeddinne Eljamassi và các đồng sự sử dụng GIS để phân tích dữ liệu và đề xuất một kế hoạch phân phối nước và các tham số về đường ống để lập kế hoạch bảo trì, nhằm giảm thiểu thất thoát nước cho dải Rafah, một nơi rất khan hiếm nước sạch [39]. Giáo sư Ramachandran đã đưa ra ý tưởng kết hợp GIS với tính năng của các thiết bị cảm biến nhằm nâng cao hiệu qủa quản lý hệ thống. Ông cho đặt các thiết bị cảm biến ở những nơi "nhạy cảm" trong hệ thống, rồi thiết lập các thông số cho cảm biến để chúng cung cấp các thông số đo được một cách liên tục. Sau khi nhận các thông số, hệ thống sẽ tự động phân tích và đưa ra các cảnh báo. Tuy nhiên, việc xác định những điểm nhạy cảm trong hệ thống còn là một vấn đề chưa được công bố [69].

Theo thời gian, GIS ngày càng khẳng định được ưu thế vượt trội của mình trong việc quản lý tổng thể HTCCNS nhờ có sự kết hợp được dữ liệu thuộc tính, dữ liệu không gian và các công cụ để phân tích được mối quan hệ tương quan do sự thay đổi của môi trường thông qua các dữ liệu thu thập được.

Ngoài việc trợ giúp quản lý sản xuất và kinh doanh nước sạch, GIS còn là công cụ giúp quản lý chất lượng nước nguồn cũng như sự lưu thông nước trong hệ thống. Các công trình nghiên cứu nội dung này có thể chia thành hai nhóm:

Chủ đề thứ nhất liên quan đến việc kiểm soát chất lượng nguồn nước *(chất lượng nước ngầm và nước mặt)*: Năm 2002, tác giả Jim Foster và các đồng sự nghiên cứu về ứng dụng GIS trong quản lý nước mặt. Theo nhóm tác giả, muốn quản lý chất lượng nước mặt thì phải quản lý từ thượng nguồn. Để hỗ trợ đánh giá rủi ro môi trường và ra quyết định cho hoạt động, các tác giả đã sử dụng một loạt các dữ liệu không gian của môi trường để xây dựng cây logic cho việc quản lý các nguồn gây ô nhiễm và từ đó dự đoán phân bố không gian của ô nhiễm nhờ GIS. Cũng trong năm 2002, Adrian.M.D, và Foster.J đã công bố kết quả nghiên cứu về đánh giá chất lượng nước ngầm của từng vùng và xây dựng bản đồ chất lượng nước ngầm làm cơ sở tính toán chi phí làm sạch nước [38]. Đến năm 2007, Asadi và các cộng sự đã đề cập đến

việc sử dụng GIS kết hợp với viễn thám để phân chia chất lượng nước ngầm theo từng vùng, từ đó đề xuất kế hoạch sử dụng nguồn nước [42]. Việc đánh giá chất lượng các nguồn nước và cảnh báo nguy cơ gây bệnh của các nguồn cấp nước là rất cấp thiết, do ô nhiễm môi trường ngày càng nghiêm trọng. Xây dựng bản đồ phân bố các khu vực có nguy cơ ung thư cao dựa trên chất lượng nước nguồn nhờ GIS được tác giả Kaplan và các đồng sự nghiên cứu vào năm 2005 [83].

Các nghiên cứu điển hình trên đã cung cấp cơ bản các cơ sở và yếu tố để có thể quản lý chất lượng nguồn nước cấp (nước mặt và nước nguồn). Tuy nhiên, để ứng dụng có hiệu quả thì việc xác định các vị trí lấy mẫu, cũng chu kì, thời gian lấy các mẫu cần chi tiết hơn. Ngoài ra, việc phân tích các mối quan hệ tương quan chính xác rất cần các số liệu chính xác vậy cũng cần khuyến cáo thêm về chất lượng các thiêt bị đo thông số của các mẫu.

Chủ đề thứ hai là các nghiên cứu đề cập tới vấn đề chất lượng nước khi lưu thông trong hệ thống. Trong các HTCCNS, hầu như chất lượng nước tại các bể chứa trước khi phát vào hệ thống mạng đều đã đạt chuẩn qui định và được kiểm tra chặt chẽ. Tuy nhiên, khi lưu thông trong hệ thống, chất lượng nước có thể thay đổi do nhiều yếu tố tác động như: Chất bẩn bên ngoài xâm nhập vào qua các điểm rỏ rỉ; ảnh hưởng do chất liệu của ống dẫn bị thay đổi qua nhiều năm sử dụng; môi trường nước trong ống thay đổi tạo điều kiện để các vi sinh vật phát triển, v.v…. Các nghiên cứu dưới đây đi sâu vào các nội dung cụ thể sau:

Năm 2004, Mohan và các đồng sự đã sử dụng GIS xây dựng mô hình suy giảm chất lượng nước trong hệ thống. Qua mô hình này có thể tính toán được chất lượng nước bắt đầu suy thoái từ đâu và mức độ suy thoái xảy ra như thế nào khi nước được dẫn đi càng xa. Từ đó lập kế hoạch bổ sung các chất cần thiết vào hệ thống ở điểm thích hợp để giữ cho chất lượng nước ổn định trong toàn hệ thống [64]. Trong mô hình này tác giả chưa đề cập đến các vị trí đặt thiết bị đo các thông số của chất lượng nước trong hệ thống.

Nước sinh hoạt không đạt chuẩn sẽ gây ra nhiều bệnh cho người sử dụng. Tác giả Peter Zeilhofer và nhóm nghiên cứu đã lập mô hình phân tích nguyên nhân dẫn đến bệnh đường ruột do ảnh hưởng của nguồn nước và cơ sở hạ tầng còn yếu kém [68]. Trong nước sinh hoạt luôn chứa các yếu tố hóa học, sinh học, vật lý. Khi tồn tại một lượng lớn các yếu tố này, chúng sẽ làm ảnh hưởng tới đường ống và tới chất lượng nước. Năm 2011, Hossein và các đồng sự đã sử dụng GIS để phân tích, đánh giá sự ảnh hưởng của từng yếu tố trong hệ thống lên chất lượng nước. Dựa vào kết quả này, các công ty cấp nước xây dựng kế hoạch làm sạch nước và làm sạch hệ thống đường

ống [54]. Trong nước luôn có các vi khuẩn tồn tại. Tuy nhiên, nó có thể phát triển hay bị tiêu diệt phụ thuộc vào các thành phần có trong nước như: *Độ đục, hàm lượng hữu cơ, lượng clo,* v.v… Do vậy, tác giả Jalal Ghorbani đã xây dựng bản đồ mật độ vị khuẩn phụ thuộc vào: *Độ đục, PH, clo, nhiệt độ, v.v...* trong nước để từ đó điều chỉnh các thông số này của hệ thống nhằm tiêu diệt hoặc hạn chế sự phát triển của các vi khuẩn [55]. Các kết quả nghiên cứu trên đều có thể ứng dụng để tính toán các thông số cho bất kì một HTCCNS nào. Tuy nhiên, muốn thu được các kết quả chính xác cần phải có các thiết bị, công cụ gắn vào mạng ống nước để đo được các thông số của nước trong hệ thống. Trong điều kiện nước ta, các thiết bị đo rất đắt không thể sử dụng. Ở một số quốc gia, nước sạch thường được sử dụng làm nước uống ngay tại vòi, thì chất lượng nước trong hệ thống được đặc biệt quan tâm và phải tuân thủ theo các tiêu chuẩn chất lượng cao hơn, việc có các thiết bi đo là yêu cầu bắt buộc.

Do nhu cầu sử dụng nước sạch đạt tiêu chuẩn về cả số lượng và chất lượng ngày một cao, nên các CTCCNS cũng luôn phải thay đổi công nghệ và hoàn thiện quản lý để đáp ứng được nhu cầu của khách hàng ở cả hiện tại và tương lai. Ứng dụng GIS để quản lý tổng thể HTCCNS là một giải pháp tốt và hiệu quả đã được khoa học và thực tế ở các nước phát triển (Mỹ, Hà Lan, v.v…) chứng minh. Tuy nhiên, để GIS có thể đi vào cuộc sống, hoạt động hiệu quả và đem lại lợi ích cao phụ thuộc rất nhiều vào dữ liệu của nó. Một GIS không chỉ quản lý dữ liệu thuộc tính (như các CSDL thông thường), mà điểm mạnh của nó là quản lý các dữ liệu không gian và các mối quan hệ của chúng. Việc thu thập, tổ chức lưu trữ dữ liệu không gian cho GIS thường qua nhiều khâu: *Tạo lập hoặc thu thập từ các nguồn ban đầu, tiến hành phân loại và chuẩn hóa, tổ chức lưu trữ theo định dạng, cấu trúc, phân tầng,* v.v…Thường những công việc này được thực hiện với sự trợ giúp của các công cụ chuyên dụng (thiết bị định vị, vệ tinh, v.v…), tốn rất nhiều thời gian và công sức. Do vậy, để phát triển một GIS, việc xây dựng CSDL bao giờ cũng phải tiến hành đi trước một bước, sau đó mới có thể triển khai các ứng dụng cụ thể. CSDL GIS cho HTCCNS được một số tác giả nghiên cứu và đề xuất vào năm 1994 [74]. Sau đó, nhóm tác giả Jun, Koo Dept đã đề xuất các thuộc tính của các đối tượng cho HTCCNS cần được quản lý, làm cơ sở thiết kế CSDL GIS [57]. Theo thời gian, nhu cầu quản lý ngày càng cao, hệ thống ngày càng phức tạp, các ứng dụng GIS ngày càng nhiều, đa dạng cả về chủng loại, phong phú về nội dung. Vì vậy, CSDL GIS cũng không ngừng mở rộng và bổ sung nhiều loại hình dữ liệu cũng như các thuộc tính của chúng. Kế thừa các nghiên cứu đã có, phát triển CSDL GIS để có thể đáp ứng được các yêu cầu của nhiều bài toán mới đang đặt ra luôn trở thành một nhu cầu cấp thiết.

6.2. Những nghiên cứu trong nước

Các nghiên cứu về GIS cho quản lý HTCCNS tại Việt Nam đã được đề cập đến trong nhiều hội thảo khoa học và trên các ấn phẩm được công bố. Các kết quả được công bố hầu hết là giới thiệu các phần mềm, mô đun dựa trên GIS để quản lý một số nghiệp vụ trong HTCCNS do các tổ chức trong nước và nước ngoài xây dựng. Trong các gói phần mềm ứng dụng GIS quản lý HTCCNS của nước ngoài đưa vào thị trường Việt Nam, gói phần mềm của hãng Esri được đánh giá là hoàn chỉnh nhất. Nó bao gồm đầy đủ các chức năng cần thiết cho quản lý HTCCNS [19]. Mặc dù được giới thiệu từ nhiều năm nay, nhưng mới có ít công ty cấp nước Việt Nam sử dụng, vì còn nhiều bất cập như đã phân tích ở phần tổng quan. Thay vì việc mua phần mềm của nước ngoài, nhiều công ty cấp nước Việt Nam đã nghiên cứu và xây dựng ứng dụng GIS theo nhu cầu của đơn vị mình [30]. Các chương trình còn rất đơn giản, cụ thể như sau:

Trong hội thảo GIS năm 2013, tác giả Trương Chí Quang và các đồng sự đã giới thiệu kết quả nghiên cứu "Quản lý dữ liệu nước sạch thành phố Cần Thơ bằng kỹ thuật WebGIS". Trong đó nhóm tác giả đã xây dựng CSDL GIS để giải quyết các vấn đề: Tra cứu các thông số thống kê về trạm cấp nước, tuyến ống cấp nước, hộ dân sử dụng nước sạch [33]. Năm 2010, tác giả Kim Tuyến và Tuyết Trinh đã nghiên cứu vấn đề về chất lượng nguồn nước mặt của thành phố Cần Thơ và từ đó xây dựng CSDL GIS quản lý chất lượng nguồn nước mặt để tra cứu các thông tin về chất lượng nước như: Độ đục; PH; coliform, v.v...[6]. Đồ án tốt nghiệp của tác giả Nguyễn Văn Phú đã xây dựng CSDL GIS phục vụ quản lý tài sản và vận hành mạng lưới cấp nước tại Phường 1, Thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng. Kết quả của đồ án mới chỉ dừng ở việc xây dựng CSDL GIS để quản lý các thông tin cơ bản của một số đối tượng chính trong mạng cấp nước nhằm phục vụ công tác vận hành và bảo trì. Các thuộc tính của đối tượng còn rất ít, chưa có các thuộc tính và đối tượng liên quan đến các yếu tố gây ảnh hưởng đến tuổi thọ của mạng đường ống như: môi trường, tần xuất sử dụng, v.v… do vậy công tác tư vấn bảo trì thiết bị hạn chế [17]. Tác giả Chu Thị Hồng Hải đã trình bày phương pháp và qui trình xây dựng, phát triển CSDL GIS mang tính nền tảng phục vụ cho ngành cấp nước trong "Hội thảo quốc gia về vai trò của HTTT quản lý đối với sự phát triển của các tổ chức". Nghiên cứu này đã đưa ra được khung CSDL phục vụ cho ngành cấp nước bao gồm các chuyên đề dữ liệu và các lớp trong từng chuyên đề cũng như các thuộc tính của chúng để có thể giải quyết được nhiều bài toán khác nhau liên quan đến HTCCNS, như quản lý chất lượng nước; quản lý tài sản theo đa tiêu chí; thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới [9]. Nguyễn Việt Hùng giới thiệu ứng dụng GIS của Esri và mô hình dữ liệu Dan-Vand. Kết quả là đã triển khai một

phân hệ "đăng kí đường ống" khi sử dụng phần mềm quản lý mạng lưới cấp nước nhờ GIS của hãng Vidagis. Các thuộc tính về đường ống đưa ra trong ứng dụng đã hỗ trợ được cho công tác quản lý đường ống, nhưng chưa hỗ trợ cho các yêu cầu nghiệp vụ khác [23]. Để kiểm soát chất lượng nước trong đường ống, đặc biệt là giám sát nồng độ Clo dư thừa trong đường ống, tác giả Hồ Văn Thư, Lưu Đình Hiệp đã nghiên cứu ứng dụng GIS và phần mềm thủy lực WaterGems. Kết quả của nghiên cứu là xác định được những vị trí có nồng độ clo vượt chuẩn để từ đó tư vấn phương pháp xử lý [18]. Tác giả Lê Văn Dực, đã nghiên cứu tích hợp GIS và mô hình tính toán thủy lực cho một mạng lưới cấp nước thành phố lớn. Trong đó, tác giả đã bổ sung thêm mô đun tính toán truyền chất (trong mạng đường ống cấp nước chứa các đối tượng nút, bơm, van, bể, nguồn và nhánh có mạch vòng), tích hợp giữa GIS và chương trình mô phỏng tính toán thủy lực. Mục đích của nghiên cứu là hỗ trợ để giải quyết các vấn đề quản lý kinh doanh cũng như quản lý kỹ thuật: như thất thoát nước và chất lượng nước. Tuy nhiên, nghiên cứu lại chưa chỉ ra kết quả kiểm nghiệm của ứng dụng, và chương trình chỉ dùng được trên nền desktop (chưa đưa lên mạng Internet), nên rất hạn chế trong việc quản lý, điều phối chung giữa các chi nhánh và Tổng Công ty [20]Tác giả Chu Thị Hồng Hải đã ứng dụng GIS để xây dựng hệ thống cảnh báo ô nhiễm nước sạch trong hệ thống. Bằng cách thu thập và quản lý tất các các nguồn ô nhiễm trong và ngoài hệ thống có thể ảnh hưởng đến chất lượng nước bên trong hệ thống, từ đó xây dựng bản đồ mức độ ô nhiễm. Nó là cơ sở để tìm ra nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước nhanh nhất khi phát hiện vấn đề ô nhiễm nước xảy ra [8]. Ứng dụng này cũng là một nguồn dữ liệu cung cấp cho việc thiết lập bài toán thiết kế thay thế và mở rộng mạng đường ống có tính đến ràng buộc tránh môi trường ô nhiễm.

Năm 2013, Công ty cấp nước Khánh Hòa chính thức đưa vào vận hành dự án quản lý cấp nước theo công nghệ GIS. Dự án này đã ứng dụng GIS để tra cứu thông tin khách hàng, tính toán áp lực và thông tin đối tượng hệ thống. Nhờ hệ thống này mà việc tra cứu thông tin về HTCCNS nhanh hơn và mất ít công sức hơn [25]. Trung tâm nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn Bình Thuận đã xây dựng chương trình phần mềm ứng dụng CNTT và WebGis trong công tác quản lý khách hàng, vật tư, thiết bị và các hạng mục tại các HTCCNS do Trung tâm quản lý [21]. Công ty TNHH MTV Cấp Thoát Nước Phú Yên đã triển khai xây dựng GIS trong quản lý hệ thống cấp thoát nước nhằm hỗ trợ công tác quản lý tài sản, hỗ trợ chăm sóc và phát triển khách hàng sử dụng nước trên địa bàn Thành phố Tuy Hòa và khu vực lân cận [7]. Tổng Công ty Cấp nước Sài Gòn (SAWACO) triển khai chương trình quản lý mạng lưới cấp nước bằng GIS và một số công nghệ khác đã giúp SAWACO kiểm soát, ghi

nhận dữ liệu tự động, điều khiển và theo dõi hệ thống cấp nước [14]. Công ty Cấp Nước Hải Phòng Quản lý theo chất lượng ISO 9001:2000, nhiều tiến bộ kỹ thuật mới đã được áp dụng như: Hệ thống theo dõi điều hành từ xa mạng lưới cấp nước (Telemetry), quản lý áp lực và lưu lượng trên mạng lưới cấp nước, cũng như điều hành hoạt động của các nhà máy, sử dụng công nghệ GIS [11]. Ths. Mai Duy Tường, Trưởng phòng CNTT HueWACO trình bày tham luận "Quản lý tài sản cấp nước" trong hội thảo " Chia sẻ kinh nghiệm hay trong cấp nước", đã đưa ra cách quản lý tài sản cấp nước mà HueWACO đang áp dụng theo "vòng đời" của thiết bị, máy móc. Tức là, ngay khi lập dự án đầu tư, HueWACO tính đến tuổi thọ của từng thiết bị, để có kế hoạch sửa chữa định kỳ cho đến khi thay mới, nhằm phát huy hết công suất sử dụng của mỗi thiết bị, máy móc và hạn chế rò rỉ. Đây cũng là cách mà nhiều công ty cấp nước ở Nhật Bản thực hiện và cho hiệu quả rất cao. Tuy nhiên, cách quản lý này vẫn rất đơn giản, vì HueWACO chưa tính đến các yếu tố ảnh hưởng do môi trường hay kỹ thuật thi công [26], v.v… Một nghiên cứu đề xuất các giải pháp nhằm giải quyết các vấn đề cấp bách vốn tồn tại và gây ảnh hưởng lớn đến quản lý của các CTCCNS từ nhiều năm nay, đó là bài báo: *Nâng cao chất lượng hoạt động quản lý hệ thống cung cấp nước nhờ công nghệ GIS"* [10].

Qua tổng quan các công trình nghiên cứu có liên quan ở trên, có thể khẳng định rằng, GIS ứng dụng để quản lý HTCCNS được nghiên cứu rất nhiều và cũng đang được triển khai ứng dụng trong nhiều CTCCNS ở Việt Nam, và là giải pháp tối ưu giúp nâng cao hiệu quả quản lý cho đến thời điểm này. Các ứng dụng GIS trong các CTCCNS hiện nay sử dụng phần mềm có sẵn của nước ngoài, hoặc phần mềm tự lập. Các công ty sử dụng phần mềm nước ngoài gặp nhiều khó khăn và hạn chế như đã nêu ở trên. Các công ty sử dụng phần mềm tự lập phù hợp hơn với trình độ quản lý và CNTT của tổ chức, nhưng còn đơn giản và hỗ trợ chưa nhiều các hoạt động quản lý, về khả năng bảo trì hay tích hợp với các công nghệ mới. Tất cả kết quả công bố chỉ là những những sản phẩm ứng dụng ban đầu, còn ít đối tượng, ít thuộc tính và tính khoa học chưa cao. Có những nghiên cứu có ý nghĩa khoa học (như tính toán thủy lực trợ giúp xác định rò rỉ) nhưng chưa được kiểm nghiệm thực tế. Nói chung, ứng dụng GIS ở nước ta đang ở mức triển khai, thử nghiệm, chưa có mô hình phát triển cho hệ thống GIS nói chung, chưa thực hiện những phân tích, thiết kế có giá trị khoa học làm tài liệu hướng dẫn tham khảo để các công ty cấp nước có thể triển khai ứng dụng GIS từ đầu một cách bài bản và hiệu quả.

Nghiên cứu tổng quan các tài liệu cũng cho thấy, việc nghiên cứu và ứng dụng GIS trong quản lý HTCCNS ở nước ngoài là khá toàn diện và đầy đủ. Tuy nhiên,

những nội dung chi tiết cho việc xây dựng một hệ thống GIS như vậy đã không được công bố. Trong khi những kết quả công bố về GIS ở trong nước chỉ là những triển khai ứng dụng, ở mức sơ khai ban đầu. Để giúp triển khai ứng dụng GIS cho HTCCNS một cách bài bản và hiệu quả, còn rất nhiều vấn đề cần được nghiên cứu và thử nghiệm.

6.3. Những khoảng trống nghiên cứu

Từ tổng quan trên cho thấy, những vấn đề sau đây cần được nghiên cứu để nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS.

- Đề xuất mô hình tổng quát phát triển hệ thống GIS *từ những bước đầu cho các ứng dụng GIS. Một mô hình đầy đủ và đảm bảo khả thi như vậy thực tế chưa thấy công bố.*
- Ứng dụng GIS cho việc lập kế hoạch bảo trì, thay thế thiết bị theo đa tiêu chí và hiệu quả. *Ngoài các điều kiện và tiêu chí đang được sử dụng, cần bổ sung thêm các điều kiện như: Môi trường đặt thiết bị, số lần sửa chữa/km đường ống của một ô (khối), số lượng điểm rò rỉ trong một ô (khối), tính chất của nước, tần suất sử dụng, v.v… mà các nghiên cứu chưa tính đến. Đặt bài toán có bổ sung các ràng buộc thực tế đầy đủ hơn, hàm mục tiêu đa tiêu chí chính là điểm mới của luận án.*
- Ứng dụng GIS cho cảnh báo ô nhiễm chất lượng nước sinh hoạt. *Vấn đề này chưa được quan tâm ở nước ta. Bên cạnh các chuẩn về chất lượng nước, cần bổ sung thêm các phương án ngăn chặn các nguồn gây ô nhiễm ảnh hưởng đến chất lượng nước. Khi có ô nhiễm xảy ra, vấn đề xác định nguồn gây ô nhiễm và lập phương án khắc phục nhanh. Đây là những vấn đề còn bỏ ngỏ trong các nghiên cứu trong và ngoài nước đã công bố đến nay.*
- *Xây dựng công cụ trợ giúp tự động hóa hoạt động nghiệp vụ thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu.* Công việc này đang thực hiện theo cách thủ công, mất rất nhiều thời gian. Phương án được xây dựng chưa tính đủ các ràng buộc của thực tế đặt ra và chưa đặt vấn đề lựa chọn giải pháp tối ưu. *Cần phải mô hình hóa bài toán thiết kế này sao cho có khả năng tính đến các ràng buộc đa dạng của thực tiễn như về sử dụng đất, về hiện trạng giao thông, về các khu dân cư, về môi trường, v.v... cũng như việc đặt ra mục tiêu với nhiều tiêu chí hiệu quả (cả chi phí bỏ ra và lợi ích mang lại).* Nhờ vậy có thể tự động hóa việc giải bài toán để tìm được phương án thiết kế tối ưu một cách nhanh chóng và hiệu quả. *Bài toán đặt ra phức tạp hơn, đầy đủ hơn, nên việc xây dựng thuật toán giải nó*

cũng là mới, và việc xây dựng bộ công cụ tương ứng để giải nó tự động là hoàn toàn mới.

– Phát triển CSDL GIS *phục vụ quản lý tổng hợp HTCCNS xuất phát từ các đối tượng, các thuộc tính và các lớp của chúng bao quát được tất các bài toán quản lý (cả kỹ thuật và kinh doanh) mà nó trợ giúp*. Công việc này đã tiến hành trên thực tế, nhưng ở mức đơn giản, thiếu cả cơ sở lý thuyết và thực tiễn. Đối với bất kì một GIS nào thì CSDL GIS luôn có vai trò quyết định đến số lượng và chất lượng các chức năng mà nó cung cấp. Thông thường, công việc này chiếm đến ba phần tư thời gian, công sức và tiền bạc của một dự án GIS. *Khi đã được xây dựng, nó sẽ là cơ sở để giải quyết các vấn đề được đặt ra hiện tại cũng như dự kiến trong tương lai dựa trên công nghệ GIS.*

7. Những phát hiện, đề xuất mới rút ra từ kết quả nghiên cứu của luận án

Những nghiên cứu của luận án là rất cơ bản, đúng đắn và thiết thực. Tuy nhiên chúng cần phải được thử nghiệm và tiếp tục hoàn thiện, đặc biệt đối với bài toán đặt ra chịu tác động của môi trường thay đổi. Ngay cả đối với những mô đun chức năng đã triển khai và có thể sử dụng ngay được, cần tiếp tục hoàn thiện để nâng cao hiệu quả sử dụng của chúng trong quá trình khai thác.

7.1. Những đóng góp mới về học thuật, lý luận

Luận án có những đóng góp về mặt học thuật sau:

– *Luận án đã xác định, phân tích, lập luận và giải thích các vấn đề lý luận – thực tiễn liên quan đến xây dựng GIS cho HTCCNS. Chúng là cơ sở đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý dựa trên GIS cho các CTCCNS nói riêng và các tổ chức ứng dụng GIS nói chung.*

– *Luận án đề xuất mô hình tổng quát phát triển một hệ GIS. Mô hình đề cập tới các hoạt động:(1) Xác định các bài toán đặt ra cho GIS; (2) Đặc tả nội dung các bài toán; (3) Xây dựng CSDL GIS tương ứng; (4) Phân tích thiết kế và cài đặt ứng dụng; (5) Thiết lập nội dung bài toán cụ thể; (6) Thực thi ứng dụng, cho kết quả. (có sơ đồ mô tả tiến trình). Mô hình đề xuất là hoàn toàn mới, vì nó dựa trên sự tiếp cận một công nghệ mới - công nghệ GIS. Trong đó, xây dựng CSDL GIS là trung tâm, là cơ sở giải quyết các bài toán đặt ra của hệ thống. Mô hình này được thử nghiệm bằng việc xây dựng bộ công cụ tự động hóa giải quyết hai bài toán của quản lý kỹ thuật:* Thiết kế thay thế mở rộng mạng lưới tối ưu và quản lý

chất lượng nước trong hệ thống thông qua các nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước trong hệ thống.

- *Luận án đã trình bày một qui trình xây dựng khung CSDL GIS cho HTCCNS Việt Nam.*
- *Luận án đã đề xuất bốn bài toán "cấp bách" cần giải quyết, nhằm nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS. Đó là:* ***(1)*** *Bài toán về quản lý tài sản và lập kế hoạch bảo trì hệ thống mạng cung cấp nước dưới tác động ảnh hưởng của môi trường và các ràng buộc liên quan (*tần suất sử dụng, tính chất của nước, môi trường đặt đường ống, tuổi thọ qui định, chất liệu đường ống, chuẩn thiết kế thi công*); (2) Bài toán thiết kế thay thế, mở rộng mạng cung cấp nước sạch (*thiết kế tối ưu*);(3) Bài toán khắc phục điểm rò rỉ trên HTCCNS (*theo thời gian thực*); (4) Bài toán cảnh báo ô nhiễm nước trong HTCCNS (*phát hiện sớm nguồn gây ô nhiễm*).*
- *Luận án đã giải quyết trọn vẹn (xây dựng được bộ công cụ trợ giúp việc tự động hóa giải quyết bài toán trên máy) hai bài toán có ý nghĩa quan trọng trong hoạt động quản lý cung cấp nước sạch: Đó là bài toán về thiết kế thay thế, mở rộng mạng cung cấp nước sạch; và bài toán cảnh báo ô nhiễm nước trong HTCCNS.*

7.2. Những đóng góp mới rút ra từ kết quả nghiên cứu của luận án

Những đóng góp của luận án có ý nghĩa thực tiễn sau:

- *Trên cơ sở khảo sát các HTCCNS trên cả nước, luận án đã đưa ra bức tranh khá tổng quát về thực trạng công tác quản lý HTCCNS hiện nay ở Việt Nam. Nó là tư liệu tham khảo cho các nghiên cứu phát triển kinh tế, đặc biệt cho các ngành chịu ảnh hưởng trực tiếp từ hoạt động đầu tư và phát triển việc cung cấp nước sạch.*
- *Luận án đã xác định được những vấn đề cấp bách cần giải quyết trong hoạt động kỹ thuật của các CTCCNS trên các mặt nghiệp vụ, phương pháp, công nghệ. Từ đó, đề xuất ứng dụng công nghệ mới, các giải pháp và bước đi cụ thể để giải quyết các vấn đề nêu ra trên cơ sở công nghệ GIS. Đề xuất này sẽ giúp cho các CTCCNS có thể đẩy nhanh việc ứng dụng GIS trong đơn vị mình để nâng cao hiệu quả sản xuất kinh doanh, và có thể tiếp tục giải quyết những vấn đề đã được vạch ra mà chưa được nghiên cứu giải quyết trong luận án này.*
- *GIS có thể ứng dụng cho nhiều lĩnh vực quản lý khác nhau, nên qui trình xây dựng khung CSDL GIS cho quản lý HTCCNS cũng có thể áp dụng xây dựng khung CSDL GIS quản lý của hệ thống khác cần sử dụng các dữ liệu không gian.*

- *Chỉ cần xây dựng khung được CSDL GIS (như đã được đề xuất), triển khai một số mô đun ứng dụng ở dạng các chương trình xử lý tổng hợp hay cập nhật đơn giản (tra cứu, tổng hợp tài sản, khách hàng, lập hóa đơn,v.v...) là có thể trợ giúp tốt cho một số chức năng quản lý thông thường của các TCCCNS.*
- *Khi làm tổng quan, luận án đã tổng hợp và phân tích được rất nhiều vấn đề nghiên cứu và ứng dụng GIS trong và ngoài nước xung quanh hoạt động quản lý HTCCNS. Chúng là những tài liệu tham khảo, những gợi ý bổ ích cho các đề tài có thể nghiên cứu, triển khai ứng dụng GIS của mỗi CTCCNS khi có nhu cầu.*
- *Ở giai đoạn đầu ứng dụng GIS, các đơn vị rất cần trợ giúp của các đơn vị triển khai công nghệ GIS và tư vấn của chuyên gia. Nhưng khi hệ thống được xây dựng và vận hành, đáp ứng được phần lớn các yêu cầu quản lý của tổ chức,* ***với các phương pháp, quy trình ứng dụng GIS mà luận án đề xuất****, cùng với những hiểu biết và kỹ năng về GIS của đội ngũ cán bộ của đơn vị đã được nâng cao, lúc đó đơn vị hoàn toàn đủ sức triển khai tiếp các yêu cầu ứng dụng GIS theo mong muốn hay phát sinh.*

CHƯƠNG 1- QUẢN LÝ HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH DỰA TRÊN HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ

Chương này đi sâu vào phân tích hoạt động quản lý HTCCNS Việt Nam và giới thiệu những đặc trưng của GIS. Phần đầu của chương trình bày các khái niệm cơ bản liên quan đến HTCCNS, những nhiệm vụ, định hướng ngành cấp nước của Việt Nam trong tương lai. Phần tiếp theo, phân tích thực trạng hoạt động quản lý HTCCNS qua các chỉ tiêu cơ bản với dữ liệu của toàn ngành, để từ đó làm rõ những bài toán quản lý đặt ra cho ngành cấp nước Việt Nam cần giải quyết ngay, nhằm thực hiện được nhiệm vụ và mục tiêu đã đề ra. Tiếp theo, giới thiệu các khái niệm căn bản, đặc trưng của GIS và khẳng định GIS là công cụ thích hợp nhất lúc này để có thể giúp giải quyết những bài toán quản lý đặt ra. Cuối cùng, đưa ra những vấn đề cần quan tâm khi xây dựng và phát triển một GIS quản lý HTCCNS ở Việt Nam.

1.1. Quản lý hệ thống cung cấp nước sạch

1.1.1. Sơ lược lịch sử phát triển HTCCNS trên thế giới và ở Việt Nam

Theo lịch sử ghi nhận, hệ thống cấp nước đô thị xuất hiện sớm nhất tại La Mã vào năm 800 TCN. Điển hình là công trình dẫn nước vào thành phố bằng kênh tự chảy. Trong thành phố, nước được đưa đến các bể tập trung, từ đó theo đường máng dẫn đến các nhà quyền quí và bể chứa công cộng cho người dân sử dụng. Ba trăm năm trước công nguyên người ta đã biết khai thác nước ngầm bằng cách đào giếng. Người Babilon có phương pháp nâng nước lên độ cao khá lớn bằng ròng rọc, guồng nước.

Thế kỷ thứ XIII, các thành phố ở châu Âu đã có HTCCN. Thời đó chưa có các loại hóa chất làm keo tụ xử lý nước mặt. Người ta phải xây dựng các bể lắng có kích thước rất lớn. Do đó, công trình cồng kềnh, chiếm diện tích và kinh phí xây dựng lớn.

- *Vào những năm 1600 việc dùng phèn nhôm để làm keo tụ nước được các nhà truyền giáo Tây Ban Nha phổ biến tại Trung Quốc.*
- *Vào những năm 1800 các thành phố ở châu Âu, châu Mỹ đã có HTCCN khá đầy đủ thành phần như công trình thu, trạm xử lý, mạng lưới, v.v…*
- *Năm 1810 hệ thống lọc nước cho thành phố được xây dựng tại Paisay- Scotlen.*
- *Năm 1908, việc khử trùng nước uống với qui mô lớn đã có tại Niagara Falls, phía Tây nam New York.*

– *Từ thế kỷ XX, kỹ thuật cấp nước đã đạt tới trình độ cao và còn tiếp tục phát triển. Các loại thiết bị cấp nước ngày càng đa dạng, phong phú và hoàn thiện. Thiết bị dùng nước trong nhà luôn được cải tiến để phù hợp và thuận tiện cho người sử dụng tiết kiệm nước. Kỹ thuật điện tử và tự động hóa kết hợp với CNTT cũng được sử dụng rộng rãi trong ngành cấp nước.*

Có thể nói, cho đến nay kỹ thuật cấp nước đã đạt đến trình độ rất cao về công nghệ xử lý, máy móc, trang bị thiết bị và hệ thống cơ giới hóa, tự động hóa hiện đại hóa trong vận hành, quản lý. Ở Việt Nam, HTCCN đô thị được bắt đầu bằng việc khoan giếng mạch nông tại Hà Nội, Sài Gòn cũ vào năm 1894. Hiện nay, hầu hết các khu đô thị đã có HTCCN. Nhiều trạm cấp nước cho các thành phố lớn đã áp dụng công nghệ tiên tiến và tự động hóa cao.

1.1.2. Hệ thống cung cấp nước

1.1.2.1. Khái niệm hệ thống cấp nước

Có nhiều nhà khoa học đưa ra các khái niệm khác nhau về HTCCN. Tuy nhiên, hầu hết các tác giả đều sử dụng khái niệm sau đây:

Hệ thống cấp nước là tổ hợp những công trình có chức năng thu nước, xử lý nước, vận chuyển, điều hoà và phân phối nước [13].

Hình 1.1. Mô hình hệ thống cấp nước đô thị [13]

Hệ thống cung cấp nước có thể được phân làm nhiều loại như: Phân theo đối tượng phục vụ; phân theo chức năng phục vụ; phân theo phương pháp sử dụng nước; phân theo nguồn nước và phân theo nguyên tắc làm việc. *Hệ thống cấp nước mà chúng ta đề cập đến trong toàn luận án là hệ thống cấp nước được phân theo chức năng nhiệm vụ có tên là* ***hệ thống cấp nước cho sinh hoạt đô thị*** gọi ngắn gọn là ***hệ thống cung cấp nước sạch*** **(**HTCCNS**).**

Mỗi loại hệ thống trên có qui mô, tính chất và thành phần công trình khác nhau, nhưng dù phân chia theo cách nào, chúng đều có các thành phần chính như sau:

1. *Công trình thu nước*: Dùng để thu nước từ nguồn.
2. *Trạm bơm cấp 1*: Dùng để bơm nước từ công trình thu lên trạm xử lý.

3. *Trạm xử lý:* Dùng để làm sạch nước (nhà máy nước).
4. *Các bể chứa nước sạch*: Dùng để chứa nước và điều hòa áp lực nước.
5. *Trạm bơm cấp 2*: Dùng để bơm nước từ các bể chứa nước sạch lên các đài chứa nước hoặc bơm trực tiếp vào hệ thống phân phối nước.
6. *Các đài nước*: Dùng để chứa nước và điều hòa áp lực nước giữa các giờ sử dụng khác nhau.
7. *Đường ống chuyển tải nước*: Dùng để chuyển nước từ trạm bơm cấp 2 đến điểm đầu của mạng lưới phân phối nước.
8. *Mạng phân phối nước*: Dùng để chuyển nước và phân phối nước tới các đối tượng dùng.

1.1.2.2. Khái niệm nước sạch

Nước sạch được đề cập trong luận án là nước được sử dụng trong sinh hoạt của cá nhân, hộ gia đình hoặc tập thể. Nước sạch là nước hợp vệ sinh, khi mang đi thử nghiệm đạt giới hạn cho phép tất cả các chỉ tiêu theo qui định (tùy theo mỗi nước) tại Quy chuẩn Việt Nam (QCVN 01:2009/BYT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống (QCVN 02:2009/BYT). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước sinh hoạt, được ban hành kèm theo thông tư số 04/2009/TT- BYT và 05/2009/TT- BYT ngày 17/06/2009.

1.1.2.3. Cấp nước an toàn

Cấp nước là hoạt động cung cấp nước phục vụ nhu cầu sinh hoạt của mọi tầng lớp dân cư. Việc cung cấp nước không chỉ đảm bảo nhu cầu về số lượng mà còn phải tuân thủ chặt chẽ các yêu cầu về chất lượng. Do vậy, hằng năm, các CTCCN phải xây dựng " Kế hoạch cấp nước an toàn" dựa trên thực trạng hoạt động của tổ chức mình. Cấp nước an toàn là nhiệm vụ, đồng thời cũng là mục tiêu quan trọng của mọi quốc gia. Theo điều 3 – Thông tư 08/2012/TT-BXD, yêu cầu đảm bảo cấp nước an toàn được cụ thể hóa như sau:

- *Bảo đảm duy trì áp lực cấp nước, cung cấp ổn định, đủ lượng nước và bảo đảm chất lượng nước cấp theo quy chuẩn quy định.*
- *Có các giải pháp đối phó với các sự cố bất thường và các nguy cơ, rủi ro có thể xảy ra trong toàn bộ quá trình sản xuất, cung cấp nước sạch từ nguồn đến khách hàng sử dụng nước.*
- *Góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng, giảm thiểu các bệnh tật liên quan đến nước, phòng ngừa dịch bệnh và phát triển kinh tế xã hội.*

– *Góp phần giảm tỷ lệ thất thoát, tiết kiệm tài nguyên nước và bảo vệ môi trường.*

Chương trình thực hiện dựa trên các cơ sở về mặt pháp lý được các văn bản pháp quy của nhà nước đã công bố (Phụ lục 1).

1.1.2.4. Các nghiệp vụ quản lý hệ thống cấp nước sạch

HTCCNS gồm tập hợp các công trình khác nhau, làm các nhiệm vụ khác nhau và có mối liên quan chặt chẽ theo trình tự kỹ thuật để vận chuyển nước phục vụ theo nhu cầu của xã hội. Hoạt động nghiệp vụ trong HTCCNS ở mỗi một công ty, xí nghiệp (*gọi tắt là tổ chức*) cấp nước thường có tên gọi không hoàn toàn giống nhau, và cũng được giao quyền quản lý cho các bộ phận quản lý khác nhau. Qua quá trình khảo sát thực tế ở các công ty, qua phỏng vấn các chuyên gia và tổng quan các tài liệu nghiên cứu, tác giả đề xuất sử dụng các tên gọi sau đây cho các nghiệp vụ chính trong quản lý HTCCNS của các tổ chức. Các nghiệp vụ đó là: *Quản lý tài sản mạng lưới và lập kế hoạch thay thế-bảo trì; quản lý vận hành; quản lý rò rỉ và sự cố; quản lý thông tin hóa đơn và đồng hồ khách hàng; quản lý thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới; quản lý chất lượng nước; quản lý khách hàng.* Mỗi hoạt động nghiệp vụ trên bao gồm các hoạt động chi tiết sau:

– Quản lý tài sản mạng lưới và lập kế hoạch thay thế - bảo trì *gồm: Tạo mới một tài sản; di chuyển vị trí của tài sản; cập nhật thuộc tính cho tài sản; xóa bỏ tài sản; tìm kiếm tài sản; lập kế hoạch thay thế - bảo trì.*

– Quản lý vận hành *gồm: Quản lý mạng lưới truyền dẫn; quản lý áp lực; quản lý lưu lượng; quản lý van; quản lý đường ống; quản lý các thiết bị đo lường trên mạng.*

– Quản lý rò rỉ và sự cố *gồm: Quản lý thông tin điểm rò rỉ; phát hiện rỏ rỉ chủ động, lập thông tin các sự cố và giải quyết sự cố.*

– Quản lý thông tin hóa đơn và đồng hồ khách hàng *gồm: Quản lý thông tin khách hàng; quản lý đồng hồ khách hàng; lập hóa đơn tiêu thụ nước.*

– Quản lý chất lượng nước *gồm: Quản lý chất lượng các nguồn nước, quản lý chất lượng nước từ các nguồn cấp nước cho hệ thống đến quá trình lưu thông nước trong mạng và cuối cùng đến từng điểm cấp nước cho người sử dụng.*

– Quản lý thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới *gồm: Khoanh vùng thiết kế thay thế hoặc mở rộng mạng lưới; vạch các tuyến ống tương ứng của mạng.*

– Quản lý khách hàng*: Quản lý thông tin khách hàng, quản lý hồ sơ khách hàng.*

1.1.3. Nhiệm vụ và định hướng cấp nước của Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn 2050

Cấp nước đô thị không chỉ là ngành phục vụ nhu cầu thiết yếu hằng ngày của con người mà còn là nhân tố ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế xã hội, hiện tại và tương lai. Chính vì vậy, Chính phủ ban hành rất nhiều quyết định cho ngành cấp nước, đặc biệt, Quyết định số 1929/QĐ-TTg phê duyệt định hướng phát triển cấp nước đô thị và khu công nghiệp Việt Nam đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050 (xem phụ lục 2). Một số dữ liệu cụ thể cho ở bảng 1.1.

Bảng 1.1. Một số chỉ tiêu kế hoạch cụ thể năm 2020 và tầm nhìn đến 2050

Khu vực đô thị/ Chỉ tiêu	Từ loại IV trở lên	Loại V
Chỉ tiêu và mục tiêu cụ thể đến năm 2020		
Độ bao phủ dịch vụ (%)	*90*	*70*
Tiêu dùng đầu người (lít/người-ngày)	*120*	*100*
Thời gian cung cấp (giờ/ngày)	*24/24*	
Chất lượng nước	Áp dụng các tiêu chuẩn, quy trình, quy phạm tiên tiến	
Tỷ lệ thất thu	*Nhỏ hơn 18%*	*Nhỏ hơn 25%*
Đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050		
Độ bao phủ dịch vụ (%)	*100*	
Tiêu dùng đầu người (lít/người-ngày)	*120*	*120*
Chất lượng nước	*Đáp ứng các tiêu chuẩn yêu cầu*	

1.1.4. Các bên liên quan đến cấp nước sinh hoạt

Đặc thù của các CTCCN là lấy nước từ nguồn nước (nước ngầm- nước mặt) về xử lý rồi đưa vào mạng cung cấp cho người sử dụng. Quá trình sản xuất, kinh doanh liên quan đến nhiều tổ chức; bao gồm: *dân cư sinh sống xung quanh, khách hàng tiêu thụ nước, đối tượng sản xuất công nghiệp, đối tượng canh tác nông nghiệp, ủy ban bảo vệ lưu vực hệ thống sông cung cấp nguồn nước, các nhà máy thủy điện, Sở Giao thông Vận tải, Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Y tế/Trung tâm Y tế dự phòng, Sở Qui hoạch Kiến trúc, Sở Xây dựng, Công ty Điện lực, Công ty Thoát nước Đô thị, Công trình Hạ tầng Kỹ thuật Đô thị, Chính quyền địa phương.* Mỗi tổ chức có một vai trò và tầm quan trọng khác nhau giúp cho quá trình cung cấp nước hoạt động thường xuyên và đảm bảo an toàn (xem Phụ lục 3). Những dữ liệu mà các tổ chức trên quản lý, đặc biệt cần thiết để thực hiện việc xử lý các sự cố, thiết kế thay thế và mở rộng mạng ống, và quản lý chất lượng nước trong hệ thống.

1.1.5. Những bài toán quản lý đặt ra cho HTCCNS

Để đánh giá được khả năng thực hiện các mục tiêu của Chính phủ, khả năng đáp ứng nhu cầu trong thực tế của ngành cấp nước, cần tiến hành điều tra, thu thập dữ liệu về tình hình hoạt động kinh doanh của các CTCCNS và phân tích toàn cảnh thực trạng hoạt động của ngành cấp nước của nước ta hiện nay. Từ đó, đánh giá khả năng thực hiện mục tiêu đã đề ra của ngành.

1.1.5.1. Phân tích dữ liệu ngành cấp nước đô thị

Những thông tin chung về tình hình sản xuất và cung cấp nước cho tất cả các đô thị được trình bày dưới đây là các số liệu tổng hợp từ các báo cáo kết quả kinh doanh của 68 đơn vị cấp nước hoạt động trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam. Các báo cáo này được thu thập theo " Dự án phát triển Cấp nước Đô thị Việt Nam" do Bộ Xây dựng kết hợp với Ngân hàng Thế giới thực hiện năm 2011 và 2012. Ngoài ra, việc phân tích còn sử dụng số liệu từ *website đánh giá hiệu quả cấp nước Việt Nam* do Ban Quản lý Dự án Phát triển Hạ tầng kỹ thuật – Bộ Xây Dựng quản lý. Để các nhận định có mức độ chính xác hơn, phần này còn sử dụng thêm các số liệu từ các báo cáo kết quả kinh doanh trong 5 năm (từ năm 2010 đến 2015) của ba tổ chức: *Công ty Cấp nước Hà Nội, Tổng Công ty Cấp nước Sài Gòn, Công ty Cấp nước Hải Phòng.* Các tổ chức này được coi là các mẫu điển hình trong ngành cấp nước sạch, vì họ có tổng sản lượng nước sản xuất chiếm hơn một phần ba sản lượng toàn ngành và thực hiện quản lý đầy đủ các hoạt động thường ngày của HTCCNS.

