



Tích hợp GIS và thư viện Python mã nguồn mở phục vụ tính toán bồi thường và trực quan hóa thông tin giải phóng mặt bằng: Nghiên cứu trường hợp tại tuyến đường nông thôn ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang

Nguyễn Trọng Nhân^{1*}, Lê Thiên Bảo¹, Hồ Trung Dũng¹, Nguyễn Duy Thanh²
¹Khoa Trắc địa, Bản đồ và Công trình, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh
²Công ty TNHH Tài nguyên và Môi trường Incom
Email tác giả liên hệ: ntnhan@hcmunre.edu.vn

DOI: [10.5281/zenodo.15795299](https://doi.org/10.5281/zenodo.15795299)

Tóm tắt:

Để phục vụ công tác tính toán bồi thường và trực quan hóa thông tin liên quan đến giải phóng mặt bằng, bài báo này ứng dụng các thư viện Python mã nguồn mở kết hợp với công nghệ hệ thống thông tin địa lý (GIS), được triển khai thực nghiệm tại tuyến đường nông thôn thuộc ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang. Kết quả cho thấy sự tích hợp giữa GIS và Python đã mang lại hiệu quả rõ rệt trong việc xử lý dữ liệu, phân tích không gian nhằm xác định nhanh chóng phạm vi thu hồi đất, tính toán giá trị bồi thường và trực quan hóa thông tin thông qua bản đồ giá trị sử dụng đất cùng với các biểu đồ thống kê. Trong đó, loại đất chuyên trồng lúa nước (LUC) chiếm tỷ trọng cao nhất, với 57,3% tổng giá trị bồi thường toàn khu vực, vượt trội so với hai loại đất còn lại là đất trồng cây lâu năm (CLN) và đất ở nông thôn (ONT). Qua đây cho thấy phương pháp tiếp cận không chỉ phù hợp với yêu cầu quy hoạch và quản lý đất đai tại các vùng nông thôn đang phát triển hạ tầng, mà còn góp phần thúc đẩy tiến trình chuyển đổi số và hiện đại hóa công tác quản lý nhà nước về đất đai.

Từ khóa: bồi thường, GIS, Python, trực quan hóa, thư viện mã nguồn mở

Ngày nhận bài: 20/05/2025

Ngày sửa lại: 23/06/2025

Ngày chấp nhận đăng: 25/06/2025

Ngày xuất bản: 30/06/2025

Integrating GIS and Open-Source Python Libraries for Land Clearance Compensation and Visualization: A Case Study of a Rural Road in Go Xoai Hamlet, Tan Trung Commune, Go Cong City, Tien Giang Province

Nguyen Trong Nhan^{1*}, Le Thien Bao¹, Ho Trung Dung¹, Nguyen Duy Thanh²
¹Department of Geodesy, Cartography and Construction University of Natural Resources and Environment Ho Chi Minh City

²Incom Resources and Environment Co., Ltd

Corresponding Author Email: ntnhan@hcmunre.edu.vn

Abstract:

To support the calculation of compensation and the visualization of information related to land clearance, this study applies open-source Python libraries in combination with Geographic Information System (GIS) technology. The approach was experimentally implemented on a rural road project in Go Xoai Hamlet, Tan Trung Commune, Go Cong City, Tien Giang Province. The results show that the integration of GIS and Python significantly improved data processing and spatial analysis, enabling rapid identification of land acquisition areas, precise compensation calculation, and effective visualization through land use value maps and statistical charts. Among the land types, irrigated rice land (LUC) accounted for the highest proportion, representing 57.3% of the total compensation value in the area—substantially higher than perennial crop land (CLN) and rural residential land (ONT). These findings suggest that the proposed approach not only meets the practical requirements of land use planning and management in rural areas undergoing infrastructure development, but also contributes to the digital transformation and modernization of public land administration.

Keywords: compensation, GIS, Python, visualization, open-source libraries

Submission received: 20/05/2025

Revised: 23/06/2025

Accepted: 25/06/2025

Published: 30/06/2025



1. Giới thiệu

Python hiện được xem là một trong những ngôn ngữ lập trình phổ biến và có sức ảnh hưởng lớn nhất trong lĩnh vực công nghệ thông tin. Với khả năng tích hợp cao và cú pháp đơn giản, dễ tiếp cận [1], Python đã phát triển thành một hệ sinh thái phong phú với hàng loạt thư viện mã nguồn mở mạnh mẽ như: GeoPandas, Fiona, Shapely, Pyproj, Folium, GDAL, Rasterio, Matplotlib, Seaborn, Cartopy, Pandas và nhiều thư viện khác [1-3]. Các thư viện này đặc biệt hữu ích trong xử lý và phân tích dữ liệu không gian, trực quan hóa và xây dựng các ứng dụng bản đồ tương tác. Ngôn ngữ Python còn chứng minh sức mạnh vượt trội trong các lĩnh vực công nghệ tiên tiến như trí tuệ nhân tạo (AI-Artificial intelligence), học máy (ML-Machine Learning), khai phá dữ liệu, phát triển web, tự động hóa, lập trình nhúng và Internet vạn vật (IoT-Internet of Thing) [2,3]. Nhờ tính linh hoạt cao và cộng đồng phát triển mạnh mẽ, Python đang ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như nghiên cứu khoa học, kỹ thuật công nghệ, giáo dục, y tế, kinh doanh thương mại và nhiều ngành công nghiệp khác. Python không chỉ là công cụ dành cho các chuyên gia lập trình mà còn trở thành nền tảng quan trọng hỗ trợ đổi mới sáng tạo, thúc đẩy quá trình chuyển đổi số trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp 4.0 [1,4].

