

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

-----\*\*\*-----

**ĐỖ THỊ PHƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC PHƯƠNG PHÁP  
NỘI SUY ẢNH VIỄN THÁM CHO BÀI TOÁN PHÂN  
LOẠI LỚP PHỦ ĐỘ THỊ TẠI VIỆT NAM**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN**

**Hà Nội 2017**

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

-----\*\*\*-----

**ĐỖ THỊ PHƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐÁNH GIÁ CÁC PHƯƠNG PHÁP  
NỘI SUY ẢNH VIỄN THÁM CHO BÀI TOÁN PHÂN  
LOẠI LỚP PHỦ ĐỘ THỊ TẠI VIỆT NAM**

**Ngành: Công Nghệ Thông Tin**

**Chuyên ngành: Quản lý Hệ thống Thông tin**

**Mã số: 8480205**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. BÙI QUANG HÙNG**

**Hà Nội 2017**

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành được luận văn này, tôi xin trân trọng cảm ơn thầy giáo hướng dẫn TS Bùi Quang Hưng đã tận tình định hướng nghiên cứu, hướng dẫn và tạo điều kiện cho tôi được tham gia các buổi thảo luận liên quan đến nội dung nghiên cứu.

Trân trọng cảm ơn cô giáo Nguyễn Thị Nhật Thanh, anh Phạm Đức Dũng, bạn Mẫn Đức Chúc cùng các thầy cô giáo và các bạn tại trung tâm FIMO – ĐH Công Nghệ - ĐH Quốc Gia Hà Nội đã rất tận tình giúp đỡ, đóng góp ý kiến cho quá trình nghiên cứu và làm luận văn của tôi.

Với điều kiện thời gian cũng như kiến thức học thuật còn hạn chế, luận văn của tôi không thể tránh được những thiếu sót. Tôi rất mong nhận được sự chỉ bảo, đóng góp ý kiến của các thầy cô để tôi có điều kiện bổ sung, hoàn thiện luận văn.

Công trình này được tài trợ một phần từ nhiệm vụ quản lý Nhà nước và bảo vệ môi trường của ĐHQGHN năm 2017, nhiệm vụ: "Xây dựng hệ thống thu thập, xử lý, phân tích số liệu đa nguồn để đánh giá biến động lớp phủ mặt đất và chất lượng không khí", mã số nhiệm vụ QMT.17.03.

*Hà Nội, ngày 12 tháng 12 năm 2017*

Học viên

Đỗ Thị Phương

## LỜI CAM ĐOAN

Trong quá trình làm luận văn với nội dung “Nghiên cứu và đánh giá các phương pháp nội suy ảnh viễn thám cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam”, tuy còn nhiều hạn chế và khó khăn trong việc nghiên cứu, nhưng đến nay luận văn của tôi đã hoàn thành với sự giúp đỡ của thầy giáo hướng dẫn TS Bùi Quang Hưng, các thầy cô giáo và các bạn tại trung tâm FIMO, trường ĐH Công Nghệ - ĐH Quốc Gia Hà Nội.

Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung trong luận văn là do tôi tự tìm hiểu, tra cứu các thông tin từ một số sách và tài liệu tham khảo có nội dung liên quan đến đề tài một cách độc lập. Các thông tin trích dẫn trong luận văn đã được trích dẫn nguồn gốc rõ ràng và được phép công bố.

Cho đến nay nội dung, các số liệu và kết quả nghiên cứu luận văn này của tôi chưa từng được công bố hay xuất bản dưới bất kỳ hình thức nào.

Hà Nội, ngày 10 tháng 10 năm 2017

Người cam đoan

Đỗ Thị Phương

## MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN.....	1
LỜI CAM ĐOAN .....	2
DANH MỤC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT TRONG LUẬN VĂN .....	5
DANH MỤC BẢNG BIỂU .....	6
DANH MỤC HÌNH VẼ .....	7
PHẦN MỞ ĐẦU .....	8
<b>1. CHƯƠNG I. TỔNG QUAN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Tổng quan về dữ liệu viễn thám.....	10
1.1.1. Nguyên lý thu nhận dữ liệu viễn thám.....	10
1.1.2 Phân loại viễn thám .....	12
1.1.3 Các đặc trưng cơ bản của ảnh viễn thám .....	13
1.1.4 Một số loại dữ liệu viễn thám nghiên cứu trong luận văn .....	15
1.1.5 Một số vấn đề trong tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh.....	18
1.2 Bài toán phân loại lớp phủ đô thị ở Việt Nam và các vấn đề trong tiền xử lý dữ liệu ảnh đầu vào .....	20
1.2.1 Dữ liệu đầu vào trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam .....	21
1.2.2 Các vấn đề trong tiền xử lý ảnh bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam.....	22
1.3. Bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn .....	23
1.3.1 Một số nghiên cứu về phương pháp nội suy.....	23
1.3.2 Bài toán nghiên cứu .....	25
1.3.3 Ý nghĩa khoa học .....	26
1.3.4 Ý nghĩa thực tiễn.....	26
1.4. Kết luận .....	26
<b>2. Chương 2 CÁC PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY ẢNH .....</b>	<b>28</b>
2.1 Các khái niệm trong nội suy ảnh.....	28
2.1.1 Điểm ảnh.....	28
2.1.2 Mức xám của ảnh.....	28
2.1.3 Độ phân giải điểm ảnh.....	28
2.1.4 Quan hệ giữa các điểm ảnh.....	29
2.1.5 Khoảng cách giữa các điểm ảnh .....	30
2.1.6 Khái niệm tái chia mẫu ảnh (Image Resampling) .....	30
2.1.7 Khái niệm nội suy ảnh .....	31
2.2 Một số vấn đề trong nội suy ảnh .....	32

2.3 Một số phương pháp nội suy ảnh.....	33
2.3.1 Nội suy láng giềng gần nhất - Nearest Neighbor Interpolation.....	33
2.3.2 Nội suy song tuyến tính - Bilinear Interpolation.....	35
2.3.3 Nội suy xoắn bậc ba – Cubic Convolution (Bicubic).....	36
2.4 Các chỉ số đánh giá, so sánh chất lượng ảnh.....	37
2.4.1 Sai số bình phương trung bình (MSE).....	37
2.4.2 Tỷ số tín hiệu cực đại/ nhiễu (PSNR).....	38
2.4.3 So sánh sự tương đồng cấu trúc (SSIM).....	38
3. Chương 3. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY ẢNH VỆ TINH.....	40
3.1 Lựa chọn công cụ trong thực nghiệm.....	40
3.2 Thực nghiệm đánh giá tác động của các phương pháp nội suy với ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013 và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA 2010. .....	41
3.2.1. Trích xuất dữ liệu khu vực Việt Nam.....	42
3.2.2 Thực nghiệm và đánh giá kết quả.....	42
3.3. Đánh giá tác động của các kỹ thuật nội suy trong tiền xử lý dữ liệu ảnh viễn thám đến kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam.....	49
3.3.1 Tính toán ngưỡng phân lớp và thực nghiệm.....	50
3.3.2 Kết quả.....	54
KẾT LUẬN.....	56
Hạn chế.....	56
Hướng phát triển.....	57
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	58

**DANH MỤC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT TRONG LUẬN VĂN**

FOV	Trường nhìn, góc nhìn (Field of View)
IFOV	Trường nhìn, góc nhìn tức thời (Instantaneous Field Of View)
TIRS	Cảm biến hồng ngoại nhiệt (Thermal Infrared Sensor)
DMSPP – OLS	Chương trình phòng thủ Vệ tinh khí tượng (Defense Meteorological Satellite Program - Operational Linescan System)
NOAA	Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia (National Oceanic and Atmospheric Adminis)
NGDC	Trung tâm Dữ liệu Địa Vật lý Quốc gia (National Geophysical Data Center)
VIIRS/DNB	Ảnh vệ tinh VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite – Day/Night Band)
HGS	Giai đoạn tăng cao (High Gain Stage)
MGS	Giai đoạn tăng trung bình (Medium Gain Stage)
LGS	Giai đoạn tăng thấp (Low Gain Stage)
GLCMNO	Global Land Coverby National Mapping Organizations
NDVI	Chỉ số thực vật (Normalized Difference Vegetation Index)
EstISA	Bề mặt không thấm nước (Impervious Surface Area)
MSE	Sai số trung bình bình phương (Mean Squared Error)
PSNR	Tỷ số tín hiệu cực đại/nhiều (Peak Signal to Noise Ratio)
SNR	Tỉ số tín hiệu nhiễu (signal-to-noise ratio)
SSIM	Chỉ số sự tương đồng cấu trúc (Structural Similarity Index)

## DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 1.1 Một số thông số của vệ tinh DMSP-OLS [12].....	16
Bảng 1.2 Dữ liệu sử dụng trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng. ....	21
Bảng 3.1 Một số hàm và thư viện sử dụng.....	42
Bảng 3.2 Đánh giá trực quan các ảnh sau nội suy.....	46
Bảng 3.3 Dữ liệu đầu vào bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng .....	49
Bảng 3.4: Bảng lược đồ Histogram tính ngưỡng cho từng phương pháp nội suy ảnh đối với dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013 .....	52
Bảng 3.5 Bảng lược đồ Histogram tính ngưỡng cho từng phương pháp nội suy ảnh đối với dữ liệu ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA 2010 .....	53
Bảng 3.6: Kết quả đánh giá tác động của các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh trong tiền xử lý dữ liệu với kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam.....	54
Biểu đồ 3.1 So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số SSIM.....	44
Biểu đồ 3.2: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số MSE – PSNR .....	44
Biểu đồ 3.3: So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số SSIM .....	45
Biểu đồ 3.4: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số MSE, PSNR .....	45



## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Sơ đồ hệ thống viễn thám.....	11
Hình 1.2: Minh họa thông số FOV và IFOV.....	14
Hình 1.3: Các bước xử lý ảnh vệ tinh thông thường.....	18
Hình 1.4: Quy trình tiền xử lý dữ liệu bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng.....	22
Hình 2.1: Minh họa ảnh có độ phân giải tăng dần.....	28
Hình 2.2: Minh họa bốn điểm láng giềng theo chiều đứng và ngang của điểm $P(i,j)$ ..	29
Hình 2.3: Minh họa bốn điểm láng giềng theo đường chéo của điểm $P(i,j)$ .....	29
Hình 2.4: Minh họa tám điểm láng giềng của $P(i,j)$ .....	29
Hình 2.5: Minh họa quá trình nội suy.....	31
Hình 2.6: Minh họa việc sử dụng phương pháp nội suy trong nắn chỉnh ảnh.....	32
Hình 2.7: Minh họa nội suy láng giềng gần nhất.....	34
Hình 2.8 Minh họa việc tính toán điểm ảnh mới $(u,v)$ bằng phương pháp nội suy láng giềng gần nhất.....	34
Hình 2.9: Minh họa nội suy song tuyến tính.....	35
Hình 2.10: Nội suy song tuyến tính cho điểm $P(x,y)$ .....	35
Hình 2.11: Minh họa nội suy xoắn bậc ba.....	36
Hình 2.12: Mô tả việc tính toán trong nội suy xoắn bậc ba.....	37
Hình 3.1: Chu trình thực nghiệm các phương pháp nội suy ảnh với ảnh DMSP và ảnh ISA.....	41
Hình 3.2 Chu trình bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng. Sử dụng các phương pháp nội suy ảnh trong tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP và ISA.....	50
Hình 3.3 Bản đồ lớp phủ đô thị Việt Nam, sử dụng phương pháp nội suy Bilinear tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS 2013 và EstISA 2010.....	55
Hình 3.4 Trích xuất khu vực Hà Nội bản đồ lớp phủ đô thị tại Việt Nam, kết quả cho từng phương pháp nội suy ảnh vệ tinh đầu vào.....	55

## PHẦN MỞ ĐẦU

Khoa học viễn thám ngày càng phát triển cùng với những thành tựu khoa học kỹ thuật về công nghệ vũ trụ, công nghệ điện tử, tin học. Các đối tượng nghiên cứu của khoa học viễn thám cũng trở nên đa dạng hơn về sự vật, hiện tượng xảy ra trên trái đất.

