

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT
HỌC KỲ 2
Năm học 2020-2021**

**ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO NHẪM TĂNG ĐỘ
PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA
MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO DẠNG GRID**

GIẢNG VIÊN: NGUYỄN THỊ THU HƯƠNG

**ĐƠN VỊ : BỘ MÔN TRẮC ĐỊA PHỔ THÔNG VÀ SAI SỐ
- KHOA TRẮC ĐỊA BẢN ĐỒ & QLDD-**

HÀ NỘI - 2021

MỤC LỤC

MỤC LỤC	2
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO	3
1.1 Tổng quan về mô hình số độ cao.....	3
1.1.1 Khái niệm về mô hình số độ cao.....	3
1.1.2 Các cấu trúc của mô hình số độ cao.....	3
1.1.3 Các phương pháp thành lập DEM.....	3
1.1.4 Ứng dụng của mô hình số độ cao.....	5
1.2 Tổng quan về Trí tuệ nhân tạo	6
1.2.1 Khái niệm về Trí tuệ nhân tạo.....	6
1.2.2 Ứng dụng của Trí tuệ nhân tạo	6
CHƯƠNG 2: THUẬT TOÁN ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (MẠNG NƠ-RON) NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO	10
2.1. Xây dựng mô hình, thiết lập các hàm mục tiêu và điều kiện cho thuật toán	10
2.2. Sơ đồ khối của thuật toán	12
CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO.....	13
3.1. Dữ liệu thực nghiệm.....	13
3.2. Các kết quả thực nghiệm và đánh giá độ chính xác	14
3.2.2. Đánh giá trực quan bằng phương pháp sử dụng các mặt cắt	14
3.2.3. Đánh giá trực quan bằng biểu đồ phân tán.....	15
3.2.4. Đánh giá định lượng sử dụng giá trị sai số trung phương.....	15
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	17
TÀI LIỆU THAM KHẢO	18

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO

1.1 Tổng quan về mô hình số độ cao

1.1.1 Khái niệm về mô hình số độ cao

Mô hình số độ cao – Digital Elevation Model (DEM) thể hiện bề mặt địa hình dưới dạng 3D theo các định dạng số. Bề mặt địa hình 3D được mô hình hóa bằng một hàm có dạng $z = f(x, y)$ trong đó mỗi điểm (x, y) trong mặt phẳng D được gắn với một giá trị độ cao $f(x, y)$. Theo quan điểm này, bề mặt địa hình là đồ thị biểu thị hàm số f theo các biến số là giá trị thuộc D (De Floriani & Magillo, 2018).

Một cách khái quát, chúng ta có thể định nghĩa về DEM như sau: mô hình số độ cao – Digital Elevation Model (DEM) là phương pháp mô hình hóa bề mặt địa hình cũng như cho phép hiển thị bề mặt địa hình trong hệ tọa độ không gian ba chiều (Zhilin et al., 2005). DEM miêu tả bề mặt địa hình bằng các hàm đơn trị $Z = F(X, Y)$. Với bất cứ giá trị (X, Y) nào chỉ có một giá trị độ cao Z được xác định trong một DEM (Cuong, 2006). Định nghĩa này giúp chúng ta phân biệt được giữa DEM mô tả bề mặt địa hình và các mô hình 3D. Các bề mặt hoặc các vật thể (ví dụ như các mô hình nhà, các chi tiết máy,...) được mô tả trong mô hình 3D, với một vị trí (X, Y) có thể có nhiều hơn một giá trị Z .

1.1.2 Các cấu trúc của mô hình số độ cao

Cấu trúc cơ bản của DEM xuất phát từ mô hình dữ liệu được sử dụng để đại diện cho nó. Có nhiều phương thức khác nhau để tạo ra bề mặt DEM như sử dụng mô hình DEM dạng grid, mô hình các tam giác không đều TIN (Triangulation Irregular Network) hoặc sử dụng mô hình toán học. Trong các phương pháp trên, mô hình DEM dạng grid được sử dụng nhiều vì có dạng thức đơn giản và dễ dàng sử dụng để phân tích thông tin bề mặt [7].

Trong các công tác thu thập, lưu trữ và thể hiện, các dữ liệu độ cao số thường được chia thành 4 loại cơ bản là: các đường bình độ, các mặt cắt, mạng lưới đều (GRID) và mạng lưới tam giác không đều (TIN) [1].

1.1.3 Các phương pháp thành lập DEM

DEM có thể được tạo ra từ nhiều nguồn khác nhau:

- Từ đo đạc địa hình thông thường:

Chúng được thực hiện bằng các máy đo quang học, máy đo laser tacheometers, và các máy thủy bình. Các DEM được thành lập bằng phương pháp này thường rất chi tiết và có tỷ lệ lớn, thường được thành lập ở các khu vực có diện tích tương đối nhỏ. Các DEM loại này thường được ứng dụng trong nghiên cứu đất đai và địa chất.

- Từ phương pháp đo GPS động:

Phương pháp này sử dụng hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu và các máy thu GPS được gắn trên một chiếc xe di chuyển trên bề mặt địa hình để thu thập số liệu để thành lập ra DEM. Đây là phương pháp thành lập các DEM tỷ lệ lớn và chi tiết với thời gian nhanh và hiệu quả cao.

- Phương pháp ảnh tương tự và ảnh số:

Phương pháp ảnh tương tự và ảnh số. Chúng được sử dụng để thành lập các DEM từ các cặp ảnh (ảnh hàng không, ảnh vệ tinh). Người ta có thể sử dụng ảnh vệ tinh từ nhiều nguồn khác nhau như ảnh SPOT, Landsat MSS, NOAA AVHRR, ASTER, Ikonos, QuickBird,...

