ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN CÂY KHUNG TRÊN NỀN TẢNG QGIS ĐỂ BỐ TRÍ TỐI ƯU MẠNG LƯỚI ĐƯỜNG ỐNG TRONG HỆ THỐNG CẤP NƯỚC TƯỚI

Nguyễn Văn Kiên
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
Lã Phú Hiến, Đặng Minh Hải
Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: *Mạng lưới đường ống tưới thay thế kênh hở truyền thống đã được áp dụng ở nhiều quốc gia trên thế giới để cải thiện hiệu quả tưới tiêu. Các nghiên cứu chỉ ra rằng, chi phí mạng lưới đường ống tưới thường chiếm tỷ lệ cao trong chi phí xây dựng hệ thống. Do đó tối ưu hóa chiều dài tuyến ống luôn nhận được sự quan tâm, nghiên cứu. Bài báo này áp dụng thuật toán cây khung nhỏ nhất (Minimum Spaning Tree-MST) trên nền tảng QGIS để bố trí tối ưu tuyến ống tại khu tưới xã Búng Lao, tỉnh Điện Biên. Kết quả kiểm định so với thiết kế hiện trạng có sai số chiều dài 0,5% đảm bảo độ tin cậy. Tham số đầu vào dựa trên bố trí cửa lấy nước từng thửa ruộng với diện tích bình quân 1,0ha, nguồn nước tại suối Nậm Cô, các vật cản và định hướng tuyến ống. Kết quả xác định chiều dài tuyến ống tối ưu theo phương án tối thiểu là 9.207,4m và phương án quản lý vận hành là 11.223,4m. Ngoài thời gian phân tích nhanh chóng, kết quả phân tích được hiển thị trực quan trên QGIS hỗ trợ cơ quan quản lý, cộng đồng dân cư và các bên liên quan xem xét, thảo luận để lựa chọn được phương án phù hợp.*
Từ khóa: *Bộ trí tối ưu; đường ống dẫn nước; thuật toán cây khung, QGIS.*

Summary: *Replacing traditional open canals by pipeline networks have been applied in many countries around the world to improve irrigation efficiency. Studies have shown that the cost of irrigation pipeline networks often accounts for a high proportion of the system construction cost. Therefore, optimizing the length of the pipeline network has always received attention and research. This paper applies the Minimum Spanning Tree (MST) algorithm on the QGIS platform to optimally arrange the pipeline network in the irrigation system of Bung Lao commune, Dien Bien province. The verification results compared with the current design have an error of 0.5% to ensure reliability. Input parameters are based on the arrangement of water intakes for each rice field with an average area of 1.0 ha, water source at Nam Co stream, obstacles and pipeline orientation. The results determine the optimal pipeline length according to the minimum plan is 9,207.4 m and the operation management plan is 11,223.4 m. In addition to quick analysis time, analysis results are displayed visually on QGIS to support management agencies, communities and stakeholders to review and discuss to choose the appropriate solution.*
Keyword: *Optimization layout; irrigation pipeline; spanning tree algorithm, QGIS.*

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong bối cảnh khan hiếm nước ngày càng gia tăng và áp lực nâng cao hiệu quả sản xuất nông nghiệp, các nghiên cứu về đổi mới công nghệ để giảm thiểu thất thoát nước, nâng cao giá trị sử dụng nước có ý nghĩa quan trọng trong hoạch định chính sách và phát triển cơ sở hạ tầng khai thác thủy lợi bền vững (WWAP, 2015). Xu hướng hiện đại hóa thủy lợi hiện nay là thay thế các kênh tưới truyền thống bằng đường ống để vận chuyển nước đến các thửa ruộng, áp dụng công nghệ tưới tiên tiến, tiết kiệm nước. Phạm vi áp dụng có thể chỉ ở tuyến ống chính, tuyến ống chính đến ống cấp 3, thậm chí đến cả mặt ruộng hay chỉ áp dụng theo nhóm cấp kênh/cấp tuyến ống hoặc các đoạn riêng lẻ. Chi phí mạng lưới đường ống có thể chiếm 60% toàn bộ chi phí

Ngày nhận bài: 21/10/2025
Ngày thông qua phản biện: 10/12/2025
Ngày duyệt đăng: 19/12/2025

của dự án (Walski và nnk., 2003; Sarbu và Tokar, 2018). Do đó, trong giai đoạn thiết kế, vạch tuyến mạng lưới đường ống có chiều dài ngắn nhất là rất quan trọng.

Hiện nay, ở Việt Nam đã có trên 30 hệ thống thủy lợi áp dụng mạng lưới đường ống tưới. Trong các dự án đó, việc vạch tuyến mạng lưới đường ống phụ thuộc vào kinh nghiệm của người thiết kế và cơ quan chủ trì thông qua việc đề xuất nhiều phương án vạch tuyến và chọn phương án hợp lý nhất. Cách làm này tiêu tốn nhiều thời gian và công sức của đơn vị tư vấn, chủ đầu tư và các đơn vị có liên quan (Hải, 2024). Vì vậy, cần thiết phải có công cụ hỗ trợ việc vạch tuyến mạng lưới đường ống để nhanh chóng tìm được phương án vạch tuyến mạng lưới tối ưu đạt được sự đồng thuận cao giữa đơn vị tư vấn, chủ đầu tư và người hưởng lợi.

