■Ngày nhận bài: 08/9/2025 ■Ngày sửa bài: 17/9/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/10/2025

Nghiên cứu đề xuất bộ tiêu chí ứng dụng GIS mô phỏng các lớp tiêu chí, làm cơ sở đánh giá và lựa chọn quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích tại trung tâm TP Đà Nẵng

The study proposes a set of criteria GIS application simulates criteria layers to serve as a basis for evaluating and selecting the planning of a multi-utility technical tunnel system in the center of Da Nang City

> THS NGUYỄN THẾ LỮ
Ban Quản lý các dự án đầu tư cơ sở hạ tầng ưu tiên TP Đà Nẵng
Email: nguyenthelu1@gmail.com

TÓM TẮT

Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh và nhu cầu sử dụng không gian ngầm ngày càng tăng tại các thành phố lớn của Việt Nam, đặc biệt là Đà Nẵng. Việc thực hiện các phương án quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích đóng vai trò quan trọng trong vấn đề nghiên cứu giải pháp tích hợp các hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, góp phần nâng cao hiệu quả quản lý và phát triển đô thị bền vững. Nghiên cứu này tập trung xây dựng và đề xuất bộ tiêu chí đánh giá, lựa chọn phương án quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích cho khu vực trung tâm TP Đà Nẵng, cụ thể trên các trục đường chính của trung tâm. Đồng thời ứng dụng công nghệ GIS để mô phỏng, phân tích và trực quan hóa các lớp thông tin không gian tương ứng với từng nhóm tiêu chí được xây dựng.

Phương pháp nghiên cứu được lựa chọn thực hiện: Điều tra khảo sát; phân tích, so sánh tổng hợp; kế thừa và tham vấn ý kiến chuyên gia; phương pháp bản đồ; và phương pháp AHP (Analytic Hierarchy Process). Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) để mô phỏng các lớp tiêu chí, từ đó xác định các khu vực phù hợp cho bố trí hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc tích hợp các công cụ hỗ trợ ra quyết định AHP trên nền GIS giúp đánh giá trực quan, định lượng và minh bạch hơn trong lựa chọn phương án quy hoạch. Bộ tiêu chí được đề xuất có thể áp dụng linh hoạt cho các đô thị khác của Việt Nam không chỉ riêng Đà Nẵng trong công tác quy hoạch hạ tầng ngầm, góp phần hướng tới phát triển đô thị thông minh và khai thác hiệu quả không gian ngầm.

Từ khóa: Tiêu chí quy hoạch MUTS, quy hoạch MUTS, phương pháp AHP.

ABSTRACT

In the context of rapid urbanization and the increasing demand for underground space in major cities of Vietnam in general and Da Nang in particular, the implementation of multi-utility technical tunnel system planning options plays a very important role in the research of integrated solutions for urban technical infrastructure systems to bring about efficiency in management and sustainable development for the city. This study focuses on developing and proposing a set of criteria for evaluating and selecting multi-utility technical tunnel system planning options for the central area of Da Nang city specifically on the main roads of the center, at the same time applying GIS technology to simulate, analyze and visualize spatial information layers corresponding to each group of criteria built.

The research methods selected for implementation are: Investigation and survey; comparative analysis and synthesis; inheritance and consultation with experts; map method; AHP (Analytic Hierarchy Process) method. Applying geographic information system (GIS) to simulate criteria layers, thereby determining suitable areas for arranging multi-utility technical tunnel systems. Research results show

that integrating AHP decision support tools on GIS platform helps to evaluate more intuitively, quantitatively and transparently in choosing planning options. The proposed set of criteria can be flexibly applied to other urban areas in Vietnam, not only in Da Nang, in underground infrastructure planning, contributing towards smart urban development and effective use of underground space.

Keywords: MUTS planning criteria, MUTS planning, AHP method.

1. GIỚI THIỆU [1]

Trong bối cảnh đổi mới và hội nhập, trung tâm TP Đà Nẵng sở hữu bờ biển dài khoảng 74 km, cảng nước sâu Tiên Sa, thềm lục địa rộng 200 m và nhiều bãi biển nổi tiếng như Mỹ Khê, Non Nước, Thanh Khê, Nam Ô, Làng Vân… Đây là những lợi thế nổi bật để phát triển kinh tế biển, du lịch, thương mại và giao lưu quốc tế; là khu vực trung tâm hành chính, thương mại và dịch vụ quan trọng của thành phố, đóng vai trò là hạt nhân trong chiến lược phát triển đô thị theo mô hình đa cực mà Đà Nẵng đang hướng tới. Vị trí và ranh giới đô thị trung tâm TP Đà Nẵng được xác định cụ thể trong quy hoạch chung xây dựng TP Đà Nẵng đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2045 và đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt.

Với sự cần thiết đó, đề tài "Nghiên cứu đề xuất bộ tiêu chí (ứng dụng GIS mô phỏng các lớp tiêu chí) nhằm làm cơ sở đánh giá lựa chọn quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích tại trung tâm TP Đà Nẵng" áp dụng các phương pháp nghiên cứu định lượng như phân tích đa tiêu chí MCDM, phân tích thứ bậc - AHP (Analytic Hierarchy Process) để thực hiện hiệu quả vấn đề nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần giải quyết bất cập hạ tầng hiện nay mà còn đóng vai trò quan trọng trong định hướng phát triển TP Đà Nẵng theo hướng thông minh, bền vững, xứng tầm là trung tâm động lực của khu vực miền Trung và Tây Nguyên.