- Từ kỹ thuật Radar :

Được sử dụng phổ biến nhất. Kỹ thuật này với Radar độ mở tổng hợp (InSAR) để sản xuất DEM với ba cách tiếp cận: phân cực, radargrammetry sử dụng cặp ảnh radar lập thể và giao thoa kế. Trong các phương pháp đó, Radar độ mở tổng hợp giao thoa là được sử dụng phổ biến nhất. Đặc biệt, phương pháp này đã được thực hiện để tạo ra DEM quy mô nhỏ toàn cầu Venus, SRTM3 và DEM quy mô trung bình cho một phần lớn bề mặt trái đất.

- Phương pháp đo laser:

Phương pháp này sử dụng các xung laser để xác định khoảng cách giữa mục tiêu và bộ cảm biến (sensor). Trong phương pháp sử dụng công nghệ LiDAR (Light Detection and Ranging), các phép đo đạc trên không đã được sử dụng để tạo ra các DEM tỷ lệ lớn và chi tiết của cả bề mặt đất và mặt biển. Mặc dù một vài vấn đề kỹ thuật vẫn chưa được giải quyết (ví dụ: hiệu quả của việc lọc nhiễu ở tần số cao), kỹ thuật LiDAR đo đạc trên không vẫn được đề xuất để lập các DTM độ phân giải cơ sở cho trong nghiên cứu khoa học đất, địa chất trên quy mô lớn. Sử dụng laser vệ tinh độ cao, hai DEM toàn cầu của Mặt Trăng đã được tạo ra: DEM quy mô nhỏ và DEM

quy mô trung bình, một loạt các DEM toàn cầu quy mô vừa và nhỏ của Sao Hỏa và các DEM cho các khối băng ở Nam Cực và Greenland [35]. LiDAR mặt đất đã được sử dụng để tạo ra các DEM quy mô lớn để từ đó tạo ra được các mô hình địa chất ba chiều.

1.1.4 Ứng dụng của mô hình số độ cao

Hiện nay, DEM có rất nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực của đời sống kinh tế, xã hội như trong quản lý thiên tai, giao thông, trong thông tin liên lạc, dẫn đường, trong xây dựng các công trình dân dụng, trong thiết kế và xây dựng cơ sở hạ tầng, trong quân sự,... Trong đó, DEM có vai trò to lớn trong việc phân tích kết quả, ra quyết định và phát triển sản phẩm.

DEM cũng là một thành phần cơ bản trong cơ sở dữ liệu địa hình và nó có một vai trò to lớn trong các ngành khoa học nghiên cứu về trái đất. Có thể kể đến trong một số ngành khoa học sau:

- Trong phân tích địa mạo, cảnh quan;
- Trong các nghiên cứu phục vụ mục đích thành lập bản đồ;
- Trong mô hình hóa địa chất và thủy học;
- Trong quản lý nguồn tài nguyên nước;
- Trong nghiên cứu ảnh hưởng của khí hậu;
- Trong công nghệ thông tin địa lý;
- Trong các nghiên cứu phục vụ giáo dục.

Ngoài ra, DEM và các sản phẩm dẫn xuất từ DEM còn được ứng dụng trong các lĩnh vực sau:

- Khảo sát, thăm dò địa chất;
- Thiết kế và xây dựng;
- Các dịch vụ khí tượng thủy văn;
- Dẫn đường hàng không;
- Thông tin viễn thông;
- Sử dụng trong các ứng dụng đa phương tiện và trò chơi điện tử.

1.2 Tổng quan về Trí tuệ nhân tạo

1.2.1 Khái niệm về Trí tuệ nhân tạo

Trong thời đại Cách mạng Công nghệ 4.0, trí tuệ nhân tạo (AI) đang len lỏi vào mọi góc ngách của cuộc sống, từ các ứng dụng ngân hàng cho phép chúng ta gửi séc bằng hình ảnh đến các trợ lý ảo như Siri, Bixby trên thiết bị di động của Apple hay Samsung... Khắp nơi, truyền thông rầm rộ đưa tin về những tác động to lớn mà AI đem đến cho kinh tế, xã hội. Mỗi ngày qua đi, AI vẫn tiếp tục phát triển một cách nhanh chóng, là lĩnh vực được các cường quốc đầu tư mạnh mẽ và cũng là vấn đề thu hút giới nghiên cứu khắp nơi trên thế giới.

Trí tuệ nhân tạo (thường được dùng với từ viết tắt là AI - Artificial Intelligence) trước hết được định nghĩa là “trí tuệ phát sinh bởi máy móc, đối lập với trí tuệ tự nhiên phát sinh bởi con người và các loài vật”. Theo đó khái niệm trí tuệ nhân tạo được áp dụng khi máy móc bắt chước được các chức năng lý trí gắn với trí tuệ con người. Bên cạnh đó trong cuốn sách nổi tiếng "Trí tuệ nhân tạo: Hướng tiếp cận mới nhất" 189 (Artificial Intelligence: A Modern Approach) tái bản lần 3 của hai tác giả Stuart Russel và Peter Norvig có tổng hợp một số định nghĩa khác nhau về AI như sau: “Trí tuệ nhân tạo là nỗ lực thú vị nhằm khiến suy nghĩ của máy tính có thêm nhận thức, tư duy. Trí tuệ nhân tạo là những hành động của máy móc gắn liền với tư duy của con người, ví dụ như ra quyết định hay giải quyết vấn đề. Trí tuệ nhân tạo là nghiên cứu về năng lực trí tuệ vận hành vào các mô hình tính toán. Trí tuệ nhân tạo là nghiên cứu để máy tính có khả năng nhận thức, nhận định và hành động. Trí tuệ nhân tạo là nghệ thuật tạo ra các cỗ máy có thể thực hiện những chức năng yêu cầu trí tuệ khi thực hiện bởi con người. Trí tuệ nhân tạo là nghiên cứu cách khiến máy tính làm được điều mà ở thời điểm hiện tại con người vẫn đang làm tốt hơn.”