Bên cạnh khả năng xử lý và trực quan hóa dữ liệu nói chung, các thư viện mã nguồn mở của Python còn đặc biệt mạnh mẽ trong việc phân tích và trực quan hóa dữ liệu lớn, trong đó bao gồm dữ liệu địa không gian (Geospatial Data) – một loại dữ liệu đặc biệt có gắn thông tin vị trí địa lý (tọa độ không gian) và gắn liền với thuộc tính mô tả đặc điểm, tính chất của đối tượng. Các đối tượng địa lý tồn tại trên bề mặt Trái Đất thường được ghi nhận, lưu trữ bằng phương tiện nhận thức không gian, đó là Bản đồ - GIS (Geographic Information System). Trong GIS, dữ liệu địa lý được biểu diễn dưới hai mô hình phổ biến: Vector (điểm, đường, vùng) và Raster (dạng lưới ô, ảnh vệ tinh có dung lượng lớn). Những dữ liệu này đóng vai trò quan trọng trong việc phản ánh thế giới thực trên bản đồ [5-7]. Hiện nay, các phần mềm GIS thương mại ArcGIS Desktop, ArcGIS Pro hoặc mã nguồn mở như QGIS đã cung cấp nhiều chức năng chuyên sâu phục vụ xử lý, quản lý và phân tích dữ liệu không gian. Tuy nhiên, việc tiếp cận và ứng dụng thư viện Python mã nguồn mở (như GeoPandas, Rasterio, GDAL, Folium, Shapely, ...) đang dần trở thành một xu hướng phát triển mạnh mẽ trong bối cảnh chuyển đổi số và kỷ nguyên



dữ liệu lớn (Big Data). Việc ứng dụng các thư viện Python mã nguồn mở trong phân tích dữ liệu địa không gian mang lại nhiều tiềm năng phát triển, song cũng đặt ra không ít thách thức. Một mặt, điều này đòi hỏi người dùng phải có kiến thức lập trình, tư duy phân tích dữ liệu, cũng như khả năng tích hợp công cụ để xử lý các bài toán phức tạp về không gian. Mặt khác, chính yêu cầu này lại mở ra cơ hội lớn để phát triển các giải pháp linh hoạt, có tính tùy biến cao, phù hợp với các nhu cầu phân tích đa dạng trong thực tiễn. Việc tích hợp hiệu quả các thư viện Python vào quy trình phân tích không gian giúp tự động hóa thao tác xử lý dữ liệu, giảm chi phí vận hành, đồng thời mở rộng khả năng xây dựng các ứng dụng bản đồ tương tác, hệ thống hỗ trợ ra quyết định và mô hình hóa không gian quy mô lớn. Những lợi thế này không chỉ phục vụ các bài toán kỹ thuật thuần túy, mà còn góp phần nâng cao năng lực quản lý trong bối cảnh dữ liệu ngày càng phong phú và phức tạp. Đây là một trong những hướng tiếp cận cần được đẩy mạnh triển khai và ứng dụng rộng rãi, không chỉ trong các lĩnh vực thuộc khoa học dữ liệu và công nghệ hiện đại, mà còn đặc biệt có ý nghĩa đối với các ngành như trắc địa bản đồ, quản lý đất đai, quy hoạch sử dụng đất, vốn đang có nhu cầu cao về số hóa và tự động hóa dữ liệu không gian.

Trong bối cảnh hiện nay, các dự án xây dựng phát triển đô thị và mở rộng hạ tầng giao thông đang được triển khai đồng bộ theo quy hoạch tại nhiều địa phương. Tuy nhiên, công tác giải phóng mặt bằng (GPMB) vẫn là một trong những khâu then chốt nhưng gặp nhiều khó khăn và phức tạp, đặc biệt là trong việc đo đạc, thu thập và xử lý dữ liệu thực địa tại khu vực bị thu hồi để làm cơ sở tính toán giá trị bồi thường theo từng loại đất, dựa trên đơn giá quy định của Nhà nước [8]. Để hỗ trợ quá trình này, các phần mềm GIS đã và đang được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng lưu trữ, quản lý và xây dựng cơ sở dữ liệu không gian – thuộc tính, phục vụ xác định phạm vi thu hồi, tính toán giá trị bồi thường về đất và nhà cửa, theo đơn giá hiện hành. Ví dụ, trong dự án mở rộng tuyến đường vành đai 2 tại Hà Nội, hệ thống GIS đã hỗ trợ hiệu quả trong việc xây dựng cơ sở dữ liệu bồi thường nhằm xác định ranh giới đền bù và thực hiện tính toán bồi thường [9]. Đặc biệt, khả năng trực quan hóa dữ liệu không gian, thông qua việc hiển thị các lớp bản đồ số (như thửa đất, công trình nhà ở...) kết hợp với dữ liệu thuộc tính được minh chứng qua các dự án như mở rộng tuyến đường DH403 tại tỉnh Bình Dương [8], tuy nhiên phần lớn vẫn phụ thuộc vào các công cụ có sẵn trong phần mềm thương mại như ArcGIS. Đáng chú ý, trong