2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN VÀ LỰA CHỌN ĐỐI TƯỢNG ĐIỂN HÌNH NGHIÊN CỨU TẠI TRUNG TÂM TP ĐÀ NẴNG

2.1. Underground Infrastructures Planning, Design, and Construction (Quy hoạch, thiết kế và xây dựng cơ sở hạ tầng ngầm) tác giả R. K. Goel; Bhawani Singh; Jian Zhao. [2]

- Cuốn sách này được viết dành cho các chuyên gia trong lĩnh vực thiết kế không gian ngầm với nhiều mục đích sử dụng khác nhau. Tốt hơn là nhóm không gian ngầm thành nhiều loại khác nhau dựa trên các thông số như vị trí, hình dạng, hình học và mục đích sử dụng. Phân loại như vậy hữu ích cho các nhà thiết kế trong việc hiểu nhóm/lớp không gian ngầm nào mà họ đang xử lý.

- Bản chất đa dạng và chồng chéo của các tham số phân loại này không cho phép có một lược đồ phân loại theo thứ bậc duy nhất. Thay vào đó, các tham số này hữu ích nhất trong lược đồ phân loại theo kiểu từ khóa, có thể cho phép nhóm các dự án theo nhiều cách khác nhau theo bất kỳ sự kết hợp mong muốn nào của các tham số phân loại. Những thành phố ngầm tuyệt đẹp là giấc mơ của các kỹ sư xây dựng và khai khoáng, kiến trúc sư, nhà quy hoạch đô thị và nhà địa chất. Mọi người ở khắp mọi nơi đều thích tàu điện ngầm, trung tâm mua sắm ngầm gần đó và công viên ngầm trong thế kỷ 21. Tính hữu ích của cơ sở hạ tầng ngầm trong kinh doanh không hề kém ở các quốc gia phát triển và đang phát triển. Sự an toàn trước những trận động đất, lở đất, lốc xoáy và chiến tranh tàn phá lớn là điểm thu hút chính ở các thành phố ngầm.

2.2. Multi-Criteria Spatial Analysis of Multi-Purpose Utility Tunnels (Phân tích không gian đa chiều của đường hầm tiện ích đa năng), tác giả Yis ha Luo. [3]

- Việc lắp đặt các tiện ích ngầm (như cáp điện, ống nước, ống gas) bằng phương pháp đào xới lặp đi lặp lại đã gây ra nhiều vấn đề đô thị nghiêm trọng như tắc nghẽn giao thông, xung đột bảo trì và làm tăng đáng kể chi phí xã hội. Ngoài ra, sự can thiệp của các tiện ích ngầm trong không gian ngầm hạn chế không đáp ứng yêu cầu phát triển không gian ngầm đô thị bền vững.

- Đường hầm tiện ích đa năng (MUTs - Multi-purpose Utility Tunnels) là một giải pháp thay thế hiệu quả. MUTs tích hợp tất cả các tiện ích ngầm trong một đường hầm duy nhất, dễ tiếp cận. Điều này giúp giảm nhu cầu đào xới, giảm chi phí liên quan và tránh được tình trạng tắc nghẽn giao thông do xây dựng. MUTs cũng cho phép kiểm tra và bảo trì các tiện ích quanh năm.

- Nghiên cứu đã chứng minh rằng việc kết hợp GIS và MCDM là một phương pháp có cấu trúc, hệ thống và hiệu quả để giải quyết tính phức tạp của việc lựa chọn vị trí MUTs trong môi trường đô thị hiện có. Kinh nghiệm châu Á: Kinh nghiệm quy hoạch, xây dựng và quản lý MUTs ở châu Á, đặc biệt là Trung Quốc, cung cấp một mô hình thay thế hữu ích để các quốc gia khác đánh giá tính khả thi của việc áp dụng MUTs cho các dự án cải tạo cơ sở hạ tầng trong tương lai. Bằng cách tính toán và kết hợp điểm số của từng đoạn đường (dựa trên dữ liệu GIS) với trọng số của từng tiêu chí (tính bằng AHP), nghiên cứu đã đưa ra một bảng xếp hạng rõ ràng về các vị trí tiềm năng nhất để xây dựng MUTs.

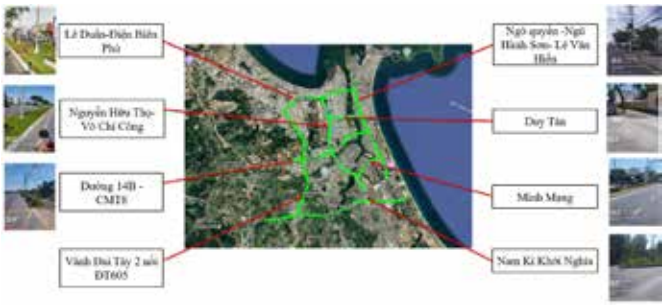
2.3. Đề tài "Giải pháp đường hầm thông minh cho đô thị Hà Nội", tác giả Hồ Bá Tuấn Anh, Nguyễn Trường Huy. [4]

- Đường hầm thông minh là một trong những dự án đem lại nhiều lợi ích cho người dân, để giải quyết lũ lụt và tắc nghẽn giao thông. Đây là loại đường hầm đã áp dụng thành công trên thế giới kết hợp kênh thoát lũ và đường giao thông trong cùng một hệ thống ngầm (Malaysia). Hệ thống giao thông ở đô thị Hà Nội cần đường hầm này vì nó là giải pháp tốt nhất cho những vấn đề hiện tại.

- Kết quả chính của nghiên cứu nhằm đánh giá hiệu quả, để hiểu công nghệ và máy móc có thể ứng dụng ở dự án này đối với đô thị Hà Nội. Đường hầm vẫn còn mới ở Malaysia vì có rất ít thông tin liên quan đến dự án, vì vậy chúng ta phải tiến hành đánh giá khi ứng dụng vào đô thị Hà Nội. Hệ thống công trình ngầm đóng vai trò quan trọng, cung cấp giải pháp giao thông mới cho các khu vực đô thị cũng như vùng sâu, vùng xa trong tương lai.