Tóm lại, trí tuệ nhân tạo là sự "tư duy" của máy móc, trong đó các thiết bị sẽ bắt chước cách tư duy tự nhiên của con người để giải quyết các vấn đề. Trong cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0, AI là một trong những yếu tố then chốt. Từ khái niệm tưởng chừng xa xôi, trí tuệ nhân tạo từng bước đi vào đời sống, hiện thực hóa giấc mơ về những loại máy móc có khả năng tư duy như con người.

1.2.2 Ứng dụng của Trí tuệ nhân tạo

Trí tuệ nhân tạo đang mang lại những lợi ích thiết thực cho cuộc sống con người mà nhiều chục năm về trước chúng ta không thể tưởng tượng.

Trong lĩnh vực an ninh, cảnh sát Anh đã sử dụng trí tuệ nhân tạo để phát triển công cụ đánh giá khả năng phạm tội của nghi phạm. Theo TechCrunch, trong các thử nghiệm, AI cho ra kết quả chính xác trên 88%. Ngoài ra cảnh sát còn xây dựng chương trình phân tích hiện trường vụ án và phân tích hồ sơ. Trong khi đó, cảnh sát thành phố Trịnh Châu (Hà Nam, Trung Quốc) sử dụng kính đặc biệt có phần mềm nhận diện khuôn mặt để phát hiện tội phạm bị truy nã tại nhà ga tàu hỏa có lưu lượng người cao. Nhờ công cụ trên, cảnh sát đã phát hiện bảy tội phạm gây tai nạn rồi bỏ chạy, tội phạm buôn bán người cùng 26 trường hợp lừa đảo chỉ sau vài ngày triển khai.

Ở mảng kinh tế - tài chính, công ty khởi nghiệp Sentient Technologies dành hơn 10 năm phát triển chương trình phân tích nhằm dự báo xu hướng của thị trường. Các "ông lớn" như quỹ đầu tư Bridgewater cũng chi rất nhiều tiền để phát triển AI nhằm thay thế cho mạng máy tính quản lý giao dịch từ thập niên 90.

Phanh tự động là một ứng dụng AI giúp cứu sống nhiều sinh mạng. Ước tính 90% tai nạn đường bộ là do lỗi của con người, nhưng tỷ lệ này có thể giảm bớt nhờ xe tự lái. Theo Elon Musk, CEO của hãng xe điện Tesla, xe tự lái không chỉ an toàn hơn mà còn cho phép thay thế con người trong các dịch vụ vận chuyển, vận tải.

Không chỉ gợi ý chính xác các món đồ mà người dùng có nhu cầu khi mua sắm trực tuyến, AI còn được "ông trùm" bán lẻ Amazon đưa vào cửa hàng của mình nhằm thay thế con người.

Thông qua hàng loạt camera, cảm biến và chương trình điều khiển, khách hàng bước vào cửa hàng Amazon Go chỉ việc chọn món đồ mình muốn và đi ra. Không có thu ngân, không cần máy tính tiền bởi AI tự động nhận biết hàng hóa đã mua rồi trừ tiền vào tài khoản ngân hàng.

Trong lĩnh vực y học, robot tự động khâu chỉ thông minh (STAR) ở Đại học Johns Hopkins, Mỹ, thể hiện năng lực phẫu thuật khi khâu thành công ruột lợn với độ chuẩn xác cao hơn các bác sĩ. STAR bao gồm một cánh tay robot trang bị dụng cụ khâu vết thương cùng với hệ thống chụp ảnh 3D và cảm biến cận hồng ngoại theo dõi đường đánh dấu huỳnh quang dọc theo mép mô do các nhà nghiên cứu vạch ra.

AI còn được áp dụng trong công tác chẩn đoán hình ảnh, hỗ trợ phát hiện ung thư. "Thông thường, một bác sĩ X-quang mất từ 10 tới 30 phút để đánh giá một bản

chụp cắt lớp vi tính khi sàng lọc các khối u bướu gây ung thư, trong khi đó trí tuệ nhân tạo chỉ cần vài giây"190 .

Chương trình trí tuệ nhân tạo AlphaZero do công ty DeepMind thuộc Google tạo ra có thể tự học cách chơi cờ trong vài giờ. Hệ thống chơi đi chơi lại hàng tỷ ván cờ, học hỏi các quy luật và phân tích chiến lược. AlphaZero được đánh giá là "kiện tướng" trong thế giới cờ AI sau khi đánh bại AlphaGo - chương trình từng thắng nhiều tuyên thủ và kiện tướng.

Tháng 7/2018, các nhà nghiên cứu ở IBM Research Australia, Đại học Toronto và Đại học Melbourne thiết kế chương trình AI có thể sáng tác thơ như Shakespeare. Hơn 2.600 bài thơ lấy từ cơ sở dữ liệu được nhập vào hệ thống, sau đó AI cho ra sản phẩm tự sáng tác. Khi so sánh bài thơ của máy móc với thơ Shakespeare, nhiều độc giả không thể tìm ra sự khác biệt. AI còn tham gia vào làm báo, sáng tác nhạc hay hội họa, những lĩnh vực đòi hỏi sáng tạo cao.