1.1.1.5.1. Tỷ lệ dịch vụ

Tỷ lệ dịch vụ còn gọi là *độ bao phủ dịch vụ*: Được tính toán dựa trên dân số được phục vụ nước máy (có đầu nối tại nhà) so với tổng số người phải cung cấp dịch vụ nước. Tỷ lệ dịch vụ qua các năm cho ở Bảng 1.2. và Hình 1.2.

Bảng 1.2. Tỷ lệ bao phủ dịch vụ cấp nước từ 2007 đến 2014

Năm	2007	2008	2009	2011	2012	2014
Toàn ngành (%)	69	70	73	75,6	78,5	80

Tỷ lệ bao phủ dịch vụ của ngành tăng nhanh(từ năm 2008 đến năm 2012), tốc độ gia tăng của tỷ lệ này chậm lại (từ 2011 đến 20130. Tỷ lệ bao phủ dịch vụ năm 2014 là 80%. Điều đó có nghĩa là 20% dân số đô thị vẫn chưa được sử dụng dịch vụ nước sạch.

Hình 1.2. Biểu đồ tỷ lệ sử dụng dịch vụ

1.1.5.1.1.2. Tổng lượng nước phát vào mạng

Bảng 1.3. Lượng nước được phát vào mạng từ năm 2007 đến 2014

Năm	2007	2008	2009	2011	2012
Toàn ngành (triệu m3/năm)	1.365.330	1.498.590	1.602.090	2.097.655	2.200.567

Tổng lượng nước phát vào mạng toàn ngành gia tăng tương đối đều qua các năm.

1.1.5.1.1.3. Tỷ lệ huy động công suất

Tỷ lệ huy động công suất là tỷ lệ giữa công suất thực tế (tính trung bình hàng ngày trong năm) so với công suất thiết kế của nhà máy nước.

Trung bình tỷ lệ huy động công suất của các trạm xử lý nước trong toàn ngành hiện nay là gần 90%. Các trạm xử lý hoạt động chưa hết công suất thường thuộc các công ty cấp nước cho các đô thị loại V. Các công ty cung cấp nước cho các đô thị loại IV trở lên hầu như hoạt động hết công suất (Hình 1.3). Hai tổng công ty cung cấp nước cho hai đô thị đặc biệt là Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh thậm chí thường xuyên hoạt động hết công suất. Điều đó chứng tỏ rằng, ở các đô thị loại IV trở lên, muốn tăng lượng nước cung cấp thì hoặc phải xây dựng thêm các nhà máy mới hoặc phải giảm tỷ lệ thất thoát.

Bảng 1.4. Tỷ lệ huy động công suất

Mức độ	Thấp nhất	Cao nhất	Trung bình
Tỷ lệ (%)	47.92	136.91	89.16

Hình 1.3. Biểu đồ tỷ lệ huy động công suất

1.1.5.1.1.4. Tỷ lệ thất thoát, thất thu

Tỷ lệ thất thoát, thất thu được tính theo tổng lượng nước thất thoát (không đến được người dùng) của toàn ngành so với tổng lượng nước phát vào mạng lưới. Đây là chỉ tiêu quan trọng nhất trong việc đánh giá hiệu quả quản lý hệ thống. Tỷ lệ này được thể hiện qua các năm như ở hình 1.4.

Năm 2014, tỷ lệ thất thoát trung bình của ngành cấp nước là 25,25%. Trong toàn ngành, 3 công ty có tỷ lệ cao nhất là Tổng công ty cấp nước Sài Gòn (33%) [15], tổng công ty cấp nước Hà Nội (lớn hơn 23%) và Ninh Bình (40,63 %) [1].

Hình 1.4. Biểu đồ tỷ lệ thất thoát nước các năm

Trong vài năm gần đây, công suất các nhà máy nước được đầu tư tăng gần 10%/năm, mạng đường ống tăng 8%, trong khi đó, tốc độ gia tăng dân số đô thị xấp xỉ 30%. Sự gia tăng của các chỉ số như trên cho thấy, ngành cấp nước rất khó thực hiện mục tiêu 100% dân số đô thị được cung cấp nước sạch vào năm 2020.

1.1.1.5.1.5. Mức nước sinh hoạt bình quân theo đầu người

Mức nước sinh hoạt bình quân đầu người được tính theo tổng lượng nước sinh hoạt tiêu thụ trong năm của toàn ngành chia cho tổng số dân được cấp nước. Lượng nước bình quân theo đầu người của ta là 116 lít/người-ngày vào năm 2014.

1.1.1.5.1.6. Tỷ lệ lượng nước mặt và nước ngầm/ tổng lượng nước khai thác

Theo kết quả khảo sát, tỷ lệ nước mặt chiếm xấp xỉ 76%, nước ngầm khoảng 24% so với tổng lượng nước khai thác. Chất lượng nước ngầm đang có nguy cơ bị nhiễm mặn, ô nhiễm và cạn kiệt. Chất lượng nước mặt cũng gặp phải vấn đề tương tự. Ngành cấp nước cần xây dựng kế hoạch về nguồn nước cho tương lai.

1.1.1.5.1.7. Số lần vỡ ống trung bình trên toàn hệ thống

Mạng đường ống nước là phương tiện và công cụ để tạo ra dịch vụ cung cấp nước. Chất lượng mạng đường ống được thể hiện qua một số chỉ tiêu, tiêu biểu là chỉ tiêu *số lần vỡ ống trung bình/km/năm*. Từ con số 2,67 lần vỡ trung bình năm 2007 giảm xuống 1,89 lần năm 2011, tức là giảm được 0,78 lần sau 5 năm. Năm 2012, số lần vỡ đường ống trung bình lại tăng lên 0,02 lần so với 2011 và con số này lại được giảm xuống 0,15 vào năm 2014. Điều này chứng tỏ việc quản lý HTCCNS nhằm giảm tỷ lệ vỡ đường ống còn chưa hiệu quả, chưa có tính bền vững (Hình 1.5).

Hình 1.5. Biểu đồ số lần vỡ đường ống trung bình các năm

Nguồn dữ liệu : Hiệp hội cấp thoát nước Việt Nam

1.1.1.5.1.8. Mẫu nước đạt tiêu chuẩn chất lượng theo QCVN 01-2009/BYT

Năm 2014, kiểm tra 320 mẫu nước giếng có hơn 54% nhiễm vi sinh, nhiễm amoniac, pH, độ đục, độ màu còn nhiễm sắt, mangan và nồng độ nitrate vượt cao so với giới hạn cho phép. Các trạm cấp nước giếng tập trung trên 500 dân ở TP. Hồ Chí Minh có gần 30% số mẫu không đạt, còn Hà Nội đã phát hiện hàng trăm mẫu không đạt tiêu chuẩn [2]. Chất lượng các nguồn nước đang bị suy giảm, các công ty cấp nước đã khắc phục để đảm bảo chất lượng nước đạt qui chuẩn khi phát vào mạng sử dụng. Nhưng trong quá trình lưu thông, chất lượng nước đã bị thay đổi, không đạt yêu cầu. Có nhiều nguyên nhân dẫn đến kết quả như trên cần được nghiên cứu.

1.1.1.5.1.9. Tỷ lệ nước dùng cho bản thân nhà máy nước

Tỷ lệ nước dùng cho bản thân nhà máy nước là tỷ lệ giữa hiệu số của lượng nước sạch phát ra mạng lưới so với tổng lượng nước thô cấp cho nhà máy nước. Ở nước ta, tỷ lệ này đang ở trong khoảng từ 0,44% đến 14,64 %.

Kết quả này cho thấy, lượng nước dùng cho bản thân nhà máy nước là khá thấp, vượt kết quả mong đợi (theo TCXDVN 33-2006, tỷ lệ này cho phép là 6% đến 10% khi tính toán xác định quy mô công suất của trạm cấp nước). Do vậy, giải quyết vấn đề thất thoát nước chỉ cần tập trung nghiên cứu các nguyên nhân trong các mạng cấp nước.

1.1.1.5.1.10. Tiêu thụ điện năng cho sản xuất 1 m^3 nước

Tiêu thụ điện năng cho sản xuất 1m^3 nước tính trung bình của cả nước là 0,36 Kw/m^3. Tiêu thụ điện năng trên 1 m^3 như trên là mức trung bình hợp lý, phù hợp với chuẩn đầu ra.

1.1.1.5.1.11. Đơn giá chi phí vận hành (đ/m^3 nước)

Đơn giá chi phí vận hành trung bình (3002 đ/ m^3) so với giá nước bình quân thực tế (4080 đ/m^3) là khoảng 73% (= 3002/4080). Chỉ số này cho thấy chi phí vận hành chiếm tỷ lệ khá lớn trong giá thành sản xuất nước.

1.1.1.5.1.12. Mức chi phí điện năng

Mức chi phí điện năng trung bình của toàn bộ ngành là 21,53% chi phí vận hành. Mức chi phí này là quá cao so với tổng chi phí vận hành hệ thống cấp nước.

1.1.1.5.1.13. Mức chi phí nhân công

Giá trị trung bình về mức chi phí nhân công của toàn ngành là 42,56 % chi phí vận hành. Điều này chứng tỏ phải sử dụng nhiều nhân công trong vận hành, tỷ lệ làm thủ công còn lớn.

1.1.1.5.1.14. Mức chi phí hóa chất

Mức chi phí hóa chất so với tổng chi phí vận hành trung bình của toàn ngành là 4,89 %. Kết quả trên cho thấy, với nguồn nước ngầm, chi phí hóa chất nhỏ, chủ yếu chỉ dùng clo để khử trùng. Hầu hết các công ty sử dụng nguồn nước mặt có chi phí hóa chất phổ biến trong khoảng từ 5% đến 10%.

1.1.1.5.1.15. Số nhân viên /1000 đấu nối

Có 10 công ty có số nhân viên/1000 đấu nối nhỏ hơn 4. Chỉ số này tương đương với các nước tiên tiến trên thế giới. Rất nhiều công ty có số nhân viên/1000 đấu nối lớn hơn 4. Đây cũng có thể là một trong các lý do làm ảnh hưởng đến chất lượng quản lý tài sản hệ thống.

1.1.1.5.1.16. Giá nước bình quân thực tế

Giá nước bình quân thực tế là tỷ số giữa *Tổng giá trị hóa đơn thu tiền nước gửi tới khách hàng trong năm* trên *tổng lượng nước sạch đã cung cấp cho toàn mạng lưới*

phân phối. Chỉ số này cho biết công ty thu được bao nhiêu tiền cho mỗi m3 nước sản xuất ra.

Giá nước bình quân thực tế năm 2011 của ngành là 4080 đ/m^3. Giá nước bình quân chỉ bằng 77,8% doanh thu trung bình (4080/5242). Nếu giá trị của hai chỉ số này càng gần nhau thì mức độ thất thoát nước càng thấp.

Một số nhận xét chung về hoạt động sản xuất ngành cấp nước đô thị

Cấp nước đô thị đang chịu nhiều áp lực và áp lực ngày càng lớn, do tốc độ phát triển đô thị và sự gia tăng dân số đô thị. Dự báo đến 2025, dân số đô thị tăng lên 52 triệu người [35]. Việc cung cấp nước sạch cần đạt mức bao phủ 100% dân đô thị, và phải cung cấp đủ nước sạch cho sản xuất công nghiệp và các đối tượng khác. Đó là một yêu cầu quá lớn, là một thách thức mà ngành cấp nước Việt Nam khó có thể vượt qua.

Mức nước sinh hoạt tiêu thụ bình quân đầu người của Việt Nam hiện nay là 116 lít /người-ngày. Con số này sẽ còn tăng nhanh và cao hơn nữa cùng với sự phát triển của nền kinh tế. Hiện tượng nắng nóng kéo dài, nhu cầu sử dụng nước của người dân sẽ tác động và tạo ra áp lực không những cho ngành cấp nước mà còn áp lực hơn cho ngành thoát nước, có khả năng làm *tăng ô nhiễm nguồn nước và gây áp lực đối với các nguồn nước hiện tại.*

Biến đổi khí hậu toàn cầu và nước biển dâng là những yếu tố ảnh hưởng tiêu cực đến nguồn nước ngọt. Các kết quả nghiên cứu quan trắc mới nhất cho thấy, tại một số đô thị lớn như Hà Nội, TP.HCM, Hải Phòng, Hòn Gai, v.v… nguồn nước ngầm đang có những dấu hiệu cạn kiệt, ô nhiễm, nhiễm mặn. Mực nước của các tầng chứa nước khai thác bị hạ thấp liên tục theo thời gian [34]. Vì thế, *việc tăng cường khai thác công suất của các nhà máy nước trong tương lai là rất khó khăn.* Đầu tư nhà máy mới phải lấy nước từ nguồn rất xa hàng chục cây số (như Vinaconex lấy nước từ Sông Đà), nên giá thành cho một m^3 công suất nước ngày càng cao.

Hiệu quả hoạt động của CTCCNS được đánh giá bởi 16 tiêu chí đã trình bày ở trên. Mỗi một hệ thống đều có tỷ lệ thất thoát cho phép, đó chính là mức rò rỉ "tối ưu" của hệ thống. Con số này thông thường nhỏ hơn 10% (ở các nước phát triển khoảng 4% - 7%). Năm 2014, tỷ lệ thất thoát, thất thu toàn ngành nước Việt Nam là 25,75 %, *tức là hơn1/4 lượng nước sản xuất ra bị mất đi.* Đây là một con số quá lớn, khó có thể chấp nhận.

Hình 1.6. Tỷ lệ thất thoát nước qua các năm trong quá khứ và kế hoạch trong tương lai

Nguồn dữ liệu: Tính toán từ nguồn Hiệp hội cấp thoát nước Việt Nam (2011) và Quyết định phê duyệt Chương trình quốc gia chống thất thoát, thất thu nước sạch đến năm 2025 (2010).

Chương trình "Giảm tỷ lệ thất thoát nước sạch tại các đô thị" phát sóng ngày 25 tháng 11 năm 2015 trên truyền hình Quốc Hội Việt Nam đã đưa tin tỷ lệ thất thoát nước sạch năm 2015 ở Việt nam là 25%. Hình 1.6 chỉ ra, năm 2015 tỷ lệ thất thoát nước sạch cả nước là 25% và dự kiến theo kế hoạch sẽ giảm xuống 18,0% vào năm 2020. Nhìn vào Hình 1.6 ta thấy: Các đoạn trong đồ thị có độ dốc không cao và kết thúc là đoạn gãy khúc không bình thường: theo xu thế, từ 2007 đến 2015 trung bình giảm thất thoát hàng năm là gần 1%. Nhưng theo kế hoạch từ 2015 đến 2020 phải giảm thất thoát bình quân 1,4%/năm, tức là lớn đáng kể so với giai đoạn trước. Như vậy, cần phải có được giải pháp chống thất thoát mang tính đột phá, *nếu không thì kế hoạch trên chỉ mang tính kỳ vọng.*

1.1.5.2. Phát triển HTCCNS và các bài toán quản lý đặt ra

a. Phát triển một HTCCNS

Phát triển HTCCNS như một hoạt động kinh tế tự nhiên nhằm đáp ứng nhu cầu nước sạch của một khu vực thuộc một vùng lãnh thổ nhất định. Nhu cầu nước sạch tùy thuộc vào quy mô dân số, các hoạt kinh tế, xã hội diễn trong khu vực và trình độ phát triển của đời sống dân cư. Mặt khác, việc phát triển HTCCNS đáp ứng được nhu cầu nước sạch lại phụ thuộc vào đầu tư ban đầu cho hệ thống, và các hoạt động tổ chức, quản lý vận hành thường xuyên để đạt được hiệu quả mong muốn. Việc đầu tư ban đầu được thực hiện một lần, và sau đó rất lâu mới có thể lặp lại. Vì vậy, hiệu quả hoạt động của một HTCCNS chủ yếu do các hoạt động quản lý thường xuyên quyết định. Bảng

1.5 cho ta hình dung được toàn bộ quá trình đầu tư và quản lý khai thác một HTCCNS, và những bài toán đặt ra cần thiết để nâng cao hiệu quả quản lý nó.

Bảng 1.5. Hoạt động phát triển và quản lý một HTCCNS

Nhu cầu	**Hoạt động đáp ứng nhu cầu**		
	Giải pháp cần thực hiện	Các bài toán thường xuyên chủ yếu	Một số chỉ tiêu phát triển và hiệu quả cơ bản
Nhu cầu số lượng	1.Xây dựng hệ thống mới (thêm nguồn cấp mới) 2.Khai thác công suất đã có (gia tăng nguồn cấp)	***1.Thiết kế mở rộng/ thay thế mạng ống***	1. Độ bao phủ dịch vụ 2. Số nước/đầu người - ngày
	3.Nâng cấp, sửa chưa, bảo trì hệ thống (duy trì, đảm bảo cung cấp nguồn nước đã có)	***2. Quản lý tài sản mạng và lập kế hoạch sửa chữa*** ***3. Kiểm soát rò rỉ***	3.Tỷ lệ thất thoát 4.Tỷ lệ chi phí tài sản/giá thành m^3 nước sản xuất.
Nhu cầu chất lượng	4.Thực hiện các giải pháp cấp nước an toàn	***4. Các bài toán quản lý cấp nước an toàn***	5. Các chuẩn cấp nước an toàn đạt được
Nhu cầu quản lý	5.Thực hiện kinh doanh	***5. Các bài toán quản lý kinh doanh***	6. Giá thành m^3 nước dịch vụ 7. Chất lượng dịch vụ cấp nước 8. Lợi nhuận bình quân/m^3 nước dịch vụ

Các hoạt động quản lý thường xuyên HTCCNS trước hết nhắm đến việc đạt các chỉ tiêu hiệu quả hiện tại và hướng đến góp phần đạt các mục tiêu dài hạn của hệ thống. Sơ đồ hình 1.7. cho thấy, việc thực tốt các nhiệm vụ (các bài toán) thường xuyên và tác động của nó đến các chỉ tiêu hiệu quả quản lý và mục tiêu dài hạn của HTCCNS như thế nào.

Hình 1.7. Tác động của việc giải quyết tốt các bài toán lên các chỉ tiêu hiệu quả

b. Các bài toán quản lý HTCCNS cần giải quyết

Qua bức tranh toàn cảnh về thực trạng ngành cấp nước Việt Nam, dễ dàng nhận thấy rằng, ngành rất khó có thể hoàn thành được mục tiêu đã đặt ra nếu không giải quyết triệt để các nguyên nhân đã được nhận biết. Dựa vào các thông tin đã thu thập được và các phân tích hiệu quả của hệ thống ở phần trên, có thể nêu ra bốn bài toán

quản lý cụ thể cần giải quyết của ngành cấp nước, mà hiện nay có đủ khả năng và điều kiện giải quyết chúng một cách triệt để hơn để nâng cao hiệu quả các HTCCNS ở nước ta:

Bài toán 1: *Bài toán quản lý tài sản và lập kế hoạch thay thế bảo trì hệ thống mạng cung cấp nước dưới tác động ảnh hưởng của môi trường và các ràng buộc liên quan.*

Nâng cao hiệu quả quản lý và sử dụng tài nguyên, tài sản hệ thống - máy móc, vật tư thiết bị là một đòi hỏi thiết yếu nhằm tối đa hoá lợi nhuận doanh nghiệp. Nhưng cái khó trong quản lý tài sản HTCCNS là nhiều tài sản, thiết bị nằm dưới lòng đất, chịu sự tác động của nhiều nhân tố, rất khó tính toán tuổi thọ của chúng. Các công ty cấp nước hiện nay chỉ quản lý tài sản một cách đơn giản: Lấy tuổi thọ của từng thiết bị theo nhà sản xuất, rồi từ đó xây dựng các kế hoạch vận hành, duy tu, bảo dưỡng, cô lập để sửa chữa. Vì vậy cần có giải pháp hữu hiệu quản lý *tài sản mạng cung cấp nước có tính đến mọi nhân tố này* sẽ giúp việc quản lý mang lại hiệu quả nhanh chóng hơn, tiết kiệm hơn. Tài sản được bảo trì tốt sẽ giảm số lần vỡ ống trên toàn hệ thống, giảm tỷ lệ thất thoát nước, giảm chi phí điện năng, giảm chi phí nhân công, giảm chi phí hóa chất, ổn định chất lượng nước cung cấp, v.v…. Chúng ta có 80% mạng lưới đang vận hành, phạm vi và quy mô công việc là rất to lớn. Quản lý chúng tốt không chỉ đem lại hiệu quả kinh tế lớn và có thêm nguồn vốn để mở rộng hệ thống, mà còn tiết kiệm được nguồn tài nguyên nước quý hiếm của quốc gia.

Bài toán 2: *Bài toán thiết kế thay thế, mở rộng mạng cung cấp nước*

Hiện nay vẫn còn 20% tỷ lệ dịch vụ cấp nước của Việt Nam chưa được bao phủ. Để từng bước đáp ứng được nhu cầu cấp nước chưa có dịch vụ này, ngoài việc quan tâm đến sửa chữa, thay thế hệ thống đang tồn tại để duy trì lượng nước đang cấp, việc xây dựng thêm các HTCCNS là một yêu cầu cấp bách. Một hệ thống được thiết kế tốt, tính được đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng, nó không chỉ tiết kiệm được các nguồn lực ở hiện tại (trong điều kiện rất hạn chế), mà còn cho ta nhiều lợi ích to lớn trong tương lai (công tác bảo trì thuận lợi, tuổi thọ hệ thống cao hơn). Công tác thiết kế mạng lưới hiện nay ở Việt Nam còn rất nhiều hạn chế: Thiết kế thủ công, thiếu dữ liệu tính toán, chưa thể lựa chọn được phương án tối ưu. Vấn đề cốt lõi của bài toán này là nhanh chóng tạo ra bản thiết kế hiệu quả dựa trên việc xem xét toàn diện các yếu tố tác động: D*ữ liệu mạng đường ống, dữ liệu có được từ môi trường thực địa, định hướng cấp nước trong tương lai, các qui định, qui chuẩn trong xây dựng hệ thống cấp nước và các yêu cầu, qui hoạch trong lai của các ban ngành liên quan*. Thực tế cho thấy, quá trình khảo sát thực địa tốn rất nhiều thời gian và công sức, công việc thiết kế đòi hỏi nhiều trí tuệ và kỹ năng, nhất là mỗi khi phải tính thêm một yếu tố mới. Với cách làm

thủ công, một bản thiết kế buộc phải bỏ qua nhiều yếu tố ảnh hưởng (vì không thiết lập được), và cũng chỉ có thể lựa chọn một số ít trong các phương án có thể. Những phương án như vậy cho hiệu quả thấp vì không xét đủ các điều kiện hiện tại, mà đặc biệt chưa tính đến các yếu tố trong tương lai dài hạn. Vì vậy, cần có các nghiên cứu về mặt lý thuyết và xây dựng được các công cụ giúp để có thể thiết lập được bài toán thiết kế hoàn chỉnh, và tiến hành tính toán tự động hỗ trợ hoạt động này làm cho quá trình thiết kế trở nên nhanh chóng hơn, hiệu quả hơn.

Bài toán 3: *Phát hiện và khắc phục điểm rò rỉ trên HTCCNS theo thời gian thực*

Rò rỉ trong HTCCNS có hai dạng là: R*ò rỉ lộ thiên* (phát hiện được rò rỉ bằng quan sát của con người) *và rò rỉ không lộ thiên (*là loại rò rỉ âm ỉ, không nhìn thấy được). Theo kết quả điều tra, chỉ có 10% trong tổng số trường hợp rỏ rỉ là lộ thiên. Việc lên phương án khắc phục loại rò rỉ lộ thiên dễ dàng, đơn giản hơn so với rò rỉ không lộ thiên. Phương pháp phát hiện rò rỉ không lộ thiên được các công ty sử dụng là dựa vào các thông số như: T*ỷ lệ thất thoát trong khu vực, áp lực nước lên ống, và sử dụng thiết bị dò tìm*. Mặc dù đã được trang bị nhiều thiết bị hiện đại để dò tìm rò rỉ ngầm, nhưng tỷ lệ thành công không cao, chỉ phát hiện được khoảng 20% số điểm rò rỉ loại này. Phát hiện rò rỉ là bài toán khó (đến nay vẫn chưa có giải pháp thích hợp), việc lập kế hoạch khắc phục chúng lại mất nhiều thời gian, và chậm chạp. Tỷ lệ thất thoát nước cao vì số lượng điểm rò rỉ nhiều, thời gian khắc phục chậm trễ. Thêm nữa, rò rỉ ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng nước do chất bẩn từ ngoài thấm ngược vào hệ thống. Vì vậy rất cần một giải pháp hiệu quả cho vấn đề này.

Bài toán 4: *Cảnh báo ô nhiễm nước và phát hiện sớm nguồn gây ô nhiễm trong HTCCNS*

Yêu cầu đặt ra là phải kiểm soát chặt chẽ ô nhiễm nước trong HTCCNS. Tuy nhiên, chất lượng nước của ta vẫn chưa đạt nhiều chuẩn đã quy định, lý do nước bị ô nhiễm từ bên ngoài thấm ngược vào hệ thống, các chất cặn bám nhiều làm thay đổi thành phần hóa học trong nước, lượng clo không đảm bảo, tuổi của nước cao, v.v. ..Chất lượng nước từ nguồn phát vào mạng khác với chất lượng nước tại vòi người sử dụng. Vì vậy, khi phát hiện ra vùng hoặc điểm bị ô nhiễm trong hệ thống, đơn vị cấp nước cần phải xác định nguyên nhân, nguồn gây ô nhiễm và lập phương án khắc phục một cách nhanh nhất. Đây là một bài toán khó, cho đến nay các CTCCNS của chúng ta còn chưa quan tâm. Tất cả hậu quả cuả nó người sử dụng phải gánh chịu. Hầu hết người sử dụng nhiều nơi đã phải tự bảo vệ mình bằng cách mua thêm các thiết bị lọc nước để sử dụng trong gia đình.

Những vấn đề quản lý đã được nêu ra thông qua bốn bài toán đã trình bày ở trên, trong thực tế các CTCCNS đã phải thực hiện từ lâu và đã cố gắng để giải quyết tốt. Tuy nhiên, do hạn chế về các nguồn lực (vốn, nhân lực), chưa có giải pháp và những phương án xử lý hợp lý, mức độ làm việc thủ công cao, chưa phối hợp giữa các bộ phận liên quan nên kết quả đạt được còn rất hạn chế. Theo kinh nghiệm của các nước đi trước, theo ý kiến của các chuyên gia, theo thực tế điều tra và với các đặc trưng, ưu điểm của GIS, cần phải **ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS**. Quản lý HTCCNS nhờ GIS chắc chắn sẽ tạo một bước đột phá trong việc giải quyết hữu hiệu những vấn đề trên đây.

Phần tiếp theo dưới đây sẽ giới thiệu về GIS, những đặc trưng của GIS và những khuyến cáo cho các CTCCNS khi xây dựng GIS.

1.2. Tổng quan về hệ thống thông tin địa lý

GIS đã ra đời và đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Để hiểu được các nội dung trong luận án, dưới đây sẽ trình bày những nét cơ bản và đặc trưng liên quan của GIS.

1.2.1. Định nghĩa GIS

GIS là viết tắt của cụm từ Geographic Information Systems (Hệ thống thông tin địa lý). Trong khoảng từ 20 đến 30 năm vừa qua, nhiều tác giả định nghĩa về GIS, một số định nghĩa được đặc biệt quan tâm:

- *GIS là công cụ trên máy tính để lập bản đồ và phân tích những hiện tượng đang tồn tại và các sự kiện xảy ra trên trái đất (*Environmental System Research Institute: ESRI – Mỹ*) (*định nghĩa như một phương tiện*).*
- *GIS là hệ thống phần cứng, phần mềm và các thủ tục được thiết kế nhằm thu thập, quản lý, xử lý, phân tích, mô hình hóa và hiển thị các dữ liệu quy chiếu không gian để giải quyết các vấn đề quản lý và lập kế hoạch. (*National Center for Geography Information and Analysis: NCGIA – Mỹ*) (*định nghĩa như một HTTT*).*
- *GIS là một tập hợp các nguyên lý, phương pháp, công cụ và dữ liệu quy chiếu không gian được sử dụng để cập nhật, lưu trữ, chuyển đổi, phân tích, lập mô hình, mô phỏng và lập bản đồ các hiện tượng, sự kiện trên trái đất, nhằm sản sinh các thông tin thiết thực hỗ trợ cho việc ra quyết định* (Thériault – Canada) (định nghĩa có tính tổng hợp).

– *GIS là hệ thống thông tin bao gồm 4 thành phần giải quyết các chức năng sau (*Marble và Peuquet, 1983*) (*định nghĩa mô tả và diễn giải*):*

Hình 1.8. Các thành phần trong hệ thống GIS [63]

Mặc dù có nhiều định nghĩa khác nhau về GIS, nhưng chúng đều có những điểm chung cơ bản: N*hấn mạnh GIS là một HTTT và có thêm đặc điểm xử lý dữ liệu không gian*. GIS có khả năng xử lý bộ số liệu địa lý lớn, đa dạng, và giúp cho việc phân tích, ra quyết định ngày càng chính xác hơn đối với những sự kiện, sự vật trong không gian. Trong luận án, tác giả sẽ trình bày GIS với tư cách là HTTT, có thêm các đặc điểm liên quan đến sử dụng dữ liệu không gian.

1.2.2. Các khái niệm liên quan

1.2.2.1. Địa vật (features)

Địa vật là đối tượng hoặc sự kiện riêng lẻ có vị trí (hoặc xảy ra) trong không gian ở những thời điểm khác nhau. Trong GIS, các địa vật có thể là: Đối tượng, sự kiện, hoạt động, thực thể, v.v…. Khi kết hợp các địa vật cùng loại (các điểm cấp nước), trong tệp (file) dữ liệu được gọi là **lớp**, hay **chuyên đề**. Hai khái niệm lớp và chuyên đề sẽ được sử dụng trong luận án.

Các địa vật được biểu diễn dưới dạng không gian trên bản đồ và có các thuộc tính mô tả được lưu trong tệp dữ liệu. Hai phần này được kết nối với nhau, mỗi địa vật trên bản đồ được nối đến một bản ghi trong tệp dữ liệu miêu tả địa vật đó.

Ở Hình 1.9 dưới đây hiển thị ba địa vật (lô đất, khối nhà, đường giao thông) của một khu phố.

Hình 1.9. Mô phỏng địa vật (đường phố, lô đất, tòa nhà) trong không gian và dữ liệu thuộc tính [63].

1.2.2.2. Bản đồ trong vai trò mô hình hóa thực tế

Thế giới thực rất phức tạp và khó có thể kiểm soát để hiểu thấu đáo và phân tích bởi sự đa dạng và các yếu tố liên tục biến đổi. Để mô tả và định vị từng địa vật là nhiệm vụ bất khả thi. Vậy để giảm độ phức tạp, để có thể ghi chúng lại trong một cơ sở dữ liệu và trên bản đồ có thể thực hiện bằng cách chọn những địa vật có ý nghĩa nhất rồi khái quát hoá những địa vật được chọn và hiển thị lên bản đồ. Khi đó, bản đồ thực tế là một mô hình mô phỏng thực tế các vấn đề mà ta cần quan tâm.

1.2.2.3. Dạng điểm, dạng đường và dạng vùng

Có ba dạng điển hình của địa vật trên bản đồ là: *Điểm, đoạn thẳng* và *vùng* (Hình 1.10.)

Hình 1.10. Hình dạng địa vật trong không gian[63].

- ***Dạng điểm***

Địa vật được biểu diễn ở dạng điểm là các địa vật chỉ có 1 cặp tọa độ x, y và có vị trí biểu thị bởi một kí hiệu. Có thể ví dụ, trong nghiên cứu GIS ứng dụng cho ngành cấp nước có thể đặt cột điện, gốc cây, giếng nước, điểm cấp nước, v.v…

- ***Dạng đường***

Địa vật biểu diễn ở dạng đường là những địa vật cần mô tả từ một loạt (ít nhất là hai) cặp tọa độ. Cặp đầu tiên là điểm bắt đầu và cặp cuối cùng kết thúc. Dạng đường thuộc loại địa vật 1 chiều vì có chiều dài đo được nhưng không có bề rộng.

- ***Dạng vùng***

Địa vật có đường biên, diện tích được biểu diễn ở dạng vùng. Dạng vùng được hình thành bởi một dãy các cặp điểm tọa độ, đa giác khác với đường ở chỗ là điểm đầu cũng chính là điểm cuối. Điều này khiến cho dữ liệu dạng vùng có cả chiều dài lẫn chiều rộng, như vậy địa vật 2 chiều này có diện tích bao bọc.

1.2.2.3. Quan hệ trong không gian (tô – pô)

Một trong số các khái niệm quan trọng gắn với GIS và các công nghệ địa lý khác là tô-pô. Khi các địa vật được thêm vào GIS, chúng hình thành các mối quan hệ không gian được gọi là tô-pô. Những mối liên hệ có thể là khoảng cách giữa các địa vật, nhưng cũng có thể bao gồm các vấn đề khác nhau như sự liền kề và tính kết nối.

Hình 1.11. Trụ cứu hỏa (có quan hệ không gian với các công trình khác) [63].

1.2.2.4. Mô hình dữ liệu

GIS có hai mô hình dữ liệu cơ bản là: Raster và vector. Mỗi mô hình có ưu, nhược điểm riêng, và không có mô hình nào tốt hơn nếu xét về tổng thể. Một mô hình này có thể phù hợp với những kiểu dữ liệu và ứng dụng nhất định so với mô hình kia.

- ***Mô hình dữ liệu Raster***

Mô hình dữ liệu dạng raster phản ánh toàn bộ vùng nghiên cứu dưới dạng một lưới các ô vuông hay điểm ảnh (pixcel). Về mặt khái niệm, mô hình raster đơn giản hơn. Có thể lấy một phần của bề mặt đất, chia thành các ô và gán cho mỗi ô một thuộc tính đại diện cho phần diện tích đó. Mô hình raster có các đặc điểm:

- *Các điểm được xếp liên tiếp từ trái qua phải và từ trên xuống dưới.*
- *Mỗi một điểm ảnh (pixcel) chứa một giá trị.*
- *Một tập các ma trận điểm và các giá trị tương ứng tạo thành một lớp (layer).*
- *Trong cơ sở dữ liệu có thể có nhiều lớp.*

Các nguồn dữ liệu xây dựng nên dữ liệu raster có thể bao gồm:

– *Quét ảnh.*
– *Ảnh máy bay, ảnh viễn thám.*
– *Chuyển từ dữ liệu vector sang raster.*
– *Lưu trữ dữ liệu dạng raster.*
– *Nén theo hàng (Run lengh coding).*
– *Nén theo chia nhỏ thành từng phần (Quadtree).*
– *Nén theo ngữ cảnh (Fractal).*

Trong một hệ thống dữ liệu cơ bản, raster được lưu trữ trong các ô (thường hình vuông) được sắp xếp trong một mảng hoặc các dãy hàng và cột. Nếu có thể, các hàng và cột nên được căn cứ vào hệ thống lưới bản đồ thích hợp.

Hình 1.12. Các mô hình dữ liệu raster và vector[63].

- **Mô hình dữ liệu Vector**

Mô hình dữ liệu vector dùng các điểm và đường rời rạc để nhận diện các vị trí địa vật trên mặt đất. Các đối tượng vector thường không che phủ bề mặt như các lớp raster, chúng chỉ phác họa các địa vật tồn tại ở chỗ nào và phần không gian chung quanh những địa vật đó được bỏ trống.

Trái với hệ thống raster, ở đó mỗi lớp chỉ có một thuộc tính, mô hình dữ liệu vector có thể có nhiều thuộc tính cho mỗi loại địa vật. Các chương trình phần mềm khác nhau có nhiều cách tổ chức tệp dữ liệu vector, nhưng thường có ít nhất là 2 tệp: một để chứa dữ liệu không gian và tệp kia để chứa thuộc tính. Mối quan hệ giữa các tệp không gian và thuộc tính được lập với một số thứ tự duy nhất. Mỗi địa vật trên bản đồ và thuộc tính tương ứng của nó có số thứ tự riêng để kết nối chúng với nhau.

- **So sánh mô hình dữ liệu Raster và mô hình dữ liệu Vector**

Mô hình Raster hay Vector không cái nào hơn cái khác. Một số chuyên gia GIS dùng khẩu ngữ "Raster thì nhanh hơn, nhưng vector thì đúng hơn". Máy tính xử lý dữ liệu raster nhanh hơn, nhưng bộ vi xử lý máy tính hiện nay đã nhanh đến mức sự khác

biệt này không còn đáng kể nữa. Kết quả tính bằng vector nhìn trên bản đồ chính xác hơn, nhưng có thể tăng độ phân giải của điểm ảnh lên để biểu diễn được giống vector Sau đây là một số ưu, nhược điểm của hai loại mô hình dữ liệu:

Ưu điểm của raster

- Dễ hiểu*: Về mặt khái niệm, mô hình dữ liệu raster rất dễ hiểu. Nó sắp xếp dữ liệu theo hàng và cột. Mỗi điểm ảnh biểu thị cho một phần mặt đất.*
- Tốc độ xử lý: *Cấu trúc dữ liệu đơn giản của raster cùng công thức tính toán không phức tạp sẽ cho kết quả nhanh chóng. Chẳng hạn, để tính diện tích của một đa giác, chỉ cần lấy diện tích một ô rồi nhân với số ô tạo nên vùng cần tính. Tương tự, tốc độ của nhiều phép phân tích, đều nhanh hơn hệ thống vector vốn phải dùng đến các phương trình hình học.*
- Dạng dữ liệu*: Ảnh viễn thám có thể dễ dàng được thao tác bằng hệ thống dựa trên raster vì ảnh này được cung cấp dưới dạng raster.*
- Một số hàm phân tích *(hàm phân tích bề mặt và lân cận) chỉ khả thi trong hệ thống raster. Ngoài ra, nhiều hàm phân tích mới xuất hiện trong hệ raster, do có cách tính toán đơn giản hơn, trước khi được chuyển sang hệ vector.*

Nhược điểm của raster

- Hình thức: *Các ô "có vẻ như" đánh mất quá nhiều chi tiết Hình 1.13. Nhược điểm này mang nặng tính thẩm mỹ.*
- Độ chính xác: *Đôi khi độ chính xác trở thành một vấn đề do độ phân giải điểm ảnh. Ví dụ, nếu có một lớp raster với độ phân giải 30 x 30 mét, và muốn định vị các biển báo dừng xe. Cả một ô kích thước 30 x 30 sẽ biểu diễn cho một biển báo duy nhất. Nếu chuyển lớp raster này sang vector, chương trình phần mềm có thể đặt biển báo này ở tâm của điểm ảnh. Đôi khi vấn đề về độ chính xác (và hình thức) có thể giải quyết được bằng tăng độ phân giải (thu nhỏ điểm ảnh), nhưng điều này làm ảnh hưởng đến cơ sở dữ liệu.*

Hình 1.13. So sánh các mô hình dữ liệu raster và vector[63].

- Cơ sở dữ liệu lớn: *Như đã nêu, độ chính xác và hình thức có thể được tăng cường bằng cách giảm kích cỡ điểm ảnh (phần diện tích mặt đất che phủ bởi mỗi ô), nhưng điều này làm tăng kích cỡ của file chứa lớp raster. Bằng cách làm độ phân giải tốt hơn gấp đôi (giảm kích cỡ điểm ảnh đi 50%, chẳng hạn từ 30 xuống còn 15 mét), dữ liệu cho lớp raster sẽ tăng gấp 4 lần. Nếu một lần nữa làm giảm độ phân giải, cho pixel nhỏ xuống còn 7,5 mét thì lớp raster sẽ tăng 4 lần nữa (như vậy là 16 lần lớn hơn kích cỡ file lưu trữ lớp raster 30 mét). Kích thước mỗi lần tăng gấp bốn vì độ phân giải tăng theo cả 2 phương x và y.*

Ưu điểm của vector

- Phù hợp với trực giác*: Thông thường luôn hình dung các địa vật như một khối liên tục chứ không phải được hợp thành từ những ô vuông nhỏ xếp kề nhau.*
- Độ phân giải: *Nếu các vị trí của địa vật có được một cách chuẩn xác và chính xác thì có thể duy trì độ chính xác không gian đó. Các địa vật sẽ không bị trôi đi trong phạm vi một ô như với raster.*
- Tô-pô: *Mặc dù mô hình dữ liệu raster bảo toàn vị trí tương đối giữa các địa vật với nhau, song chúng không thể biểu thị được mối quan hệ giữa các địa vật. Dạng phức tạp này của tô-pô có thể được tạo nên bằng hệ thống vector, từ đó có thể dõi theo những kết nối trong một mạng lưới cấp nước cho khu đô thị qua cách bố trí địa vật là đường ống và khóa van, từ đó dõi theo hướng và lượng nước chảy.*
- Dung lượng: *Các điểm, đường và đa giác đơn giản theo dạng vector thì chiếm ít dung lượng đĩa so với raster. Đã có một thời điều này rất quan trọng khi dung lượng ổ đĩa cứng rất hạn chế và đắt.*

Nhược điểm của vector

- Dạng hình học phức tạp: *Các thuật toán hình học cần thiết để thao tác xếp chồng đa giác, tính khoảng cách lại phụ thuộc vào phép chiếu/hệ tọa độ được dùng, yêu cầu các lập trình viên có kinh nghiệm. Điều này thường không thành vấn đề đối với đa số người dùng GIS vì phần lớn các hàm tính toán GIS đều được lập trình sẵn trong phần mềm.*
- Thời gian phản hồi chậm: *Mô hình dữ liệu vector có thể sẽ chậm khi phải xử lý những bộ số liệu phức tạp, đặc biệt là trên các máy tính có cấu hình thấp.*

1.2.3. GIS thủ công và GIS trên máy tính

GIS đã xuất hiện được hơn 30 năm. Những khái niệm và xử lý GIS đã có trước cả khi có máy tính. Sự khác biệt ngày nay là ở chỗ GIS được vi tính hóa. Trước khi khái niệm GIS được chuyển đến máy ví tính thì người ta đã thực hiện GIS theo cách thủ công. Người ta chỉ kết hợp các dữ liệu không gian và thuộc tính trên nhiều dạng phương tiện như bản đồ giấy, lớp giấy trong, ảnh hàng không, báo cáo viết tay, sổ ghi thực địa, và quan sát bằng mắt rồi suy đoán.

Với GIS thủ công, thường một tấm bản đồ lớn được trải trên mặt bàn, và một loạt các bản đồ giấy trong suốt, được vẽ với cùng tỉ lệ, được đặt trên bản đồ nền. Người ta thường nhìn mối quan hệ giữa bản đồ nền và các vật nằm ở bản đồ xếp trên. Thường thì dữ liệu không gian được sao chép từ tấm bản đồ (hoặc ảnh hàng không) này sang tấm khác. Việc này mất thời gian, và vì vậy mà nhiều ý tưởng lớn về mối quan hệ của các địa vật (cả giới tự nhiên lẫn con người) đã không được phân tích đến. Những ý tưởng này bị giới hạn bởi thời gian cần để phân tích. Tuy vậy, vẫn có những dự án GIS thủ công đã được tiến hành. Ví dụ tuyệt vời cho GIS thủ công thường được nhắc đến là bản đồ bệnh tả của bác sĩ John Snow. Vào thập niên 1840, một đợt bùng phát bệnh tả đã làm chết vài trăm cư dân ngụ ở khu Soho của London. Bác sĩ Snow đã định vị địa chỉ của những nhà có ca tử vong trên một bản đồ giấy được vẽ tay và sớm thu được một cụm các ca bệnh như được mô tả trên Hình 1.14.

Sau đó trên bản đồ nền này, giữa những đường phố và địa điểm có ca tử vong, ông đã vẽ vị trí của những giếng nước. Nhờ ý tưởng về độ giảm theo khoảng cách, ông biết rằng người ta có thể đi quãng đường dài để mua được một món hàng giá rẻ, nhưng để xách nước họ sẽ đến giếng nước gần nhất vì nước không mất tiền mà cũng rất nặng. Ông Snow đã thấy được rằng những ca tử vong đa phần cụm lại ở những nhà sống gần giếng nước phố Broad. Ông cùng học trò khóa máy bơm này lại, và số ca dịch tả đã giảm đi nhanh chóng. Điều đó cho thấy mối quan hệ không gian giữa ca tử vong do bệnh tả và địa điểm của giếng nước phố Broad, và quan trọng hơn là bác sĩ Snow đã thiết lập được sự liên hệ giữa bệnh tả và nước uống.

Hình 1.14. Bản đồ bệnh tả ở khu Soho, London do bác sĩ John Snow thực hiện [63].

Từ khi xuất hiện máy tính đến những ứng dụng GIS như ngày nay đã mất vài thập kỉ. Lúc đầu, những máy tính mạnh nhất, lớn nhất, là những máy tính cỡ lớn (mainframe) được trang bị cho một số giáo sư và cán bộ trong chính phủ, nhưng không phổ biến đối với nhiều nhà nghiên cứu. Vào thập niên 1980, đa phần các ứng dụng GIS được chạy trên máy chuyên dụng (workstation) gắn với máy tính cỡ lớn. Những máy vi tính mới xuất hiện (IBM, Apple, …) đều không có đủ bộ nhớ, dung lượng đĩa, hoặc khả năng xử lý. Ngày nay các máy tính cá nhân đủ mạnh, lưu trữ và xử lý được những tập dữ liệu lớn, và có thể thực hiện nhiều tác vụ cùng lúc. Ưu điểm này giúp cho các viện nghiên cứu, cơ quan chính phủ, các tổ chức và những công ty lớn nhỏ dùng được GIS. GIS trên máy vi tính, nhưng đòi hỏi người dùng phải được đào tạo.

1.2.4. Lịch sử ứng dụng GIS

GIS được phát triển từ hai nền tảng chính là khoa học địa lý và bản đồ học. GIS ra đời vào những năm đầu của thập niên 1960 và trong những thập niên gần đây đã phát triển mạnh mẽ nhờ sự tiến bộ của các lĩnh vực công nghiệp máy tính, đồ họa máy tính, phân tích dữ liệu không gian và quản trị dữ liệu. Trong những thập niên gần đây, công nghệ GIS đã có một bước nhảy vọt về chất, trở thành một công cụ hữu hiệu trong công tác quản lý và trợ giúp ra quyết định. Phần cứng của GIS phát triển mạnh mẽ theo giải pháp máy tính để bàn, nhất là trong những năm gần đây đã ra đời các bộ vi xử lý cực mạnh. Các thiết bị lưu trữ dữ liệu, hiển thị và in ấn thông tin tiên tiến đã làm cho công nghệ GIS thay đổi về chất [12]. Ngày nay, GIS đang phát triển mạnh theo hướng tổ hợp và liên kết mạng. Trong suốt quá trình hình thành và phát triển, công nghệ GIS luôn tự hoàn thiện từ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp, để phù

hợp với các tiến bộ mới nhất của khoa học và kỹ thuật. Canada là nước có ứng GIS sớm nhất. Mỹ bắt đầu ứng dụng GIS từ chương trình cung cấp hình ảnh thông minh cho quân đội vào những năm 1960.

