



HỘI THIẢO KHOA HỌC NÂNG CAO HIỆU QUẢ TRONG CÔNG TÁC THĂM ĐỒ ĐỊA CHẤT Ở VÙNG MỎ QUẢNG NINH

Quảng Ninh, ngày 19 tháng 12 năm 2025





HỘI THẢO NÂNG CAO HIỆU QUẢ TRONG CÔNG TÁC

THĂM DÒ ĐỊA CHẤT Ở VÙNG MỎ QUẢNG NINH

Ứng dụng Viễn thám, GIS, và AI trong Quản lý, Thăm dò và Khai thác Khoáng sản

TS. Bùi Thanh Tịnh

TS. Tô Xuân Bản

ĐH Mỏ Địa chất

Phone: 097.139.9669

Email: buitinhhumg@gmail.com

Hà Nội, 2025



Tổng quan về Viễn thám, GIS và AI

Viễn thám (Remote sensing)

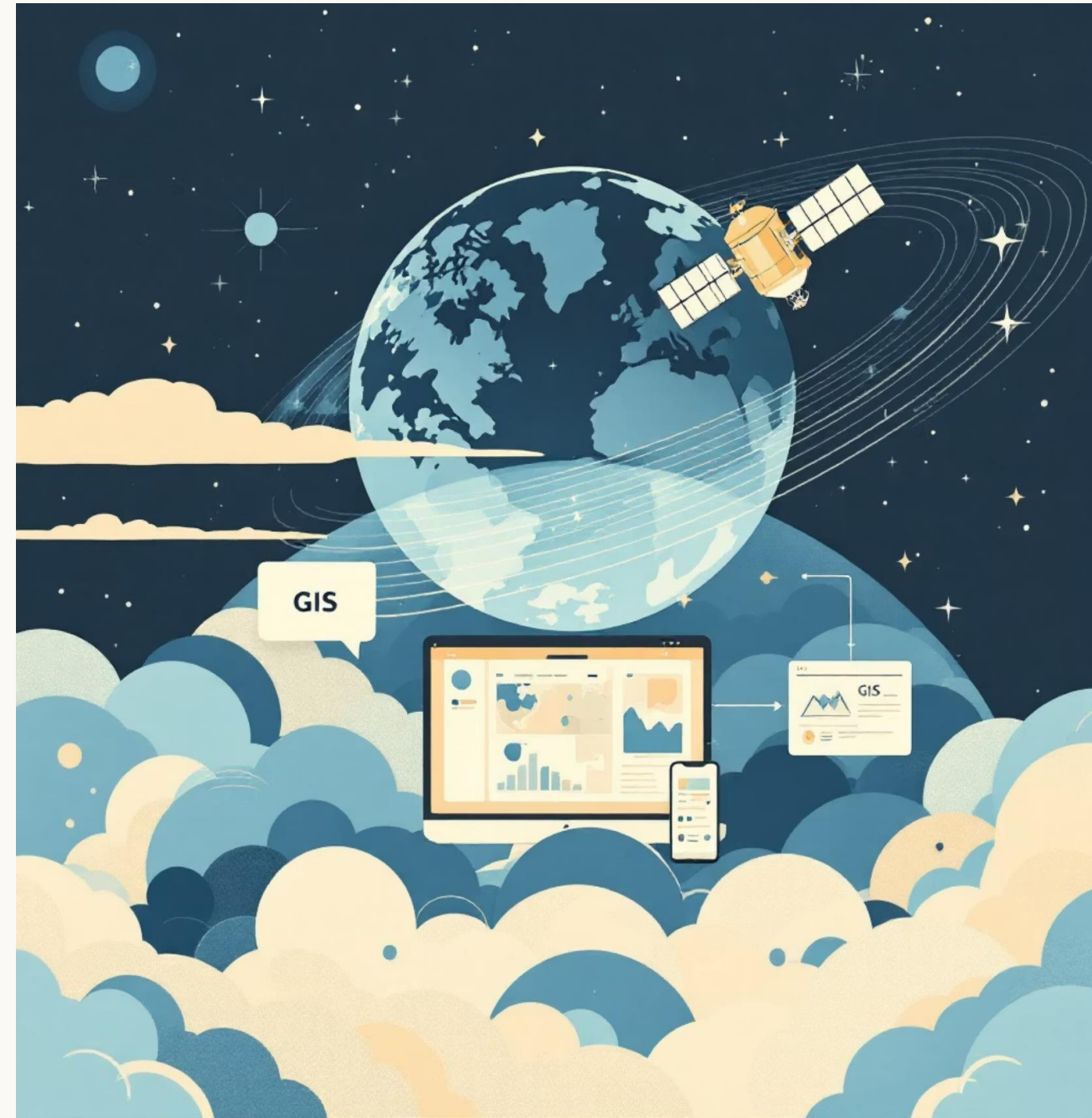
Viễn thám là các công nghệ cảm biến dựa trên vệ tinh hoặc máy bay để phát hiện và phân loại các vật thể trên Trái Đất. Nó bao gồm bề mặt Trái Đất, bầu khí quyển và đại dương, dựa trên việc truyền tính hiệu (ví dụ như bức xạ điện từ). Nó có thể được chia thành viễn thám "chủ động" (khi tín hiệu được phát ra từ vệ tinh hoặc máy bay tới vật thể và sự phản xạ của nó được cảm biến phát hiện) và viễn thám "thụ động" (dựa vào năng lượng tự nhiên như mặt trời) [Schowengerdt, 2007; Schott, 2007; Liu, 2009; Guo, 2013].

Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS)

Hệ thống Thông tin Địa lý (GIS) là một hệ thống máy tính phân tích và hiển thị thông tin được tham chiếu theo địa lý. Hệ thống này sử dụng dữ liệu được gắn với một vị trí duy nhất [USGS, 2025].

Trí tuệ nhân tạo (AI)

Trí tuệ nhân tạo là khả năng của các hệ thống máy tính thực hiện các nhiệm vụ liên quan đến trí thông minh của con người, như học tập, suy luận, giải quyết vấn đề, nhận thức và đưa ra quyết định [Russell & Norvig, 2021].



Vai trò của Viễn thám, GIS và AI trong ngành khoáng sản

1

Hệ thống trạm quan trắc môi trường & IoT

Giám sát môi trường công nghiệp và đô thị theo thời gian thực, đặc biệt khí thải & khí nhà kính, nhằm giúp doanh nghiệp kiểm soát tốt hơn tác động môi trường, tránh vi phạm pháp luật, tối ưu vận hành, hướng đến phát triển bền vững.

2

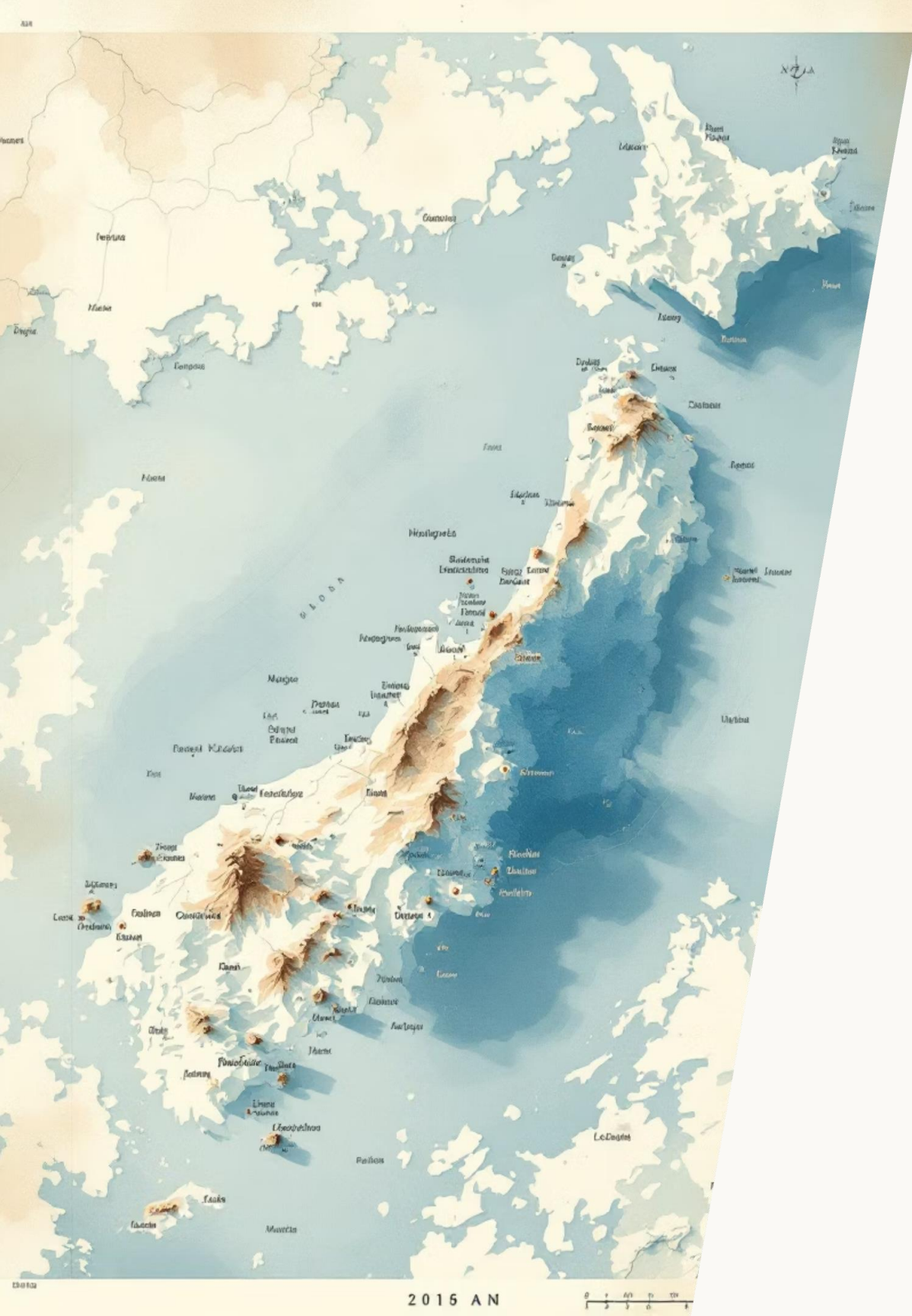
Trợ lý AI cho lĩnh vực địa chất (cho đào tạo hoặc sản xuất)

Cá nhân hóa hoạt động đào tạo và cố vấn cho kỹ sư và công nhân dựa trên mô-đun AI chuyên sâu.

3

Nền tảng AI địa chất công nghiệp

Kết nối dữ liệu địa chất từ nhiều nguồn, tiêu chuẩn khác nhau trong doanh nghiệp, tổ chức. Tích hợp và chuẩn hóa dữ liệu địa chất từ nhiều định dạng. “Xưởng AI” (AI factory) để xây dựng các ứng dụng địa chất chuyên biệt. Mô phỏng địa chất nâng cao và xây dựng mô hình 3D chính xác hơn. Tạo một hệ sinh thái dữ liệu tổng thể, giải quyết vấn đề phân mảnh thông tin.



Thách Thức Trong Ứng Dụng Viễn Thám, GIS và AI

1

Chất lượng & Khả dụng dữ liệu

Độ phân giải hạn chế của ảnh vệ tinh, ảnh hưởng từ điều kiện thời tiết (mây, sương mù) và thảm thực vật, sự thiếu hụt dữ liệu mặt đất chính xác để hiệu chỉnh và xác thực thông tin.

2

Chi phí & Chuyên môn

Đầu tư ban đầu lớn vào phần mềm, phần cứng chuyên dụng và yêu cầu đội ngũ nhân lực có kiến thức sâu rộng về viễn thám, GIS, AI và địa chất để vận hành, phân tích dữ liệu hiệu quả.

3

Độ phức tạp địa chất

Giải thích các cấu trúc địa chất phức tạp chỉ dựa vào dữ liệu viễn thám vẫn còn nhiều thách thức. AI cần lượng lớn dữ liệu đào tạo đặc thù cho các kịch bản địa chất.

4

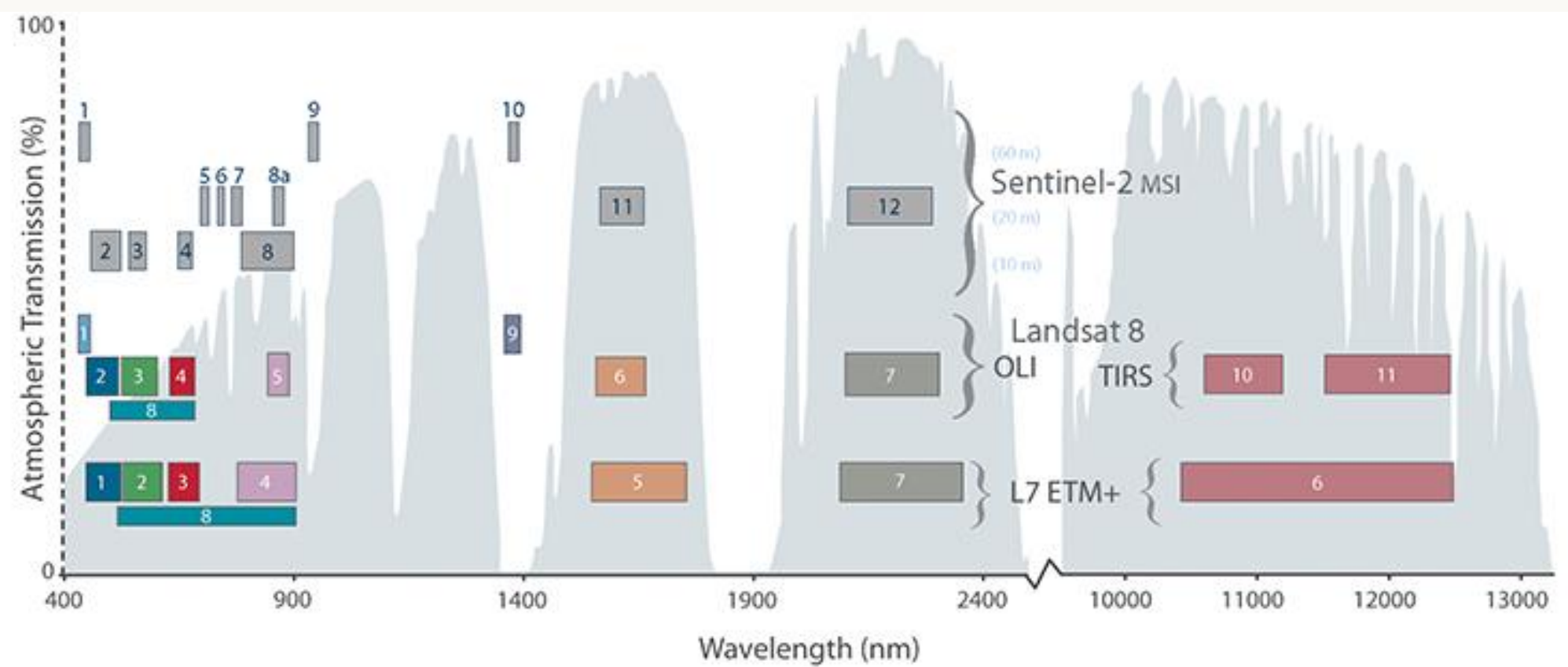
Tích hợp & Tiêu chuẩn hóa

Khó khăn trong việc tích hợp và đồng bộ hóa dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau (vệ tinh, UAV, khảo sát địa vật lý, khoan), thiếu các tiêu chuẩn chung về định dạng và phân tích dữ liệu.