Ở Việt Nam, AI đang là cuộc đua của những gã khổng lồ công nghệ. Nó có tiềm năng giải quyết rất nhiều vấn đề, nên không có gì ngạc nhiên khi những công ty công nghệ lớn nhất trên thế giới đều xây dựng trung tâm nghiên cứu, ứng dụng trí tuệ nhân tạo vào những sản phẩm của họ. Tại Việt Nam, các công ty trong nước cũng đã nhanh chóng "bắt sóng" xu hướng AI của thế giới trong vài năm qua và bước đầu có sản phẩm cụ thể. Mặc dù còn nhiều khó khăn cả về nguồn vốn và con người, sự đầu tư của những doanh nghiệp Việt cho thấy khát vọng phát triển AI để khẳng định chỗ đứng trong bản đồ công nghệ thế giới.

Có thể kể tới Zalo – một ứng dụng rất phổ biến tại Việt Nam cũng đã dấn thân vào lĩnh vực AI với việc thành lập phòng nghiên cứu Zalo AI và xác định hai mũi nhọn nghiên cứu Zalo Brain, Zalo Assistant. Một trong hai sản phẩm nói trên đã dần hoàn thiện và chính thức được công bố. Thành quả của các kỹ sư và nhà khoa học Zalo AI chính là trợ lý ảo Ki-Ki. Sự khác biệt của Ki-Ki với những trí tuệ nhân tạo do các hãng công nghệ trên thế giới phát triển nằm ở khả năng nhận diện khá tốt giọng nói của người Việt. Bên cạnh đó, Ki-Ki cũng trả lời bằng giọng của ba miền gồm Bắc, Trung, Nam khá tự nhiên. Trên thị trường quốc tế, nhiều ứng dụng về trí tuệ nhân tạo của người Việt cũng gây được tiếng vang. Một trong những startup của người Việt đang được chú ý.

Phần mềm ELSA, ứng dụng luyện phát âm tiếng Anh do Văn Đình Hồng Vũ sáng lập, lọt top 5 ứng dụng AI toàn cầu và nhận được những khoản rót vốn khổng lồ từ các quỹ đầu tư. Điểm nhấn của ELSA chính là vận dụng AI để nhận diện giọng nói rất chính xác, nhờ đó có thể phân tích giọng đọc của người dùng, chỉ ra những điểm chưa chuẩn trong phát âm, từ đó chỉnh sửa để chuẩn hơn. Rõ ràng, AI không còn là khái niệm xa lạ với người Việt, dù là doanh nghiệp lâu đời hay những công ty startup đều dành sự quan tâm đặc biệt cho sự phát triển trí tuệ nhân tạo.

Không chỉ là các doanh nghiệp, Chính phủ cũng đã và đang xây dựng một chiến lược về kinh tế 4.0, trong đó, cốt lõi là trí tuệ nhân tạo. AI vừa là cơ hội, vừa là thách thức lớn. AI mang lại cơ hội để có thể bứt phá vươn lên trong cuộc Cách mạng công nghiệp 4.0. Công nghệ nói chung và AI nói riêng chính là kinh tế tri thức mà yếu tố con người đóng vai trò cốt yếu, điều mà chúng ta có thể tận dụng từ tinh thần ham học hỏi với thể mạnh về khoa học cơ bản, cũng như tinh thần sức mạnh dân tộc của người Việt trong và ngoài nước.

Một trong các ứng dụng rất phổ biến của Trí tuệ nhân tạo thường được ứng dụng trong các bài toán khoa học kỹ thuật là mạng nơ-ron nhân tạo. Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial Neural Networks – ANNs) hay thường được gọi ngắn gọn là mạng nơ-ron là một phương pháp tính toán mới có nền tảng từ sinh học nhằm mô phỏng một số chức năng của bộ não con người, dựa trên quan điểm cho rằng bộ não người là bộ điều khiển.

Và trong nghiên cứu này, tác giả đã ứng dụng mạng nơ-ron Hopfield nhằm tăng độ phân giải không gian và độ chính xác của mô hình số độ cao dạng grid.

CHƯƠNG 2: THUẬT TOÁN ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO (MẠNG NƠ-RON) NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO

2.1. Xây dựng mô hình, thiết lập các hàm mục tiêu và điều kiện cho thuật toán

Để sử dụng mô hình mạng nơ-ron Hopfield tăng độ phân giải của DEM dạng grid, chúng ta sẽ chia một pixel trong DEM gốc ở độ phân giải thấp có kích thước pixel lớn thành $m \times m$ pixel con, mỗi pixel con được đại diện bởi một nơ-ron trong HNN và giá trị độ cao chính là trạng thái đầu ra (output) của các nơ-ron trong mạng nơ-ron Hopfield. Giá trị đầu ra cũng chính là giá trị độ cao của mỗi nơ-ron (tiểu điểm ảnh) sẽ được xác định thông qua hàm mục tiêu đảm bảo giá trị semi-variogram giữa các nơ-ron lân cận tiến về giá trị nhỏ nhất. Ngoài ra, các giá trị độ cao của mỗi pixel con được ràng buộc bởi hàm điều kiện là giá trị trung bình độ cao của các pixel con nằm trong phạm vi của một pixel trong DEM gốc phải bằng giá trị độ cao của pixel trên DEM gốc.