Bố trí mạng lưới tối ưu thường bắt đầu bằng phương pháp tiếp cận theo khoảng cách và chiều dài tối thiểu. Sau đó, một số giải pháp như bố trí đường ống theo tuyến đường giao thông hoặc ranh giới thửa ruộng để thuận tiện cho công tác thi công, kiểm tra, vận hành được xem xét (Granados, 1990). Như vậy nếu coi mạng lưới đường ống cấp nước như một đồ thị với các điểm nút là đỉnh của đồ thị, và đường ống là cạnh của đồ thị thì xác định mạng lưới với tổng chiều dài ngắn nhất chính là bài toán tìm cây khung nhỏ nhất (Minimum Spaning Tree-MST) trong đồ thị, nó được được định nghĩa là cây khung kết nối tất cả các nút của đồ thị có tổng trọng số thấp nhất (Prieto, 2015 và Tariq, 2021). So với phương pháp thiết kế truyền thống trên bản vẽ thông thường nó có nhiều ưu điểm vượt trội: thời gian xây dựng mạng lưới ngắn, chỉ tính bằng giây; tích hợp hoàn toàn vào QGIS, kết quả hiển thị trực tiếp trên bản đồ nền, dễ dàng tương tác và xuất bản đồ; Hỗ trợ nhiều định dạng dữ liệu không gian GIS (Shapefile, GeoJSON, PostGIS...).

Mục tiêu của bài báo nhằm: (i) Đề xuất qui trình áp dụng công cụ hỗ trợ vạch tuyến mạng lưới đường ống tối ưu trên nền tảng Geo-MST tích hợp QGIS. (ii) Ứng dụng Geo-MST để vạch tuyến mạng lưới tối ưu cho hệ thống tưới Búng Lao.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Bố trí cửa lấy nước và các vật cản

a) Bố trí cửa lấy nước

Trong nghiên cứu này, phạm vi cấp nước của hệ thống được tính đến các thửa ruộng. Xác định qui mô thửa ruộng theo 02 loại gồm: (i) Thửa ruộng cho vùng trồng lúa và (ii) Thửa ruộng cho vùng trồng cây ăn quả, cây công nghiệp. Phương pháp xác định như sau:

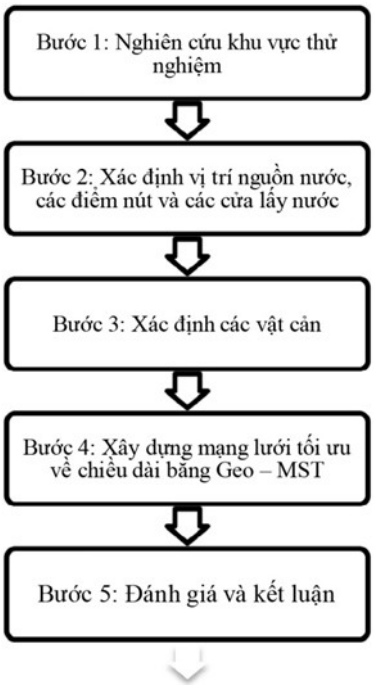
- Đối với khu vực trồng lúa hoặc lúa-màu, theo hướng dẫn của Tổng cục Thủy lợi (2019) qui cách thửa ruộng xác định theo điều kiện độ dốc địa hình và yêu cầu cơ giới hóa đồng ruộng. Theo hướng dẫn, qui mô diện tích thửa ruộng từ 0,03 ÷ 0,5ha, chiều rộng từ 10÷50m và chiều dài 30÷100m. Trong thiết kế này, thiết kế kích thước thửa ruộng tiêu chuẩn là 50x100m (~0,5ha/thửa). Ở các khu vực có địa hình dốc lớn hoặc địa hình phức tạp, khó áp dụng được yêu cầu cơ giới hóa bố trí một cửa lấy nước với diện tích không vượt quá 1,0ha. Vị trí cửa lấy nước được bố trí ở góc hoặc cạnh thửa ruộng đảm bảo tưới tự chảy cho thửa ruộng;