- Nhóm tác giả đã đề xuất tuyến hầm, kích thước và hình dạng của hầm. Dựa vào số liệu khảo sát địa chất của tuyến hầm để tiến hành tính toán thiết kế đường hầm. Mặt cắt ngang hầm được mô hình hóa trong phần mềm Plaxis 3D V20 sẽ cho kết quả sát với điều kiện thi công thực tế. Đây là điểm khác biệt, làm nổi bật tính mới, tính khoa học của đề tài. Bài báo đã phân tích từ việc đánh giá tính ứng dụng khả thi, hướng tuyến, thông số hầm, đề xuất quy trình thi công và quản lý rủi ro để đảm bảo việc ứng dụng khả thi đường hầm thông minh.

2.4. Đối tượng nghiên cứu cụ thể các trục đường chính trung tâm TP Đà Nẵng[5]



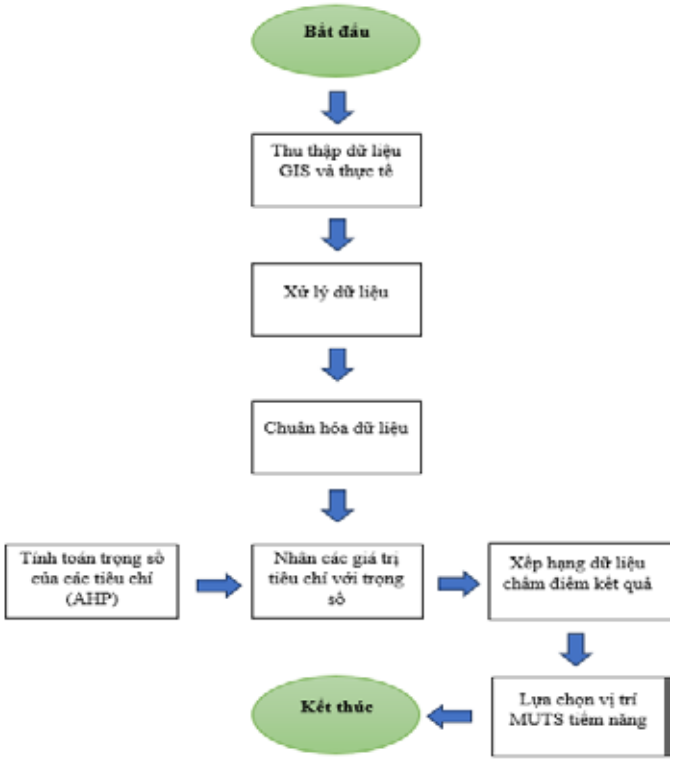
Hình 1. Thực trạng các tuyến trục chính trung tâm TP Đà Nẵng

3. PHƯƠNG PHÁP

3.1. Phương pháp MCDM và AHP

a) Phương pháp đa tiêu chí MCDM [6]

Việc lựa chọn địa điểm cho MUTS là một giai đoạn quan trọng trong việc lập kế hoạch MUTS và nó rất phức tạp vì nó phụ thuộc vào một số tiêu chí, chẳng hạn như lưu lượng giao thông và mật độ tiện ích… Điều này nghiên cứu cung cấp một phương pháp chung để lựa chọn vị trí MUTS ở các quy mô đô thị khác nhau (ví dụ đường phố, quận, huyện) bằng cách sử dụng phân tích không gian Hệ thống thông tin địa lý (GIS). Quá trình ra quyết định đa tiêu chí (Multi-Criteria Decision Making - MCDM) bao gồm một tập hợp các phương pháp cho phép xử lý sự đánh đổi giữa nhiều phương án thay thế dựa trên một tập hợp các tiêu chí khác nhau. Lựa chọn vị trí MUTS sử dụng mô hình MCDM. Sau khi thu thập dữ liệu, dữ liệu GIS và thực trạng được xử lý trước dựa trên từng đoạn đường bằng các thao tác như nối bảng, chồng lớp các lớp dữ liệu và kết hợp các phân đoạn nhỏ. Tất cả các lớp dữ liệu đều được chuẩn hóa. Trọng số của các tiêu chí được lấy từ phương pháp AHP được sử dụng để tính toán điểm đánh giá toàn diện của đường các phân đoạn. Điểm đánh giá toàn diện được xếp hạng để lựa chọn các phân đoạn đường tiềm năng để xây dựng MUTS.



Hình 2. Mô hình MCDM

b) Lý thuyết về phương pháp AHP [7]

Khái niệm: AHP (Analytic Hierarchy Process - Phương pháp phân tích thứ bậc) là một phương pháp ra quyết định đa tiêu chí (Multi-Criteria Decision Making - MCDM) do GS Thomas L. Saaty phát triển vào những năm 1970. Phương pháp này giúp đưa ra quyết định hợp lý khi phải lựa chọn giữa nhiều phương án dựa trên nhiều tiêu chí khác nhau. Phương pháp là phép đo trọng số của các yếu tố tiêu chí khác nhau, có thể được thực hiện bằng cách so sánh từng cặp ma trận. Trọng số tương đối của các tiêu chí và so sánh thay thế có thể được tính toán cho MCDM.