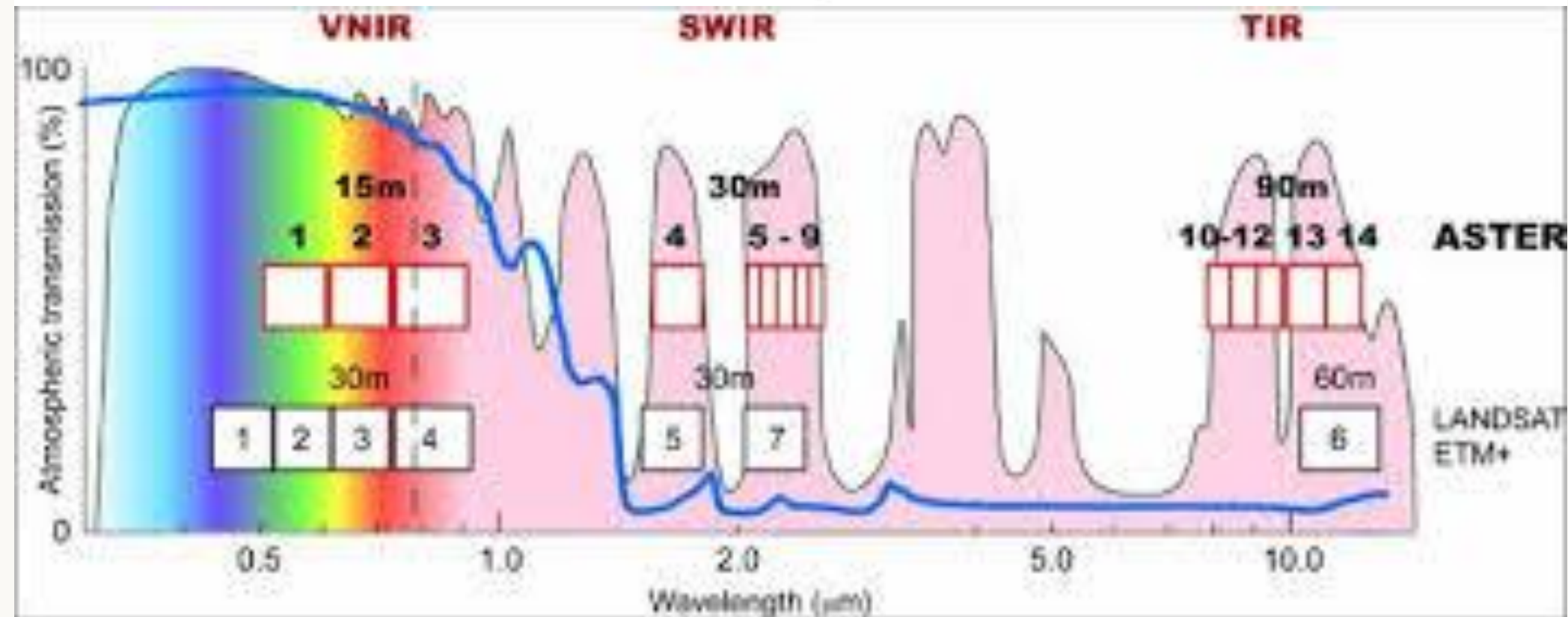


Dữ liệu Viễn Thám

Bảng tần Landsat 7, 8 và Sentinel-2

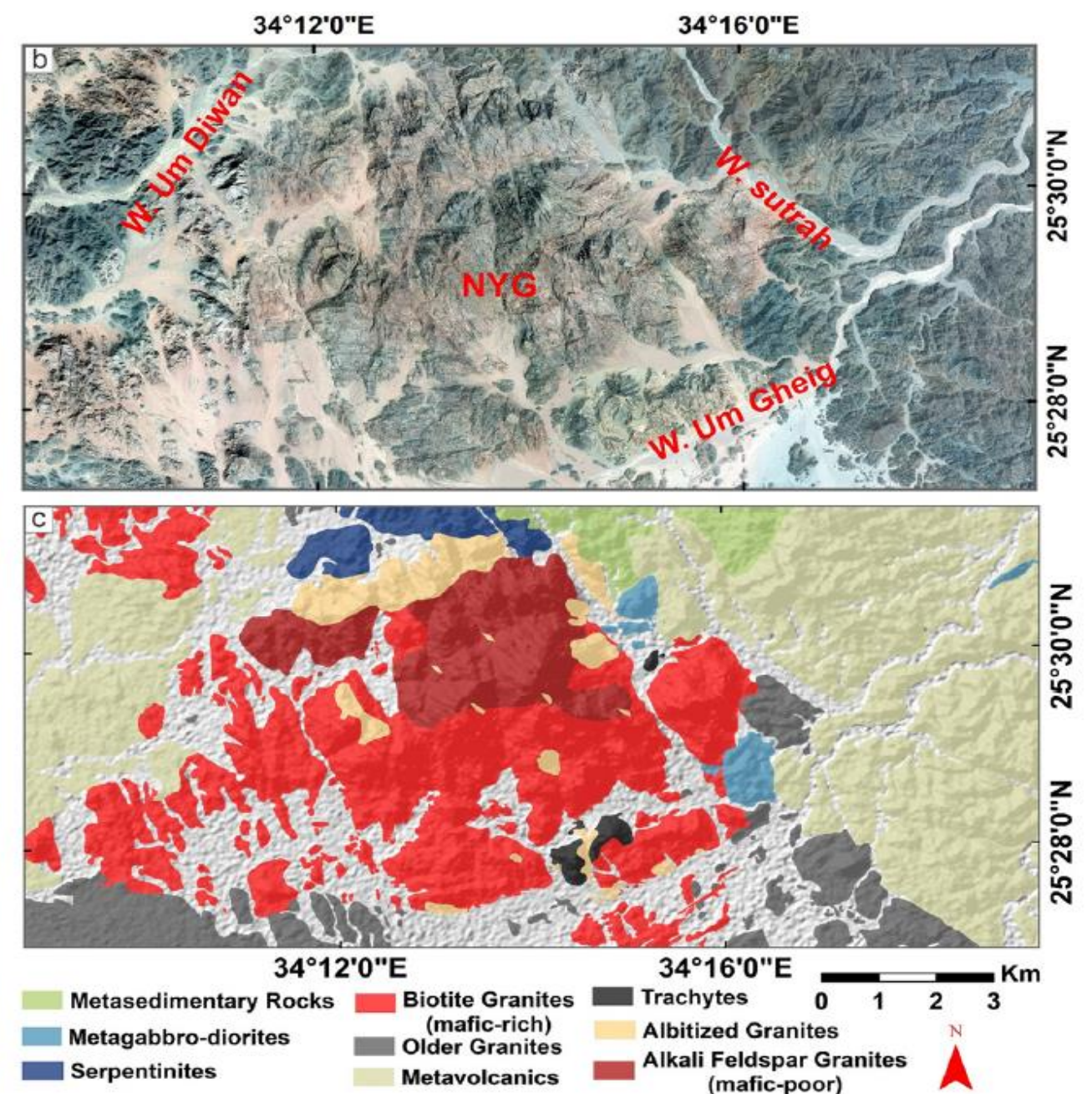
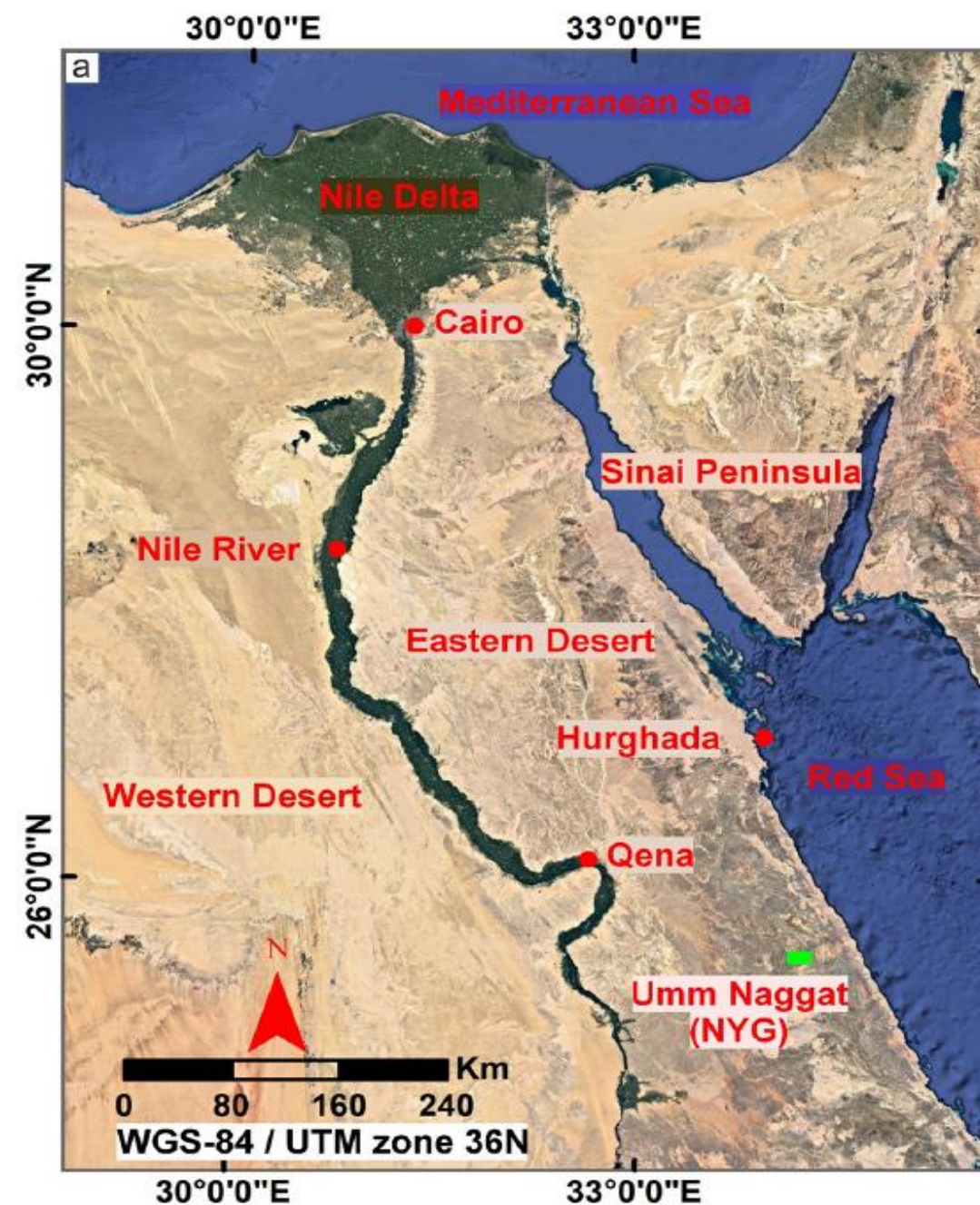