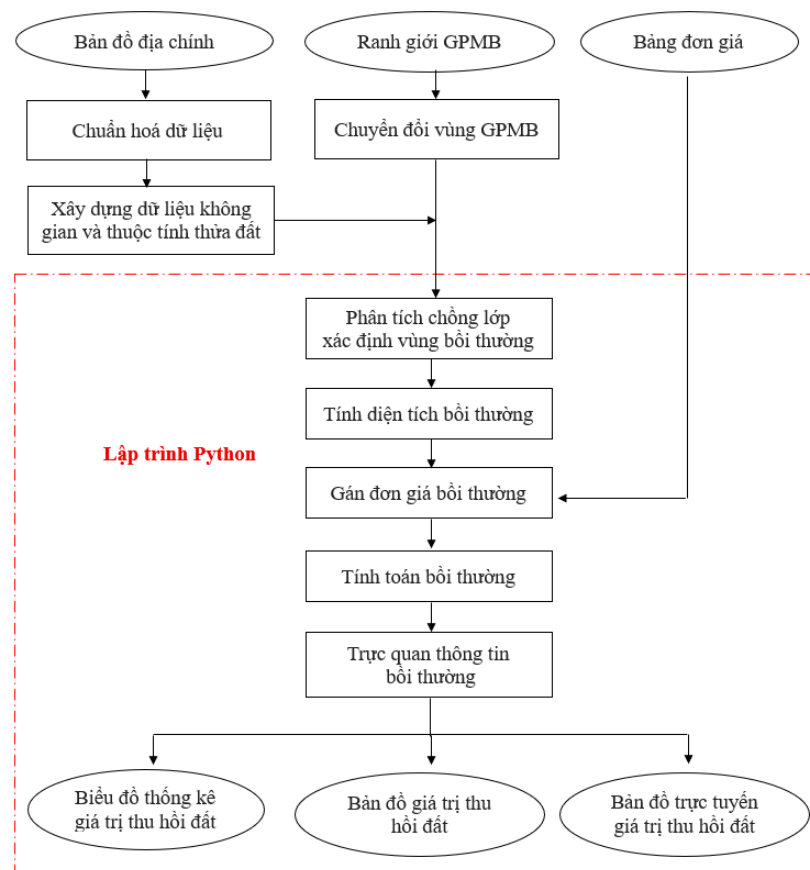
thời gian gần đây, công tác GPMB đã có những bước tiến mới khi các công cụ tự động hóa bằng ngôn ngữ lập trình Python, thông qua thư viện ArcPy trên ArcGIS, được phát triển để thực hiện nhanh chóng các bước xử lý dữ liệu, tính toán bồi thường cụ thể đã thực nghiệm tại tuyến đường liên xã Thị Trấn – Thới Tam Thôn, huyện Hóc Môn [10]. Điều này không chỉ góp phần nâng cao hiệu suất xử lý, mà còn mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi của Python trong quản lý đất đai, quy hoạch sử dụng đất, đồng thời tạo nền tảng cho việc tích hợp các thư viện Python mã nguồn mở để phân tích dữ liệu địa không gian một cách linh hoạt và hiệu quả. Tuy nhiên, việc khai thác toàn diện tiềm năng của ngôn ngữ Python trong phân tích dữ liệu địa không gian vẫn còn là một thách thức, đặc biệt là trong bối cảnh ứng dụng thực tiễn tại Việt Nam. Mặc dù Python sở hữu hệ sinh thái thư viện mạnh mẽ hỗ trợ xử lý dữ liệu không gian, nhưng việc triển khai trong thực tế vẫn gặp nhiều rào cản như thiếu tài liệu chuyên sâu, hạn chế về năng lực kỹ thuật, cũng như nguồn dữ liệu địa lý. Hơn nữa, tại Việt Nam, các nghiên cứu và ứng dụng cụ thể trong lĩnh vực này vẫn còn hạn chế, chưa được triển khai rộng rãi trong cộng đồng học thuật và thực tiễn quản lý nhà nước. Dựa trên những cơ sở thực tiễn và ứng dụng đã nêu, bài báo này đề xuất và thực hiện ứng dụng các thư viện Python mã nguồn mở như: GeoPandas, Folium, Matplotlib, Pandas,... để phục vụ cho việc tính toán giá trị bồi thường theo từng loại đất, xây dựng bản đồ giá trị thu hồi đất, đồng thời trực quan hóa thông tin giải phóng mặt bằng tại tuyến đường nông thôn áp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang. Tuyến đường này có tổng chiều dài 2.872,8 mét, được đầu tư mở rộng, nâng cấp nhằm phục vụ phát triển kinh tế và xây dựng nông thôn mới tại địa phương.

2. Phương pháp nghiên cứu

Dự án mở rộng tuyến đường nông thôn được triển khai tại ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang. Ranh giới quy hoạch của dự án được xác định rõ ràng thông qua tài liệu bản đồ số có định dạng (*.dgn) do Ban Quản lý và Phát triển Quỹ đất thành phố Gò Công cung cấp. Khu vực thực hiện dự án thuộc phạm vi tờ bản đồ địa chính số 18 của xã Tân Trung với tỷ lệ bản đồ 1:2000. Bản đồ này được biên tập dưới định dạng (*.dgn) đã được chỉnh lý, cập nhật đầy đủ dữ liệu không gian và thuộc tính bởi Chi nhánh Văn phòng Đăng ký Đất đai thành phố Gò Công. Dữ liệu bản đồ địa chính và ranh giới quy hoạch này là nguồn thông tin đầu vào quan trọng, đảm bảo độ chính xác cao, phục vụ cho việc tích hợp, xử lý và phân tích không gian trong công tác

xác định ranh giới thu hồi đất, lập kế hoạch bồi thường giải phóng mặt bằng và trực quan hóa thông tin phục vụ quản lý dự án.

Công tác bồi thường giải phóng mặt bằng phục vụ dự án mở rộng tuyến đường được triển khai thông qua nhiều công đoạn bao gồm: thu thập và chuẩn hóa dữ liệu, xây dựng cơ sở dữ liệu không gian – thuộc tính thửa đất, xác định khu vực bồi thường, tính toán giá trị đất bị thu hồi và trực quan hóa thông tin phục vụ công tác quản lý, giám sát và ra quyết định được thể hiện qua sơ đồ hình 1.



Hình 1. Quy trình thực hiện

Bước đầu tiên trong quy trình là thu thập dữ liệu đầu vào, trong đó sử dụng phương pháp điều tra số liệu thứ cấp nhằm thu thập các tài liệu như bản đồ địa chính, ranh giới quy hoạch của dự án và dữ liệu thống kê kiểm kê đất đai do các cơ quan quản lý nhà nước cung cấp. Song song với đó, phương pháp khảo sát thực địa được triển khai để kiểm chứng và bổ sung dữ liệu không gian. Cụ thể, việc xác định mốc giới, tọa độ từng thửa đất bồi thường, cũng như vị trí ranh giới thực tế của tuyến đường được tiến hành với sự phối hợp của các chủ sử dụng đất và sự hỗ trợ của cơ quan có thẩm quyền. Sau khi thống nhất ranh



giới sử dụng đất giữa các chủ sử dụng trong khu vực thu hồi, công tác đo đạc chi tiết hiện trạng được thực hiện. Đây là cơ sở để xây dựng dữ liệu không gian – thuộc tính cho từng thửa đất, phục vụ bước tiếp theo trong quá trình phân tích không gian và tính toán bồi thường. Trên cơ sở này, mảnh bản đồ địa chính trong phạm vi mở rộng tuyến đường được sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích không gian xác định vùng bồi thường. Tuy nhiên cần tiến hành công tác rà soát và chuẩn hoá dữ liệu bản đồ như tiếp biên và kiểm tra dữ liệu không gian; kiểm tra và đối chiếu thông tin thuộc tính; xây dựng cơ sở dữ liệu bồi thường nhằm đảm bảo tính chính xác, đầy đủ và nhất quán của thông tin không gian và thuộc tính phục vụ cho quá trình phân tích, quản lý và tính toán bồi thường giải phóng mặt bằng.