Việc trích chọn các đặc điểm, phân tích và giải đoán ảnh vệ tinh đem lại nhiều ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau: Giám sát môi trường; giám sát sự biến đổi khí hậu; ứng dụng trong nông nghiệp; trong quản lý tài nguyên thiên nhiên; trong khí tượng học; lập bản đồ chuyên đề,...

Một trong những ứng dụng ảnh vệ tinh được quan tâm hiện nay là nó giúp xây dựng bản đồ phân loại lớp phủ đô thị. Đem đến một hướng theo dõi, giám sát mới đối với quản lý, quy hoạch và xây dựng chiến lược phát triển đô thị.

Tuy nhiên, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố trong quá trình thu nhận ảnh, ảnh vệ tinh thường bị nhiễu, méo hình học hay mất dữ liệu,.. Trong các bài toán thực tế thường cần sử dụng nhiều dữ liệu vệ tinh, đa nguồn, đa độ phân giải. Yêu cầu tiền xử lý dữ liệu đầu vào, đưa về cùng độ phân giải.

Do đó, các phương pháp nội suy ảnh hiện đang được áp dụng trong nhiều bài toán giúp xử lý ảnh đầu vào, hiệu chỉnh các ảnh vệ tinh, tăng độ phân giải ảnh giúp nâng cao chất lượng hình ảnh.

Việc áp dụng các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh cũng mang nhiều ý nghĩa về mặt kinh tế trong thực tiễn. Bởi các nguồn ảnh viễn thám có độ phân giải cao thường có giá thành cao hơn rất nhiều so với ảnh viễn thám có độ phân giải thấp (thường có giá rẻ hoặc được cung cấp miễn phí).

Bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng, có dữ liệu đầu vào là bản đồ mật độ dân số Việt Nam, ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS, ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA, ảnh vệ tinh chỉ số thực vật và ảnh vệ tinh bề mặt chứa nước. Với kết quả là bản đồ lớp phủ đô thị ở Việt Nam độ phân giải 500m.

Trong đó, hai dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA có độ phân giải 1km. Cần áp dụng các phương pháp nội suy ảnh trong tiền xử lý dữ liệu, tăng độ phân giải ảnh lên 500m.

Xuất phát từ thực tế trên, luận văn lựa chọn đề tài “**Nghiên cứu và đánh giá các phương pháp nội suy ảnh viễn thám cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam**” với nhiều ý nghĩa trong khoa học và thực tiễn.

***Luận văn gồm 3 phần chính:***

Chương 1: Tìm hiểu khái quát về ảnh vệ tinh, các đặc trưng cơ bản của ảnh vệ tinh. Bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng và các vấn đề đặt ra trong tiền xử lý dữ liệu. Bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn, ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn.

Chương 2: Tìm hiểu khái niệm nội suy ảnh, đặc điểm của quá trình nội suy ảnh, các phương pháp nội suy phổ biến bao gồm: Nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba. Các chỉ số đánh giá, so sánh chất lượng ảnh.

Chương 3: Tiến hành thực nghiệm, đánh giá tác động của quá trình nội suy đối với ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA. Áp dụng các phương pháp nội suy ảnh trong quá trình tiền xử lý 02 dữ liệu này trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị. Tính toán lại ngưỡng phân lớp phù hợp với từng phương pháp nội suy ảnh. So sánh, đánh giá và đề xuất phương pháp nội suy ảnh vệ tinh phù hợp nhất đối với bài toán.

**Kết quả và ý nghĩa của luận văn**

Luận văn đã đánh giá được tác động của quá trình nội suy đối với 02 dữ liệu vệ tinh ảnh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh bề mặt không thấm nước EstISA. Đây là 02 dữ liệu vệ tinh có độ phân giải thấp (1km), nhưng đã và đang có nhiều ứng dụng trong nghiên cứu và thực tế. Đặc biệt, dữ liệu ảnh vệ tinh EstISA là dữ liệu vệ tinh bề mặt không thấm nước toàn cầu duy nhất hiện nay. Việc đánh giá và áp dụng nội suy tăng độ phân giải đối với 2 dữ liệu vệ tinh này giúp quá trình phân tích và giải đoán có kết quả tốt hơn.

Với kết quả đánh giá tính chính xác của bài toán phân loại lớp phủ đô thị qua chỉ số F1 Score = 0.9842, luận văn đề xuất áp dụng phương pháp nội suy song tuyến tính hoặc nội suy xoắn bậc ba trong tiền xử lý dữ liệu, tăng độ phân giải ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh bề mặt không thấm nước EstISA đầu vào của bài toán.

## 1. CHƯƠNG I. TỔNG QUAN

### 1.1. Tổng quan về dữ liệu viễn thám

Viễn thám (Remote Sensing) được định nghĩa là khoa học nghiên cứu các phương pháp thu thập, đo lường và phân tích thông tin của vật thể quan sát mà không cần tiếp xúc trực tiếp với chúng [7].

Điều này được thực hiện nhờ việc quan sát và thu nhận năng lượng phản xạ, bức xạ từ các đối tượng quan sát và sau đó phân tích, xử lý, ứng dụng những thông tin đó.

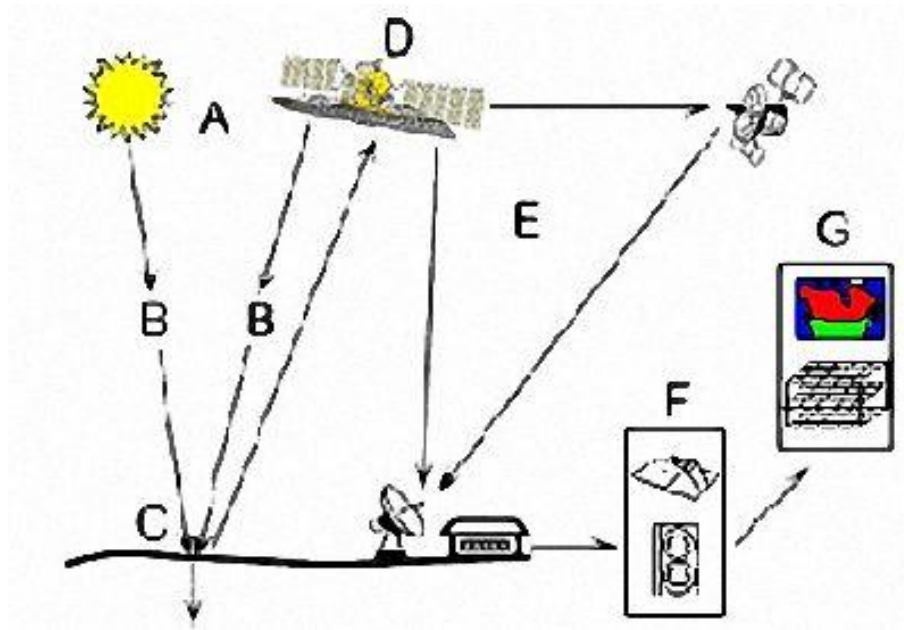
Viễn thám ngày càng phát triển cùng với những thành tựu khoa học kỹ thuật về công nghệ vũ trụ, công nghệ điện tử, tin học. Các đối tượng nghiên cứu của khoa học viễn thám cũng trở nên đa dạng hơn về sự vật, hiện tượng xảy ra trên trái đất với các ứng dụng tại nhiều lĩnh vực khác nhau.

Với các đặc trưng cơ bản như độ phân giải thời gian, độ phân giải không gian, độ phân giải bức xạ,... ảnh vệ tinh có nhiều ứng dụng trong việc giải quyết các bài toán thực tế như: Giám sát môi trường (theo dõi và cảnh báo ô nhiễm không khí); giám sát sự biến đổi khí hậu (theo dõi quá trình nóng lên trên toàn cầu, băng tan,...); trong nông nghiệp (theo dõi, giám sát cây trồng, dự báo năng suất, nguy cơ sỏi mòn đất); trong quản lý tài nguyên thiên nhiên (tài nguyên đất, rừng, biển,...), trong khí tượng học (dự báo thời tiết, động lực học khí quyển), lập bản đồ chuyên ngành (bản đồ sử dụng đất, bản đồ địa hình, bản đồ dân cư); theo dõi biến động của quá trình đô thị hóa với việc sử dụng đất, ước tính lượng điện năng tiêu thụ,...

#### 1.1.1. Nguyên lý thu nhận dữ liệu viễn thám

Viễn thám là công nghệ nhằm xác định và nhận biết đối tượng hoặc các điều kiện môi trường thông qua những đặc trưng riêng về phản xạ và bức xạ.

Sóng điện từ được phản xạ hoặc bức xạ từ vật thể là nguồn cung cấp thông tin chủ yếu về đặc tính của đối tượng [7]. Ảnh viễn thám sẽ cung cấp thông tin về các vật thể tương ứng với năng lượng bức xạ ứng với từng bước sóng đã xác định. Đo lường và phân tích năng lượng phản xạ phổ ghi nhận bởi ảnh viễn thám cho phép tách thông tin hữu ích về từng loại lớp phủ mặt đất khác nhau do sự tương tác giữa bức xạ điện từ và vật thể.