Bảng tần ASTER và Landsat



Ứng dụng Viễn Thám, GIS

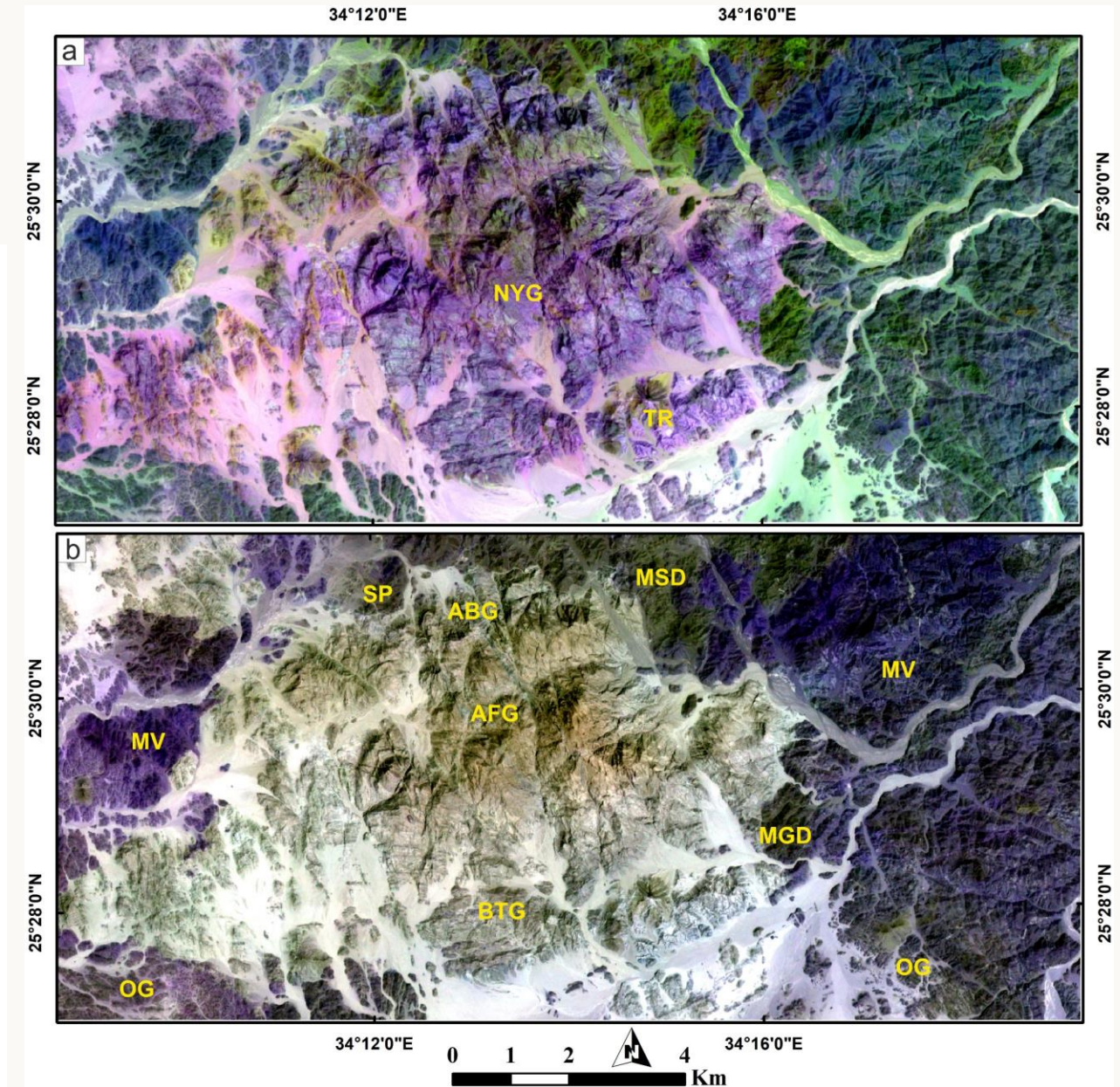
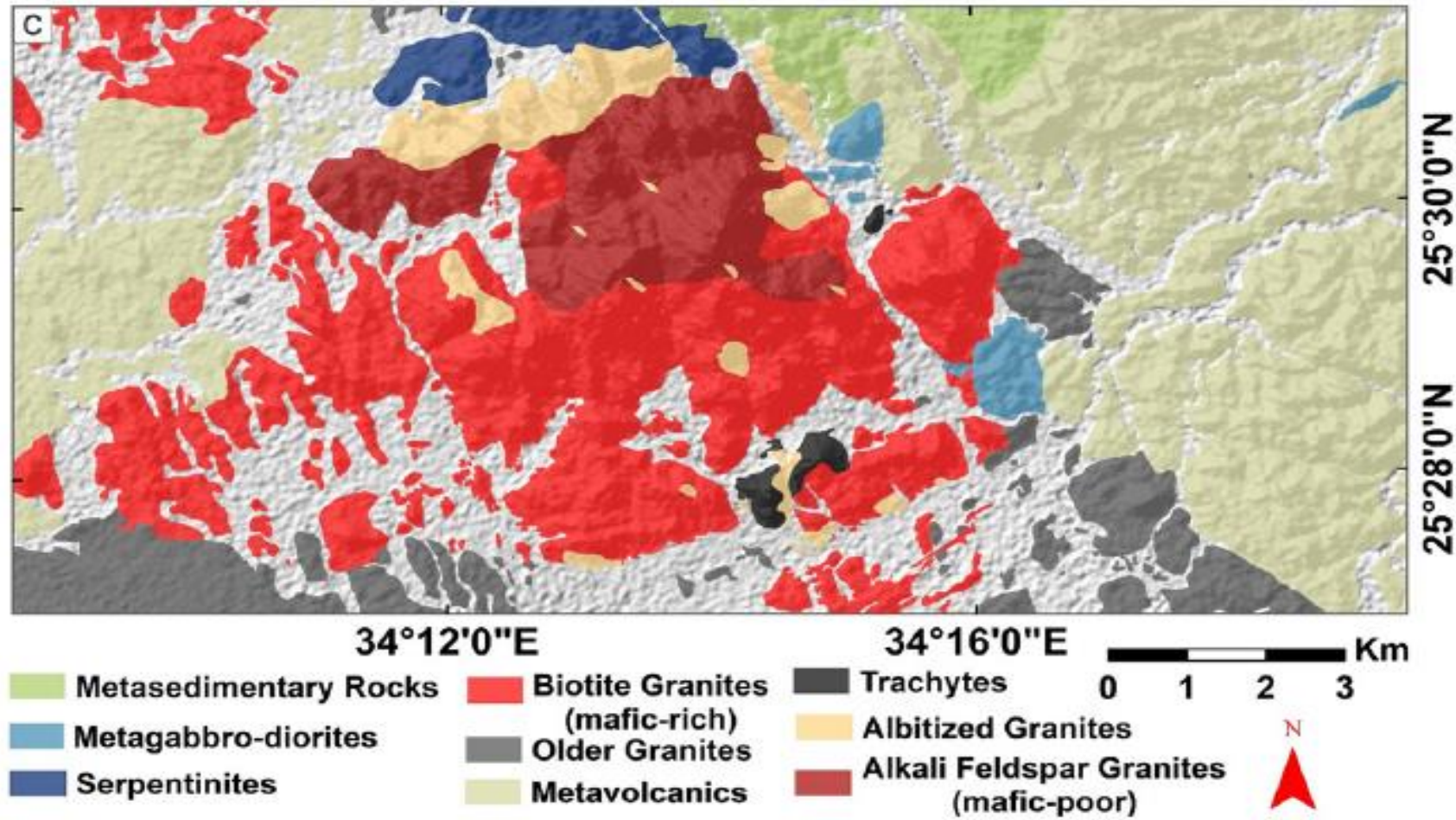
Xây dựng
bản đồ đối
đá biến đổi



(a) Bản đồ Ai Cập đơn giản hóa cho thấy các đơn vị địa mạo chính và vị trí của khu vực nghiên cứu, (b) Ảnh vệ tinh Google cho thấy địa hình chính và các khe suối của khu vực nghiên cứu với khối đá granit trẻ Umm Naggat (NYG) ở trung tâm, và (c) bản đồ địa chất của các đơn vị đá lộ thiên trong khu vực Umm Naggat (Mohamed Aly và cộng sự, 2024).

Ứng dụng Viễn Thám, GIS

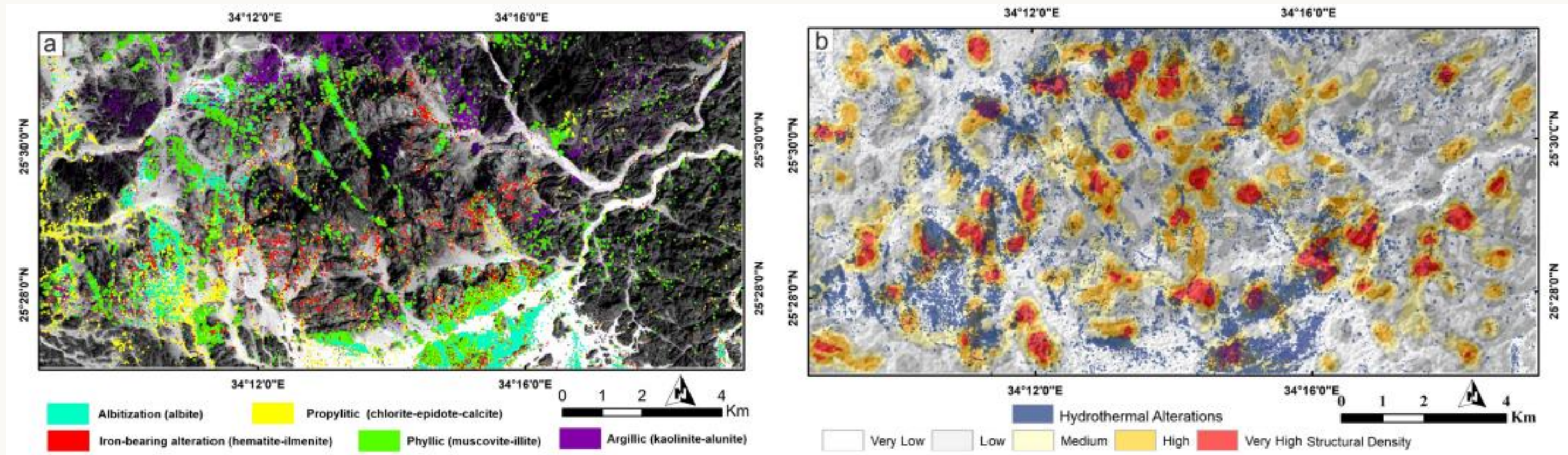
Xây dựng bản đồ thạch học



Bản đồ địa chất và bản đồ đặc điểm thạch học xây dựng bằng phương pháp False color composites (FCC) từ ảnh vệ tinh (a) sentinel-2 RGB b6-b2-b12 và (b) ASTER RGB b9-b8-b5. TR = trachytes, BTG = mafic-rich biotite granites, AFG = mafic-poor alkali feldspar granites, ABG = albitized granites, OG = older granites, MV = metavolcanics, MGD = metagabbro-diorites, MSD = metasedimentary rocks, and SP = serpentinites (Mohamed Aly và cộng sự, 2024)..

Ứng dụng Viễn Thám, GIS

Xây dựng bản đồ đới biến đá biến đổi



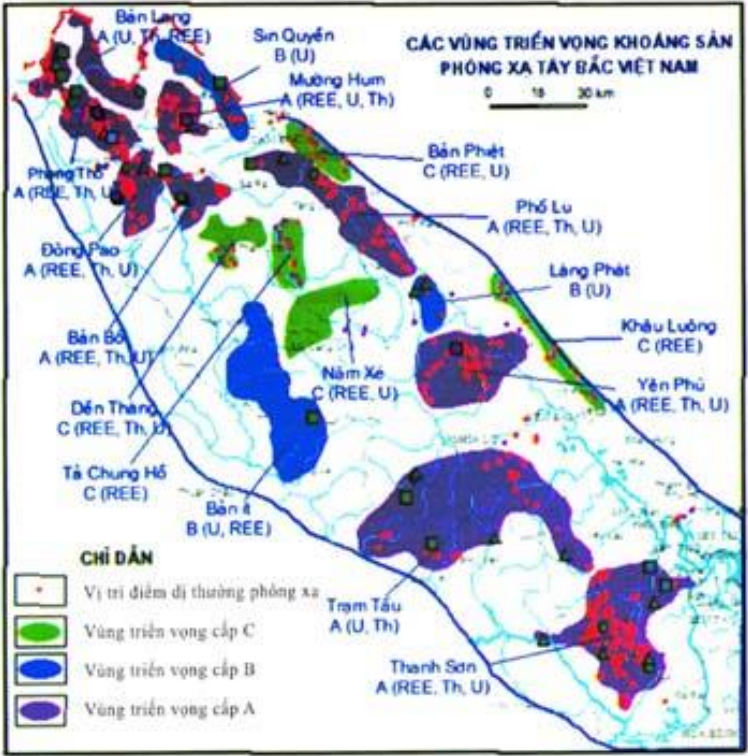
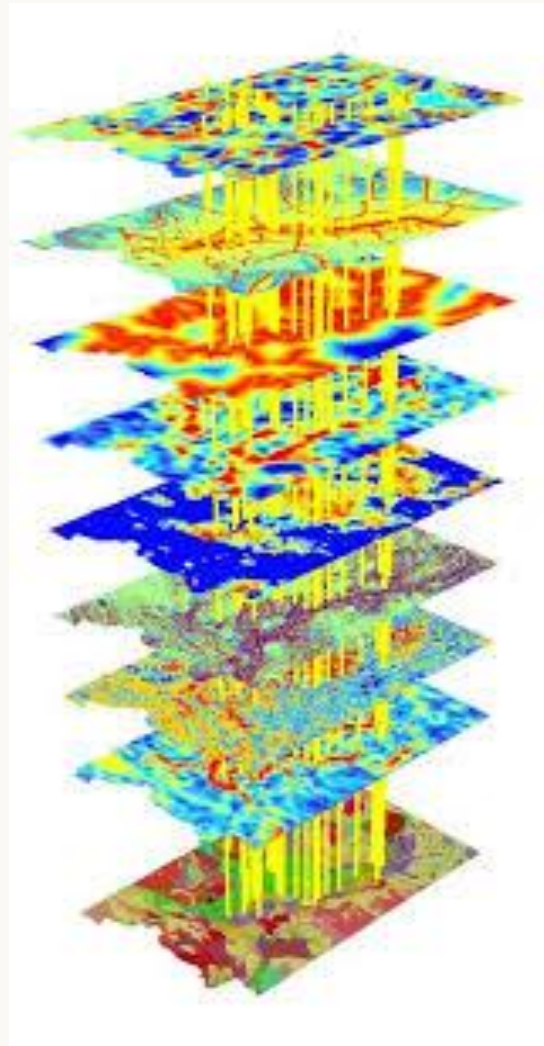
a) Bản đồ tích hợp các khoáng vật biến đổi lên ảnh ASTER. b) Sản phẩm cuối cùng bản đồ biến đổi nhiệt dịch và phân chia cấu trúc vùng Umm Naggat (Mohamed Aly và cộng sự, 2024) (Mohamed Aly và cộng sự, 2024).