Sự phụ thuộc không gian ở đây được định nghĩa là sự giống nhau về mặt giá trị giữa các cặp điểm có khoảng cách gần nhau, có nghĩa là giá trị semi-variogram $\gamma(h)$ sẽ nhỏ khi khoảng cách h giữa hai điểm (i, j) và $(i, j + h)$ nhỏ. Đối với mô hình DEM được tăng độ phân giải, nếu giữa các pixel con có sự phụ thuộc không gian, thì hệ số semi-variance sẽ nhỏ ở bước nhảy h nhỏ. Điều này có nghĩa là khi hệ số semi-variogram đạt cực tiểu thì chức năng tối đa hóa sự phụ thuộc không gian trong mô hình HNN mới này sẽ tăng hoặc giảm giá trị đầu ra của pixel con nằm ở vị trí trung tâm cho tới khi bằng giá trị độ cao trung bình của các pixel con xung quanh.

Để tìm được giá trị cực tiểu của hàm $\gamma(h)$ (3.1), cần sử dụng giá trị đạo hàm của hàm này (3.2).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} [v_{ij} - v_{ij+h}]^2 \quad (3.1)$$

Trong đó: $\gamma(h)$ là giá trị của hệ số semi-variogram ở bước nhảy khoảng cách h , h là khoảng cách giữa một cặp điểm pixel con có giá trị độ cao lần lượt là: v_{ij} và v_{ij+h} , và $N(h)$ là số cặp điểm cách nhau một khoảng cách h .

$$\frac{\partial \gamma(h)}{\partial v} = 0 \quad (3.2)$$

$$\text{Và } \frac{\partial \gamma(h)}{\partial v} = \frac{\partial \left(\frac{1}{2N(h)} \sum_1^{N(h)} (2v_{ij} - 2v_{ij+h}) \right)}{\partial v} = v_{ij} - \frac{\sum_1^{N(h)} v_{ij+h}}{N(h)} = 0$$

Vậy, từ đó suy ra:

$$\begin{aligned} v_{ij}^{expected} & \quad (3.3) \\ &= \frac{\sum_1^{N(h)} v_{ij+h}}{N(h)} \end{aligned}$$

Giá trị độ cao được thay đổi như sau:

$$\begin{aligned} du_{ij}^{sd} & \quad (3.4) \\ &= v_{ij}^{expected} - v_{ij} \end{aligned}$$

Điều này có nghĩa là giá trị độ cao của pixel con nằm ở giữa có độ cao là v_{ij} sẽ bằng giá trị độ cao trung bình của các pixel con xung quanh với bước nhảy h (v_{ij+h}).

Nếu hàm để tối đa hóa sự không gian phụ thuộc không gian là hàm duy nhất được sử dụng trong mô hình thì độ cao của tất cả các pixel con trong DEM mới (sau khi tăng độ phân giải) cuối cùng sẽ giống nhau và như vậy độ cao của mô hình DEM gốc sẽ không được giữ lại. Để giải quyết vấn đề này, cần sử dụng một *hàm điều kiện để ràng buộc*. Nguyên tắc của hàm này là độ cao trung bình của tất cả các pixel con nằm trong một pixel gốc phải bằng giá trị độ cao của pixel đó trong DEM gốc. Ví dụ, giá trị độ cao trung bình của tất cả các pixel con trong pixel (1,1) của DEM gốc trong Hình 3.1 phải bằng độ cao của pixel (1,1).

Giá trị đầu vào của mỗi nơ-ron (pixel con) được tính dựa trên công thức (3.5) với giá trị du_{ij}/dt là:

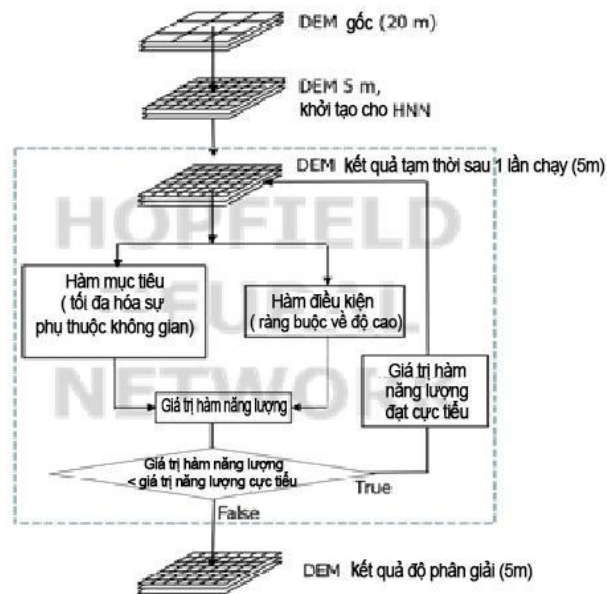
$$\frac{du_{ij}}{dt} = \frac{dE_{ij}}{dv} = du_{ij}^{sd} + du_{ij}^{ep} \quad (3.5)$$

Từ đây có thể tính được giá trị của hàm năng lượng E của toàn bộ mạng nơ-ron Hopfield tại thời điểm t là:

$$E = \sum_i \sum_j (du_{ij}^{sd} + du_{ij}^{ep}) \quad (3.6)$$

Mạng HNN sẽ chạy cho đến khi hàm năng lượng E đạt cực tiểu.