Bảng 1. Chỉ số ngẫu nhiên ứng với số các tiêu chí

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59

- Công thức 1 và công thức 2:

λmax là giá trị riêng lớn nhất của ma trận so sánh cặp (n x n), giá trị riêng lớn nhất luôn luôn lớn hơn hoặc bằng số hàng hay cột n. Nhận định càng nhất quán, giá trị tính toán càng gần n (chính là kích thước ma trận tính toán**) :**

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1};\ CR = \frac{CI}{RI}$$

3.2 . Phương pháp kế thừa và tham vấn ý kiến chuyên gia[8]

Phương pháp tham vấn ý kiến chuyên gia (Expert Consultation/Expertb Judgment) là phương pháp thu thập, phân tích và tổng hợp ý kiến từ những người có trình độ chuyên môn, kinh nghiệm thực tiễn trong một lĩnh vực nhất định nhằm giải quyết các vấn đề khoa học hoặc thực tiễn. Đây là phương pháp hữu ích khi dữ liệu định lượng còn hạn chế, đối tượng nghiên cứu phức tạp, hoặc khi cần dự báo, xây dựng kịch bản, lựa chọn giải pháp tối ưu. Theo Linstone & Turoff (2002), ý kiến chuyên gia có thể coi là một dạng "dữ liệu thay thế" (surrogate data), phản ánh tri thức và kinh nghiệm tích lũy, giúp đưa ra dự báo và quyết định trong điều kiện bất định. Các bước thực hiện:

- Thành lập các nhóm chuyên gia tham gia vào quá trình quyết định cần đáp ứng các tiêu chuẩn;

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^{n} wi * \sum_{j=1}^{n} aij$$

- Tiếp đó, một bảng câu hỏi liên quan đến sự quan trọng của hệ thống hạ tầng kỹ thuật đối với việc bố trí hệ thống tuynel kỹ thuật đa tiện ích trên 1 số trục đường chính được đưa ra, và yêu cầu các chuyên gia đưa ra sự đánh giá tầm quan trọng của các tiêu chí thông qua so sánh cặp, từ đó xây dựng ma trận và tính toán trọng số.

3.3. Phương pháp điều tra khảo sát [8]

Phương pháp điều tra khảo sát là cách thu thập thông tin thông qua việc quan sát, phỏng vấn, phát phiếu hỏi, hoặc đo đạc trực tiếp tại hiện trường. Đây là phương pháp phổ biến trong nghiên cứu khoa học xã hội, kỹ thuật và quản lý đô thị, đặc biệt hữu ích khi cần số liệu gốc phản ánh thực trạng khách quan. Điều tra khảo sát là "một phương pháp khoa học nhằm thu thập dữ liệu có hệ thống từ một tập hợp đối tượng, nhằm mô tả, phân tích và đưa ra kết luận phục vụ cho nghiên cứu hoặc quản lý". Các bước thực hiện điều tra khảo sát:

- Xác định mục tiêu và phạm vi khảo sát xác định mục tiêu;
- Chuẩn bị công cụ và kế hoạch khảo sát: Tài liệu nền, bản đồ quy hoạch, hồ sơ hạ tầng kỹ thuật, báo cáo ngập lụt, bản đồ địa hình;
- Khảo sát hiện trường;
- Báo cáo kết quả khảo sát trình bày.

3.4. Phương pháp xử lý bản đồ [9]

Quy trình xử lý bản đồ trong nghiên cứu MUTS:

- Bước 1. Thu thập và chuẩn hóa dữ liệu: Thu thập bản đồ từ nhiều nguồn (quy hoạch, quản lý hạ tầng, khảo sát); Chuyển đổi định dạng về hệ tọa độ thống nhất (VN-2000 hoặc WGS84); Chuẩn hóa tỷ lệ bản đồ (thường dùng 1/2000 hoặc 1/5000 cho quy hoạch chi tiết).
- Bước 2. Số hóa và xây dựng cơ sở dữ liệu GIS: Số hóa (digitizing) các lớp dữ liệu từ bản đồ giấy hoặc ảnh raster; Xây dựng các lớp dữ liệu vector: đường giao thông, mạng lưới thoát nước, điểm ngập, vị trí cột điện, ống cấp nước...Gắn thuộc tính (attribute) cho từng đối tượng không gian (ví dụ: đường kính cống, tải trọng đường, công suất trạm điện).
- Bước 3. Chồng lớp bản đồ (Overlay Analysis): Chồng ghép các lớp dữ liệu tiêu chí (mật độ dân cư, giá đất, ngập lụt, HTKT hiện hữu); Xác định vùng phù hợp/không phù hợp cho xây dựng MUT.
- Bước 4. Chuẩn hóa và tính trọng số tiêu chí: Chuẩn hóa dữ liệu theo thang đo chung (ví dụ 0-1); Tích hợp kết quả từ MCDM (AHP, TOPSIS, v.v.) để gán trọng số cho từng lớp dữ liệu.
- Bước 5. Phân tích không gian: Sử dụng các công cụ GIS; Buffering (vùng ảnh hưởng quanh trục đường); Spatial Join (ghép dữ liệu thuộc tính với vị trí); Raster Calculation (tổng hợp chỉ số thích hợp); Xác định các tuyến/đoạn đường ưu tiên xây dựng MUT.
- Bước 6. Trực quan hóa và xuất bản đồ: Xuất bản đồ chuyên đề: bản đồ ngập lụt, bản đồ phân bố HTKT, bản đồ thích hợp xây dựng MUT; Trình bày kết quả dưới dạng bản đồ GIS (ArcGIS, QGIS) hoặc bản đồ hiện trạng - quy hoạch, kèm chú giải, ký hiệu, tỷ lệ.

4. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

4.1. Xây dựng bộ tiêu chí đánh giá lựa chọn quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích trên các trục chính trung tâm Đà Nẵng

4.1.1. Đề xuất các tiêu chí và công thức tính toán

a) Đề xuất các tiêu chí tham vấn ý kiến chuyên gia đưa ra lựa chọn

Dự trên cơ sở đánh giá các nghiên cứu liên quan phần trên, tác giả đưa ra 12 tiêu chí phổ biến nhất nên áp dụng vào quyết định chọn lựa quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích trên các trục chính trung tâm TP Đà Nẵng:

- Lưu lượng giao thông trung bình hàng ngày (AADT): MUTs góp phần giảm đáng kể nhu cầu đào đường phục vụ công tác bảo trì, sửa chữa hạ tầng kỹ thuật. Điều này giúp hạn chế ùn tắc giao thông do thi công, đặc biệt trên các tuyến đường có AADT cao. Vì vậy, MUTs nên ưu tiên triển khai dưới những tuyến đường có mật độ giao thông lớn.
- Loại đường: Tương tự như AADT, các tuyến đường có phân cấp cao (quốc lộ, đường tỉnh, đường đô thị chính, cao tốc, v.v.) cần được ưu tiên do vai trò huyết mạch, đảm bảo lưu thông liên vùng và liên đô thị.
- Mật độ hạ tầng kỹ thuật ngầm (tiện ích): MUTs giúp giảm tần suất đào đường khi nâng cấp, thay thế các công trình ngầm. Do đó, các tuyến đường có mật độ hạ tầng kỹ thuật và tiện ích cao sẽ được ưu tiên lựa chọn. Mật độ này được đánh giá dựa trên: (i) tổng số lượng ống và cáp, (ii) quy mô và cấp độ tiện ích (đường kính ống cấp nước, điện áp cáp điện, áp suất đường ống khí, v.v.).
- Số lượng và tần suất đào xới để sửa chữa: Các khu vực thường xuyên phải đào xới để sửa chữa, bảo trì tiện ích nên được ưu tiên xây dựng MUTs. Việc đánh giá có thể dựa trên: (i) dữ liệu lịch sử số lần đào đường, (ii) kế hoạch nâng cấp, cải tạo hạ tầng của các đơn vị quản lý tiện ích và cơ quan giao thông.
- Số lượng các dự án phát triển ngầm: Việc triển khai MUTs có thể đồng thời với các dự án công trình ngầm khác như tuyến metro, lối đi bộ ngầm, trung tâm thương mại dưới lòng đất. Điều này giúp tiết kiệm chi phí đầu tư, tối ưu không gian ngầm và hạn chế trùng lặp thi công.
- Mật độ dân số: Khu vực có mật độ dân số cao thường có nhu cầu hạ tầng kỹ thuật lớn. Do đó, việc bố trí MUTs ở các khu vực này mang lại hiệu quả kinh tế - xã hội cao hơn.
- Đặc điểm sử dụng đất: Loại hình sử dụng đất (dân cư, thương mại, công nghiệp, hỗn hợp) phản ánh nhu cầu khác nhau về hạ tầng kỹ thuật và lưu lượng sử dụng dịch vụ. Chẳng hạn, khu vực thương mại và công nghiệp có yêu cầu hạ tầng kỹ thuật lớn hơn so với khu dân cư thuần túy.
- Gần các cơ sở công cộng: MUTs khi được xây dựng gần bệnh viện, trường học, trung tâm hành chính, v.v. sẽ phục vụ một lượng lớn người dùng, đồng thời giảm chi phí vận hành và quản lý.
- Gần các tòa nhà cao tầng: Tương tự các cơ sở công cộng, khu vực có nhiều tòa nhà cao tầng thường yêu cầu các kết nối kỹ thuật ngầm phức tạp. MUTs giúp đáp ứng nhu cầu này một cách tập trung và bền vững.
- Điều kiện địa chất (loại đất): Loại đất ảnh hưởng trực tiếp đến phương pháp và chi phí xây dựng. Các khu vực có địa chất thuận lợi (đất ổn định, ít đá cứng, không bị sạt lở) nên được ưu tiên để giảm chi phí thi công.
- Độ dốc của hệ thống tiện ích: Một số tiện ích như cống thoát nước, cống thải dựa trên nguyên tắc trọng lực. Độ dốc địa hình có thể làm tăng đáng kể chi phí nếu phải đưa vào MUTs. Vì vậy, yếu tố này cần được cân nhắc khi quyết định bố trí.
- Điều kiện ngập lụt: Việc xây dựng MUTs tại vùng đồng bằng ngập lụt làm tăng chi phí và rủi ro kỹ thuật. Đây là điều kiện cơ bản để loại trừ vị trí không phù hợp, thay vì chỉ là một tiêu chí bổ sung.

b) Kết quả đánh giá lựa chọn:

Sau khi xem xét 12 tiêu chí, chúng ta có thể loại bỏ được 4 tiêu chí dựa theo đánh giá thực trạng cũng như tìm hiểu theo các chuyên gia. Trong đó tiêu chí số 8 và tiêu chí số 9 sẽ gộp thành một tiêu chí, do tính chất của các công trình này đều có quy mô về số lượng người sử dụng và diện tích khai thác lớn. Đối với tiêu chí "đặc tính đất", các chuyên gia cho rằng, trong điều kiện Đà Nẵng, tính đồng nhất là khá cao đối với lớp đất tầng nông, do đó có thể bỏ qua tiêu chí này. Đối với tiêu chí "độ dốc tiện ích", các chuyên gia cho rằng phụ thuộc vào sự hợp lý của phương án thiết kế, và đảm bảo độ dốc tiện ích theo quy chuẩn và tiêu chuẩn. Vì vậy, tiêu chí "độ dốc tiện ích" có thể bỏ qua. Đối với tiêu chí "khu vực ngập lụt", các chuyên gia cho rằng khu vực trung tâm, tại các trục đường chính đi qua, tần suất ngập lụt thấp, thời gian ngập ngắn (trong vòng 1 tiếng). Tiêu chí này cũng không ảnh hưởng nhiều tới việc lựa chọn bố trí MUTs. Vậy các tiêu chí lựa chọn đánh giá bố trí MUTs trên tuyến đường được liệt kê trong bảng sau:

Bảng 2. Tiêu chí đánh giá lựa chọn xác định quy hoạch hệ thống MUTS

STT	Tiêu chí
1	Lưu lượng giao thông trung bình hằng ngày (AADT)
2	Loại đường bộ
3	Mật độ tiện ích
4	Số lượng dự kiến đào xới để sửa chữa tiện ích
5	Dự án phát triển ngầm
6	Mật độ dân số
7	Sử dụng đất
8	Gần các cơ sở công cộng/cao tầng