Ứng dụng GIS, AI

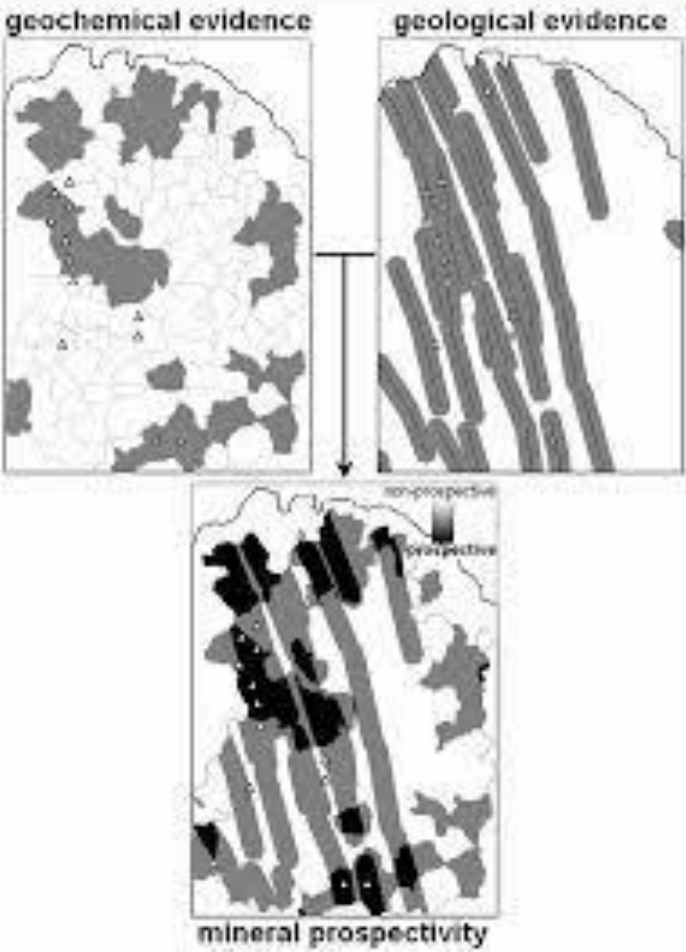
Bản đồ triển vọng khoáng sản (MPM)

Mô hình truyền thống

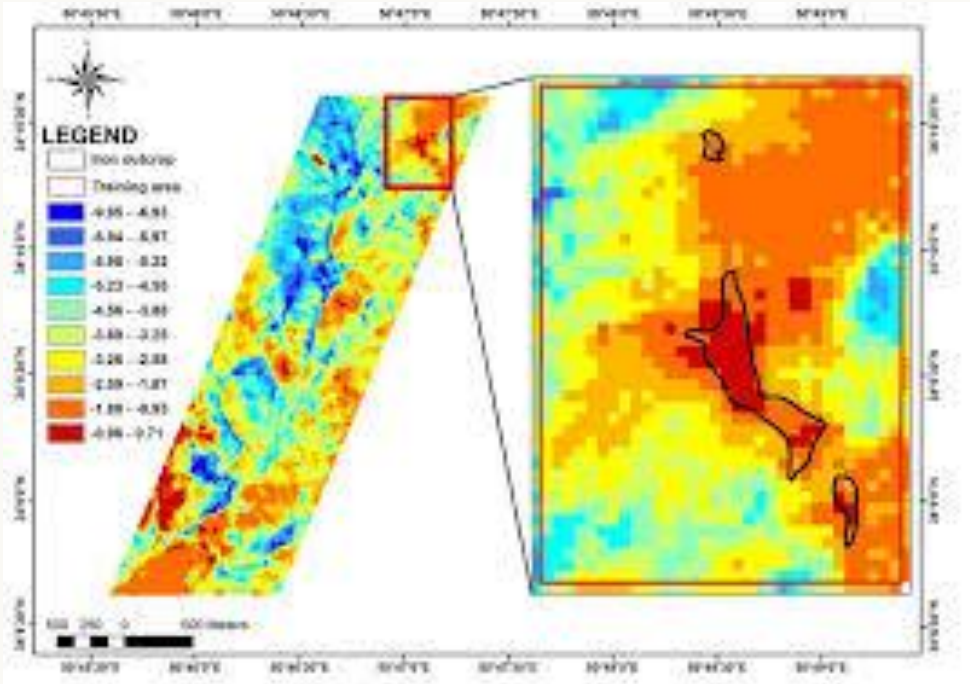
Viễn thám



Source: Vietnam department of geology and minerals



Carranza (2009)



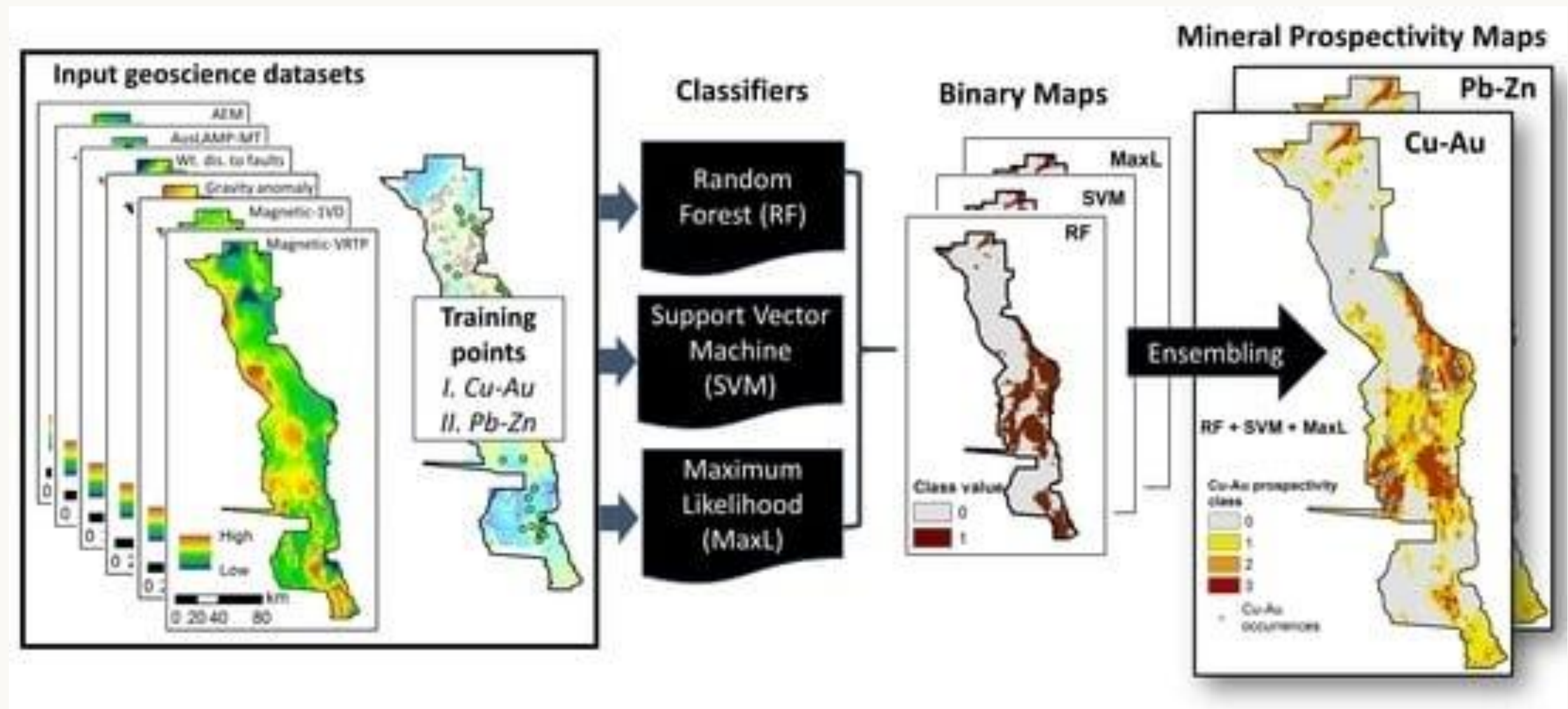
Edris Mansouri (2017)

Source: Geological Survey of Finland GTK

Ứng dụng GIS, AI

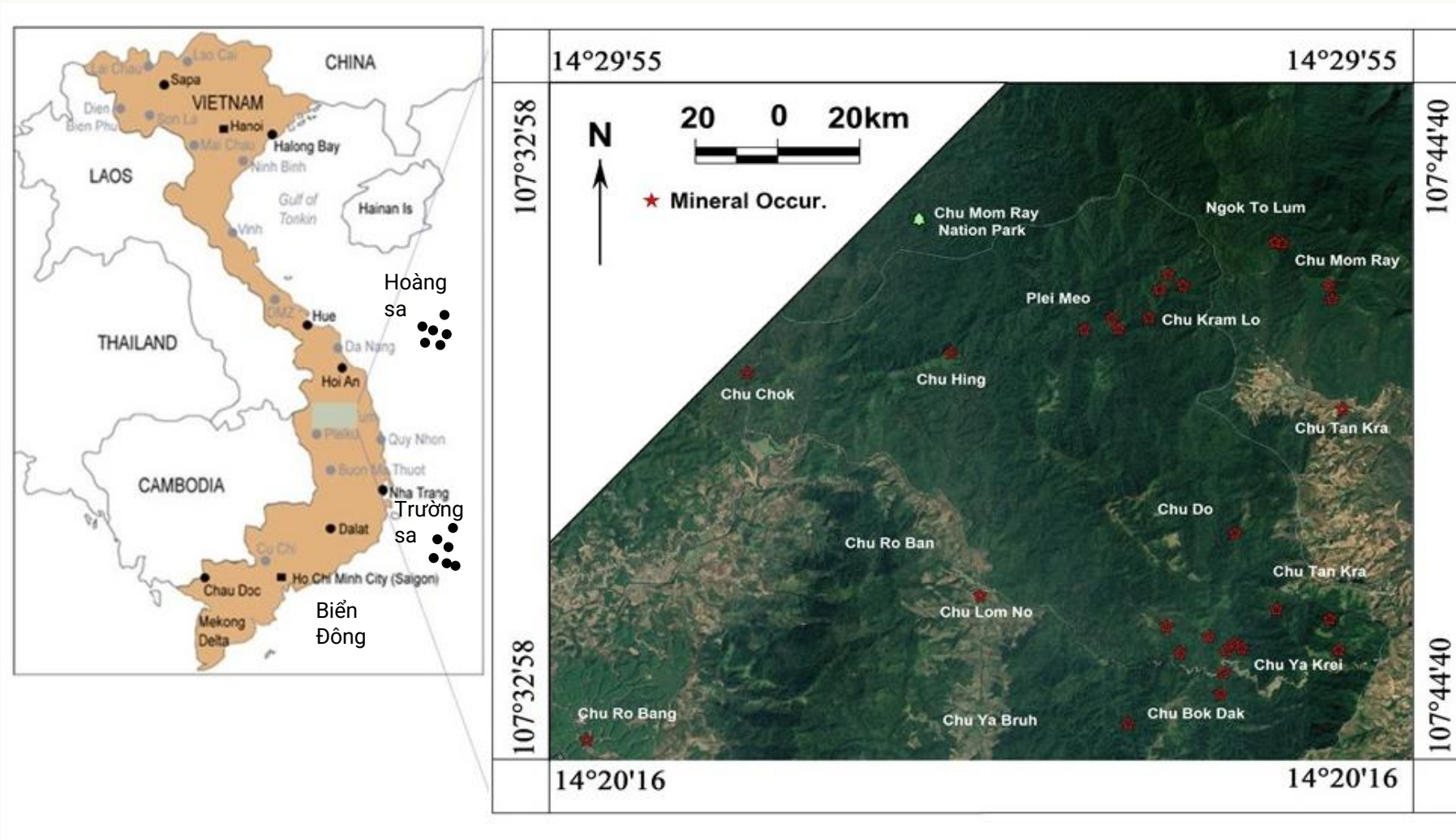
Bản đồ triển vọng khoáng sản (MPM) – Phương pháp thành lập

