



# Ứng dụng công nghệ GeoAI TRONG QUY HOẠCH XÂY DỰNG

ThS. ĐỖ CÔNG CHUNG - Công ty TNHH Esri Việt Nam



## APPLICATION OF GEOAI TECHNOLOGY IN CONSTRUCTION PLANNING

*In the context of rapid urbanization and the increasing demand for infrastructure development, the application of advanced technologies in urban planning and construction has become an inevitable trend. GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence), which combines artificial intelligence (AI) with Geographic information science, enables the intelligent processing, analysis, and exploitation of massive amounts of spatial data. This paper focuses on analyzing the potential, status, implementation process, and development orientation of GeoAI in the field of urban planning and construction. It highlights the applicability of GeoAI while also suggesting possible directions for its adoption in Vietnam.*

**Trong bối cảnh đô thị hóa nhanh chóng và nhu cầu phát triển cơ sở hạ tầng ngày càng cao, việc ứng dụng các công nghệ tiên tiến vào quy hoạch xây dựng trở thành xu hướng tất yếu. GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence) là sự kết hợp giữa trí tuệ nhân tạo (AI) và khoa học về thông tin địa lý, cho phép xử lý, phân tích và khai thác khối lượng dữ liệu không gian khổng lồ một cách thông minh. Bài báo này tập trung phân tích tiềm năng, hiện trạng, một số nền tảng công nghệ và định hướng phát triển của GeoAI trong lĩnh vực quy hoạch xây dựng. Qua đó cho thấy khả năng ứng dụng của GeoAI cũng như gợi ý những hướng ứng dụng có thể triển khai tại Việt Nam.**

### 1. Đặt vấn đề

Trong công tác lập quy hoạch xây dựng, một trong những khó khăn lớn nhất là nằm ở khâu khảo sát và hình thành ý tưởng. Dữ liệu không gian hiện nay thường thiếu hụt, chậm được cập nhật và lại phân tán ở nhiều nguồn khác nhau. Việc khảo sát bằng phương pháp truyền thống chủ yếu dựa trên đo đạc và thực địa, vừa tốn nhiều thời gian, vừa tiêu tốn chi phí, đặc biệt tại những khu vực có địa hình phức tạp. Nguồn dữ liệu hiện đại từ UAV, viễn thám hay các cảm biến IoT tuy đã xuất hiện nhưng chưa được khai thác hiệu quả, khiến bức tranh hiện trạng chưa thật sự đầy đủ và chính xác.

Ở bước lên ý tưởng quy hoạch, những hạn chế này càng bộc lộ rõ. Các bản vẽ 2D truyền thống khó có thể truyền tải trọn vẹn ý tưởng không gian, thiếu tính trực quan và khó tạo sự đồng thuận từ phía nhà quản lý cũng

như cộng đồng. Việc phân tích, dự báo các tác động của quy hoạch đối với hạ tầng, dân số, giao thông hay môi trường lại chưa có công cụ đủ mạnh hỗ trợ. Dữ liệu bị phân mảnh và xử lý thủ công làm cho ý tưởng quy hoạch thường thiếu nền tảng khoa học vững chắc.

Thực tiễn đó đặt ra nhu cầu đổi mới. Quy hoạch hiện đại cần một giải pháp vừa thu thập dữ liệu nhanh và chính xác, vừa có khả năng xử lý và phân tích thông minh trên quy mô lớn, đồng thời hỗ trợ các nhà quy hoạch trực quan hóa không gian và xây dựng ý tưởng dựa trên thực tế. GeoAI - Sự kết hợp giữa trí tuệ nhân tạo và khoa học về thông tin địa lý - chính là hướng đi mới để đáp ứng nhu cầu này. GeoAI cho phép tự động nhận dạng, phân loại đối tượng từ ảnh vệ tinh hay UAV, đồng thời hỗ trợ phân tích, dự báo các xu hướng phát triển đô thị, hạ tầng và môi trường. Với khả năng trực quan hóa mạnh mẽ, GeoAI trở thành cầu nối giữa dữ liệu khảo sát và ý tưởng quy hoạch, mang lại một cách tiếp cận hiện đại, khoa học và hiệu quả hơn cho công tác lập quy hoạch xây dựng.