Bảng 3. Các tiêu chí và công thức tính toán theo phương pháp AHP

STT	Tên tiêu chí	Khái niệm	Công thức	Tham số
1	Lưu lượng GT	MUTs góp phần giảm đáng kể nhu cầu đào đường phục vụ công tác bảo trì, sửa chữa hạ tầng kỹ thuật. Điều này giúp hạn chế ảnh hưởng giao thông đến tối đa, đặc biệt trên các tuyến đường có AADT cao. Vì vậy, MUTs nên ưu tiên triển khai dưới những tuyến đường có mật độ giao thông lớn.	$N=k^{*}Pij^{*}Hpt^{*}Hdt$	k là hệ số đi lại trung bình của 1 người dân Đà nẵng (k=2.56) Pij là Số người theo quy hoạch SDD năm 2030 Hpt là hệ số sử dụng phương tiện (Với TP.Đà Nẵng Hpt=0.80) Hdt là loại tuyến đường được nghiên cứu (đo các tuyến đều thuộc loại đường trục chính nên Hdt=0.40)
2	Loại đường	Tương tự như AADT, các tuyến đường có phân cấp cao (quốc lộ, đường tỉnh, đường đô thị chính, cao tốc, v.v.) sẽ được ưu tiên do vai trò huyết mạch, đảm bảo lưu thông liên vùng và liên đô thị.	$RC = \frac{\sum_{i=1}^{n} Length_i \times Score_i}{\sum_{i=1}^{n} Length_i}$	RC: Tổng điểm của đường Length: Chiều dài đường Score: Điểm của các đường
3	Mật độ tiện ích	MUTs giúp giảm tối thiểu đào đường khi nâng cấp, thay thế các công trình ngầm. Do đó, các tuyến đường có mật độ hạ tầng kỹ thuật cao là vị trí phù hợp. Mật độ này được đánh giá dựa trên: (i) tổng số lượng ống và cáp, (ii) quy mô và cấp độ tiện ích (đường kính ống cấp nước, điện áp cáp điện, áp suất đường ống khí, v.v.).	$UD = \frac{\sum Li \cdot Lsi}{lr}$	UD = Mật độ tiện ích của một đoạn đường i=Số loại tiện ích trong một đoạn đường Li=Chiều dài của các tiện ích khảo sát Lsi=Điểm số (dựa trên loại tiện ích) lr=Chiều dài của đoạn đường
4	Mật độ dân số	Khu vực có mật độ dân số cao thường có nhu cầu hạ tầng kỹ thuật lớn. Do đó, việc bố trí MUTs ở các khu vực này mang lại hiệu quả kinh tế – xã hội cao hơn.	$PD_T = \frac{\sum_{i=1}^{n} Length_i \times PD_i}{\sum_{i=1}^{n} Length_i}$	PD: Mật độ dân số (= Tổng dân số/ Diện tích) Length: Chiều dài đoạn đường PDi: Mật độ dân số trung bình
5	Dân CTCC/TNCT	MUTs khi được xây dựng gần bệnh viện, trường học, trung tâm hành chính, v.v. sẽ phục vụ một lượng lớn người dùng, đồng thời giảm chi phí vận hành và quản lý.		Số lượng công trình được khảo định trong vùng tính giới được tạo bởi tuyến đường nằm gần nhất ở khoảng cách trung bình giữa 2 tuyến đường trục chính
6	Số lượng dự kiến đào đắp để sửa chữa	Các khu vực thường xuyên phải đào xới để sửa chữa, bảo trì tiện ích nên được ưu tiên xây dựng MUTs. Việc đánh giá có thể dựa trên: (i) đã tiện ích sử số lần đào đường, (ii) kế hoạch nâng cấp, cải tạo hạ tầng của các đơn vị quản lý tiện ích và cơ quan giao thông.	$Ne=\sum Ne^{*}lr$	NE = Số lượng dự kiến đào xới Ne là Tần suất trung bình (đào/km/năm) lr là chiều dài tuyến đường
7	Dự án phát triển ngầm	Việc triển khai MUTs có thể đồng thời với các công trình ngầm khác như tuyến metro, lối đi bộ ngầm, trung tâm thương mại dưới lòng đất. Điều này giúp tiết kiệm chi phí đầu tư, tối ưu không gian ngầm và hạn chế trong thi công.		Có thì điểm = 1 Không thì điểm = 0
8	Sử dụng đất	Loại hình sử dụng đất (dân cư, thương mại, công nghiệp, hỗn hợp) phản ánh nhu cầu khác nhau về hạ tầng kỹ thuật và tiềm năng sử dụng đích vụ. Chẳng hạn, khu vực thương mại và công nghiệp có yêu cầu hạ tầng kỹ thuật lớn hơn so với khu dân cư thuần túy.	$LU = \frac{\sum_{i=1}^{n} Length_i \times Score_i}{\sum_{i=1}^{n} Length_i}$	RC: Tổng điểm của đường Length: Chiều dài đường Score: Điểm của các loại đất

4.1.2. Kết quả nghiên cứu điển hình trên các trục chính trung tâm TP Đà Nẵng

Bảng 4. Kết quả tính toán điểm các tuyến trục chính trên cơ sở 8 tiêu chí lựa chọn