Data-Driven model



Ví dụ nghiên cứu

Vùng Plei Meo area ở cao nguyên miền trung Việt Nam



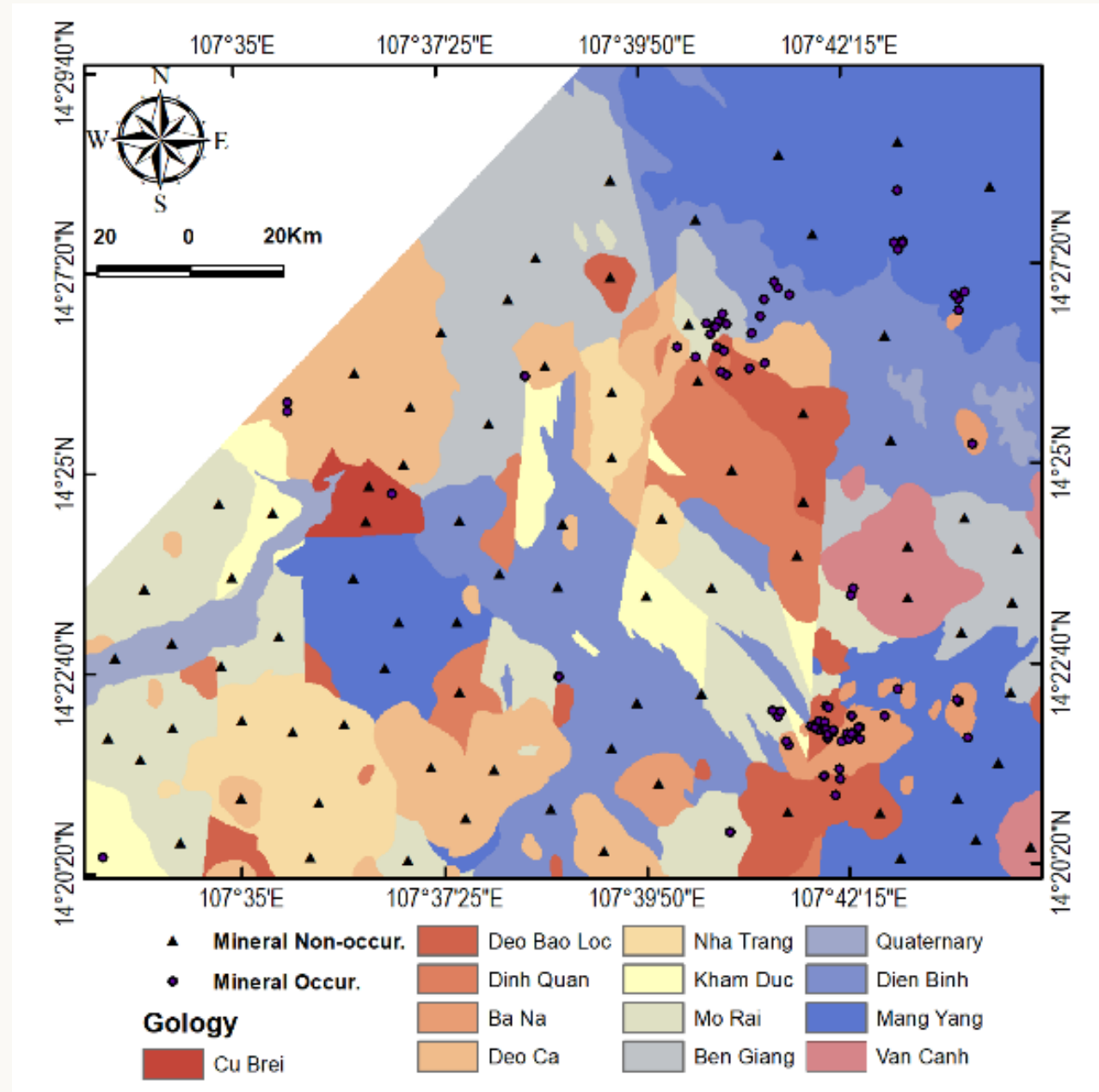
Vùng nghiên cứu có diện tích 378,5 km².

Địa hình đặc trưng bởi địa hình núi cao và độ phân cắt đáng kể, với sự chênh lệch độ cao lớn (300 ÷ 1700 m).

Khu vực nghiên cứu từng được báo cáo có mười mạch quặng với trữ lượng đã được chứng minh khoảng 5.600 tấn. Ngoài ra, nhiều phát hiện đã báo cáo sự xuất hiện và khoáng hóa của Bi, Mo và Sn trong khu vực này; những kim loại này thường liên quan đến khoáng hóa quặng vonfram) [Nguyễn Cảnh Biên (2006), Nguyễn Chí Vũ (2009)].

Ví dụ nghiên cứu

Dữ liệu – Thông tin địa chất



Nguyen Quang Loc (1998)

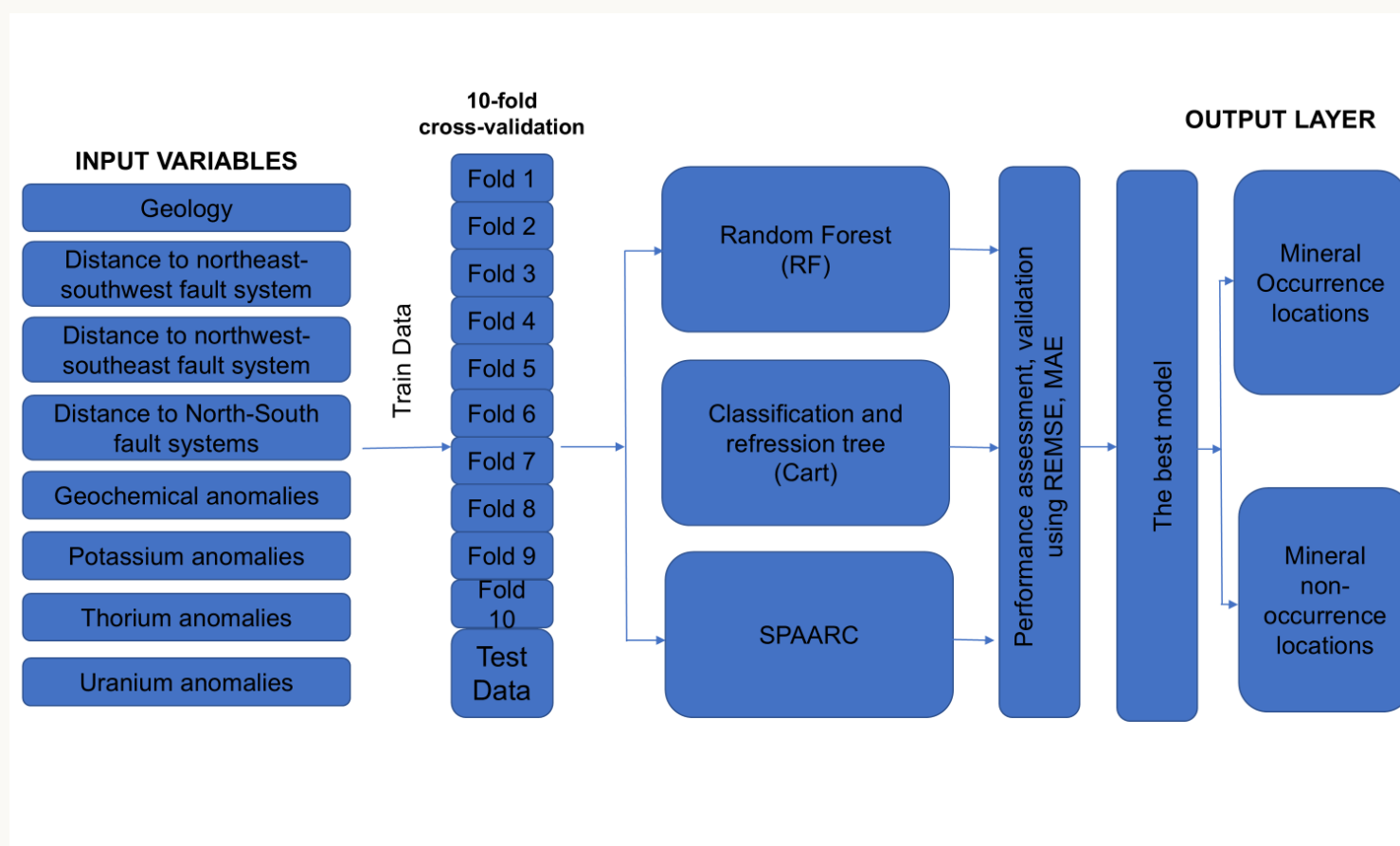
Có năm hệ tầng địa chất và bảy phức hệ địa chất, với đá xâm nhập magma chiếm phần lớn diện tích, chiếm gần 60%, khoảng 210 km².

Các hệ tầng trầm tích đa dạng và phân bố theo tuổi từ Proterozoi đến Kainozoi. Các phức hệ magma xâm nhập có tuổi từ Paleozoi đến Kainozoi. [Nguồn Cảnh Biên (2006), Nguyễn Chí Vũ (2009)].

Quặng vonfram được cho là có liên quan chặt chẽ với đá magma xâm nhập của phức hệ xâm nhập Bà Nà và các hoạt động phá hủy kiến tạo do các đứt gãy ĐB-TN và B-N gây ra. Các nghiên cứu trước đây đã xác định rằng khoáng hóa quặng wolframit-thạch anh được hình thành trong điều kiện nhiệt độ trung bình (195÷326°C), tập hợp khoáng hóa bao gồm wolframit, cassiterit, pyrit, chalcopyrit, bismuthinit, bismutit, topaz, hematit, ilmenit và fluorit.

Ví dụ nghiên cứu

Sơ đồ phương pháp xây dựng mô hình AI MPM trong nghiên cứu



164 vị trí xuất hiện khoáng sản và không xuất hiện khoáng sản được chọn làm biến mục tiêu, được sử dụng để tạo ra một tập dữ liệu [Nguyễn Cảnh Biên (2006), Nguyễn Chí Vũ (2009)].

Rừng Ngẫu Nhiên là một tập hợp các cây quyết định.

Cart là một kỹ thuật học máy có giám sát, là mô hình một cây quyết định phổ biến được áp dụng để dự đoán hiệu quả các biến mục tiêu định tính.

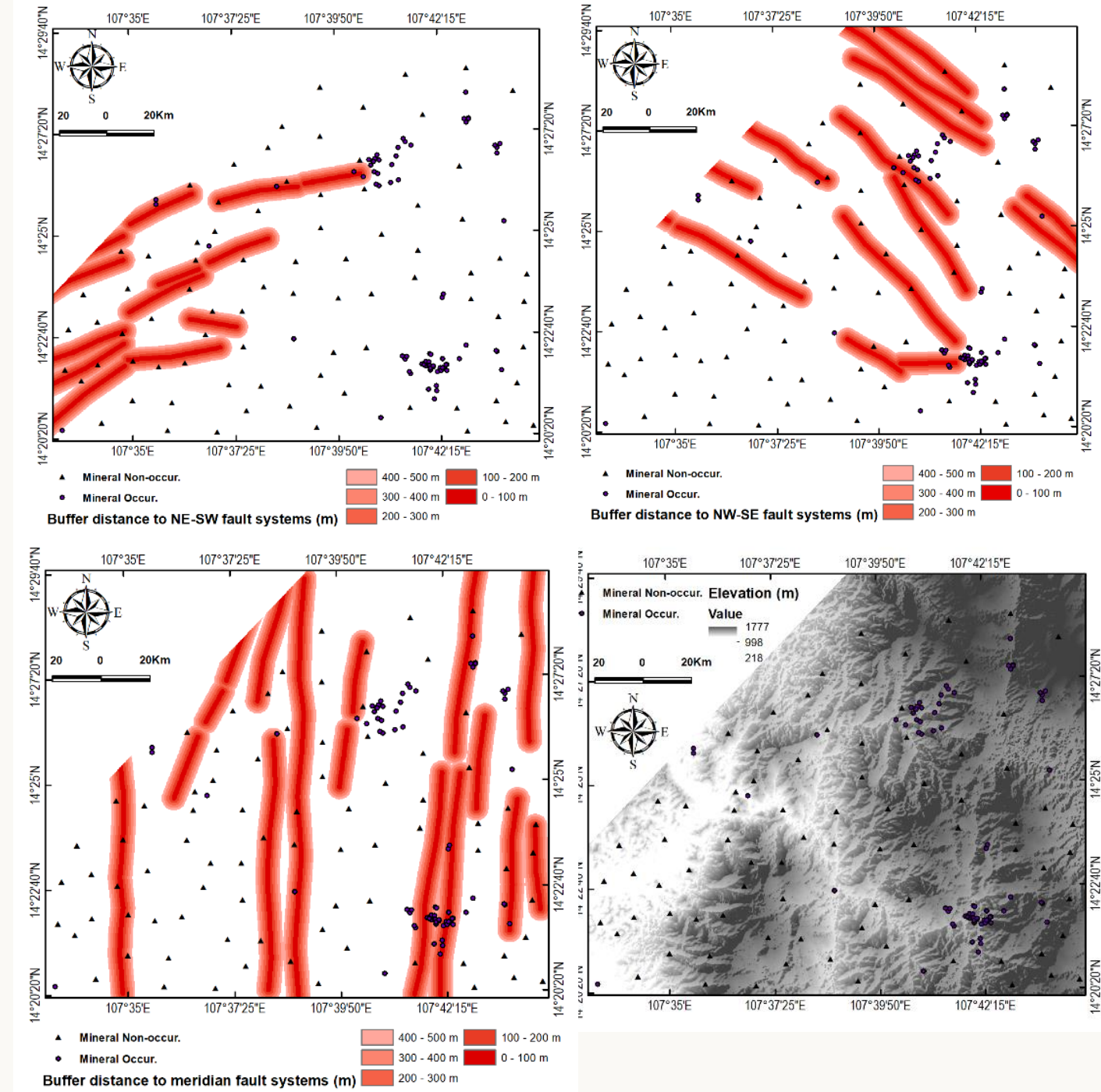
SPARC là một mô hình cây quyết định giúp tăng tốc quá trình tạo cây quyết định.

Ví dụ nghiên cứu

Dữ liệu – Hệ thống đứt gãy – Bản đồ DEM

Dọc theo các đứt gãy, các đới dập vỡ, greisenization và quartzization chứa khoáng hóa vonfram và khoáng vật lưu huỳnh đã được quan sát thấy [Nguồn Cảnh Biên (2006), Nguyễn Chí Vũ (2009)].

Để xác định vùng ảnh hưởng tối ưu cho việc thăm dò khoáng sản dọc theo các đứt gãy, các vùng đệm đã được đưa vào mô hình ở khoảng cách từ 100m đến 500m dọc theo các đường đứt gãy của mỗi hệ thống, đóng vai trò là bằng chứng thể hiện các biện pháp kiểm soát cấu trúc đối với quá trình khoáng hóa.