Mục tiêu của bài báo là đánh giá tổng quan, phân tích khả năng ứng dụng và đề xuất hướng phát triển của GeoAI trong công tác quy hoạch xây dựng ở Việt Nam.

## 2. Thực trạng thế giới và trong nước

### 2.1. Thực trạng trên thế giới

Trên thế giới, nhiều quốc gia đã tiên phong ứng dụng GeoAI trong quy hoạch và phát triển đô thị:

- Kuwait: GeoAI trong quy hoạch và phát triển thành phố thông minh ở Kuwait, mô hình học máy GeoAI cho phép tự động cập nhật bản đồ nền của Kuwait với các đường phố và tòa nhà mới [1].
- Bavaria Dự báo tình trạng xuống cấp của đường giao thông bằng cách sử dụng Machine Learning [2].
- Nam Phi: Nghiên cứu thuật toán GeoAI để giám sát các khu định cư không chính thức [3].

### 2.2. Thực trạng tại Việt Nam

Ở Việt Nam, ứng dụng GeoAI còn ở giai đoạn đầu nhưng đã có những bước tiến đáng chú ý:

- Ngày 21/11/2024, Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành Thông tư 21/2024/TT-BTNMT quy định kỹ thuật điều tra, đánh giá tài nguyên và thăm dò khoáng sản đất hiếm, trong đó có nội dung ứng dụng công nghệ GeoAI trong điều tra, đánh giá tài nguyên khoáng sản đất hiếm.
- Nghiên cứu ứng dụng AI và viễn thám giám sát chất lượng nước biển do Trung tâm Vũ trụ Việt Nam (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam) và Viện Vật lý địa cầu Ba Lan (Viện Hàn lâm Khoa học Ba Lan) phối hợp thực hiện.
- Một số công trình bước đầu nghiên cứu về ứng dụng trí tuệ nhân tạo địa lý (GeoAI) trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường [5].

Tuy nhiên, khó khăn lớn hiện nay là thiếu dữ liệu chuẩn hóa, hạ tầng tính toán còn hạn chế, và nguồn nhân lực am hiểu cả GIS lẫn AI chưa nhiều.

## 3. Tổng quan về trí tuệ nhân tạo không gian địa lý (GeoAI)

### 3.1. Trí tuệ nhân tạo không gian địa lý (GeoAI) là gì?

Trí tuệ nhân tạo không gian địa lý (GeoAI) là việc ứng dụng trí tuệ nhân tạo (AI) kết hợp với dữ liệu, khoa học và công nghệ địa không gian nhằm đẩy nhanh quá trình hiểu biết về cơ hội kinh doanh, tác động môi trường và rủi ro vận hành trong thế giới thực. Các tổ chức đang hiện đại hóa hoạt động của mình để vận hành ở quy mô lớn thông qua việc tự động hóa tạo dữ liệu và sử dụng các công cụ, thuật toán không gian để tiếp cận (Esri).



Hình 1: GeoAI là sự kết hợp của trí tuệ nhân tạo với dữ liệu, khoa học và công nghệ địa không gian

Trích xuất dữ liệu địa không gian phong phú bằng học sâu: Tiết kiệm thời gian bằng cách tự động hóa việc trích xuất, phân loại và phát hiện thông tin từ các nguồn dữ liệu như ảnh viễn thám, video, đám mây điểm (point cloud) và văn bản.

Thực hiện phân tích dự báo bằng học máy: Xây dựng các mô hình chính xác hơn. Phát hiện cụm dữ liệu, tính toán sự thay đổi, tìm ra các mẫu và dự báo kết quả với các thuật toán không gian được hỗ trợ bởi chuyên gia.