Công nghệ GIS đã làm thay đổi cách sống và thói quen làm việc. Trong giai đoạn đầu, GIS chỉ dành cho các chuyên gia. Đến giữa những năm 1990, gói phần mềm GIS để bàn đã ra đời đánh dấu bước ngoặt của công nghệ này. Gói phần mềm này dễ sử dụng, và kết hợp được với sức mạnh của các phần mềm khác giúp tăng khả năng tính toán và xử lý công việc. Việc triển khai GIS trên máy tính cá nhân đã làm giảm đáng kể chi phí cho GIS. Người sử dụng GIS ngày nay đang được hưởng những thành quả của GIS đó là: Sử dụng các cung cụ có tốc độ nhanh hơn, rẻ hơn, và đơn giản hơn. Trước năm 1988, chỉ có một vài chục nhà cung cấp phần mềm GIS [61]. Con số này đã tăng lên đến hơn 500 vào năm 2011. Cuộc cách mạng này bắt nguồn từ GIS với ý tưởng tập trung phát triển công nghệ để phục vụ cho chính các ứng dụng công nghệ của mình [56]. Vào thời gian này, GIS là một trong những thị trường phát triển nhanh nhất so với các lĩnh vực của ngành công nghiệp phần mềm, vì ứng dụng GIS có giá trị cho nhiều đối tượng sử dụng, từ quy hoạch thành phố đến giám định thuế tài sản, cơ quan thực thi pháp luật và các tiện ích khác. Trước đây, GIS chỉ được đề cập cho việc hỗ trợ bản đồ, ngày nay nó đã hỗ trợ giải quyết hầu hết các vấn đề trong cuộc sống.

Ứng dụng GIS cho ngành cung cấp nước sạch bắt đầu phát triển vào cuối những năm 1980. Đầu những năm 1990, ngành công nghiệp nước đã sử dụng GIS trong lập bản đồ, mô hình, quản lý trang thiết bị và quản lý công việc để phát triển các chương trình lập kế hoạch bảo trì [65]. Vào giữa những năm 1990, GIS bắt đầu ứng dụng rộng rãi để nghiên cứu nước uống. Ứng dụng tiềm năng được xác định tại thời điểm đó bao gồm [70]:

- *GIS cung cấp cơ sở cho việc điều tra sự xuất hiện của các chất gây ô nhiễm được quy định về chất lượng nước, có ảnh hưởng tới sức khỏe hoặc đánh giá tác động sức khỏe của con người.*
- *Lập bản đồ những thay đổi của clo trong đường ống hoặc kiểm soát ăn mòn hoặc khử trùng bằng clo, v.v…*
- *GIS có thể hỗ trợ trong việc đánh giá tính khả thi và tác động của việc mở rộng hệ thống.*
- *GIS có thể hỗ trợ việc xây dựng kế hoạch bảo vệ chất lượng các nguồn nước từ các giếng khoan.*

Theo Hiệp hội Nước sạch Mỹ (AWWA), xấp xỉ 90% các công ty cấp nước ở Mỹ đã sử dụng công nghệ GIS vào cuối những năm 2000. Trong 10 năm qua, số lượng người dùng GIS đã tăng lên đáng kể, công nghệ GIS đã giảm bớt các thủ tục trước đó gây mất nhiều thời gian. Trao đổi dữ liệu giữa GIS, CAD, điều khiển giám sát và thu thập dữ liệu (SCADA), và các mô hình thủy văn và thủy lực đang trở nên đơn giản hơn nhiều.

Ngày nay, GIS được sử dụng cho các nghiệp vụ quản lý cung cấp nước như: Q*uản lý bảo trì, lập kế hoạch vốn, và dịch vụ khách hàng* và đã cải thiện một cách đáng kể các hoạt động của các tiện ích về nước. Các chuyên gia tin rằng, trong tương lai gần, hầu hết các chuyên gia ngành cấp nước nước sẽ có thể sử dụng GIS đơn giản như họ đang sử dụng phần mềm soạn thảo văn bản hoặc bảng tính. Viện Nghiên cứu hệ thống môi trường (Esri) cung cấp các phần mềm GIS hàng đầu và đã có những đóng góp to lớn trong việc cung cấp các ứng dụng GIS cho ngành cung cấp nước.

1.2.5. Các thành phần của GIS

Như đã trình bày ở trên, có nhiều định nghĩa GIS khác nhau, nhưng đều khẳng định GIS cũng là một HTTT và chỉ khác ở chỗ, nó có khả năng xử lý dạng dữ liệu không gian và đa số đã chấp nhập GIS như một hệ thống có 5 thành phần: D*ữ liệu, cơ sở tri thức, phần mềm, phần cứng và con người* (hình 1.15).

1.2.5.1. Dữ liệu của GIS

Khái niệm thông tin, dữ liệu không gian dùng để chỉ mọi thông tin, dữ liệu gắn với các đối tượng, hiện tượng và hoạt động của xã hội trên Trái đất và trong không gian hiểu theo nghĩa rộng [44]. Nếu như lúc mới ra đời, các dữ liệu đầu vào của GIS thuần túy là bản đồ, thì ngày nay mọi thông tin gắn với tọa độ địa lý hoặc tọa độ của lưới chiếu bản đồ hoặc gắn với các đối tượng đã có toạ độ đều có thể là đầu vào của hệ thống. Các đối tượng có tọa độ có thể là một điểm (ví dụ: điểm lấy mẫu ngoài thực địa, điểm rò rỉ, đồng hồ khách hàng, trụ cứu hoả, v.v...), có thể là một tuyến (ví dụ: trục giao thông, đường ống dẫn nước sinh hoạt, mạng lưới sông suối, v.v...), có thể là một vùng (ví dụ: một đơn vị hành chính cấp thôn bản, xã, huyện, tỉnh thành, quốc gia, khu vực, một khu dân cư, một khu chế xuất, v.v...). Các đối tượng có tọa độ thường được biểu diễn trên máy tính dưới hai dạng đồ họa cơ bản: ***Dạng vector*** **(**điểm, đường, vùng***) và*** Dạng các điểm ảnh ***(raster).***

Hình 1.15. Các thành phần của GIS [12].

1.2.5.2. Cơ sở tri thức

Xây dựng các bài toán ứng dụng hay xây dựng cơ sở tri thức (CSTT) của GIS là phần quan trọng bậc nhất của các hệ GIS. Tuy nhiên, cùng với sự phát triển của các ứng dụng GIS, trên thế giới cũng có sự thay đổi nhận thức về vai trò của các hợp phần của GIS qua từng thời kỳ, đặc biệt tại các nước đang phát triển [51]. Ở Việt Nam trước đây, khi nói đến ứng dụng GIS người ta thường nghĩ ngay đến trang bị các phần mềm của GIS hơn là nghĩ đến các hợp phần khác. Giai đoạn tiếp theo, đa phần người sử dụng lại coi trọng dữ liệu hơn cả, và trong trường hợp đó, người ta tập trung đầu tư rất nhiều cho việc nhập dữ liệu. Khi đó, các dữ liệu được nhập vào chủ yếu là các bản đồ, các dữ liệu thuộc tính còn ít được nói đến. Phải chờ đến khi nhận ra rằng, các ứng dụng GIS phụ thuộc rất nhiều và các kiến thức chuyên môn đa ngành, liên ngành thì người ta mới coi trọng việc xây dựng các *cơ sở trí thức*.

Thực chất, cơ sở trí thức là sự kết hợp ba mảng chuyên môn: *Quản lý, Các chuyên ngành ứng dụng và Công nghệ thông tin* để xây dựng lên thiết kế GIS theo yêu cầu giải quyết các bài toán mà các nhà quản lý nghiệp vụ đặt ra. Nghĩa là, phải căn cứ vào mục tiêu được nhắm đến của ứng dụng để quyết định loại các dữ liệu nào cần thu thập, cấu trúc CSDL nào cần xây dựng. Căn cứ vào yêu cầu của giới quản lý, các nhà chuyên môn trong chuyên ngành sẽ là người cung cấp kiến thức về mối quan hệ của các đối tượng, hiện tượng, quá trình sẽ được mô tả bằng các dữ liệu không gian. Các chuyên gia về GIS và CNTT sẽ là người giúp các nhà chuyên môn thực hiện bài toán của họ trên hệ thống dưới dạng các công cụ chuyên gia trợ giúp đắc lực và hiệu quả cho các nhân viên nghiệp vụ. Điều quan trọng ở đây là phải xác định một cách có cơ sở khoa học các mối quan hệ giữa các đối tượng, các quá trình và hiện tượng mà

chúng ta nghiên cứu. Khi đó mới có thể sử dụng các công cụ toán học để xây dựng các mô hình phân tích và xử lý trên GIS. Vì vậy, có thể nói rằng, để xây dưng GIS thì vai trò của con người với tư cách là những chuyên gia thuộc các lĩnh vực cung cấp các tri thức và kỹ năng chuyên sâu là quan trọng bậc nhất.

1.2.5.3. Phần cứng

Phần cứng bao gồm các thiết bị và các phương tiện sử dụng để cập nhật, lưu trữ, xử lý, truyền và biểu diễn các thông tin-dữ liệu. Chúng thường bao gồm:

- Các thiết bị*: Máy vi tính (computer), máy vẽ (plotters), máy in (printer), bàn số hoá (digitizer), thiết bị quét ảnh (scanners), định vị vệ tinh GPS, v.v...*
- Các phương tiện lưu trữ số liệu*: USB, CDROM, bộ nhớ ngoài, v.v...*

1.2.5.4. Phần mềm

Phần mềm là tập hợp các câu lệnh, chỉ thị nhằm điều khiển phần cứng của máy tính thực hiện một nhiệm vụ xác định. Phần mềm GIS có thể là một hoặc tổ hợp các phần mềm máy tính. Phần mềm trong GIS phải có các tính năng cơ bản sau:

- *Nhập và kiểm tra dữ liệu (Data input)*
- *Lưu trữ và quản lý cơ sở dữ liệu địa lý (Geographic database)*
- *Hiển thị và xuất dữ liệu (Display and reporting)*
- *Biến đổi dữ liệu (Data transformation)*
- *Tương tác với người dùng (Query input)*

1.2.5.5. Con người

Con người là một hợp phần quan trọng của GIS. Con người bao gồm:

- Người sử dụng hệ thống*: Là những người sử dụng GIS để giải quyết các vấn đề đặt ra. Nhiệm vụ chủ yếu của họ là số hóa bản đồ, kiểm tra lỗi, soạn thảo, phân tích các dữ liệu thô, đưa ra các giải pháp cuối cùng để truy vấn dữ liệu địa lý, thực hiện các xử lý theo yêu cầu nghiệp vụ. Những người này phải thường xuyên được đào tạo lại do GIS thay đổi liên tục và yêu cầu mới của kỹ thuật phân tích.*
- Thao tác viên hệ thống*: Có trách nhiệm vận hành hệ thống hàng ngày để người sử dụng hệ thống làm việc hiệu quả. Công việc của họ là sửa chữa khi chương trình bị tắc nghẽn hay là công việc trợ giúp nhân viên thực hiện các phân tích có độ phức tạp cao. Họ còn làm việc như quản trị hệ thống, quản trị CSDL, bảo vệ an toàn, toàn vẹn CSDL tránh hư hỏng, mất mát dữ liệu.*

- Nhà cung cấp GIS*: Cung cấp các phần mềm, cập nhật phần mềm, phương pháp nâng cấp cho hệ thống.*
- Nhà cung cấp dữ liệu*: Là các cơ quan nhà nước hay tư nhân cung cấp các dữ liệu sửa đổi từ nhà nước.*
- Người phát triển ứng dụng*: Là những lập trình viên, họ xây dựng giao diện người dùng, giảm khó khăn các thao tác cụ thể trên hệ thống GIS, v.v…*
- Chuyên viên phân tích hệ thống GIS*: Là nhóm người chuyên nghiên cứu tạo ra các thiết kế hệ thống, được đào tạo chuyên nghiệp có trách nhiệm xác định các mục tiêu của hệ GIS trong cơ quan, hiệu chỉnh hệ thống, đề xuất kỹ thuật phân tích và các giải pháp xử lý đúng đắn, v.v…*

1.2.6. Cơ sở dữ liệu GIS

Cơ sở dữ liệu GIS là một kho chứa dữ liệu không gian và dữ liệu phi không gian trong hệ quản trị cơ sở dữ liệu (Database Management System – DBMS). Cơ sở dữ liệu GIS có nhiều kích cỡ, có số lượng người dùng khác nhau và có từ quy mô nhỏ, xây dựng các tập tin cho một người dùng, đến quy mô lớn hơn cho một nhóm, ngành cho nhiều người dùng.

Hình 1.16. Mô tả quản lý dữ liệu Geodatabase

(nguồn: Chụp màn hình phần mềm Argis)

Cơ sở dữ liệu GIS là cấu trúc dữ liệu cơ bản trong GIS, và là định dạng chính được sử dụng để chỉnh sửa và quản lý dữ liệu. Dữ liệu trong CSDL GIS được tổ chức thành các lớp dữ liệu vector hoặc raster. Hiện tại CSDL GIS có thể được cài đặt trên hầu hết các hệ quản trị CSDL như: Oracle, SQL server, MS Access, Postgres, DB2. CSDL GIS quản lý hai đối tượng là *Feature Dataset, feature Class* và ngoài hai dạng dữ liệu raster và vector còn có các định dạng dữ liệu khác như: shapefile, coverages, cad, v.v…

1.2.6.1. Feature Datasets (Lớp dữ liệu)

Feature dataset là tập hợp các lớp dữ liệu có liên quan với nhau, và có chung hệ tọa độ được lưu trong không gian làm việc giống như là một thư mục. Mục đích của Feature datasets là tổ chức các lớp dữ liệu có liên quan vào chung với nhau, để xây dựng các mối liên kết không gian (topology) như: *một bộ dữ liệu mạng lưới, một bộ dữ liệu địa hình, một mạng lưới hình học,* v.v... Feature Datasets có đuôi là *.mdb và bao gồm một hoặc nhiều Feature Class.

1.2.6.2. Feature Class (Lớp đối tượng)

Lớp đối tượng là một tập hợp các đối tượng không gian đồng nhất, có chung định dạng hình học. Nó tương đương với một lớp (layer) trong ArcMap. Ví dụ, lớp đối tượng: *điểm, đường hay vùng* có chung một tập hợp các cột thuộc tính. Các lớp đối tượng thường gặp phổ biến gồm có *điểm* (points), *đường* (lines), *vùng* (polygon) và đối tượng dạng text (annotation) (Hình 1.17).

Hình 1.17. Dữ liệu dạng lớp đối tượng *(nguồn: Chụp màn hình phần mềm Argis)*

Hình 1.18. Quản lý dữ liệu Shapefile *(nguồn: Chụp màn hình phần mềm Argis)*

1.2.6.3. Shapefile

Shapefile là một dữ liệu đơn giản, chưa có liên kết không gian, dùng để lưu trữ vị trí hình học và các thông tin thuộc tính của các đối tượng địa lý. Các đối tượng địa lý này có thể được thể hiện dưới dạng điểm, đường hoặc vùng.

Kèm theo đó là bảng thuộc tính (Hình 1.19), lưu trữ thuộc tính bổ sung của các đối tượng đó.

Hình 1.19. Bảng thuộc tính của các đối tượng

(nguồn: Chụp màn hình phần mềm Argis)

Shapefile được lưu trong các thư mục (Hình 1.18), thực chất định dạng shapefile không phải là một tệp mà là 5-6 file có tên giống nhau nhưng đuôi khác nhau trong đó 3-4 file quan trọng nhất của Shapefile là các tệp có đuôi:

– ***.shp:** Chứa các đối tượng không gian*

– ***. dbf:** Bảng các thuộc tính*

– ***. shx:** Chỉ số để liên kết đối tượng với bảng thuộc tính*

– ***. prj:** Cho phép đăng kí hệ tọa độ.*

1.2.6.4. Coverages

Coverages là dạng dữ liệu chính sử dụng trong những phép xử lý phức tạp, để xây dựng các tập dữ liệu địa lý chất lượng cao, và thực hiện các phép phân tích không gian lớn.

Các đối tượng trong Coverages:

– ***Label** (nhãn): Có thể gán các nhãn cho các đối tượng riêng biệt.*

- ***Arc*** *(cung): Là tập hợp các đoạn nối với nhau qua các điểm nút. Nhiều cung có thể lập thành mạng. Cung khép kín tạo thành các vùng.*
- ***Tic****: Là các điểm khống chế tọa độ. Tic biểu diễn cho vị trí đã biết trên mặt đất và dùng để đăng kí và chuyển đổi tọa độ của một Coverages.*
- ***Feature Class*** *(lớp đối tượng): Gồm các dạng đối tượng như: điểm (points), đường (lines), vùng (polygon)*

1.2.6.5. CAD

CAD là một đối tượng để hiển thị bản vẽ được thiết kế trong phần mềm AutoCAD.

1.2.6.6. Dữ liệu dạng bảng

Dữ liệu dạng bảng cho phép lưu giữ thuộc tính của đối tượng. ArcGIS cho phép nhận dạng dữ liệu dưới dạng như Excel, Access, dbf, v.v…

1.2.6.7. Dữ liệu dạng Mosaic

Mosaic là tập hợp dữ liệu dạng ảnh raster lưu trữ như một quyển catalog cho phép người dùng lưu trữ, quản lý, xem và truy vấn hỏi đáp các dữ liệu ảnh raster.

1.2.6.9. Các định dạng dữ liệu đặc biệt

Internet map service: dữ liệu dạng Webgis – dữ liệu được hiển thị trên website. Dữ liệu đo vẽ, dữ liệu GPS, v.v… Ngoài ra khi thiết kế CSDL cần phải quan tâm đến một số khái niệm***:***

- Domain*: Là miền giá trị hợp lệ của một trường thuộc tính nào đó.*
- Subtype*: Là tên của kiểu đối tượng địa lý cơ sở hoặc tên của kiểu đối tượng địa lý dẫn xuất.*
- Relationship*: Là mối quan hệ giữa các đối tượng trong CSDL.*

Các dạng dữ liệu GIS sử dụng tương đối đa dạng, khi xây dựng CSDL GIS chúng ta thường tổ chức các dữ liệu thành 2 nhóm dữ liệu là dữ liệu chuyên đề và dữ liệu nền.

a. Dữ liệu nền

Dữ liệu nền là các dữ liệu về địa hình, hình thể hoặc các đơn vị hành chính của khu vực nghiên cứu. Dữ liệu nền địa hình thuộc quyền quản lý và cung cấp của Tổng cục địa chính, các dữ liệu về ranh giới hành chính thuộc quyền quản lý của Ban Tổ chức chính phủ hoặc Ban Tổ chức chính quyền các tỉnh.

b. Dữ liệu chuyên đề

Dữ liệu chuyên đề là các dữ liệu do các chuyên ngành cung cấp về điều kiện tự nhiên, thống kê về kinh tế, xã hội, y tế, giáo dục, thương mại, hạ tầng cơ sở, v.v… của khu vực nghiên cứu. Các dữ liệu chuyên đề do các cơ quan chuyên môn cung cấp. Có những thông tin được giải đoán từ ảnh máy bay, ảnh vệ tinh

Cả dữ liệu nền và dữ liệu chuyên đề đều có thể ở dạng đồ hoạ và dạng phi không gian. Chúng được cập nhập vào CSDL theo nhiều cách khác nhau. Hình 1.20 minh họa quan hệ giữa dữ liệu đồ họa với các thuộc tính trên không gian có toạ độ.

Hình 1.20. Mối quan hệ giữa dữ liệu đồ họa và dữ liệu thuộc tính không gian

1.2.7. Các chức năng của GIS

Phần 1.2.2 đã trình bày nhiều định nghĩa khác nhau về GIS, mỗi một định nghĩa có cách nhìn khác nhau về GIS. Trong đó định nghĩa GIS của *Marble và Peuquet* mô tả và diễn giải rõ nhất, đặc trưng nhất về các chức năng của GIS. Các chức năng này sẽ trình bày chi tiết ở phần dưới đây.

1.2.5.1. Chức năng nhập dữ liệu (input)

Chức năng nhập dữ liệu cho phép nhập các dữ liệu cần thiết vào hệ thống với các định dạng tệp dữ liệu khác nhau. Có ba công việc riêng biệt phải thực hiện (Hình 1.21*): Thiết kế CSDL*, cần nhận diện và mã hóa về mặt khái niệm tất cả những địa vật và thuộc tính cần quan tâm trong dự án. *Thu thập dữ liệu*, là giai đoạn thu thập dữ liệu, trong đó có việc tìm và thu nhận dữ liệu cần thiết từ những cơ quan, tổ chức, kho dữ liệu, và đưa dữ liệu này về định dạng mà chương trình GIS hiện có đọc được. *Định dạng*

và số hóa dữ liệu, cần số hóa các bản đồ giấy và dữ liệu trực tiếp vào hệ thống GIS hoặc chuyển đổi số liệu điện tử sẵn có về dạng mà hệ GIS đọc được.

Hình 1.21. Các bước của chức năng nhập dữ liệu [63].

1.2.5.2. Chức năng tiền xử lý dữ liệu (Processing)

Chức năng tiền xử lý dữ liệu sẽ lấy dữ liệu đầu vào từ chức năng "**Nhập dữ liệu**", sau đó thực hiện tiền xử lý: C*ác yếu tố không gian và các thuộc tính của địa vật*. Tiền xử lý là vấn đề quan trọng nhưng hiện nay chưa được quan tâm đúng mức. Giai đoạn này nhằm định hình các tập dữ liệu cần đưa vào GIS để phân tích.

Để tiền xử lý tốt các yếu tố không gian, cần nắm được những khái niệm, định nghĩa các tiêu chuẩn tham chiếu địa lý của Trái đất, cụ thể là những khái niệm kinh-vĩ độ, phép chiếu, hệ tọa độ, và mực chuẩn. Các khái niệm này giúp hiểu được các phép tiền xử lý bản đồ như đổi phép chiếu, chuyển các lớp từ dạng vector sang raster, và phân lớp lại hoặc lấy mẫu lại các lớp. Một phần đáng kể của khâu tiền xử lý bản đồ là làm cho dữ liệu đang có trở nên dùng được, bằng cách cung cấp các tham số phép chiếu thống nhất cho tất cả tập dữ liệu hiện có. Mục đích là để làm cho các lớp bản đồ khớp đúng với nhau. Tiền xử lý dữ liệu không gian là các nhiệm vụ dọn dẹp chuẩn bị giúp cho dữ liệu đã nhập vào trong GIS phục vụ được cho mục đích phân tích dữ liệu. Mục tiêu là đưa được tất cả các bộ dữ liệu GIS về cùng phép chiếu, rồi làm cho mỗi lớp bản đồ chồng chập được với những lớp khác, tham chiếu được địa lý, lấy mẫu lại, tái phân loại, và khớp các cạnh, v.v….

Tiền xử lý dữ liệu thuộc tính là thêm và xóa các trường, xóa các bản ghi, nối các tệp dữ liệu, lựa chọn và sắp xếp các các bản ghi, tính toán những thuộc tính, và mã hóa địa lý (geocoding). Phần công việc cuối cùng của hệ thống này là việc thẩm định độ chính xác các thuộc tính đưa vào trong GIS. Quá trình thẩm định nhằm tìm những giá trị thuộc tính bị thiếu lẫn không chính xác.

1.2.5.3. Chức năng phân tích dữ liệu (Analys)

Khi quá trình tiền xử lý dữ liệu đầu vào và các lớp GIS xong, đó là dữ liệu đầu vào cho chức năng "**Phân tích**". Việc phân tích dữ liệu địa lý đòi hỏi suy luận logic và tư duy phê phán. Cần tìm kiếm các dạng mẫu, những hình thức gắn bó, các mối liên kết, tương tác giữa các đối tượng dữ liệu, và các bằng chứng và quy luật thay đổi của chúng theo thời gian và trong không gian. GIS giúp phân tích tập dữ liệu và kiểm tra những quan hệ không gian, nhưng nó không thể thay thế tư duy về các mối quan hệ trong không gian. Để phân tích dữ liệu, trước hết phải hình dung được những mối quan hệ và dạng mẫu không gian có thể xảy ra. Bằng cách tổng hợp các lớp bản đồ GIS, và đặt ra những câu hỏi không gian cần quan tâm như: "Có gì tại…?", "Nó ở đâu…?", "Đã có gì thay đổi kể từ khi đó?", "Có những dạng mẫu không gian nào tồn tại?", và "Sẽ ra sao nếu…?" (câu hỏi kịch bản). Hai câu hỏi đầu trong số này chỉ tìm kiếm trong tập hợp các địa vật và kiểm tra rất ít về vị trí và quan hệ giữa các địa vật. Ba câu hỏi sau thì phức tạp hơn. Để trả lời những câu hỏi này, cần biết sử dụng linh hoạt một số các hàm phân tích có sẵn trong GIS hoặc xây dựng các mô hình cho nó.

1.2.5.4. Chức năng xuất dữ liệu (output)

Ngoài số liệu thống kê, biểu đồ và báo cáo, thì bản đồ vẫn là phương tiện chính để biểu diễn kết quả đầu ra của hệ thống GIS. Chúng có thể dễ dàng hiển thị, in ấn, chỉnh sửa và hiển thị lại. Bản đồ đang hình thành những dạng mới, và ngày càng đa dạng hơn. Trước đây, thường sử dụng các dạng bản đồ tĩnh (in ấn, chiếu trên máy hoặc hiện trên màn hình máy tính, về trên trang web), thì nay xuất hiện bản đồ động và bản đồ tương tác đang có xu thế thay đổi GIS và lĩnh vực bản đồ học. Có thể hình dung việc xoay các lớp chủ đề trên một bản đồ tương tác, và nhìn vào mối quan hệ không gian từ các góc khác nhau và kết hợp với công nghệ đa phương tiện sẽ tạo ra những cách khác nhau tạo điều kiện trình bày bản đồ và phân tích không gian.

1.2.8. Ưu điểm – những tồn tại của GIS

GIS có khả năng xử lý cả dữ liệu không gian và dữ liệu phi không gian, do vậy nó cũng có các ưu điểm và các hạn chế sau:

1.2.8.1. Ưu điểm

Về cơ bản GIS có các ưu điểm sau khi ứng dụng để quản lý HTCCNS:

- *Quản lý được dữ liệu không gian, mối quan hệ giữa các đối tượng không gian và kết hợp với các thông tin về dữ liệu thuộc tính cho cái nhìn tổng thể về HTCCNS.*

- *Xuất kết quả ở nhiều dạng khác nhau: Đồ họa, thuộc tính, kết hợp đồ họa thuộc tính, v.v… cho cái nhìn cụ thể, chi tiết về các đối tượng cần quản lý trong hệ thống.*
- *Truy cập, phân tích dữ liệu dễ dàng từ nhiều nguồn khác nhau, giảm bớt các hoạt động thực địa và tăng khả năng tổng hợp thông tin trợ giúp cho công tác điều hành hệ thống.*
- *GIS cung cấp một hệ hỗ trợ quyết định cho phép quản lý tổng hợp thông tin của đối tượng từ thuộc tính, hình ảnh cho đến vị trí không gian.*

1.2.8.2. Những điểm còn tồn tại của GIS

Bên cạnh những ưu điểm, GIS còn có những điểm tồn tại sau:

- *Các ứng dụng GIS đòi hỏi nhiều công sức và thời gian cho việc xây dựng hệ thống dữ liệu ban đầu, cần nhiều kiến thức và kỹ năng của chuyên gia, kỹ thuật máy tính và nguồn tài chính cao.*
- *GIS đòi hỏi cấu hình máy tính mạnh, dẫn đến chi phí trang bị, lắp đặt các thiết bị và phần mềm GIS cao.*
- *Bản quyền phần mềm và chi phí vận hành cao.*

1.2.9. Xu thế ứng dụng GIS trên thế giới

1.2.9.1. Hệ thống định vị toàn cầu

Hệ thống định vị toàn cầu (GPS – Global Positioning System) là một ứng dụng của GIS từ rất sớm. Nó ngày càng được phát triển mạnh mẽ với sự tích hợp nhiều công nghệ mới để gia tăng số lượng, chất lượng dữ liệu thu thập, lưu trữ và xử lý. Hiệu quả trong đo đạc; cùng với thời gian chi phí của các thiết bị này ngày càng có xu thế giảm, do đó ngày nay có rất nhiều tổ chức và người dùng có thể tiếp cận và sử dụng các thiết bị này.

Công nghệ GPS đã được tích hợp vào các thiết bị di động như điện thoại và các thiết bị PDAs cung cấp các dịch vụ định vị, cho phép định hướng và phân tích địa lý thông qua các thiết bị kết nối không dây. Ngoài ra, GPS cũng được tích hợp vào các thiết bị quét địa hình bằng laser để nâng cao hiệu quả trong việc thu thập các thông tin chi tiết liên quan đến dữ liệu không gian.

1.2.9.2. GIS kết hợp với viễn thám

GIS kết hợp với viễn thám sẽ cải thiện rất nhiều về số lượng cũng như chất lượng ảnh trong quá trình thu thập dữ liệu không gian. Nhờ sự kết hợp này chúng ta có thể phán đoán được các hiện tượng sẽ xảy ra cũng có thể xác định vị trí của các đối tượng đã được đo đạc từ trước nhưng với độ chính xác được cải thiện đáng kể.

1.2.9.3. Công nghệ WebGIS

Internet ngày càng đóng vai trò quan trọng đối với GIS, đặc biệt là trong việc mở rộng số lượng và bề mặt dữ liệu không gian và cải thiện việc cập nhật và phân phối thông tin không gian. Các bản đồ đang ngày càng phổ biến trên các trang Web trên thế giới. Bản đồ thể hiện trên internet cung cấp các chức năng bản đồ thông thường, chẳng hạn như các hỗ trợ về phương hướng để biểu hiện trạng thái không gian hay cung cấp hình ảnh ảo của các vị trí không gian.

Các ứng dụng bản đồ internet cho phép người sử dụng tạo ra các bản đồ trên các trang web. Những người sử dụng riêng lẻ được trang bị các nút điều khiển các lớp dữ liệu hiển thị, phạm vi của vùng trên bản đồ và các biểu tượng được sử dụng để biểu hiện đối tượng bản đồ. Các đối tượng bản đồ internet phải được thiết kế đặc biệt phù hợp khi một số lượng người sử dụng cần truy cập một số lớp dữ liệu giới hạn để biên soạn bản đồ. Người sử dụng internet có thể lựa chọn chủ đề, các biến số và các biểu tượng khác với bản đồ tĩnh mặc định như trong phạm vi các định nghĩa về đặc tính của bàn đồ mà người vẽ bản đồ của trang web tạo ra.

Đa số các ứng dụng bản đồ Internet được xây dựng cho đối tượng sử dụng với ít hiểu biết về dữ liệu, bản đồ cũng như phân tích không gian. Chính việc đơn giản hóa này hạn chế số lượng các phép toán, công cụ không gian có thể cho phép sử dụng. Nhờ có Internet, các dữ liệu GIS cung cấp có thể truy cập được ở mọi nơi, mọi lúc.

1.2.9.4. GIS mở

a. Các chuẩn mở cho GIS

Các chuẩn mở thường có tác dụng làm giảm bớt các trở ngại trong việc chia sẻ dữ liệu và thông tin. Dữ liệu không gian có cấu trúc phức tạp. Nó có thể phức tạp hơn rất nhiều so với các loại dữ liệu khác. Dữ liệu có thể là raster hay vector, kiểu thực hay kiểu nhị phân và được mô tả bằng các đối tượng điểm, đường hay vùng. Ngoài ra, các phần mềm khác nhau có thể lựa chọn cách thức để ghi các ảnh raster bằng các định dạng khác nhau và dữ liệu có thể được phân phát sử dụng các phương tiện vật lý khác nhau hay được định dạng theo các cách khác nhau. Nếu một người cập nhật nhập một

tệp ảnh theo một định dạng nào đó, nhưng máy tính của họ không hỗ trợ các phương tiện để làm việc với định dạng dữ liệu được nhập hoặc thậm chí không hiểu cấu trúc tệp, thì người đó sẽ không thể sử dụng dữ liệu như mong muốn. Việc các hệ thống không tương thích với nhau được mô tả như là không có khả năng trao đổi dữ liệu. Các chuẩn mở nhắm đến mục đích xóa bỏ rào cản trao đổi dữ liệu này.

Các chuẩn mở có mục đích cung cấp một khung dữ liệu chung trong việc mô tả, xử lý và chia sẻ dữ liệu. Chúng cũng nhắm đến việc cung cấp các phương pháp và công cụ cho người cung cấp và người sử dụng có thể cập nhật, lưu trữ, trao đổi và sử dụng. Các chuẩn mở trong GIS vẫn còn mới lạ. Tầm quan trọng của việc tuân theo chuẩn GIS mở sẽ được thấy rõ ràng hơn trong tương lai không xa.

b. Nguồn GIS mở

Nguồn phần mềm mở khác với hầu hết các phần mềm khác là chúng được cung cấp miễn phí ở dạng mã nguồn. Có rất nhiều đặc điểm khác nhau về nguồn phần mềm mở trong các định nghĩa chính thức được các tổ chức cung cấp dịch vụ đưa ra. Tuy nhiên, các đặc điểm chính xung quanh khái niệm nguồn phần mềm mở đó là mạng lưới mở với các cộng tác viên, các tài liệu và mã nguồn chia sẻ miễn phí.

Có nhiều nguồn phần mềm mở khác nhau về chủng loại cũng như cấu hình hệ thống phù hợp, và bao gồm cả GIS. Các nguồn này chủ yếu được cung cấp thông qua các hệ thống mạng internet hay các mạng nội bộ. Có nhiều tổ chức sử dụng nguồn GIS mở vì các sản phẩm thương mại có thể không hỗ trợ các chức năng hay các khả năng cần thiết. Tuy nhiên, các phát triển của nguồn GIS mở có thể tạo nên nhiều thuận lợi cho việc có được các nguồn tài nguyên hiệu quả nhưng chi phí thấp hơn nhiều so với việc đầu tư mua các sản phẩm thương mại.

GIS có nhiều rất nhiều ưu điểm và đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Tuy nhiên, để ứng dụng GIS quản lý hiệu quả HTCCNS, các CTCCNS cần phải quan tâm đến một số vấn đề, các vấn đề này sẽ được trình bày chi tiết ở phần dưới đây.

1.3. Những vấn đề cho các CTCCNS khi xây dựng GIS

Các CTCCNS muốn xây dựng và triển khai GIS đạt hiệu quả, cần quan tâm tới các vấn đề dưới đây.

1.3.1. Công tác chuẩn bị

Việc xây dựng GIS phải bắt đầu từ nhu cầu của các CTCCNS và những vấn đề đặt ra cho GIS cần giải quyết. Từ đó xác định được các loại thông tin cần thiết cũng như những thuộc tính ở tỷ lệ nào, độ chính xác đến đâu và thuộc tính có kiểu dữ liệu

gì. Sau đó cần xem xét các thông tin dạng GIS này sẽ được khai thác từ nguồn nào, ví dụ từ CSDL quốc gia, CSDL chuyên ngành hay từ các tổ chức liên quan, công ty thành viên. Nếu chưa có thì phải tự xây dựng từ đầu, khi đó cần nhiều công sức vì ngoài việc phải thu thập các dữ liệu cần thiết còn phải tiến hành chuyển đổi định dạng dữ liệu và chuẩn hóa chúng. Khi định dạng các thông tin xong mới thiết kế phần cứng và phần mềm phù hợp. *Mức độ thành công của hệ thống GIS phụ thuộc rất nhiều vào sự đầy đủ và chính xác của dữ liệu.* Chính vì vậy dữ liệu trong GIS được cho là yếu tố quan trọng bậc nhất cần được quan tâm ngay từ bước đầu tiên khi tiến hành xây dựng GIS.

1.3.2. Vấn đề trong triển khai và phát triển GIS

Hiện nay, phần lớn các hệ GIS đã được xây dựng trong nước đều là những hệ vận hành trên máy đơn hoặc trong mạng nội bộ. Số người tham gia khai thác, vận hành và duy trì chúng rất ít. Nhiều hệ GIS sau khi xây dựng xong hầu như không được cập nhật dữ liệu. Vì vậy, sau một thời gian chúng còn rất ít giá trị. Chính vì vậy, khi triển khai và phát triển, để duy trì sự hoạt động hệ thống GIS cần quan tâm đến các hợp phần sau:

- Nhân sự và đào tạo nhân sự*: Để có đội ngũ nhân sự đủ trình độ vận hành và phát tiển được hệ thống GIS của tổ chức. Việc lập kế hoạch tập huấn gồm nhiều giai đoạn và trình độ khác nhau cần được soạn thảo và thực hiện chu đáo. Kế hoạch này bao gồm cả các dạng huấn luyện trong công việc để có thể chuyển giao được công nghệ nhanh chóng và hiệu quả.*
- Bảo dưỡng thiết bị và hỗ trợ hoạt động GIS*: Cần phải lên kế hoạch bảo dưỡng, thay thế định kỳ cho các thiết bị do các chuyên gia có kinh nghiệm thực hiện.*
- Dữ liệu*: Được xem là một hợp phần thiết yếu nhất và được xem là nguồn "nhiên liệu" của hệ thống. Do đó, tổ chức thu thập dữ liệu hiện có và bổ sung thêm dữ liệu thường xuyên là yếu tố quan trọng đảm bảo hoạt động hiệu quả của GIS.*
- Tài chính*: Đây là yếu tố mấu chốt của việc xây dựng và duy trì hệ thống GIS. Tài chính không những cần thiết cho việc đầu tư ban đầu mà còn cần để phát triển mở rộng hệ thống. Tuy nhiên, kinh phí cũng có thể thu lại từ các hoạt động có hiệu quả từ hệ thống. Bên cạnh đó, cần tính đến các lợi ích không thể tính được bằng tiền do ứng dụng GIS đem lại.*

1.3.3. Vấn đề chi phí của xây dựng GIS

Chi phí đầu tư một GIS cần phải quan tâm tới các khoản mục sau:

Chi phí cho việc lắp đặt trang thiết bị và phần mềm. Trong đó chi phí cho cài đặt phần mềm GIS có thể gấp 10 lần chi phí mua sắm thiết bị. Chi phí để chuẩn bị và hoàn

thiện các dữ liệu cần thiết nhằm đáp ứng với tiêu chuẩn của hệ thống GIS. Tỷ lệ đầu tư cho số liệu và các thành phần liên quan như dưới đây:

Thiết bị GIS	Phần mềm GIS	Dữ liệu
1 lần	10 lần	100 lần

Ngoài ra, hiện nay với nhu cầu sử dụng GIS ngày càng tăng kéo theo việc các thiết bị phần cứng, phần mềm cũng đổi mới nhanh chóng. Nguồn chi phí lớn để tái đầu tư, mở rộng và hiện đại hóa sẽ là một đòi hỏi với bất kì hệ thống GIS nào trong giai đoạn từ 3 đến 5 năm.

1.3.4. Các công nghệ hỗ trợ GIS

Trong các công nghệ nền GIS thương mại hiện nay, đáng chú ý nhất là công nghệ của Viện nghiên cứu Môi trường ESRI của Mỹ và công nghệ của hãng MapInfo là những công nghệ cung cấp các giải pháp tương đối đồng bộ cho việc xây dựng một hệ thống GIS. Bên cạnh hai công nghệ trên là công nghệ mã nguồn mở OpenGIS.

- *Về góc độ giải pháp kỹ thuật công nghệ, **công nghệ nền của ESRI** đáp ứng khá đầy đủ các nhu cầu hiện nay. Điểm mạnh nhất của công nghệ GIS của ESRI là quản trị CSDL không gian đa người dùng trên mạng WAN, hỗ trợ giao dịch, truyền tải dữ liệu không gian trên mạng cho phần mềm khách. Công nghệ GIS của ESRI ban đầu được phát triển cho môi trường UNIX, sau đó mới chuyển sang môi trường Windows trên các máy tính các nhân. Do vậy, các giải pháp quản trị CSDL không gian đa người dùng, giải pháp mạng của ESRI được phát triển hoàn chỉnh và đồng bộ. Nhược điểm của loại công nghệ này là giá chuyển giao khá cao so với điều kiện hiện nay ở nước ta.*
- ***Công nghệ mã nguồn mở OpenGIS** rất hấp dẫn đối với các nhà phát triển. Ứng dụng mã nguồn mở sẽ là điều kiện thuận lợi cho sự sáng tạo của các nhà phát triển phần mềm, không mất phí chuyển giao. Tuy nhiên, nó đòi hỏi nhiều thời gian và tâm huyết. Thời gian đầu, để xây dựng các hệ GIS trong một thời hạn gấp rút, công nghệ mã nguồn mở không phù hợp. Nhưng trong tương lai, đây là một hướng phát triển có nhiều triển vọng.*

Với khả năng hiện nay của hầu hết các CTCCNS, sử dụng công nghệ nền GIS của ESRI để triển khai là phù hợp. Chính vì vậy khi trình bày kết quả nghiên cứu ở các chương sau, tác giả sẽ trình bày theo hướng sử dụng công nghệ nền GIS của ESRI.

1.4. Triển khai một bài toán ứng dụng GIS

Ứng dụng GIS thành công và hiệu quả là một quá trình. Một GIS thường bao gồm nhiều ứng dụng, mỗi ứng dụng nhằm giải quyết một nhiệm vụ hay một bài toán đặt ra của quản lý. Trong đó có những ứng dụng là đơn giản. Tuy nhiên, có nhiều ứng dụng đòi hỏi phải xây dựng bộ công cụ để tự động hóa mức cao giải quyết bài toán đặt ra. Trong trường hợp này, cần có một quy trình có tính phương pháp luận dành riêng cho nó. Dưới đây là một quy trình như vậy trên cơ sở của phương pháp mô hình hóa.

Để giải mỗi bài toán đặt ra, cần qua các bước:

- Xác định mục tiêu bài toán (góp phần giải quyết một vấn đề).
- Xác định phạm vi liên quan (không gian và các đối tượng, các yêu tố liên quan),
- Mô hình hóa bài toán (xác định các đại lượng tham gia-các biến, các ràng buộc của bài toán, cách tính hiệu quả-mục tiêu, và biểu diễn các ràng buôc và hàm mục tiêu).
- Tìm cách giải mô hình (quy trình thuật giải giải bài toán).
- Xác định các dữ liệu cần cho mô hình được mô tả ở trên (tất cả dữ liệu không gian và phi không gian). Tổ chức thu thập, định dạng và lưu trữ chúng (các nguồn dữ liệu, các định dạng dữ liệu, các chuẩn tuân thủ, các công cụ sử dụng để thu thập, chuẩn hóa và lưu trữ).
- Chọn ngôn ngữ và lập chương trình xử lý (theo thuật giải) và cập nhật dữ liệu bổ sung vào CSDL.
- Tiến hành thử nghiệm và hoàn thiện chương trình. Biểu diễn kết quả đưa ra của bài toán theo yêu cầu sử dụng.
- Viết tài liệu hướng dẫn sử dụng công cụ được xây dựng *(quy trình giải bài toán)* để giải bài toán đặt ra.

1.5. Kết luận chương

Chương 1 trình bày các khái niệm và phương pháp luận liên quan đến hệ thống cung cấp nước và công nghệ GIS, thực trạng hoạt động quản lý của các CTCCNS Việt Nam. Từ đó đã nêu ra *bốn vấn đề cấp bách* của quản lý HTCCNS cần phải giải quyết để đạt được các mục tiêu đề ra khi lựa chọn GIS làm giải pháp công nghệ then chốt. Theo phương châm "**Phòng bệnh hơn chữa bệnh**", các giải pháp đề xuất nhằm hướng đến giải quyết một cách triệt để và toàn diện các vấn đề là nguồn cội của những sự bất cập trong HTCCNS. Đó là các bài toán:

- *Quản lý tài sản hệ thống mạng cung cấp nước dưới tác động ảnh hưởng của môi trường và các ràng buộc liên quan.*
- *Thiết kế thay thế và mở rộng mạng cung cấp nước.*
- *Phát hiện và khắc phục điểm rò rỉ trên HTCCNS theo thời gian thực.*
- *Dự báo ô nhiễm nguồn cấp nước và phát hiện sớm vùng gây ô nhiễm trong HTCCN*

Những yếu tố quan trọng tạo nên sự thành công của một GIS là xác định được GIS giải quyết những bài toán gì, cần những dữ liệu gì và tổ chức lưu trữ chúng ra sao. Trên thực tế, người ta không tiến hành thu thập và tổ chức dữ liệu cho từng bài toán riêng rẽ của GIS, mà tập hợp chúng lại và giải quyết cùng một lúc. Đó chính là bài toán số 5 cần thực hiện: Phát triển CSDL GIS phục vụ quản lý tổng hợp HTCCNS. Theo các định nghĩa về GIS cũng như trong phần tổng quan đã trình bày, bài toán này cần phải thực hiện trước tiên làm cơ sở để giải quyết các bài toán đã nêu.

CHƯƠNG 2 - THỰC TRẠNG QUẢN LÝ KỸ THUẬT VÀ ỨNG DỤNG GIS TẠI CÁC CÔNG TY CUNG CẤP NƯỚC SẠCH VIỆT NAM

Chương này đi sâu nghiên cứu về các hoạt động quản lý kỹ thuật của HTCCNS Việt Nam. Phần đầu của chương trình bày các khái niệm liên quan đến các hoạt động kỹ thuật trong hệ thống và các quy trình quản lý kỹ thuật cơ bản. Phần tiếp theo, phân tích các dữ liệu lịch sử về quản lý kỹ thuật của các CTCCNS qua các năm để làm rõ sự thay đổi, những bất cập trong các hoạt động kỹ thuật hiện nay. Từ đó, khẳng định lại một lần nữa phải hoàn thiện các nghiệp vụ này bằng cách ứng dụng công nghệ mới - công nghệ GIS. Ngoài ra, thông qua kết quả điều tra phân tích thực trạng ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS của các công ty nước cấp nước Việt Nam. Cuối cùng đưa ra một số khuyến nghị về các nội dung cụ thể cần ứng dụng GIS vào quản lý và các vấn đề gây hạn chế quá trình triển khai GIS ở các CTCCNS Việt Nam.

2.1. Một số khái niệm về hoạt động kỹ thuật của các CTCCNS

2.1.1. Bảo trì, bảo dưỡng và sửa chữa

a. Khái niệm bảo trì, bảo dưỡng

- Bảo trì, bảo dưỡng *là một chuỗi các công việc nhằm duy trì và phục hồi hoạt động của máy móc thiết bị đang được sử dụng đạt một tình trạng xác định.*
- Bảo trì, bảo dưỡng *là quá trình duy tu, kiểm tra xem máy móc, thiết bị đang trong tình trạng như thế nào. Sau đó sẽ xử lý để đưa chúng về trạng thái hoạt động bình thường một cách hiệu quả trong một thời hạn nhất định. Nhờ đó các máy móc, thiết bị sẽ hoạt động ổn định và an toànvà cho năng suất cao nhất. Đồng thời tránh tối đa tình trạng sự cố, hỏng hóc trong quá trình vận hành gây thiệt hại đáng tiếc.*
- Bảo trì *được hiểu là các hoạt động phát hiện hư hỏng, kiểm tra và sữa chữa.*
- Bảo dưỡng *có nghĩa rộng hơn bảo trì, nó tích hợp thêm các khái niệm về giám sát, kiểm tra, xem xét, thay mới, hiệu chỉnh, ngăn ngừa và cải tiến.*

b. Lập kế hoạch bảo dưỡng

- *Lập kế hoạch bảo dưỡng là xác định được chu kỳ bảo dưỡng của mỗi loại đường ống, mỗi loại thiết bị lắp đặt trên mạng lưới cấp nước. Nó bao gồm cả việc lập kế hoạch chuẩn bị vật tư, nhân công, các công tác bảo đảm kèm theo và chi phí thực hiện.*

– *Trong kế hoạch bảo dưỡng phải có hệ thống báo cáo theo dõi cập nhật theo thời gian, thực trạng của đường ống và thiết bị. Các kế hoạch bảo dưỡng mạng lưới thường được lập chi tiết theo kế hoạch năm.*

c. Sửa chữa mạng lưới

Sửa chữa mạng lưới bao gồm cả việc sửa chữa đột xuất và sửa chữa có kế hoạch theo định kỳ, bao gồm sửa chữa nhỏ và sửa chữa lớn.