- Đối với khu vực cây ăn quả, cây công nghiệp: Do địa hình khu tưới bị chia cắt mạnh, hình dạng thửa đất phức tạp theo tính chất sở hữu của các hộ dân, khó áp dụng được kích thước thửa ruộng tiêu chuẩn như đối với khu vực trồng lúa. Phương pháp bố trí qui mô cửa lấy nước thực hiện theo khuyến nghị của FAO (2000, 2007) và kinh nghiệm thiết kế. Theo đó, căn cứ các tuyến đường giao thông, điều kiện địa hình và ranh giới các khu tưới, dọc theo hướng tuyến ống dự kiến, chia khu tưới thành các lô ruộng với khoảng cách 100m. Qui mô thửa ruộng bố trí cửa lấy nước xác định theo khoảng cách và diện tích. Trong đó, phạm vi phục vụ của 01 cửa lấy nước không vượt quá 200m và diện tích phục vụ tối đa 2,5ha/cửa. Vị trí cửa lấy nước được bố trí ở trung tâm thửa ruộng hoặc điểm cao nhất của thửa ruộng theo điều kiện địa hình và hướng tuyến dự kiến.

b) Xác định các vật cản

Mặc dù tuyến ống có thể đi ngầm dưới đất,

băng qua những khu vực có địa hình không bằng phẳng hoặc dốc ngược nhưng để hoàn thành công trình và đảm bảo hiệu quả trong quản lý khai thác cần phải xem xét các yếu tố ảnh hưởng và tác động. Các vật cản có thể bao gồm: (i) Các công trình văn hóa, di tích lịch sử, an ninh - quốc phòng; (ii) Nhà ở dân cư, trụ sở các cơ quan và các tổ chức, bệnh viện, trường học, chợ, v.v.; (iii) Các khu vực ngập lụt, rủi ro lũ quét, sạt lở đất; (iv) Các khu vực khác không khả thi trong giải phóng mặt bằng, hoặc qui trình thủ tục thực hiện phức tạp, chi phí đắt đỏ và (v) Sự hiện diện của công trình sẽ làm cản trở, ảnh hưởng lớn đến các hoạt động thường xuyên của nhân dân



Hình 1: Qui trình thử nghiệm ứng dụng công cụ GEO-MST để vạch tuyến

2.2. Thuật toán cây khung nhỏ nhất

Bài toán tìm cây khung nhỏ nhất (MST) trên đồ thị được thiết lập theo cách thức cho đồ thị vô hướng, liên thông, có trọng số. Tìm tập cạnh có tổng trọng số nhỏ nhất kết nối tất cả đỉnh mà không tạo chu trình. Hai giải thuật phổ biến để tìm cây khung nhỏ nhất trên đồ thị là giải thuật Kruskal (Joseph Kruskal -1956) và giải thuật Prim (Robert Prim -1957).

Giải thuật Kruskal: Giải thuật này được phát minh bởi nhà nghiên cứu Kuskal người Mỹ. Nguyên lý thực hiện của nó là sắp xếp các cạnh theo trọng số tăng dần; sau đó lần lượt duyệt từng cạnh (với trọng số từ nhỏ đến lớn), cạnh sẽ được thêm vào MST nếu không tạo thành chu trình. Nguyên tắc của giải thuật là luôn chọn cạnh nhỏ nhất có thể tại mỗi bước.

Giải thuật Prim: Giải thuật Kruskal có nhược điểm là thời gian thực hiện sẽ tăng lên khi số cạnh của đồ thị tăng vì phải sắp xếp các cạnh trước khi thực hiện giải thuật. Để khắc phục nhược điểm này, nhà khoa học Robert C. Prim đã phát triển hoàn chỉnh thuật toán Prim vào năm 1957 theo nguyên tắc: Bắt đầu từ 1 đỉnh bất kỳ, coi như cây MST ban đầu; mở rộng dần bằng cách thêm cạnh nhỏ nhất nối cây MST với đỉnh chưa thuộc MST; lặp lại cho đến khi đủ n−1 cạnh. Nguyên tắc của giải thuật này là luôn chọn cạnh tối ưu cục bộ tại mỗi bước.

2.3. Công cụ Geo-MST tích hợp trên phần mềm QGIS

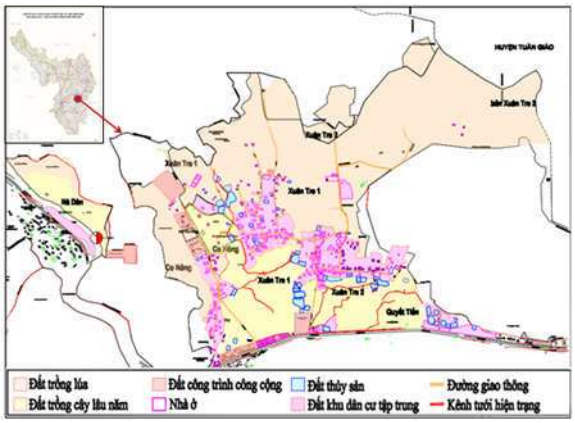
Geo-MST là một công cụ được tích hợp với Hệ thống Thông tin Địa lý mã nguồn mở QGIS, được phát triển để giải quyết các bài toán tối ưu hóa mạng lưới không gian thông qua thuật toán MST (Murat Çalışkan, 2020). Ứng dụng bổ sung (plugin) này tự động hóa việc xây dựng mạng lưới liên kết tối ưu giữa các đối tượng địa lý dạng điểm, giảm thiểu tổng chiều dài kết nối mà vẫn đảm bảo tính liên thông toàn mạng lưới. Công cụ này áp dụng giải thuật Kruskal để xử lý đồ thị có trọng số. Nhờ tối ưu hóa thời gian tính toán công cụ xử lý hiệu quả ngay cả với tập dữ liệu lớn. Với lợi thế tích hợp với QGIS nó cho phép tự động nhận diện hệ tọa độ không gian của dữ liệu đầu vào và bảo toàn độ chính xác tính toán khoảng cách. Kết quả đầu ra của công cụ này là mạng lưới các cạnh nối tối ưu giữa các điểm, kèm thuộc tính chiều dài từng đoạn và lớp điểm đầu vào được bổ sung thuộc tính đánh dấu điểm đã được kết nối và bậc của nút. Đây là giải pháp lý tưởng cho các chuyên gia GIS, kỹ sư hạ tầng và nhà nghiên cứu cần tối ưu hóa chi phí trong quy hoạch không gian. Trong nghiên cứu này, các bước ứng dụng