### 3.2. Ứng dụng các kỹ thuật GeoAI trong quy hoạch

Học sâu (Deep Learning) đặc biệt hiệu quả trong xử lý dữ liệu không gian dạng ảnh, chẳng hạn ảnh vệ tinh, ảnh UAV hoặc dữ liệu viễn thám. Các mô hình học sâu như CNN (Convolutional Neural Networks) có khả năng nhận diện và phân loại các đối tượng trong ảnh với độ chính xác cao, bao gồm tòa nhà, đường giao thông, cây xanh, mặt nước hay các công trình hạ tầng khác. Kỹ thuật này giúp tự động hóa quá trình lập bản đồ hiện trạng, phát hiện sự thay đổi trong cấu trúc đô thị, cũng như theo dõi việc mở rộng không gian xây dựng. Chẳng hạn, thay vì phải mất nhiều tuần cho khảo sát thủ công, các nhà quản lý có thể nhanh chóng xác định khu vực phát triển trái phép, giám sát tốc độ đô thị hóa, hoặc ước lượng tỷ lệ che phủ cây xanh trong thành phố. Đây là nền tảng quan trọng để đưa ra các chính sách phát triển bền vững và cân bằng giữa xây dựng với bảo vệ môi trường.

Machine Learning đóng vai trò then chốt trong việc phân tích dữ liệu lớn và đưa ra dự báo cho tương lai. Thông qua việc huấn luyện từ các tập dữ liệu lịch sử về dân số, sử dụng đất, hạ tầng, kinh tế - xã hội, các mô hình học máy có thể dự đoán nhu cầu nhà ở, phân bố giao thông, hay tốc độ tăng trưởng dân số tại từng khu vực. Ví dụ, một mô hình có thể ước tính khu vực nào sẽ có mật

độ dân cư tăng nhanh trong 10 năm tới, từ đó gợi ý chính quyền chuẩn bị quỹ đất cho trường học, bệnh viện hay các công trình công cộng. Ngoài ra, Machine Learning còn được ứng dụng trong dự báo nhu cầu năng lượng, lượng phát thải carbon hoặc nguy cơ ngập úng do biến đổi khí hậu. Những dự báo này không chỉ hỗ trợ quy hoạch dài hạn mà còn giúp tối ưu hóa việc phân bổ nguồn lực, tránh tình trạng quá tải hạ tầng hay thiếu hụt dịch vụ.

Việc ứng dụng AI có thể được triển khai ở toàn bộ các bước triển khai công việc của thiết kế kiến trúc để tự động hóa các quy trình, nâng cao hiệu quả và tạo ra các dự án chất lượng cao nhanh hơn và với chi phí thấp hơn, như: Thu thập thông tin và đánh giá hiện trạng của địa điểm xây dựng công trình; Nghiên cứu đề xuất các ý tưởng thiết kế; Triển khai các nội dung thiết kế kỹ thuật, chuyển đổi để có thể áp dụng cho các quy trình xây dựng hiện đại theo hướng công nghiệp hóa xây dựng trong thời gian tới. [6]

Trong bài viết này, tác giả sẽ giới thiệu cụ thể hơn về ứng dụng công nghệ Deep Learning trong việc xử lý dữ liệu ảnh nhằm tăng khả năng nhận diện phân loại đối tượng, phục vụ công tác nghiên cứu khảo sát khu quy hoạch.

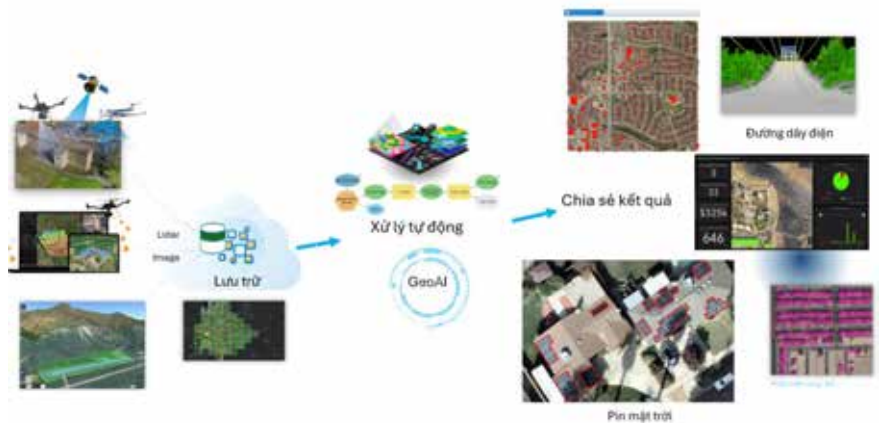
#### 4. Ứng dụng GeoAI trên nền tảng ArcGIS phục vụ công tác khảo sát hiện trạng khu quy hoạch