– Sửa chữa nhỏ*: Là một dạng sửa chữa theo kế hoạch, theo những bản kê khai công việc được xác lập khi kiểm tra mạng lưới theo chu kỳ. Trong đó chỉ thay thế hoặc phục hồi một số chi tiết bị hỏng và điều chỉnh từng bộ phận để đảm bảo cho thiết bị làm việc bình thường đến kỳ sửa chữa tiếp theo kế hoạch đã định trước.*

– Sửa chữa lớn*: Là một dạng sửa chữa phải tháo rời toàn bộ các chi tiết của các bộ phận đường ống và thiết bị, máy móc để kiểm tra, sửa chữa, thay thế phục hồi chúng nếu cần, nhằm đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật đã quy định cho từng loại máy móc, thiết bị đó, bao gồm: từng đoạn ống và phụ tùng thiết bị, súc xả và bảo vệ đường ống không bị ăn mòn.*

2.1.2. Quy trình quản lý và vận hành

a. Quy trình quản lý

Quy trình quản lý là quy trình cần thực hiện để đảm bảo hoạt động của tất cả các khâu trong dây chuyền được vận hành đồng bộ, thông suốt, khoa học, đảm bảo cân đối mọi nguồn lực cho sản xuất kinh doanh ổn định và phát triển.

b. Quy trình vận hành (trong điều kiện bình thường)

Quy trình vận hành là các bước làm cho hệ thống cấp nước hoạt động theo trình tự trong điều kiện tất cả các thiết bị, tất cả các khâu đều làm việc bình thường, đúng chức năng, nhiệm vụ. Đây là công việc thực hiện thường xuyên, có tính lặp đi lặp lại trong thời gian dài.

2.1.3. Các rủi ro và nguy hại

a. Rủi ro

Rủi ro hay sự cố là những hư hỏng hoặc ngừng hoạt động không bình thường (ngẫu nhiên) của các thiết bị, công trình, các thành phần thuộc HTCCNS, thường xảy ra ngoài ý muốn chủ quan của con người, có thể dẫn đến làm ngừng một phần hoặc toàn bộ hoạt động của HTCCNS gây thiệt hại cho người dùng hay tổ chức.

b. Mối nguy hại

Mối nguy hại là những nguy cơ trực tiếp hoặc gián tiếp, hiện hữu hoặc tiềm ẩn, đe dọa đến an toàn của HTCCNS và hoạt động cấp nước. Các mối nguy hại có thể xuất hiện tại bất kỳ công đoạn nào trong quá trình khai thác, sản xuất và cung cấp nước từ nguồn nước đến công trình xử lý và hệ thống truyền tải - phân phối nước. Các mối nguy hại được phân nhóm như sau:

- ***P*** *(physical : Vật lý.*
- ***B*** *(biological) : Vi sinh.*
- ***C*** *(chemical : Hóa học.*

b. Đánh giá rủi ro

Đánh giá rủi ro là việc đánh giá mức độ nguy hiểm và tác hại của các nguy cơ dựa trên các tiêu chí đánh giá xác định (theo mức độ tác động và tần suất xảy ra rủi ro).

Việc đánh giá rủi ro của các mối nguy hại là nhằm xác định mức độ nguy hiểm của các nguy cơ tác động lên hệ thống cấp nước. Từ đó xác định thứ tự ưu tiên của các mối nguy hại theo mức độ rủi ro và tác hại (từ cao xuống thấp) và từ đó lập kế hoạch đề phòng ngừa, hạn chế tác hại hay tổ chức khắc phục khi chúng xẩy ra trong HTCCNS.

c. Biện pháp kiểm soát rủi ro

Biện pháp kiểm soát rủi ro là cách thức, phương thức tiến hành nhằm phòng ngừa, ngăn chặn mối nguy hại, các sự cố và xử lý, giải quyết chúng trong quá trình sản xuất và cung cấp nước.

e. Quy trình xử lý sự cố

Quy trình xử lý sự cố là quy trình xử lý áp dụng khi một sự cố nào đó xảy ra trong HTCCNS (từ nguồn nước, hệ thống xử lý nước, mạng lưới cấp nước cho đến đồng hồ khách hàng), trong đó chỉ rõ cách thức xác định sự cố, giải quyết, ứng phó trong trường hợp xảy ra sự cố; cách khắc phục để đưa hệ thống trở lại vận hành bình thường nhanh nhất và phí tổn ít nhất có thể.

2.2. Các qui trình quản lý kỹ thuật trong HTCCNS

Để hoàn thành được nhiệm vụ và trách nhiệm hàng ngày, mọi hoạt động của các HTCCNS phải tuân thủ một cách chặt chẽ các qui trình đã định trước.

2.2.1. Quản lý mạng lưới truyền dẫn

Mạng lưới truyền dẫn còn gọi là mạng cấp I, có chức năng dẫn nước từ các nhà máy sản xuất nước đến mạng lưới phân phối và điều hòa áp lực nước giữa các khu vực trong HTCCNS. Qui trình quản lý kỹ thuật được trình bày chi tiết trong (Phụ lục 4).

Mạng lưới truyền dẫn sau một thời gian sử dụng sẽ bị lắng cặn, các van ngăn, van xả kiệt, van xả khí có thể bị hỏng làm giảm hiệu quả truyền tải nước trên mạng. Để đảm bảo hoạt động tốt, hiện nay các CTCCNS bảo dưỡng theo sơ đồ Hình 2.1.

Hình 2.1. Ví dụ sơ đồ tổ chức bảo dưỡng trên mạng truyền dẫn [28]

– *Yêu cầu: Sau khi mạng lưới truyền dẫn được bảo dưỡng xong phải đạt được mục tiêu là các van trên hoạt động tốt. Trong lòng ống sạch sẽ không có cặn bẩn.*

2.2.2. Quản lý mạng lưới phân phối

Mạng lưới phân phối là mạng cấp II. Nước được cấp từ mạng lưới truyền dẫn xuống mạng lưới phân phối. Các tuyến phân phối được bố trí đảm bảo cấp nước đến được tất cả các khu vực có nhu cầu dùng nước. Cũng như mạng cấp I, mạng cấp II được quản lý đầy đủ và chặt chẽ chi tiết ở (Phụ lục 4). Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới cấp II ở Hình 2.2.

Hình 2.2. Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới phân phối [28]

2.2.3. Quản lý mạng lưới đường ống dịch vụ

Mạng lưới dịch vụ làm nhiệm vụ tiếp gọi là mạng cấp III. Nó nhận nước từ mạng lưới phân phối, cấp cho các khách hàng sử dụng nước thông qua đoạn ống cấp nước vào nhà và qua cụm đồng hồ đo cấp cho khách hàng. Quy trình quản lý mạng đường ống dịch vụ (Phụ lục 4) mô tả tóm tắt Hình 2.3.

Hình 2.3. Qui trình thực hiện quản lý mạng lưới dịch vụ[28]

Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới dịch vụ Hình 2.4

Hình 2.4. Sơ đồ tổ chức bảo dưỡng mạng lưới dịch vụ [28]

2.2.4. Quy trình xác định và xử lý ô nhiễm trên mạng lưới cấp nước

Đối với mỗi loại ống đều có một độ nhám nhất định trong lòng ống, do đó sau một thời gian sử dụng trong tuyến ống sẽ bị bám cặn. Trong khi đó hàm lượng Clo cho vào nước để diệt khuẩn tại các nhà máy nhiều khi không đủ để diệt khuẩn đối với các tuyến ống cũ có hàm lượng cặn lớn. Vì vậy cần theo dõi thường xuyên để xử lý (Phụ lục 4). Sơ đồ tiếp nhận thông tin xử lý ô nhiễm mạng lưới cấp nước Hình 2.5.

Hình 2.5. Sơ đồ qui trình tiếp nhận thông tin để xử lý ô nhiễm [28]

– *Khi phát hiện ô nhiễm do rò rỉ thì xử lý theo qui trình Hình 2.6.*

Hình 2.6. Sơ đồ qui trình xử lý ô nhiễm do rò rỉ [28]

2.3. Thực trạng quản lý kỹ thuật và những vấn đề của các CTCCNS

2.3.1. Rủi ro trong hoạt động kỹ thuật

Mức độ thành công trong các hoạt động kỹ thuật của các công ty cấp nước được đo bằng giá trị thu được do khắc phục các rủi ro. Phương pháp xác định rủi ro hiện nay được các công ty cấp nước áp dụng sẽ được giới thiệu sau đây.

2.3.2. Phương pháp xác định rủi ro

Để xác định được mức độ rủi ro trong các hoạt động kỹ thuật, các công ty CCNNS sử dụng phương pháp ma trận bán định lượng của Deere năm 2006 [46]. Đây là một phương pháp được Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) giới thiệu trong tài liệu Hướng dẫn thực hiện Kế hoạch cấp nước an toàn trên thế giới. Phương pháp được thực hiện theo quy trình sau:

– Bước 1: Xác định các mối nguy hại

Các mối nguy hại được xác định dựa vào các dữ liệu ghi chép thực tế về các sự cố của HTCCNS do đơn vị quản lý vận hành đã ghi lại.

– Bước 2: Xác định mức độ rủi ro cho các mối nguy hại

Tần suất các mối nguy hại xảy ra xác định theo thống kê. Các sự cố được tổng hợp trong quá trình quản lý vận hành hệ thống của mỗi công ty trong khoảng từ 5 – 10 năm gần nhất. **Mức độ nghiêm trọng** của mối nguy hại được xác định theo các tiêu chí: Thời gian khắc phục, chi phí khắc phục, ảnh hưởng đến sức khỏe con người, tác động đến hệ sinh thái, môi trường.

Rủi ro = (Tần suất xảy ra) x (Mức độ nghiêm trọng)

– Bước 3: Lập bảng tổng hợp các nguy cơ và mức độ nguy hại

Sau bước 3, căn cứ vào *Ma trận phân tích rủi ro* (Bảng 2.1), các CTCCNS xác định các nguy hại cần kiểm soát và xây dựng phương án kiểm soát.

Thang điểm đánh giá rủi ro được chia thành các mức sau:

– Từ 0 đến 5 điểm: *Mức độ rủi ro thấp, chấp nhận rủi ro.*

– Từ 6 đến 15 điểm: *Mức độ rủi ro trung bình và cao. Phải có biện pháp giảm thiểu rủi ro, phòng tránh và ứng phó kịp thời.*

– Từ 16 đến 25 điểm: *Không chấp nhận rủi ro. Tránh được là tốt nhất*

Bảng 2.1. Ma trận phân tích rủi ro

		Mức độ nghiêm trọng và hậu quả				
	Ma trận hệ số rủi ro	**Không quan trọng**	**Nhỏ**	**Trung bình**	**Lớn**	**Thảm họa tàn khốc**
		Không có tác động	Tác động nhỏ	Tác động về mặt mỹ học	Tác động thường xuyên	Tác động đến sức khỏe cộng đồng
		Loại 1	Loại 2	Loại 3	Loại 4	Loại 5
Mức độ thường xuyên sảy ra	**Rất chắc chắn** Một ngày 1 lần Loại 5	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**
	Có khả năng Một tuần 1 lần Loại 4	**4**	**8**	**12**	**16**	**20**
	Trung bình 1 tháng 1 lần Loại 3	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
	Khả năng thấp 1 năm 1 lần Loại 2	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
	Hiếm có 5 năm 1 lần Loại 1	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**

(nguồn: Tổ chức Y tế Thế giới (WHO)

Sau khi chấm điểm, các rủi ro có số điểm từ 6 trở lên được xác định là mối nguy hại cần phải được kiểm soát.

2.3.3. Phân tích đánh giá rủi ro trong HTCCNS ở Việt Nam

Để thực hiện chương trình cấp nước an toàn, hằng ngày các CTCCNS phải ghi nhật kí các hoạt động về sản xuất kinh doanh và hoạt động kỹ thuật của mình. Trong nhật ký có nhiều thông tin, nhưng có 2 thông tin được đặc biệt quan tâm. Chúng là cơ sở xác định các rủi ro trong HTCCNS Việt Nam, đó là thông tin về ***nguy cơ, nguy hại*** xảy ra khi hệ thống đang hoạt động và ***số lần xảy ra của từng nguy cơ, nguy hại*** đó trong ngày. Việc tiến hành tổng hợp từ các thông tin này, và kết hợp các thông tin trong bảng 2.1 sẽ xác định được mức độ nghiêm trọng của từng nguy cơ. Đó là cơ sở để tính toán mức độ rủi ro của từng nguy cơ, nguy hại trong hệ thống. Vì thời gian và điều kiện không cho phép, việc xác định mức độ rủi ro của các nguy cơ trong HTCCNS Việt Nam được tiến hành chỉ dựa trên các dữ liệu thứ cấp thu thập đến năm 2014 của ba mẫu điển hình**:** C*ông ty TNHH MTV nước sạch Hà Nội, tổng công ty cấp nước Sài Gòn, công ty cấp nước Hải Phòng*. Về cơ bản, ba mẫu trên là ba mẫu điển hình cung cấp hơn 1/3 tổng số lượng nước vào mạng trong cả nước và thực hiện đầy đủ hoạt động quản lý kỹ thuật hơn so với tất các công ty cấp nước còn lại.

Kết quả nhận được: *Tổng số có 123 nguy cơ tương đương với 1335 mối nguy hại trong hệ thống [27,28,29]*. Các nguy cơ xảy ra ở tất cả các hoạt động và ở các cấp độ cao thấp khác nhau, thuộc các loại nguy hại khác nhau. Theo Deere, các cấp độ nguy hại từ 0-5 có mức độ rủi ro thấp, có thể chấp nhận rủi ro, nên tạm thời chưa cần quan tâm. Các cấp độ nguy hại từ 6-11, theo kết quả điều tra (phỏng vấn) các công ty đã xác nhận đã có các giải pháp tốt nên có thể tạm thời chưa quan tâm nghiên cứu giải pháp. Chỉ các rủi ro có cấp độ nguy hại từ 12 trở lên (xem Phụ lục 5) mà các công ty chưa có giải pháp hiệu quả nên cần phải nghiên cứu để đề xuất giải pháp thích hợp.

Tổng số có *37 nguy hại có cấp độ từ 12 trở lên*, các nguy hại này không chỉ xuất hiện vào năm 2014 mà chúng đã tồn tại trong hệ thống từ nhiều năm nay. Tuy mức độ của các nguy hại có sự thay đổi chút ít, nhưng vẫn nằm trong mức nguy cơ rất cao, không được phép để xảy ra trong hệ thống. Để xây dựng được giải pháp phòng ngừa và giảm mức độ nguy cơ xảy ra đối với các nguy hại trên, tác giả sẽ tìm hiểu và phân tích các giải pháp mà các công ty đang sử dụng. Trong phạm vi của luận án chỉ quan tâm những gì liên quan trực tiếp đến mạng ống nước, còn những sự cố liên quan đến dịch vụ do ngành khác cung cấp, ví dụ như cấp điện, sẽ bỏ qua.

2.3.4. Các biện pháp kiểm soát và phòng ngừa rủi ro

Để thực hiện chương trình *cấp nước an toàn*, các CTCCNS phải xây dựng các biện pháp kiểm soát và phòng ngừa ứng với mỗi nội dung nguy hại [3]. Các biện pháp

kiểm soát và phòng ngừa, ứng phó với các nguy hại không được chấp nhận xảy ra trong hệ thống (từ 16 đến 25) của các công ty cấp nước hiện nay được chi tiết trong Phụ lục 6 (theo bảng 2.1). Có thể thấy, nội dung các nguy hại có cấp độ từ 16 đến 25 xoay quanh hai chủ đề chính là:

- Chất lượng mạng lưới cấp nước*: Suy thoái giếng, vỡ ống, rò rỉ tại các điểm nối ống với các phụ kiện, hành lang an toàn của tuyến nước bị lấn chiếm, sự cố về hệ thống điện.*
- Chất lượng nước*: Suy giảm chất lượng nước, hàm lượng amoni cao, vi khuẩn Fe, nhiễm mặn, ô nhiễm bất ngờ do nước thải, suy giảm chất lượng nước, hàm lượng clo dư, v.v...*

Với các thông tin trên, có thể thấy:

- *Các nguy hại liên quan đến chất lượng nước tuy có số lượng lớn các nguyên nhân và nguyên nhân có cấp độ cao hơn so với các nguy hại thuộc về chất lượng mạng lưới, nhưng thực tế hầu hết các vấn đề liên quan đến chất lượng nước lại là hậu quả của các vấn đề xuất phát từ chất lượng mạng lưới cấp nước.*
- *Các biện pháp đang được sử dụng kiểm soát và phòng ngừa các nguy hại có cấp độ cao (Phụ lục 6) còn rất đơn giản, chung chung và thủ công.*

Vì vậy, cần phải tập trung đề xuất giải pháp để giải quyết một cách triệt để và toàn diện những nguyên nhân có tính cơ bản cho các vấn đề quản lý kỹ thuật. Từ các kết quả điều tra, thêm một lần nữa khẳng định các vấn đề cấp bách cần giải quyết trong HTCCNS Việt Nam là các bài toán đã đưa ra ở chương 1. Như đã đề xuất ở phần trên, GIS được sử dụng như một công cụ mới để thực hiện các giải pháp này. Để có cơ sở triển khai công nghệ GIS, sau đây là những điều ra về ứng dụng GIS trong quản lý HTCCNS của các CTCCNS Việt Nam.

2.4. Ứng dụng GIS trong hoạt động nghiệp vụ của các CTCCNS

Để có được thực trạng ứng dụng GIS trong CTCCNS, tác giả đã tiến hành các cuộc điều tra, phỏng vấn và khảo sát thực tế. Sau đây là mô tả mẫu và kết quả điều tra khảo sát này.

2.4.1. Đối tượng và phương pháp điều tra

Phỏng vấn kết hợp gửi phiếu điều tra được tiến hành đến 68 công ty cung cấp nước sạch ở Việt Nam. Kết quả nhận được 59/68 phản hồi. Do yêu cầu về bảo mật

thông tin của một số công ty, dưới đây không nêu ra các thông tin cụ thể về những người được phỏng vấn hoặc đại diện trả lời phiếu điều tra.

Các cuộc phỏng vấn được thực hiện theo trình tự sau:

- ***Bước 1****: Gọi điện giới thiệu bản thân, mục đích và đề xuất phỏng vấn.*
- ***Bước 2****: Gửi nội dung phỏng vấn, điều tra qua địa chỉ mail và công cụ phiếu điều tra online.*
- ***Bước 3****: Thực hiện phỏng vấn, ghi âm và ghi chép nội dung phỏng vấn và xác nhận lại kết quả trên phiếu điều tra.*
- ***Bước 4****: Thống kê kết quả điều tra và gỡ băng phỏng vấn.*
- ***Bước 5****: Phân loại kết quả phỏng vấn theo các vấn đề đã xây dựng .*

Các đối tượng được phỏng vấn được chia thành 4 nhóm sau:

- ***46*** *người là cán bộ phòng kỹ thuật.*
- ***5*** *người là cán bộ trung tâm CNTT.*
- ***6*** *người là cán bộ phòng kế hoạch – dự án*
- ***4*** *người là Phó giám đốc phụ trách kỹ thuật hoặc giám đốc xí nghiệp thiết kế.*

(Chi tiết qui trình điều tra/ phỏng vấn xem Phụ lục 9).

Hình 2.7. Biểu đồ hiện trạng ứng dụng GIS của CTCCNS năm 2015

2.4.2. Các kết quả điều tra

Theo kết quả điều tra trong 59/68 công ty cấp nước Việt Nam, có *47 công ty chưa ứng dụng GIS (chiếm 71%), 11 công ty đã ứng dụng GIS (chiếm 16%)* và 9 công ty từ chối trả lời. Trong số 47 công ty, các công ty chưa ứng dụng GIS có các lý do khác nhau được cho ở bảng 2.5.

Bảng 2.2. Số lượng các công ty chưa ứng dụng GIS và lý do

Lý do chưa ứng dụng	*Không có khả năng đầu tư (1)*	*Chưa phù hợp với trình độ quản lý (2)*	*Chưa có đội ngũ thích hợp (3)*	*Tất cả lý do (1), (2), (3)*	*Chưa biết GIS (khác)*
Số lượng	22	20	15	14	5

Trong 68 công ty có 71% số công ty chưa ứng dụng GIS và 0,07% công ty chưa biết đến GIS, nhưng có nhu cầu tìm hiểu về GIS. Trong 47 công ty chưa ứng dụng GIS, có 14 công ty đã biết lợi ích của GIS nhưng chưa ứng dụng vì cả ba lý do: C*hưa có khả năng đầu tư, chưa phù hợp với quản lý và chưa có đội ngũ thích hợp*. Số công ty xác nhận không có khả năng đầu tư xây dựng hệ thống GIS nhiều nhất là 22. Rõ ràng, những công ty này đang nhận thức rằng GIS là chưa thiết thực, cần chi phí lớn để xây dựng và vận hành. Số các công ty cho rằng, GIS chưa phù hợp với trình độ quản lý là 20. Qua kết quả cho thấy, còn nhiều công ty chưa hiểu đúng về GIS trong bối cảnh hiện nay, khi mà GIS đã trở lên thân thiện, dễ sử dụng hơn và việc xây dựng GIS không còn đắt như trước kia.

Hình 2.8. Biểu đồ so sánh lý do các công ty chưa ứng dụng GIS

(Nguồn kết quả điều tra tháng 11 năm 2015)

Có 11 công ty đã ứng dụng GIS trong quản lý. Bảng 2.3 và Hình 2.9 cho các thông tin cụ thể về số công ty ứng dụng GIS trong các hoạt động quản lý nghiệp vụ và kỹ thuật.

Bảng 2.3. Số lượng các công ty đã ứng dụng GIS ở từng hoạt động kỹ thuật

		Quản lý tài sản					Quản lý nhu cầu SDN	Quản lý rò rỉ				Quản lý chất lượng nước				Thiết kế mở rộng mạng lưới					Lập kế hoạch bảo trì thiết bị, tài sản	
Tổng số công ty cấp nước	Tổng số công ty ứng dụng GIS	Theo dõi thông tin chi tiết tài sản	Dự tính tuổi thọ theo tác động bên ngoài	Biểu diễn mức độ tuổi thọ thiết bị	Tư vấn lập kế hoạch bảo trì tài sản theo tuổi thọ thiết bị	Lập kế hoạch thay thế tài sản theo đa tiêu chí	QL sử dụng nước theo ô, khối	Quản lý thông tin điểm rò rỉ	Dự đoán mức độ nguy cơ xảy ra các điểm rỏ rỉ	Phát hiện rò rỉ sớm	Tư vấn giải pháp khắc phục rò rỉ	Quản lý các nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước (CLN)	Xác định mức độ gây ô nhiễm đến CLN	Quản lý mẫu xét nghiệm nước theo định kỳ	Tư vấn ngăn chặn nguy cơ ảnh hưởng CLN	Khoanh vùng thiết kế mở rộng mạng lưới	Vạch các tuyến cấp nước có thể	Xác định mức độ vi phạm của chuẩn thiết kế	Loại các tuyến cấp nước vi phạm chuẩn thiết kế	Vạch tuyến cấp nước tối ưu	Lập kế hoạch bảo trì, thay thế tối ưu theo thiết bị trong kho	Lập kế hoạch bảo trì theo đa tiêu chí
68	11	11	2	2	2	2	2	8	2	0	1	1	1	1	1	3	3	1	0	1	1	3

Hình 2.9. Biểu đồ hiện trạng ứng dụng GIS của các CTCCNS

(Nguồn số liệu điều tra tháng 12 năm 2015)

Số công ty ứng dụng GIS quản lý chiếm 16 % và chỉ tập trung ở một số công ty cấp nước có công suất thiết kế lớn hơn 100.000 m3/ngày và phục vụ cho các đô thị lớn đặc biệt.

Theo kết quả phỏng vấn, chỉ có 02 công ty đã ứng dụng GIS ở hầu hết các hoạt động nghiệp vụ. Tuy nhiên, các công ty này cho biết, mới chỉ có kinh nghiêm ứng dụng GIS để thực hiện các nghiệp vụ *Quản lý tài sản* và *Quản lý thông tin điểm rò rỉ*. Các phần còn lại **đang trong trạng thái nghiên cứu và thử nghiệm,** nên các công ty từ chối cung cấp thông tin chi tiết và kết quả đạt được.

2.4.3. Nhận xét về thực trạng ứng dụng GIS

GIS đã được ứng dụng quản kỹ thuật trong một số công ty, và GIS cũng đã được giới thiệu đến nhiều công ty cấp nước khác trong rất nhiều cuộc hội thảo ngành và hội thảo khoa học. Phần sau đây ta sẽ xem xét việc ứng dụng GIS của các CTCCNS từ nhiều mặt khác nhau.

a. Nhận thức về ứng dụng GIS

54 trong số 59 công ty đã biết về GIS và đều khẳng định rằng, nếu ứng dụng GIS vào quản lý thì chắc chắn sẽ giải quyết tốt hơn các vấn đề: *Quản lý tài sản, quản lý nhu cầu dùng nước và quản lý rò rỉ.* Trong số 5 công ty chưa biết GIS là gì, nhưng cũng có mong muốn nhận các tài liệu về ứng dụng GIS giúp nâng cao hiệu quả quản lý hệ thống. Như vậy nhận thức về ứng dụng GIS của các CTCCNS là tiến bộ và tích cực.

b. Vận hành và triển khai GIS

Trong các công ty đã ứng dụng GIS vào quản lý chia làm 02 nhóm:

- *Nhóm 1 gồm các công ty học hỏi kinh nghiệm ở nước ngoài và tự nghiên cứu xây dựng GIS theo khả năng của mình.*
- *Nhóm 2 gồm các công ty thuê một công ty khác để triển khai GIS theo gói phần mềm thương mại hóa đã có. Gói phần mềm này được chỉnh sửa, bổ sung theo yêu cầu đặt ra của công ty.*

Đối với các công ty thuộc nhóm 1, sản phẩm là rất thuần Việt, phù hợp yêu cầu và dễ sử dụng. Hơn nữa, khả năng khắc phục các sự cố hệ thống rất kịp thời, dữ liệu hệ thống được cập nhật theo định kì. Tuy nhiên các sản phẩm này mới chỉ thực hiện được các nghiệp vụ sau:

- Mô đun quản lý thông tin tài sản*: Mức cao nhất, các công ty sử dụng nó để quản lý tài sản theo tuổi thọ. Có nghĩa là, việc quản lý tài sản ngoài các thông tin về*

tài sản, thiết bị như quản lý tài sản thông thường còn theo tuổi thọ đưa ra của nhà sản xuất cùng với các khuyến cáo về chu kì bảo dưỡng. Các thông tin chi tiết về thiết bị và các ảnh hưởng từ môi trường thiết bị đặt cần quản lý cũng chưa có dẫn đến việc tư vấn hỗ trợ ra quyết định còn nhiều hạn chế.

- Mô đun quản lý thông tin điểm rò rỉ*: Mức cao nhất mà các công ty đạt được khi sử dụng nó là đánh dấu các điểm rò rỉ trên bản đồ với các số liệu thường là:* vị trí, loại ống, ngày phát hiện, ngày khắc phục, đơn vị khắc phục, tình trạng sau khi khắc phục*, v.v... Các thông tin này chỉ phục vụ ở mức độ tra cứu và truy vấn lịch sử các điểm rò rỉ.*

Đối với các công ty thuộc nhóm 2: Sản phẩm được sử dụng theo khai thác các phần mềm đã có. Ưu điểm của loại phần mềm này là rẻ, đã được kiểm thử nên chạy ổn định, kết quả tốt. Tuy nhiên, gói phần mềm tốt nhất sử dụng theo phương án này cũng chỉ đáp ứng tối đa 70% nhu cầu của tổ chức, đồng thời khả năng mở rộng, nâng cấp, v.v... là rất hạn chế. Với các công ty thuộc nhóm này khi triển khai và đưa vào sử dụng gặp những vấn đề sau:

- *Khó khăn trong việc chuẩn hóa dữ liệu từ CAD sang GIS. Việc chuẩn hóa dữ liệu CAD sang GIS mất rất nhiều thời gian và công sức do các dữ liệu CAD thường: Không thể hiện đúng hệ tọa độ, bản vẽ không đúng tỷ lệ số 1:1, phân lớp không theo qui định hoặc thiếu rõ ràng, lỗi các đường không bắt dính nhau, các vùng không khép kín, v.v...Trong quá trình xây dựng, hầu hết các đơn vị triển khai đảm nhận công việc này, nhưng đơn vị triển khai chỉ chuẩn hóa một phần nào đó dữ liệu cho hệ thống. Các dữ liệu khác công ty chủ quản phải tự chuẩn hóa. Rất nhiều công ty chủ quản gặp vấn đề việc chuẩn hoá dữ liệu, vì trình độ CNTT còn hạn chế. Thêm nữa, khi tiến hành chuẩn hóa có nhiều dữ liệu không được định dạng đúng với yêu cầu của phần mềm. Do vậy, khi xuất kết quả đầu ra có nhiều tiểu mục không đạt được như mong muốn.*

- *Trong giai đoạn đào tạo và bàn giao sản phẩm, đơn vị triển khai có hướng dẫn cách chuẩn hóa, cập nhật dữ liệu và vận hành hệ thống. Tuy nhiên, do phần mềm nước ngoài quản lý còn rất nhiều thuộc tính mà hiện nay chúng ta không sử dụng. Các công ty không có thông tin để nhập, dẫn đến thiếu dữ liệu nhập vào hệ thống nên ảnh hưởng đến thông tin đầu ra. Thêm nữa, do trình độ CNTT của đơn vị cấp nước còn hạn chế, nên việc thêm thuộc tính cần quản lý vào hệ thống cũng còn nhiều vấn đề cần bàn như: Chọn kiểu dữ liệu cho thuộc tính, độ rộng của trường, nguồn lấy dữ liệu, v.v…*

– *Trong giai đoạn triển khai, khi hệ thống xảy ra sự cố rất hiếm khi nhận được sự hỗ trợ kịp thời của đơn vị triển khai. Một số công ty đã hết giai đoạn bảo trì thì khả năng vận hành hệ thống cũng dễ bị gián đoạn vì dữ liệu không được cập nhật, hệ thống cũ hay gặp sự cố, v.v...*

c. Về cơ cấu tổ chức

Các công ty thường thiếu bộ phận nghiên cứu và chuyên trách về cập nhật dữ liệu và duy trì hoạt động hệ thống. Bộ phận thiết kế và phát triển ứng dụng chưa chuyên nghiệp, chưa có qui trình chung trong xây dựng triển khai và phát triển ứng dụng; chưa có các tài liệu về kinh nghiệm xây dựng, triển khai và duy trì hoạt động GIS cho các công ty cấp nước; mức độ ứng dụng CNTT trong các hoạt động nghiệp vụ còn chưa cao. Một số công ty mọi việc đều do phòng kỹ thuật đảm nhiệm nên gặp nhiều hạn chế.

d. Về mặt phối hợp cộng tác

Việc trao đổi thông tin giữa các bộ phận trong quá trình vận hành hệ thống còn chưa rõ ràng. Một số công ty chưa phân định được chức năng nhiệm vụ của từng đơn vị trong tổ chức, dẫn đến việc cung cấp dữ liệu chưa đầy đủ. Điều này gây khó khăn và hạn chế kết quả đầu ra của hệ thống.

2.5. Một số khuyến nghị về ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS

Từ kết quả nghiên cứu ở chương 1, cùng với các kết quả nghiên cứu từ các nội dung quản lý kỹ thuật và phân tích các dữ liệu thu thập từ các CTCCNS. Một lần nữa đã khẳng định về sự cần thiết của ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS ở Việt Nam. Phần dưới đây sẽ đưa ra những khuyến nghị về ứng dụng GIS cho các CTCCNS Việt Nam

2.5.1. Các vấn đề và các nội dung cần ứng dụng GIS

Hai hoạt động quản lý kỹ thuật chính cần phải ứng dụng GIS để giải quyết về cơ bản và triệt để những nguyên nhân gây ra sự bất cập và nguy hại trong HTCCNS sạch hiện nay, đó là *quản lý mạng lưới cung cấp nước và quản lý chất lượng nước*.

A. Quản lý mạng cấp nước

Ứng dụng GIS cho các nội dung quản lý mạng cấp nước có thể ở hai mức độ, xét theo quy mô của vấn đề đặt ra. Thứ nhất là có thể là cho một bài toán đầy đủ, trọn vẹn. Thứ hai là những nhiệm vụ cụ thể trong một quy trình quản lý nào đó. Những công việc này rất cần đến các dữ liệu không gian và bản đồ. Thiếu chúng có thể không hoàn thành được công việc, hoặc có thể hoàn thành công việc nhưng rất khó khăn, chậm chạp và không hiệu quả. Ở đây sẽ không nêu chi tiết về nội dung hay vấn đề đưa ra.

a1. Những bài toán cần ứng dụng GIS

- *Quản lý tài sản mạng ống nước.*
- *Quản lý rò rỉ.*
- *Thiết kế thay thế hay mở rộng mạng đường ống.*
- *Quản lý sự suy giảm áp lực và lưu lượng nước trong ống.*

a2. Những công đoạn trong một quy trình quản lý

Trong nhiều quy trình quản lý kỹ thuật, có những công đoạn có các công việc như lập kế hoạch, thiết kế thay thế, thi công các đường ống thiết bị, v.v... Khi có các dữ liệu về không gian, bản đồ (dữ liệu GIS), việc tìm kiếm thông tin và thực hiện các xử lý, tính toán sẽ trực quan, đơn giản, dễ dàng. Cụ thể như các công đoạn được đánh đánh dấu bằng mầu nền sẫm trong các quy trình quản lý bảo trì, bảo dưỡng và sửa chữa mạng ống nước ở các sơ đồ trên hình 2.2, 2.3, 2.4, 2.6.

B. Quản lý chất lượng nước

Vấn đề cấp nước an toàn đang còn là lĩnh vực mới, nhưng đã có một số các bài toán được được phát hiện và được ứng dụng với công nghệ GIS. Tuy nhiên, theo sự phát triển của lĩnh vực môi trường, chắc chắn sẽ còn nhiều bài toán đã và được phát hiện và ứng dụng. Với những thông tin có được, chỉ giới thiệu một số bài toán có thể ứng dụng GIS sau đây:

- *Quản lý nguồn nước mặt.*
- *Đánh giá chất lượng nước ngầm của một khu vực.*
- *Giám sát sự suy giảm chất lượng nước trong ống.*
- *Xác định nồng độ clo trong hệ thống .*
- *Cảnh báo ô nhiễm nước trong hệ thống .*

2.5.2. Một số vấn đề hạn chế việc triển khai GIS ở các CTCCNS Việt Nam

Qua các số liệu điều tra cho thấy, phần lớn các công ty cấp nước đã nhận thức được lợi ích và sự cần thiết phải ứng dụng GIS. Tuy nhiên vẫn còn tồn tại một số vấn đề gây hạn chế việc triển khai ứng dụng GIS như:

- Thứ nhất*, đầu tư cho hệ thống GIS còn cao, chưa phù hợp với khả năng tài chính của nhiều công ty cấp nước. Tình hình này sẽ thay đổi theo thời gian, khi mà cả thiết bị và phần mềm cho GIS ngày càng rẻ.*
- Thứ hai*, hiện nay còn đang thiếu những hệ thống GIS của Việt Nam, vừa có giá thành chấp nhận được, lại dễ sử dụng và đặc biệt có đủ chức năng đáp ứng được phần lớn hoạt động quản lý của các CTCCNS. Đối với các hệ thống GIS là của*

Việt Nam thì các công ty triển khai GIS có thể dễ dàng trợ giúp các CTCCNS giải quyết sự cố một cách kịp thời. Vì vậy, cần có giải pháp để thúc đẩy các nghiên cứu ứng dụng GIS và triển khai xây dựng được một hệ thống như vậy tại Việt Nam, nhằm hỗ trợ triển khai ứng dụng GIS. Khi có GIS tốt, nó sẽ mang lại những hiệu quả thiết thực cho các công ty cấp nước khi ứng dụng, khi đó đầu tư tài chính không còn là vấn đề quan ngại.

- Thứ ba, *để thúc đẩy quá trình phát triển GIS cho ngành cấp nước cần có các kế hoạch từ các ban ngành và chính phủ. Chẳng hạn, các bản đồ nền là sự tổng hợp thông tin từ rất nhiều ngành như: giao thông, địa chính, cây xanh đô thị,…các bản đồ nền càng chi tiết thì ngành cấp nước càng có nhiều thông tin cần thiết cho việc thiết kế tối ưu, bảo trì và khắc* phục sự cố nhanh chóng. Do vậy cần phải có kế hoạch phát triển GIS cấp Quốc gia, đặc biệt là các bản đồ và các chuẩn.
- Thứ tư, *bản thân các CTCCNS cần chủ động đào tạo nguồn nhân lực CNTT nói chung và nhân lực GIS nói riêng có chuyên môn về cấp nước. Đội ngũ nhân lực này sẽ là nhân tố chính tham gia xây dựng và vận hành hệ thống. Ngoài ra, cũng cần đào tạo nhân lực có đủ trình độ tham gia việc cập nhật dữ liệu hoạt động hằng ngày của hệ thống. Đây chính là yếu tố quan trọng giúp hệ thống hoạt động bền vững theo thời gian.*
- Thứ năm, *các CTCCNS cũng cần quan tâm đầu tư xây dựng GIS và các thiết bị giúp thu thập thông tin tự động , chính xác. Có được các thống tin đều đặn và chính xác sẽ góp phần ra quyết định nhanh chóng và chính xác hơn.*

2.6. Kết luận chương

Chương này đã đi sâu nghiên cứu các hoạt động quản lý kỹ thuật hiện tại của các CTCCNS. Qua phân tích các quy trình quản lý, các dữ liệu về sự cố xảy ra trong HTCCNS, cũng như các giải pháp mà các công ty đã sử dụng, một lần nữa khẳng định rằng:

- *Quản lý rò rỉ và quản lý chất lượng nước là hai vấn đề cốt lõi và cấp bách trong quản lý các HTCCNS. Cần có giải pháp thích hợp và hữu hiệu để giải quyết một cách cơ bản và triệt để những nguyên nhân gây ra những nguy hại trong hai lĩnh vực này.*
- *Những bài toán và những hoạt động cụ thể trong các quy trình quản lý kỹ thuật cần được ứng dụng GIS để nâng cao hiệu quả quản lý của các CTCCNS.*

– *Ứng dụng GIS của các CTCCNS Việt Nam còn đơn giản và thiếu các hệ thống GIS Việt Nam. Quá trình vận hành GIS trong các tổ chức còn chưa đồng bộ giữa các đơn vị trong một tổ chức và cũng chưa đồng bộ với các tổ chức khác liên quan cũng như các ban, ngành liên quan khác.*

Vậy, để nâng cao hiệu quả quản lý các HTCCNS dựa trên GIS và tăng tốc độ thúc đẩy ứng dụng GIS ở các tổ chức nói chung và ở các công CTCCNS Việt Nam nói riêng, cần phải có một mô hình phát triển GIS chung cho các tổ chức muốn ứng dụng GIS vào quản lý. Dựa vào mô hình này các tổ chức sẽ có được phương hướng và cách thức triển khai hệ thống tổng thể. Điều này sẽ giúp GIS trở nên thân thiện hơn, đem lại nhiều lợi ích hơn và chắc chắn rằng sẽ là một trong các nhân tố cải thiện tốc đọ ứng dụng GIS trong các tổ chức. Nội dung quan trọng này sẽ được trình bày ở chương tiếp theo.

CHƯƠNG 3 - MÔ HÌNH PHÁT TRIỂN GIS VÀ XÂY DỰNG KHUNG CSDL GIS CHO QUẢN LÝ HTCCNS Ở VIỆT NAM

Chương này được chia thành 3 phần. Phần đầu đề xuất mô hình phát triển một hệ thống GIS nói chung. Phần tiếp theo, đề xuất mô hình kiến trúc GIS quản lý HTCCNS giúp nâng cao hiệu quả quản lý. Phần cuối cùng, trình bày phương pháp luận, phương pháp thiết kế cơ sở dữ liệu GIS và đề xuất một khung CSDL GIS đầy đủ các nhóm dữ liệu (dữ liệu chuyên đề, dữ liệu nền), các đối tượng và các thuộc tính đối tượng để quản lý tổng hợp HTCCNS nhằm nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS. Đặc biệt CSDL GIS đề xuất sẽ phục vụ để giải quyết các bài toán đã nêu ở những chương trước.

3.1. Mô hình phát triển một hệ thống GIS

GIS cũng là một HTTT. Về mặt phương pháp luận, mô hình phát triển GIS cũng gồm các giai đoạn chính như mô hình phát triển HTTT truyền thống: *Lập kế hoạch, phân tích, thiết kế, triển khai, bảo trì hệ thống [72]*. Tuy nhiên, GIS ngoài việc quản lý dữ liệu thuộc tính còn quản lý các dữ liệu không gian và mối quan hệ giữa hai loại dữ liệu này. Đặc biệt các dữ liệu không gian đầu vào và các hiển thị dữ liệu dạng không gian đòi hỏi những đặc thù riêng về mức phức tạp và sự chính xác, vì vậy trong quá trình phát triển GIS có sự khác biệt nhất định. Từ việc thu thập dữ liệu (không phải luôn có sẵn, ở nhiều nơi khác nhau), đến xử lý dữ liệu theo những khuôn dạng khác nhau, phải tiến hành chuẩn hóa (xem phần 1.2.7. chương I), và tổ chức lưu trữ. Đó là một quá trình đòi hỏi phải có kỹ năng, mất nhiều thời gian, mất nhiều công sức và phải có sự trợ giúp của những công cụ chuyên dụng. Trong khi đó, việc *triển khai* ứng dụng chỉ có thể tiến hành khi đã có các dữ liệu GIS được tổ chức. Vì thế, xây dựng CSDL GIS phải đi trước một bước cả về thời gian và trình tự.

3.1.1. Triển khai các ứng dụng GIS

Dựa trên cơ sở phương pháp luận khoa học thiết kế [53], sơ đồ tổng quát để triển khai một ứng dụng GIS được mô tả ở Hình 3.1.

Việc triển khai một GIS chính là sự triển khai đồng thời các ứng dụng yêu cầu đặt ra cho nó. Như vậy, khi thực hiện các ứng dụng của một GIS, chúng sẽ có một phần công việc giống nhau. Đó là các nhiệm vụ nằm trong khung đường đứt nét cho ở Hình 3.1. Vì vậy có thể mô tả sơ đồ mô hình tổng quát phát triển một GIS như ở Hình 3.2.

Hình 3.1. Sơ đồ triển khai một ứng dụng GIS

3.1.2. Mô hình tổng quát phát triển một hệ thống GIS

Hình 3.2. Sơ đồ mô hình tổng quát phát triển GIS

Khi cần phát triển một GIS, trước hết cần xác định các yêu cầu đặt ra cho nó. Đó là các nhiệm vụ (bài toán) nó cần thực hiện để trợ giúp các hoạt động nghiệp vụ của tổ chức (1). Bước tiếp theo là đặc tả các bài toán (2), bao gồm cả *đặc tả dữ liệu* và *đặc tả xử lý*. Đặc tả dữ liệu của tất cả các bài toán đặt ra sẽ là đầu vào cho việc xây dựng

CSDL của GIS (3). Khi đã có CSDL GIS, ta tiến hành phân tích, thiết kế và cài đặt các mô đun ứng dụng (4). Đến đây có thể nói rằng, ta đã có một CSDL GIS và các mô đun chức năng cho việc giải các bài toán đặt ra. Để giải mỗi bài toán cụ thể bằng một chức năng tương ứng đã có, ta cần thiết lập chúng (5) với các dữ liệu cụ thể, bao gồm dữ liệu từ CSDL GIS và các dữ liệu cụ thể của riêng bài toán. Cuối cùng ta sử dụng các bộ công cụ trong mô đun chức năng để giải bài toán và lấy ra kết quả (6).

Mô hình cho ở Hình 3.2 là mở. Nó không hạn chế việc bổ sung thêm các bài toán mới. Khi có thêm một bài toán mới, ta vẫn thực hiện theo tiến trình trên. Tuy nhiên, ta không cần xây dựng lại toàn bộ CSDL GIS đã có. Thông thường, các bài toán mới có thể sử dụng một số các dữ liệu đã có (dữ liệu nền) trong CSDL GIS, phần dữ liệu riêng của bài toán thường được phát triển như là dữ liệu chuyên dụng. Như vậy, trong CSDL GIS sẽ có phần dữ liệu dùng chung (các dữ liệu nền) và các dữ liệu sử dụng cho các bài toán của từng lĩnh vực, gọi là dữ liệu chuyên đề.

3.2. Mô hình kiến trúc GIS cho quản lý HTCCNS Việt Nam

Dựa vào kết quả điều tra và khảo sát thực tế ở một số đơn vị quản lý HTCCNS, phần dưới đây đề xuất một mô hình kiến trúc với cấu hình phổ dụng của các thiết bị cho GIS quản lý HTCCNS Việt Nam hiện nay. Tuy nhiên, trong tương lai khi các bản đồ nền chi tiết hơn và các dữ liệu cần ngày một tăng về độ chi tiết cũng như chất lượng hình ảnh thì, cầu hình các thiết bị hệ thống cũng cần điều chỉnh cho phù hợp.

3.2.1. Mô hình kiến trúc hệ thống phần cứng

3.2.1.1. Mô hình hệ thống

Đặc thù của các công ty cấp nước là quản lý hệ thống ở nhiều khu vực khác nhau, cách xa nhau về mặt địa lý. Chính vì vậy, một công ty cấp nước thường có nhiều chi nhánh, mỗi chi nhánh quản lý và vận hành một phần của mạng lưới cấp nước. Quản lý điều hành chung toàn hệ thống là tổng công ty. Các chi nhánh hằng ngày nhận các chỉ thị từ tổng công ty và gửi báo cáo các hoạt động của đơn vị mình lên tổng công ty. Căn cứ vào nội dung báo cáo, tổng công ty ban hành chỉ thị, quyết định xuống các chi nhánh. Với đặc thù như trên, mô hình hệ thống phải được thiết kế sao cho dữ liệu của toàn hệ thống phải đặt ở tổng công ty, tổng công ty tổng hợp và điều hành chung. Các chi nhánh có nhiệm vụ cập nhật dữ liệu thuộc chi nhánh mình quản lý, báo cáo các sự cố xảy ra và có thể xây dựng giải pháp khắc phục gửi lên tổng công ty, v.v... Mô hình kiến trúc tổng thể phần cứng được đề nghị như ở Hình 3.3.