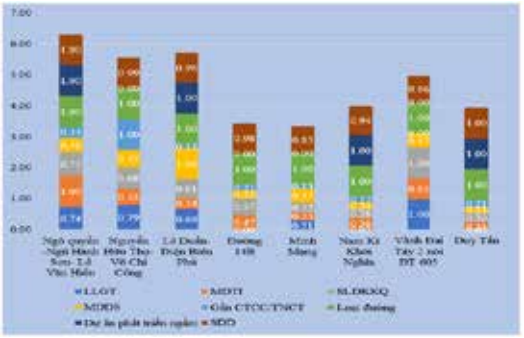
	Ngô quyền - Ngũ Hành Sơn - Lê Văn Hiến	Nguyễn Hữu Thọ-Võ Chí Công	Lê Duẩn-Điện Biên Phủ	Đường 14B	Minh Mạng	Nam Kỳ Khởi Nghĩa	Vành Đai Tây 2 nối DT 605	Duy Tân
LLGT	0.74	0.79	0.69	0	0.32	0.02	1	0
MDTI	1	0.53	0.34	0.47	0.25	0.36	0.65	0.24
SLDKGQ	0.77	0.68	0.61	0.57	0.32	0.28	1	0.38
MDDS	0.68	0.57	1	0.22	0.47	0.24	0.47	0.21
Gần CTCC/TNCT	0.33	1	0.13	0.21	0.13	0.17	0	0.21
Lưu đường	1	1	1	1	1	1	1	1
Dự án phát triển ngầm	1	0	1	0	0	1	0	1
SDD	1	0.99	0.96	0.98	0.87	0.94	0.86	1
Tổng điểm trước khi tính trọng số	[illegible]	5.57	5.72	3.44	3.22	4.01	4.97	3.97
Trọng số phương án	25%	18%	15%	9%	7%	7%	7%	10%
Tổng điểm sau khi tính trọng số	1.43	0.98	0.84	0.27	0.23	0.27	0.37	0.39

Đánh giá mức độ lựa chọn ưu tiên có thể chia giai đoạn thực hiện quy hoạch hệ thống MUTS trên các trục chính trung tâm Đà Nẵng: Để đánh giá mức độ tác động của các tiêu chí tới việc ưu tiên lựa chọn bố trí MUTS trên các tuyến đường trục chính, tác giả dựa trên bảng kết quả tính toán điểm các phương án khi chưa tính đến trọng số phương án. Sau đó sẽ có những so sánh với kết quả tính toán phương án có kể đến trọng số, để thấy sự thay đổi về thứ tự ưu tiên các tuyến đường bố trí MUTS.

Dựa trên kết quả tính toán, 3 phương án cao điểm nhất là Ngô quyền - Ngũ Hành Sơn - Lê Văn Hiến; Nguyễn Hữu Thọ - Võ Chí Công và Lê Duẩn - Điện Biên Phủ. Trong đó, phương án 1là trục đường Ngô Quyền - Ngũ Hành Sơn - Lê Văn Hiến được đánh giá cao nhất.

Để thuận tiện cho quá trình phân tích và đánh giá mức độ phù hợp, thang đo Likert được chia thành 5 khoảng điểm đều nhau: 0-20, 21-40, 41-60, 61-80 và 81-100. Các khoảng điểm này lần lượt được quy đổi thành các mức đánh giá: rất không phù hợp, không phù hợp, ít phù hợp, phù hợp và rất phù hợp. Tuy nhiên, nhằm mục đích phân tích thống kê và rút gọn dữ liệu, các mức đánh giá trên tiếp tục được gộp lại thành 3 nhóm chính như sau:

- Nhóm 1: Bao gồm các mức đánh giá rất không phù hợp, không phù hợp, ít phù hợp (tương ứng với các khoảng điểm từ 0 đến 60) - phản ánh mức độ phù hợp thấp.
- Nhóm 2: Bao gồm mức đánh giá phù hợp (khoảng điểm 61-80) - phản ánh mức độ phù hợp trung bình.
- Nhóm 3: Bao gồm mức đánh giá rất phù hợp (khoảng điểm 81-100) - phản ánh mức độ phù hợp cao.



Hình 3. Biểu đồ tính điểm cho các phương án lựa chọn trước khi tính đến trọng số

Bảng 5. Phân loại 4 mức độ ưu tiên bố trí MUTs trên các trục đường dựa theo đánh giá mức độ phù hợp phương án (có tính đến trọng số)

STT	Tuyến đường	Điểm gốc	Điểm chuẩn hóa	Mức độ phù hợp
1	Ngô Quyền - Ngũ Hành Sơn - Lê Văn Hiến	1.43	100%	Rất phù hợp
2	Nguyễn Hữu Thọ - Võ Chí Công	0.98	62.50%	Phù hợp
3	Lê Duẩn - Điện Biên Phủ	0.84	50.80%	Phù hợp
4	Duy Tân	0.39	13.30%	Không phù hợp
5	Vành Đai Tây 2	0.37	11.70%	Không phù hợp
6	Đường 14B	0.27	3.30%	Rất không phù hợp
7	Minh Mạng	0.23	0%	Rất không phù hợp
8	Nam Kỳ Khởi Nghĩa	0.27	3.30%	Rất không phù hợp

4.2. Mô phỏng các lớp tiêu chí trên nền GIS phục vụ công tác quản lý

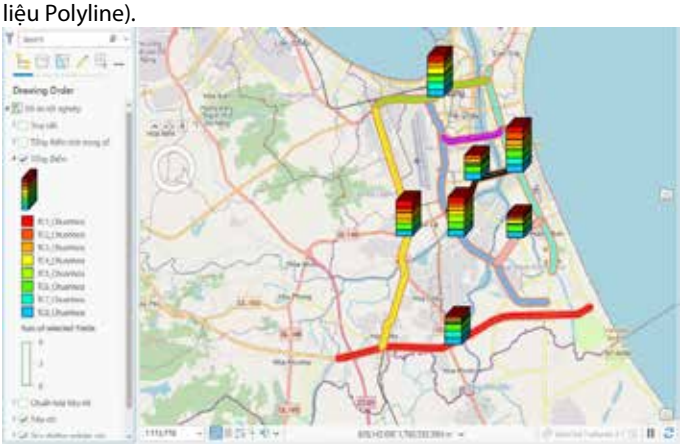
Thiết lập cấu trúc CSDL: Thu thập những thông tin và số liệu đã được kế thừa ta lọc ra các đối tượng đóng vai trò quan trọng, các thông số cơ bản quan trọng của từng đối tượng và mối quan hệ giữa các đối tượng. Dựa trên những thông tin này tiến hành xây dựng CSDL cho các tiêu chí cho các tuyến đường trục chính tại Đà Nẵng. Cấu trúc CSDL bao gồm 1 Feature Dataset và 8 Feature Class tương ứng với 8 đối tượng là 8 tuyến đường. Thiết lập bản đồ cơ sở: Tạo một lớp bản đồ mới trong ArcGIS Pro tại mục Map, đặt tên và chọn địa chỉ lưu thư mục.