GeoAI có thể tự động phân loại ảnh viễn thám, phát hiện công trình xây dựng mới, xác định diện tích cây xanh, giao thông, hạ tầng kỹ thuật. UAV kết hợp AI giúp khảo sát nhanh, chính xác và tiết kiệm chi phí.

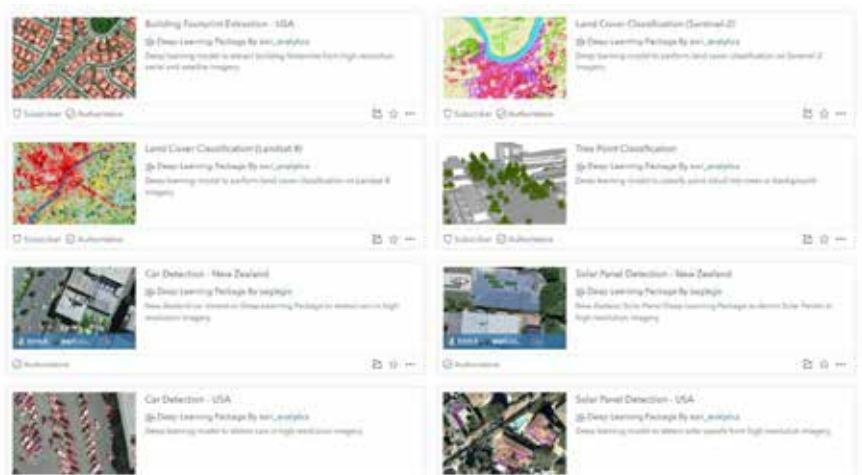
##### 4.1. Mô hình sẵn có

ArcGIS, nền tảng GIS của hãng ESRI, hiện chia sẻ các mô hình GeoAI sẵn có, giúp tự động hóa việc phân tích dữ liệu không gian địa lý mà không cần xây dựng thuật toán phức tạp từ đầu. Các mô hình này hỗ trợ phân loại đối tượng từ ảnh viễn thám, phát hiện thay đổi sử dụng đất, nhận diện công trình xây dựng, đường giao thông và sông ngòi...

- Phân loại đối tượng từ ảnh viễn thám  
Mô hình GeoAI trong ArcGIS, như Deep



Hình 2: Quy trình cơ bản xử lý dữ liệu với GeoAI và chia sẻ kết quả



Hình 3: Một số mô hình Deep Learning của Esri

Learning Package (DLPK), sử dụng mạng nơ-ron tích chập Convolutional Neural Network (CNN) để phân loại các đối tượng trong ảnh viễn thám. Ví dụ, mô hình có thể nhận diện khu vực đặc điểm phổ màu và kết cấu. Nhà quy hoạch tại Việt Nam có thể sử dụng công cụ này để lập bản đồ phân bố cây xanh ở đô thị, phân bố vùng phủ bề mặt..., giúp đưa ra quyết định nhanh chóng mà không cần phát triển mô hình AI riêng.

- Phát hiện thay đổi sử dụng đất  
Mô hình phát hiện thay đổi (Change Detection) trong ArcGIS so sánh ảnh viễn thám theo thời gian để nhận diện sự thay đổi trong sử dụng đất, như chuyển đổi từ đất nông nghiệp sang đất công nghiệp. Kết quả phân tích từ lịch sử đến hiện tại giúp các nhà quy hoạch theo dõi được quá trình biến động sử dụng đất một cách nhanh chóng hơn.