Từ đó, cơ sở dữ liệu phục vụ công tác bồi thường được xây dựng trên bằng phần mềm GIS, bao gồm lớp thửa đất, ranh giới GPMB và bảng đơn giá bồi thường đất. Trong đó, lớp thửa đất được xây dựng như sau: Phần không gian được tạo từ lớp ranh thửa dạng polyline, sau đó được chuyển đổi sang định dạng vùng (polygon) nhằm phục vụ cho các phân tích không gian. Phần thuộc tính được trích xuất từ lớp Annotation bao gồm các thông tin cơ bản như: loại đất (mục đích sử dụng đất), số tờ bản đồ, số thửa đất, diện tích,... Tuy nhiên, các thông tin về tên chủ sử dụng đất và địa chỉ trong lớp Annotation chưa đầy đủ. Để khắc phục, bài báo đã tiến hành thu thập và bổ sung dữ liệu từ các nguồn kiểm kê bồi thường và các tài liệu liên quan do Chi nhánh Văn phòng Đăng ký Đất đai thành phố Gò Công cung cấp. Nhờ vào các chức năng hỗ trợ thu nhận và xử lý dữ liệu mạnh mẽ của hệ thống GIS, việc cập nhật thông tin chủ sử dụng đất và địa chỉ được thực hiện thuận lợi thông qua công cụ Join trong phần mềm ArcMap, bằng cách liên kết các bảng dữ liệu dựa trên các trường khóa như mã xã, số tờ bản đồ và số thửa đất tương ứng [10]. Đối với bảng giá bồi thường đất, bài báo căn cứ vào khoản 2 điều 6 Quyết định số 32/2020/QĐ-UBND của UBND tỉnh Tiền Giang ngày 21 tháng 12 năm 2020 về việc ban hành Quy định bảng giá các loại đất giai đoạn 2020-2024 trên địa bàn tỉnh Tiền Giang, trong đó đất nông nghiệp tại xã Tân Trung thuộc khu vực 2 với các thửa đất giáp đường bê tông rộng 2m trở lên (các thửa đất thuộc tuyến đường quy hoạch) được quy định là vị trí 2 [11]. Đối với đất ở nông thôn tại xã Tân Trung thuộc khu vực 2, đối với các thửa đất giáp đường bê tông rộng 2m trở lên (các thửa đất thuộc tuyến đường quy hoạch) được quy định là vị trí 2 căn cứ tại khoản 2 điều 8 quyết định trên và đồng thời sử dụng hệ số



điều chỉnh giá đất theo Quyết định số 13/2024/QĐ-UBND tỉnh Tiền Giang ngày 15/3/2024 [12]. Qua đó tính toán đơn giá bồi thường các loại đất theo công thức: đơn giá*hệ số điều chỉnh (Bảng 1).

Bảng 1. Bảng giá bồi thường các loại đất (đồng/m²)

TT	Loại đất	Đơn giá	Hệ số điều chỉnh	Đơn giá bồi thường = Đơn giá*Hệ số điều chỉnh
1	ONT	295000	1,2	354000
2	CLN	125000	1,2	150000
3	LUC	105000	1,2	126000
4	BHK	105000	1,2	126000
5	TSN	105000	1,2	126000

Quy trình chuẩn hóa, xử lý dữ liệu địa chính và xây dựng dữ liệu không gian – thuộc tính cho thửa đất tương đối phức tạp, đòi hỏi sự chính xác cao trong từng bước thực hiện. Do đó, trong phạm vi nghiên cứu, bài báo lựa chọn thực hiện thủ công các công đoạn đầu trong quy trình thông qua việc sử dụng các công cụ có sẵn trên phần mềm ArcMap và MicroStation-VietMap XM. Tuy nhiên, ở các công đoạn xử lý và phân tích nâng cao, nghiên cứu này áp dụng phương pháp lập trình Python kết hợp với các thư viện mã nguồn mở được thể hiện qua bảng 2. Các lớp dữ liệu phục vụ bồi thường được chuyển đổi sang định dạng GeoJSON (Geographic JavaScript Object Notation) là một định dạng văn bản JSON được sử dụng để mô tả dữ liệu không gian vector và được sử dụng rất phổ biến trong lĩnh vực GIS hỗ trợ phân tích dữ liệu không gian, đặc biệt khi làm việc với các thư viện mã nguồn mở trong Python như GeoPandas, Folium hỗ trợ xây dựng bản đồ web [6-7]. Trong số các thư viện Python hỗ trợ xử lý dữ liệu không gian, GeoPandas được lựa chọn làm thư viện chính. Đây là một thư viện mở rộng của Pandas, được thiết kế chuyên biệt để làm việc với dữ liệu không gian một cách hiệu quả và linh hoạt. GeoPandas tích hợp sức mạnh xử lý dữ liệu dạng bảng của Pandas với các công cụ phân tích hình học mạnh mẽ từ Shapely, hỗ trợ đọc/ghi dữ liệu không gian từ Fiona và chuyển đổi hệ tọa độ nhờ Pyproj. Trong nghiên cứu này, GeoPandas được tận dụng như một công cụ mạnh mẽ để thực hiện phân tích chồng lớp (Overlay Analysis) với phép giao (Intersection) nhằm xác định các khu vực thửa đất nằm trong vùng quy hoạch và từ đó xác định phần diện tích bồi thường theo tính toán trực tiếp từ hình học không gian và được chuyển đổi về đơn vị



mét vuông (m^2) để đảm bảo thống nhất. Bên cạnh đó, bài toán bồi thường không chỉ yêu cầu diện tích mà còn cần đến đơn giá bồi thường theo loại đất. Để thực hiện điều này, bài báo sử dụng bảng đơn giá bồi thường đất với định dạng Excel (Bảng 1) và thực hiện kết nối dữ liệu với kết quả phân tích không gian dựa trên loại đất làm khóa tham chiếu. Việc liên kết này cho phép tự động gán đơn giá tương ứng cho từng thửa đất trong vùng quy hoạch, từ đó tính toán chính xác giá trị bồi thường theo công thức:

$$\text{Giá trị bồi thường} = \text{Diện tích bồi thường (m}^2\text{)} \times \text{Đơn giá bồi thường (VNĐ/m}^2\text{)}$$