Tại Mục Menu chọn Project -> Option -> Map and scene -> Spatial Reference -> Chọn Choose spatial reference. Tại mục Projected Coordinate System chọn UTM -> Asia -> Chọn hệ toạ độ VN2000 UTM Zone 48N. Trên thanh Menu chọn Map rồi chọn Base Map để chọn dữ liệu của bản đồ nền. Ta chọn Openstreet Map.

Bảng 6. Thiết lập Feature Class tương ứng với 8 trục đường chính tại Đà Nẵng

STT	Tên
1	TrucDuongNgoQuyenNguHanhSonLeVanHien
2	TrucDuongNguyenHuuThoVoChiCong
3	TrucDuongLeDuanDienBienPhu
4	TrucDuong14B
5	TrucDuongMinhMang
6	TrucDuongNamKyKhoiNghia
7	TrucDuongVanhDaiTay2NoiDT605
8	TrucDuongDuyTan

- Ở bảng Catalog, chọn thư mục Database, chọn file geodatabase có đuôi .gdb, chuột phải chọn New -> Feature Class. Tại cửa sổ Feature Class yêu cầu nhập các trường thông tin: Name: Tên của lớp không gian. Alias: Mô tả của lớp không gian. Feature Class Type: Kiểu dữ liệu của lớp không gian (chọn Polygon đối với các dạng dữ liệu kiểu vùng, chọn Point đối với các dạng dữ liệu kiểu điểm, chọn Polyline đối với các dạng dữ liệu kiểu đường, do thể hiện cho các tuyến đường trục chính nên ta chọn kiểu dạng dữ liệu Polyline).



Hình 4. Mô hình GIS cho các tiêu chí tổng hợp trên 8 trục chính (đã chuẩn hóa)

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã góp phần xác định cơ sở khoa học và thực tiễn cho việc xác định phương án quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích tại các đô thị Việt Nam. Kết quả cho thấy nghiên cứu này hoàn toàn khả thi và phù hợp với xu hướng xây dựng đô thị hiện đại, thông minh và bền vững. Giải pháp quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích này cần được nghiên cứu triển khai thí điểm và nhân rộng, kết hợp với ứng dụng công nghệ hiện đại và quy hoạch đồng bộ, nhằm nâng cao chất lượng hạ tầng, đảm bảo phát triển đô thị bền vững và an toàn. Việc ứng dụng công nghệ hiện đại vào quản lý hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích là xu thế tất yếu, phù hợp với định hướng xây dựng đô thị thông minh, bền vững tại các đô thị Việt Nam.

Các hướng nghiên cứu tiếp theo có thể thực hiện: Thí điểm giải pháp quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích tại một số tuyến đường trọng điểm tại Hà Nội, TP.HCM… hoặc khu đô thị mới. Bổ sung và điều chỉnh các quy chuẩn xây dựng liên quan để phù hợp với các loại hình quy hoạch chuyên ngành hạ tầng kỹ thuật, quy hoạch không gian ngầm đô thị. Xây dựng cơ sở dữ liệu hạ tầng ngầm quốc gia tích hợp GIS & BIM. Xây dựng cơ chế tổ chức quản lý chung hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích là chủ sở hữu các hạ tầng (điện, cấp nước, thoát nước,viễn thông…) trong khai thác hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích. Đề xuất nghiên cứu giải pháp mô hình quản lý dựa trên IoT, cảm biến, SCADA cho hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích nâng cao chất lượng quản lý khai thác hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích hiệu quả hướng đến đô thị thông minh và bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Điều chỉnh quy hoạch chung TP Đà Nẵng đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2045 phê duyệt tại Quyết định 359/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ ngày 15/3/2021.

[2]. Tác giả R. K. Goel; Bhawani Singh; Jian Zhao "Underground Infrastructures Planning, Design, and Construction" (Quy hoạch, Thiết kế và Xây dựng cơ sở hạ tầng Ngầm).

[3]. Yisha Luo tác giả Luận án "Multi-Criteria Spatial Analysis of Multi-Purpose Utility Tunnels" trường đại học Concordia- Canada, tháng 12/2019.

[4]. Tác giả Hồ Bá Tuấn Anh, Nguyễn Trường Huy Đề tài "Giải pháp đường hầm thông minh cho đô thị Hà Nội"tạp chí khoa học kiến trúc- xây dựng, tháng 8/2020.

[5]. Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung thành phố Đà Nẵng đến năm 2030 tầm nhìn đến năm 2045.

[6]. Truy cập wedsite https://en.wikipedia.org/wiki/Multiple-criteria_decision_analysis.

[7].Truy cập wedsite https://www.studocu.vn/vn/document/truong-dai-hoc-thuong-mai/nghien-cuu-khoa-hoc/phuong-phap-nghien-cuu-ahp/87991056.

[8]. Hồ sơ báo cáo điều tra khảo sát tham vấn các chuyên gia địa phương thành phố Đà Nẵng liên quan đến bộ tiêu chí đề xuất phương án quy hoạch hệ thống tunnel kỹ thuật đa tiện ích trên các trục chính trung tâm thành phố Đà Nẵng năm 2025.

[9]. Truy cập wedsite https://dathop.com.vn/post/tong-quan-ve-gis-va-2-phuong-phap-nghien-cuu.html