Hình 1.1 Sơ đồ hệ thống viễn thám

**Một hệ thống viễn thám bao gồm bảy yếu tố liên quan dưới đây:**

- Nguồn năng lượng hay nguồn chiếu sáng (A)**- yêu cầu đầu tiên đối với hệ thống viễn thám là cần có một nguồn năng lượng giúp chiếu sáng hoặc cung cấp năng lượng điện cho đối tượng mục tiêu. Nguồn năng lượng chính thường sử dụng trong viễn thám là bức xạ mặt trời [9].
- Sự bức xạ và khí quyển (B)** – nguồn năng lượng đi từ nguồn phát đến đối tượng mục tiêu, nó sẽ tiếp xúc và tương tác với lớp khí quyển mà nó đi qua. Sự tương tác này có thể xảy ra lần thứ 2 khi năng lượng truyền từ đối tượng mục tiêu đến bộ cảm biến [9].
- Sự tương tác với các đối tượng mục tiêu trên mặt đất (C)** – khi năng lượng xuyên qua lớp khí quyển và tiếp xúc với mục tiêu, sự tương tác giữ nó và mục tiêu phụ thuộc vào đặc tính của đối tượng mục tiêu và sóng điện từ. Năng lượng phản xạ hay bức xạ của các đối tượng khác nhau là khác nhau [9].
- Bộ ghi tại bộ cảm biến – Sensor (D)** - năng lượng của sóng điện từ do các vật thể phản xạ hay bức xạ được bộ cảm biến đặt trên vật mang thu nhận và ghi lại. Bộ cảm biến có thể là các máy chụp ảnh hoặc máy quét. Phương tiện mang các bộ cảm biến được gọi là vật mang (máy bay, khinh khí cầu, tàu con thoi hoặc vệ tinh...) [9].
- Bộ chuyển đổi, tiếp nhận và xử lý (E)** – dữ liệu ghi nhận được từ bộ cảm biến sẽ được truyền đi (thường dưới dạng mẫu điện tử - electronic form) tới trạm thu nhận và xử lý dữ liệu – nơi dữ liệu được xử lý thành một ảnh (dạng hardcopy hoặc ảnh kỹ thuật số) [9].

- f) **Giải đoán và phân tích (F)**- hình ảnh thu nhận sẽ được giải đoán và phân tích bằng các chương trình tự động hoặc dựa trên kinh nghiệm của chuyên gia nhằm trích xuất các thông tin về đối tượng mục tiêu [9].
- g) **Ứng dụng (G)**- Các thông tin được trích xuất sẽ giúp chúng ta hiểu rõ về đối tượng mục tiêu nhằm đưa ra ứng dụng giải quyết các vấn đề cụ thể [9].

### 1.1.2 Phân loại viễn thám

#### a. Phân loại theo nguồn tín hiệu

- Viễn thám chủ động (active): được cung cấp một năng lượng riêng, nguồn tia tới là tia sáng phát ra từ các thiết bị nhân tạo, thường là các máy phát đặt trên các thiết bị bay [7]. Ví dụ về viễn thám chủ động: Các hệ thống Radar, và Lidar đều là loại viễn thám chủ động
- Viễn thám bị động (passive): nguồn phát bức xạ là mặt trời hoặc từ các vật chất tự nhiên [7].

#### b. Phân loại theo đặc điểm quỹ đạo

Căn cứ vào đặc điểm quỹ đạo vệ tinh, có thể chia ra hai nhóm vệ tinh là:

- **Vệ tinh địa tĩnh** là vệ tinh có tốc độ góc quay bằng tốc độ góc quay của trái đất trong vòng một ngày đêm nghĩa là vị trí tương đối của vệ tinh so với trái đất là đứng yên [7].
- **Vệ tinh quỹ đạo cực (hay gần cực)** là vệ tinh có quỹ đạo nghiêng một góc gần  $90^\circ$  so với mặt phẳng xích đạo của trái đất [7]. Góc nghiêng đó gần như không đổi trong suốt quá trình hoạt động.

Tốc độ quay của vệ tinh khác với tốc độ quay của trái đất và được thiết kế riêng sao cho thời gian thu ảnh trên mỗi vùng lãnh thổ trên mặt đất là cùng giờ địa phương và thời gian thu lặp lại là cố định đối với 1 vệ tinh [7]. Vệ tinh quỹ đạo không quan sát được thường xuyên liên tục như đối với vệ tinh tĩnh, nhưng độ cao gần trái đất hơn nên cho thông tin chi tiết hơn.

Các tham số về quỹ đạo (độ cao, góc nghiêng,...) của hai loại vệ tinh được xác định dựa vào những yếu tố quan trắc, cơ học quỹ đạo và các nghiên cứu về kỹ thuật.

#### c. Phân loại theo bước sóng

- Viễn thám trong dải sóng nhìn thấy ( $\lambda = 0,4 \div 0,7\mu m$ ) và hồng ngoại ( $\lambda = 0,7 \div 3\mu m$ ) sử dụng nguồn năng lượng chủ yếu là bức xạ mặt trời.
- Viễn thám hồng ngoại nhiệt ( $\lambda = 3 \div 4\mu m$ ): là phương pháp ghi nhận các bức xạ nhiệt ở dải sóng hồng ngoại nhiệt (từ 3 đến 14  $\mu m$ ). Vì bức xạ nhiệt có cường độ yếu, lại bị hấp thụ mạnh bởi khí quyển, nên để thu các tín hiệu nhiệt cần có thiết bị quét nhiệt với độ nhạy cao.

- Viễn thám siêu cao tần: Viễn thám siêu cao tần sử dụng bức xạ siêu cao tần có bước sóng từ một đến vài chục centimet.

### 1.1.3 Các đặc trưng cơ bản của ảnh viễn thám

#### 1.1.3.1 Khái niệm ảnh số

Ảnh số được biểu diễn bởi một mảng hai chiều tập hợp hữu hạn các điểm ảnh (pixel) có cùng kích thước với mức xám phù hợp dùng để mô tả ảnh gần với ảnh thật. Mỗi điểm ảnh được xác định bởi tọa độ hàng (m), cột (n) và giá trị mức xám (g) [8]. Tọa độ hàng và cột của mỗi pixel đều là các số nguyên.

Số điểm ảnh xác định độ phân giải của ảnh. Ảnh có độ phân giải càng cao thì càng thể hiện rõ nét các đặc điểm của tấm hình càng làm cho tấm ảnh trở nên thực và sắc nét hơn.

#### 1.1.3.2 Khái niệm ảnh vệ tinh

Ảnh vệ tinh hay còn gọi là ảnh viễn thám thường được lưu dưới dạng ảnh số, trong đó năng lượng sóng phản xạ (theo vùng phổ đã được xác định trước) từ các vị trí tương ứng trên mặt đất, được bộ cảm biến thu nhận và chuyển thành tín hiệu số xác định giá trị độ sáng của mỗi pixel. Ứng với các giá trị này, mỗi pixel sẽ có độ sáng khác nhau thay đổi từ đen đến trắng để cung cấp thông tin về các vật thể. Tùy chọn vào kênh phổ được sử dụng, ảnh vệ tinh được ghi lại theo những dải phổ khác nhau (từ cực tím đến sóng radio) nên người ta gọi là dữ liệu đa phổ, đa kênh, đa băng tần hoặc nhiều lớp.

#### 1.1.3.3 Độ phân giải không gian

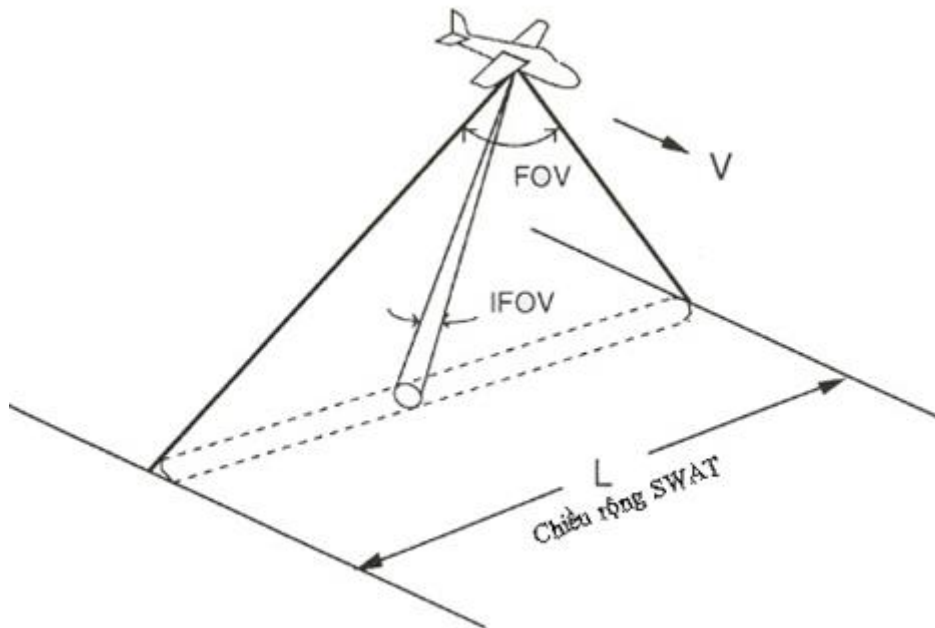
Độ phân giải không gian cho ta biết diện tích nhỏ nhất trên mặt đất mà bộ cảm có thể phân biệt được. Ảnh có độ phân giải không gian càng cao khi có kích thước của pixel càng nhỏ. Độ phân giải không gian cũng được gọi là độ phân giải mặt đất khi hình chiếu của một pixel tương ứng với một đơn vị chia mẫu trên mặt đất. Ví dụ khi nói rằng ảnh vệ tinh có kích thước pixel là 20 x 20m có nghĩa là một pixel trên ảnh tương ứng với diện tích 20x20m trên mặt đất [9].

Độ phân giải không gian của một ảnh vệ tinh được quyết định bởi hai thông số góc nhìn FOV và góc nhìn tức thì IFOV – được thiết kế sẵn cho mỗi đầu thu.

Như hình 1.2, thông số FOV cho ta thấy được phạm vi không gian mà đầu thu có thể thu nhận được sóng điện từ từ đối tượng. Vệ tinh có góc nhìn lớn thì thu được ảnh càng rộng.

Thông số IFOV đặc trưng cho phạm vi không gian mà đầu thu vệ tinh có thể nhận được sóng điện từ, ở một độ cao nhất định tại một thời điểm cụ thể. Đầu thu sẽ không xác định được các đối tượng nhỏ hơn trong góc nhìn IFOV. Khu vực mà đầu thu IFOV thu nhận được trên mặt đất xác định độ phân giải không gian tối đa của đầu thu. Các giá trị bức xạ của đối tượng mà góc nhìn IFOV thu nhận được trong cùng một thời

điểm và mang một giá trị được ghi nhận là một điểm ảnh. Góc IFOV càng nhỏ thì khả năng phân biệt các đối tượng trong không gian càng lớn, nghĩa là giá trị pixel càng nhỏ và phạm vi ảnh ghi nhận được càng hẹp [7].



Hình 1.2: Minh họa thông số FOV và IFOV

#### 1.1.3.4 Độ phân giải quang phổ

Các đối tượng khác nhau dưới mặt đất phản xạ các bước sóng điện từ khác nhau, vì thế các đối tượng mặt đất thuộc cùng một lớp sẽ có phổ (độ đen) khác nhau trong các băng phổ khác nhau. Các đối tượng thuộc các lớp khác nhau cũng sẽ có phổ khác nhau trên cùng một băng phổ [7]...