Hình 3.3. Mô hình hệ thống phần cứng GIS cho các CTCCNS

3.2.1.2. Các thiết bị phần cứng

Các thông số cơ bản về thiết bị phần cứng xây dựng GIS phục vụ quản lý HTCCNS Việt Nam được đề xuất như dưới đây.

a. Máy chủ dữ liệu cần có cấu hình tối thiểu sau:

- *Bộ xử lý-CPU Intel QUARDCore (CPU 4 nhân)>=3Ghz. Bộ nhớ trong-RAM>=4GB*
- *Ổ cứng-HDD>=100G.*
- *Màn hình-Monitor >=17 inch.*
- *Hệ điều hành Windows 2003, 2008 Server.*
- *Hệ quản trị cơ sở dữ liệu : MS SQL Server 2000, 2005, 2008 ; Oracle 9,10.*

b. Máy trạm phải có cấu hình tối thiểu sau:

- *Bộ xử lý-CPU Intel>=3Ghz.*
- *Bộ nhớ trong-RAM>=1GB.*
- *Ổ cứng-HDD>=40G. Màn hình-Monitor >=17 inch.*
- *Hệ điều hành Windows XP.*

c. Hệ thống định vị toàn cầu (GPS)

Thiết bị đo vị trí các đối tượng tài sản, thiết bị trong mạng lưới phải đảm bảo các thông số sau :

- *Thực hiện đo đơn giản.*
- *Độ chính xác cao phù hợp với yêu cầu công việc quản lý mạng lưới tài sản.*
- *Quá trình xử lý dữ liệu trước khi đưa vào hệ thống phần mềm đơn giản, dễ sử dụng.*
- *Chi phí hợp lý phù hợp với điều kiện của từng đơn vị.*

3.2.2. Kiến trúc hệ thống phần mềm và các tiêu chuẩn kỹ thuật

3.2.2.1. Kiến trúc hệ thống phần mềm

Kiến trúc hệ thống phần mềm được tổ chức thành 3 tầng: *Tầng dữ liệu, tầng công nghệ và dịch vụ, tầng ứng dụng* (Hình 3.4.)

a. Tầng ứng dụng

Các chức năng ở tầng này phải đáp ứng các yêu cầu nghiệp vụ sau:

- Quản trị, phân quyền người dùng*;*
- Quản lý mạng lưới – tài sản*: cập nhật các dữ liệu thuộc tính và biên tập các dữ liệu không gian; tìm kiếm các đối tượng trong mạng lưới, tổng hợp dữ liệu mạng lưới theo khu vực.*
- Quản lý rò rỉ*: Quản lý thông tin điểm rò rỉ; phát hiện rò rỉ sớm.*
- Quản lý kỹ thuật mạng cấp nước *bao gồm cả mạng cấp I, II, II (xem Chương II). Trong đó bao gồm quản lý bảo trì, bảo dưỡng, đặc biệt là thay thế và mở rộng mạng lưới đường ống cấp nước, và quản lý áp lực nước trong hệ thống, v.v…*
- Quản lý chất lượng nước*: Quản lý chất lượng nước nguồn; quản lý chất lượng nước trong hệ thống, và quản lý các nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước trong hệ thống.*
- Các hoạt động quản lý kinh doanh*: Quản lý thông tin khách hàng và đồng hồ khách; lập hóa đơn thanh toán, hoạch toán.*

Hình 3.4. Kiến trúc tổng thể GIS cho quản lý HTCCNS

b. Các tầng khác

Để đảm bảo được hoạt động của hệ thống, các phần mềm được đề nghị như sau:

- Hệ điều hành máy chủ*: Sử dụng hệ điều hành Windows Server 2012, hãng Microsoft, hoặc phiên bản tương đương, cao hơn.*
- Hệ thống máy trạm*: Người dùng đầu cuối có thể sử dụng hệ điều hành Windows 7 hoặc phiên bản tương đương, cao hơn.*
- Hệ quản trị cơ sở dữ liệu*: Sử dụng hệ quản trị cơ sở dữ liệu Oracle.*
- Công nghệ GIS*: ArcGIS 10.1 trở lên, hãng ESRI.*
- Ngôn ngữ phát triển phần mềm*: Công nghệ C#.*

3.2.2.3. Tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng

Hệ thống được xây dựng phải tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật sau:

- *Các tiêu chuẩn kỹ thuật về ứng dụng CNTT trong cơ quan nhà nước ban hành kèm theo Thông tư số: 22/2013/TT-BTTTT ngày 23/12/2013 của Bộ trưởng Bộ Thông tin và Truyền thông.*
- *CSDL bản đồ hệ thống GIS cấp nước phải đáp ứng các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chuẩn thông tin địa lý cơ sở ban hành kèm theo Thông tư số: 02/2012/TT-BTNMT ngày 19/3/2012 của Bộ Tài Nguyên và Môi Trường.*
- *Các tiêu chuẩn kỹ thuật của sản phẩm phải phù hợp với Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chuẩn thông tin địa lý cơ sở (QCVN 42: 2012/BTNMT), có tính kế thừa mô hình CSDL nền địa lý quốc gia đã xây dựng, đáp ứng khả năng ứng dụng của dữ liệu và cập nhật dữ liệu về sau.*

Chi tiết về các chuẩn áp dụng có thể tham khảo trong Phụ lục 7.

3.2.3. Một số yêu cầu cơ bản

Có nhiều công nghệ hỗ trợ xây dựng GIS. Tuy nhiên, như các nội dung tác giả đã giới thiệu và phân tích trong mục 1.3.4 (chương 1), các yêu cầu cơ bản dưới đây sẽ được trình bày theo hướng các yêu cầu công nghệ nền GIS của ESRI.

Các yêu cầu chính của GIS quản lý HTCCNS bao gồm:

- *Hệ thống được thiết kế theo mô hình Client/Server.*
- *Hệ thống được thiết kế là hệ mở, sao cho dễ bảo trì, nâng cấp và quản lý. Hệ thống cũng cần đáp ứng về cơ bản các yêu cầu bảo mật, an toàn thông tin.*

- *CSDL không gian sử dụng công cụ ArcSDE của ESRI.*
- *Công cụ hiển thị và cập nhật bản đồ: ArcEngine 10*
- *Xây dựng công cụ có khả năng hiển thị và cập nhật bản đồ độc lập với các phần mềm bản đồ chuyên dụng khác như: MapInfo, ArcMap.*
- *Nhân GIS cần đáp ứng các chức năng cơ bản mà bất cứ các phần mềm GIS nào cũng cần phải có.* Đó là các chức năng phóng to bản đồ; thu nhỏ bản đồ; kéo bản đồ theo con trỏ; làm tươi bản đồ; trở về bản đồ mặc định ban đầu; đo đạc khoảng cách trên bản đồ; bookmark vị trí trên bản đồ; in bản đồ; công cụ bật/tắt lớp bản đồ.

3.2.4. Một số yêu cầu về tầng dữ liệu

Đây là những lớp thông tin bản đồ cố định, hỗ trợ cho việc hiển thị các đối tượng tài sản trên khu vực cần quản lý, bảo trì và thay thế một cách rõ ràng. Do đó, khi khởi tạo CSDL cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- *Dữ liệu bản đồ GIS được tạo ra phải ở khuôn dạng chuẩn CSDL GIS.*
- *Bản đồ nền phải được thành lập từ bản đồ địa chính tỷ lệ từ 1:500 đến 1:10000 và bản đồ địa hình khu vực đơn vị quản lý tỷ lệ từ 1:10000 đến 1:50000.*
- *Các đối tượng bản đồ phải được phân loại thành các lớp bản đồ với kiểu hình học xác định (điểm, đường, vùng).*
- *Các đối tượng bản đồ (sông, hồ, đường giao thông, vùng hành chính, v.v...) phải được xử lý Topology (các đối tượng không được chồng, hoặc phải cắt tại các điểm giao nhau, v.v...).*
- *Tên lớp bản đồ, cấu trúc trường thuộc tính (tên trường, kiểu trường) của các lớp bản đồ phải được tạo theo quy định trong Phụ lục 8.*
- *Một bản đồ chuyên đề được trình bày theo nhiều cách khác nhau như:* theo giá trị, theo màu sắc, *v.v... Từ đó người sử dụng có thể in ấn, kết xuất để lưu trữ bản đồ.*

  Các cách trình bày bản đồ chuyên đề cho ở bảng 3.1.
- *Sử dụng bảng chữ Unicode để nhập giá trị thuộc tính cho các trường.*
- *Thông tin về màu sắc, biểu tượng (Symbol) của đối tượng phải được nhập trong bảng thiết kế nếu có.*

Bảng 3.1. Các kiểu trình bày bản đồ chuyên đề

STT	Kiểu trình bày bản đồ	Mô tả	Ví dụ
1	Bản đồ màu phân bậc (Graduated color map)	Dữ liệu được phân chia theo các dãy riêng biệt. Mỗi dãy dữ liệu được thể hiện bởi một màu hay một mô hình.	Hiển thị số lượng khách hàng theo từng khoảng giá trị
2	Bản đồ kí hiệu phân bậc (Graduated Symbol Map)	Dữ liệu phân chia theo các dãy riêng biệt. Mỗi dãy dữ liệu thể hiện tỉ lệ theo diện tích một địa điểm	Số đường ống bị hỏng trên tổng số đường ống trên mạng lưới.
3	Bản đồ mật độ điểm (Dot density Maps)	Dữ liệu được trình bày theo các điểm được phân bố ngẫu nhiên trong một vùng, mỗi điểm thể hiện một giá trị do người sử dụng qui định .	Một điểm bằng số lượng khách hàng sử dụng
4	Bản đồ giá trị (Value Maps)	Dùng màu sắc để diễn đạt một giá trị khác nhau cho mỗi vùng hay địa điểm địa lý.	Màu đỏ là đường ống đang hỏng. Màu xanh đường ống đang hoạt động tốt. Màu vàng đường ống đang sửa chữa

3.3. Xây dựng khung CSDL GIS quản lý HTCCNS

3.3.1. Đặt vấn đề

Để một GIS hoạt động thường xuyên và đưa ra những kết quả quản lý cho tổ chức có giá trị thì yếu tố dữ liệu trong hệ thống đóng vai trò vô cùng quan trọng. Trong các GIS cấp nước ở Việt Nam hiện nay, dữ liệu còn rất nghèo nàn, các bản đồ cung cấp thông tin thì mới chỉ được số hóa một phần, các dữ liệu của HTCCN cũng chưa được số hóa đầy đủ đưa vào lưu trữ trong hệ thống. Hơn nữa, các khung CSDL GIS quản lý HTCCNS hiện nay còn thiếu nhiều chuyên đề dữ liệu, nhiều các đối tượng, các thuộc tính đối tượng nên thiếu nhiều thông tin cần thiết cho việc quản lý hệ thống. Khung CSDL GIS quản lý HTCCNS được đề xuất có tính khái quát hóa cao, bao gồm đầy đủ các đối tượng, các thuộc tính và các lớp dữ liệu cần thiết cho phép quản lý tổng thể (cả hoạt động quản lý kỹ thuật và quản lý kinh doanh) HTCCNS.

Trong mô hình phát triển GIS (Hình 3.2), xây dựng CSDL là một bước quan trọng, trung tâm, tốn nhiều thời gian, công sức, đòi hòi phải đi trước một bước để đảm bảo sự phát triển đồng bộ của GIS.

Để có được một khung CSDL GIS, cần nghiên cứu: Phương pháp luận về xây dựng CSDL GIS nói chung, quy trình triển khai, cấu trúc nội dung thiết kế của CSDL GIS cho quản lý HTCCNS. Đồng thời, tiến hành thu thập các hồ sơ dữ liệu bên trong và bên ngoài hệ thống làm cơ sở thực hiện. Trong khung CSDL GIS được đề xuất, ngoài những dữ liệu chuyên đề, đối tượng, thuộc tính đối tượng như nhiều CSDL GIS cho quản lý HTCCNS đã công bố trong và ngoài nước, ở đây có bổ sung thêm các chuyên đề dữ liệu mới, các đối tượng mới, các thuộc tính mới vào các đối tượng đã có, để có thể giải quyết tất cả các bài toán đặt ra đã nêu ở chương 1 trong chương 2, mục 2.5 của luận án. Ngoài ra, CSDL được đề xuất còn khắc Đặc biệt, CSDL được đề xuất phục vụ giải quyết một cách đầy đủ các bài toán: Quản lý chất lượng nước - cảnh báo ô nhiễm thông qua việc quản lý các nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước và thiết kế và mở rộng mạng đường ống cung cấp nước tối ưu.

3.3.2. Phương pháp nghiên cứu

3.3.2.1. Phương pháp luận xây dựng CSDL GIS

Phương pháp luận thiết kế CSDL GIS cơ bản giống như thiết kế các CSDL thông thường khác. CSDL GIS thực chất là một CSDL liệu quan hệ với sự bổ sung các dữ liệu địa lý cùng các mối quan hệ địa lý và topo của các thực thể không gian.

Phương pháp luận cho việc xây dựng CSDL GIS về cơ bản vẫn phải thực hiện qua các pha như: Thiết kế khái niệm, thiết kế logics và thiết kế vật lý. Tuy nhiên, đặc thù của CSDL GIS và thuận tiện cho việc thu thập, tạo lập, cũng như cập nhật CSDL sau này, pha cuối cùng sẽ tổ chức dữ liệu thành các nhóm. Các dữ liệu trong nhóm có nhiều điểm chung về mối quan hệ không gian. Sơ đồ của phương pháp luận được mô tả như trong Hình 3.5 .

Hình 3.5. Sơ đồ phương pháp luận xây dựng CSDL GIS [47]

3.3.2.2. Phương pháp triển khai CSDL

Về cơ bản, phương pháp triển khai CSDL GIS không khác nhiều phương pháp triển khai các CSDL khác. Tuy nhiên, đặc thù CSDL GIS là có thêm các dữ liệu không gian và mối quan hệ tô pô của chúng. Do vậy phương pháp triển khai cũng có khác một chút ở chỗ thu thập, hợp thức hóa, định dạng và thiết lập các ràng buộc của dữ liệu không gian. Trong pha cuối cùng cần phải xác định được từng loại dữ liệu không gian dữ liệu phi không gian để xác định CSDL cần lưu trữ. Phương pháp triển khai CSDL GIS cho quản lý HTCCNS được biểu diễn tóm tắt ở sơ đồ Hình 3.6.

3.3.2.3. Các bước triển khai CSDL GIS cho HTCCNS

a. Thu thập dữ liệu

Dữ liệu được thu thập qua các mẫu biểu, bản đồ, hồ sơ sổ sách quản lý tài sản mạng lưới, hóa đơn thu tiền nước, hồ sơ khách hàng, tiêu chuẩn thiết kế hệ thống, sổ tay kỹ thuật, kế hoạch cấp nước an toàn của một số công ty cấp nước. Ngoài ra, tác giả còn đề xuất thu thập một số hồ sơ dữ liệu bên ngoài hệ thống như: Các quyết định, công văn, qui hoạch, kết quả xét nghiệm mẫu nước, các bản đồ hành chính, sử dụng đất, các bản sơ đồ mặt bằng các công trình tầng kỹ thuật, v.v…. Tất cả các hồ sơ dữ liệu thu thập được là cơ sở cho việc xác định các đối tượng, thuộc tính đối tượng cần đưa vào quản lý trong CSDL GIS và phân loại dữ liệu thành không gian và phi không gian. Ngoài ra, các thông tin lấy từ Internet cũng như tham khảo dự án khác có liên quan cũng được sử dụng để bổ sung đối tượng và thuộc tính.

Hình 3.6. Phương pháp triển khai CSDL GIS cấp nước

Nhận xét về nguồn dữ liệu đã số hóa

Nguồn dữ liệu số hóa thu thập được chủ yếu được xây dựng bằng phần mềm AutoCAD. Một số dữ liệu khác được xây dựng ở dạng MapInfo và MicroStation hoặc quản lý dạng các bảng biểu Word, Excel, v.v....Nhìn chung, các dữ liệu số hóa cơ bản là các bộ bản đồ quy hoạch chung thành phố đã cũ tỷ lệ 1/5000 và có cập nhật các quy hoạch chi tiết mới hơn tỷ lệ 1/500 – 1/2000 nhưng chưa đầy đủ. Các bản đồ AutoCAD của hệ thống cấp nước không thể hiện rõ, lớp đối tượng, hệ toạ độ thống nhất, phần lớn các bản vẽ chỉ mang toạ độ giả định và rất khác so với thực tế. Các đối tượng thể hiện trên bản đồ không theo cấu trúc phân lớp rõ ràng, thường là dữ liệu hình học rời rạc, lẫn lộn, chồng chéo và hoàn toàn không có thuộc tính. Việc tách các dữ liệu cần thiết trong nhiều bản đồ ở các tỷ lệ khác nhau và thời gian khác nhau cũng gây nhiều khó khăn, mất nhiều thời gian trong quá trình biên tập và xử lý dữ liệu.

Nhiều dữ liệu cần thiết như hệ thống cấp nước, thoát nước, nghĩa trang, bãi rác, v.v… cũng chỉ được quản lý trên các bảng biểu Word, Excel và không có các dữ liệu không gian đi kèm, nên cần nhiều thời gian để thu thập, biên tập, chỉnh sửa định dạng theo GIS, rồi chuyển sang hệ qui chiếu WGS84 và vùng lưới UTM Zone48.

b. Tổng hợp phân loại dữ liệu

Dữ liệu sau khi thu thập, được phân loại theo các nhóm chuyên đề dữ liệu, sau đó phân lớp dữ liệu, v.v… Việc phân nhóm dữ liệu chuyên đề sẽ giúp công tác quản lý và xây dựng các ràng buộc dữ liệu được đầy đủ và thuận tiện hơn. Dữ liệu phục vụ quản lý HTCCNS được chia thành các nhóm dữ liệu sau đây:

Nhóm dữ liệu nền

Dữ liệu nền đô thị gồm các phân nhóm: (1) *Hành chính* (ranh giới đô thị, phường xã, trụ sở hành chính, địa danh, v.v…; (2) *Địa hình* (điểm độ cao, đường đồng mức, v.v...); (3) *Thủy hệ* (sông suối, kênh mương, hồ, v.v…) và (4) *Giao thông chính* (đường bộ, đường sắt, đê, cầu, phà, v.v…).

Nhóm dữ liệu sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất sẽ được xây dựng dựa trên dữ liệu hiện có bao gồm: (1) *Hiện trạng sử dụng đất*; (2) *Thống kê đất ở và nhà* – theo niên giám và mẫu biểu.

Nhóm dữ liệu hạ tầng giao thông

Nhóm dữ liệu hạ tầng giao thông: *Đường bộ, đường sắt, cầu, phà, đê, kè, bến xe, nhà ga và thống kê hiện trạng giao thông đô thị* - theo niên giám và mẫu biểu.

Nhóm dữ liệu hạ tầng thoát nước

Nhóm dữ liệu hạ tầng thoát nước: *Cống, mương thoát nước chung, thoát nước thải riêng, hố ga, cửa xả, hồ điều hòa, công trình xử lý nước thải, khu vực ngập lụt đô thị, số liệu quản lý mạng lưới thoát nước*, v.v...

Nhóm dữ liệu xử lý chất thải rắn

Nhóm dữ liệu hạ tầng quản lý chất thải rắn: *Điểm thu gom rác thải rắn, trạm trung chuyển, tuyến thu gom rác thải rắn, công trình chôn lấp, xử lý chất thải rắn, số liệu quản lý thu gom rác thải rắn và thống kê tình trạng quản lý chất thải rắn* – theo niên giám và mẫu biểu, v.v...

Nhóm dữ liệu cây xanh – chiếu sáng

Nhóm dữ liệu chiếu sáng: *Cột đèn chiếu sáng, tuyến phố chiếu sáng, trạm điều khiển chiếu sáng và thống kê tình trạng chiếu sáng*, v.v...

Nhóm dữ liệu cây xanh: *Cây xanh đường phố, công viên cây xanh, mặt nước, v.v…*

Nhóm dữ liệu khu công nghiệp

Nhóm dữ liệu này bao gồm nhà máy, xí nghiệp và khu công nghiệp với vị trí trên bản đồ, các bản vẽ bố trí mặt bằng, hồ sơ quản lý và thống kê tình trạng khu công nghiệp – theo niên giám và mẫu biểu.

Nhóm dữ liệu hệ thống cung cấp nước

Nhóm dữ liệu hệ thống cung cấp nước bao gồm các công trình phụ trợ, công trình cấp nước, hệ thống lọc nước, đường ống nước, giếng khoan, v.v...

c. Hợp thức hóa dữ liệu

Các dữ liệu sau khi được phân nhóm sẽ được hợp thức hóa bằng cách phân thành dữ liệu không gian và dữ liệu phi không gian theo chuẩn quy định.

d. Thiết kế khái niệm

Xác định các thực thể, thuộc tính của thực thể và mối quan hệ giữa các thực thể dữ liệu đã được đặc tả.

e. Mô hình logic

Trong bước này phải thực hiện chuyển mô hình thực thể thành các quan hệ và chuẩn hóa. Ở giai đoạn này có sự phân chia thành 2 loại CSDL là CSDL phi không gian nằm trong hệ quản trị CSDL được cài đặt, còn CSDL không gian nằm trên CSDL GIS. Trong CSDL phi không gian xây dựng các mối quan hệ (1-1, 1-n) giữa các quan hệ, còn trong CSDL không gian xây dựng các quan hệ không gian (khoảng cách, xếp chồng). Hai CSDL này có thể liên kết với nhau thông qua mã các đối tượng.

f. Mô hình vật lý

Thiết kế vật lý cho CSDL phi không gian thành các bảng với các thuộc tính và kiểu dữ liệu thống thường như: N*umber, text, tring, real, char, varchar, v.v...* CSDL không gian được thiết kế thành các *feature class, point, line, plygon, v.v...*

g. Khung CSDL

Khung CSDL GIS là định nghĩa chính thức của các dữ liệu cần thiết trong một CSDL GIS. Mục đích của khung là đảm bảo các dữ liệu phải được đầy đủ, được xác định, mô tả và biểu diễn một cách hoàn toàn chính xác, rõ ràng và đúng qui chuẩn.

3.3.3. Thiết kế khung CSDL GIS cho quản lý HTCCNS

Cơ sở dữ liệu GIS quản lý HTCCNS gồm 2 phần đó là cơ sở dữ liệu phi không gian và CSDL không gian. Khi triển khai hệ thống sẽ có thể lựa chọn một trong hai hệ quản trị CSDL thông dụng hiện nay đó là:

- ***SQL server****: Nên sử dụng hệ này để quản trị CSDL đối với các mạng lưới cấp nước nằm trong một huyện (quận) về mặt địa lý. Vì nếu chỉ nằm trong một quận (huyện) thì ngoài dữ liệu về mạng lưới cần quản lý chỉ có thêm các dữ liệu liên quan như nền hành chính, sử dụng đất, v.v…*
- ***Oracle****: Nên sử dụng hệ này để quản trị CSDL đơn vị mạng lưới cấp nước nằm trên nhiều huyện (quận) về mặt địa lý. Vì lúc này CSDL sẽ phải quản lý rất nhiều loại dữ liệu có qui mô lớn.*

3.3.3.1. Các nhóm dữ liệu

CSDL GIS quản lý tổng hợp HTCCNS được đề xuất gồm 12 nhóm dữ liệu như trong Hình 3.7.

- *Nhóm dữ liệu "**Hạ tầng cấp nước**" chứa tất cả các thông tin về hệ thống cung cấp nước. Các thông tin này được lưu giữ ở dữ liệu dạng không gian để xác định được vị trí và mối quan hệ của từng đối tượng với các đối tượng khác trong hệ thống. Ngoài ra còn lưu trữ thông tin về thuộc tính cho biết đặc điểm, tính chất của các tài sản, thiết bị HTCCNS.*
- *Các nhóm dữ liệu còn lại cũng được lưu trữ dưới cả hai dạng dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính. Các nhóm dữ liệu này cung cấp các thông tin phục vụ cho việc ra quyết định, giải quyết các sự cố, lập kế hoạch, điều hành các hoạt động hằng ngày của hệ thống một cách tổng thể.*

Hinh 3.7. Các nhóm dữ liệu GIS phục vụ quản lý HTCCNS

– *Nhóm dữ liệu "**Các nguồn khác**" là các dữ liệu không có tên trong các nhóm dữ liệu đã thiết kế ở trên. Nhóm dữ liệu này phục vụ nhiều cho việc tương lai, giả sử khi xuất hiện các nguồn gây ô nhiễm ảnh hưởng đến HTCCNS không thể đưa được vào các nhóm dữ liệu đã có.*

Mỗi nhóm dữ liệu trong Hình 3.7 có một hoặc nhiều lớp dữ liệu. Định dạng không gian của các lớp dữ liệu trong mỗi nhóm được mô tả trong Bảng 3.2.

Bảng 3.2. Các lớp thông tin của dữ liệu chuyên đề

Lớp dữ liệu	**Định dạng không gian**	**Phân lớp**	**Định dạng trong ArcInfo**	**Phân nhóm**	**Cơ sở dữ liệu**
Tỉnh (TP)	Đường	RanhGioiTinh	Đối tượng đường	***Dữ liệu nền hành chính***	**Khung CSDL GIS quản lý HT CCNS**
Tỉnh (TP)	Vùng	Vung_Dia_Gioi_ Tinh	Đối tượng vùng		
Huyện	Đường	RanhGioiHuyen	Đối tượng đường		
Huyện	Vùng	Vung_Dia_Gioi_ Huyen	Đối tượng vùng		
Xã	Đường	RanhGioiXa	Đối tượng đường		
Xã	Vùng	Vung_Dia_Gioi_Xa	Đối tượng vùng		
Ủy ban nhân dân	Điểm	UyBanNhanDan	Đối tượng điểm		
Khu dân cư	Vùng	KhuDanCu	Đối tượng vùng		
Địa danh	Điểm	DiaDanh	Đối tượng điểm		
Cấp ủy ban nhân dân	Bảng dữ liệu				
Đường đẳng cao	Đường	DuongBinhDo	Đối tượng đường	***Dữ liệu nền địa hình***	
Đường đẳng sâu	Đường	DuongDangSau	Đối tượng đường		
Sông suối	Đường	SongSuoi	Đối tượng đường		
Điểm độ cao	Điểm	DiemDoCao	Đối tượng điểm		
Điểm độ sâu	Điểm	DiemDoSau	Đối tượng điểm		
Mô hình số độ cao (DE M)	Ảnh	DEM	Raster		
Sông ho	Vùng	SongHo	Đối tượng vùng	***DL thủy văn***	
Loại sông hồ	Bảng dữ liệu				
Đường bộ	Đường	DuongBo	Đối tượng đường	***Dữ liệu giao thông***	
Đường sắt	Đường	DuongSat	Đối tượng đường		
Đường thủy	Đường	DuongThuy	Đối tượng đường		
Đê kè	Đường	DeKe	Đối tượng đường		
Cầu phà	Đường	CauDuongBo	Đối tượng đường		
Cảng	Vùng	BenCang	Đối tượng vùng		

Lớp dữ liệu	**Định dạng không gian**	**Phân lớp**	**Định dạng trong ArcInfo**	**Phân nhóm**	**Cơ sở dữ liệu**
Sân bay	Vùng	SanBay	Đối tượng vùng		
Cấp đường giao thông	Thuộctính				
Loại tình trạng đường giao thông	Bảng dữ liệu				
Hiện trạng sử dụng đất	Vùng	HienTrangSuDung Dat	Đối tượng vùng	***Dữ liệu sử dụng đất***	
Loại hình sử dụng đất	Bảng dữ liệu				
Các công trình phụ trợ	Vùng	CongTrinhPhuTro	Đối tượng vùng	***Hạ tầng cấp nước***	
Công trình cấp nước	Vùng	CongTrinhCapNuoc	Đối tượng vùng		
Đường ống cung cấp nước	Đường	DuongOngCapNuoc	Đối tượng đường		
Hệ thống lọc nước	Đường	HeThongLocNuoc	Đối tượng đường		
Giếng khoan	Điểm	GiengKhoan	Đối tượng điểm		
Giếng khơi	Điểm	GiengKhoi	Đối tượng điểm		
Công trình thu nước	Điểm	CongTrinhThuNuoc	Đối tượng điểm		
Van nước	Điểm	VanNuoc	Đối tượng điểm		
Trạm bơm	Điểm	TramBom	Đối tượng điểm		
Trụ cứu hỏa	Điểm	TruCuuHoa	Đối tượng điểm		
Đồng hồ đo	Điểm	DongHoNuoc	Đối tượng điểm		
Điểm đầu nối	Điểm	DiemDauNoi	Đối tượng điểm		
Bể nước, đài chứa nước	Điểm	BeDaiChuaNuoc	Đối tượng điểm		
Trạng thái	Bảng dữ liệu				
Vật liệu	Bảng dữ liệu				
Xuất xứ	Bảng dữ liệu				
Hồ điều hòa	Vùng	HoDieuHoa	Đối tượng vùng	***Hạ tầng thoát***	
Đường ống thoát	Đường	DuongOngThoat	Đối tượng đường		

Lớp dữ liệu	**Định dạng không gian**	**Phân lớp**	**Định dạng trong ArcInfo**	**Phân nhóm**	**Cơ sở dữ liệu**
nước		Nuoc		***nước***	
Kênh mương	Đường	KenhMuong	Đối tượng đường		
Nhà máy xử lý nước thải	Vùng	NhaMayNuocThai	Đối tượng vùng		
Trạm bơm	Điểm	TramBom	Đối tượng điểm		
Khu xử lý chất thải	Vùng	KhuXuLyRac	Đối tượng vùng	***Hạ tầng xử lý chất thải rắn***	
Bãi tập trung chất thải	Vùng	BaiRac	Đối tượng vùng		
Trạm trung chuyển	Điểm	TramTrungChuyen	Đối tượng điểm		
Công viên_câyxanh	Vùng	CongVienCayXanh	Đối tượng vùng	***Hạ tầng cây xanh chiếu sáng***	
Đường dây điện	Đường	DuongDayDien	Đối tượng đường		
Tram biến áp	Điểm	TramBienAp	Đối tượng điểm		
Cột điện	Điểm	CotDien	Đối tượng điểm		
Cây xanh	Điểm	CayXanh	Đối tượng điểm		
Nhà máy	Vùng	NhaMay	Đốitượng vùng	***DL nhà máy, KCN***	
Khu Công nghiệp	Vùng	KhuCongNghiep	Đối tượngvùng		
Quy hoạch sử dụng đất	Vùng	QuyHoachSuDung Dat	Đối tượng vùng	***Dữ liệu quy hoạch***	
Quy hoạch chuyên ngành	Đường, điểm	QuyHoachChuyen Nganh	Đối tượng đường, điểm		
Qui hoạch giao thông	Đường, Vùng	QuyHoachGiao Thong	Đối tượng đường, vùng		
Vùng có nguy cơ sạt lở	Vùng	VungSatLo	Đối tượng vùng	***Các nguồn gây khác***	
Vùng có nguy cơ ô nhiễm cao	Vùng	VungONhiemCao	Đối tượng vùng		

So với các CSDL GIS quản lý HTCCNS đã có trước đây, CSDL GIS đề xuất có thêm nhiều nhóm dữ liệu mới như: *Cây xanh chiếu sáng, Hạ tầng thoát nước, Hạ tầng chất thải rắn, Nhà máy – khu công nghiệp, Các qui hoạch*, nhằm cung cấp thông tin

đầy đủ, giúp quá trình xây dựng giải pháp và ra quyết định nhanh chóng kịp thời, tối ưu trong quá trình vận hành hệ thống. Không những thế các nhóm dữ liệu trên cũng rất cần thiết cho các hoạt động tư vấn về phương án sửa chữa, thay thế, thiết kế mở rộng mạng lưới, quản lý chất lượng nước nguồn và chất lượng nước lưu thông trong HTCCNS. Nhu cầu bổ sung và cập nhật các dữ liệu mới vào hệ thống là rất cần thiết và đòi hỏi phải thường xuyên, thực hiện được công việc này sẽ giúp cho GIS ngày càng có giá trị hơn.

3.3.3.2. Thiết kế cấu trúc các lớp dữ liệu

a. Dẫn giải

Minh họa cấu trúc của một lớp dữ liệu.

Hình 3.8. Cấu trúc một lớp dữ liệu

b. Ví dụ minh họa cấu trúc bảng thông tin thuộc tính

Tên lớp dữ liệu: UBNhanDan.shp

Định dạng dữ liệu: Điểm

Nguồn dữ liệu: Sở tài nguyên và môi trường

Bảng 3.3. Bảng mô tả thuộc tính dữ liệu

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN_UBND	50	C	Tên ủy ban nhân dân
MA_UBND	2	N	Mã phân cấp ủy ban nhân dân
CAP_UBND	50	C	Phân cấp ủy ban nhân dân

Bảng 3.4. Bảng giá trị gán cho các cấp ủy ban nhân dân

MA_UBND	CAP_UBND
1	UBND cấp tỉnh, thành phố
2	UBND cấp quận, huyện
3	UBND cấp phường, xã

c. Cấu trúc các lớp dữ liệu được trình bày trong Phụ lục 8 "Khung CSDL GIS cấp nước"

3.3.3.3. Sơ đồ liên kết các đối tượng không gian

Sơ đồ liên kết các đối tượng không gian trong GIS được xây dựng để mô tả các mối quan hệ trong không gian của các đối tượng theo từng nhóm dữ liệu (Bảng 3.2). Khung CSDL GIS quản lý HTCCNS đề xuất ở phần trên (Hình 3.7) có 12 nhóm dữ liệu. Dưới đây là sơ đồ liên kết các đối tượng không gian, của 3 nhóm dữ liệu tiêu biểu (Hạ tầng cấp nước, Hạ tầng thoát nước, Hành chính). Sở dĩ ba nhóm đối tượng này được chọn vì chúng có đầy đủ các đối tượng không gian nhất và ba nhóm dữ liệu này được sử dụng để giải quyết cả hai bài toán "*Thiết kế thay thế, mở rộng mạng lưới" và " Quản lý chất lượng nước*" ở chương sau.

a. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu "Hạ tầng cấp nước"

Nhóm dữ liệu "Hạ tầng cấp nước" gồm 11 lớp dữ liệu, các lớp này có mối quan hệ tô pô với nhau trong không gian. Trong sơ đồ Hình 3.9 các đối tượng dạng điểm (van nước, trụ cứu hỏa, điểm đấu nối, giếng khoan, giếng khơi, đồng hồ nước) nằm trùng hoặc chia sẻ điểm đầu cuối với đối tượng dạng đường (đường ống cấp nước). Đối tượng dạng đường (đường ống cấp nước) nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (công trình thu nước mặt, công trình thu nước mạch, công trình phụ trợ, nhà máy

nước). Các đối tượng dạng đường chia sẻ điểm đầu cuối với nhau (các đường ống cấp nước nối nhau). Ngoài ra, một quan hệ không gian khác là các đối tượng dạng điểm (van nước, trụ cứu hỏa, điểm đấu nối, giếng khoan, giếng khơi, đồng hồ nước) có thể nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (van nước nằm trong nhà máy nước). Sơ đồ liên kết các lớp trong chuyên đề được mô tả như Hình 3.9 dưới đây:

Hình 3.9. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu " Hạ tầng cấp nước"

Trong hình 3.9 thể hiện hai mối liên kết chính. Mối liên kết thứ nhất là liên kết của các lớp thông qua các đối tượng cùng kiểu dữ liệu (Node, Face, Edge). Mối liên kết thứ hai là liên kết về quan hệ không gian giữa các đối tượng trong lớp và giữa các đối tượng của các lớp khác nhau.

b. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu "Hạ tầng thoát nước"

Sơ đồ liên kết không gian giữa các lớp trong nhóm dữ liệu "Hạ tầng cấp nước" được thể hiện như trong Hình 3.10. Các đối tượng dạng điểm (trạm bơm) nằm trùng hoặc chia sẻ điểm đầu cuối với đối tượng dạng đường (đường ống thoát nước, kênh mương). Đối tượng dạng đường (đường ống thoát nước) nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (nhà máy xử lý nước thải, hồ điều hòa). Đối tượng dạng đường chia sẻ điểm đầu cuối với nhau (các đường ống thoát nước nối nhau). Các đối tượng dạng điểm (trạm bơm) có thể nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (nhà máy xử lý nước thải, hồ điều hòa).

Hình 3.10. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu " Hạ tầng thoát nước"

Trong sơ đồ liên kết nhóm dữ liệu " Hạ tầng thoát nước" có 5 lớp dữ liệu, 2 lớp dữ liệu có dạng đường, 2 lớp dữ liệu có dạng vùng và 1 lớp dữ liệu dạng điểm. Các lớp dữ liệu này liên kết với nhau qua sơ đồ như mô tả Hình 3.10.

c. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu "Hành chính"

Hình 3.11. Sơ đồ liên kết các lớp trong nhóm dữ liệu "Hành chính"

Trong Hình 3.11, các đối tượng dạng vùng chia sẻ đường ranh giới chung (phường xã, quận huyện, thành phố dạng vùng). Các đối tượng dạng đường chia sẻ đường ranh giới chung hoặc chia sẻ một phần (phường xã, quận huyện, thành phố dạng đường). Các đối tượng dạng đường (phường xã, quận huyện, thành phố dạng đường) nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (phường xã, quận huyện, thành phố

dạng vùng). Các đối tượng dạng điểm (ủy ban nhân dân, địa danh) nằm trùng với các đối tượng dạng vùng (phường xã, quận huyện, thành phố dạng vùng).

d. Mô hình liên kết các quan hệ trong CSDL

CSDL đề xuất có 47 bảng thuộc tính của đối tượng. Các bảng có thể là bảng thuộc tính của các đối tượng trong không gian cũng có thể là các bảng thuộc tính thuần túy của các đối tượng cần quản lý trong CSDL. Với CSDL trên sẽ cung cấp đầy đủ các thông tin cho hoạt động tư vấn giải quyết những tất cả các tình huống xảy ra trong hoạt động nghiệp vụ hàng ngày của HTCCNS. Mô hình quan hệ của toàn CSDL được thể hiện như ở Hình 3.12, chi tiết thuộc tính của các quan hệ trong sơ đồ này được trình bày ở Phụ lục 8.

Hình 3.12. Mô hình dữ liệu logic

3.3.3.4. Tổ chức kho dữ liệu phục vụ quản lý kỹ thuật

Để thuận tiện cho việc quản lý và sử dụng các nhóm dữ liệu trong CSDL GIS đề xuất. Các nhóm dữ liệu này được tổ chức thành 4 kho theo nhu cầu sử dụng dữ liệu của các hoạt động nghiệp vụ. Thông qua việc tổ chức các kho dữ liệu này, có thể thấy với mỗi nghiệp vụ cần có những dữ liệu gì, và dữ liệu đó thuộc lớp nào. Đó là cở sở để tạo lập các tư vấn giải pháp khi tổ chức có nhu cầu quản lý, bảo trì, thay thế hay mở rộng mạng lưới cấp nước. Việc tổ chức kho dữ liệu theo yêu cầu nghiệp vụ được thể hiện trong Hình 3.13.

Hình 3.13. Tổ chức kho dữ liệu

3.4. Kết luận chương

Chương này trước hết đề xuất giới thiệu mô hình tổng quát phát triển một GIS nói chung và mô hình kiến trúc hệ thống (cả phần cứng và phần mềm) của GIS dành cho quản lý HTTCCNS Việt Nam. Tiếp theo, đề xuất một khung CSDL GIS để quản lý HTCCNS Việt Nam. Trong khung CSDL đề xuất có 12 nhóm dữ liệu, các nhóm dữ liệu này có đầy đủ các thông tin về không gian và thuộc tính của các đối tượng rất thuận lợi cho việc xây dựng các phương án cho các hoạt động nghiệp vụ của thệ thống. Khung CSDL này sẽ được ứng dụng để giải quyết các bài toán đã đề xuất, cụ thể sẽ được trình bày ở phần tiếp theo.

CHƯƠNG 4 - ỨNG DỤNG GIS CHO BÀI TOÁN THIẾT KẾ BẢO TRÌ - MỞ RỘNG MẠNG LƯỚI TỐI ƯU VÀ CẢNH BÁO Ô NHIỄM NƯỚC TRONG HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC SẠCH

Chương này trình bày chi tiết phương pháp giải quyết 2 bài toán *thiết kế thay thế, mở rộng mạng lưới và cảnh báo ô nhiễm chất lượng nước* đã nêu ở Chương 1, sử dụng CSDL GIS đã đề xuất ở Chương 3. Tiếp theo, sử dụng dữ liệu của Công ty Nước sạch số 2 Hà Nội để thử nghiệm. Phần cuối chương, trình bày các kết quả thử nghiệm và đưa ra một số nhận xét.

4.1. Mở đầu

Phần này của luận án sẽ tập trung trình bày ứng dụng GIS nhờ áp dụng mô hình và CSDL ở các chương trước cho hai bài toán tiêu biểu trong số các bài toán đã được đề xuất ứng dụng GIS vào quản lý HTCCNS ở Chương 2. Đó là hai bài toán *thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu, và cảnh báo ô nhiễm nước*. Để phục vụ cho việc giải hai bài toán này, các dữ liệu tương ứng cũng đã được thu thập và cập nhật vào CSDL GIS.

Bài toán "Phát hiện và khắc phục điểm rò rỉ trên HTCCNS theo thời gian thực" cũng là bài toán được đề xuất ứng dụng GIS vào quản lý. Thực tế, đây là bài toán được coi là cấp bách nhất cần được giải quyết trước tiên. Tuy nhiên, để giải quyết được bài toán này một cách triệt để, cần phân tích các nguyên nhân chính gây ra rò rỉ trong HTCCNS của Việt Nam hiện nay. Như chúng ta đã biết, rò rỉ nghiêm trọng trong HTCCNS Việt Nam hiện nay xuất phát phần lớn từ các mạng đường ống cũ đã hình thành từ hàng chục, hàng trăm năm trước. Các mạng này ban đầu được thiết kế đơn giản với công suất nhỏ, công nghệ lạc hậu, đủ chủng loại đường ống, được xây dựng bổ sung một cách chắp vá theo các yêu cầu ở các thời điểm khác nhau và thiếu qui hoạch, v.v… do đó không theo dõi quản lý được. Trong vài năm gần đây, khi thực hiện các dự án đầu tư cải tạo phát triển cấp nước một cách quy mô, bài bản, vì nhiều nguyên nhân, việc đầu tư cũng chỉ tập trung chủ yếu vào xây dựng nhà máy, phát triển nguồn nước, tăng công suất cấp nước. Phần mạng lưới đường ống này hầu như không được ưu tiên, quan tâm đầu tư một cách thích đáng. Rò rỉ từ những mạng này đã được các CTCNS biết và đã có những giải pháp như:

- Tiến hành phân vùng tách mạng nhằm kiểm soát tốt nhất mạng lưới đường ống và các hộ tiêu thụ, lắp đặt đủ đồng hồ lưu lượng, đạt tiêu chuẩn và kiểm tra định kỳ, v.v…
- Thay thế, sửa chữa các ống bị hỏng, bị rò rỉ nước, lắp đặt ống mới và thiết bị cho đồng bộ kỹ thuật trên mạng lưới.
- Đầu tư trang thiết bị phát hiện rò rỉ trên các đường ống lớn, tăng cường thiết bị máy móc và nhân lực phục vụ cho công tác kiểm tra sửa chữa, v.v…
- V.v…

Qua nhiều năm thực hiện, tỷ lệ thất thoát nhìn chung có xu thế giảm, nhưng tỷ lệ rò rỉ trên các mạng đường ống cũ vẫn chưa được cải thiện đáng kể. Việc tiến hành chống rò rỉ hiệu quả chỉ có thể làm được khi:

- *Xác định được vị trí rò rỉ và trạng thái mạng ống (bản đồ đặt ống, độ sâu, kích thước, v.v... của toàn bộ các đường ống, thiết bị, phụ tùng).*
- *Đánh giá được tình trạng chất lượng các ống, các phụ kiện và mức độ rò rỉ.*
- *Đưa ra các giải pháp hợp lý để khắc phục (thay thế, sửa chữa ống và thiết bị).*
- *Xác định kinh phí để đáp ứng việc thực hiện các giải pháp lựa chọn, thời gian kế hoạch thực hiện, biện pháp thi công, những liên quan đến việc đền bù giải tỏa mặt bằng, v.v…*

Đây là công việc khó khăn vì hầu như toàn bộ hệ thống mạng lưới đường ống cấp nước luôn nằm sâu dưới đất. Khó khăn lớn hơn đối với những hệ thống cấp nước có tuổi thọ lâu đời, có quá trình phát triển, bảo trì rất dài qua nhiều giai đoạn. Ở đó hệ thống đường ống không được phân vùng rõ ràng, không có ranh giới hợp lý. Có khi mỗi ống vừa là truyền tải vừa là phân phối, v.v... Thêm nữa, không có đầy đủ bản đồ, hồ sơ lưu trữ theo dõi quản lý của các tuyến ống (đường kính, độ sâu, vật liệu ống, năm xây dựng, v.v...); hầu hết nằm trong khu đô thị chật hẹp, bị nhà cửa, công trình đè lên trên hoặc nằm sâu giữa lòng đường, v.v…Vì thế, việc phát hiện rò rỉ và khắc phục là rất khó khăn, chậm chạp, hiệu quả khắc phục rỏ rỉ là rất thấp. Ngoài việc điều tra, khảo sát ***xây dựng lại các hồ sơ về mạng lưới***, v.v…trong trường hợp đặc biệt, đối với những khu vực mạng ống có tỷ lệ rò rỉ cao có thể phải thay thế chúng. Đây là cơ sở cơ bản để có thể tiến hành các bước tiếp theo chống rò rỉ một cách hiệu quả và thuận lợi.

Qua các phân tích trên cho thấy, việc giải quyết bài toán "Phát hiện và khắc phục điểm rò rỉ trên HTCCNS theo thời gian thực" đã được các CTCCNS thực hiện từ rất lâu, nhưng vẫn theo cách truyền thống, thủ công, cho đến nay nhiều khu vực còn cho hiệu quả rất thấp (với các lý do như đã trình bày ở trên). Để phát hiện nhanh các điểm rò rỉ, người ta có thể đặt các thiết bị đo để nhận dữ liệu ở những điểm nhất định trong hệ thống cấp nước. Các thiết bị này thường xuyên truyền dữ liệu về máy chủ, và bằng

việc giải bài toán áp lực trên hệ thống ống có thể định vị được điểm rò rỉ nhanh chóng và chính xác (luôn là vấn đề khó nhất). Tuy nhiên, phương án này trong điều kiện Việt Nam là rất đắt đỏ, không kinh tế, nên người ta không dùng. Để giải quyết bài toán rò rỉ triệt để, trong trường hợp này ta chọn phương án " **Phòng bệnh hơn chữa bệnh**", tức là thiết kế và thay thế mạng cấp nước cũ bằng một mạng mới.

Để giảm được tỉ lệ thất thoát chung theo mục tiêu kế hoạch đến năm 2025 sẽ không chỉ tiến hành chống thất thoát đối với các mạng lưới đường ống đã được xây dựng và đang tồn tại, mà còn phải có kế hoạch phòng ngừa thất thoát ở các tuyến ống đang hoặc sẽ xây dựng. Số lượng các hệ thống này là rất lớn. Dự kiến từ năm 2014 – 2020, ngành cấp nước sẽ được đầu tư khoảng 70.000 tỷ đồng, bình quân vào khoảng 10.000 tỷ đồng/năm [22]. Các đơn vị cấp nước cần quan tâm đến việc này ngay từ trong quá trình lập dự án, quá trình thiết kế. Giải pháp tốt cho vấn đề này chính là việc giải quyết bài toán thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới tối ưu sẽ được trình bày chi tiết trong phần sau.