2.2. Sơ đồ khối của thuật toán



Hình 2.1. Sơ đồ khối thuật toán tăng độ phân giải không gian của DEM sử dụng mô hình mạng nơ-ron Hopfield (ví dụ minh họa về tăng độ phân giải không gian của DEM từ 20m lên 5m)

CHƯƠNG 3: THỰC NGHIỆM ỨNG DỤNG TRÍ TUỆ NHÂN TẠO NHẪM TĂNG ĐỘ PHÂN GIẢI KHÔNG GIAN VÀ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH SỐ ĐỘ CAO

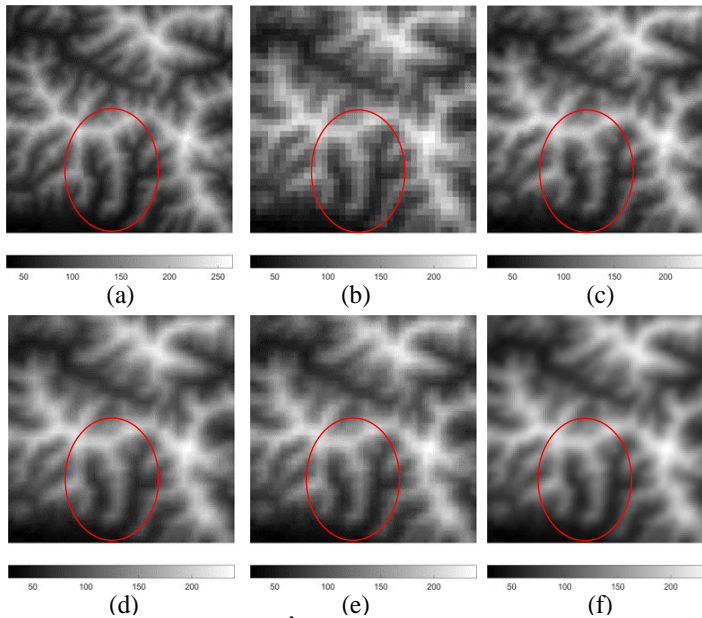
3.1. Dữ liệu thực nghiệm

Để có thể dễ dàng so sánh hiệu quả của thuật toán với các phương pháp tái chia mẫu được sử dụng nhiều như song tuyến Bilinear, Bi-cubic và Kriging, trong chương 3 này sẽ sử dụng cùng các bộ dữ liệu đầu vào đã được sử dụng để đánh giá các thuật toán này ở chương 2. Trong 4 bộ dữ liệu thực nghiệm đó, có 2 bộ dữ liệu DEM được xây dựng trên nguyên tắc giảm độ giải và 2 bộ dữ liệu DEM được xây dựng từ dữ liệu thực tế. Hai bộ dữ liệu được xây dựng bằng nguyên tắc giảm độ phân giải từ dữ liệu chuẩn là Bộ dữ liệu D1 và D2 ở khu vực Yên Thành, Nghệ An. Dữ liệu DEM chuẩn của bộ dữ liệu D1 có độ phân giải 20m, sau đó được giảm độ phân giải xuống 60m để sử dụng làm đầu vào cho các mô hình tăng độ phân giải bằng các thuật toán song tuyến, Bi-cubic, Kriging và HNN.

Ngoài 4 bộ dữ liệu như mô tả ở trên, một nhóm dữ liệu đo trực tiếp ngoài thực địa đã được sử dụng để đánh giá mô hình. Dữ liệu này gồm 236 điểm độ cao được xác định bằng máy toàn đạc điện tử ở cùng khu vực của bộ dữ liệu để thành lập DEM Lạng Sơn 20m và 5m với độ chính xác tương đương.

3.2. Các kết quả thực nghiệm và đánh giá độ chính xác

3.2.1. Đánh giá trực quan bằng so sánh trực tiếp bằng mắt

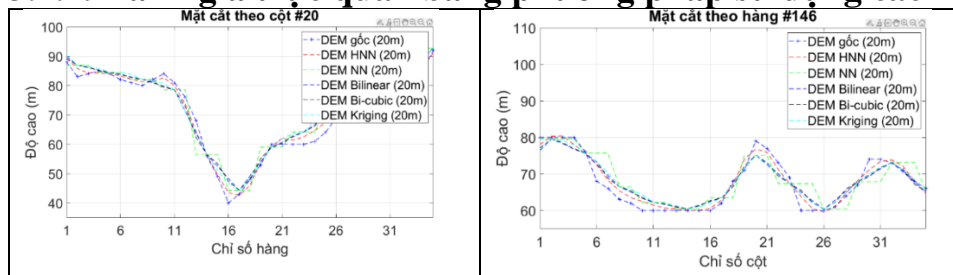


Hình 3.4. Ví dụ về tăng độ phân giải không gian của DEM khu vực Yên Thành, Nghệ An từ độ phân giải 60m đến 20m (bộ dữ liệu D1)

Trong đó:(a)-Dữ liệu DEM tham chiếu ở độ phân giải 20m; (b)-Dữ liệu DEM giảm độ phân giải 60m, là đầu vào cho các thuật toán; (c)-DEM sau khi tăng độ phân giải từ 60m lên 20m bằng phương pháp HNN; (d)-DEM sau khi tăng độ phân giải lên 5m phương pháp song tuyến; (e)-DEM sau khi tăng độ phân giải lên 5m phương pháp Bi-cubic; (f)-DEM sau khi tăng độ phân giải lên 5m phương pháp Kriging.