Ngoài ra, không phải toàn bộ giải sóng điện từ được sử dụng trong việc thu nhận ảnh viễn thám. Thông thường, tùy thuộc vào mục đích thu thập thông tin, mỗi loại đầu thu được thiết kế để có thể thu nhận sóng điện từ trong một số khoảng bước sóng nhất định. Các khoảng bước sóng này được gọi là các kênh ảnh.

Như vậy, ảnh chụp đối tượng trên các kênh khác nhau sẽ khác nhau. Điều này có nghĩa là ảnh được thu trên càng nhiều kênh thì càng có nhiều thông tin về đối tượng được thu thập. Số lượng kênh ảnh được gọi là độ phân giải phổ. Độ phân giải phổ càng cao (càng nhiều kênh ảnh) thì thông tin thu thập từ đối tượng càng nhiều [9].

#### 1.1.3.5 Độ phân giải bức xạ

Độ phân giải bức xạ của ảnh được định nghĩa là sự thay đổi nhỏ nhất về độ xám có thể phát hiện được bởi bộ thu, thể hiện độ nhạy tuyến tính của bộ cảm biến trong khả năng phân biệt sự thay đổi nhỏ nhất của cường độ phản xạ sóng từ các vật thể. Theo lý thuyết độ phân giải bức xạ của hệ thống viễn thám phụ thuộc vào tỷ số giữa tín hiệu và



hiều. Tuy nhiên, trên thực tế độ phân giải bức xạ của ảnh số được xác định bởi số bậc được sử dụng để biểu diễn giá trị độ xám của mỗi pixel [9]. Hiện nay, người ta sử dụng 8bit (256 bậc) để biểu thị giá trị độ xám của mỗi pixel. Ảnh có độ phân giải bức xạ càng cao thì sử dụng càng nhiều bậc để biểu diễn giá trị độ xám của pixel và cho phép phân biệt được những thay đổi nhỏ hơn về độ xám của các đối tượng.

#### **1.1.3.6 Độ phân giải thời gian**

Vệ tinh viễn thám chuyển động trên quỹ đạo và chụp ảnh Trái đất. Sau một khoảng thời gian nhất định (phụ thuộc vào quỹ đạo, thường mất từ vài ngày đến vài tuần), nó quay lại và chụp lại vùng đã chụp. Khoảng thời gian này gọi là độ phân giải thời gian của ảnh vệ tinh, nó giúp cung cấp thông tin chính xác và giải quyết các bài toán yêu cầu đánh giá về sự biến động của khu vực cần nghiên cứu [9].

### **1.1.4 Một số loại dữ liệu viễn thám nghiên cứu trong luận văn**

#### **1.1.4.1 Ảnh vệ tinh DMSP – OLS**

Từ những năm 1970, lực lượng không quân của Hoa Kỳ đã vận hành chương trình Phòng thủ Vệ tinh khí tượng (Defense Meteorological Satellite Program - DMSP): có 18 vệ tinh quỹ đạo cực quan sát mây và những dạng thời tiết khác trong bước sóng hồng ngoại cũng như trong ánh sáng nhìn thấy được. Năm 1973, vệ tinh DMSP đã có thêm hệ thống OLS (DMSP Operational Linescan System) giúp quan sát Trái Đất cả vào ban đêm [36].

Vệ tinh DMSP-OLS là hệ thống vệ tinh quỹ đạo cực ở độ cao 850m, với khoảng thời gian quỹ đạo khoảng 101 phút. Mục đích chính của các vệ tinh là thu thập dữ liệu về bầu khí quyển, đại dương, và môi trường mặt trời-địa vật lý của Trái Đất.

Hệ thống OLS, một máy đo phóng xạ dao động, theo dõi sự phân bố của đám mây và nhiệt độ trên đám mây mỗi ngày hai lần, một lần trong ngày và một lần vào ban đêm, sử dụng hai dải phổ (bước sóng nhìn thấy và hồng ngoại nhiệt). Nó bao gồm hai kính thiên văn và một ống quang tử (Photo multiplier tube - PMT). PMT có thể phát hiện bức xạ trong vùng bước sóng VIS và hồng ngoại gần 0.47-0.95  $\mu\text{m}$  dưới điều kiện ánh sáng rất yếu, tạo ra những hình ảnh ánh sáng ban đêm [36].

Vệ tinh DMSP-OLS được thiết kế là một máy quét bức xạ với hai dải quang phổ (VIS và TIR) có độ phân giải điểm ảnh là 2,7km, độ rộng của dải quét là 3000km. Dải quang phổ VIS ghi nhận bức xạ nhìn thấy được và cận hồng ngoại, độ rộng tối đa tại nửa cực đại (full-width-half-maximum - FWHM) là 0.58 - 0.91  $\mu\text{m}$ . Dải quang phổ TIR là 10,3-12,9  $\mu\text{m}$ . Độ rộng của dải quét giúp cung cấp dữ liệu toàn cầu bốn lần trong một ngày: bình minh, ban ngày, hoàng hôn và ban đêm. Thời gian chụp ảnh ban đêm là vào 19:30. Dải phổ VIS được đẩy mạnh vào ban đêm bằng một ống quang tử PMT có chức năng thực hiện cảm biến photon (ánh sáng) thành dòng điện và nhân lên

ở mức hàng trăm triệu lần, giúp vệ tinh phát hiện ra các nguồn sáng, các đám mây, ánh đèn thành phố, đám khí cháy, ngọn lửa,...vào ban đêm [35].

Các dữ liệu DMSP-OLS thu được được tính trung bình theo trên bảng bằng cách sử dụng khối  $5 \times 5$ . Ảnh được lượng tử hóa với 6bit. Một số thông số về vệ tinh DMSP-OLS được liệt kê ở bảng 1.1.

Bảng 1.1 Một số thông số của vệ tinh DMSP-OLS [12]

	<b>Vệ tinh DMSP – OLS</b>
Quỹ đạo	Vệ tinh quỹ đạo cực, độ cao khoảng 850km, nghiêng 98,8 độ, chu kì quỹ đạo 102 phút.
Độ rộng của giải quét (Swath)	3000km
Thời điểm chụp ban đêm	~19:30
Tín hiệu ánh sáng yếu	Toàn sắc từ 0.5 - 0.9 $\mu\text{m}$
Vùng phủ trên mặt đất	5km*5km tại điểm thấp nhất
Các dải quang phổ khác	Hồng ngoại nhiệt (10 $\mu\text{m}$ )
Lượng tử hóa	6 bit
Sự bão hòa	Phổ biến ở lõi đô thị
Giới hạn phát hiện ánh sáng yếu nhất	~5E-10 Watts/cm <sup>2</sup> /sr
Hiệu chỉnh	Không cho hình ảnh với ánh sáng yếu

Vào giữa năm 1992, Cục Quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia (National Oceanic and Atmospheric Adminis - NOAA) đã thiết lập một kho lưu trữ kỹ thuật số cho chương trình DMSP tại Trung tâm Dữ liệu Địa Vật lý Quốc gia (National Geophysical Data Center - NGDC). Điều này cho phép sản xuất các hình ảnh kỹ thuật số DMSP-OLS bằng cách kết hợp các dải thu hẹp các dải quỹ đạo thu được vào những thời điểm khác nhau.

NGDC đã phát triển một phương pháp thu thập, chỉnh sửa và tổng hợp một số lượng lớn các bức ảnh ban đêm về đêm của DMSP-OLS và sử dụng chuỗi thời gian để phân biệt các ánh sáng nhân tạo chiếu ổn định được sản xuất bởi các thành phố, thị trấn và

các cơ sở công nghiệp với ánh sáng tạm thời như lửa, pháo sáng, tia sét. Ảnh cũng được loại bỏ dữ liệu nhiễu do mây bao phủ.

Các ảnh tổng hợp có độ phân giải 30 giây cung ( $\sim 1000m$ ). Được tổng hợp theo năm (từ năm 1992 – 2013, khi hệ thống DMSP- OLS dừng hoạt động).

Dữ liệu ảnh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS được NOAA tổng hợp đã góp phần cải thiện việc tiếp cận, nghiên cứu và ứng dụng nguồn dữ liệu này, một trong số đó là việc đứng dụng các nghiên cứu về đô thị.

### **Một số các ứng dụng nghiên cứu sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS**

Dữ liệu ánh sáng ban đêm DMSP-OLS có thể được sử dụng để ước tính và cập nhật dữ liệu nhân khẩu học và kinh tế xã hội ở các quốc gia. Giúp nâng cao tính chính xác của cơ sở dữ liệu dân số toàn cầu được phát triển trong Dự án Dân số Toàn cầu của LandScan - LandScan Global Population Project (Theo Dobson và cộng sự, 2000). Dữ liệu ánh sáng ban đêm của DMSP-OLS cũng có mối liên hệ chặt chẽ với tổng sản phẩm quốc nội (GDP) và điện năng tiêu thụ, giúp xác định mức độ phát triển kinh tế của một quốc gia (Elvidge và cộng sự, 1997). Chúng cũng có thể được sử dụng như một công cụ để đo lường khí thải nhà kính (đặc biệt là CO<sub>2</sub>) ở mức cao (Doll, Muller, và Elvidge 2000) [36]....

#### **1.1.4.2 Dữ liệu ảnh bề mặt không thấm nước ISA**

Bộ dữ liệu vệ tinh bề mặt không thấm nước (Impervious Surface Area -ISA) 2010 được xây dựng bởi NOAA. Ví dụ về ISA bao gồm đường xá, bãi đỗ xe, tòa nhà, lối đi bộ, vỉa hè và các bề mặt nhân tạo khác. Bộ dữ liệu bề mặt không thấm nước có giá trị không chỉ cho quản lý, quy hoạch đô thị, ví dụ như xây dựng cơ sở hạ tầng và phát triển đô thị bền vững mà còn cho quản lý môi trường, như đánh giá chất lượng nước, khí thải,...[13]

Phương pháp xây dựng bộ dữ liệu ISA năm 2010 được phát triển từ phương pháp xây dựng bộ dữ liệu cho phiên bản dữ liệu năm 2000-01 cho khu vực bề mặt không thấm nước tại Hoa Kỳ. Đầu vào của quá trình xây dựng bộ dữ liệu ISA bao gồm:

- Ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP/OLS, xây dựng trên lưới 30 giây cung, độ phân giải không gian  $\sim 1km$ , độ phân giải không gian theo năm dương lịch, được thu thập và tổng hợp bởi Trung tâm Dữ liệu Địa Vật lý Quốc gia – NGDC bằng cách loại bỏ các giá trị nhiễu, lấy giá trị trung bình [13] .
- Dữ liệu LandScan 2004 là bộ dữ liệu ước tính phân bố dân cư được tổng hợp bởi Phòng thí nghiệm Quốc gia Oak Ridge, Bộ Năng lượng Hoa Kỳ (The U.S. Department of Energy) [13].