Để hỗ trợ phân tích và trình bày kết quả một cách trực quan, bài báo sử dụng thư viện Matplotlib – một thư viện vẽ đồ họa phổ biến trong Python. Khi kết hợp với GeoPandas, Matplotlib cho phép tạo ra các bản đồ tĩnh chất lượng cao phục vụ cho việc phân tích không gian, trình bày trong báo cáo hoặc xuất bản. Matplotlib còn cung cấp các hàm linh hoạt để điều chỉnh các yếu tố bản đồ như: màu sắc, ký hiệu thể hiện mức độ bồi thường; khung tọa độ, nhãn bản đồ; chú giải (legend); thanh tỷ lệ (scale bar); tiêu đề bản đồ và bố cục khung in [7]. Matplotlib còn hỗ trợ xây dựng biểu đồ thống kê giá trị bồi thường giúp trực quan thông tin bồi thường giữa các loại đất, hỗ trợ quá trình phân tích và ra quyết định chính sách bồi thường, giải phóng mặt bằng.

Bên cạnh việc sử dụng bản đồ tĩnh để phân tích, thông tin về bồi thường và giải phóng mặt bằng còn được trực quan hóa thông qua bản đồ tương tác. Để thực hiện điều này, đề tài sử dụng thư viện Folium, một thư viện Python mạnh mẽ được thiết kế để tạo ra các bản đồ tương tác. Folium giúp dễ dàng tích hợp với dữ liệu không gian từ GeoPandas, đồng thời cung cấp tính năng popup thông tin – cho phép hiển thị thông tin chi tiết của từng thửa đất khi người dùng nhấp chuột vào các đối tượng trên bản đồ. Bản đồ tương tác này sử dụng Leaflet.js, một thư viện JavaScript mã nguồn mở để tạo bản đồ trực tuyến, giúp người dùng có thể thực hiện các thao tác như zoom, kéo bản đồ, và hiển thị thông tin chi tiết một cách dễ dàng [6-7]. Các bản đồ tương tác này rất phù hợp cho việc xây dựng ứng dụng web hoặc báo cáo trực tuyến, hỗ trợ nhiều lớp bản đồ khác nhau như OpenStreetMap, Google Maps, và các bản đồ khác, tạo điều kiện thuận lợi cho việc chia sẻ và phân tích dữ liệu bồi thường trực tiếp trên nền tảng web.

Bảng 2. Hàm phân tích và trực quan hoá dữ liệu không gian

Bước thực hiện	Hàm xử lý
1. Đọc dữ liệu không gian thửa đất, vùng quy hoạch (*.geojson) và bảng giá đất (*.xlsx)	read_file() read_excel()
2. Kiểm tra hệ toạ độ tham chiếu của các dữ liệu không gian	crs (Coordinate Reference System) to_crs()
3. Phân tích chồng lớp xác định vùng bồi thường	overlay() với how= 'intersection'
4. Tính diện tích bồi thường	geometry.area với đơn vị mặc định m2
5. Gán đơn giá đất vào kết quả vùng bồi thường theo từng loại đất	merge()/join() với cột tham chiếu là loaidat
6. Tính toán giá trị bồi thường	Áp dụng phép toán tử theo công thức: Giá trị bồi thường = Diện tích bồi thường x Đơn giá bồi thường
7. Ghi kết quả vùng bồi thường	to_file()
8. Trực quan hoá giá trị thu hồi đất bằng bản đồ (tĩnh)	plot() trong thư viện matplotlib
9. Trực quan hoá giá trị thu hồi đất bằng biểu đồ	bar(), pie() trong thư viện matplotlib
10. Trực quan hoá giá trị thu hồi đất bằng bản đồ trực tuyến (Web)	Sử dụng thư viện folium