- Nhận diện công trình xây dựng, đường giao thông và sông ngòi  
ArcGIS cung cấp các mô hình nhận diện đối tượng (Object Detection) để phát hiện công trình xây dựng, mạng lưới giao thông hoặc sông ngòi từ ảnh vệ tinh và UAV. Ví dụ, mô hình có thể xác định các công trình xây dựng trái phép khu đất nông nghiệp hoặc đánh giá tình trạng đường sá ở khu vực nông thôn. Điều này hỗ trợ cơ quan quản lý trong việc giám sát hạ tầng và lập kế hoạch phát triển giao thông bền vững.

##### Ưu điểm:

- Tiết kiệm thời gian và chi phí phát triển: Các mô hình GeoAI sẵn có trong ArcGIS, như Deep Learning Package (DLPK) hoặc công cụ Change Detection, được huấn luyện sẵn, giúp nhà quy hoạch triển khai nhanh mà không cần xây dựng thuật toán từ đầu.
- Độ chính xác cao với khu vực phù hợp: Các mô hình GeoAI của ArcGIS được

huấn luyện trên tập dữ liệu lớn, đảm bảo độ chính xác cao khi phân tích ảnh.

**Nhược điểm:**

■ Các mô hình sẵn có thường được huấn luyện trên dữ liệu toàn cầu, có thể không tối ưu cho các đặc điểm địa phương tại Việt Nam, như kiểu kiến trúc nhà ở hoặc địa hình phức tạp. Việc tinh chỉnh mô hình yêu cầu thêm dữ liệu và chuyên môn, làm tăng chi phí và thời gian.

**4.2. Đào tạo mô hình mới**

Trong các trường hợp đặc thù, như phân tích với các đặc điểm tự nhiên ở Việt Nam (nhà ống, khu vực tập trung dân cư cao, các loại màu sắc mái khác nhau), các mô hình GeoAI sẵn có trong ArcGIS có thể không đủ chính xác do thiếu dữ liệu địa phương. Người dùng có thể huấn luyện mô hình GeoAI mới trên nền tảng để đáp ứng nhu cầu này. Quy trình huấn luyện bao gồm các bước cụ thể, giúp tối ưu hóa phân tích dữ liệu không gian địa lý cho bối cảnh Việt Nam.

● Thu thập dữ liệu huấn luyện (ảnh, vector)

Đầu tiên, người dùng cần thu thập dữ liệu ảnh viễn thám chất lượng cao từ vệ tinh, UAV hoặc bản đồ GIS. Ví dụ, để phân tích nhà rường Huế, cần thu thập ảnh vệ tinh hoặc UAV chụp các khu vực.

● Gắn nhãn dữ liệu

Dữ liệu này phải được gắn nhãn (labeling) để xác định các đặc điểm kiến trúc, màu sắc xung quanh, kiểu dáng hình học... Càng lựa chọn được nhiều mẫu đối tượng phong phú thì việc sử dụng mô hình sẽ đạt hiệu quả cao hơn.

● Huấn luyện mô hình bằng deep learning

Dữ liệu đã gắn nhãn được đưa vào để huấn luyện, với các tham số đầu vào, ví dụ dựa trên hình dạng mái và vật liệu xây dựng, với độ chính xác tăng dần qua các vòng huấn luyện. Hiện nay một số hãng công nghệ cung cấp môi trường hỗ trợ huấn luyện mô hình trên nền tảng điện toán đám mây giúp người dùng không phải đầu tư hệ thống phần cứng chuyên biệt để huấn luyện mô hình.

● Đánh giá, kiểm định độ chính xác

Sau khi huấn luyện, mô hình được kiểm tra bằng tập dữ liệu thử nghiệm để đánh giá độ chính xác, để phân tích lỗi. Nếu mô hình chưa đạt hiệu quả (ví dụ: Nhầm lẫn nhà với đường), người dùng có thể bổ sung dữ liệu hoặc điều chỉnh tham số. Quá trình này đảm bảo mô hình phù hợp với đặc điểm tự nhiên Việt Nam.