Hai dữ liệu được hiệu chỉnh cùng một lưới với độ phân giải không gian 1km. Dữ liệu ISA được ước lượng thông qua một phương trình hồi quy tuyến tính. Các ô lưới có giá

trị mật độ dân số từ 3 trở lên được đưa vào hồi quy. Các khu vực sân bay, khu vực có mật độ dân số cao (lớn hơn 3000/km<sup>2</sup>) và khu vực có ánh đèn cực sáng (giá trị số DN lớn hơn 800) được loại bỏ khỏi quá trình hồi quy. Phương trình hồi quy [13]:

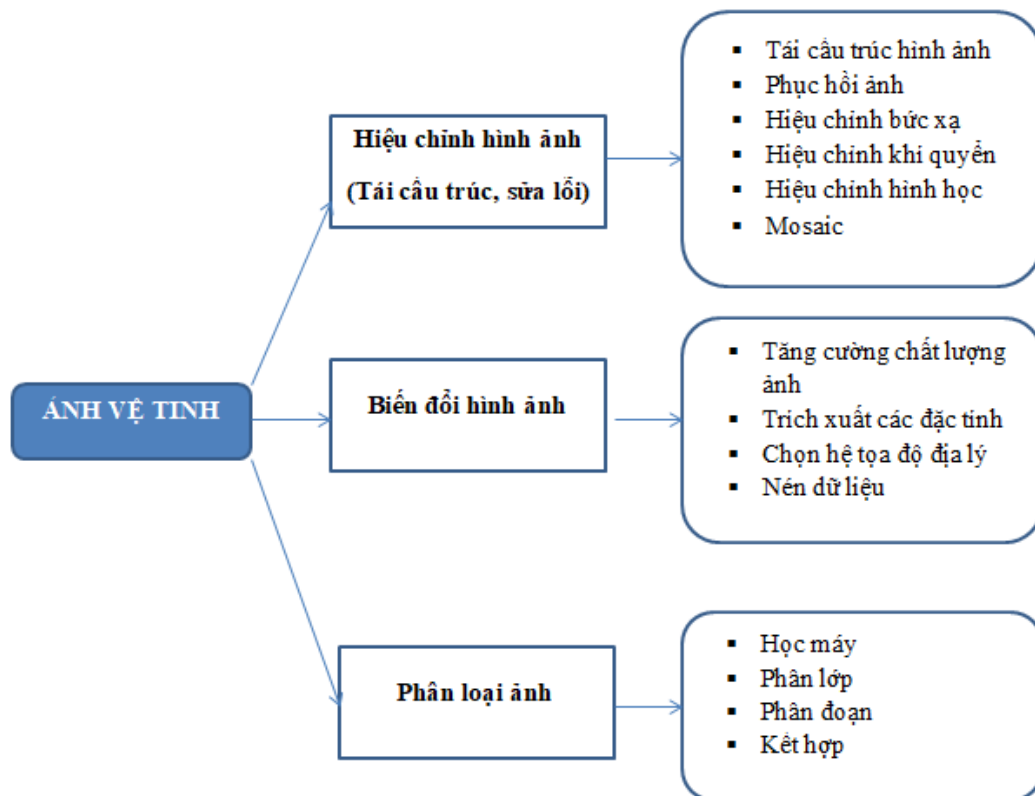
$$\% \text{ bề mặt không thấm nước} = 0.0795 (\text{radiance}) + 0.00868 (\text{population count})$$

Bộ dữ liệu ISA toàn cầu được NOAA tổng hợp có độ phân giải 1km. Theo đó, tổng bề mặt không thấm nước của thế giới ước tính là 579.703 km<sup>2</sup>. Quốc gia có phần trăm bề mặt không thấm nước lớn nhất là Trung Quốc (87.182 km<sup>2</sup>) theo sau là Hoa Kỳ (83.881 km<sup>2</sup>) và Ấn Độ (81.222 km<sup>2</sup>). Đây là bộ sản phẩm dữ liệu ISA toàn cầu duy nhất hiện nay [13].

Một số nghiên cứu ứng dụng dữ liệu ISA như: nghiên cứu sử dụng dữ liệu bề mặt không thấm nước trong phân loại sử dụng đất đô thị bởi Dengsheng Lu và Qihao Weng năm 2006 [14]; Dữ liệu viễn thám bề mặt không thấm nước ở các khu đô thị: Yêu cầu, phương pháp và xu hướng bởi Qihao Weng năm 2012 [21], nghiên cứu phạm vi diện tích bề mặt không thấm nước và thảm thực vật như các chỉ số cho nhiệt độ bề mặt đất đô thị bằng dữ liệu vệ tinh bởi X. Zhang, T. Zhong, K. Wang và Z. Cheng năm 2009 [37],...

### 1.1.5 Một số vấn đề trong tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh

Quá trình tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh thường bao gồm các bước chính: Hiệu chỉnh ảnh, biến đổi ảnh và phân loại hình ảnh.



Hình 1.3: Các bước xử lý ảnh vệ tinh thông thường

- Hiệu chỉnh ảnh: Ảnh chụp vệ tinh thường có các lỗi hình ảnh do nhiều yếu tố như do ảnh hưởng của bộ cảm, vật mang, bầu khí quyển, thời tiết, mặt đất, mây che phủ,... Mục tiêu của quá trình hiệu chỉnh hình ảnh là nhằm chỉnh sửa lỗi, giảm bớt các sai sót trong quá trình thu thập dữ liệu. Bởi các sai lệch trong cấp độ xám của ảnh sẽ gây ảnh hưởng đến quá trình phân tích, diễn giải, trích xuất dữ liệu.
  - Tái cấu trúc ảnh
  - Phục hồi hình ảnh: Chỉnh sửa các lỗi như ảnh bị sọc viền, mất dữ liệu theo dải (lỗi xảy ra khi bộ cảm hoặc quá trình lưu trữ dữ liệu bị lỗi và mất thông tin của một dòng pixel dữ liệu).
  - Hiệu chỉnh bức xạ: quá trình sử dụng các công thức để chuyển đổi giá trị số (DN) của ảnh thành giá trị phản xạ.
  - Hiệu chỉnh khí quyển: loại bỏ các hiệu ứng do khí quyển gây ra (tán xạ, hấp thụ).
  - Hiệu chỉnh hình học: do các yếu tố như đặc tính của bộ cảm, vật mang, sự quay của trái đất,... gây lỗi méo hình học của ảnh vệ tinh (sai lệch về vị trí, tỷ lệ giữa tọa độ ảnh so với thực tế). Quá trình hiệu chỉnh hình học cần lựa chọn lưới chiếu, lựa chọn mô hình, nắn chỉnh ảnh sử dụng các phương pháp nội suy.
  - Mosaic: quá trình kết hợp nhiều ảnh thành 1 ảnh duy nhất.
- Biến đổi hình ảnh: Để đáp ứng nhu cầu sử dụng các hình ảnh có độ phân giải cao cần quá trình nâng cao hình ảnh hoặc các kỹ thuật tăng cường độ tương phản nhằm đem lại hình ảnh có chất lượng tốt hơn. Ảnh cũng cần được chuyển đổi hệ tọa độ phù hợp với các bài toán trong thực tế, nén dữ liệu để tạo bản đồ chuyên đề hoặc cơ sở dữ liệu.
- Phân loại hình ảnh: sử dụng các phương pháp phân lớp, phân đoạn, gắn nhãn, học máy, kết hợp.

Các phương pháp nội suy ảnh thường được áp dụng trong quá trình hiệu chỉnh hình học ảnh vệ tinh, quá trình tăng cường độ phân giải ảnh giúp nâng cao chất lượng hình ảnh, phục vụ phân tích và giải đoán.

Đặc biệt, hiện nay khi nguồn dữ liệu ảnh vệ tinh có độ phân giải cao thường có giá thành quá cao. Sử dụng các phương pháp nội suy tái chia mẫu ảnh từ nguồn dữ liệu vệ tinh có độ phân giải thấp (thường được cung cấp miễn phí hoặc có giá rẻ) nâng cao chất lượng hình ảnh cũng mang nhiều ý nghĩa về mặt kinh tế.

Ngoài ra, trong các bài toán thực tế cần sử dụng nguồn dữ liệu vệ tinh, đa nguồn, đa độ phân giải, áp dụng quá trình nội suy ảnh để đưa về cùng độ phân giải, giúp giải quyết bài toán là điều bắt buộc.

## **1.2 Bài toán phân loại lớp phủ đô thị ở Việt Nam và các vấn đề trong tiền xử lý dữ liệu ảnh đầu vào**

Quá trình đô thị hóa mạnh mẽ cùng với sự gia tăng dân số đã dẫn tới những tác động mạnh mẽ về nhiều mặt ở hầu hết các tỉnh thành ở Việt Nam, đặc biệt là tại các thành phố lớn, các trung tâm văn hóa, chính trị, kinh tế, xã hội của cả nước.

Kết quả của quá trình đô thị hóa không chỉ góp phần đẩy nhanh tốc độ tăng trưởng kinh tế, chuyển dịch cơ cấu kinh tế và cơ cấu lao động mà còn làm thay đổi sự phân bố dân cư và lao động,...Nó cũng gây ra các tác động tiêu cực như ô nhiễm môi trường, tệ nạn xã hội,...

Theo dõi sự biến động về lớp phủ đô thị trên diện rộng và thời gian dài là vấn đề cần thiết cho các cơ quan quản lý, giúp giám sát và có định hướng phát triển phù hợp. Bản đồ phân loại lớp phủ đô thị là cần thiết trong việc mô tả đặc điểm tăng trưởng và phát triển kinh tế của các quốc gia, nó cũng có thể sử dụng hỗ trợ giám sát môi trường, dự đoán tốc độ tăng dân số, điện năng tiêu thụ, hoặc tổng sản phẩm quốc nội (GDP) và để hỗ trợ quy hoạch thành phố.

Trên thế giới, đã có nhiều dự án, nghiên cứu ứng dụng các dữ liệu viễn thám, dữ liệu dân số nhằm xây dựng bản đồ lớp phủ đô thị như:

- Nghiên cứu định lượng lớp phủ đô thị và tác động của nó lên lớp phủ mặt đất tại Trung Quốc bằng cách sử dụng phương pháp phân loại lớp phủ toàn cầu (Global Land Cover by National Mapping Organizations - GLCMNO) và biểu đồ kỹ thuật số (Digital Chart of the World – DCW) bởi Alimujiang Kasimu và Ryutaro Tateishi năm 2010 [10].
- Nghiên cứu phương pháp GLCMNO lập bản đồ đô thị toàn cầu, xác nhận và so sánh với bản đồ đô thị hiện có bởi Alimujiang KASIMU và Ryutaro TATEISHI năm 2008: sử dụng dữ liệu đầu vào là bản đồ mật độ dân số, ảnh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS, ảnh MODIS-NDVI đưa ra bản đồ đô thị toàn cầu, đối chiếu so sánh với các dữ liệu: Landsat ETM+, DMSP, DCW, MOD12Q1, GLC2000, GRUMP [11].
- Nghiên cứu sử dụng dữ liệu bề mặt không thấm nước phân loại lớp phủ đô thị bởi Dengsheng Lu và Qihao Weng năm 2006 với khu vực nghiên cứu là quận Marion (thành phố Indianapolis), Indiana, Hoa Kỳ[14].