công cụ Geo -MST để vạch tuyến mạng lưới đường ống thực hiện theo 05 bước (Hình 1).

2.4. Khu vực nghiên cứu điển hình

Khu vực nghiên cứu thuộc các bản xã Búng Lao, tỉnh Điện Biên. Diện tích khu tưới là 105,97 ha trong đó đất chuyên lúa là 19,9 ha, lúa và màu 11,0 ha, cây lâu năm (cây ăn quả, cà phê) là 74,3 ha và thủy sản 0,8 ha. Đây là khu vực có địa hình khu tưới khá đa dạng gồm đồi núi đất, ruộng bậc thang và có dải đồng bằng hẹp.

Nguồn nước tưới cho gặp nhiều khó khăn. Việc tưới chủ động cho lúa được thực hiện nhờ các đập dâng, đập tạm. Diện tích được tưới chủ động hạn chế, chỉ một phần thuộc các bản Xuân Tre 1, Xuân Tre 2 và Quyết Tiến. Các diện tích còn lại sử dụng nước từ các khe suối nhỏ hay gặp tình trạng thiếu nước, phải chuyển sang trồng màu hoặc bỏ hoang vào vụ chiêm. Đối với các cây trồng có giá trị cao như cây cà phê, cây ăn quả được trồng ở các khu vực đồi núi chưa có công trình thủy lợi, phải sử dụng nước trời nên chưa phát huy được hiệu quả kinh tế. Để lựa chọn giải pháp cấp nước tưới cho xã Búng Lao, (Hải, 2024) đã áp dụng 7 tiêu chí để phân tích và kết quả cho thấy điểm tổng hợp là 3.5 và đề xuất sử dụng mạng lưới đường ống để cấp nước tưới cho khu vực.



Hình 2: Vị trí và sơ đồ khu tưới xã Búng Lao, tỉnh Điện Biên

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bố trí cửa lấy nước và xác định các vật cản

a) Bố trí cửa lấy nước

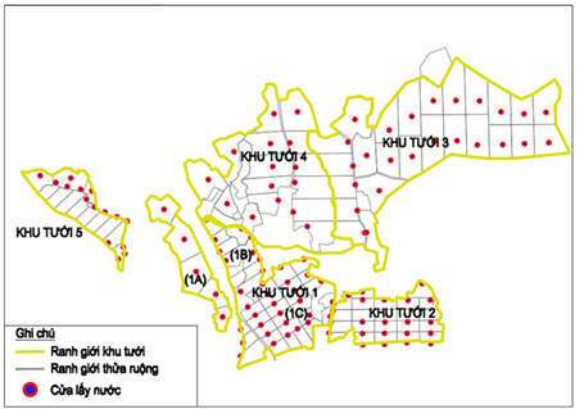
Theo R.N. Reddy (2010), ở giai đoạn thiết kế, việc lựa chọn số lượng và vị trí các cửa lấy nước là sự dung hòa giữa mong muốn của nông dân và cơ quan quản lý. Mỗi hộ nông dân đều mong muốn được đặt cửa lấy nước ở vị trí tốt nhất có thể trên thửa ruộng của mình trong khi các cơ quan quản lý lại mong muốn giữ số lượng cửa lấy nước ở mức tối thiểu để giảm chi phí. Ở hệ thống tưới bằng đường ống ở các quốc gia đang phát triển, sử dụng lao động thủ công thì qui mô từ 1÷2ha (Laycock, 2007). Nghiên cứu về hệ thống tưới bằng đường ống ở Việt Nam hiện nay còn khá hạn chế. Trong số đó, theo Nguyễn Thị Kim Dung (2014) đối với hệ thống tưới bằng đường ống qui mô nhỏ ở khu vực MNPB cách bố trí mỗi tuyến ống chính có thể phụ trách tưới 5-30ha, ống nhánh phụ trách tưới 1-3ha và khoảng cách 50m bố trí một cửa lấy nước. Theo giải pháp bố trí khu tưới trong đề xuất (Hải, 2024), qui mô diện tích phụ trách của mỗi cửa lấy nước là khá lớn (7 ha÷21 ha), chưa phù hợp với khuyến nghị của một số nghiên cứu ở trong và ngoài nước và thực tế của vùng do đó cần thiết phải bố trí lại.