4.2. Thiết kế thay thế, mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu

4.2.1. Đặt vấn đề

Vấn đề sửa chữa và mở rộng mạng đường ống cung cấp nước sạch là nhiệm vụ thường xuyên và có ý nghĩa quyết định đến việc đáp ứng yêu cầu thường nhật ngày một cao của xã hội cả về số lượng, chất lượng và giá thành đối với các công ty cấp nước.

Việc bảo trì, thay thế và phát triển mạng đường ống mới hiện nay vẫn được các công ty cấp nước thực hiện một cách thủ công (bằng tay). Đã có nhiều nghiên cứu của nước ngoài về ứng dụng GIS liên quan đến hai vấn đề này. Tuy nhiên, bài toán đặt ra còn đơn giản, và bản chất của bài toán là đòi hỏi luôn phải bổ sung và hoàn thiện các ràng buộc của nó theo điều kiện cụ thể của nơi áp dụng. Một số điều kiện cơ bản thực tế yêu cầu (đặc biệt ở Việt Nam) còn chưa được tính đến trong các bài toán đã nghiên cứu như: H*iện trạng của cơ sở hạ tầng, địa hình và sử dụng đất, các yếu tố tác động của môi trường*. Các tiêu chí này có ảnh hưởng đáng kể đến sự khả thi thi công, đến chi phí xây dựng của công trình, cũng như đến tuổi thọ đường ống. Chính vì vậy, để giải quyết tốt hai vấn đề nêu ra trong điều kiện của Việt Nam, bài toán cần được phát biểu một cách đầy đủ, sát với thực tiễn, và ứng dụng GIS để tạo ra một hệ trợ giúp hữu hiệu.

4.2.2. Phát biểu bài toán

Mạng lưới cấp nước của một khu vực được chia thành các khối cấp nước, có ranh giới thường được lấy theo ranh giới hành chính quận–huyện. Mỗi khối chia nhỏ thành 5 – 12 ô cấp nước. Mỗi ô cấp nước quản lý một số lượng các hộ được cấp nước. Cách tổ chức hệ thống thành từng khối-ô giúp dễ dàng quản lý tốt được khả năng cấp nước cũng như nhu cầu sử dụng nước ở mỗi khối. Do vậy, việc lập kế hoạch bảo trì hoặc mở rộng đường ống trong một số ô cấp nước có thể được xem là trường hợp phổ biến. Về mặt nhận dạng, mạng con được xét là một đồ thị con hình cây của một đồ thị mạng cấp nước lớn hơn. Trong đó các điểm được cấp nước và điểm nguồn cấp nước xem là các đỉnh của đồ thị được gắn các tọa độ. Đường đi của ống nối các điểm trên là các cạnh của đồ thị. Chi phí để lắp đặt đường ống nước ứng với từng cạnh sẽ gồm các chi phí như: *Chi phí cho đường ống và thiết bị, chi phí xây dựng, chi phí quản lý, chi phí vốn đầu tư và chi phí khác*. Nhiệm vụ là phải thiết kế một mạng đường ống đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật đặt ra (các ràng buộc của mạng trong môi trường thế giới thực) và tổng chi phí là ít nhất, và có thể lợi ích mạng lại nhiều nhất.

Vì các điểm được cấp nước trong một ô thường được lấy từ một điểm nguồn cấp chính duy nhất. Vì vậy, mạng đường ống cấp nước được xét luôn có thể được giả thiết là có dạng một cây đồ thị. Trong một số trường hợp, cụm cấp nước nhỏ có thể có một số nguồn cấp. Khi đó cần bổ sung thêm một số cạnh đường ống vốn có sẵn thành một mạng lớn hơn để chỉ có một điểm cấp. Khi đó chi phí của mỗi đường ống thêm vào để mạng trở thành một cây sẽ cho chi phí bằng không. Giả thiết này làm đơn giản hóa việc sử dụng thuật toán cây khung nhỏ nhất mà không ảnh hưởng đến nội dung bài toán đặt ra.

4.2.3. Lập mô hình chung của bài toán

a. Hàm mục tiêu của bài toán

Hàm mục tiêu của bài toán có dạng:

$$\sum_{i \in U} c(i) \longrightarrow \text{Min} \qquad (1)$$

Trong đó: **U** là tập các cạnh của đồ thị ban đầu, **i** là một cạnh và **c**(i) là chi phí cho cạnh đó.

Có rất nhiều cách để tính chi phí c(i), tùy theo điều kiện cụ thể của nơi cần lập mạng và dữ liệu có thể thu thập được. Theo Jun, Koo và Koh, việc tính chi phí này bằng cách sử dụng hai hàm hồi quy tuyến tính (lập được với các dữ liệu thực tế thu

được từ quá khứ) dành cho hai loại ống nước có đường kính khác nhau và có một tham số là độ dài đường ống [57].

Ở Việt Nam hiện tại, ta có thể sử dụng công thức tính chi phí cho đoạn đường ống là cạnh đồ thị mạng như sau:

$$c(i) = cf(d_i)l_i \qquad (2)$$

Trong đó $cf(d_i)$ là chi phí toàn bộ để lắp đặt cho 1 mét ống có đường kính d_i (xem bảng 1) và l_i là độ dài đường ống i. Bảng 4.1 là những con số trung bình mà các công ty tính toán được (theo một phương pháp nào đó) thông qua số liệu quá khứ của đơn vị mình trong một khoảng thời gian. Việc có những số liệu như vậy là rất quý, có thể giúp giải ngay bài toán đặt ra. Tuy nhiên, về lâu dài, khi có thể thu thập được nhiều dữ liệu hơn thì có thể chọn một phương pháp tính khác (ví dụ, phương pháp hồi quy) để có những dữ liệu cho độ tin cậy hơn.

Bảng 4.1. Khái toán 1m ống

STT	Đường kính (d_i)	$cf(d_i)$ = Số tiền (đồng)
1	50	12.179.000
2	75	12.319.000
3	90	12.521.000
4	110	12.529.000
5	150	13.023.000
6	200	13.499.000
7	250	13.853.000
8	300	14.777.000
9	400	15.351.000
10	450	16.297.000
11	600	21.713.000

.

Nguồn: Số liệu do Phòng Kỹ thuật Công ty nước sạch Hà Nội cấp [24]

b. Các ràng buộc của bài toán

Mạng ống nước được thiết kế phải thỏa mãn các ràng buộc sau:

1. *Mạng là liên thông với nhau (đảm bảo nước từ nguồn đến nơi sử dụng).*

2. *Các tuyến đường ống phải bám theo đường giao thông hoặc có thể đi theo đường khác nhưng không được xuyên qua các đối tượng kiến trúc như:* nhà dân, công trình,v.v. *(đảm bảo thi công được).*
3. *Các tuyến đường ống phải đảm bảo thỏa mãn các tiêu chí của chương trình Cấp nước an toàn [4][5], cụ thể là :*

a. Không đi qua địa hình có độ dốc cao, mức độ sụt lún lớn, vùng đất gây ô nhiễm lên nguồn nước.

b. Tránh các cơ sở hạ tầng như đường giao thông, cầu, cáp quang, v.v. có nguy cơ gây ảnh hưởng đến chất lượng nước trong ống.

c. Tránh khu vực môi trường như nhà tiêu, bãi rác, vùng nhiễm chất độc hại,.v.v. là nguồn ô nhiễm có thể thấm thấu vào đường ống.

Tùy môi trường thực tế ở nơi mà mạng ống nước được phát triển, các ràng buộc trên đây có thể thêm hay bớt mà không ảnh hưởng gì đến quá trình giải bài toán. Vấn đề cốt yếu là ở chỗ, CSDL GIS được sử dụng phải có sẵn các dữ liệu cần thiết cho việc thiết lập bài toán này.

4.2.4. Thuật toán cho bài toán đặt ra

Mạng ống nước được vạch ra ban đầu là một đồ thị phẳng, liên thông (với các cạnh được lựa chọn). **Một cây khung** (không có chu trình kín) sẽ gồm các cạnh nối từ điểm gốc (nguồn cấp) đến tất cả các đỉnh (điểm sử dụng nước). Bài toán tìm mạng đường ống tối ưu dẫn đến tìm cây khung ngắn nhất (giả thiết rằng, mạng đồ thị thu được ban đầu đã thỏa mãn các ràng buộc đặt ra) có độ dài cạnh là chi phí toàn bộ để lắp đặt ống cho cạnh đó. Có nhiều thuật toán khác nhau có thể sử dụng để giải bài toán này (chẳng hạn, thuật toán cho bài toán quy hoạch tối ưu). Tuy nhiên, tác giả chọn thuật toán Prim [45] để giải quyết bài toán này vì nó đơn giản và hiệu quả. Thuật toán Prim cho phép tìm nghiệm bằng cách xây dựng dần các thành phần của nó theo từng bước: tại mỗi bước chỉ chọn một cạnh trong số không lớn các cạnh kề với tập đã chọn của đồ thị, làm cho thuật toán trở nên đơn giản. Và khi thuật toán kết thúc cũng là lúc nhận được một nghiệm của bài toán và cũng là nghiệm tối ưu.

Thuật toán có thể mô tả như sau: Giả sử mạng ống là một đồ thị liên thông có n đỉnh và một đỉnh gốc s (điểm cấp nước duy nhất). Thuật toán bắt đầu từ một tập chỉ gồm một đỉnh gốc s của đồ thị. Đầu tiên chọn một cạnh nối s với đỉnh lân cận gần nó nhất, chẳng hạn là đỉnh y, nghĩa là cạnh (s,y) có chi phí nhỏ nhất trong số các cạnh đi ra từ s được chọn. Tiếp theo, từ hai đỉnh s và y, và cạnh (s,y) được lấy làm tập gốc, và

quá trình tiếp tục thực hiện theo cách làm tương tự. Quá trình này sẽ tiếp tục cho đến khi thu được một đồ thị là một cây khung gồm n đỉnh và n-1 cạnh. Đó chính là cây khung nhỏ nhất cần tìm, nó biểu diễn mạng đường ống tối ưu được chọn của thiết kế.

4.2.5. Sử dụng cơ sở dữ liệu GIS

Bài toán được giải với sự trợ giúp của GIS. Vì vậy, giả thiết rằng, đã xây dựng được một CSDL GIS có đủ dữ liệu cho việc giải quyết bài toán này. Cụ thể là đã có các dữ liệu sau đây có thể lấy ra từ CSDL để sử dụng, bao gồm:

a. Nguồn dữ liệu không gian

Các bản đồ hành chính, bản đồ địa hình, bản đồ địa chính (ở các định dạng AutoCAD, Microstation, MapInfo…) tỉ lệ từ 1/50000 (cho cấp quận, huyện) đến 1/2500 (cho cấp xã phường) được thành lập từ năm 2005 đến năm 2010 bằng phương pháp đo vẽ, khảo sát, thống kê thực địa.

b. Các lớp dữ liệu sử dụng

Để xây dựng phương án tối ưu trong thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới rất cần đến các thông tin như: *Vị trí đường giao thông so với vị trí cần đặt đường ống, dân số khu vực cần thiết kế, vị trí nhà dân, vị trí khu công nghiệp, vị trí các bãi rác, nghĩa trang và trạm trung chuyển chất thải rắn*. Ngoài ra cũng cần các thông tin về sông ngòi, kênh mương, cây xanh, hệ thống chiếu sáng và hệ thống thoát nước. Có đầy đủ các thông tin này đối chiếu với các tiêu chuẩn trong thiết kế HTCCNS để loại trừ các khả năng không được phép thực hiện, sau đó kết hợp với các dữ liệu về kho vật tư, tổ đội thi công có trong hệ thống sẽ giúp cho việc lập kế hoạch thiết kế, thi công tới ưu hơn mà không mất nhiều thời gian và công sức khảo sát hiện trường. Cụ thể các lớp dữ liệu được sử dụng:

- *Lớp dữ liệu Hạ tầng cấp nước (đường ống nước, điểm đầu nối, điểm cấp nước, v.v...)*
- *Lớp dữ liệu Giao thông*
- *Lớp dữ liệu Hành chính*
- *Lớp dữ liệu Thủy văn*
- *Lớp dữ liệu Hạ tầng thoát nước*
- *Lớp dữ liệu Địa hình*
- *Lớp dữ liệu Cây xanh, chiếu sáng*
- *Lớp dữ liệu Sử dụng đất*

- *Lớp dữ liệu Nhà máy – khu công nghiệp*
- *Lớp dữ liệu Chất thải rắn*
- *Lớp dữ liệu Các qui hoạch.*

4.2.6. Thiết lập mô hình cụ thể cho bài toán

Trước hết cần lập bản đồ các điểm cấp nước và các điểm dùng nước của vùng được chọn làm tập các đỉnh của đồ thị. Sau đó tạo một đồ thị ban đầu liên thông bằng cách thêm vào các cạnh nối giữa các đỉnh đã cho. Ở mức tối đa, có một đồ thị đầy đủ: Gồm tất cả các cạnh nối mọi cặp đỉnh đã cho. Tại phương án ban đầu, bằng trực quan (hiển thị bản đồ nền), có thể loại bớt đi các cạnh không hợp lý một cách hiển nhiên (nối 2 đỉnh quá xa nhau, nối 2 đỉnh ngang qua nhà dân, công trình kiến trúc, v.v…) để làm đơn giản hóa đồ thị mạng ban đầu. Để tạo ràng buộc bài toán, dùng đồ thị này để loại dần các cạnh vi phạm ràng buộc. Cụ thể là, mỗi lần dùng một đồ thị nền ràng buộc hiện đồng thời với đồ thị mạng đã có, làm cơ sở đối chiếu để nhận biết cạnh vi phạm ràng buộc và loại nó đi khỏi mạng đang xét. Trong quá trình loại các cạnh có thể cần thêm đỉnh hay cạnh mới để đảm bảo mạng luôn là liên thông và bám theo đường giao thông. Cách thiết lập các ràng buộc bằng cách này (kết hợp thủ công và tự động) là trực quan, thao tác đơn giản, vừa dễ dàng thực hiện, vừa tốn rất ít thời gian và công sức. Nếu mô tả các ràng buộc này bằng các biểu thức toán học sẽ rất khó khăn, do các biến là các đối tượng không gian (có nhiều chiều). Hơn nữa, các ràng buộc có thể được biểu diễn, nhưng lại không đủ dữ liệu để thực hiện nó. Tiếp đến, khi bài toán được thiết lập với các ràng buộc đủ phức tạp như vậy, có thể khó tìm được một thuật toán thích hợp để giải.

Khi đã có đồ thị mạng thỏa mãn các ràng buộc, ta xác định chi phí cho các cạnh còn lại của đồ thị. Bây giờ bài toán đã đầy đủ và có thể giải nó để tìm mạng thiết kế tối ưu bằng công cụ đã thiết lập.

Chú ý. Chi phí cho các cạnh đồ thị thường tính theo con số trung bình. Điều đó sẽ không chính xác khi địa hình khu vực lắp đặt mạng đường ống không đồng nhất. Tùy theo tính chất của địa hình mà những đoạn đường ống ở những vị trí khác nhau sẽ có chi phí cho thi công, xây dựng là khác nhau (còn phụ thuộc độ dài ống hay kích thước ống). Để khắc phục điều này, sau khi vạch tuyến ống thỏa mãn các ràng buộc, ta có thể gắn thêm vào mỗi cạnh một trọng số w_i (thể hiện sự phức tạp thi công hay kích thước đường kính to/nhỏ của đoạn ống) là tham số điều chỉnh. Khi đó, hàm mục tiêu của bài toán có dạng: $\sum w_i cf(i) l_i$.

4.2.7. Giới thiệu bộ công cụ giải bài toán

4.2.7.1. Ngôn ngữ lập trình

Python là ngôn ngữ được chọn lựa để xây dựng *bộ công cụ trợ giúp* thiết lập và giải bài toán thiết kế vạch tuyến mạng cấp nước tối ưu. Python là một ngôn ngữ lập trình hướng đối tượng, chạy được trên nhiều hệ điều hành khác nhau như Windows, Linux, Unix, Mac. Nó đơn giản để phát triển ứng dụng, và được đánh giá là ngôn ngữ có số lần gõ phím ít nhất khi viết chương trình so với các ngôn ngữ khác như C/C++, Java, v.v. Từ phiên bản ArcGIS 10.0 ESRI đã xây dựng thư viện ArcPy được viết bằng ngôn ngữ Python. Thư viện ArcPy rất mạnh trong việc xử lý dữ liệu của ArcGIS..

4.3.7.2. Các chức năng của bộ công cụ

Bộ công cụ hỗ trợ công tác thiết kế thay thế và mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu, gồm hai chức năng: **a.Thiết kế mạng lưới** nhằm tạo ra mạng ban đầu thỏa mãn các điều kiện ràng buộc của bài toán đặt ra, và **b.Tìm mạng tối ưu** bằng thuật toán cây khung nhỏ nhất. Ngoài ra, nó còn có các chức năng thông thường, như **tìm kiếm và xem mạng kết quả** của một bài toán đã giải**,** và chức năng **xuất kết quả** ra trên một thiết bị nào đó**.**

4.2.7.3. Một số giao diện của bộ công cụ

Hình 4.1. Giao diện tìm mạng đường ống tối ưu

Hình 4.2. Giao diện thiết lập các ràng buộc bài toán

Có thể nói rằng, cho đến nay, đã có những nghiên cứu tương tự bài toán đã đặt ra ở đây, nhưng chưa nêu ra đủ các loại ràng buộc có ý nghĩa thực tế như bài toán này, và cũng chưa ở đâu nêu rõ cách thiết lập các ràng buộc đó ra sao. Thêm nữa, chưa có một chương trình nào viết cho thuật toán Prim trong không gian được công bố. Đặc biệt, chương trình được gắn vào mô đun chức năng để giải quyết một bài toán trong thực tế với các dữ liệu không gian. Kết quả này cũng là một điểm mới mà luận án của tác giả đã thực hiện.

4.2.8. Sơ đồ tiến trình giải bài toán

Khi sử dụng bộ công cụ, ta tiến hành giải bài toán theo các bước được mô tả ở Hình 4.3.

Hình 4.3. Sơ đồ quy trình giải bài toán lập mạng tối ưu với bộ công cụ

4.2.9. Kết quả thử nghiệm giải bài toán với các dữ liệu thực

a. Giới thiệu khu vực thử nghiệm

Khu vực thử nghiệm là một ô cấp nước trong hệ thống cấp nước phía Bắc Sông Hồng, do Công ty cấp nước số 2 Hà Nội quản lý. Mạng đường ống của ô cấp nước này được xây dựng từ thời Pháp thuộc, nên số lần xảy ra sự cố rất cao. Đơn vị chủ quản đang có kế hoạch thay thế toàn bộ mạng đường ống cho ô cấp nước này vào năm 2016.

Ô cấp nước được thử nghiệm thuộc mạng lưới phân phối (cấp II), để thuận tiện ô cấp nước được đặt tên là QC_06 gồm 32 điểm cần cấp nước. Các điểm này được đánh

số từ 2 đến 33 và một nguồn cấp nước được đánh số 1. QC_06 hiện nay được thiết kế như Hình 4.4:

Nhận xét thực trạng:

– *Tổng độ dài toàn mạng của QC_06: 2130,33571m*

– *Tuyến ống 12-13, 13-9, 24-33 vị phạm chuẩn thiết kế do gần bãi rác (<=10m)*

Hình 4.4. Thực trạng mạng lưới cấp nước QC_06

b. Kết quả sử dụng bộ công cụ thiết kế thay thế mở rộng mạng lưới

b1. Thiết kế mạng lưới

– *Ở bước này, phải xây dựng được mạng đường ống cấp nước với đầy đủ các trường hợp có thể chấp nhận được. Theo tiêu chuẩn thiết kế, hệ thống mạng đường ống không xuyên qua nhà dân, khu công nghiệp, công trình kiến trúc v.v... Hạn chế đi qua: Sông, đê, đầm lầy, xe lửa, v.v... Kết quả thiết kế bước đầu cho QC_06 như Hình 4.5.*

Hình 4.5. Bản đồ mạng đường ống cấp nước theo đường giao thông

– *Bước tiếp theo cần loại bỏ các tuyến ống vi phạm các chuẩn thiết kế như: Gần bãi rác, gần nghĩa trang, gần kênh mương, qui hoạch đất, v.v. Các tuyến ống vi*

phạm sẽ được công cụ KIỂM TRA TIÊU CHÍ tự động tìm ra và đánh dấu trên bản đồ. Đơn vị thiết kế căn cứ vào thực tế các tuyến ống vi phạm đã đánh dấu để xác định việc chấp nhận tuyến ống vi phạm hay loại bỏ. Hình 4.6 thể hiện các tuyến ống vi phạm tiêu chuẩn gần bãi rác (nhóm tiêu chí môi trường).

Hình 4.6. Bản đồ các tuyến ống vi phạm tiêu chí bãi rác

b2. Tìm mạng tối ưu

– *Bản đồ sau khi loại bỏ các tuyến ống vi phạm sẽ là đầu vào của việc tìm mạng tối ưu. Công cụ TÌM MẠNG TỐI ƯU sẽ nhận các thông tin của các điểm cấp nước và thông tin của các tuyến ống vi phạm chuẩn thiết kế để tìm mạng lưới có tổng chiều dài ngắn nhất. Mạng lưới tối ưu có đường đi bắt đầu từ điểm cấp nước đến tất cả các điểm cần cấp nước thỏa mãn các tiêu chí đã đặt ra. Kết quả như Hình 4.7.*

Hình 4.7. Bản đồ vạch tuyến mạng lưới cấp nước tối ưu

c. Nhận xét

Công việc thiết kế mạng lưới cấp nước có rất nhiều nội dung, trong đó "**Vạch tuyến mạng cấp nước**" là nội dung đầu tiên phải thực hiện. Bộ công cụ được đề xuất sẽ giúp các đơn vị thiết kế thực hiện công tác vạch tuyến cấp nước tối ưu. Các nội dung khác trong chuỗi công việc thiết kế mạng lưới cấp nước (tính thủy lực, xác định lưu lượng, vv...), đã được nghiên cứu rất nhiều và đã có những sản phẩm trợ giúp tốt như phần mềm thủy lực, Scada, v.v... do vậy tác giả chỉ tập trung nghiên cứu công tác vạch tuyến mạng cấp nước tối ưu. Để thực hiện công tác vạch tuyến cấp nước, đơn vị thực hiện phải đến hiện trường khảo sát nhằm xác định đường đi cho các tuyến ống. Công việc này nếu làm thủ công mất rất nhiều thời gian, vì địa bàn rộng và cần rất nhiều thông tin (*dân cư, đường giao thông, cây xanh chiếu sáng, thoát nước, kênh mương, bãi rác, nghĩa trong, độ dốc, nền đất, v.v...*). Có những thông tin có thể trực quan nhìn thấy, nhưng nhiều thông tin không thể nhìn thấy do nằm sâu dưới lòng đất hoặc bị các đối tượng khác che lấp. Để có được những thông tin chính xác và tiết kiệm được thời gian khảo sát thì GIS là một công nghệ rất hữu ích. Trong CSDL GIS tác giả

đã đề xuất, có đầy đủ các thông tin này và nếu có điều kiện kết hợp với viễn thám thì công việc khảo sát sẽ được tiến hành nhanh chóng và chính xác. Thậm chí, nếu cập nhật được đầy đủ các dữ liệu vào khung CSDL đã đề xuất, việc khảo sát không cần phải đến thực địa, công việc này chỉ thực sự cần khi gặp những trường hợp đặc biệt.

Công tác vạch tuyến ống cấp nước phải đảm bảo nguyên tắc: T*ổng chi phí lắp đặt đường ống là nhỏ nhất, đường ống phải bao trùm tất cả các đối tượng dùng nước, hướng vận chuyển của nước đi về cuối mạng, hạn chế bố trí đi qua đê, sông, đầm lầy, đường xe lửa*. Công việc này hiện nay các công ty cung cấp nước đang làm thủ công nên việc tính toán tổng chiều dài ngắn nhất thỏa mãn các tiêu chí hầu như chưa được tính đến. Tiêu chí tổng chi phí lắp đặt ít nhất sẽ đem lại rất nhiều lợi ích. Ngoài lợi ích từ chiều dài đường ống còn có lợi ích trong việc lựa chọn đường kính đường ống (nếu chiều dài ngắn thì đường kính ống nhỏ hơn vẫn cung cấp được cùng một lượng nước tương ứng với tuyến ống có chiều dài lớn hơn và đường kính cũng phải lớn hơn), còn tiết kiệm được các vật liệu đi kèm, sự thi công và cuối cùng là vấn đề bảo hành bảo trì cũng đơn giản hơn so với đường ống dài hơn. Lợi ích của vạch tuyến tối ưu là rất lớn, nhất là trong bối cảnh nước ta đang có 20 % đô thị chưa được sử dụng nước sạch và rất nhiều mạng đường ống có tuổi thọ cao đang cần được thiết kế thay thế. Với bộ công cụ đã xây dựng, việc vạch tuyến đảm bảo các nguyên tắc và lợi ích như đã nêu vì ở đây việc xác định tuyến ống ngắn nhất luôn thỏa mãn ràng buộc tiên quyết là đi theo đường giao thông.

Sử dụng bộ công cụ đã xây dựng ở trên để thực hiện công việc vạch tuyến ống tối ưu cho QC_06, dựa trên các dữ liệu thực tế mà công ty cấp nước số 2 đang quản lý cho, kết quả như sau:

- *Tổng độ dài mạng lưới tối ưu đề xuất là:* ***1917,73 (m)***.
- *Mạng đề xuất ngắn hơn mạng hiện tại:* ***2130,33 – 1917,73 = 212,6*** *(m). Mạng đường ống đang cấp nước cho QC_06 có đường kính là 150 mm. Nếu tính theo đơn giá khai toán 1m ống của đường kính trên trong Bảng 4.1 thì số tiền tiết kiệm được là hơn* ***2,7*** *tỷ đồng.* ***N****goài ra, mạng tuyến ống đề xuất không vi phạm chuẩn thiết kế. Lợi ích đem lại là rất lớn.*
- *Khi đã có đầy đủ các dữ liệu, công cụ vạch tuyến ống tối ưu cho 32 điểm cần cấp nước trên sẽ cho kết quả trong khoảng 3 phút. Do vậy, công việc tốn nhiều thời gian nhất vẫn là việc thu thập và chuẩn hóa dữ liệu.*

4.3. Ứng dụng GIS cho bài toán cảnh báo ô nhiễm nước

4.3.1. Đặt vấn đề

Chương trình "Cấp nước an toàn" đã được xây dựng và triển khai từ nhiều năm nay, nhưng chất lượng nước sinh hoạt Việt Nam vẫn chưa ổn định [2]. Cấp nước an toàn là nhiệm vụ đồng thời cũng là mục tiêu quan trọng của bất mọi quốc gia nào. Với tầm quan trọng của nước sạch trong đời sống như vậy, các CTCCNS đã nỗ lực hết mình, thay đổi công nghệ, thay đổi cơ sở vật chất, cải tiến mô hình quản lý, v.v… để giảm thiểu rủi ro. Tuy nhiên, do HTCCNS trải dài theo không gian và xây dựng ở những khoảng thời gian khác nhau, do sự biến đổi của môi trường, của xã hội đã ảnh hưởng lên hệ thống, làm cho nó có những thay đổi vượt quá khả năng kiểm soát cuả các CTCCNS. Kết quả là, đến nay chất lượng nước bị thay đổi theo nhiều xu hướng bất lợi khác nhau, chưa và đảm bảo được nhiều chỉ tiêu chất lượng. Vấn đề này cần được khắc phục ngay, vì nó gây ra những tác hại to lớn đến cả một vùng dân cư, không chỉ ở hiện tại mà còn kéo dài cả ở tương lai.

Đây là một bài toán khó. Với cách quản lý thủ công của phần lớn công ty cấp nước hiện nay thì không đủ nhân lực và phương tiện để kiểm soát được chất lượng nước theo mong muốn. Vì vậy cần phải tìm giải pháp trợ giúp cho hoạt động này. Ứng dụng GIS sẽ giúp giải quyết vấn đề trở nên đơn giản hơn, tốn ít công sức và thời gian hơn. Nhờ có các thông tin về môi trường bên ngoài gần nguồn cấp nước như: V*ị trí địa lý cuả nguồn cấp, vị trí bãi rác gần nhất, vị trí các con sông bị ô nhiễm, vị trí rãnh thải, vị trí các nhà máy, khu chôn lấp chất thải, v.v…* Khi xây dựng bản đồ nước ngầm các khu vực nguy hiểm tiềm tàng này sẽ sớm phát hiện ra ảnh hưởng của chúng đến chất lượng nguồn nước và tập trung giải quyết vấn đề đúng nơi, đúng chỗ những nguyên nhân trực tiếp gây ra hậu họa. Bằng cách xây dựng các tiêu chí để đánh giá có tính đến cấp độ ô nhiễm của từng nguồn cấp nước theo thời gian, thì có thể huy động đủ nguồn lực để giải quyết dần vấn đề theo mức ưu tiên. Nhờ vậy có thể kiểm soát ô nhiễm trong HTCCNS một cách chặt chẽ và hiệu quả. Mặt khác, mỗi khi phát hiện ra vùng hoặc điểm bị ô nhiễm trong hệ thống, đơn vị cấp nước trước hết cần phải xác định nguyên nhân và nguồn gây ô nhiễm. Với hệ thống bản đồ các vùng ô nhiễm, các nguồn ô nhiễm sẵn có, nó sẽ là những cơ sở thông tin tốt để giúp các CTCCNS phát hiện và giải quyết vấn đề trên một cách nhanh chóng. Cuối cùng, với các thông tin trên được GIS cung cấp, có thể sẽ đưa ra những cảnh báo, lập ra những dự báo về ô nhiễm HTCCNS để người quản lý đưa ra những giải pháp phòng tránh nhanh chóng kịp thời và tối ưu. Những cảnh báo này cũng giúp người dân trong vùng liên quan biết được

chất lượng nước mà họ sử dụng, để có thêm những biện pháp tự bảo vệ mình. Hơn thế nữa, họ sẽ là những người có nhiều hành động tự nguyện đóng góp bảo vệ môi trường và bảo vệ nguồn nước sinh hoạt hàng ngày.

4.3.2. Mô tả bài toán

Trong một vùng rộng lớn do một CTCCNS quản lý mạng lưới cung cấp nước sạch của mình, thường có các thiết bị đo ở những vị trí nhất định hoặc được công ty tiến hành lấy mẫu nước thường xuyên để kiểm tra chất lượng nước. Khi phát hiện các mẫu nước trong hệ thống bị ô nhiễm, làm sao có thể mau chóng phát hiện được nguyên nhân ô nhiễm và các nguồn gây ô nhiêm để có giải pháp xử lý là một bài toán thường xuyên được đặt ra đối với các CTCCNS. Nhất là đối với điều kiện của Việt Nam, khi mà hạ tầng cơ sở còn chưa tốt, môi trường đang bị xâm hại trầm trọng do từ cả con người và thiên nhiên. Trong khi đó, năng lực kiểm soát và khắc phục sự suy thoái môi trường của chúng ta còn rất hạn chế.

4.3.3. Giải pháp cho bài toán đặt ra

Cách giải quyết bài toán theo hướng "**Phòng bệnh hơn chữa bệnh**". Cụ thể là, không chờ đến khi phát hiện nước trong ống bị ô nhiễm mới tìm cách giải quyết. Nhờ có công nghệ GIS, sẽ thường xuyên, định kỳ cập nhật thông tin để xây dựng và đưa ra các bản đồ cảnh báo nguy cơ ô nhiễm cho những vùng đã và sẽ cấp nước. Nhờ bản đồ này, việc kiểm tra ô nhiễm nước có thể tập trung kiểm tra ở những vùng có nguy cơ cao. Khi nước bị ô nhiễm, chính bản đồ này là cơ sở để có thể dò tìm nhanh chóng các nguyên nhân ô nhiễm để khắc phục. Thêm nữa, khi thay thế hay mở rộng mạng lưới cung cấp nước, các bản đồ này giúp thiết lập ràng buộc phòng tránh nguy cơ ô nhiễm của bài toán đặt ra. Như vậy, phòng ngừa sự ô nhiễm nước trong ống từ rất xa, từ khi bắt đầu lắp đặt mạng cung cấp nước.

4.3.4. Các bước xây dựng giải pháp

4.3.4.1. Xác định các nhân tố có nguy cơ ảnh hưởng chất lượng nước

Có rất nhiều nguy cơ làm ảnh hưởng đến chất lượng nước trong HTCCNS. Các nguy cơ này xuất hiện ở hầu hết các thành phần trong hệ thống và được chia thành 4 nhóm:

- Nhóm công trình cấp nước*: Bao gồm các nguy cơ xuất phát từ các thiết bị trong hệ thống như: Điểm rò rỉ, tuyến ống nằm trong môi trường ô nhiễm, bể chứa xuống cấp, v.v…*

- Nhóm địa hình và sử dụng đất*: Bao gồm các nguy cơ gây ảnh hưởng đến chất lượng nước trong hệ thống từ các vấn đề về địa hình như:* độ dốc, mức độ sụt lún và tình hình sử dụng đất gây ô nhiễm lên nguồn nước.
- Nhóm cơ sở hạ tầng*: Bao gồm các nguy cơ gây ảnh hưởng đến chất lượng nước trong hệ thống từ các cơ sở hạ tầng như:* đường giao thông, cầu, cáp quang, v.v…
- Nhóm môi trường*: Là các nguy cơ xuất phát do môi trường : N*hà tiêu, bãi rác, *v.v…*

4.3.4.2. Xác định các tiêu chí về mức độ ảnh hưởng của mỗi nhân tố

Các tiêu chí thuộc các nhóm nhân tố trên được chia thành hai loại:

- Các tiêu chí hạn chế*: Phân chia đối tượng thành hai mức (đạt hoặc không đạt) tương ứng với giá trị 1 và 0.*
- Các tiêu chí Yếu tố: *Phân chia mức độ của đối tượng thành nhiều mức khác nhau như: giá trị 1 là tốt nhất; giá trị 0,5 đến 1 là chấp nhận được; giá trị từ 0 đến 0,5 là nguy cơ thấp; giá trị 0 là nguy cơ cao.*

Công thức tính toán giá trị yếu tố

- *Nếu các yếu tố là lợi ích (benefit – nghĩa là càng lớn càng tốt):*

Yếu tố lợi ích = (Giá trị - Giá trị min)/(Giá trị max – Giá trị min)

- *Nếu các yếu tố là chi phí (cost – nghĩa là càng nhỏ càng tốt):*

Yếu tố chi phí = 1 - (Giá trị - Giá trị min)/(Giá trị max – Giá trị min)

Giá trị của các tiêu chí yếu tố nằm trong khoảng từ 0 đến 1.

Như vậy, sau khi xác định giá trị của các tiêu chí hạn chế và tiêu chí yếu tố, ta sẽ thiết lập được các bản đồ một tiêu chí hoặc kết hợp nhiều tiêu chí tương ứng với các mức độ theo nhu cầu của người quản lý.

Sơ đồ phân rã các nhân tố ảnh hưởng đến chất lượng nước trong ống được mô tả ở Hình 4.8.

Hình 4.8. Cây tiêu chí cảnh báo nguy cơ ô nhiễm trong HTCCNS

4.3.4.3. Xây dựng CSDL

CSDL phục vụ giải quyết bài toán cảnh báo ô nhiễm là một phần trong khung CSDL được đề xuất cho HTCCNS ở Chương 3. Mô đun này cần sử dụng các nhóm dữ liệu sau:

a. Nhóm dữ liệu nền

Nhóm này gồm:

- Nền hành chính*: Ủy ban nhân dân (điểm); Ranh giới TP Hà Nội (đường); Ranh giới TP Hà Nội (vùng); Ranh giới quận huyện TP Hà Nội (đường); Ranh giới quận huyện TP Hà Nội (vùng); Ranh giới phường xã TP Hà Nội (đường); Ranh giới phường xã TP Hà Nội (vùng); Địa danh (điểm).*
- Nền địa hình*: Đường bình độ (đường); Điểm độ cao (điểm); Mô hình số độ cao (DEM).*
- Nền thủy văn*: Sông hồ (vùng); Kênh mương (đường).*
- Nền giao thông*:Lòng đường (vùng); Tim đường (đường); Cầu đường bộ (đường).*
- Nền sử dụng đất*: Hiện trạng sử dụng đất (vùng); Quy hoạch sử dụng đất (vùng).*

b. Nhóm dữ liệu cấp nước

Nhóm dữ liệu cấp nước gồm các lớp: Đường ống cấp nước (đường); Trạm bơm nước (điểm); Van nước (điểm); Nhà máy nước (vùng); Công trình thu nước (vùng); Điểm đấu nối (điểm); Đồng hồ đo nước (điểm); Giếng thăm (điểm); Trụ cứu hỏa (điểm); Điểm rò rỉ (điểm); Điểm bị ô nhiễm (điểm); Bể chứa (điểm).

c. Nhóm dữ liệu thoát nước

Nhóm dữ liệu thoát nước gồm các lớp sau: Đường ống thoát nước (đường); Kênh mương thoát nước (đường); Trạm bơm (điểm); Hồ điều hòa (vùng); Công trình xử lý nước thải (vùng).

d. Nhóm dữ liệu kinh tế - xã hội

Nhóm dữ liệu kinh tế - xã hội cần các thông tin sau:

- Khách hàng (điểm); Nhà dân (vùng); Tường bao (đường).
- Nhóm dữ liệu cây xanh và chiếu sáng Công viên, bãi cỏ (vùng); Đường dây điện (đường)
- Đèn cao áp (điểm); Trạm biến thế (điểm); Cột điện (điểm)

e. Nhóm dữ liệu chất thải rắn

Nhóm dữ liệu chất thải rắn bao gồm:

– Điểm thu gom (điểm); Trạm trung chuyển (điểm)

– Công trình xử lý rác thải (điểm); Nơi chôn lấp (điểm).

4.3.4.4. Giao diện công cụ trợ giúp

Hình 4.9. Giao diện công cụ "Quản lý nguồn gây ô nhiễm"

Công cụ được xây dựng dựa trên các dữ liệu đầu vào và các ràng buộc như trong cây tiêu chí đã xây dựng ở phần trên để có được kết quả đầu ra.

4.3.5. Thực hiện bài toán với công cụ được xây dựng và kết quả

4.3.5.1. Các bước sử dụng công cụ

Các bước lập bản đồ cảnh báo ô nhiễm được thực hiện như Hình 4.10 .

Hình 4.10. Các bước lập bản đồ cảnh báo ô nhiễm

4.3.5.2. Kết quả thử nghiệm ứng dụng

Vì thời gian và điều kiện không cho phép, tác giả thử nghiệm trên các dữ liệu của vùng cấp nước QC_06. Sử dụng công cụ QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG – **Quản lý nguồn gây ô nhiễm** có kết quả như Hình 4.11. Cụ thể là:

– *Với giả định các điểm bị ô nhiễm (hình ngũ giác màu đỏ) ở các vị trí như trên bản đồ. Sau khi lựa chọn các tiêu chí thuộc nhóm địa hình và sử dụng đất, chạy công cụ, kết quả đề xuất hai tuyến ống và bãi rác (màu xanh) là nguồn gây ảnh hưởng đến chất lượng nước ở điểm ô nhiễm ON_08.(Hình 4.11).*

Hình 4.11. Các nguồn gây ô nhiễm từ lớp "Địa hình và Sử dụng đất"

Hình 4.12. Các nguồn gây ô nhiễm từ lớp "Công trình cấp nước"

– *Trong Hình 4.12, các điểm tròn (màu xanh) là các nguồn có khả năng gây ô nhiễm cao ứng với các điểm cần kiểm soát ô nhiễm (hình ngũ giác màu đỏ). Các nguồn gây ô nhiễm cao này hầu hết là các điểm rò rỉ (hình chữ thập) trên hệ thống tuyến ống.*

Hình 4.13. Kết quả thử nghiệm công cụ "Quản lý nguồn gây ô nhiễm"

Hình 4.13 cho kết quả tổng hợp các nguồn có khả năng gây ô nhiễm cao đến các điểm cần kiểm soát chất lượng nước.

- ***Đầu vào**: Tuyến cấp nước hiện tại QC_06 được thể hiện là đường màu nâu; các hình ngũ giác có màu đỏ là các điểm đang bị ô nhiễm (hoặc muốn kiểm tra khả năng ô nhiễm); các hình chữ thập màu xanh lá cây là các điểm rò rỉ trên đường ống và trong mạng lưới cấp nước; đường giao thông có màu vàng; các vùng màu tím nhạt là nhà dân.*
- ***Đầu ra**: Các điểm hình tròn, các đoạn đường ống, các bãi rác được đánh dấu màu xanh là những nguồn có khả năng gây ô nhiễm cao.*

Căn cứ vào bản đồ này và thêm các thông tin của xét nghiệm mẫu nước tại điểm bị ô nhiễm có thể thu hẹp các nguồn gây ô nhiễm bằng cách điều chỉnh giá trị các tiêu chí đầu vào rồi chạy lại công cụ và cuối cùng sẽ là những nguồn có khả năng gây ô nhiễm cao nhất. Căn cứ vào kết quả đơn vị có thể xây dựng phương án khắc phục nhanh hơn.

4.5. Kết luận chương

Chương này đã trình bày việc ứng dụng công nghệ GIS để giải quyết hai bài toán quan trọng trong quản lý kỹ thuật của các HTCCNS. Đó là bài toán thiết kế thay thế mở rộng mạng lưới cấp nước tối ưu và lập bản đồ cảnh báo ô nhiễm nước. Với những công cụ này, nó sẽ giúp cho các CTCCNS có thể thực hiện các công việc quản lý HTCCNS của mình một cách nhanh chóng và hiệu quả khi sử dụng công nghệ GIS.

KẾT LUẬN

Luận án đã tập trung phân tích, làm rõ thực trạng quản lý HTCCNS của Việt nam. Từ đó phát hiện những vấn đề cấp bách cần phải giải quyết. Luận án cũng nghiên cứu phương pháp luận cũng như phương pháp giải quyết các vấn đề phát hiện ra trên cơ sở ứng dụng công nghệ mới là công nghệ GIS, mà xu hướng thế giới đang vận dụng. Khi đi sâu vào việc vận dụng công nghệ GIS, luận án đã có những đề xuất cụ thể cho việc xây dựng GIS cho các CTCCNS Việt Nam và đã có những nghiên cứu giải pháp cụ thể giải quyết một số bài toán cụ thể trong quản lý HTCCNS.

Luận án đã đạt được các kết quả sau đây:

1. Phân tích và làm rõ những vấn đề cấp bách cần giải giải quyết nhằm nâng cao hiệu quả quản lý HTCCNS của Việt Nam. Từ đó đề xuất ứng dụng công nghệ GIS để có thể giải quyết một cách hiệu quả và triệt để các vấn đề nêu ra.

2. Tổng hợp và đề xuất các nội dung quản lý cơ bản của HTCCNS cho việc ứng dụng GIS là:

- *Quản lý tài sản.*
- *Quản lý bảo trì, bảo dưỡng, thay thế và phát triển mạng cung cấp nước.*
- *Quản lý chất lượng nước*
- *Các bài toán quản lý kinh doanh*

3. Trình bày mô hình tổng quát phát triển GIS. Đề xuất kiến trúc tổng thể của GIS (bao gồm cả hệ thống phần cứng và phần mềm) áp dụng cho các HTCCNS Việt Nam

4. Đề xuất khung CSDL GIS, bao gồm các đối tượng, các lớp dữ liệu không gian và các bảng thuộc tính, mô hình dữ liệu quan hệ cho GIS của các CTCCNS Việt Nam

5. Nghiên cứu ứng dụng GIS giải quyết hai bài toán quan trọng trong quản lý kỹ thuật của CTCCNS, đó là:

- *Bài toán thiết kế mạng cung cấp nước tối ưu (phục vụ việc thay thế và mở rộng mạng cung cấp nước).*
- *Lập bản đồ cảnh báo ô nhiễm nước (trợ giúp quản lý chất lượng nước).*

Những kết quả nghiên cứu trên đây đóng góp cả về mặt lý luận cũng như phương pháp cụ thể cho việc thúc đẩy ứng dụng công nghệ GIS vào ngành cấp nước Việt Nam.

Luận án góp phần giải quyết những vấn đề cấp bách mà ngành nước Việt Nam đang phải đối mặt, và là một cách để nâng cao hiệu quả quản lý các HTCCNS. Luận án đã đề xuất và làm rõ quy trình cùng các giải pháp ứng dụng công nghệ GIS vào hoạt động quản lý HTCCNS. Các kết quả nghiên cứu cũng mở ra hướng nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực CNTT về giải pháp tích hợp các công nghệ khác, các hệ thống khác (phân tích thủy lực, viễn thám, SCADA v.v…) vào hệ thống GIS quản lý tổng thể HTCCNS, làm cho việc quản lý toàn diện và hiệu quả hơn hơn. Do phạm vi lớn và tính phức tạp của các giải pháp công nghệ, còn có những hạn chế mà luận án chưa đề cập đến hết trong quá trình triển khai thực tế. Tác giả hy vọng sẽ tiếp tục có cơ hội được tham gia triển khai ứng dụng để tiếp tục hoàn thiện hai mô đun đã triển khai tại Công ty cấp nước số 2 Hà Nội. Tác giả tin rằng, những đề xuất của luận án sẽ thực sự giúp các CTCCNS Việt Nam có thể đẩy nhanh việc ứng dụng GIS vào trong công tác quản lý của mình để đạt được các mục tiêu đã đặt ra, và đem lại những lợi ích kinh tế và xã hội to lớn và thiết thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Ban quản lý dự án phát triển hạ tầng kỹ thuật – Cục Hạ tầng Kỹ thuật. Cơ sở dữ liệu cấp nước – Bộ Xây dựng năm 2012
2. Bạch Dương (2015). *Báo động chất lượng nước sinh hoạt: Hàng triệu dân đô thị uống mầm bệnh mỗi ngày*. Truy cập từ http://laodong.com.vn/xa-hoi/bao-dong-chat-luong-nuoc-sinh-hoat-hang-trieu-dan-do-thi-uong-mam-benh-moi-ngay-236546.bld, ngày 10 tháng 12 năm 2015.
3. Bộ Xây dựng (2008). *Quyết định về việc ban hành quy chế đảm bảo an toàn cấp nước*- Thủ tướng chính phủ.
4. Bộ Xây dựng (2000). *Quy trình và quy phạm quản lý kỹ thuật hệ thống cấp nước*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội, 2000.
5. Bộ Xây dựng (1999), *Tiêu chuẩn TCXD 233 /1999/BXD*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội, 1999.
6. Cao Ngọc Tuyết Trinh, Nguyễn Thị Kim Xuyến (2010). *Ứng dụng GIS trong quản lý chất lượng nguồn nước mặt thành phố Cần Thơ.* Luận văn tốt nghiệp khoa tài nguyên và môi trường, Trường ĐH Cần Thơ.
7. Công ty cấp nước Phú Yên (2011*). Ứng dụng công nghệ GIS trong quản lý hệ thống cấp thoát nước tại TP Tuy Hò*a. Truy cập tại :

   http://www.capthoatnuocpy.com.vn, ngày 10 tháng 12 năm 2015.
8. Chu Thị Hồng Hải (2015). *Xây dựng hệ thống trợ giúp cảnh báo ô nhiễm nước sạch áp dụng công nghệ GIS*. Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2015, trang 615.
9. Chu Thị Hồng Hải (2015). *Phát triển CSDL GIS trợ giúp nâng cao hiệu quả quản lý hệ thống cung cấp nước sạch ở Việt Nam*. Kỷ yếu hội thảo khoa học Quốc Gia, trang 461.
10. Chu Thị Hồng Hải (2015). *Nâng cao chất lượng hoạt động quản lý hệ thống cung cấp nước nhờ công nghệ GIS*. Kinh tế và Dự báo số 20 (10/2015), trang 42.
11. CNHP (2010). *Công ty cấp nước Hải Phòng*. Truy cập tại: http://haiphong.gov.vn/Portal/Detail.aspx?Organization=DOANHNGHIEP&MenuID=4756&ContentID=12156, ngày 10 tháng 12 năm 2015.