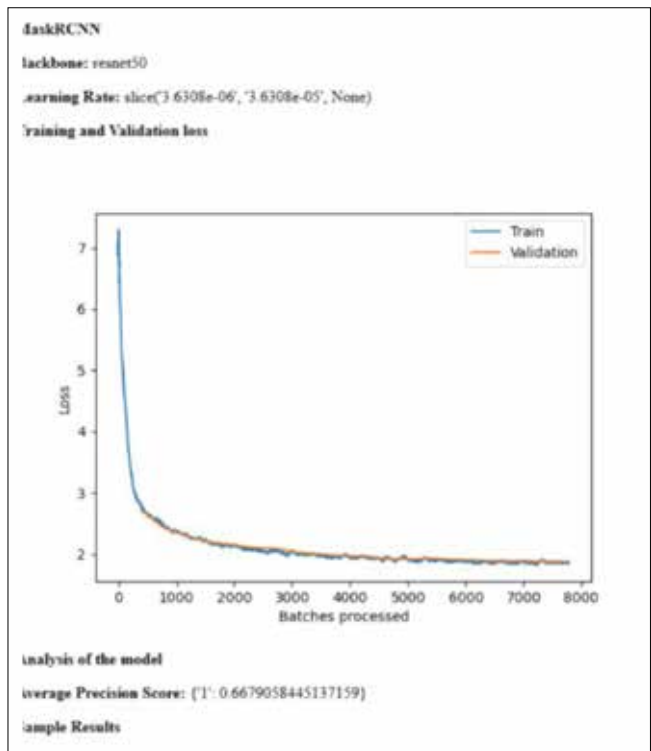
Biểu đồ trên là ví dụ quá trình huấn luyện mô hình Mask R-CNN (backbone ResNet50) trên ArcGIS để nhận diện công trình nhà. Mask R-CNN được dùng trong ArcGIS để nhận diện, phân vùng (segmentation) các đối tượng trên ảnh viễn thám/UAV.

**Kết quả ví dụ này cho thấy:**

■ Mô hình học ổn định (không bị overfit).



Hình 4: Huấn luyện mô hình nhận diện nhà ở Việt Nam



Hình 5: Biểu đồ kết quả huấn luyện mô hình

■ Hiệu quả nhận diện đạt mức khá, phù hợp làm baseline.

■ Mức độ chính xác khoảng 66,8%. Mức này được xem là trung bình khá trong các bài toán Object Detection/Segmentation. Có nghĩa mô hình nhận diện được đối tượng với độ chính xác vừa phải tại khu vực thử nghiệm, nhưng vẫn còn chỗ cần cải thiện.

**5. Triển khai mô hình vào hệ thống ArcGIS để áp dụng trên phạm vi rộng**

Mô hình GeoAI sau khi được huấn luyện sẽ trở thành một công cụ để phân tích các dữ liệu ảnh không gian đã thu nhận từ nhiều nguồn khác nhau như ảnh vệ tinh, ảnh UAV, ảnh chụp từ máy bay. Khi áp dụng vào dữ liệu ảnh mới, mô hình có thể tự động nhận diện và phân loại các đối tượng, từ đó tiết kiệm đáng kể thời gian so với các phương pháp thủ công truyền thống. Các kết quả phân tích được trực quan hóa trên