Theo quy mô thửa ruộng được đề xuất ở mục 2.1, khu tưới bao gồm 117 cửa lấy nước có qui mô bình quân 0,91ha. Đối với khu vực trồng lúa bình quân là 0,44 ha, lớn nhất là 0,83 ha và nhỏ nhất là 0,2ha. Qui mô phổ biến nằm trong khoảng 0,3÷0,5ha. Một số cửa có qui mô lớn hơn 0,5ha nằm ở khu vực ruộng bậc thang có độ dốc lớn, diện tích tưới nằm xen kẹp, ranh giới phức tạp và khó áp dụng kích thước đồng ruộng tiêu chuẩn. Đối với khu vực cây ăn quả, cây công nghiệp qui mô bình quân cửa lấy nước là 1,62ha, lớn nhất là 2,31ha và nhỏ nhất là 0,82ha trong đó phổ biến nằm trong khoảng 1,0 ÷ 2,0ha (Bảng 1). Phương án thiết kế mạng lưới đường ống sử dụng nguồn nước từ suối Nậm Cô cách cầu Bung Lao 1,42km về phía thượng lưu. Hệ thống công trình gồm trạm bơm, bể chứa, mạng lưới đường ống và 117 cửa lấy nước. Vị trí các cửa lấy nước, nguồn nước và các thửa ruộng được tích hợp trên bản đồ QGIS (Hình 3).

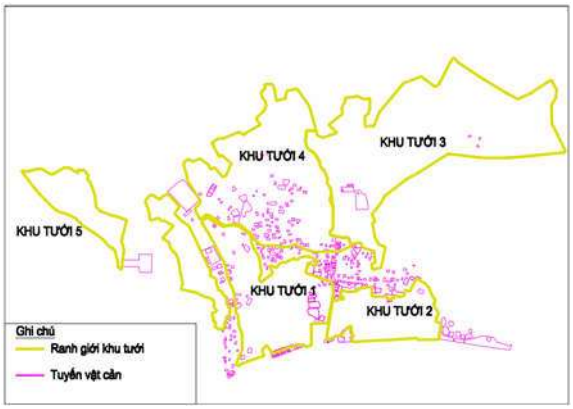
Bảng 1: Phân chia khu tưới và bố trí thửa ruộng ở khu xây dựng mô hình

TT	Khu tưới	Diện tích (ha)	Số thửa ruộng	Diện tích thửa ruộng (ha)			Đối tượng cây trồng
				Bình quân	Lớn nhất	Nhỏ nhất	
1	Khu 1	16.63	36	0.46	0.58	0.20	Lúa
2	Khu 2	10.38	24	0.43	0.57	0.22	Lúa
3	Khu 3	43.60	26	1.68	2.31	0.94	CLN*
4	Khu 4	21.88	14	1.56	2.27	0.82	CLN
5	Khu 5	13.48	17	0.79	1.85	0.34	Lúa, CLN
	Tổng cộng	**105.97**	**117**	**0.91**			

Ghi chú: CLN: Cà phê, cây ăn quả;*



Hình 3: Bố trí các thửa ruộng và cửa lấy nước



Hình 4: Sơ đồ các vật cản

b) Xác định các vật cản

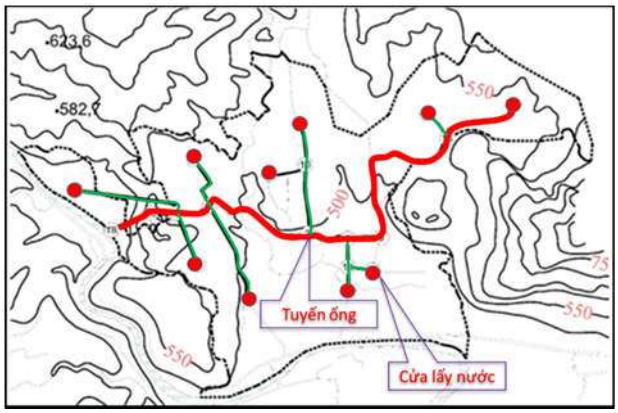
Theo kết quả khảo sát cho thấy khu vực không chịu ảnh hưởng của lũ lụt, các vật cản ảnh hưởng đến bố trí tuyến ống được xác định bao gồm: (i)Nhà cửa, khu dân cư tập trung; (ii) Tượng đài liệt sĩ, trụ sở UBND xã Búng Lao (cũ), trụ sở công an xã, sân vận động và chợ dân sinh và (iii) Các ao nuôi trồng thủy sản. Các vật cản này được khoanh vùng và đưa vào bản đồ QGIS phục vụ phân tích (Hình 4).