So sánh trực quan cho thấy các DEM mặc dù các phương pháp song tuyến và Kriging đã cải thiện hình ảnh của DEM để khá giống với DEM tham chiếu, cải thiện mức độ vỡ do độ phân giải thấp, nhưng kết quả sau khi tăng độ phân giải bằng mô hình HNN mới được đề xuất vẫn cải thiện hình ảnh DEM tốt hơn nhiều so với các phương pháp tái chia mẫu. Điều này đúng với cả 4 bộ dữ liệu thực nghiệm.

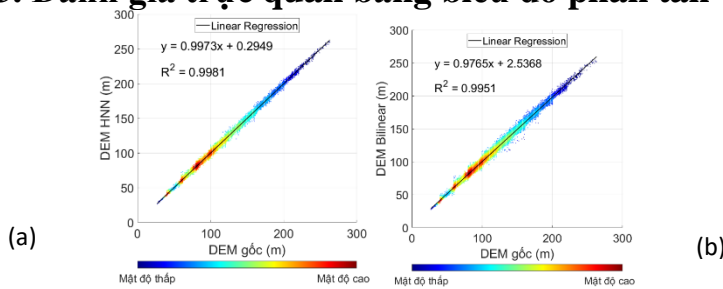
3.2.2. Đánh giá trực quan bằng phương pháp sử dụng các mặt cắt



Hình 3.5. Một số mặt cắt dọc và mặt cắt ngang ví dụ (đối với bộ dữ liệu DEM Nghệ An 20m)

Các kết quả thực nghiệm đều cho thấy: phương pháp tăng độ phân giải bằng mô hình HNN thực hiện chính xác hơn nhiều so với các phương pháp tái chia mẫu thông thường (Bilinear, Bi-cubic, Kriging) với các dạng địa hình đặc biệt, nơi có sự thay đổi lớn về độ cao như đỉnh của các dãy núi và đồi hoặc đáy thung lũng, đặc biệt là các thung lũng hình chữ V, các gò và đồi có đỉnh nhọn.

3.2.3. Đánh giá trực quan bằng biểu đồ phân tán



Hình 3.6. Ví dụ về biểu đồ phân tán đối với bộ dữ liệu DEM giảm độ phân giải 20m tại khu vực Nghệ An

Trong đó:(a)-Biểu đồ phân tán của DEM sau khi tăng độ phân giải bằng HNN và DEM tham chiếu; (b)-Biểu đồ phân tán của DEM sau khi tăng độ phân giải bằng phương pháp Bilinear và DEM tham chiếu.

3.2.4. Đánh giá định lượng sử dụng giá trị sai số trung phương

Bảng 3.1. Sai số trung phương của các phương pháp tái chia mẫu song tuyến, Bi-cubic, nội suy Kriging và phương pháp dùng mô hình mạng nơ-ron Hopfiled HNN

Bộ dữ liệu		Phương pháp tái chia mẫu song tuyến	Phương pháp tái chia mẫu Bi-cubic	Phương pháp nội suy Kriging	Phương pháp dùng mô hình HNN	Độ chính xác được cải thiện so với p.p. tái chia mẫu song tuyến
DEM 20m Nghệ An (D1)	Tổng thể	3.3026	3.3716	2.8874	1.9853	39.9%
	Min MCD	2.5245	2.5619	2.4393	1.9124	24.25%
	Max MCD	3.3379	3.4256	3.2270	2.0171	39.57%
	Min MCN	1.3837	1.4051	1.3916	1.5229	10.06%
	Max MCN	3.7005	3.7997	3.7522	2.3575	36.29%
DEM 30m Nghệ An (D2)	Tổng thể	8.8105	8.8736	8.5719	8.3510	5.21%
	Min MCD	8.5013	6.8408	6.9101	6.9668	18.05%
	Max MCD	11.6961	10.7635	10.8141	11.0702	5.35%
	Min MCN	6.6352	6.4032	6.4005	6.2829	5.31%
	Max MCN	10.5144	9.8024	9.8357	9.6199	8.51%
	Tổng thể	1.5139	1.6000	1.2092	0.8493	43.90%
	Min MCD	1.1635	1.1821	1.0288	0.5102	56.15%

DEM 5m Lạng Sơn (S1)	Max MCD	1.6198	1.7805	1.4232	0.9587	40.81%
	Min MCN	1.1567	1.2101	0.7408	0.5897	49.02%
	Max MCN	1.6712	1.7451	1.6807	1.1155	33.25%
DEM 30m Đắc Hà (S2)	Tổng thể	2.3284	2.4218	2.1095	2.0946	10.0%
	Min MCD	2.0938	1.0068	1.0624	0.9942	52.52%
	Max MCD	4.0702	2.3434	2.4436	2.2330	45.14%
	Min MCN	2.8494	1.0181	1.0505	0.9603	66.29%
	Max MCN	4.6807	2.3473	2.4070	2.5440	45.65%