Tại Việt Nam, còn khá ít nghiên cứu về phân loại đô thị sử dụng dữ liệu vệ tinh với phạm vi hạn chế, chẳng hạn như:

- Nghiên cứu mối quan hệ giữa nhiệt độ bề mặt và các loại phủ đất sử dụng cảm biến hồng ngoại nhiệt ở thành phố Hồ Chí Minh bởi Trần Thị Vân – Viện Tài Nguyên Môi Trường, ĐHQG HCM năm 2006 [28].

- Nghiên cứu ứng dụng ảnh vệ tinh trong khảo sát sử dụng đất ở thành phố Đà Nẵng với Trần Thị An, Vũ Anh Tuấn, 2008 [27].
- Tối ưu hóa độ phân giải không gian của hình ảnh để phát hiện dạng đô thị: cho trường hợp Pháp và Việt Nam (khu vực nghiên cứu Đà Nẵng) bởi Thi Dong-Binh Tran , Anne Puissant, Dominique Badariotti và Christiane Weber – 2011 [26].

Bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO (Global Land Coverby National Mapping Organizations) mở rộng (cải thiện và tối ưu hóa từ phương pháp GLCMNO cho phù hợp với hiện trạng tại nước ta) được nghiên cứu bởi Phạm Tuấn Dũng, trình bày tại Hội nghị Quốc tế lần thứ 8 KSE (Knowledge and Systems Engineering). Nghiên cứu đưa ra kết quả ra bản đồ lớp phủ đô thị tại Việt Nam cho 2 năm 2008 và 2015 – mang lại nhiều ý nghĩa trong khoa học và thực tiễn hiện nay.

Bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng đã đưa ra định nghĩa lớp phủ đô thị phù hợp với điều kiện phát triển ở Việt Nam bao gồm: khu vực đô thị là nơi có mật độ dân cư tối thiểu là 2000/km<sup>2</sup>, tỷ lệ bề mặt không thấm nước và ánh sáng ban đêm được dựa trên các ngưỡng, lớp thực vật và bề mặt nước thì không được xem xét là đô thị[20].

Cùng với đó phương pháp cũng xác định lại các ngưỡng phân lớp đối với các chỉ số ánh sáng ban đêm, chỉ số thực vật, mật độ dân số, tỉ lệ bề mặt không thấm nước. Việc tính toán ngưỡng được thực hiện trên một tập mẫu điểm ảnh. Số lượng pixel mẫu của mỗi lớp (trừ lớp đô thị) được quyết định bởi phần trăm của các lớp trong phương pháp GLCMNO. Lớp đô thị có mức ưu tiên cao hơn so với các lớp khác trong việc quyết định ngưỡng. Ngưỡng mật độ dân số được dựa trên hệ thống phân loại đô thị ở Việt Nam [20].

### 1.2.1 Dữ liệu đầu vào trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam

Bài toán sử dụng năm dữ liệu ảnh vệ tinh đầu vào bao gồm: bản đồ mật độ dân số, dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm, ảnh vệ tinh chỉ số thực vật NDVI, ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước, ảnh vệ tinh bề mặt chứa nước.

Bảng 1.2 Dữ liệu sử dụng trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng.

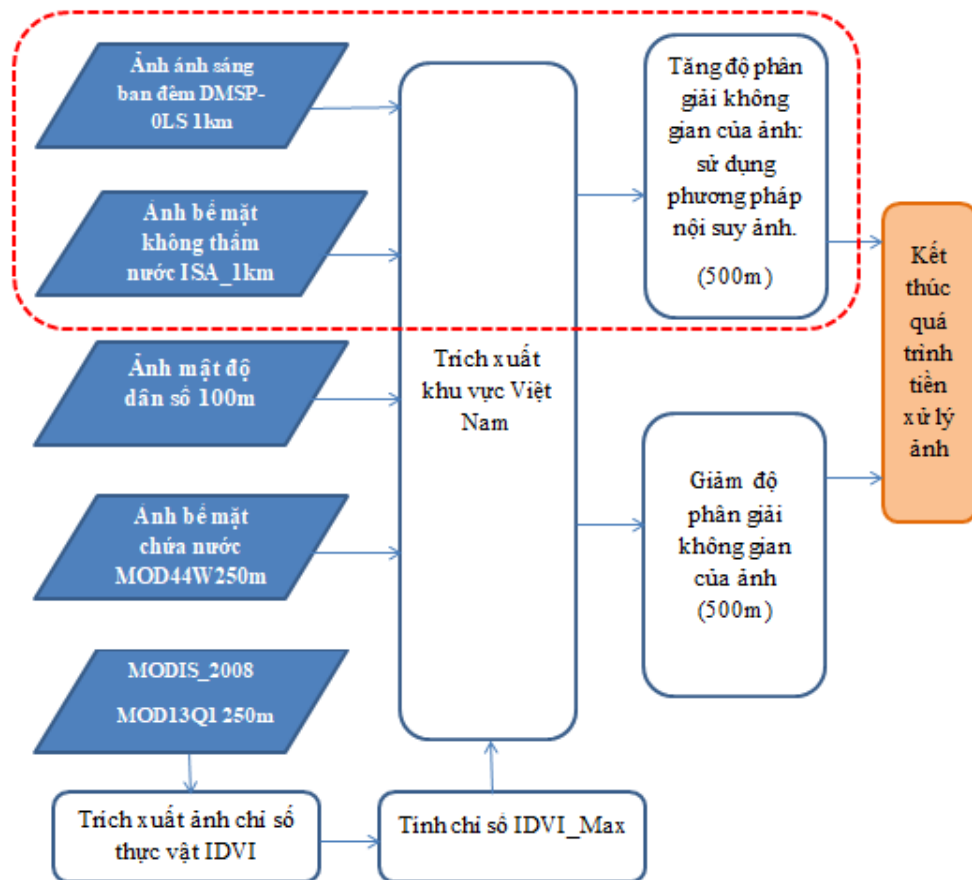
Dữ liệu	Tên viết tắt	Độ phân giải không gian	Độ phân giải thời gian
Bản đồ mật độ dân số	Worldpop	100m	2009
	Worldpop	100m	2015
Dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban	DMSP-OLS	1km	2008

đêm	NPP-VIIRS/ DNB	500m	2015
Dữ liệu vệ tinh chỉ số thực vật	MOD13Q1	250m	2008
		250m	2015
Dữ liệu vệ tinh bề mặt không thấm nước	EstISA	1km	2010
Ảnh vệ tinh bề mặt chứa nước	MOD44W	250m	

### 1.2.2 Các vấn đề trong tiền xử lý ảnh bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam

Đầu vào bài toán phân loại lớp phủ đô thị ở Việt Nam là năm dữ liệu ảnh vệ tinh khác nhau về nguồn ảnh và độ phân giải. Do đó, để đưa ra được bản đồ phân loại lớp phủ đô thị độ phân giải 500m, ta cần có quá trình tiền xử lý ảnh đầu vào, đưa ảnh về cùng độ phân giải 500m.

Việc tăng hoặc giảm độ phân giải không gian của ảnh cần qua quá trình tái chia mẫu (Resampling), nhằm đảm bảo không làm mất thông tin ảnh, sai số dữ liệu thấp.



Hình 1.4: Quy trình tiền xử lý dữ liệu bài toán phân loại lớp phủ đô thị Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng



Mục tiêu của luận văn là tìm hiểu và đánh giá các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh giúp tăng độ phân giải ảnh. Áp dụng cho tiền xử lý các dữ liệu ảnh vệ tinh ảnh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh bề mặt không thấm nước ISA độ phân giải 1km; đưa về độ phân giải 500m. So sánh và đánh giá các phương pháp nội suy ảnh phù hợp với bài toán.

### 1.3. Bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn

#### 1.3.1 Một số nghiên cứu về phương pháp nội suy

Luận văn được phát triển dựa trên nền tảng các nghiên cứu, bài báo khoa học trong nước và quốc tế về các phương pháp nội suy ảnh như:

##### *Các nghiên cứu trên thế giới*

- ✚ Nghiên cứu các phương pháp nội suy trên dữ liệu ảnh vệ tinh bởi Jency Titus và Sebastian Geroge, năm 2013: so sánh các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba. Thực nghiệm bằng việc sử dụng hai ảnh vệ tinh có kích thước khác nhau, tiến hành nội suy. Đánh giá và so sánh ảnh trước và sau nội suy bằng mắt thường và so sánh dựa trên thời gian thực hiện thuật toán. Kết quả cho thấy phương pháp nội suy song tuyến tính có thời gian thực hiện thuật toán nhanh nhất. Phương pháp nội suy xoắn bậc ba có thời gian thực hiện thuật toán chậm nhất, nhưng cho kết quả ảnh tốt nhất theo đánh giá bằng mắt thường [17].
- ✚ Phân tích các phương pháp tái chia mẫu ảnh khác nhau ở quận Coimbatore bởi Dr.S. Santhosh Baboo và M.Renuka Devi, năm 2013: so sánh các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba bằng việc so sánh ảnh sau nội suy chủ quan bằng mắt thường với khu vực nghiên cứu là quận Coimbatore. Đưa ra kết luận phương pháp nội suy xoắn bậc ba cho ảnh tốt nhất theo đánh giá bằng mắt thường [24].
- ✚ Đánh giá các phương pháp nội suy trong tăng cường chất lượng ảnh bởi Vaishali Patel và Giáo sư Kinjal Mistree, năm 2013: so sánh các phương pháp nội suy không thích ứng: láng giềng gần nhất, song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba; các phương pháp nội suy thích ứng: nội suy hướng cạnh mới (New Edge-Directed Interpolation – NEDI), dữ liệu phụ thuộc tam giác (DDT), nội suy lặp lại dựa trên độ cong (Iterative Curvature-based Interpolation – ICBI). Tiến hành so sánh bằng việc nội suy một ảnh bằng các kỹ thuật nội suy khác nhau. So sánh ảnh sau nội suy với ảnh đối chiếu và đánh giá dựa vào chỉ số PSNR cho thấy phương pháp nội suy xoắn bậc ba cho kết quả tốt hơn so với nội suy láng giềng gần nhất và nội suy song tuyến tính [29].