3.2. Kiểm định thuật toán

Bảng 2: Kết quả kiểm định chiều dài tuyến ống theo mô hình Geo-MST

TT	Nội dung	Hiện trạng	MST	Chênh lệch	Sai số
		(m)	(m)	(m)	(%)
1	Chiều dài tuyến ống chính	2070.32	2013.44	56.88	2.7%
2	Chiều dài tuyến ống nhánh	2524.15	2556.28	-32.13	-1.3%
3	Chiều dài tổng thể	4594.47	4569.72	24.75	0.5%

Trên cơ sở dữ liệu đầu vào gồm nguồn nước, vị trí các cửa lấy nước và sơ đồ tuyến ống của dự án thiết kế hiện trạng được thiết lập và đưa vào mô hình phân tích Geo-MST cho kết quả chiều dài tuyến ống là 4.569,7m trong đó chiều dài ống chính là 2.013,4m và ống nhánh là 2.556,28m so với dự án là chiều dài tuyến ống là 4.594,47m, chiều dài ống chính là 2.070,32m và ống nhánh là 2524,12m cho thấy tỷ lệ phần trăm sai số về chiều dài tuyến ống là 0,5% trong đó ống chính là 2,7% và ống nhánh là -1,3% (Bảng 2, Hình 4&5). Mức độ sai số chấp nhận được, đảm bảo tin cậy trong các phương án phân tích tiếp theo.



Hình 4: Sơ đồ thiết kế hiện trạng tuyến ống

Hình 5: Sơ đồ tuyến ống kiểm định

3.3. Bố trí tối ưu mạng lưới đường ống

Các kịch bản phân tính tuyến ống tối ưu theo Geo-MST được giả thiết theo các tham số đầu vào gồm: (i) Cửa lấy nước; (ii) Vật cản; (iii) Định hướng tuyến ống theo đường giao thông, yêu cầu quản lý vận hành. Các phương án phân tích gồm: (i) Phương án 1: Bố trí tối ưu tuyến ống không xét đến ảnh hưởng của các vật cản (PA1); (ii) Phương án 2: Bố trí tối ưu tuyến ống có xét đến ảnh hưởng của các vật cản (PA2); (iii) Phương án 3: Bố trí tối ưu tuyến ống xét đến vật cản và định hướng tuyến theo các đường giao thông (PA3); và (iv) Phương án 4: Bố trí tối ưu tuyến ống xét đến vật cản, hướng tuyến theo các đường giao thông và yêu cầu quản lý vận hành (PA4).

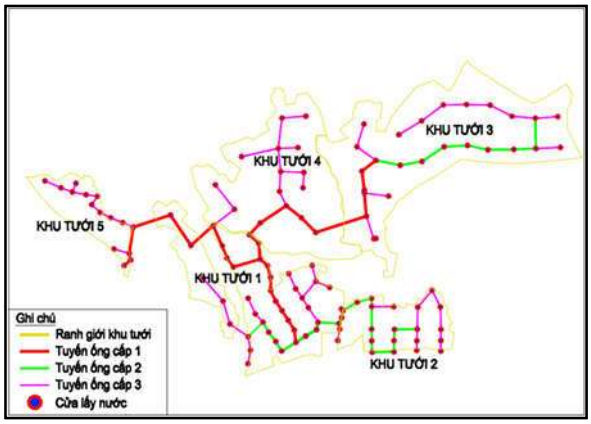
- Kết quả phân tích theo các phương án được thể hiện ở bảng 3 và bảng 4. Khi chưa xét đến các vật cản, chiều dài tuyến ống tối thiểu là 9.027,4m. So với PA1 thì chiều dài ở PA2 tăng thêm 387,2m (khoảng 4,2%), PA3 là 10.987,8m (19,3%) và PA4 là 2.105,98m (21,9%). Ở PA1 và PA2 chiều dài tuyến ống tăng không đáng kể do đa phần các khu tưới nằm ở khu dân cư thưa thớt và có ít vật cản. Các thay đổi chủ yếu ở trên tuyến ống chính. Để bổ sung các phân tích hiệu quả có thể chia vật cản làm 2 loại: (i) Vật cản không cho tuyến ống băng qua và (ii) Vật cản có thể cho tuyến ống đi để phân tích hiệu quả về chi phí.
- PA3 bố trí tuyến ống dọc theo các đường trục giao thông, đường nội đồng, các bờ lô, bờ thửa cho kết quả chiều dài tuyến lớn hơn PA1 &PA2 nhưng sẽ giảm đáng kể chi phí giải phóng mặt bằng, đền bù hoa màu, thuận tiện thi công cũng như công tác kiểm tra công trình. Ở phương án này, việc lựa chọn hướng tuyến phụ thuộc vào kinh nghiệm kỹ thuật của người thiết kế.