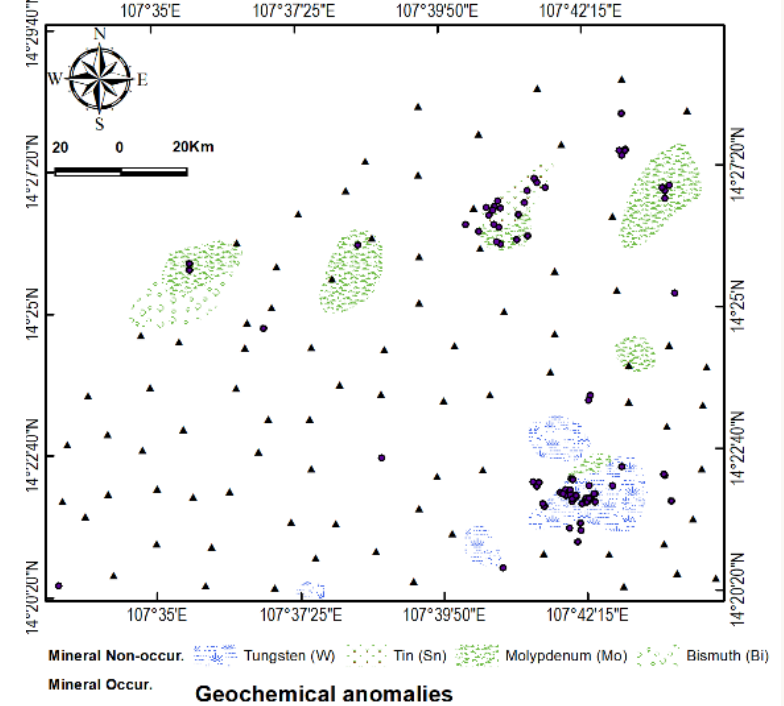
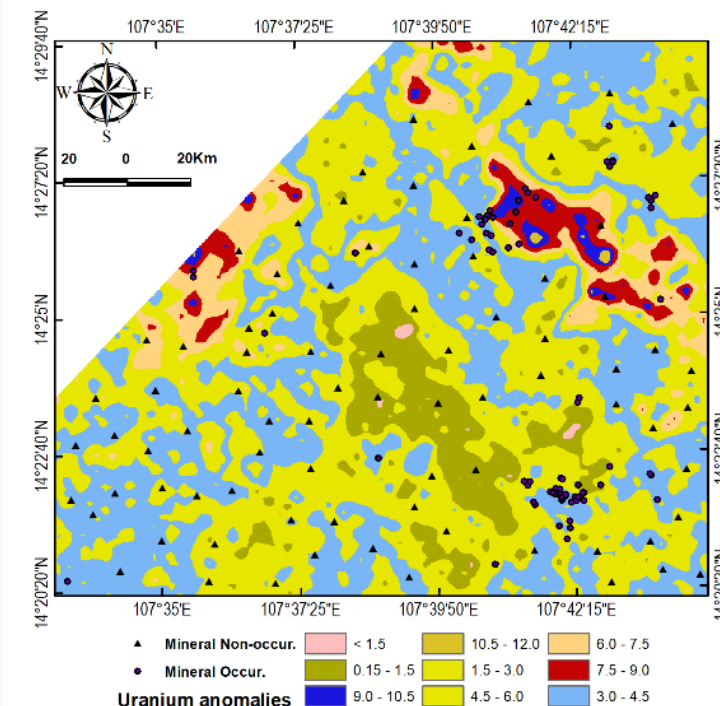
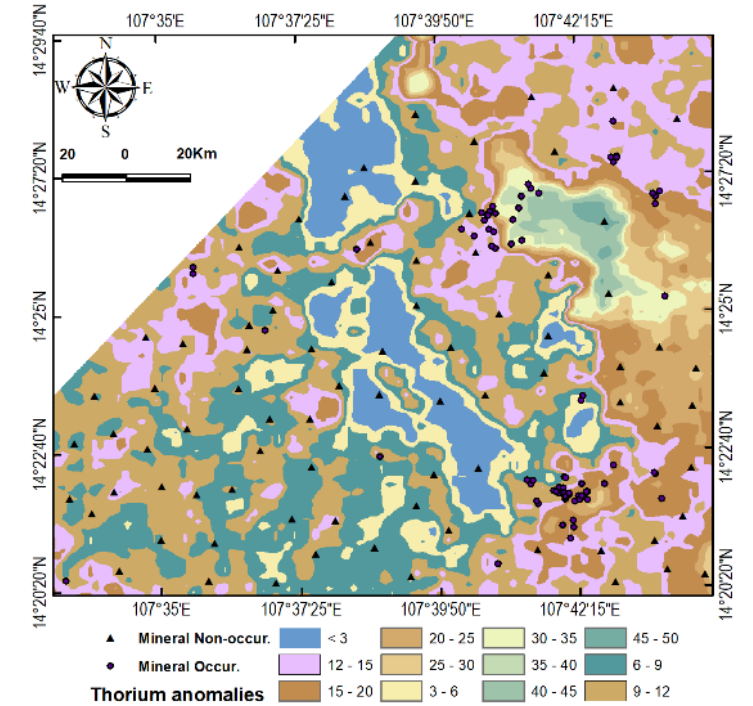
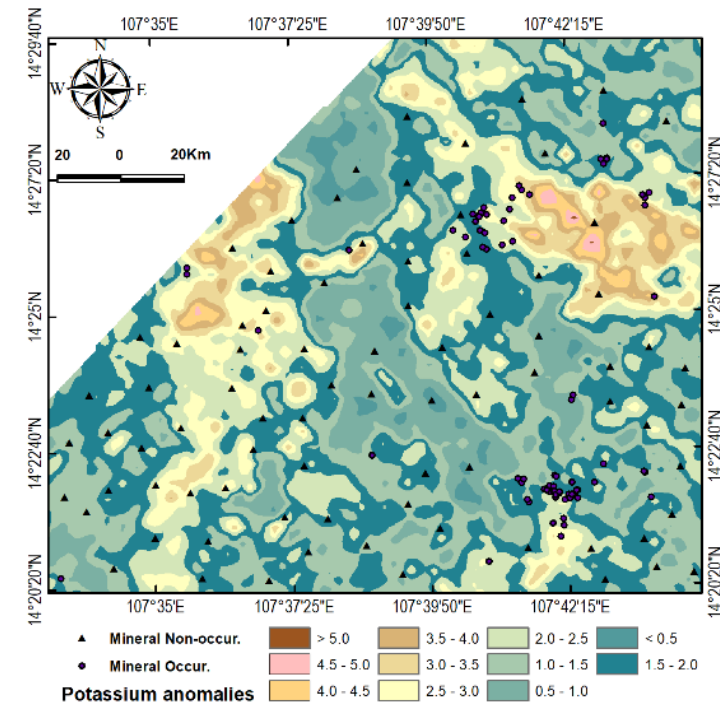


Ví dụ nghiên cứu

Dữ liệu – Địa vật lý – Địa Hóa

Các vành phân tán thiếc, molybden và bismuth phát triển mạnh và tập trung chủ yếu trên đá granit xâm nhập của phức hệ Bà Nà, tạo thành nhiều đới có chiều rộng 20÷200 m, trải dài 100÷1000 m theo hướng Bắc-Nam.

Các dị thường địa vật lý có khả năng liên hệ thông tin về các đối tượng địa chất dưới bề mặt. Chúng đã được sử dụng để nhận biết sự xuất hiện của đá xâm nhập ở độ sâu liên quan đến khoáng hóa.

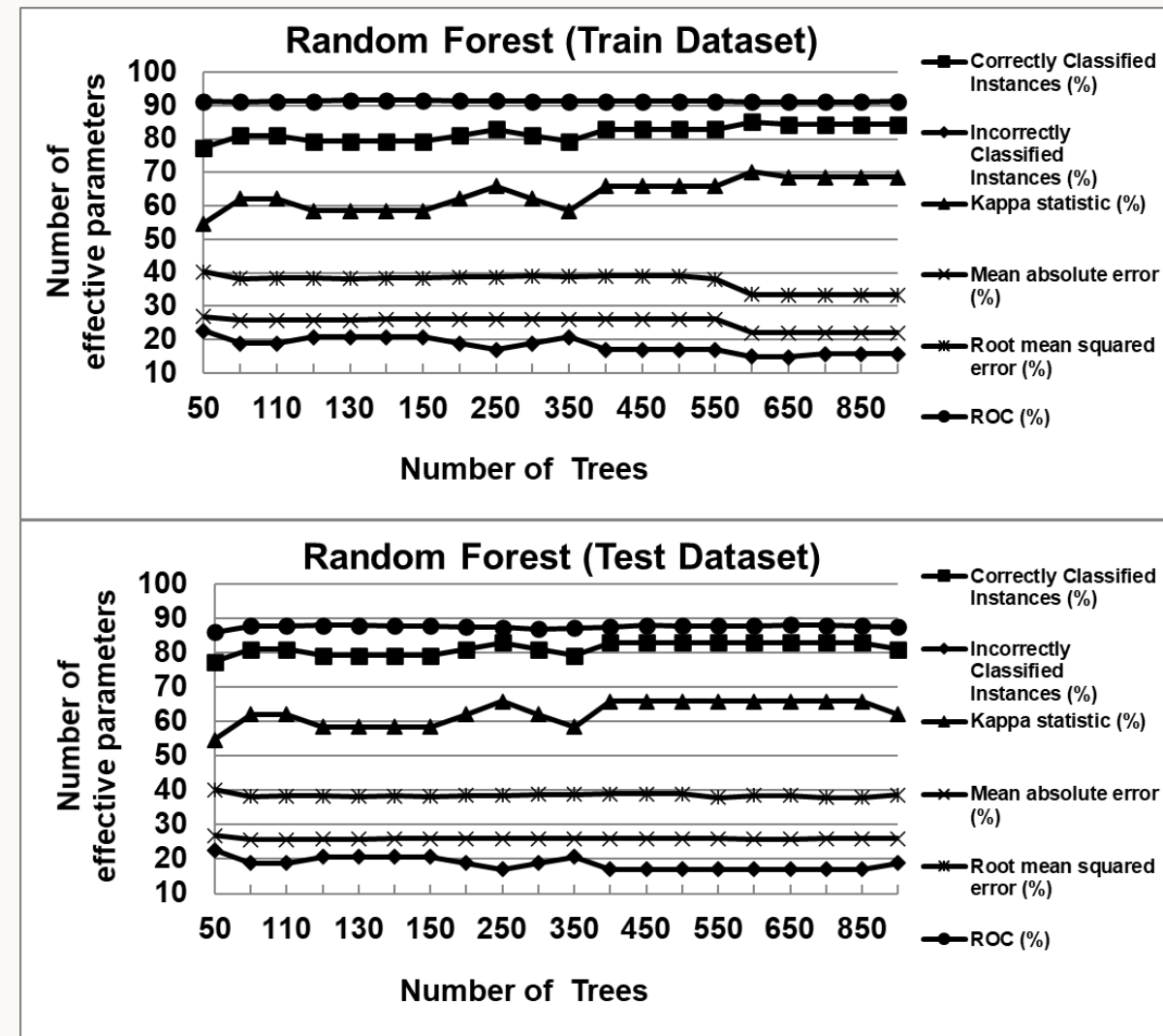


Ví dụ nghiên cứu

Khảo sát hiệu suất của mô hình rừng ngẫu nhiên trên tập dữ liệu huấn luyện và thử nghiệm

Giá trị RMSE và MAE bắt đầu giảm ở 600 cây, lần lượt là 0,33 và 0,22.

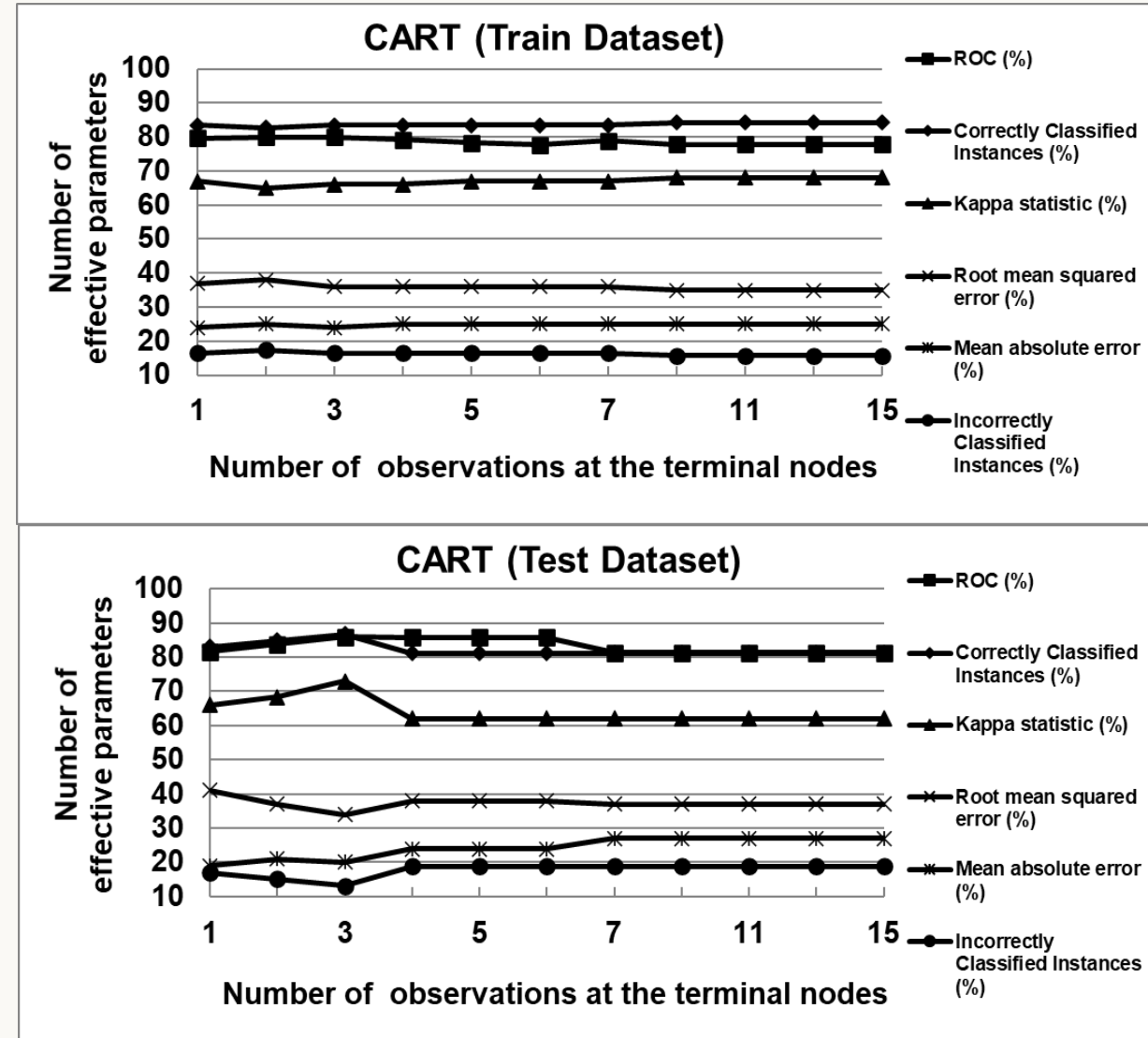
Ngưỡng phân loại chính xác được xác định là tốt nhất ở ngưỡng 600 cây.