12. Đặng Văn Đức (2001). *Hệ thống thông tin địa lý*. NXB Khoa học và Kỹ Thuật Hà Nội.

13. Đỗ Trọng Miên, Vũ Đình Dịu (2005). *Giáo trình cấp thoát nước*. Nhà xuất bản Xây dựng.

14. Đinh Gia Anh (2015). *Tổng công ty Cấp Nước Sài Gòn "trị" thất thoát nước bằng khoa học công nghệ*. Truy cập tại: http://www.sggp.org.vn/kinhte/tugioithieu/ 2015/1/374142, ngày 10 tháng 12 năm 2015.

15. Đinh Gia Anh (2014). *Hơn 2,2 triệu USD kéo giảm thất thoát nước cho TPHCM* . Truy cập tại : http://www.sawaco.com.vn/wps/portal, ngày 12 tháng 12 năm 2015.

16. Đình Nam (2015). *Không để người dân sống cùng nỗi lo nước bẩn*. Truy cập từ: http://vuducdam.chinhphu.vn/Home/Khong-de-nguoi-dan-song-cung-noi-lo-nuoc-ban/20153/22421.vgp, ngày 10 tháng 9 năm 2015.

17. Hoàng Đăng Nguyễn (2013). *Ứng dụng GIS xây dựng CSDL phụ vụ quản lý tài sản và vận hành mạng lưới cấp nước tại Phường 1, thành phố Đà Lạt, Tỉnh Lâm Đồng*. Khóa luận tốt nghiệp kỹ sư ngành hệ thống thông tin địa lý.

18. Hồ Văn Thư, Lưu Đình Hiệp (2015). *Ứng dụng GIS và phần mềm thủy lực WaterGEMS giám sát chất lượng nước trong đường ống tại TP Hồ Chí Minh(Ứng dụng giám sát nồng độ clo dư trong đường ống).* Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2015, trang 166.

19. Lê Phước Thành (2005). *Áp dụng hệ thống GIS trong việc nâng cao năng lực quản lý mạng và chống thất thoát nước*. Hội thảo Khoa học Công nghệ Thông tin Địa lý, tháng 08/2005.

20. Lê Văn Dực (2008). *Tích hợp công nghệ thông tin địa lý và mô hình toán thủy lực -hydgis để quản lý một mạng lưới cấp nước thành phố lớn*. Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM. Tạp chí phát triển KH&CN, tập 11, số 05 – 2008.

21. Minh Hương (2011). *Trung tâm nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn Bình Thuận đạt giải nhì hội thi sáng tạo kỹ thuật tỉnh bình thuận lầm thứ IV năm 2010 - 2011*. Truy cập tại : http://capnuocmiennam.com.vn/article/trung-tam-nuoc-sach-va-vsmtnt-binh-thuan-dat-giai-nhi-hoi-thi-sang-tao-ky-thuat-tinh-binh-thuan-lan-iv-nam-2010-2011-115, ngày 10 tháng 12 năm 2015.

22. Nguyễn Thị Hạnh (2015). *Thực trạng quản lý, phát triển cấp nước và giải pháp đảm bảo, nâng cao chất lượng nước sạch các đô thị Việt Nam*. Truy cập từ:

http://congnghiepxanh.wordpress.com/tag/nang-cao-chat-luong-nươc-sach-do-thi/, ngày 10 tháng 9 năm 2015.

23. Nguyễn Việt Hùng (2002). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GIS của Esri và mô hình dữ liệu Dan-Vand trong lĩnh vực cấp nước sạch*. Đại học Công Nghệ - Trường Đại học Quốc gia Hà Nội.
24. Phòng Kỹ thuật, Tổng Công ty cấp nước Hà Nội, 2013, Tài liệu nội bộ.
25. PL (2014). *Quản lý cấp nước bằng công nghệ GIS: Lợi ích vượt trội*. Truy cập tại: http://baokhanhhoa.com.vn/doi-song/201407/quan-ly-cap-nuoc-bang-cong-nghe-gis-loi-ich-vuot-troi-2326243/, ngày 10 tháng 12 năm 2015.
26. Tâm Huệ (2013). *Chia sẻ kinh nghiệm hay trong cấp nước*. Truy cập tại: http://www.baothuathienhue.vn/DichVu/ThongTin/CapNhat/prints.aspx?NewsID=2-18-38258, ngày 10 tháng 12 năm 2015.
27. Tổng công ty cấp nước Sài Gòn, 2014. *Kế hoạch cấp nước an toàn*. Tài liệu lưu hành nội bộ.
28. Tổng công ty cấp nước Hà Nội, 2014. *Kế hoạch cấp nước an toàn* (Tài liệu lưu hành nội bộ).
29. Tổng công ty cấp nước Hải Phòng, 2014. *Kế hoạch cấp nước an toàn* Tài liệu lưu hành nội bộ.
30. Thái Hà (2015*). Tạo bước đột phá trong quản lý cấp thoát nước 2013*. Truy cập tại: http://www.baophuyen.com.vn/79/102394/tao-buoc-dot-pha-trong-quan-ly-cap-thoat-nuoc.html, ngày 28 tháng 9 năm 2013.
31. Thủ tướng Chính phủ (2009). *Quyết định phê duyệt định hướng phát triển cấp nước đô thị và khu công nghiệp Việt nam đến năm 2025 và tầm nhìn 2050*. Thủ tướng Chính phủ số 1929/QĐ-TTg.
32. Thùy Vinh (2015). *Thêm lo tăng giá, phí nước*. Truy cập từ :http://www.nhandan.com.vn/mobile/_mobile_tphcm/_mobile_danbietdanban/item/25414602.html, ngày 12 tháng 12 năm 2015.
33. Trương Chí Quang , Lê Văn Thạnh, Nguyễn Thiên Hoa, Trần Lê, Phạm Văn Quỳnh, (2013). *Quản lý dữ liệu nước sạch Thành phố Cần Thơ bằng kỹ thuật WebGIS"*. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2013, trang 273-279.

34. Triệu Đức Huy (2015). *Bảo vệ nước ngầm ở các đô thị*. Truy cập từ: http://ndwrpi.gov.vn/index.php/hoat-dong-cua-lien-doan/hoat-dong-lien-doan/thong-tin-lien-doan/1646-bo-v-nc-ngm-cac-o-th, ngày 12 tháng 12 năm 2015.

35. T Kha, (2011). *Mỗi năm có thêm hơn 1 triệu dân cư đô thị*. Truy cập tại : http://nld.com.vn/thoi-su-trong-nuoc/moi-nam-co-them-hon-1-trieu-dan-cu-do-thi-20110706114835829.htm, ngày 10 tháng 12 năm 2015.

36. Vidagis (2008). *Nhà cung cấp giải pháp GIS tổng thể*. Truy cập từ : http://www.vidagis.com.vn/index.php?option=com_content&view= article&id=119&Itemid=110&lang=vi, ngày 18 tháng 9 năm 2015.

37. Xuân Thắng (2013). *Cạn kiệt tài nguyên nước đe dọa nguồn sống toàn cầu.* Truy cập từ: http://danviet.vn/vu-khi-quan-su/can-kiet-tai-nguyen-nuoc-de-doa-nguon-song-toan-cau-18655.html, ngày 1 tháng 9 năm 2015.

Tiếng Anh

38. Adrian. M.D, Foster. J (2002). Protecting water supply quality – decision support using geographical information systems (GIS). School of Geography, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK.

39. Alaeddinne Eljamassi, Rola Ahmead Abeaid (2013). *A GIS-Based DSS for Management of Water Distribution Networks (Rafah City as Case Study).* Journal of Geographic Information System, 2013, 5, 281-291.

40. Alan R. Hevner et al (2004). *Design Science in Information System Research*. MIS Quarterly, số 28 tập 1, tr 75-105, tháng 3/2004.

41. Allan O. Lambert (2001), *Water losses Management and Techniques*. International Water Association (IWA), Berlin.

42. Asadi, S. S. Padmaja Vuppala (2007).*Remote Sensing and GIS Techniques for Evaluation of Groundwate Quality in Municipal Corporation of Hyderabad (Zone-V), India.* International Journal of Environmental Research and Public Health, tập 4 trang 45-52.

43. Baek, C. W. (2002). Development of Optimal Decision-Making System for Rehabilitation of Water Distribution Systems Using ReHS. Master thesis, Korea University.

44. Burrough, P. A (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Resource Assessment*. Publisher Oxford University press 1986 (paperback) (193 pp) ISBN 0 19 854592 4.

45. Cormen, Thomas H.; Leiserson, Charles E.; Rivest, Ronald L. Stein, Clifford, (2001). *Introduction to Algorithms* (second edition). MIT Press và McGraw-Hill. ISBN 0-262-03293-7.

46. Deere A. D. (2006), *Handbook on water supply*, WHO – VWSA.

47. Ferenc Végső (2010). *Building geodatabase 2. Geodatabase design steps*. Copyright © 2010 University of West Hungary Faculty of Geoinformatics.

48. Geem, Z. W., Kim, J. H. and Loganathan, G. V. (2001). *A New Heuristic Optimization Technique: Harmony Search*. Simulation, 14, 34–39.

49. Geem, Z. W., Kim, J. H. and Loganathan, G. V. (2002). *Harmony Search Optimization: Application to Pipe Network Design*. International Journal of Modeling and Simulation, tập 22, 125–133.

50. Guth N. and Klingel P. (2012). *Chapter 15: Demand Allocation in Water Distribution Network Modelling – A GIS-Based Approach Using Voronoi Diagrams with Constraint.* Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Water and River Basin Management, Germany.

51. Halhal, D.; Walters, G. A. Ouazar, D. and Savic, D. A. (1997). *Water Network Rehabilitation with Structured Messy Genetic Algorithm*. Journal of Water Resources Planning and Management, 123(5), 137–146.

52. Harri Antikainen (2013). *Using the Hierarchical Pathfinding A* Algorithm in GIS to Find Paths through Rasters with Nonuniform Traversal Cost*. ISPRS Int. J. Geo-Inf, số 2 từ trang 996 -1014.

53. Hong Zhu, (2005). Software Design Methodology. Linnacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP.

54. Hossein Shamsaei, Ir. Dr. Othman Jaafar and Dr. Noor Ezlin Ahmad Basri (2011). *Gis advantages and Water Quality Effects and problems In Maintenance Management of Long-Line Water Distribution Systems*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(9): 2302-2306, 2011.

55. Jalal Ghorbani, Shala Moradianfard, Parviz Reisi and Mohsen Shehni Gheysari (2013). *Survey of heterotrophic bacteria population changes in Kerman drinking water distribution system and GIS zoning*. Pelagia Research Library, 3(2):476-483.

56. Jenkins, D. (2002). *Making the leap to ArcView 8.1*. Geospatial Solutions, January 2002,46–48.

57. Jun C, Koo J. and Koh J. (2000). *Developing a water pipe management system in Seoul using the GIS*. Korea Science & Engineering Foundation, 2000.

58. Khadri, S. F. R and Chaitanya Pande (2014). *Urban Water Supply Systems - A Case Study On Water Network Distribution in Chalisgaon City in Dhule District Maharashtra Using Remote Sensing & GIS Technique*s. International Conference on Advances in Engineering & Technology, pages 01-12.

59. Kim, J. H. and Mays, L. W. (1994). *Optimal rehabilitation model for water distribution systems*. Journal of Water Resources Planning and Management, 120, 674–692.

60. Kim, H. J. (1994). *A Study on the Optimal Decision-Making Model for Rehabilitation of Water Distribution System*s. Master thesis, Korea University.

61. Kindleberger, C. (1992). *Tomorrow's GIS*. American City & County, April 1992, 38–48.

62. Lansey, K. E.; Basnet, C.; Mays, L. W. and Woodburn, J. (1992). *Optimal maintenance scheduling for water distribution systems*. Civil Engineering Systems, 9, pp. 211–226.

63. Marble, D.F; Peuquet D.J, (1983), *"Geographic Information Systems in Remote Sensing"*, In Manual of Remote Sensing, Vol. 1, 2nd ed., R.N. Colwell, Ed. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry, p.p. 923-957.

64. Mohan and K. Danimon, India and K. Vairavamoorthy (2004). *Development of GIS based contamination risk assessment in water distribution systems*. Note This study was carried out as a part of a joint research project between WEDC, Loughborough University and at IIT Madras, titled "Improved Risk Assessment and Man-agement in Urban Piped Water System". The project was funded by DFID.

65. Morgan, T. R. and Polcari, D. G. (1991*). Get set! Go for mapping, modeling, and facility management*. Proceeding of Computers in the Water Industry Conference, AWWA, Houston, TX.

66. Neelakantan TR, Suribabu CR, Srinivasa Lingireddy (2008). *Optimisation procedure for pipe-sizing with break-repair and replacement economics.* Water SA Vol. 34 No. 2, trang 217-224.

67. O'Day, D. K. (1982). *Organizing and analyzing leak and break data for making main replacement decisions.* Journal of the American Water Works Association, 74, 589–594.

68. Peter Zeilhofer, iliana Victorino Alves Corrêa Zeilhofer, Edna Lopes Hardoim, Zoraidy Marques de Lima , Catarina Silva Oliveira (2007). *GIS applications for mapping and spatial modeling of urban-use water quality: a case study in District of Cuiabá, Mato Grosso, Brazil.* Artigo article trang 875-884.

69. Ramachandran S. (2003). *Application of Remote Sensing and GIS*. Vice-Chancellor Madras University.

70. Schock, M. R. and Clement, J. A. (1995). *You can't do that with these data! or: uses and abuses of tap water monitoring analyses. Proceedings of the National Conference on Environmental Problem-Solving with Geographic Information Systems*. EPA/ 625/R-5/004, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, September 1995, 31–41.

71. Sharmir và Howard (1979). *An analytic approach to scheduling pip replacement. Journal Awwa.*Tập 71 từ trang 248 đến 258.

72. Somers, Rebecca (1998). *Building your GIS from the ground*. American city & country, volumn: 113 Issue 4, p24.

73. Sullivan, J. P. Jr. (1982). *Maintaining aging systems – Boston's approach*. Journal of the American Water Works Association, 74, 555–559.

74. Tremblay A. Thomas, Paull, J. Gene, Rodgers, W. Robert, Wermund, E. G (1994). *GIS Database for Water Management on the Rio*. Grande Delta Plain, USGS.

75. Walski, T. M. and Pelliccia, A. (1982). *Economic analysis of water main breaks.* Journal of the American Water Works Association, 74, 148–147.

76. Walski Donald V, Haestad Methods Thomas M, Chase Dragan A, Savic Walter Grayman Stephen Beck with Edmundo Koelle, (2003). *Advanced water distribution modeling and management.* Press, ISBN 0-9714141-2-2, Waterbury, USA.

77. Walski, T. M. (1985). *Cleaning and lining versus parallel main*s. Journal of Water Resources Planning and Management, 111, 43–53. 2, trang 996-1014.

78. Walski, T. M. (1986). *Making water system rehabilitation decisions*. Proc., Water Forum '86', New York, N.Y., pp. 467–474.

79. Woodburn, J., Lansey, K. E. and Mays, L. W. (1987). *Model for the optimal rehabilitation and replacement of water distribution system components*. Proc., 1987 National Conference on Hydraulic Engineering,

80. Wikipedia (2014). *Water supply and sanitation in Japan*, accept to

http://en.wikipedia.org/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_Japan.

81. Xavier Martinez Lladó (2012). *THREATS AND OPPORTUNITIES IN ICT/WATER SECTOR ICT/WATER SECTOR*. First stackeholders meeting Faculty of Sciences and Technology, Fez, Morocco.

82. Zhao-Shun Wang (2008). *The design of water supply network based on GIS*, Cybernetics and Intelligent Systems, trang 209-213, ngày 21 tháng 9 năm 2008.

83. Zhi-Yong Yin, Susan Walcott, Brian Kaplan, Jian Cao, Weiqing Lin, Minjian Chen, Dongsheng Liu, and Yuemin Ning (2005). *An analysis of the relationship between spatial patterns of water quality and urban development in Shanghai, China*. Computers, Environment and Urban Systems, tập 29(2), trang 197-221.

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Tài liệu pháp quy về cấp nước an toàn

- *Quy chế đảm bảo an toàn Cấp nước 16/2008/QĐ-BXD ngày 31/12/2012 của Bộ Xây dựng.*
- *Thông tư 08/2012/TT-BXD về Hướng dẫn thực hiện bảo đảm cấp nước an toàn của Bộ Xây dựng ban hành ngày 21/11/2012 .*
- *Nghị định 117/2007/NĐ-CP do chính phủ ban hành ngày 11/07/2007 về sản xuất và tiêu thụ nước sạch.*
- *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08: 2008/BTNMT ban hành kèm theo Quyết định số 16/2008/QĐ-BTNMT ngày 31/12/2008 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.*
- *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ngầm QCVN 09: 2008/BTNMT ban hành kèm theo theo Quyết định số 16/2008/QĐ-BTNMT ngày 31/12/2008 của Bộ Tài nguyên và Môi trường.*
- *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước ăn uống QCVN 01: 2009/BYT ban hành kèm theo Thông tư số 04/2009/TT-BYT ngày 17/6/2009 của Bộ Y tế.*

Phụ lục 2: Nhiệm vụ và định hướng cấp nước của Việt Nam đến năm 2025, tầm nhìn 2050 [31]

a. Chỉ tiêu và mục tiêu cụ thể đến năm 2020

- *Độ bao phủ dịch vụ đạt 90% tại các khu vực đô thị loại IV và trên loại IV, tương ứng với 120 lít/người/ngày; và 70% khu đô thị loại V, 100lít/người/ngày, và nước phải đáp ứng các tiêu chuẩn yêu cầu.*
- *Tỷ lệ nước không doanh thu thấp hơn 18% trong các khu vực đô thị loại IV và trên loại IV; các khu vực đô thị loại V phải thấp hơn 25%, cấp nước liên tục 24 giờ đối với các khu đô thị loại IV và trên loại IV.*
- *Lập lại kỷ cương trong cấp nước ở tất cả các khâu từ quy trình công nghệ, sản xuất, kinh doanh tài chính, phục vụ đến quản lý nhà nước, đẩy mạnh công tác tuyên truyền, nâng cao dân trí kết hợp phạt theo phát luật. Phát huy vai trò làm chủ của nhân dân trong quá trình xây dựng, sử dụng và quản lý hệ thống cấp nước đô thị.*
- *Đào tạo cán bộ và đổi mới công tác quản lý phù hợp với đường lối công nghiệp hóa, hiện đại hóa của Đảng, Nhà nước; Tăng cường năng lực cho các công ty tư vấn đảm nhiệm được công tác lập dự án, thiết kế các các hệ thống cấp nước.*

- *Phát triển khoa học kỹ thuật, tăng ứng dụng công nghệ mới thông qua chuyển giao công nghệ, tường bước hiện đại hóa hệ thống cấp nước đô thị.*
- *Đẩy mạnh đầu tư cho sản xuất các thiết bị, vật tư, phụ tùng trong nước và quốc tế chấp nhận*
- *Áp dụng các tiêu chuẩn, quy trình, quy phạm tiên tiến đưa ngành nước Việt Nam hội nhập với các nước trong khu vực.*

b. Chỉ tiêu và mục tiêu cụ thể đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050

- *Độ bao phủ dịch vụ đạt 100% tại các khu vực đô thị loại IV và trên loại IV, tương ứng với 120 lít/người/ngày; nước phải đáp ứng các tiêu chuẩn yêu cầu.*
- *Các Bộ, Ngành Trung ương có trách nhiệm lập kế hoạch khu vực kinh tế, phát triển và thẩm định các dự án lớn. Bộ Xây dựng là Bộ đứng đầu trong công tác cấp nước đô thị và vệ sinh môi trường, và là Bộ có trách nhiệm chính trong giám sát kỹ thuật của ngành.*
- *Bộ Kế hoạch và Đầu tư và Bộ Tài chính là những Bộ đứng đầu trong công tác tài chính và phát triển kinh tế.*
- *Bộ Kế hoạch và Đầu tư không chỉ tham gia vào việc phân bổ các nguồn lực tổng thể và quy hoạch đầu tư giữa các ngành, mà còn tham gia vào việc thẩm định đầu tư các dự hạng thuộc hạng mục "A".*
- *Ban Quản lý giá (thuộc Bộ Tài chính) phụ trách mảng ban hành các quy định về khuôn khổ giá đối với hàng hóa cơ bản và nguyên vật liệu. Căn cứ vào khung giá, Ủy ban Nhân dân các cấp xem xét và duyệt giá nước và vệ sinh môi trường. Do vậy, Uỷ ban Nhân dân sẽ chính thức quyết định giá nước.*
- *Thông tư liên tịch số 95/2009/TTLT-BTC-BXD-BNN và Thông tư 100 yêu cầu tính toán giá nước phải được xác định các định mức kinh tế-kỹ thuật sau đối với việc sản xuất nước được các cấp có thẩm quyền phê duyệt và cần phải bao gồm chi phí vật liệu trực tiếp, chi phí nhân công trực tiếp, chi phí sản xuất chung, chi phí quản lý doanh nghiệp và chi phí bán hàng.*
- *Bộ Tài nguyên và Môi trường và và các Sở Tài nguyên và Môi trường trực thuộc chịu trách nhiệm quản lý các nguồn tài nguyên mặt đất và các nguồn nước mặt, theo dõi số lượng và chất lượng nguồn nước, kiểm soát lượng nước thải vào các nguồn nước và là cơ quan có trách nhiệm thu phí môi trường.*
- *Bộ Y tế là Bộ có trách nhiệm quy định các tiêu chuẩn chất lượng nước uống.*

- *Sở Kế hoạch và Đầu tư phối hợp với Sở ngành có liên quan có vai trò lập kế hoạch đầu tư trong tỉnh. Sở Kế hoạch và Đầu tư xác định các dự án và cũng có thể thực hiện dự án/chương trình thông qua nhiều hình thức tổ chức quản lý nhà nước khác nhau.*
- *Sở Xây dựng là cơ quan chuyên môn cố vấn và hỗ trợ Ủy ban nhân dân tỉnh thực hiện quản lý nhà nước về công tác cấp nước và vệ sinh môi trường tại địa phương.*

Phụ lục 3: Mức độ của các bên liên quan đến cấp nước sinh hoạt

TT	PHẠM VI LIÊN QUAN			
	Các bên liên quan	Nguồn nước	Hệ thống xử lý	Mạng cấp nước
	Công ty cung cấp nước sạch	Khai thác	Sở hữu, quản lý, vận hành	Sở hữu, quản lý, vận hành
	Dân cư sinh sống xung quanh	Khai thác, xả thải, bảo vệ		Tác động về mặt cư trú, lấn chiếm không gian địa lý, giao thông, bảo vệ.
	Khách hàng tiêu thụ nước			Sử dụng nước
	Đối tượng sản xuất công nghiệp	Khai thác, gây ô nhiễm		Sử dụng nước
	Đối tượng canh tác nông nghiệp	Sử dụng, gây ô nhiễm		Sử dụng nước
	Ủy ban bảo vệ lưu vực hệ thống sông cung cấp nguồn nước	Quản lý, bảo vệ		
	Các nhà máy thủy điện	Điều tiết dòng chảy	Hỗ trợ xả, đẩy mặn, ô nhiễm	
	Sở giao thông vận tải	Quản lý nhà nước về hạ tầng cấp nước	Quản lý nhà nước về hạ tầng cấp nước	Quản lý nhà nước về cấp phép đào đường thi công
	Sở nông nghiệp và phát triển nông thôn	Quản lý nguồn nước công trình thủy lợi		

0	Sở tài nguyên và môi trường	Quản lý nguồn nước	Cấp giấy phép khai thác	
1	Sở y tế/ trung tâm y tế dự phòng	Giám sát chất lượng nước	Giám sát chất lượng nước sạch	Giám sát chất lượng nước sạch
2	Sở qui hoạch kiến trúc	Qui hoạch		Qui hoạch
3	Sở xây dựng	Cấp phép xây dựng		Cấp phép xây dựng
4	Công ty điện lực		Cung cấp điện sản xuất	Cung cấp điện quản lý và vận hành
5	Công ty thoát nước đô thị	Xử lý,quản lý nguồn thải		Quản lý công trình giao cắt
6	Công trình hạ tầng kỹ thuật đô thị		Quản lý công trình giao cắt	Quản lý công trình giao cắt
7	Chính quyền địa phương	Quản lý hành chính, phối hợp thực hiện cấp nước an toàn	Quản lý hành chính, phối hợp thực hiện cấp nước an toàn	Quản lý hành chính, phối hợp thực hiện cấp nước an toàn

Ghi chú:

Mức độ liên quan xếp theo cấp độ mầu đậm tăng dần			
Biểu thị theo thang mầu			

Phụ lục 4: Quản lý kỹ thuật các hệ thống mạng cấp nước

1. Mạng lưới truyền dẫn-mạng cấp I

Quản lý kỹ thuật

- *Các tuyến ống dẫn được quản lý trên bản đồ giấy hoặc bản đồ CAD, công tác cập nhật bản đồ được tiến hành thường xuyên mỗi khi có tuyến ống thi công mới được bàn giao đưa vào sử dụng. Việc đưa số liệu các tuyến ống vào quản lý căn cứ vào bản vẽ hoàn công, trên đó có thể hiện rõ chi tiết các điểm đấu giáp, tọa độ van, vị trí tuyến ống trên mặt bằng.*
- *Lập kế hoạch phân chia mạng lưới cấp nước, kiểm soát lượng nước vào từng khu vực, Ô cấp nước bằng cách lắp đồng hồ đo đếm nước từ ống truyền dẫn vào ống phân phối, hoàn thiện mạng lưới phân phối cho từng ô, từng khu vực nhỏ có đồng hồ giám sát lưu lượng, áp lực.*
- *Xây dựng lên kế hoạch theo dõi các khu vực thất thoát thất thu lớn, từ đó đề ra biện pháp khắc phục, giảm tỷ lệ thất thoát thất thu.*
- *Phối hợp với đơn vị có công trình ngầm trên toàn thành phố để việc di chuyển hoặc thi công các tuyến ống mới không bị chồng chéo, đảm bảo an toàn cho các công trình ngầm.*
- *Cung cấp các số liệu tuyến ống và thỏa thuận cung cấp nguồn nước cho các dự án hạ tầng.*
- *Nắm bắt kịp thời hướng phát triển đô thị, các khu dân cư mới từ đó có kế hoạch thiết kế xâydựng và phát triển mạng lưới ống cấp nước phù hợp với quy hoạch chủ đạo về cấp nước.*
- *Tuyên truyền dân trí về quản lý mạng lưới cấp nước.*

2. Mạng lưới phân phối-mạng cấp II

Quản lý kỹ thuật

- *Các tuyến ông phân phối được quản lý trên bản đồ chủ yếu nền autocard. Công tác cập nhật bản đồ được tiến hành thường xuyên mỗi khi có tuyến ống thi công mới được bàn giao đưa vào sử dụng. Việc đưa số liệu các tuyến ống vào quản lý căn cứ vào bản vẽ hoàn công, trên đó có thể hiện rõ chi tiết các điểm đấu giáp, tọa độ van, vị trí tuyến ống trên mặt bằng, các thông tin kỹ thuật, chủng loại vật tư, năm lắp đặt, v.v…*

- *Xây dựng lên kế hoạch theo dõi các khu vực thất thoát thất thu lớn, từ đó đề ra biện pháp khắc phục, giảm tỷ lệ thất thoát.*
- *Phối hợp với cấc đơn vị có công trình ngầm trên toàn thành phố để việc di chuyển hoặc thi công các tuyến ống mới không bị chồng chéo, đảm bảo an toàn cho các công trình ngầm.*
- *Cung cấp các số liệu tuyến ống và thỏa thuận cung cấp nguồn nước cho các dự án hạ tầng của thành phố.*
- *Nắm bắt kịp thời hướng phát triển đô thị, các khu dân cư mới từ đó có kế hoạch thiết kế xây dựng và phát triền trên mạng lưới ống cấp nước phù hợp với quy hoạch chủ đạo về cấp nước Thành phố.*
- *Tuyên truyền dân trí về quản lý mạng lưới cấp nước.*
- *Thiết bị vật tư sử dụng cho công tác quản lý kỹ thuật gồm: Máy vi tính, các phần mêm chuyên dụng, dụng cụ đo vẽ.*

3. Mạng lưới đường ống dịch vụ

Quản lý đường ống

Trong quá trình quản lý thông qua việc kiểm tra, theo dõi sẽ kịp thời sửa chữa các sự cố đường ống cấp nhằm giảm tỉ lệ thất thoát nước. Từ đó sẽ phát hiện kịp thời các hành vi xâm phậm vào hành lang bảo vệ tuyến ống cấp nước(các tuyến ống dịch vỵ thường được đặt sát nhà dân, do đó khi nhà dân cơi nới thường xây đề lên làm hỏng hệ thống dịch vụ)

Phụ lục 5: Các rủi ro có cấp độ nguy hại trên 11 trong HTCCNS ở Việt Nam

Các rủi ro có cấp độ nguy hại trên 11 trong HTCCNS Việt Nam theo kết quả nghiên cứu mục 2.3.3.

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Loại nguy hại (*) B,C,P	Cấp độ nguy hại (**)
1	Nguồn cấp nước	Suy giảm trữ lượng nguồn	P	12
2		Suy giảm chất lượng nước mặt	B,C	16
3		Hàm lượng amoni cao	P,B	16
4		Hàm lượng amoni cao	C,B	12
5		Hàm lượng chất hữa cơ cao	P,B,C	12
6		Nhiễm mặn	P,B,C	16
7		Độ đục tăng cao	P	12
8		Ô nhiễm bất ngờ do nước thải	B,C	15
10	Giếng	Mực nước tĩnh hạ thấp dần	P	16
11		Mực nước động hạ thấp dần	P	12
12		Vi khuẩn Fe	P, C	12
13		Nước ô nhiễm do úng ngập, ảnh hưởng của sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp	B,P,C	12
14		Suy thoái giếng	P	12
15		Hư hỏng thiết bị bơm	P	15
16	Tuyến nước thô	Vỡ ống, rò rỉ tại các điểm nối ống với các phụ kiện	P,B	12
17		Nước rửa xả lọc vào HT thoát nước thành phố	P, B,C	19
18		Hành lang an toàn của tuyến nước thô bị lấn chiếm	P	15
19		Bọ chỉ hồng	B	12
20	Hệ thống điện	Sự cố về hệ thống điện Điện áp cao	P	16

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Loại nguy hại (*) B,C,P	Cấp độ nguy hại (**)
21	Mạng truyền dẫn	Vỡ đường ống	P	16
22		Nước thải ngấm vào	B,C,P	12
23		Lượng clo dư cuối mạng không đạt	B,C	12
24		Xâm phạm an toàn tuyến ống	P	20
25		Suy giảm chất lượng nước trên tuyến ống cấp 1, cấp 2	P,C,B	12
26	Mạng phân phối	Hư hỏng thiết bị vận hành và các công trình kỹ thuật	P	12
27		Áp lực nước thấp	p	16
28		Nước thải ngấm vào	B, C, P	15
29		Lượng clo dư cuối mạng không đạt	C	16
30		Lượng clo khu vực đầu tuyến quá cao	C	16
31		Suy giảm chất lượng nước trên đường ống	P,C,B	15
32	Mạng dịch vụ	Vỡ đường ống	P	12
33		Nước thải ngấm vào	C.P	12
34		Xâm phạm đến HTCN	C, P	20
35		Đường ống bị biến dạng, chất lượng kém	P	10
36		Lượng clo dư không đảm bảo	C	12

(nguồn: Tổng hợp từ dữ liệu thứ cấp của [27,28,29])

Phụ lục 6: Các biện pháp kiểm soát rủi ro và phòng ngừa

Các rủi ro có cấp độ nguy hại trên 14 trong HTCCNS Việt Nam theo kết quả nghiên cứu mục 2.3.3 của luận án và dữ liệu thứ cấp thu thập được.Trong phụ lục 6, tác giả chia các nguy cơ từ 15 đến 25 hại theo 2 cấp độ là: cấp độ 1 không chấp nhận rủi ro; cấp độ 2: có mức độ rủi ro cao.

Cấp độ 1: Không chấp nhận rủi ro

Bảng PL6.1. Các giải pháp cho các rủi ro có mức độ nguy hại từ 15 trở lên

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Cấp độ nguy hại (**)	Biện pháp kiểm soát đang áp dụng
1	**Nguồn nước**	Suy giảm chất lượng nước	16	- Thay đổi chất keo tụ. - Điều chỉnh nồng độ clo phù hợp.
2		Hàm lượng amoni cao	16	Phân tích chất lượng nước định kì khi thay đổi mùa, lập hồ sơ dữ liệu theo dõi
3		Nhiễm mặn	16	- Theo dõi, cảnh báo độ mặn tại trạm bơm nước thô. - Ngưng lấy nước thô khi độ mặn vượt quá 250 mgCl/l. - Phối hợp với đơn vị quản lý công trình thủy đầu nguồn.
4		Ô nhiễm bất ngờ do nước thải	15	- Giám sát chất lượng nước nguồn tại các khuvực thượng nguồn của điểm thu nước để cảnh báo sớm. - Tăng liều lượng hóa chất xử lý - Phối hợp các hồ đầu nguồn xả nước đẩy ô nhiễm. - Phối hợp với Sở Tàinguyên Môi trường, cảnh sát môi trường tăng cường tuần tra bảo vệ nguồn (đặc biệt là đoạn từ 03 km thượng nguồn điểm thu nước – 03 km hạ nguồn điểm thu nước). - Tổ chức tuyên truyền, bảo vệ nguồn nước, kiểm soát ô nhiễm môi trường. - Thúc đẩy vai trò của UB Bảo vệ lưu vực sông trong bảo vệ nguồn nước.
5	**Giếng**	Mực nước tĩnh	16	Đo mức nước tĩnh thường xuyên, lập biểu

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Cấp độ nguy hại (**)	Biện pháp kiểm soát đang áp dụng
		hạ thấp dần		đồ theo dõi. Giảm công suất khai thác giếng.
6		Hư hỏng thiết bị bơm	15	- Phối hợp với nhà sản xuất xác định phương hướng khắc phục - Áp dụng chương trình bảo trì sửa chữa định kỳ. - Dự phòng trang thiết bị phù hợp - Kiểm tra, đánh giá nguyên nhân, lập danh mục các thiết bị thường xuyên bị sự cố và tiến hành thay thế những thiết bị, vật tư không phù hợp. - Lập hồ sơ theo dõi chặt chẽ lịch sử bảo trì bảo dưỡng của trang thiết bị.
7	**Tuyến nước thô**	Nước rửa xả lọc vào HT thoát nước	19	Lập dự án đầu tư xây dựng hệ thống xử lý và thu hồi nước rửa lọc.
8		Hành lang an toàn của tuyến nước thô bị lấn chiếm	15	- Tuần tra bảo vệ tuyến ống hằng ngày. - Cắm lại mốc hành lang bị mất. - Thỏa thuận với các đơn vị có đường nội bộ băng ngang tuyến ống cam kết làm cầu vượt, đan phân tải cho xe. - Quy chế phối hợp với Sở GT Vận tải, Chính quyền địa phương và trình UBND hỗ trợ giải quyết. - Tổ chức các đợt tuyên truyền, vận động.
9	**Hệ thống điện**	Sự cố về hệ thống điện Điện áp cao	16	- Chuyển qua sử dụng nguồn điện dự phòng - Cử đội bảo trì, sửa chữa kết hợp với điện lực hoặc thuê đơn vị bên ngoài sửa chữa ngay. - Kiểm tra, bảo dưỡng định kỳ thiết bị điện và hệ thống chống sét. - Đầu tư máy biến áp và thiết bị điện dự phòng. - Đảm bảo nguồn điện ưu tiên cho trạm bơm và tách riêng nguồn điện này với

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Cấp độ nguy hại (**)	Biện pháp kiểm soát đang áp dụng
				điện dân dụng.
10		Vỡ đường ống	16	- Tuần tra tuyến ống, ngăn chặn các hành vi xâm phạm hành lang an toàn. - Xây dựng phương án ứng phó, xử lý và đưa vào hiệu lực.
11		Xâm phạm an toàn tuyến ống	16	- Tuần tra bảo vệ tuyến ống hằng ngày. - Cắm lại mốc hành lang bịmất. - Thỏa thuận với các đơn vị có đường nội bộ băng ngang tuyến ống cam kết làm cầu vượt, đan phân tải cho xe. - Quy chế phối hợp với Sở Giao thông Vận tải, Chính quyền địa phương và trình UBND hỗ trợ giải quyết. - Tổ chức các đợt tuyên truyền, vận động.
12	**Mạng truyền dẫn**	Áp lực nước thấp	16	- Điều tiết chế độ vận hành mạng lưới để cải thiện áp lực cuối tuyến. - Sử dụng bơm tăng áp cho một số khu vực cục bộ. - Điều tiết mạng lưới, tiếp nhận các nguồn nước mới cải thiện áp lực. - Lắp đặt van giảm áp tại một số khu vực có áp lực cao trên 3 bar.
13		Nước thải ngấm vào	15	- Tiến hành sửa vỡ nhanh chóng. - Dò tìm rò rỉ chủ động. - Cải thiện các khu vực có áp lực - Tăng cường giám sát chất lượng nước định kỳ trên mạng lưới cấp nước (đặc biệt là các khu vực bất lợi). - Tuyên truyền, ngăn chặn, xử lý các hành vi khách hàng dùng bơm hút trực tiếp từ mạng lưới.
14		Lượng clo dư cuối mạng	16	- Duy trì nồng độ chlorin nước sau xử lý tại nhà máy ổn định.
15				

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Cấp độ nguy hại (**)	Biện pháp kiểm soát đang áp dụng
		không đạt Lượng clo khu vực đầu tuyến quá cao		- Kiểm tra, theo dõi định kỳ và thường xuyên hàm lượng chlorine trên mạng lưới cấp nước. - Giám sát chặt chẽ chlorin dư trên MLCN. - Giảm hàm lượng chlorine dư tại nhà máy nước kết hợp châm bổ sung chlorine dư tại các khu vực cuối nguồn.
16		Suy giảm chất lượng nước trên đường ống	15	- Súc xả làm sạch các tuyến ống. - Cải thiện áp lực các khu vực bất lợi. - Tăng cường cải tạo ống cũ mục. - Tăng cường giám sát chất lượng nước định kỳ trên mạng lưới cấp nước (đặc biệt là các khu vực bất lợi). - Triển khai thực hiện súc xả định kỳ, sử dụng polypig để tăng cường hiệu quả. - Áp dụng công nghệ xử lý mangan có hiệu quả cao hơn (Greensand) tại các nhà máy nước.
17		Xâm phạm đến HTCN	20	Tuần tra bảo vệ tuyến ống hằng ngày.

(nguồn: Tổng hợp từ dữ liệu thứ cấp của [27],[28],[29])

Cấp độ 2: Mức độ rủi ro cao

Bảng PL6.2. Các giải pháp cho các rủi ro có mức độ nguy hại từ 12 đến 15

STT	Nguy cơ	Nội dung nguy hại	Cấp độ guy hại (**)	Biện pháp kiểm soát đang áp dụng
1	**Nguồn cấp nước**	Suy giảm trữ lượng nguồn	12	Đo mực nước động, tĩnh, lưu lượng thường xuyên, lập biểu đồ theo doi bãi giếng> Giảm công suất khai thác
2		Hàm lượng chất hữa cơ cao	12	Phân tích chất lượng nước định kỳ, giảm công suất khai thác. Tăng cường kiểm tra đới phòng hô vệ sinh của nguồn cấp. Lập hồ sơ dữ liệu theo dõi.
3		Độ đục tăng cao	12	- Tăng hàm lượng chất keo tụ PAC. - Theo dõi online độ đục tại trạm bơm nước thô.
4		Mực nước động hạ thấp dần	12	Đo mực nước động hằng ngày, lập hồ sơ theo dõi. Giảm công suất khai thác.
5		Vi khuẩn Fe	12	Lập lịch dừng vận hành dự phòng, vẹ sinh theo chu kì đường ống dâng.
6		Nước ô nhiễm do úng ngập, ảnh hưởng của sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp	12	Kiểm tra xây dựng hệ thống thoát nước đồng bộ, kết hợp vệ sinh hằng ngày phạm vi bảo vệ nguồn cấp
7		Suy thoái giếng	12	Thổi rửa giếng và phục hồi giếng
8	**Tuyến nước thô**	Vỡ ống, rò rỉ tại các điểm nối ống với các phụ kiện	12	Bảo trì, bảo dưỡng, đảm bảo vật tư, thiết bị dự phòng, lựa chọn thiết bị phù hợp.
9		Bọ chỉ hồng	12	Tăng cường vệ sinh công nghiệp, thau rửa bể nếu phát hiện có hiện tượng
10		Suy giảm chất lượng nước trên tuyến ống cấp 1, cấp 2	12	- **Súc xả làm sạch các tuyến ống.** - Cải thiện áp lực các khu vực bất lợi. - Tăng cường cải tạo ống cũ mục. - Tăng cường giám sát chất lượng nước định kỳ trên mạng lưới cấp nước (đặc biệt là các khu vực bất lợi). - Triển khai thực hiện súc xả định kỳ, sử dụng polypig để tăng cường hiệu quả. - Áp dụng công nghệ xử lý mangan có hiệu quả cao hơn (Greensand) tại các nhà máy nước.