Bảng 3: Tổng hợp kết quả phân tích tuyến ống theo 04 phương án

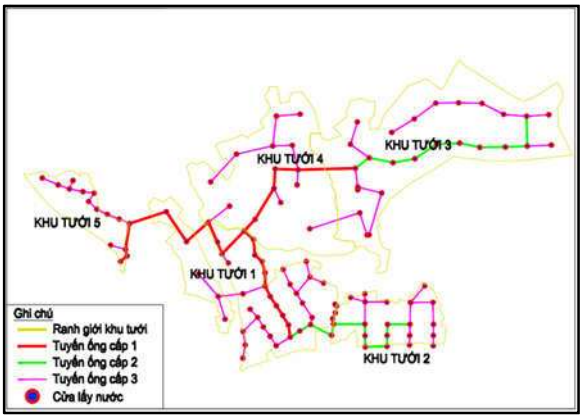
TT	Phương án phân tích	Tổng chiều tuyến ống	Tuyến ống cấp 1	Tuyến ống cấp 2	Tuyến ống cấp 3	Mật độ ống bình quân	Mật độ ống cấp 3 bình quân
		(m)	(m)	(m)	(m)	(m/ha)	(m/ha)
1	Phương án 1	9,207.4	2,397.0	2,129.9	4,680.5	86.9	44.2
2	Phương án 2	9,595.3	1,615.4	1,831.8	6,148.2	90.5	58.0
3	Phương án 3	10,987.8	1,591.5	2,911.4	6,484.8	103.7	61.2
4	Phương án 4	11,223.4	1,541.4	2,067.8	7,614.2	105.9	71.9

Bảng 4: Đặc điểm cửa lấy nước theo 04 phương án

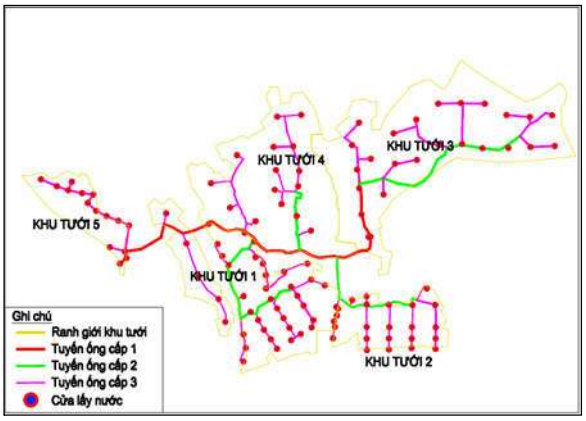
TT	Phương án phân tích	Tổng số cửa xả	Số cửa lấy nước từ tuyến cấp 3	Số cửa lấy nước từ tuyến cấp 2	Số cửa lấy nước từ tuyến cấp 1
1	Phương án 1	117	74	26	17
2	Phương án 2	117	86	20	11
3	Phương án 3	117	103	10	4
4	Phương án 4	117	110	4	3