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

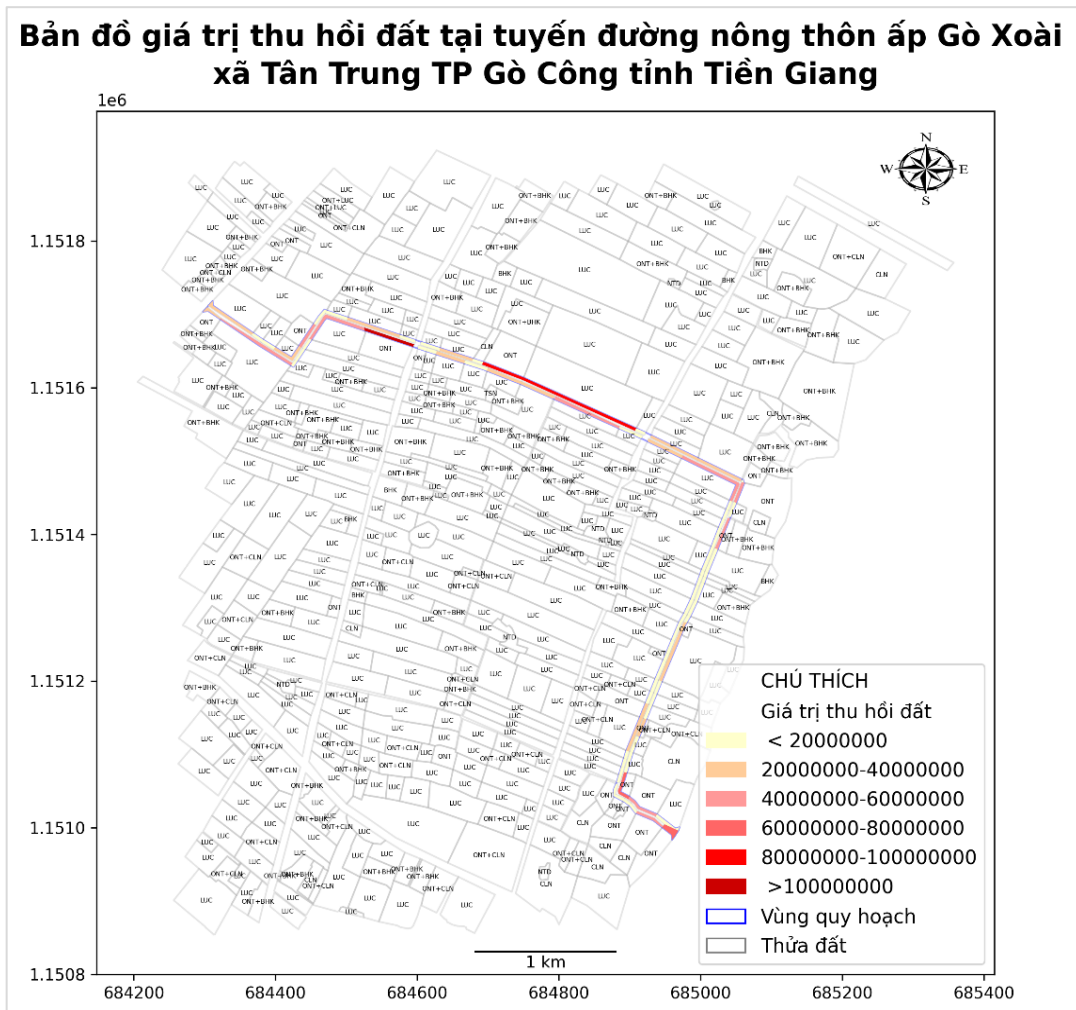
3.1. Kết quả nghiên cứu

3.1.1. Kết quả xây dựng bản đồ giá trị thu hồi đất

Với sự tích hợp của hệ thống thông tin địa lý (GIS) và các thư viện Python mã nguồn mở hỗ trợ phân tích không gian xác định vùng bồi thường và tính toán giá trị thu hồi đất đã được thực hiện một cách hệ thống và chính xác. Cụ thể, tại khu vực tuyến đường nông thôn ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang, dữ liệu không gian về thửa đất, ranh giới quy hoạch tuyến đường đã được xử lý để xác định ranh giới các khu vực bồi thường, phân loại đất theo mục đích sử dụng và áp dụng đơn giá tương ứng để tính toán giá trị bồi thường cho từng thửa đất.

Kết quả được thể hiện trực quan thông qua hình 2 là bản đồ giá trị thu hồi đất được biên tập nhờ sự hỗ trợ của thư viện Matplotlib, phản ánh sự phân bố về các mức đền bù trên toàn bộ tuyến đường nông thôn ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang. Bản đồ sử dụng thang định lượng về giá trị thu hồi được thể hiện bằng phương pháp phân nhóm và chia đều khoảng (Equal Interval). Cách tiếp cận này giúp chia dải giá

trị thu hồi thành các khoảng bằng nhau, mỗi khoảng được mã hóa bằng màu sắc từ nhạt đến đậm, tương ứng với mức đền bù tăng dần. Phương pháp này mang lại tính trực quan cao, hỗ trợ người đọc dễ dàng nhận biết và so sánh sự chênh lệch về giá trị đền bù giữa các khu vực khác nhau. Đồng thời, việc mã hóa bằng màu sắc tương ứng với từng nhóm giá trị còn giúp tăng cường khả năng trực quan, tra cứu, đối chiếu thông tin – nhất là khi được tích hợp lên nền bản đồ trực tuyến như trong phần tiếp theo của nghiên cứu.

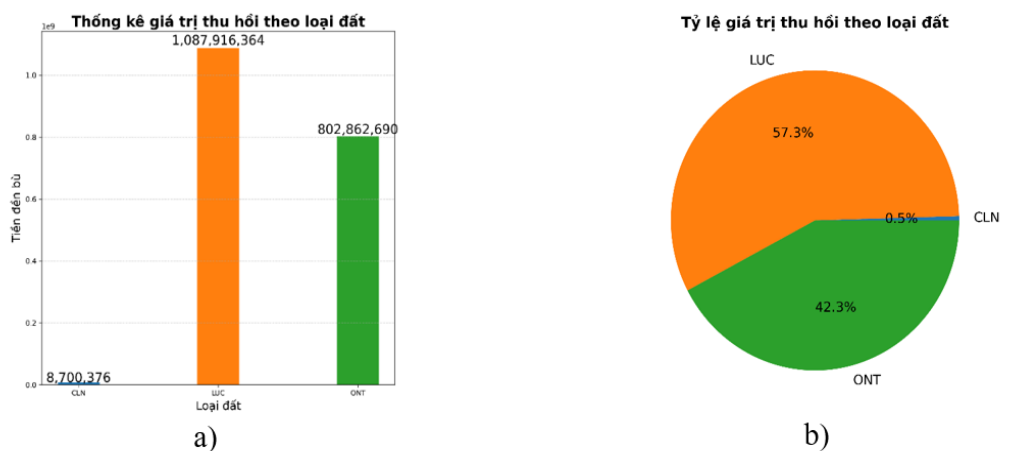


Hình 2. Bản đồ giá trị thu hồi đất

3.1.2. Kết quả xây dựng biểu đồ thống kê

Bên cạnh việc tính toán chi tiết giá trị bồi thường theo từng thửa đất, bài báo còn tiến hành lập trình và xây dựng các biểu đồ thống kê nhằm trực quan hóa sự phân bố giá trị bồi thường theo loại đất, giúp người đọc dễ dàng nhận diện và so sánh giữa các nhóm đất khác nhau. Cụ thể, Hình 3a thể hiện biểu đồ cột, trong khi Hình 3b sử dụng biểu đồ

tròn, cả hai cùng phân tích dữ liệu dựa trên ba loại đất chính tại khu vực nghiên cứu, bao gồm: đất trồng lúa (LUC), đất trồng cây lâu năm (CLN), và đất ở nông thôn (ONT). Kết quả cho thấy, đất trồng lúa LUC chiếm tỷ trọng lớn nhất, với tổng giá trị bồi thường đạt 1.087.916.364 VNĐ, tương ứng với 57,3% tổng giá trị bồi thường toàn khu vực. Giá trị này vượt trội so với hai loại đất còn lại là CLN và ONT. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ đặc điểm kinh tế - xã hội của địa phương: áp Gò Xoài có nền kinh tế chủ lực dựa vào sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là trồng lúa nước. Do đó, diện tích đất LUC chiếm ưu thế rõ rệt, kéo theo tổng giá trị thu hồi ở nhóm đất này cũng cao hơn. Mặt khác, dự án mở rộng tuyến đường triển khai tại khu vực nông thôn, có giá đất thấp và mật độ dân cư không cao, nên chi phí bồi thường đối với đất ở (ONT) không quá lớn. Điều này góp phần làm cho tổng giá trị bồi thường nghiêng mạnh về nhóm đất nông nghiệp, cụ thể là đất trồng lúa. Việc trực quan hóa dữ liệu bằng biểu đồ không chỉ hỗ trợ so sánh nhanh chóng giữa các loại đất, mà còn giúp làm rõ mối liên hệ giữa đặc điểm sử dụng đất, điều kiện kinh tế địa phương và chính sách bồi thường, từ đó phục vụ hiệu quả cho quá trình lập kế hoạch và ra quyết định trong công tác thu hồi đất và phát triển hạ tầng giao thông tại khu vực.