- ✚ Phóng to ảnh kỹ thuật số bằng việc sử dụng các phương pháp nội suy bởi Ranjeet Roy, Maninder Pal và Tarun Gulati năm 2013: Tìm hiểu các phương pháp bộ lọc lý tưởng, nội suy láng giềng gần nhất, nội suy B-splines, phương pháp nội suy độ phân giải cao Cubic Splines, phương pháp nội suy ảnh hai chiều. Tiến hành so sánh và đánh giá bằng việc nội suy 02 ảnh CT cắt lớp đầu và xương cổ bằng các kỹ thuật nội suy khác nhau. So sánh ảnh sau nội suy với ảnh đối chiếu và đánh giá dựa vào chỉ số PSNR. Kết quả cho thấy phương pháp nội suy láng giềng gần nhất cho kết quả tốt hơn so với phương pháp nội suy song tuyến tính và nội suy láng giềng gần nhất [22].
- ✚ So sánh các phương pháp nội suy ảnh thông thường bởi Dianyuan Han năm 2013: So sánh các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba, nội suy Cubic B-Spline. Tiến hành so sánh và đánh giá các kỹ thuật nội suy bằng việc sử dụng một ảnh, làm giảm độ phân giải của ảnh đi 1/2 sau đó sử dụng các kỹ thuật nội suy làm tăng độ phân giải ảnh lại như ban đầu, so sánh các ảnh kết quả với ảnh ban đầu theo hai khía cạnh chủ quan (so sánh bằng mắt thường) và khách quan thông qua chỉ số tín hiệu nhiễu SNR. Kết quả cho thấy phương pháp nội suy xoắn bậc ba cho kết quả tốt nhất [15].

***Tại Việt Nam, cũng đã có một số đề tài nghiên cứu về các phương pháp nội suy như:***

- ✚ Luận văn Thạc sĩ “Nội suy ảnh và ứng dụng” – Nguyễn Thị Nguyệt, Đại học Thái Nguyên, năm 2009: Luận văn tìm hiểu khái quát về xử lý ảnh và nội suy, các kỹ thuật nội suy như: nội suy láng giềng gần nhất, nội suy tam giác, nội suy song khối, nội suy tuyến tính, song tuyến tính, nội suy tam tuyến tính, các phép nội suy không gian,... Và đưa ra hai ứng dụng của nội suy ảnh đó là: sinh ra hình ảnh hình ảnh trung gian), đưa vào một ảnh nguồn và một ảnh đích, phương pháp nội suy sẽ thực hiện nội suy ra các khung ảnh trung gian, các khung ảnh này biến đổi liên tục tạo thành một file video, có thể chạy được file video đó để quan sát quá trình sinh ảnh trung gian. Ứng dụng nội suy trong nắn chỉnh hình ảnh [6].
- ✚ Luận văn Thạc sĩ: “Nghiên cứu một số kỹ thuật nội suy ảnh” – Nguyễn Văn Hạng, Học viện Công Nghệ Bưu Chính Viễn Thông, năm 2012: Luận văn tìm hiểu khái quát về xử lý ảnh và nội suy, các kỹ thuật nội suy như: nội suy ảnh dựa vào các điểm láng giềng (kỹ thuật nội suy các điểm láng giềng xem xét lại, nội suy láng giềng dựa trên dẫn xuất hình ảnh thứ 2, nội suy láng giềng dựa trên độ cong FCBI, nội suy láng giềng lặp đi lặp lại ICBI, nội suy láng giềng tự nhiên); nội suy tuyến tính (nội suy tuyến tính hàm bậc nhất, nội suy tuyến tính hàm bậc 2, nội suy tuyến tính giữa hai đường); nội suy sử dụng hàm cơ sở bán

kính. Luận văn đưa ra ứng dụng biểu diễn khuôn mặt 3D ở trạng thái cân bằng và trạng thái thâm lý đích cần biểu diễn [2].

- ✚ Nghiên cứu “Ứng dụng phương pháp nội suy Kriging khảo sát sự phân bố tầng đất yếu tuổi Holocene ở khu vực nội thành Thành phố Hồ Chí Minh”, Phan Thị San Hà, Lê Minh Sơn, Tạp chí phát triển Khoa học và Công Nghệ (2007) [3].

### 1.3.2 Bài toán nghiên cứu

Dựa trên nền tảng các nghiên cứu trong và ngoài nước, cùng với yêu cầu đặt ra trong quá trình tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng.

#### Câu hỏi đặt ra đối với luận văn bao gồm:

- Có những phương pháp nội suy ảnh vệ tinh nào?
- Các phương pháp nội suy ảnh có tác động như thế nào đối với ảnh vệ tinh?
- Các phương pháp nội suy ảnh khác nhau đối với các dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA, có ngưỡng phân lớp khác nhau trong phân loại lớp phủ đô thị không?
- Phương pháp nội suy ảnh vệ tinh nào phù hợp nhất cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị?

Luận văn được thực hiện với mục đích nghiên cứu và đánh giá phương pháp nội suy ảnh vệ tinh, nhằm đưa ra phương pháp phù hợp nhất với bài toán phân loại lớp phủ đô thị.

#### Cụ thể, luận văn tiến hành:

- ❖ Tìm hiểu khái quát về ảnh vệ tinh, các đặc trưng cơ bản của ảnh vệ tinh. Một số dữ liệu vệ tinh như ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS; ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA.
- ❖ Tìm hiểu về tái chia mẫu ảnh và các phương pháp nội suy ảnh thường được sử dụng giúp tăng cường độ phân giải ảnh vệ tinh. Một số vấn đề trong nội suy ảnh. Các chỉ số đánh giá, so sánh chất lượng ảnh.
- ❖ So sánh và đánh giá tác động của ba phương pháp nội suy ảnh phổ biến: nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba với ảnh vệ tinh. Bằng việc thực nghiệm trên ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013 và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA 2010 có cùng độ phân giải 1km.
- ❖ Sử dụng các phương pháp nội suy trên trong quá trình tiền xử lý dữ liệu bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam. Tính toán lại ngưỡng phân lớp phù hợp với từng phương pháp nội suy ảnh. So sánh, đánh giá và đề xuất phương pháp nội suy ảnh vệ tinh phù hợp nhất đối với bài toán.

### 1.3.3 Ý nghĩa khoa học

Việc nghiên cứu và đánh giá hiệu quả của các phương pháp nội suy ảnh viễn thám mang ý nghĩa về mặt khoa học:

- Dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP/OLS (được NOAA tổng hợp từ năm 1992 đến năm 2013) và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA (hiện là bộ dữ liệu ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước duy nhất trên thế giới – được NOAA đưa ra vào năm 2010) với độ phân giải không gian là 1km đã và đang được ứng dụng trong nhiều nghiên cứu. Tuy nhiên ảnh có độ phân giải không cao, nên ở các bài toán thực tế thường phải qua quá trình tăng độ phân giải ảnh. Việc tìm hiểu các phương pháp nội suy phù hợp giúp quá trình tăng độ phân giải ảnh không làm ảnh hưởng quá nhiều đến thông tin ảnh.
- Áp dụng kỹ thuật nội suy ảnh vệ tinh tiền xử lý dữ liệu và đánh giá tác động của phương pháp với kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam giúp đem lại kết quả tốt hơn. Mở rộng các hướng nghiên cứu khác cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị nói riêng và các bài toán cần xử lý dữ liệu vệ tinh nói chung.

### 1.3.4 Ý nghĩa thực tiễn

Việc áp dụng kỹ thuật nội suy ảnh vệ tinh làm tăng độ chính xác của bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam mang nhiều ý nghĩa trong thực tế. Bởi Việt Nam là một quốc gia đang phát triển, có tốc độ đô thị hóa nhanh. Trong những năm gần đây, số lượng đô thị ở nước ta tăng nhanh, nhất là ở các thành phố thuộc tỉnh. Tính đến năm 2010, dân số đô thị tại Việt Nam là 25.584,7 nghìn người, chiếm 29,6% dân số cả nước.

Việc xây dựng bản đồ phân loại lớp phủ đô thị đem đến một hướng theo dõi, giám sát mới đối với quản lý, quy hoạch và xây dựng chiến lược phát triển đô thị. Đưa ra giải pháp đối với các vấn đề của đô thị hóa như: ô nhiễm môi trường, gia tăng dân số đô thị, tắc nghẽn giao thông, thiếu cơ sở hạ tầng,... Xây dựng các chiến lược phát triển đô thị bền vững.

Việc áp dụng kỹ thuật nội suy ảnh vệ tinh làm tăng độ phân giải ảnh vệ tinh có độ phân giải thấp (được cung cấp với giá rẻ hoặc miễn phí) cũng đem lại ý nghĩa về mặt kinh tế.

## 1.4. Kết luận

Chương 1 của luận văn trình bày khái quát về viễn thám, các đặc trưng cơ bản của ảnh viễn thám. Bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng với các vấn đề đặt ra trong bước tiền xử lý dữ liệu.

Đưa ra bài toán đặt ra đối với luận văn: Nghiên cứu và đánh giá các phương pháp nội suy ảnh viễn thám cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam. Mục đích và ý nghĩa khoa học, ý nghĩa thực tiễn của bài toán.

Trong Chương 2 tiếp theo, luận văn sẽ đưa ra khái niệm về nội suy ảnh, đặc điểm của nội suy ảnh, các phương pháp nội suy ảnh phổ biến: nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba. Tìm hiểu các chỉ số giúp đánh giá chất lượng ảnh sau nội suy như: chỉ số sai số bình phương trung bình MSE, chỉ số tín hiệu cực đại trên nhiễu PSNR, chỉ số so sánh sự tương đồng cấu trúc (SSIM). Và Chương 3 là quá trình thực nghiệm và đánh giá kết quả.

## 2. Chương 2 CÁC PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY ẢNH

### 2.1 Các khái niệm trong nội suy ảnh

#### 2.1.1 Điểm ảnh

Ảnh trong thực tế là một ảnh liên tục về không gian và về giá trị độ sáng. Để có thể xử lý ảnh bằng máy tính cần có quá trình số hóa ảnh giúp biến đổi tín hiệu liên tục thành rời rạc thông qua quá trình lấy mẫu (rời rạc hóa về không gian) và lượng tử hóa thành phần giá trị (rời rạc hóa biên độ giá trị). Trong quá trình này người ta sử dụng khái niệm điểm ảnh [4].

Điểm ảnh (Pixel Element) là một phần tử của ảnh số có tọa độ  $(x, y)$  có giá trị độ xám hoặc màu nhất định. Một ảnh bao gồm tập hợp các điểm ảnh có kích thước và khoảng cách được chọn thích hợp sao cho mắt người cảm nhận sự liên tục về không gian và mức xám (hoặc màu) của ảnh số gần như ảnh thật.

Ảnh khi được số hoá, nó thường được biểu diễn bởi mảng hai chiều hay ma trận hai chiều  $I(n,p)$ : mỗi phần tử có một giá trị nguyên hoặc là một vectơ cấu trúc màu,  $n$  dòng và  $p$  cột. Người ta thường ký hiệu  $I(x,y)$  để chỉ một điểm ảnh.