Ví dụ nghiên cứu

Khảo sát hiệu suất của mô hình CART trên tập dữ liệu huấn luyện và thử nghiệm

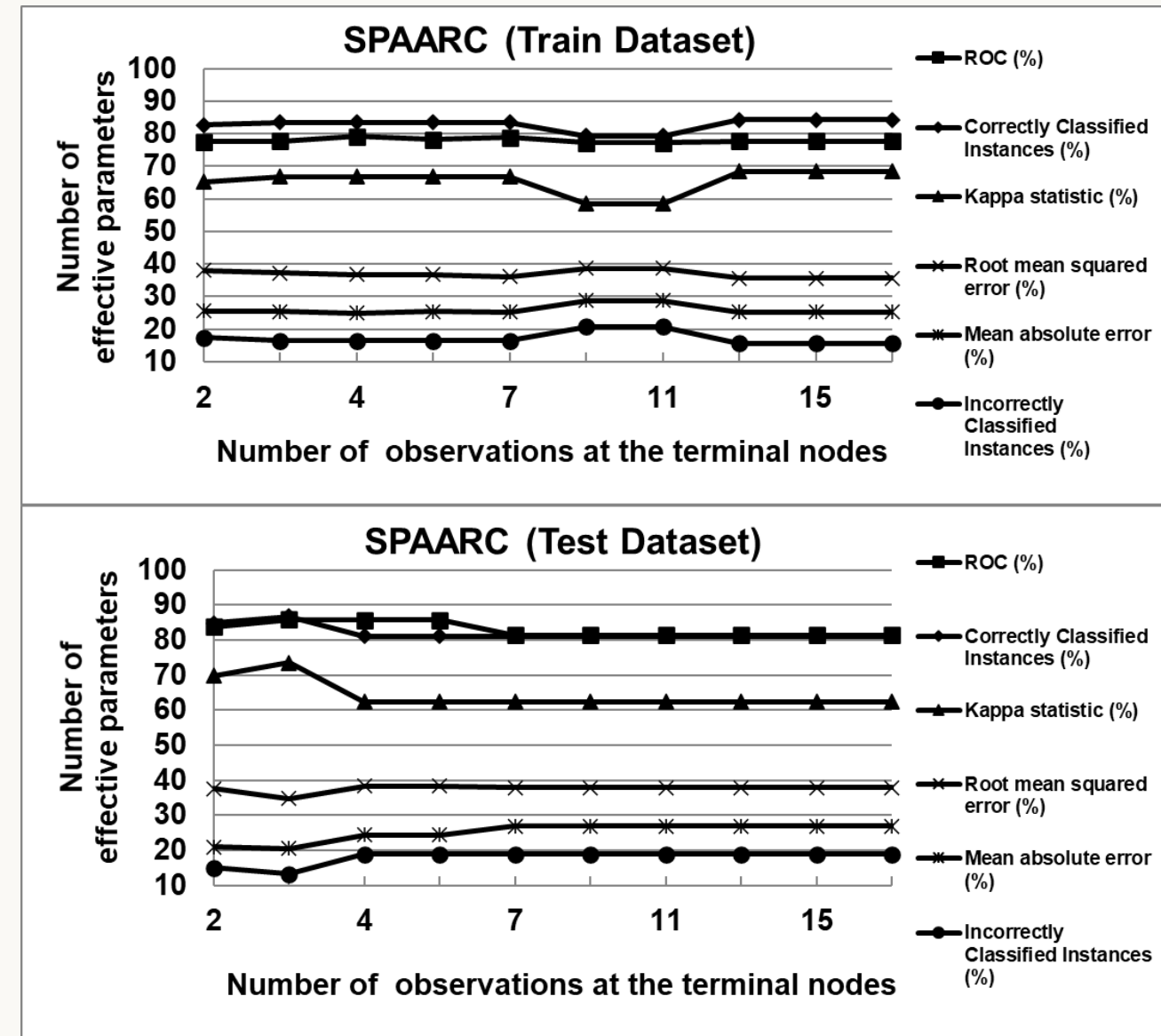
RMSE và MAE là thấp nhất ở mốc có 3 nút quan sát trong CART với lần lượt là 0,34 và 0,2.



Ví dụ nghiên cứu

Khảo sát hiệu suất của mô hình SPAARC trên tập dữ liệu huấn luyện và thử nghiệm

Mô hình tốt nhất có 13 nút quan sát với RMSE là 0,35 và MAE là 0,25



Ví dụ nghiên cứu

Đánh giá mô hình

Mô hình triển vọng khoáng sản là một hệ thống nhận dạng mẫu nhị phân, mô hình được đánh giá bằng the confusion matrix trên tập dữ liệu huấn luyện cũng như trên tập dữ liệu thử nghiệm.

$$\text{positive predictive power } PP2 = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\text{negative predictive power } NP2 = \frac{TN}{TN + FN}$$

$$\text{Kappa index } K = \frac{CLA + P_{exp}}{1 - P_{exp}}$$

$$\text{classification accuracy } CLA = \frac{TP + TN}{TP + TN + FN + FP}$$

$$\text{sensitivity } SEN = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{specificity } SPE = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$\text{the likelihood ratio index } LLR = \frac{SEN}{1 - SPE}$$

Ví dụ nghiên cứu

Confusion matrix và các thông số đánh giá của ba mô hình MPM sử dụng tập dữ liệu đào tạo

Statistical index	Random Forest	CART	SPAARC
True positive	50	43	43
True negative	53	58	59
False positive	10	17	17
False negative	8	3	2
Positive predictive value (%)	83.33	71.67	71.67
Negative predictive value (%)	86.89	95.08	96.72
Sensitivity (%)	86.21	93.48	95.56
Specificity (%)	84.13	77.33	77.63
Classification Accuracy (%)	85.12	83.47	84.30
Kappa	0.7	0.67	0.68
AUC	0.912	0.8	0.778

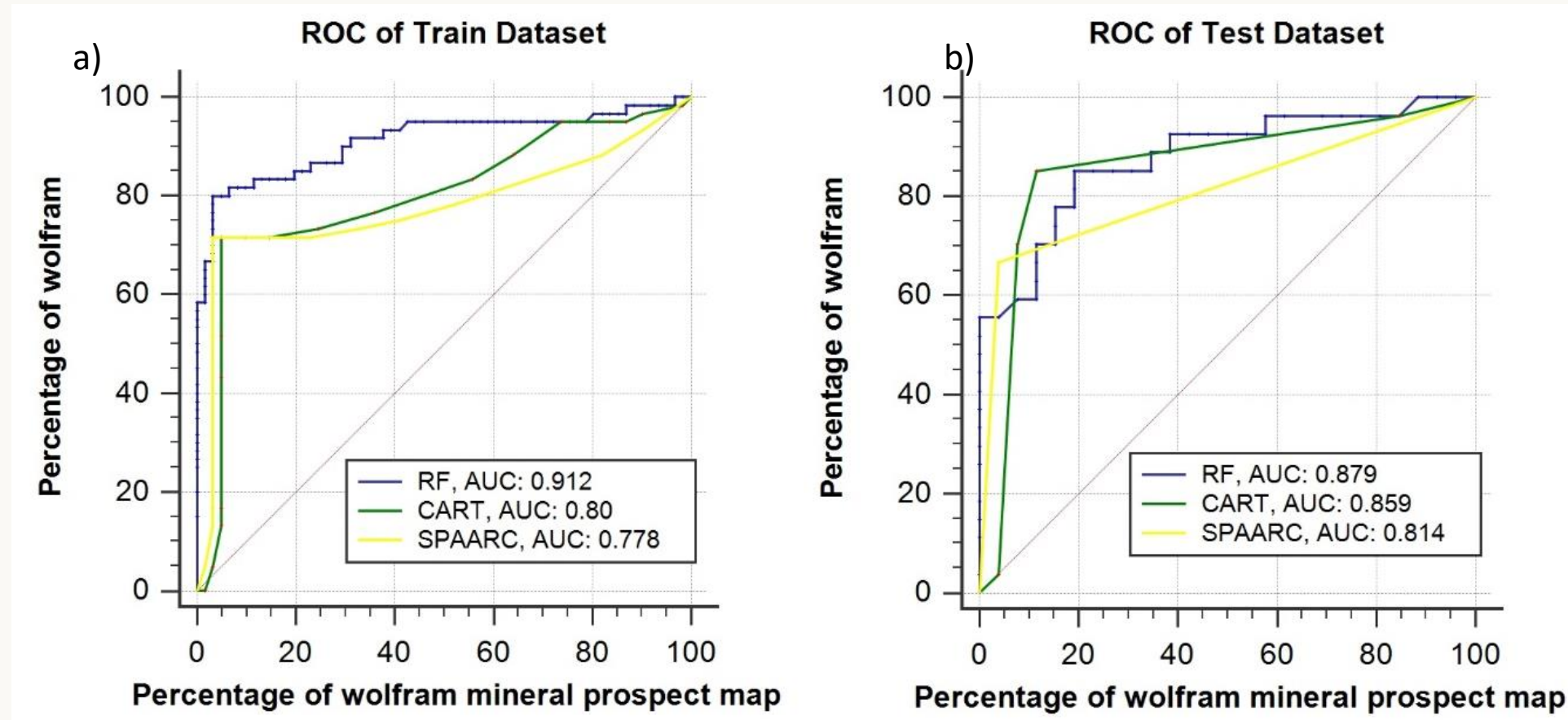
Ví dụ nghiên cứu

Confusion matrix và các thông số đánh giá của ba mô hình MPM sử dụng tập dữ liệu thử nghiệm

Statistical index	Random Forest	CART	SPAARC
True positive	23	23	18
True negative	21	23	25
False positive	4	4	9
False negative	5	3	1
Positive predictive value (%)	85.19	85.19	66.67
Negative predictive value (%)	80.77	88.46	96.15
Sensitivity (%)	82.14	88.46	94.74
Specificity (%)	84.00	85.19	73.53
Classification Accuracy (%)	83.02	86.79	81.13
Kappa	0.66	0.74	0.62
AUC	0.879	0.859	0.814

Ví dụ nghiên cứu

Đường cong mô phỏng khả năng hoạt động của mô hình (ROC) và diện tích dưới đường cong (AUC) của các mô hình MPM, a) tập dữ liệu huấn luyện; b) tập dữ liệu thử nghiệm



Ba mô hình đều hoạt động rất tốt trong phạm vi 0,8-0,9. AUC của mô hình RF đạt mức cao nhất, trên tập dữ liệu huấn luyện là 0,912 (xuất sắc). Trên tập dữ liệu thử nghiệm đạt 0,879 (tốt).

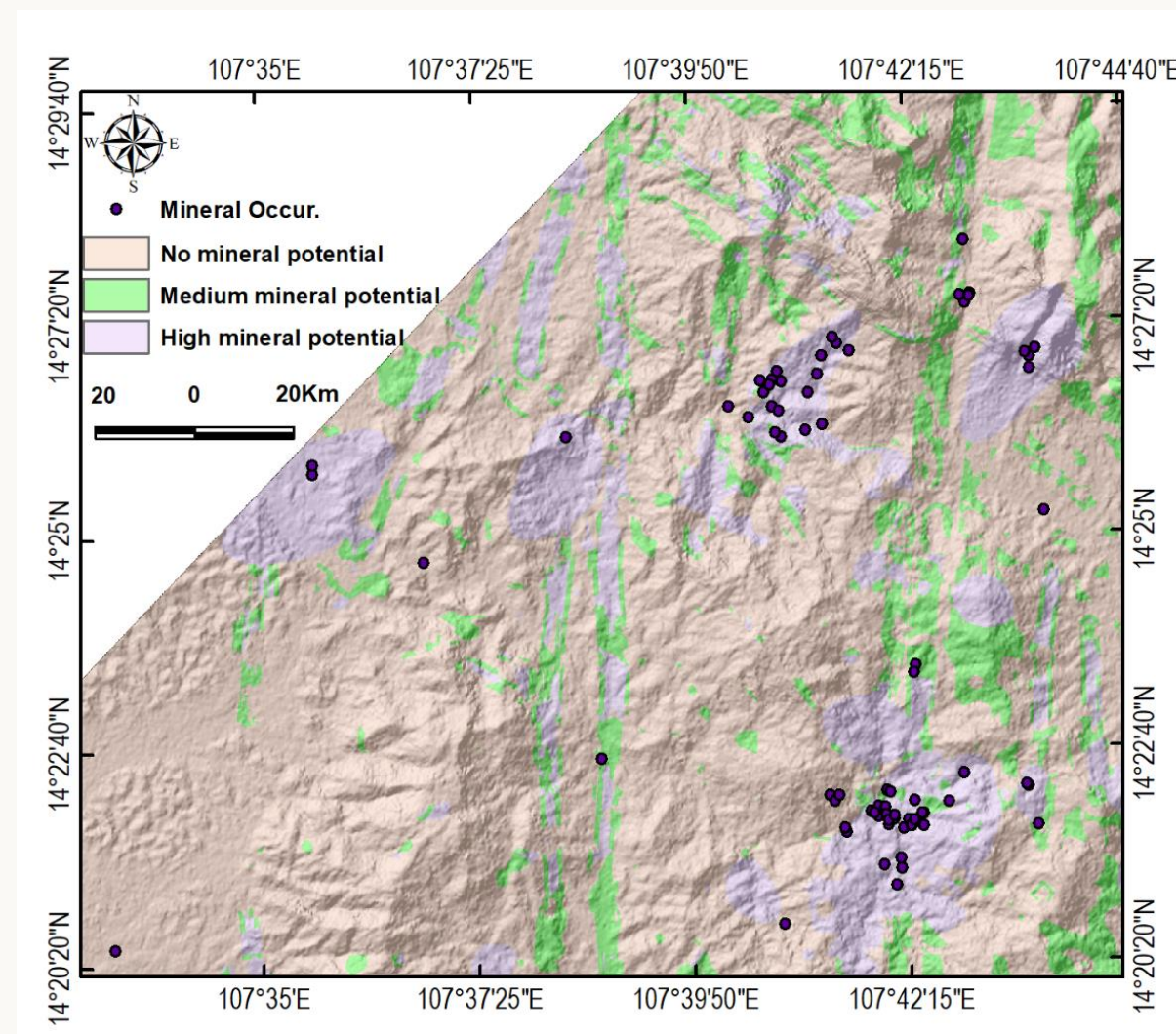
RF được chọn để xây dựng bản đồ triển vọng khoáng sản vonfram dựa trên tính ổn định của chúng trong quá trình huấn luyện và các chỉ số AUC đạt mức cao nhất so với 2 mô hình còn lại.