Hình 6: Kết quả chạy mô hình nhận diện nhà

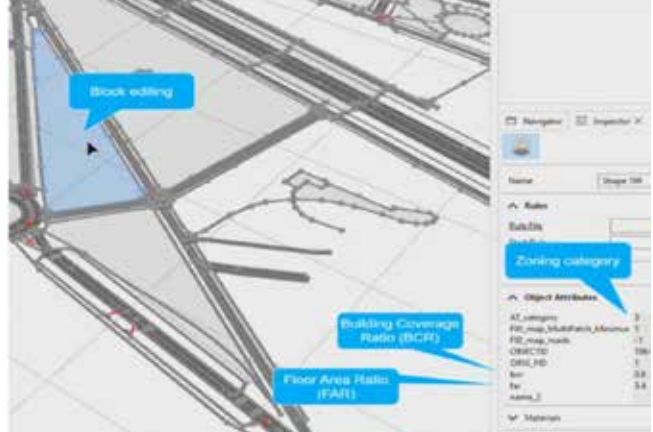
bản đồ, được lưu trữ dưới dạng dữ liệu GIS để dễ dàng phục vụ các nhà quy hoạch trong công tác thống kê, tổng hợp số liệu hoặc các bài toán phân tích không gian tiếp theo.

**5. GeoAI hỗ trợ chuyển từ ý tưởng quy hoạch sang chi tiết**

Quy hoạch đô thị là một lĩnh vực vừa kỹ thuật vừa chính trị, cần cân đối hài hòa việc sử dụng đất, hạ tầng, phân bố dân cư, dịch vụ công cộng và bảo tồn văn hóa - mọi thứ đều phụ thuộc vào cân bằng nhiều yếu tố và cam kết cùng cộng đồng.

Việc chuyển từ bản quy hoạch ý tưởng sang quy hoạch tổng thể chi tiết thường đòi hỏi nhiều vòng lặp nghiên cứu thử và sửa, vì cần đánh giá theo cả tiêu chí định lượng và định tính. Khi quy mô dự án quy hoạch mở rộng, quy trình này ngày càng phức tạp và tốn thời gian, ngay cả với các công cụ mô hình hóa hiện đại.

Hiện nay, các công ty công nghệ không gian địa lý đang hướng tới một trợ lý AI có thể học hỏi quy hoạch từ những thành phố mẫu - nơi nổi bật với quy hoạch xuất sắc và chất lượng sống cao. Trong quá trình huấn luyện, AI sẽ nắm bắt được các đặc trưng phức tạp và phi cấu trúc của các đô thị này. Sau đó, nó có thể hỗ trợ các nhà quy hoạch để dàng áp dụng những thực tiễn tốt nhất vào các dự án mới, từ quy mô khu dân cư nhỏ đến toàn thành phố.



Hình 7: Các ô quy hoạch và các chỉ tiêu được thiết lập để xác định các tòa nhà trong vùng này (Nguồn: Esri.com)

Một nguyên mẫu AI đang được phát triển với quy trình sử dụng như sau:

- 1. Nhập dữ liệu phương án các tuyến đường giao thông
- 2. Định nghĩa vùng (block) với các chỉ số như: Loại vùng, mật độ xây dựng, tỉ lệ sàn xây dựng, kích thước và chiều cao tòa nhà...
- 3. AI tạo mô hình khối đầu tiên dựa trên dữ liệu học từ các thành phố mẫu: Hình dáng, mức độ chi tiết, hướng định vị so với đường và tòa nhà xung quanh
- 4. AI cung cấp các đề xuất, còn các chỉ tiêu do người dùng quy định kiểm soát





Hình 8: Sự trợ giúp của AI tạo ra, tạo ra các mô hình ban đầu dựa trên các con phố và khối nhà do người dùng chỉ định (Nguồn: Esri.com)

Trong quá trình sử dụng, người dùng có thể liên tục cập nhật dữ liệu về giao thông, các chỉ tiêu theo những điều kiện khác nhau, hệ thống sẽ tự động tính toán lại

Sau tạo mô hình, hệ thống tính toán phân bố dân cư, đánh giá chi phí đi lại theo đường phố và đặt các công trình quan trọng (công viên, trường học, trung tâm mua sắm) để tối ưu khả năng tiếp cận và giảm thời gian di chuyển.

Với công cụ hỗ trợ từ trí tuệ nhân tạo như trên sẽ giúp các nhà quy hoạch tiết kiệm rất nhiều thời gian trong việc đề xuất các ý tưởng quy hoạch và triển khai ý tưởng quy hoạch mà vẫn đảm bảo phù hợp với các chỉ tiêu quy hoạch được thiết lập trước đó, các thông tin chỉ tiêu quy hoạch cũng được tính toán tự động theo từng phương án, nhờ đó các nhà quy hoạch có thể theo dõi đánh giá và so sánh các phương án quy hoạch một cách nhanh chóng hơn.