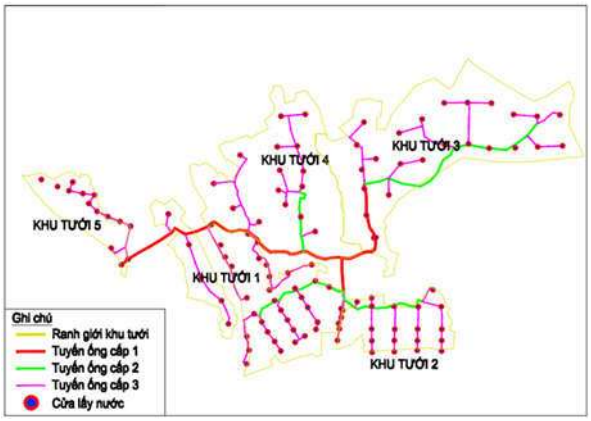
Hình 6: Sơ đồ tuyến ống Phương án 1



Hình 7: Sơ đồ tuyến ống Phương án 2



Hình 8: Sơ đồ tuyến ống Phương án 3



Hình 9: Sơ đồ tuyến ống Phương án 4

- PA4 xác định chiều dài tuyến ống lớn nhất so với các phương án còn lại nhưng có ưu điểm là phân chia khu tưới rõ ràng, không có sự chồng lấn về diện tích phục vụ. Hầu hết các cửa lấy nước nằm ở tuyến cấp 3 thuận tiện cho công tác kiểm tra, vận hành, dễ tạo được đồng thuận và gắn kết trong cộng đồng. Ở phương án này, ngoài kinh nghiệm về kỹ thuật thì nhà thiết kế phải có hiểu biết nhất định về công tác quản lý khai thác công trình. Đây cũng có thể là xu thế trong thiết kế, hiện đại hóa công trình thủy lợi.
- Kết quả phân tích cùng với các tham số đầu vào được hiển thị trên bản đồ địa lý sẽ giúp ích cho chủ đầu tư xem xét, tham vấn các bên liên quan và cộng đồng dân cư quyết định được phương án lựa chọn hợp lý ở các khu tưới.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã áp dụng thành công cụ hỗ trợ bố trí tuyến ống MST tích hợp với QGIS cho khu tưới xã Búng Lao, tỉnh Điện Biên. Kiểm định kết quả chiều dài tuyến ống so với thiết kế hiện trạng sai số có chỉ là 0,5% cho thấy việc áp dụng công nghệ đảm bảo tin cậy. Các phương án phân tích được thiết lập dựa trên quy hoạch lại đồng ruộng để bố trí các cửa lấy nước, xác định các vật cản, định hướng tuyến ống theo đường giao thông thuận lợi cho công tác thi công, kiểm tra công trình và các yêu cầu quản lý vận hành hiệu quả công trình sau đầu tư. Với qui mô cửa lấy nước sấp sỉ 1,0ha cho kết quả chiều dài tuyến ống tối thiểu ở hệ thống là 9.207,4m và để phù hợp với yêu cầu quản lý vận hành thì chiều dài tuyến ống là 11.223,4m. Kết quả hiển thị trực quan giúp cho tư vấn, chủ đầu tư và các bên liên quan xem xét, tham vấn và lựa chọn được phương án thiết kế phù hợp.

Các kết quả này khẳng định công cụ MST tích

hợp GIS hỗ trợ hiệu quả trong việc lựa chọn phương án quy hoạch, thiết kế mạng lưới đường ống tưới, tiết kiệm chi phí và thời gian phân tích. Trong tương lai, nghiên cứu có thể mở rộng, kết hợp với các mô hình thủy lực, tính toán chi phí đầu tư nhằm hoàn thiện hơn công cụ hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch, thiết kế hệ thống tưới bằng đường ống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] WWAP. *The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*; WWAP: Paris, France, 2015. [**Google Scholar**]

[2] Ioan Sarbu Adriana Tokar (2018). Water Distribution Systems: Numerical modelling and optimization. Polytechnic Publishing House, Timisoara, RomaniaISBN: 978--606-35-0207-1

[3] Jímenez-Bello, M.Á.; López-Pérez, E.; Manzano-Juárez, J.; Palau Estevan, C.V.; Royuela-Tomás, Á.; Intrigliolo-Molina, D.S. Assessing irrigation performance in a citrus irrigation district using geographic information systems and remote sensing data. Ital. J. Agrometeorol. 2015, 3, 104–109. [Google Scholar]

[4] Umesh Balu Kadam, Kedar Bapusaheb Gaikwad, Swapnil Santosh Jadhav, Swapnil Ramu Pawar (2020). Pipe distribution network for irrigation system. International Journal Of Current Engineering And Scientific Research. ISSN (PRINT): 2393-8374, (ONLINE): 2394-0697, VOLUME-7, ISSUE-6, 2020.

[5] Tariq, S.; Hu, Z.; Zayed, T. Micro-electromechanical systems-based technologies for leak detection and localization in water supply networks: A bibliometric and systematic review. *J. Clean. Prod.* **2021**, *289*, 125751. [**Google Scholar**]

[6] Prieto, M.A.; Murado, M.A.; Bartlett, J.; Magette, W.L.; Curran, T.P. Mathematical model as a standard procedure to analyze small and large water distribution networks. *J. Clean. Prod.* **2015**, *106*, 541–554. [**Google Scholar**] [**CrossRef**]

[7] Murat Çalışkan, Berk Anbaroğlu (2020). Geo-MST: A geographical minimum spanning tree plugin for QGIS. SoftwareX Volume 12, July–December 2020, 100553. https://doi.org/10.1016/j.softx.2020.100553

[8] FAO (2000). Performance Analysis of On-demand Pressurized Irrigation Systems. Irrigation and Drainage Paper 59.

[9] FAO (2007). Handbook on Pressurizes Irrigation Techniques, 2nd edition.

[10] Adrian Laycoc (2007). Irrigation Systems: Design, Planning and Construction. ISBN-13: 978 184593 2633;

[11] Nguyễn Thị Kim Dung (2014). Báo cáo tổng hợp đề tài: "Nghiên cứu đề xuất các giải pháp công nghệ về cơ sở hạ tầng (thủy lợi và cấp nước sinh hoạt) phục vụ xây dựng nông thôn mới vùng trung du, miền núi phía Bắc"

[12] Đặng Minh Hải (2024). Báo cáo chuyên đề Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ: "Nghiên cứu xây dựng bộ tiêu chí, hướng dẫn kỹ thuật sử dụng đường ống dẫn nước trong công trình thuỷ lợi vùng trung du và miền núi. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

[13] Tổng cục thủy lợi (2020). Sổ tay hướng dẫn hoàn thiện thủy lợi nội đồng cho vùng trung du và miền núi phía Bắc.