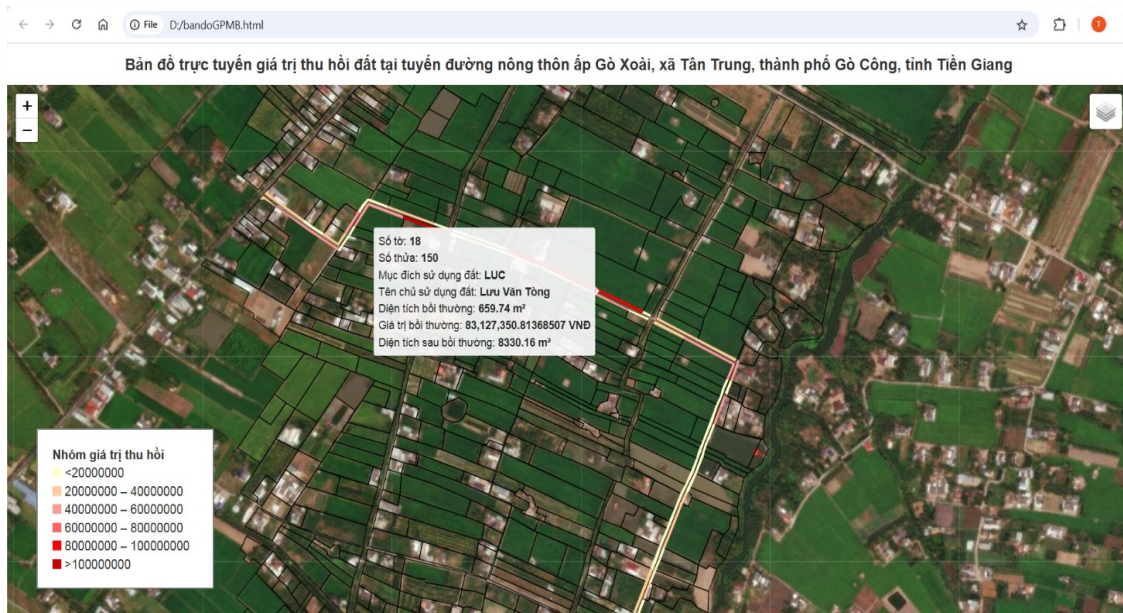


Hình 3. Biểu đồ thống kê giá trị thu hồi đất

3.1.3. Kết quả lập trình xây dựng bản đồ trực tuyến

Bên cạnh việc sử dụng các bản đồ tĩnh và biểu đồ thống kê để phân tích dữ liệu bồi thường và giải phóng mặt bằng, bài báo còn tích hợp giải pháp trực quan hóa dữ liệu không gian thông qua bản đồ tương tác trực tuyến thể hiện qua hình 4, được xây dựng bằng thư viện mã nguồn mở Folium. Đây là một công cụ mạnh mẽ cho phép kết hợp giữa

dữ liệu địa lý và giao diện web, góp phần nâng cao khả năng truy cập và tương tác với thông tin không gian. Các bản đồ tương tác này được triển khai trên nền tảng web, hiển thị rõ vị trí của các lớp dữ liệu bồi thường, ranh giới thửa đất và các thuộc tính liên quan, chồng lớp trực tiếp lên nền ảnh vệ tinh của Google Earth. Nhờ đó, người dùng có được một cái nhìn từ tổng quan đến chi tiết một cách trực quan và bám sát thực tế, giúp dễ dàng định vị và theo dõi quá trình thu hồi đất. Đặc biệt, việc tích hợp các công cụ tương tác như popup cho phép người dùng click chuột vào từng khu vực bồi thường để hiển thị đầy đủ các thông tin chi tiết như: diện tích bị thu hồi, giá trị bồi thường, loại đất, tên chủ sở hữu, cũng như phần diện tích còn lại sau bồi thường,... Tính năng này không chỉ giúp người dân nhanh chóng tra cứu thông tin liên quan đến quyền lợi của mình, mà còn hỗ trợ chính quyền địa phương trong công tác quản lý đất đai một cách minh bạch, hiệu quả và hướng tới phát triển bền vững.



Hình 4. Bản đồ trực tuyến trực quan thông tin giải phóng mặt bằng

3.2. Thảo luận

Qua kết quả thực nghiệm cho thấy khả năng tích hợp giữa hệ thống thông tin địa lý (GIS) và các thư viện Python mã nguồn mở, không chỉ nâng cao hiệu quả xử lý thông tin, phân tích không gian, trực quan hóa dữ liệu và bản đồ tương tác đã mở ra hướng tiếp cận mới trong công tác quy hoạch, bồi thường và quản lý tài nguyên đất đai, đặc biệt tại các khu vực nông thôn đang trong giai đoạn chuyển mình phát triển hạ tầng, mà còn góp phần