Ví dụ nghiên cứu

Bản đồ phần vùng triển vọng khoáng sản W vùng Plei Meo, Kon Tum

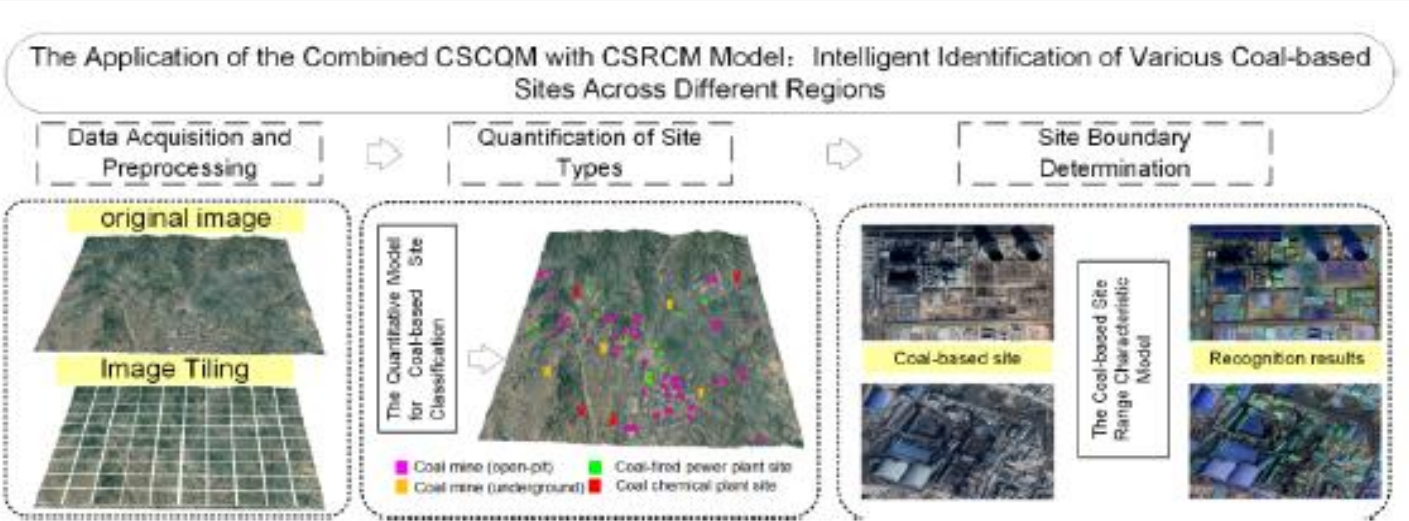
Khu vực nghiên cứu được chia thành 3 vùng bao gồm:

- Tiềm năng khoáng sản cao (16,6% - 50 km²), bao phủ 85% các vị trí xuất hiện khoáng sản wolframit đã phát hiện
- Tiềm năng khoáng sản trung bình (13% - 40 km²),
- Không có tiềm năng khoáng sản (70,4% - 216 km²).



Một số nghiên cứu ứng dụng viễn thám, GIS, và AI trong than

Mine Closure 2024 – AB Fourie, M Tibbett & G Boggs (eds)
© 2024 Australian Centre for Geomechanics, Perth, ISBN 978-1-7636842-0-1
doi:10.36487/ACG_repo/2415_70



Application of artificial intelligence recognition model methods in the analysis characteristics of closed/abandoned mine resources

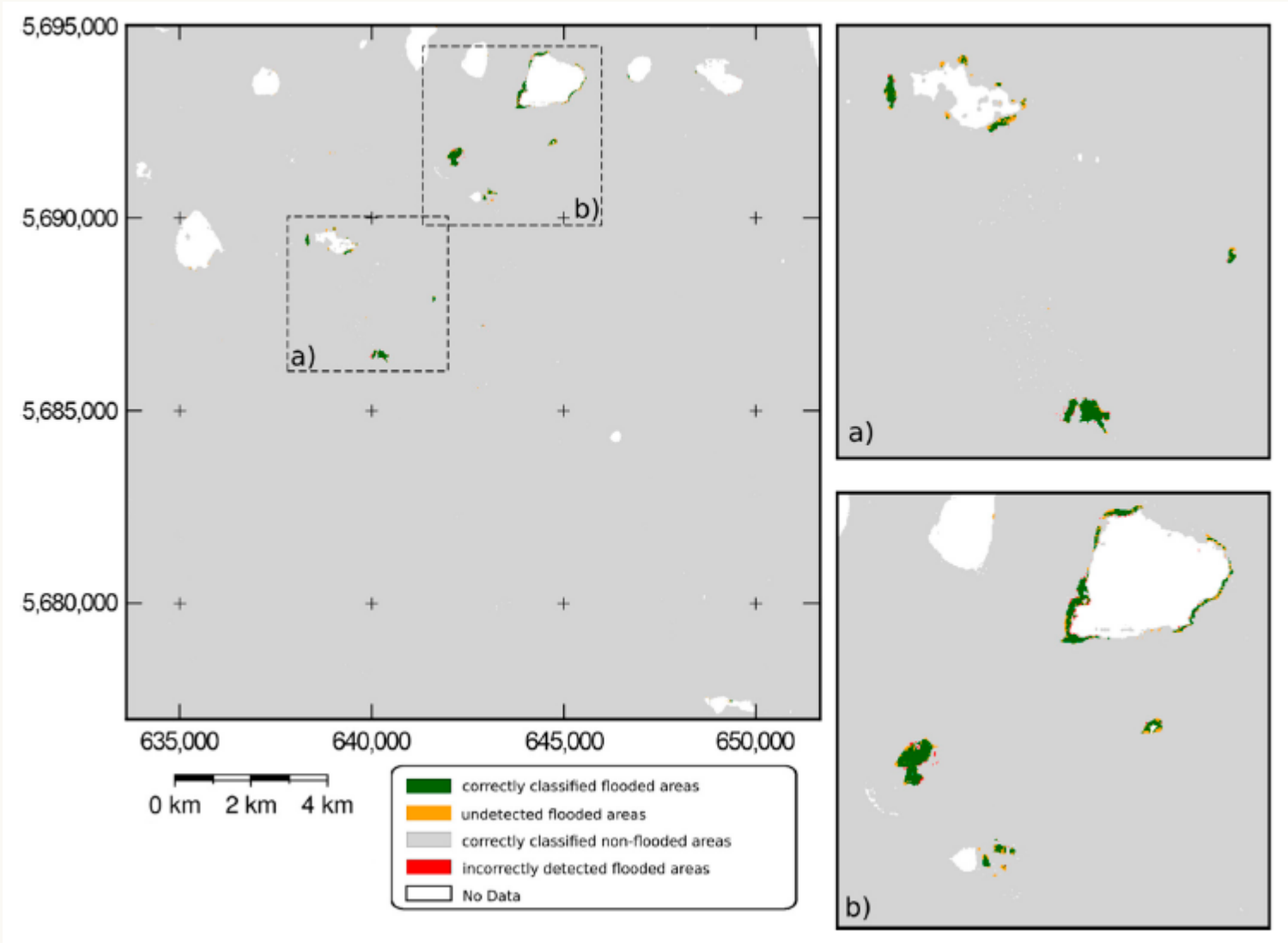
Jihong Dong ^{a,*}, Xiaotong Feng ^a, Lei Wang ^b, Feng Liu ^b, Bekir Genc ^c, Yingga Wu ^a
^a School of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology, China
^b China Coal Society, China
^c School of Mining Engineering, University of the Witwatersrand, South Africa

Loại Hình Khu vực	Diện tích Sàn (m ²)
Khu Văn phòng	2.375,7
Khu Dân cư/Sinh hoạt	5.073,8
Khu Sản xuất	5.696,2
Khu Sản xuất Phụ trợ	9.951,6
TỔNG CỘNG	23.097,3



Hình ảnh 3D mỏ than Zhujiache, Thiểm Tây (Shaanxi), Trung Quốc (China)

Một số nghiên cứu ứng dụng viễn thám, GIS, và AI trong than



Kết quả thuật toán máy học random forest, phân chia diện tích bị ngập lụt và không bị ngập lụt mỏ than Bogdanka, Lublin, Ba Lan. Mức độ chính xác 76%

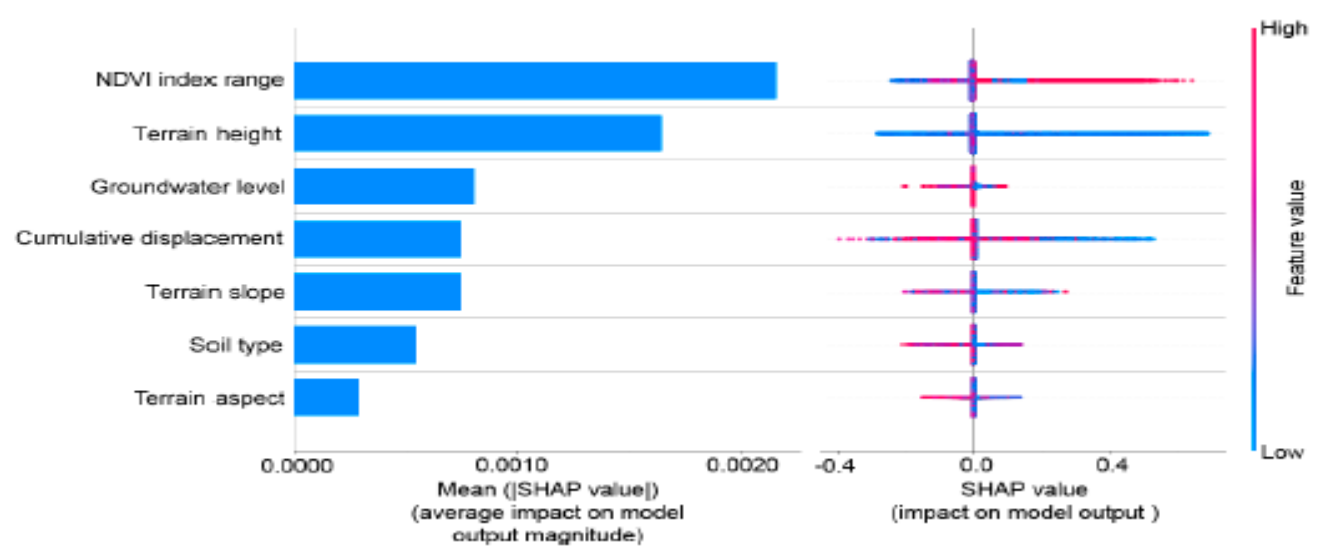
Application of Remote Sensing, GIS and Machine Learning with Geographically Weighted Regression in Assessing the Impact of Hard Coal Mining on the Natural Environment

Anna Kopeć ^{*}, Paweł Trybała, Dariusz Głabicki, Anna Buczyńska, Karolina Owczarz, Natalia Bugajska, Patrycja Kozińska, Monika Chojwa and Agata Gattner

Department of Mining and Geodesy, Faculty of Geoengineering, Mining and Geology, Wrocław University of Science and Technology, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland; pawel.trybala@pwr.edu.pl (P.T.); dariusz.glabicki@pwr.edu.pl (D.G.); anna.buczynska@pwr.edu.pl (A.B.); karolina.owczarz@pwr.edu.pl (K.O.); natalia.bugajska@pwr.edu.pl (N.B.); patrycja.kozinska@pwr.edu.pl (P.K.); monika.chojwa@pwr.edu.pl (M.C.); agata.gattner@pwr.edu.pl (A.G.)

^{*} Correspondence: anna.kopec@pwr.edu.pl; Tel.: +48-71-320-6810

Received: 22 September 2020; Accepted: 3 November 2020; Published: 10 November 2020



Kết luận và định hướng tương lai

Viễn thám, GIS, và AI đã và đang dần khẳng định vai trò là công cụ không thể thiếu trong quản lý, thăm dò và khai thác khoáng sản hiện đại, mang lại hiệu quả cao và bền vững.

Đẩy mạnh công nghệ mới

Tích hợp AI, IoT và các công nghệ tiên tiến khác (viễn thám, GIS) để nâng cao hiệu quả và tính bền vững của hoạt động khoáng sản.

Tăng cường hợp tác và đào tạo

Phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao và mở rộng hợp tác quốc tế để tiếp thu công nghệ và kinh nghiệm quản lý.

Phát triển bền vững

Hướng tới ngành khoáng sản xanh, thân thiện với môi trường, góp phần vào sự phát triển kinh tế-xã hội của đất nước.

Tầm nhìn phát triển bền vững ngành khoáng sản với công nghệ viễn thám, GIS và AI

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!