## 6. Những thách thức ứng dụng GeoAI tại Việt Nam

Hạ tầng dữ liệu và công nghệ hạn chế: việc huấn luyện các mô hình GeoAI đòi hỏi nguồn dữ liệu hết sức lớn bao gồm các loại ảnh vệ tinh, ảnh hàng không, ảnh UAV, song song với nguồn dữ liệu còn cần phải có một hệ thống máy chủ mạnh để đào tạo các mô hình.

Thiếu nguồn nhân lực chuyên môn: Các trường đại học và viện nghiên cứu chưa có nhiều chương trình đào tạo chuyên sâu về GeoAI, chưa có môi trường thực hành để sinh viên có thể tiếp cận sớm và nắm bắt được xu hướng phát triển của GeoAI.

Các chính sách và pháp lý: Việc ứng dụng GeoAI trong lĩnh vực quy hoạch cũng gặp những rào cản nhất định về chính sách và pháp lý ví dụ đơn giá định mức để ứng dụng công nghệ GeoAI nói chung và cho lĩnh vực quy hoạch nói riêng hiện cũng chưa được ban hành.

Chi phí đầu tư tương đối cao: Do cuộc chạy đua về công nghệ AI dẫn đến chi phí đầu tư vào hệ thống phần cứng như các máy chủ, chip GPU tăng nhanh chóng, các tổ chức vừa và nhỏ cần sẽ khó khăn trong việc đầu tư một hệ thống hoàn chỉnh.

## 7. Kết luận

GeoAI đang mở ra cơ hội mới cho lĩnh vực quy hoạch xây dựng, với khả năng phân tích dữ liệu không gian khổng lồ và hỗ trợ ra quyết định thông minh. Thế giới đã chứng minh tiềm năng to lớn của công nghệ này trong phát triển đô thị bền vững, còn tại Việt Nam, GeoAI hứa hẹn sẽ trở thành công cụ quan trọng trong tiến trình chuyển đổi số ngành xây dựng. Để hiện thực hóa tiềm năng này, cần sự phối hợp đồng bộ giữa hạ tầng dữ liệu, nguồn nhân lực, khung pháp lý và hợp tác quốc tế.

Việc ứng dụng GeoAI không chỉ giúp nâng cao hiệu quả quy hoạch mà còn góp phần xây dựng các thành phố thông minh, xanh, đáng sống trong tương lai.

Ngày nhận bài: 11/09/2025

Ngày gửi phản biện: 11/09/2025

Ngày duyệt đăng: 15/10/2025

### TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Alastal, A. and Shaqfa, A. (2022) *GeoAI Technologies and Their Application Areas in Urban Planning and Development: Concepts, Opportunities and Challenges in Smart City (Kuwait, Study Case)*. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 10, 110-126
- [2] Lipika Gimmiler and Nicholas Giner (2021) *Paving the Road Ahead with ArcGIS and AI*. *ArcGIS Blog* 2021.
- [3] Tonnarelli, F., & Mora, L. (2025). *Responsible AI for Cities: A Case Study of GeoAI in African Informal Settlements*. *Journal of Urban Technology*, 32(3), 111-137
- [4] Esri. (2020). *GeoAI: The integration of AI and GIS*. Redlands, CA: Esri Press.
- [5] Nguyen, Loi & Nguyen, Liem. (2023). *Ứng dụng trí tuệ nhân tạo địa lý (GeoAI) trong nghiên cứu tài nguyên và môi trường*. *Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc* 2023.
- [6] TS.KTS. Trịnh Hồng Việt - ThS.KTS. Phạm Hoàng Phương. (2024). *Ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong chuyển đổi số lĩnh vực kiến trúc, quy hoạch đô thị*. *Tạp chí điện tử của Bộ Xây dựng*.