thúc đẩy quá trình chuyển đổi số, hiện đại hóa công tác quản lý, và tăng cường năng lực lập kế hoạch phát triển đô thị – nông thôn một cách bền vững trong bối cảnh. Đây là một bước tiến quan trọng trong việc ứng dụng công nghệ vào công tác quản lý đất đai và giải phóng mặt bằng – vốn là một nội dung phức tạp, thường xuyên gặp nhiều vướng mắc trong thực tiễn triển khai các dự án phát triển hạ tầng. Tuy nhiên, một trong những hạn chế của nghiên cứu là công đoạn chuẩn hoá dữ liệu địa chính vẫn được thực hiện thủ công. Quá trình này đòi hỏi phải tổng hợp từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau để cập nhật đầy đủ thông tin thuộc tính cho từng thửa đất. Đồng thời, phần dữ liệu không gian cũng cần được chỉnh sửa thủ công trong trường hợp các thửa đất chưa khép kín hình học hoặc thiếu thông tin định vị chính xác. Việc xử lý thủ công không chỉ tiêu tốn thời gian, mà còn tiềm ẩn nguy cơ sai sót và khó mở rộng quy mô. Bên cạnh đó, để tăng cường tính minh bạch, hỗ trợ tra cứu thông tin bồi thường một cách thuận tiện cho người dân, nghiên cứu cần được mở rộng theo hướng xây dựng hệ thống WebGIS mã nguồn mở, cho phép xuất bản bản đồ trực tuyến lên Internet và truy vấn thông tin bồi thường. Việc này không chỉ nâng cao tính tương tác và khả năng tiếp cận thông tin, mà còn góp phần hỗ trợ hiệu quả cho quản lý nhà nước và người dân trong công tác giải phóng mặt bằng.

4. Kết luận

Việc tích hợp công nghệ GIS với các thư viện Python mã nguồn mở đã chứng minh tính hiệu quả trong công tác bồi thường và trực quan hóa thông tin giải phóng mặt bằng, với nghiên cứu thực nghiệm được triển khai tại tuyến đường nông thôn ấp Gò Xoài, xã Tân Trung, thành phố Gò Công, tỉnh Tiền Giang. Phương pháp này tận dụng khả năng xử lý dữ liệu, phân tích không gian và biểu diễn thông tin trực quan thông qua bản đồ và biểu đồ thống kê, từ đó hỗ trợ xác định nhanh chóng khu vực thu hồi đất và tính toán giá trị bồi thường một cách chính xác. Kết quả thực nghiệm cho thấy, tại khu vực nghiên cứu, loại đất chuyên trồng lúa nước (LUC) chiếm tỷ trọng cao nhất, với 57,3% tổng giá trị bồi thường, vượt trội so với hai loại đất còn lại là đất trồng cây lâu năm (CLN) và đất ở nông thôn (ONT). Cách tiếp cận này không chỉ phù hợp với yêu cầu thực tiễn trong công tác quản lý và quy hoạch sử dụng đất tại các vùng nông thôn đang phát triển hạ tầng, mà còn



góp phần thúc đẩy quá trình chuyển đổi số, hiện đại hóa công tác quản lý nhà nước và nâng cao hiệu quả ra quyết định trong lĩnh vực đất đai.

Cam kết của các tác giả

Tất cả các tác giả có tên trong bài báo cam kết sự đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Divyanshu Sharma, Harendra Yadav, Nivedita Pandey, Vishal Pandey. “A Review Paper on Python”. *International Journal of Innovative Research in Engineering*. Vol.6, no.2 pages 119-121, 2025.
- [2] John Essick. “Python Program Development”. *In book: The Python-Based Laboratory*, pages 1-13, 2024.
- [3] Dany Cajas. “Why use Python?”. *In book: Advanced Portfolio Optimization*, pages 9-12, 2025.
- [4] Murali Krishna Pasupuleti. “Advanced Geospatial Intelligence: Harnessing ArcGIS and Python for Spatial Analytics”. *In book: Geospatial Intelligence with ArcGIS and Python: Advanced Spatial Analysis*. Vol 5, no.3 pages 1-10, 2025.
- [5] Marsel Sonu M., Deepthi Das, Arul Kumar Natarajan, Manimaran A. “Exploring Vector and Raster Data Formats for Geospatial Visualization With Python”. *In book: Geospatial Application Development Using Python Programming*, pages 163-186, 2024.
- [6] Gurram Sunitha, K. G. Suma, Mohammed Gouse, Catholic University in Erbil, Ganesh Davanam. “Python for Geospatial Data Analysis”. *In book: Ethics, Machine Learning, and Python in Geospatial Analysis*, pages 94-119, 2024.
- [7] Vũ Xuân Cường, Vũ Minh Tuấn. “Lý thuyết và thực hành GIS đại cương”. TP.HCM: NXB Khoa học và Kỹ thuật. 2016.
- [8] Nguyễn Kim Hoa, Nguyễn Thành Công, Trần Thống Nhất. “Ứng dụng GIS trong công tác tính toán, hiển thị và quản lý dữ liệu giá trị bồi thường GPMB dự án nâng cấp mở rộng đoạn đường DH403 tỉnh Bình Dương”. *Tạp chí Xây dựng*. Số 9, trang, 156-160, 2023.
- [9] Phạm Lê Tuấn, Hà Quốc Vương, Nguyễn Xuân Linh, Lê Phương Thúy, Bùi Ngọc Tú, Trần Quốc Bình. “Ứng dụng GIS trong công tác giải phóng mặt bằng tuyến đường vành đai 2 của thành phố Hà Nội (đoạn Vĩnh Tuy - Chợ Mơ - Ngã Tư Vọng)”. *Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ*. Số 36, trang 32-29, 2019.
- [10] Nguyễn Trọng Nhân, Nguyễn Hữu Phúc, Trần Văn Bắc, Lê Thiên Bảo. “Ứng dụng GIS xây dựng công cụ tính toán bồi thường giải phóng mặt bằng tuyến đường liên xã Thị Trấn – Thới Tam Thôn Huyện Hóc Môn TP. Hồ Chí Minh”. *Tạp chí Trắc địa - Bản đồ*. Tập 10 số 03, trang 21-27, 2024.
- [11] Ủy ban nhân dân tỉnh Tiền Giang. “Quyết định số 32/2020/QĐ-UBND Quy định về bảng giá các loại đất giai đoạn 2020-2024 trên địa bàn tỉnh Tiền Giang”. 2020.
- [12] Ủy ban nhân dân tỉnh Tiền Giang. “Quyết định số 13/2024/QĐ-UBND tỉnh Tiền Giang ngày 15/3/2024 Quy định về hệ số điều chỉnh giá đất trên địa bàn tỉnh Tiền Giang”. 2024.