Đánh giá độ chính xác định lượng dựa trên sai số trung phương (Bảng 3.1) cho thấy độ chính xác của các DEM sau khi tăng độ phân giải theo thuật toán sử dụng mô hình HNN cao hơn so với các phương pháp tái chia theo mô hình song tuyến, Bi-cubic và Kriging. Sai số trung phương của các DEM sau khi tăng độ phân giải đã giảm khoảng 39,9%, 5,2%, 43,9% và 10,0% tương ứng với các DEM giảm độ phân giải 20m và 30m ở tỉnh Nghệ An (bộ dữ liệu D1 và D2), DEM lấy mẫu 5m ở tỉnh Lạng Sơn (bộ dữ liệu S1) và DEM lấy mẫu 30m ở Đắc Hà, Việt Nam (bộ dữ liệu S2). Các giá trị sai số trung phương tổng thể của DEM sau khi tăng độ phân giải theo mô hình HNN nhỏ hơn so với các DEM được tạo ra theo phương pháp tái chia mẫu song tuyến, Bi-cubic và Kriging, đặc biệt là đối với các bộ dữ liệu DEM 5m và 20m.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Nghiên cứu này đã đề xuất, thử nghiệm và đánh giá một phương pháp mới nhằm tăng độ phân giải không gian và nâng cao độ chính xác cho dữ liệu DEM dạng grid bằng thuật toán sử dụng mạng nơ-ron Hopfield – một trong những ứng dụng rất phổ biến của Trí tuệ nhân tạo AI. Các kết quả đánh giá độ chính xác cả bằng quan sát trực quan và các dữ liệu thống kê cho thấy phương pháp được đề xuất cho kết quả tốt hơn các phương pháp đang được sử dụng hiện nay trong việc tăng độ phân giải và độ chính xác của mô hình số độ cao dạng grid.

Kiến nghị và hướng nghiên cứu tiếp theo

Dựa trên kết quả của thuật toán, tác giả mong muốn được tiếp tục hỗ trợ để có thể xây dựng các module phần mềm cho phép ứng dụng thuật toán HNN trên thực tế trong việc nâng cao độ chính xác dữ liệu mô hình số độ cao dạng grid và các dữ liệu độ cao có dạng tương tự, nghiên cứu mở rộng thuật toán khi có thêm các nguồn thông tin khác có thể hỗ trợ việc hiệu chỉnh độ cao của mô hình mới, hoặc cho phép trộn các nguồn dữ liệu độ cao khác nhau để tạo ra mô hình số độ cao có độ chính xác cao hơn dữ liệu ban đầu, đủ độ chính xác cho các lĩnh vực có sử dụng mô hình số độ cao như nghiên cứu trượt lở, xây dựng mô hình dòng chảy thủy văn, v.v.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- Bùi Công Cường. (2001). Kiến thức cơ sở của hệ mờ. In B. C. C. N. D. Phước (Ed.), *Hệ mờ, mạng nơ ron và ứng dụng* (pp. 9-35). Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, 2001, Hà Nội.
- Diệu, T. B., Nguyen, V., Hùng, H., Phương, Đ., Nhu, V.-H., Trung Anh, T., & Quang Minh, N. (2016). *Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV)*. Báo cáo tại Hội nghị khoa học Đo đạc-Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu, 7/2016, Hà Nội.
- Kiệt, T. A. (2000). *Phương pháp đo ảnh giải tích và đo ảnh số*. Đại học Mỏ-Địa chất, 2000, Hà Nội.
- Lê Tuấn Anh, T. Đ. T., Phạm Văn Tuấn, Lê Đình Hiền. (2018). *Ứng dụng công nghệ tích hợp Lidar và chụp ảnh hàng không (Citymapper - Leica) trong thu nhận, xử lý và thành lập dữ liệu không gian địa lý*. Báo cáo tại Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ, 2018, Hà Nội.

Tiếng Anh

- (CRIP), C. R. I. P. (2014). Introduction for Digital Elevation Models. *Caribbean Handbook on Risk Information Management*. Retrieved from <http://charim.net/datamanagement/32>
- Ackermann, F. (1996). Techniques and strategies for DEM generation. *Digital photogrammetry: An addendum to the manual of photogrammetry*, 135-141.
- Anderson, J. A. (1977). Neural models with cognitive implications. *Basic processes in reading: Perception and comprehension*, 27-90.
- ASPRS. (2015). ASPRS positional accuracy standards for digital geospatial data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 81(3), 1-26.

- De Floriani, L., & Magillo, P. (2018). Digital Elevation Models. In L. Liu & M. T. Özsu (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems* (pp. 1078-1083). New York, NY: Springer New York.
- Genitha, C. H., & Vani, K. (2010, 2010). *Super resolution mapping of satellite images using hopfield neural networks*.
- Gorokhovich, Y., & Voustianiouk, A. (2006). Accuracy assessment of the processed SRTM-based elevation data by CGIAR using field data from USA and Thailand and its relation to the terrain characteristics. *Remote Sensing of Environment*, *104*(4), 409-415.
- Hopfield, J. J. (1984). Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons. *Proceedings of the national academy of sciences*, *81*(10), 3088. doi:10.1073/pnas.81.10.3088
- Lin, J.-W. (2017). Artificial Neural Network Related to Biological Neuron Network: A Review. *Advanced Studies in Medical Sciences*, *5*(1), 55-62.
- Ling, F., Du, Y., Xiao, F., Xue, H., & Wu, S. (2010). Super-resolution land-cover mapping using multiple sub-pixel shifted remotely sensed images. *International Journal of Remote Sensing*, *31*(19), 5023-5040.
- Minh, N. Q. (2011). Image smoothing of multispectral imagery based on the HNN and geo-statistics. *Yaogan Xuebao- Journal of Remote Sensing*, *15*(3), 640-644.
- Nguyen, Q. M., Atkinson, P. M., & Lewis, H. G. (2011). Super-resolution mapping using Hopfield neural network with panchromatic imagery. *International Journal of Remote Sensing*, *32*(21), 6149-6176.
- Tatem, A. J., Lewis, H. G., Atkinson, P. M., & Nixon, M. S. (2001). Multiple-class land-cover mapping at the sub-pixel scale using a Hopfield neural network. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *3*(2), 184-190.