(nguồn: Tổng hợp từ dữ liệu thứ cấp của [27,28,29])

Phụ lục 7: Danh mục các chuẩn áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
1	**Tiêu chuẩn về kết nối**			
1.1	Truyền siêu văn bản	HTTP v1.1	Hypertext Transfer Protocol version 1.1	Bắt buộc áp dụng
1.2	Truyền tệp tin	FTP	File Transfer Protocol	Bắt buộc áp dụng một hoặc cả hai tiêu chuẩn
		HTTP v1.1	Hypertext Transfer Protocol version 1.1	
		WebDAV	Web-based Distributed Authoring and Versioning	Khuyến nghị áp dụng
1.3	Truyền, phát luồng âm thanh/ hình ảnh	RTSP	Real-time Streaming Protocol	Khuyến nghị áp dụng
		RTP	Real-time Transport Protocol	Khuyến nghị áp dụng
		RTCP	Real-time Control Protocol	Khuyến nghị áp dụng
1.4	Truyền thư điện tử	SMTP/ MIME	Simple Mail Transfer Protocol/Multipurpose Internet Mail Extensions	Bắt buộc áp dụng
1.5	Cung cấp dịch vụ truy cập hộp thư điện tử	POP3	Post Office Protocol version 3	Bắt buộc áp dụng cả hai tiêu chuẩn đối với máy chủ
		IMAP 4rev1	Internet Message Access Protocol version 4 revision 1	
1.6	Truy cập thư mục	LDAP v3	Lightweight Directory Access Protocol version 3	Bắt buộc áp dụng
1.7	Dịch vụ tên miền	DNS	Domain Name System	Bắt buộc áp dụng
1.8	Giao vận mạng có kết nối	TCP	Transmission Control Protocol	Bắt buộc áp dụng
1.9	Giao vận mạng không	UDP	User Datagram Protocol	Bắt buộc áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
	kết nối			
1.10	Liên mạng LAN/WAN	IPv4	Internet Protocol version 4	Bắt buộc áp dụng
		IPv6	Internet Protocol version 6	Bắt buộc áp dụng đối với các thiết bị có kết nối Internet
1.11	Mạng cục bộ không dây	IEEE 802.11g	Institute of Electrical and Electronics Engineers Standard (IEEE) 802.11g	Bắt buộc áp dụng
		IEEE 802.11n	Institute of Electrical and Electronics Engineers Standard (IEEE) 802.11n	Khuyến nghị áp dụng
1.12	Truy cập Internet với thiết bị không dây	WAP v2.0	Wireless Application Protocol version 2.0	Bắt buộc áp dụng
1.13	Dịch vụ Web	SOAP v1.2	Simple Object Access Protocol version 1.2	Bắt buộc áp dụng một, hai hoặc cả ba tiêu chuẩn
		WSDL v1.1	Web Services Description Language version 1.1	
		UDDI v3	Universal Description, Discovery and Integration version 3	
1.14	Dịch vụ đồng bộ thời gian	NTP v3	Network Time Protocolversion 3	Bắt buộc áp dụng
2	**Tiêu chuẩn về tích hợp dữ liệu**			
2.1	Ngôn ngữ định dạng văn bản	XML v1.0 (5th Edition)	Extensible Markup Language version 1.0 (5th Edition)	Bắt buộc áp dụng
		XML v1.1	Extensible Markup Language version 1.1	
2.2	Ngôn ngữ	TCVN ISO/TS	Ngôn ngữ đánh dấu mở	Bắt buộc áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
	định dạng văn bản cho giao dịch điện tử	15000:2007	rộng kinh doanh điện tử (ebXML)	
2.3	Định nghĩa các lược đồ trong tài liệu XML	XML Schema v1.0	XML Schema version 1.0	Bắt buộc áp dụng
2.4	Biến đổi dữ liệu	XSL	Extensible Stylesheet Language	Bắt buộc áp dụng phiên bản mới nhất.
2.5	Mô hình hóa đối tượng	UML v2.0	Unified Modelling Language version 2.0	Khuyến nghị áp dụng
2.6	Mô tả tài nguyên dữ liệu	RDF	Resource Description Framework	Khuyến nghị áp dụng
2.7	Trình diễn bộ kí tự	UTF-8	8-bit Universal Character Set (UCS)/Unicode Transformation Format	Bắt buộc áp dụng
2.8	Khuôn thức trao đổi thông tin địa lí	GML v3.3	Geography Markup Language version 3.3	Bắt buộc áp dụng
2.9	Truy cập và cập nhật các thông tin địa lý	WMS v1.3.0	OpenGIS Web Map Service version 1.3.0	Bắt buộc áp dụng
		WFS v1.1.0	Web Feature Service version 1.1.0	Bắt buộc áp dụng
2.10	Trao đổi dữ liệu đặc tả tài liệu XML	XMI v 2.1	XML Metadata Interchange version 2.1	Khuyến nghị áp dụng
3	**Tiêu chuẩn về truy cập thông tin**			
3.1	Chuẩn nội	HTML v4.01	Hypertext Markup	Bắt buộc áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
	dung Web		Language version 4.01	
3.2	Chuẩn nội dung Web mở rộng	XHTML v1.1	Extensible Hypertext Markup Language version 1.1	Bắt buộc áp dụng
3.3	Giao diện người dùng	CSS2	Cascading Style Sheets Language Level 2	Bắt buộc áp dụng một trong hai tiêu chuẩn
		XSL	Extensible Stylesheet Language version	
3.4	Văn bản	(.txt)	Định dạng Plain Text (.txt): Dành cho các tài liệu cơ bản không có cấu trúc	Bắt buộc áp dụng
		(.rtf) v1.8, v1.9.1	Định dạng Rich Text (.rtf) phiên bản 1.8, 1.9.1: Dành cho các tài liệu có thể trao đổi giữa các nền khác nhau	Bắt buộc áp dụng
		(.docx)	Định dạng văn bản Word của Microsoft (.docx) phiên bản Word 2007	Khuyến nghị áp dụng
		(.pdf) v1.4, v1.5, v1.6, v1.7	Định dạng Portable Document (.pdf) phiên bản 1.4, 1.5, 1.6, 1.7: Dành cho các tài liệu chỉ đọc	Bắt buộc áp dụng một, hai hoặc cả ba tiêu chuẩn
		(.doc)	Định dạng văn bản Word của Microsoft (.doc) phiên bản Word 1997-2003	
		(.odt) v1.1	Định dạng Open Document Text (.odt) phiên bản 1.1	
3.5	Bảng tính	(.csv)	Định dạng Comma eparated Variable/Delimited (.csv): Dành cho các bảng tính cần trao đổi giữa các ứng dụng khác nhau.	Bắt buộc áp dụng
		(.xlsx)	Định dạng bảng tính Excel	Khuyến nghị áp

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
			của Microsoft (.xlsx) phiên bản Excel 2007	dụng
		(.xls)	Định dạng bảng tính Excel của Microsoft (.xls) phiên bản Excel 1997-2003	Bắt buộc áp dụng một hoặc cả hai tiêu chuẩn
		(.ods) v1.1	Định dạng Open Document Spreadsheets (.ods) phiên bản 1.1	
3.6	Trình diễn	(.htm)	Định dạng Hypertext Document (.htm): cho các trình bày được trao đổi thông qua các loại trình duyệt khác nhau	Bắt buộc áp dụng
		(.pptx)	Định dạng PowerPoint (.pptx) của Microsoft phiên bản PowerPoint 2007	Khuyến nghị áp dụng
		(.pdf)	Định dạng Portable Document (.pdf): cho các bài trình bày lưu dưới dạng chỉ đọc	Bắt buộc áp dụng một, hai hoặc cả ba tiêu chuẩn
		(.ppt)	Định dạng PowerPoint (.ppt) của Microsoft phiên bản PowerPoint 1997-2003	
		(.odp) v1.1	Định dạng Open Document Presentation (.odp) phiên bản 1.1	
3.7	Ảnh đồ họa	JPEG	Joint Photographic Expert Group (.jpg)	Bắt buộc áp dụng một, hai, ba hoặc cả bốn tiêu chuẩn
		GIF v89a	Graphic Interchange (.gif) version 89a	
		TIFF	Tag Image File (.tif)	
		PNG	Portable Network Graphics (.png)	
3.8	Ảnh gắn với	GEO TIFF	Tagged Image File Format	Bắt buộc áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
	toạ độ địa lý		for GIS applications	
3.9	Phim ảnh, âm thanh	MPEG-1	Moving Picture Experts Group–1	Khuyến nghị áp dụng
		MPEG-2	Moving Picture Experts Group–2	Khuyến nghị áp dụng
		MP3	MPEG-1 Audio Layer 3	Khuyến nghị áp dụng
		AAC	Advanced Audio Coding	Khuyến nghị áp dụng
3.10	Luồng phim ảnh, âm thanh	(.asf), (.wma), (.wmv)	Các định dạng của Microsoft Windows Media Player (.asf), (.wma), (.wmv)	Khuyến nghị áp dụng
		(.ra), (.rm), (.ram), (.rmm)	Các định dạng Real Audio/Real Video (.ra), (.rm), (.ram), (.rmm)	Khuyến nghị áp dụng
		(.avi), (.mov), (.qt)	Các định dạng Apple Quicktime (.avi), (.mov), (.qt)	Khuyến nghị áp dụng
3.11	Hoạt họa	GIF v89a	Graphic Interchange (.gif) version 89a	Khuyến nghị áp dụng
		(.swf)	Định dạng Macromedia Flash (.swf)	Khuyến nghị áp dụng
		(.swf)	Định dạng Macromedia Shockwave (.swf)	Khuyến nghị áp dụng
		(.avi), (.qt), (.mov)	Các định dạng Apple Quicktime (.avi),(.qt),(.mov)	Khuyến nghị áp dụng
3.12	Chuẩn nội dung cho thiết bị di động	WML v2.0	Wireless Markup Language version 2.0	Bắt buộc áp dụng
3.13	Bộ ký tự và	ASCII	American Standard Code	Bắt buộc áp dụng

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
	mã hóa		for Information Interchange	
3.14	Bộ ký tự và mã hóa cho tiếng Việt	TCVN 6909:2001	TCVN 6909:2001 "Công nghệ thông tin - Bộ mã ký tự tiếng Việt 16-bit"	Bắt buộc áp dụng
3.15	Nén dữ liệu	Zip	Zip (.zip)	Bắt buộc áp dụng một hoặc cả hai tiêu chuẩn
		.gz v4.3	GNU Zip (.gz) version 4.3	
3.16	Ngôn ngữ kịch bản phía trình khách	ECMA 262	ECMAScript version 3 (3rd Edition)	Bắt buộc áp dụng
3.17	Chia sẻ nội dung Web	RSS v1.0	RDF Site Summary version 1.0	Bắt buộc áp dụng một trong hai tiêu chuẩn
		RSS v2.0	Really Simple Syndication version 2.0	
		ATOM v1.0	ATOM version 1.0	Khuyến nghị áp dụng
3.18	Chuẩn kết nối ứng dụng cổng thông tin điện tử	JSR 168	Java Specification Requests 168 (Portlet Specification)	Bắt buộc áp dụng
		JSR 286	Java Specification Requests 286 (Portlet Specification)	Khuyến nghị áp dụng
		WSRP v1.0	Web Services for Remote Portlets version 1.0	Bắt buộc áp dụng
		WSRP v2.0	Web Services for Remote Portlets version 2.0	Khuyến nghị áp dụng
4	**Tiêu chuẩn về an toàn thông tin**			
4.2	An toàn tầng giao vận	SSH v2.0	Secure Shell version 2.0	Bắt buộc áp dụng
		SSL v3.0	Secure Socket Layer version 3.0	Bắt buộc áp dụng một trong hai tiêu chuẩn
		TLS v1.2	Transport Layer Security version 1.2	

Số TT	Loại tiêu chuẩn	Ký hiệu tiêu chuẩn	Tên đầy đủ của tiêu chuẩn	Quy định áp dụng
4.3	An toàn truyền tệp tin	HTTPS	Hypertext Transfer Protocol over Secure Socket Layer	Bắt buộc áp dụng
		FTPS	File Transfer Protocol over Secure Socket Layer	Khuyến nghị áp dụng
		IMAPS	Internet Message Access Protocol over Secure Socket Layer	
4.6	An toàn dịch vụ DNS	DNSSEC	Domain Name System Security Extenssions	Khuyến nghị áp dụng
4.7	An toàn tầng mạng	IPsec - IP ESP	Internet Protocol security với IP ESP	Bắt buộc áp dụng
4.8	An toàn thông tin cho mạng không dây	WPA2	Wi-fi Protected Access 2	Bắt buộc áp dụng

Phụ lục 8: Khung CSDL quản lý HTCCNS

I. Nhóm dữ liệu nền hành chính

I.1. Ranh giới Tỉnh (TP)

Tên lớp dữ liệu: RanhGioi_Tinh(TP).shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_LOAI	2	N	Mã nhận dạng loại ranh giới
LOAI_RG	50	C	Loại ranh giới

- **Bảng phân cấp mã loại và loại ranh giới**

MA_LOAI	LOAI_RG
1	Ranh giới tỉnh (thành phố)
2	Ranh giới quận huyện
3	Ranh giới phường xã

I.2. Tỉnh (thành phố)

Tên lớp dữ liệu: Tinh(TP).shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_TINH	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp tỉnh
TEN_TINH	50	C	Tên đơn vị hành chính cấp tỉnh
DIENTICH	10	D, 3	Diện tích đơn vị hành chính cấp tỉnh

* *Mã của tỉnh là mã quản lý đơn vị hành chính do Tổng cục Thống kê phát hành mới nhất. Diện tích tỉnh được lấy theo số km² đo được trên bản đồ, hoặc được lấy theo số liệu của Tổng cục Thống kê.*

I.3. Ranh giới quận huyện

Tên lớp dữ liệu: RanhGioiQH.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_LOAI	2	N	Mã nhận dạng loại ranh giới
LOAI_RG	50	C	Loại ranh giới

- **I.4. Quận, huyện**

Tên lớp dữ liệu: QuanHuyen.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_TINH	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp tỉnh
MA_HUYEN	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp quận, huyện
TEN_HUYEN	50	C	Tên đơn vị hành chính cấp quận, huyện
DIENTICH	10	D, 3	Diện tích đơn vị hành chính cấp quận, huyện

* *Mã của quận, huyện là mã quản lý đơn vị hành chính do Tổng cục Thống kê phát hành mới nhất. Diện tích quận, huyện được lấy theo số km² đo được trên bản đồ, hoặc được lấy theo số liệu của Tổng cục Thống kê.*

I.5. Ranh giới phường(xã)

Tên lớp dữ liệu: RanhGioiPX.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_LOAI	2	N	Mã nhận dạng loại ranh giới
LOAI_RG	50	C	Loại ranh giới

I.6. Phường(xã)

Tên lớp dữ liệu: PhuongXa.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_XA	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp phường, xã
TEN_XA	50	C	Tên đơn vị hành chính cấp phường, xã
MA_TINH	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp tỉnh
MA_HUYEN	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp quận, huyện
DIENTICH	10	D, 3	Diện tích đơn vị hành chính cấp phường, xã

* *Mã của phường, xã là mã quản lý đơn vị hành chính do Tổng cục Thống kê phát hành mới nhất. Diện tích phường, xã được lấy theo số km^2 đo được trên bản đồ, hoặc được lấy theo số liệu của Tổng cục Thống kê.*

I.7. Địa danh

Tên lớp dữ liệu: DiaDanh.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TENDIADANH	50	C	Tên địa danh
LOAIDDANH	50	C	Loại địa danh
MA_XA	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp phường, xã
MA_HUYEN	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp quận, huyện
MA_TINH	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp tỉnh

* *Loại địa danh bao gồm tên các đơn vị hành chính (thôn, xóm, khu phố, tổ dân phố…), tên cơ quan (các Sở ban ngành), cơ sở hạ tầng xã hội (trung tâm y tế, trường học, bệnh viện…), tôn giáo (nhà thờ, đình, đền, chùa), trung tâm mua sắm, khu vui chơi giải trí…*

I.8. Ủy ban nhân dân

Tên lớp dữ liệu: UyBanNhanDan.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN_UBND	50	C	Tên ủy ban nhân dân
MA_UBND	2	N	Mã phân cấp ủy ban nhân dân
CAP_UBND	50	C	Phân cấp ủy ban nhân dân
MA_XA	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp phường, xã
MA_HUYEN	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp quận, huyện
MA_TINH	2	N	Mã đơn vị hành chính cấp tỉnh

❖ **Lớp dữ liệu ủy ban nhân dân được phân cấp như sau:**

MA_UBND	CAP_UBND
1	UBND cấp tỉnh, thành phố
2	UBND cấp quận, huyện
3	UBND cấp phường, xã

I.9 Dân cư

Tên lớp dữ liệu: NhaDan.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

Bảng mô tả thuộc tính

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_KH	20	C	Mã khách hàng
TEN_KH	50	C	Tên khách hàng
SDT_KH	20	C	Số điện thoại khách hàng
FAX_KH	20	C	Số Fax của khách hàng
EMAIL_KH	50	C	Hòm thư điện tử của khách hàng
SONHA_KH	50	C	Số nhà của khách hàng
LOAI_KH	50	C	Loại khách hàng
MUCDICHSD	50	C	Mục đích sử dụng (loại giá)
SOHOPDONG	50	C	Số hợp đồng
NGAYHDONG		Date	Ngày ký hợp đồng
NHANKHAU	2	N	Số nhân khẩu
DINHMUC	3	N	Định mức sử dụng trên một nhân khẩu
NGAYKEPCHI		Date	Ngày kẹp chì
LOAI_DHO	50	C	Loại đồng hồ
MA_DHO	20	C	Mã chủng loại đồng hồ
TEN_DHO	50	C	Tên chủng loại đồng hồ
SERIAL_DHO	20	C	Số Serial đồng hồ
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm đồng hồ
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính đồng hồ
QCKTHUOC	50	C	Quy cách kích thước
TDO_DCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất đồng hồ
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ đồng hồ
CHISO_HTAI	10	D, 3	Chỉ số đồng hồ hiện tại
MANHANVIEN	10	C	Nhân viên ghi đọc
MASOGHIDOC	10	C	Mã số ghi đọc

II. Nhóm dữ liệu nền địa hình

II.1. Điểm độ cao

Tên lớp dữ liệu: DiemDoCao.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
DOCAO	10	D, 3	Độ cao

II.2. Đường bình độ

Tên lớp dữ liệu: DuongBinhDo.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
DOCAO	10	D, 3	Độ cao

II.3. Mô hình số độ cao (DEM)

Mô hình số độ cao là dữ liệu raster, được tạo ra bằng cách sử dụng phương pháp nội suy lớp dữ liệu điểm độ cao.

III. Nhóm dữ liệu thủy văn

III.1. Sông hồ

Tên lớp dữ liệu: SongHo.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính:**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN	50	C	Tên sông, hồ
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài sông
DIENTICH	10	D, 3	Diện tích sông, hồ

III.2. Kênh, mương

Tên lớp dữ liệu: KenhMuong.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN	50	C	Tên kênh, mương
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài kênh, mương

IV. Nhóm dữ liệu giao thông

IV.1. Đường giao thông

Tên lớp dữ liệu: DuongGiaoThong.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TENDUONG	50	C	Tên đường
CAPDUONG	50	C	Cấp đường
VATLIEU	50	C	Vật liệu làm đường
DORONG	10	D, 3	Độ rộng đường
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài đường
TINHTRANG	50	C	Tình trạng đường
VIAHE	10	D, 3	Độ rộng vỉa hè

* *Cấp đường được chia thành đường cao tốc đô thị, đường chính đô thị, đường chính khu vực, đường phân chia khu vực, đường ngõ xóm và đi bộ.*

* *Theo vật liệu, đường giao thông được chia thành đường rải nhựa, đường bê tông, đường cấp phối (rải đá sỏi) và đường đất.*

* *Đánh giá tình trạng gồm có đường tốt, đường trung bình và đường xấu.*

IV.2. Cầu đường bộ

Ca

Tên lớp dữ liệu:
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
TENCAU	50	C	Tên cầu
DORONG	10	D, 3	Độ rộng cầu
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài cầu
TINHTRANG	50	C	Tình trạng cầu

V. Nhóm dữ liệu nền sử dụng đất

V.1. Hiện trạng sử dụng đất

Tên lớp dữ liệu: HienTrangSDD_.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
KYHIEU	10	C	Ký hiệu loại sử dụng đất
LOAIDAT	50	C	Loại sử dụng đất
DIENTICH	10	D,3	Diện tích

V.2. Loại hình sử dụng đất

MA_LOAI	LOAI_SDDAT
1	Đất trồng lúa
2	Đất trồng cỏ
3	Đất trồng cây hằng năm
4	Đất trồng cây công nghiệp
5	Đất rừng trồng sản xuất
6	Đất trồng rừng phòng hộ
7	Đất trồng rừng đặc dụng
8	Đất nuôi trồng thủy sản
9	Đất làm muối
10	Đất ở
11	Đất chuyên dụng
12	Đất sông ngòi,kênh rạch
13	Đất chưa sử dụng
14	Đất có mặn nước biển
15	Các loại đất khác

VI. Nhóm dữ liệu hạ tầng cấp nước

VI.1. Giếng khoan

Tên lớp dữ liệu: GiengKhoan.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_GIENG	20	C	Mã quản lý giếng
TEN_GIENG	50	C	Tên hoặc ID giếng
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của giếng với các đối tượng khác
BAC_GIENG	2	N	Bậc tin cậy của giếng
MA_VATLIEU	50	C	Vật liệu làm ống vách, vỏ bao che
CHIEUSAU	10	D, 3	Chiều sâu của giếng
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính giếng
DODAY	10	D, 3	Độ dày thành giếng
DONGHIENG	10	D, 3	Độ nghiêng của giếng
HLUONGCAT	10	D, 3	Hàm lượng cát bơm lên
CCAO_DAY	10	D,3	Chiều cao đáy giếng
TCH_GIENG	50	C	Tiêu chuẩn áp dụng cho giếng
TINHTRANG	50	C	Tình trạng giếng
MAHANG_SX	50	C	Hãng sản xuất và lắp đặt
MAXUATXU	50	C	Xuất xứ vật liệu
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ giếng
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của giếng
NGAYLAPDAT		Date	Ngày lắp đặt giếng
NGAYSUDUNG		Date	Ngày giếng đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt giếng
MA_DGTHONG	10	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt giếng
VUNGKTHAC	50	C	Vùng khai thác nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.2. Giếng khơi

Tên lớp dữ liệu: GiengKhoi.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_GIENG	20	C	Mã quản lý giếng
TEN_GIENG	50	C	Tên hoặc ID giếng
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của giếng với các đối tượng khác
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm ống vách
CHIEUSAU	10	D, 3	Chiều sâu của giếng
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính giếng
HINHDANG	10	D, 3	Hình dạng giếng
DODAY	10	D, 3	Độ dày thành giếng
CCAO_DAY	10	D,3	Chiều cao đáy giếng
CCAO_THANH	10	D,3	Chiều cao thành giếng
TCH_GIENG	50	C	Tiêu chuẩn áp dụng cho giếng
TINHTRANG	50	C	Tình trạng giếng
MAHANG_SX	10	C	Hãng sản xuất và lắp đặt
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ vật liệu
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ giếng
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của giếng
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt giếng
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày giếng đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt giếng
MA_DGTHONG	10	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt giếng
VUNGKTHAC	50	C	Vùng khai thác nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MA_CHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.3. Công trình thu nước kiểu nằm ngang

Tên lớp dữ liệu: CTThuNuocNgang.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_CTRINH	20	C	Mã quản lý công trình
TEN_CTRINH	50	C	Tên hoặc ID công trình
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của công trình với các đối tượng khác
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu xây dựng công trình
CHIEUSAU	10	D, 3	Chiều sâu của công trình
TIETDIEN	10	D, 3	Tiết diện của đường hầm thu nước
TOCDOCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
DKINHTRONG	10	D,3	Đường kính trong của hầm thu nước
DODOCONG	10	D,3	Độ dốc của ống dẫn về phía giếng
DKINHGIENG	10	D,3	Đường kính giếng thăm
TINHTRANG	50	C	Tình trạng công trình
MAHANG_SX	10	C	Hãng sản xuất và lắp đặt
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ vật liệu
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ công trình
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của công trình
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt công trình
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày công trình đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt công trình
MA_DUONG	10	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt công trình
VUNGKTHAC	50	C	Vùng khai thác nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.4. Công trình thu nước mạch

Tên lớp dữ liệu: CTThuNuocMach.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_CTRINH	20	C	Mã quản lý công trình
TEN_CTRINH	50	C	Tên hoặc ID công trình
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của công trình với các đối tượng khác
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu xây dựng công trình
CHIEUSAU	10	D, 3	Chiều sâu của công trình
TIETDIEN	10	D, 3	Tiết diện của đường hầm thu nước
TOCDOCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
DKINHTRONG	10	D,3	Đường kính trong của hầm thu nước
DODOCONG	10	D,3	Độ dốc của ống dẫn về phía giếng
DKINHGIENG	10	D,3	Đường kính giếng thăm
TINHTRANG	50	C	Tình trạng công trình
MA_HANG_SX	10	C	Hãng sản xuất và lắp đặt
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ vật liệu
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ công trình
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của công trình
NGAYLAPDAT		Date	Ngày lắp đặt công trình
NGAYSUDUNG		Date	Ngày công trình đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt công trình
MA_DUONG	10	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt công trình
VUNGKTHAC	50	C	Vùng khai thác nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.5. Công trình thu nước mặt

Tên lớp dữ liệu: CTThuNuocMat.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_CTRINH	20	C	Mã quản lý công trình
TEN_CTRINH	50	C	Tên hoặc ID công trình
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của công trình với các đối tượng khác
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu xây dựng công trình
CHIEUSAU	10	D, 3	Chiều sâu của công trình
TOCDOCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
DKINHGIENG	10	D,3	Đường kính giếng thăm
TINHTRANG	50	C	Tình trạng công trình
MA_HANG_SX	10	C	Hãng sản xuất và lắp đặt
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ vật liệu
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ công trình
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của công trình
NGAYLAPDAT		Date	Ngày lắp đặt công trình
NGAYSUDUNG		Date	Ngày công trình đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt công trình
TENDUONG	50	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt công trình
VUNGKTHAC	50	C	Vùng khai thác nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.7. Đường ống cấp nước

Tên lớp dữ liệu: DuongOngCapNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_TUYEN	20	C	Mã tuyến ống
TEN_TUYEN	50	C	Tên tuyến ống
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của tuyến ống với các đối tượng khác
DIEMDAU_X	10	D, 3	Tọa độ X điểm đầu ống
DIEMDAU_Y	10	D, 3	Tọa độ Y điểm đầu ống
DIEMCUOI_X	10	D, 3	Tọa độ X điểm cuối ống
DIEMCUOI_Y	10	D, 3	Tọa độ Y điểm cuối ống
MALOAI_ONG	10	C	Loại tuyến ống
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm ống
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài tuyến ống
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính tuyến ống
DODAY	10	D, 3	Độ dày tuyến ống
DOSAU_DAU	10	D, 3	Độ sâu điểm đầu tuyến ống
DOSAU_CUOI	10	D, 3	Độ sâu điểm cuối tuyến ống
TCH_ONG	50	C	Tiêu chuẩn áp dụng cho ống
TINHTRANG	50	C	Tình trạng tuyến ống
MA_HANG_SX	10	C	Hãng sản xuất ống
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ tuyến ống
MA_LOAIGIOANG	10	C	Loại gioăng nối ống
TCH_GIOANG	50	C	Tiêu chuẩn gioăng nối ống

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
TUOITHO	50	C	Tuổi thọ tuyến ống
GIATRIHTAI	50	C	Giá trị hiện tại của tuyến ống
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt tuyến ống
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày tuyến ống đưa vào sử dụng
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt tuyến ống
MA_DUONG	10	C	Tên đường giao thông nơi lắp đặt tuyến ống
MA_VUNGCAPNUOC	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
KVCAPNUOC	50	C	Khu vực cấp nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

- **Hãng sản xuất**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MA_HANGSX	10	C	Mã hãng sản xuất
HANGSXUAT	50	C	Tên hãng sản xuất

- **Loại tuyến ống**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MATUYENONG	10	C	Mã tuyến ống
TENTUYEN	50	C	Tên tuyến ống

Tuyến ống được chia thành tuyến ống dẫn nước thô, tuyến ống truyền tải, tuyến ống phân phối.

- **Vùng cấp nước**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MA_VUNGCN	10	C	Mã vùng cấp nước
TENVUNGCN	50	C	Tên vùng cấp nước

Vùng cấp nước là khái niệm chia vùng để quản lý mạng lưới của mỗi công ty.

VI.11. Van nước

Tên lớp dữ liệu: VanNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_VITRI	20	C	Mã vị trí đặt van
TEN_VAN	50	C	Tên van
MALOAI_VAN	10	C	Loại van
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của van so với những đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của van
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của van
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính van
DOSAU	10	D, 3	Độ sâu đặt van
KICHTHUOC	10	D, 3	Kích thước van
VAN_TRAI	1	N	Loại van trái hoặc van phải
SOVONGQUAY	3	N	Số vòng quay
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm van
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất van
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ của van nước
KIEUDAUNOI	50	C	Kiểu đấu nối van
TCH_DAUNOI	50	C	Tiêu chuẩn đấu nối van
TCH_APDUNG	50	C	Tiêu chuẩn áp dụng
KIEUBULONG	50	C	Kiểu bu lông bắt
CHUANBLONG	50	C	Chuẩn bắt bu lông
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt van
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày sử dụng
MA_TRANGTHAI	10	C	Trạng thái van
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi lắp đặt van

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MA_DUONG	10	C	Tên đường nơi lắp đặt van
MA_VUNGCAPNUOC	50	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
KVCAPNUOC	50	C	Khu vực cấp nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…

- **Loại van**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MA_LOAIVAN	10	C	Mã loại van
TENLOAIVAN	50	C	Tên loại van

∗ *Loại van được chia thành van một chiều, van giảm áp, van xả khí, van xả bùn, van tiết lưu, van hai chiều.*

- **Trạng thái van**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MA_TRTHAI	10	C	Mã trạng thái
TRANGTHAI	50	C	Trạng thái van nước

∗ *Trạng thái van gồm có mới, đang sử dụng, hỏng*

VI.14. Trạm bơm

Tên lớp dữ liệu: TramBom.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_TRBOM	20	C	Mã trạm bơm
TEN_TRBOM	50	C	Tên trạm bơm
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của trạm bơm so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của trạm bơm
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của trạm bơm
SO_MAYBOM	2	N	Số máy bơm
SO_DONGHO	2	N	Số đồng hồ đo
SO_VANKHOA	2	N	Số van khóa
SO_BECHUA	2	N	Số lượng bể chứa
LUULUONG	10	D, 3	Lưu lượng nước ra
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày sử dụng
MA_TRTHAI	10	C	Trạng thái trạm bơm
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi đặt trạm bơm
MA_DUONG	10	C	Tên đường nơi đặt trạm bơm
MA_VUNGCN	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
MA_KVUCCN	10	C	Khu vực cấp nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.15. Nhà máy xử lý nước

Tên lớp dữ liệu: NhaMayNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_NHAMAY	20	C	Mã nhà máy nước
TEN_NHAMAY	50	C	Tên nhà máy nước
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của nhà máy nước so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của nhà máy nước
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của nhà máy nước
CONGSUAT	10	D, 3	Công suất của nhà máy nước
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt nhà máy nước
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày đưa vào sử dụng nhà máy nước
MA_TRANGTHAI	50	C	Trạng thái hiện tại của nhà máy
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi đặt nhà máy
MA_DUONG	10	C	Tên đường nơi đặt nhà máy
MA_VUNGCAPNUOC	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
MA_KVUCCN	10	C	Khu vực cấp nước
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.16. Bể nước, đài chứa nước

Tên lớp dữ liệu: BeDaiChuaNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_DIEM	20	C	Mã bể, đài chứa
TEN_DIEM	50	C	Tên bể, đài chứa
PHANLOAI	50	C	Phân loại bể chứa, đài nước
VITRI_TD	100	C	Vị trí tương đối của bể, đài chứa so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của bể, đài chứa
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của bể, đài chứa
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm bể, đài chứa
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ bể, đài chứa
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày đưa vào sử dụng
MA_TRTHAI	50	C	Trạng thái hiện tại của bể, đài chứa
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi đặt bể, đài chứa
MA_DUONG	10	C	Tên đường nơi đặt bể, đài chứa
MA_VUNGCAP NUOC	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
MA_KVUCCN	10	C	Khu vực cấp nước
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.17. Điểm đấu nối

Tên lớp dữ liệu: DiemDauNoi.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_DIEMDN	20	C	Mã điểm đấu nối
TEN_DIEMDN	50	C	Tên điểm đấu nối
MA_LOAI	20	C	Mã loại điểm đấu nối
MA_DIEMDN	10	C	Loại điểm đấu nối
VITRI_TD	100	C	Vị trí tương đối của điểm đấu nối so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của điểm đấu nối
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của điểm đấu nối
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm điểm đấu nối
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ điểm đấu nối
QUYCACHKT	50	C	Quy cách kích thước
CHIEUDAI	10	D, 3	Chiều dài điểm đấu nối
KIEUBULONG	50	C	Kiểu bu lông bắt
CHUANBLONG	50	C	Chuẩn bắt bu lông
KIEUDAUNOI	50	C	Kiểu đấu nối
TCHDAUNOI	50	C	Tiêu chuẩn đấu nối
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày đưa vào sử dụng
MA_TRTHAI	10	C	Trạng thái hiện tại của điểm đấu nối
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi đặt điểm đấu nối
MA_DUONG	50	C	Tên đường nơi đặt điểm đấu nối
MA_VUNGCN	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
MA_KVUCCN	10	C	Khu vực cấp nước

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
KCACH_A	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_B	10	D,3	Khoảng cách đến…
KCACH_C	10	D,3	Khoảng cách đến…
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VI.18. Loại điểm đầu nối

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
MALOAIDIEMDAUNOI	10	C	Mã điểm đầu nối
LOAIDIEMDAUNOI	50	C	Tên điểm đầu nối

Loại điểm đấu nối được chia thành: Tê các loại, Cút các loại, Côn các loại, Thập các loại, Đoạn nối BU, Đoạn nối BF, Đoạn nối BB, Khâu nối mềm

VI.19. Đồng hồ đo nước

Tên lớp dữ liệu: DongHoNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_VITRI	20	C	Mã vị trí đồng hồ
TEN_VITRI	50	C	Tên vị trí đồng hồ
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của đồng hồ so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của đồng hồ
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của đồng hồ
MA_LOAI	20	C	Mã chủng loại đồng hồ
LOAI_DHO	50	C	Loại đồng hồ
TEN_CHUNGLOAI	50	C	Tên chủng loại đồng hồ
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm đồng hồ
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính đồng hồ
QCKICHTHUOC	50	C	Quy cách kích thước
TDO_DCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất đồng hồ
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ đồng hồ
KIEUDONGHO	3	N	Kiểu đồng hồ
TCH_DHO	50	C	Tiêu chuẩn đồng hồ
CHISO_DHO	10	D, 3	Chỉ số đồng hồ
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt đồng hồ
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày đưa vào sử dụng
MA_TRTHAI	10	C	Trạng thái hiện tại của đồng hồ
MAPHUONGXA	10	C	Tên phường xã nơi đặt đồng hồ
MA_DUONG	10	C	Tên đường nơi đặt đồng hồ
MA_VUNGCAPNUOC	10	C	Vùng cấp nước (hoặc chia theo chi nhánh)
MA_KVUCCN	10	C	Khu vực cấp nước
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

* *Loại đồng hồ bao gồm đồng hồ cơ hoặc đồng hồ điện tử*

VI.20. Trụ cứu hỏa

Tên lớp dữ liệu: TruCuuHoa.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Định dạng dữ liệu
MA_TRUCH	20	C	Mã trụ cứu hỏa
TEN_TRUCH	50	C	Tên vị trí trụ cứu hỏa
VITRI_TD	100	C	Mô tả vị trí tương đối của trụ cứu hỏa so với các đối tượng khác
TOADO_X	10	D, 3	Tọa độ X của trụ cứu hỏa
TOADO_Y	10	D, 3	Tọa độ Y của trụ cứu hỏa
MA_VATLIEU	10	C	Vật liệu làm trụ cứu hỏa
DUONGKINH	10	D, 3	Đường kính trụ cứu hỏa
TDO_DCHAY	10	D, 3	Tốc độ dòng chảy
MA_HANGSX	10	C	Hãng sản xuất trụ cứu hỏa
MA_XUATXU	10	C	Xuất xứ trụ cứu hỏa
NGAYLAPDAT	8	Date	Ngày lắp đặt trụ cứu hỏa
NGAYSUDUNG	8	Date	Ngày đưa vào sử dụng
MA_TRTHAI	10	C	Trạng thái hiện tại của trụ cứu hỏa
MAPHUONGXA	10	C	Tên tỉnh, TP nơi đặt trụ cứu hỏa
MA_DUONG	10	C	Tên quận, huyện nơi đặt trụ cứu hỏa
MA_VUNGCAPNUOC	10	C	Tên phường xã nơi đặt trụ cứu hỏa
MA_KVUCCN	10	C	Tên đường nơi đặt trụ cứu hỏa
MACHINHANH	10	C	Mã chi nhánh quản lý và cập nhật dữ liệu

VII. Hạ tầng thoát nước

VII.1. Hồ điều hòa

Tên lớp dữ liệu: HoDieuHoa.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

Bảng mô tả thuộc tính

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN	50	C	Tên hồ
DIENTICH	10	D.3	Diện tích hồ
MUCNUOCMAX	10	D.3	Mực nước lớn nhất
MUCNUOCMIN	10	D.3	Mực nước nhỏ nhất
DUNGTICH	10	D.3	Dung tích hồ
COT_DAYHO	10	D.3	Cốt đáy hồ

VII.2. Đường cống thoát nước

Tên lớp dữ liệu: CongThoatNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
MA_LOAI	4	N	Mã loại đường cống
LOAICONG	30	C	Loại đường cống
TIETDIEN	10	D.3	Tiết diện cống
CHIEUDAI	10	D.3	Chiều dài đường cống
CHATLIEU	30	C	Chất liệu làm cống
CHIEUDAY	10	D.3	Bề dày cống
VITRIDAT	50	C	Vị trí đặt cống
DODOC	8	D.5	Độ dốc đặt cống
KICHTHUOC	20	C	Kích thước cống
LOAIAP	40	C	Phân loại theo áp lực
NAMSUDUNG	10	C	Năm đưa vào sử dụng
CHATLUONG	20	C	Chất lượng

VII.3. Mương thoát nước

Dưới đây là cấu trúc bảng dữ liệu thuộc tính của shapefile này:

Tên lớp dữ liệu: MuongThoatNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Đường
guồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
MA_LOAI	6	N	Mã loại mương
LOAI	30	C	Loại mương
TEN	40	C	Tên mương, sông 1 nét
DORONG	8	D.3	Độ rộng của mương thoát nước (m)

VII.4. Công trình xử lý nước thải

Tên lớp dữ liệu: CongTrinhXuLyNuocThai.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Định dạng dữ liệu
TEN	60	C	Tên công trình xử lý nước thải
CONGSUAT	7	N	Công suất công trình xử lý nước thải
DONVI	10	C	Đơn vị của công suất
DIENTICH	10	D.3	Diện tích của công trình xử lý nước thải
MALOAI	3	N	Mã loại công trình
LOAI	40	C	Loại công trình xử lý nước thải

VII.5. Trạm bơm thoát nước

Tên lớp dữ liệu: TramBomThoatNuoc.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
TEN	50	C	Tên trạm bơm
CONGSUAT	6	N	Công suất của trạm bơm
TINHTRANG	50	C	Tình trạng hoạt động của trạm bơm
DIACHI	50	C	Vị trí đặt trạm bơm
DOSAU	10	D.3	Độ sâu trạm bơm giếng

VIII. Hạ tầng xử lý chất thải rắn

VIII.1. Công trình xử lý chất thải rắn

Tên lớp dữ liệu: CongTrinhXuLyCTR.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
TEN	40	C	Tên công trình chôn lấp
CONGSUAT	10	C	Công suất của công trình chôn lấp
KIEUXULY	30	C	Kiểu xử lý rác của công trình chôn lấp
DIENTICH	10	D.3	Diện tích công trình chôn lấp
THAIRAN_SH	6	D.2	Khối lượng chất thải rắn sinh hoạt thu gom
TL_THUGOM	5	D.2	Tỷ lệ thu gom (%)
MOITRUONG	40	C	Môi trường
VITRIDAT	40	C	Vị trí đặt
QUYMO	20	C	Quy mô công trình chôn lấp
KHOANGCACH	40	C	Khoảng cách an toàn
LINK	50	C	Đường link đến mẫu biểu

VIII.2. Trạm trung chuyển

Tên lớp dữ liệu: TramTrungChuyen.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
TEN	60	C	Tên
VITRI	60	C	Vị trí
LOAI	20	C	Loại
CONGSUAT	8	D.3	Công suất (tấn/ngđ)
BANKINH	5	D.2	Bán kính thu gom
DIENTICH	10	D.3	Diện tich thu gom

IX. Hạ tầng cây xanh công viên

IX.1. Đất cây xanh

Tên lớp dữ liệu: DatCayXanh.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
LOAI	50	C	Loại đất cây xanh
DIENTICH	8	D.3	Diện tích đất cây xanh

IX.1. Cây xanh đường phố

Tên lớp dữ liệu: CayXanh.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
LOAICAY	30	C	Loại cây xanh
DUONGKINH	10	D.3	Đường kính gốc cây
BANKINH	10	D.3	Bán kính tán cây
CHIEUCAO	10	D.3	Chiều cao cây
TUYENDUONG	50	C	Tên tuyến đường có cây đó
TINHTRANG	50	C	Tình trạng hiện tại của cây
TUOICAY	20	C	Tuổi cây
GHICHU	30	C	Ghi chú

X. Hạ tầng nhà máy, Khu công nghiệp

X.1. Nhà máy, xí nghiệp

Tên lớp dữ liệu: DiaDanh.shp
Định dạng dữ liệu: Điểm
Nguồn dữ liệu:

- **Bảng mô tả thuộc tính**

Tên trường	Độ rộng	Kiểu dữ liệu	Mô tả
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape*		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
TEN	50	C	Tên nhà máy, xí nghiệp
MA_NHAMAY	4	N	Mã nhà máy
DIACHI	50	C	Địa chỉ của nhà máy, xí nghiệp
NAM_TLAP	15	C	Năm thành lập
NAM_HDONG	15	C	Năm bắt đầu hoạt động
SANPHAM	100	C	Sản phẩm làm ra
CONGSUAT	50	C	Công suất
TENLHINH	120	C	Tên loại hình sản xuất
MA_LHINH	4	N	Mã loại hình sản xuất
TLNT	8	D.2	Tổng lượng nước thải
TLCTR	8	D.2	Tổng lượng chất thải rắn
TTXL_CTR	8	D.2	Tỷ lệ xử lý chất thải rắn

X.2. Khu công nghiệp

Tên lớp dữ liệu: KhuCongNghiep.shp
Định dạng dữ liệu: Vùng
Nguồn dữ liệu:

Bảng mô tả thuộc tính

Tên trường	**Độ rộng**	**Kiểu dữ liệu**	**Mô tả**
FID		N	Mã quản lý đối tượng
Shape		Geometry	Đinh dạng dữ liệu
TENKCN	50	C	Tên khu công nghiệp
DIACHI	70	C	Địa chỉ của khu công nghiệp
NAM_TLAP	15	C	Năm thành lập
TINHTRANG	10	N	Tình trạng hoạt động: 1: Đang xây dựng CSHT 2: Đang hoạt động 3: Các giai đoạn khác của dự án
SANPHAM	100	C	Sản phẩm chính của khu công nghiệp
LOAICHTHAI	100	C	Loại chất thải của khu công nghiệp
DIENTICH	8	D.2	Diện tích khu công nghiệp(ha)
DTCHOTHUE	10	D.2	Diện tích đất có thể cho thuê (ha)
DTDATHUE	10	D.2	Diện tích đất đã thuê (ha)
TILELAPDAY	10	N	Tỉ lệ lấp đầy (%)
VONCSHT	20	C	Vốn đầu tư xây dựng CSHT
QTCHUDAUTU	30	C	Quốc tịch chủ đầu tư CSHT
TENDNGHIEP	50	C	Tên doanh nghiệp đầu tư CSHT

Phụ lục 9 : Qui trình điều tra

1. Câu hỏi phỏng vấn

1.1. Mục tiêu phỏng vấn

Việc đánh giá kết quả hoạt động nghiệp vụ của các công ty cấp nước nhằm xác định tình hình hoạt động của các công ty, có vai trò quyết định trong việc đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý hệ thống. Ngành cấp nước cần phải biết nguyên thực sự nghiệp vụ nào còn yếu kém, giải quyết từ đâu và sử dụng công nghệ gì? Qui trình thực hiện như thế nào? Để có được đánh giá về tình hình hoạt động sản xuất kinh doanh của ngành cấp nước và đưa ra giải pháp tổng thể cũng như giải pháp cho từng nghiệp vụ, tác giả xin được thự hiện việc phỏng vấn nhằm mục đích:

- *Tìm hiểu các thông tin liên quan đến tình hình hoạt động nghiệp vụ tại các CTCCNS.*
- *Nắm được qui trình, công nghệ của các nghiệp vụ các công ty đang thực hiện để vận hành hệ thống.*
- *Tìm hiểu về sự hiểu biết ứng dụng GIS cho ngành cấp nước trong các CTCCNS*
- *Nắm được hiện trạng ứng dụng GIS trong các hoạt động nghiệp vụ của các CTCCNS*

1.2. Đối tượng phỏng vấn

- *Phó giám đốc phụ trách kỹ thuật, giám đốc xí nghiệp thiết kế.*
- *Cán bộ trung tâm tin học và công nghệ của các CTCCNS*
- *Cán bộ phụ trách phòng kế hoạch – dự án*
- *Cán bộ phòng kỹ thuật*

1.3. Nội dung phỏng vấn

Phần 1: Thông tin về sự hiểu biết của GIS và thực trạng ứng dụng GIS cho các trong hoạt động nghiệp vụ của các CTCCNS

1.Đơn vị đã sử dụng GIS để quản lý hệ thống cung cấp nước (HTCCN) sạch chưa?

2. Lý do đơn vị chưa ứng dụng GIS?

3. GIS đã ứng dụng để hỗ trợ công tác quản lý nào của công ty?

4. Đơn vị đã ứng dụng GIS để quản lý tài sản hệ thống như thế nào? Tư vấn lập kế hoạch bảo trì thiết bị theo những tiêu chí nào?

4. Đơn vị đã ứng dụng GIS để quản lý chất lượng nước và quản lý nhu cầu sử dụng nước chưa? Và đã quản lý cụ thể quản lý như thế nào?

5. Đơn vị đã ứng dụng GIS trong công tác tư vấn mở rộng mạng lưới chưa? Và GIS đã hỗ trụ cụ thể đến mức nào?

Phần 2: Tình hình hoạt động nghiệp vụ của các công ty và qui trình thực hiện

1.Hằng năm đơn vị có xây dựng kế hoạch cấp nước an toàn không? Bộ phận nào trong đơn vị thực hiện xây dựng kế hoạch này?

2.Kế hoạch cấp nước an toàn hằng năm có sự thay đổi gì lớn không? Thường thay đổi ở những nghiệp vụ nào và vì sao?

Phần 3: Khai thác thông tin của các công ty đã ứng dụng GIS

1.Đơn vị đã thực hiện việc quản lý tài sản dựa trên GIS theo đa tiêu chí, vậy có thể xin quí công ty cho biết đã thực hiện quản lý theo những tiêu chí cụ thể nào?

2. Đơn vị đã ứng dụng GIS kết hợp với các phần mềm khác để dự đoán mức độ nguy cơ xảy ra các điểm rò rỉ, vậy xin cho biết các nguy cơ này dựa trên các thông tin nào?

3.Đơn vị đã ứng dụng GIS để thiết kế mở rộng mạng lưới vậy đơn vị đã sử dụng GIS trong những pha nào của công đoạn thiết kế mở rộng mạng lưới?

2. Cây vấn đề trong quá trình điều tra phỏng vấn

3. *Danh sách các công ty tham gia phỏng vấn*

STT	Tên công ty	Người được phỏng vấn	Hình thức thực hiện
1	Công ty CP cấp nước Sơn La	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
2	Công ty CP cấp nước Lai Châu	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
3	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Hà Giang	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
4	Công ty TNHH MTV cấp nước Yên Bái	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
5	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Bắc Kạn	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
6	Công ty cổ phần cấp thoát nước Lạng Sơn	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
7	Công ty TNHH MTV cấp nước Bắc Giang	Phòng Kinh doanh	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
8	Công ty cổ phần nước sạch Thái Nguyên	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
9	Công ty TNHH MTV nước sạch Hưng Yên	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
10	Công ty cổ phần cấp thoát nước Quảng Bình	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
11	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Lao Cai	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
12	Công ty xây dựng cấp nước Điện Biên	Kế hoạch	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
13	Công ty TNHH MTV cấp nước KON TUM	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
14	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Lâm Đồng	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
15	Công ty TNHH MTV cấp Đồng Nai	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
16	Xi Nghiep Xay lap - Cong ty nuoc sach Ha noi	Kế hoạch	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
18	Công ty TNHH MTV cấp nước Cao Bằng	Kế hoạch	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
19	Công ty cổ phần nước sạch Phú Thọ	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
20	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Quảng Ninh	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra quan mạng
21	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Ninh Bình	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
22	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Nam Định	Kế hoạch - kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng

STT	Tên công ty	Người được phỏng vấn	Hình thức thực hiện
23	Công ty TNHH MTV cấp nước Thanh Hoá	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
24	Công ty TNHH MTV cấp nước và xây dựng Quảng Trị	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
25	Công ty cổ phần cấp thoát nước sạch Quảng Nam	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
26	Công ty TNHH MTV cấp nước và xây dựng Quảng Ngãi	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
27	Công ty cổ phần cấp thoát nước Bình Định	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
28	Công ty cổ phần cấp thoát nước Bình Thuận	Tổ GIS- phòng kỹ thuật và phát triển mạng	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra quan mạng
29	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Gia Lai	Kế hoạch - kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
30	Công ty TNHH MTV cấp nước và phát triển đô thị Dak nong	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
31	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Bến Tre	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
32	Công ty TNHH MTV cấp nước Hà Đông	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
33	Công ty TNHH MTV cấp nước Cà Mau	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
34	Công ty TNHH MTV cấp nước Bình Phước	Kế hoạch	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
35	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Bắc Ninh	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
36	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Vĩnh phúc	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
37	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Tây Ninh	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
38	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Trà Vinh	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
39	Công ty TNHH MTV cấp nước Sóc Trăng	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
40	Công ty TNHH 1 TV Cấp nước và ĐTXD Đắk Lắk	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
41	Công ty cổ phần điện nước An Giang	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
42	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Thái Bình	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng

STT	Tên công ty	Người được phỏng vấn	Hình thức thực hiện
43	Công ty TNHH MTV cấp nước Nghệ An	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
44	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Tuyên Quang	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
45	Công ty cổ phần nước sạch Hoà Bình	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
46	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Hải Dương	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
47	Công ty cổ phần nước sạch Hà Nam	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
48	Công ty TNHH MTV cấp nước và xây dựng Hà Tĩnh	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
49	Công ty TNHH MTV cấp nước nông thôn Tiền Giang	Trung tâm tin hoc - quản lý mạng	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
50	Công ty TNHH 1 thành viên cấp thoát nước-Môi trường Bình Dương	Phòng chống thất thoát	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
51	Công ty TNHH MTV cấp nước và xây dựng Thừa Thiên Huế	Quản lý mạng và phân phối nước	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
52	Tổng Công ty cấp nước Sài Gòn	Phòng Kỹ thuật công nghệ	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
53	Công ty cổ phần cấp nước Vũng Tàu	Quản lý kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
54	Công ty TNHH MTV kinh doanh nước sạch Hải Phòng	Ban quản lý	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
55	Công ty cấp nước số 2 Hà Nội	Phòng kỹ thuật-xí nghiệp thiết kế	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
56	Xí nghiệp cấp nước thành phố Long Xuyên- An Giang	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
57	Công ty TNHH MTV cấp thoát nước Cần Thơ	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
58	Công ty TNHH MTV cấp nước Đà Nẵng	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
59	Công ty TNHH MTV cấp nước Thủ Dầu	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng
60	Công ty TNHH MTV cấp nước phú Yên	Kỹ thuật	Phỏng vấn, gửi phiếu điều tra qua mạng