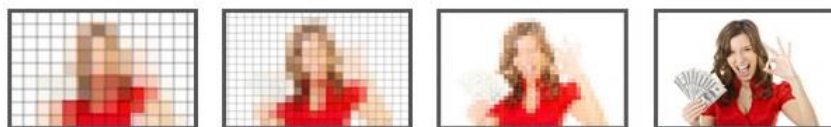
#### 2.1.2 Mức xám của ảnh

Mức xám của điểm ảnh là cường độ sáng của nó được gán bằng giá trị số tại điểm đó (kết quả của quá trình lượng tử hóa). Khi biểu diễn ảnh có đa mức xám, một ảnh được biểu diễn dưới dạng ma trận hai chiều. Mỗi phần tử trong ma trận (phần tử ảnh hoặc điểm ảnh) biểu diễn cho mức xám của ảnh tại vị trí đó cùng với đặc trưng cơ bản là vị trí  $(x,y)$  [6].

Một số cách mã hóa thường dùng là 16, 32 hay 64 mức. Mã hóa 256 mức là phổ biến nhất do lý do kỹ thuật. Vì  $2^8 = 256$  (0, 1, ..., 256) nên với 256 mức mỗi pixel sẽ được mã hóa bởi 8bit.

#### 2.1.3 Độ phân giải điểm ảnh

Độ phân giải là mật độ điểm ảnh hiển thị trên một ảnh số. Trong đó, khoảng cách giữa các điểm ảnh phải được đảm bảo sao cho mắt người vẫn thấy được sự liên tục của ảnh. Việc lựa chọn khoảng cách thích hợp tạo nên một mật độ phân bố chính là độ phân giải, và được phân bố theo trục  $x, y$  trong không gian hai chiều [6].



Hình 2.1 Minh họa ảnh có độ phân giải tăng dần

### 2.1.4 Quan hệ giữa các điểm ảnh

Một ảnh số giả sử được biểu diễn bằng hàm  $f(x, y)$ . Tập con các điểm ảnh là  $S$ ; giữa các điểm ảnh có các quan hệ như quan hệ 4 điểm láng giềng, quan hệ 8 điểm láng giềng [1].

#### Điểm 4 láng giềng:

Điểm ảnh  $P(i, j)$  có 4 điểm lân cận gần nhất theo chiều đứng và ngang (có thể coi như lân cận 4 hướng chính: Đông, Tây, Nam, Bắc).

Các điểm 4 láng giềng theo cột và hàng của điểm  $P(i, j)$  là  $N_4(P) = \{(i-1, j); (i+1, j); (i, j-1); (i, j+1)\}$

	$(i, j-1)$	
$(i-1, j)$	$P(i, j)$	$(i+1, j)$
	$(i, j+1)$	

Hình 2.2: Minh họa bốn điểm láng giềng theo chiều đứng và ngang của điểm  $P(i, j)$

Các điểm 4 láng giềng theo đường chéo của điểm  $P(i, j)$  (Có thể coi lân cận chéo là 4 hướng: Đông-Nam, Đông-Bắc, Tây-Nam, Tây-Bắc là:  $N_D(P) = (i+1, j+1), (i+1, j-1), (i-1, j+1), (i-1, j-1) \}$

$(i-1, j-1)$		$(i+1, j-1)$
	$P(i, j)$	
$(i-1, j+1)$		$(i+1, j+1)$

Hình 2.3: Minh họa bốn điểm láng giềng theo đường chéo của điểm  $P(i, j)$

**Các điểm 8 láng giềng của điểm  $P(i, j)$ :**  $N_8 = N_4(P) \cup N_D(P)$

$(i-1, j-1)$	$(i, j-1)$	$(i+1, j-1)$
$(i-1, j)$	$P(i, j)$	$(i+1, j)$
$(i-1, j+1)$	$(i, j+1)$	$(i+1, j+1)$

Hình 2.4: Minh họa tám điểm láng giềng của  $P(i, j)$

### 2.1.5 Khoảng cách giữa các điểm ảnh

Khoảng cách  $D(p,q)$  giữa hai điểm ảnh  $p$  tọa độ  $(x,y)$ ,  $q$  tọa độ  $(s,t)$  là hàm khoảng cách (Distance) hoặc Metric nếu [1]:

1.  $D(p,q) \geq 0$  với  $D(p,q)=0$  nếu và chỉ nếu  $p=q$
2.  $D(p,q) = D(q,p)$
3.  $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$ .  $Z$  là một điểm ảnh khác

Khoảng cách Euclide: Khoảng cách Euclide giữa hai điểm ảnh  $p(x,y)$  và  $q(s,t)$  được định nghĩa như sau:

$$D_e(p,q) = [(x-s)^2 + (y-t)^2]^{1/2} \quad (2.1)$$

Khoảng cách khối: Khoảng cách  $D_4(p,q)$  được gọi là khoảng cách khối đô thị (City-Block Distance) và được xác định như sau:

$$D_4(p,q) = |x-s| + |y-t| \quad (2.2)$$

Khoảng cách  $D_8(p,q)$  còn gọi là khoảng cách bàn cờ (Ches-Board Distance) giữa điểm ảnh  $p,q$  được xác định như sau:

$$D_8(p,q) = \max(|x-s|, |y-t|) \quad (2.3)$$

Hai điểm ảnh bất kỳ được gọi là láng giềng 4 nếu chúng có khoảng cách  $D_4=1$  từ mỗi điểm ảnh

Hai điểm ảnh gọi là láng giềng 8 nếu khoảng cách giữa chúng là  $D_8=1$ . Khi xác định được khoảng cách giữa các điểm ảnh, ta sẽ tìm được các điểm ảnh láng giềng.

### 2.1.6 Khái niệm tái chia mẫu ảnh (Image Resampling)

Ảnh số bao gồm một lưới hình chữ nhật của các điểm ảnh đều nhau. Mỗi điểm ảnh có tọa độ và mức xám (màu) riêng. Tái chia mẫu ảnh là quá trình sửa dụng các kỹ thuật toán học để tạo ra các phiên bản mới của hình ảnh với độ phân giải điểm ảnh khác nhau. Mỗi điểm ảnh được tạo ra sau quá trình tái chia mẫu thông qua hệ tọa độ cơ sở, được gán một giá trị mới (cường độ, cấp độ xám,...) dựa trên giá trị cấp độ xám của các điểm ảnh ban đầu.

Sự khác nhau giữa quá trình tái chia mẫu ảnh và thay đổi kích thước ảnh (Image Resizing)

- Thay đổi kích thước ảnh (resize): Chỉ thay đổi kích thước của hình ảnh nhưng không thay đổi (ảnh hưởng) đến số điểm ảnh trong tấm ảnh (pixel). Không thay đổi độ phân giải của ảnh
- Tái chia mẫu ảnh (resampling): Thay đổi và làm ảnh hưởng đến số lượng điểm ảnh (thêm hoặc bớt các pixel). Làm thay đổi độ phân giải của ảnh.



Tái chia mẫu gồm hai quá trình: tăng độ phân giải ảnh (upsampling) và giảm độ phân giải của ảnh của ảnh (downsampling).

Tăng độ phân giải ảnh (upsampling): làm tăng số lượng điểm ảnh, nhưng kích thước của điểm ảnh giảm. Hình ảnh trở nên mịn hơn. Thường sử dụng các phương pháp nội suy ảnh trong quá trình này.

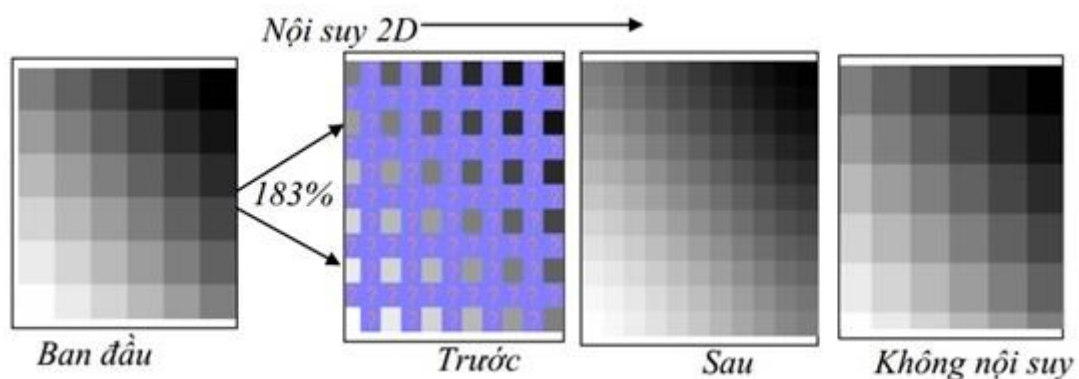
Giảm độ phân giải ảnh (downsampling): làm giảm số lượng điểm ảnh bằng cách thay thế một nhóm điểm ảnh bởi một điểm ảnh đơn, kích thước của điểm ảnh tăng. Ảnh thô và mờ hơn so với ảnh ban đầu.

### 2.1.7 Khái niệm nội suy ảnh

Nội suy là phương pháp ước tính giá trị của các điểm dữ liệu chưa biết trong phạm vi của một tập hợp rời rạc chứa một số điểm dữ liệu đã biết [6].

Trong khoa học kỹ thuật, người ta thường có một số điểm dữ liệu đã biết giá trị bằng cách thu thập dữ liệu lấy mẫu thực nghiệm. Những điểm này là giá trị đại diện của một hàm số của một biến số độc lập có một lượng giới hạn các giá trị. Thường chúng ta phải nội suy (hoặc ước tính) giá trị của hàm số này cho một giá trị trung gian của một biến độc lập [6].

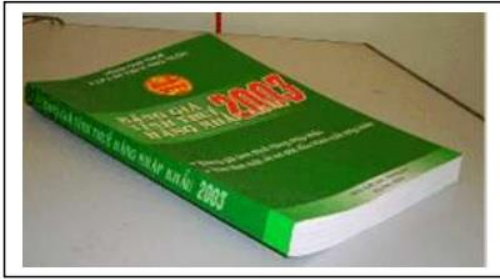
Nội suy ảnh là quá trình ước tính giá trị mức xám (màu sắc) của điểm ảnh mới khi thêm vào điểm ảnh trong ảnh số, dựa trên giá trị mức xám (màu sắc) của các điểm ảnh cũ gần nó nhất. Các dữ liệu nội suy có mối quan hệ không gian với nhau, tức là các điểm gần nhau thì “giống” nhau nhiều hơn so với những điểm ở xa. Hình ảnh sau nội suy sẽ mịn hơn so với ảnh ban đầu. Khi xử lý ảnh số, kỹ thuật nội suy được sử dụng khi bóp méo, nắn chỉnh, lấp lỗ hổng hay tăng độ phân giải ảnh.



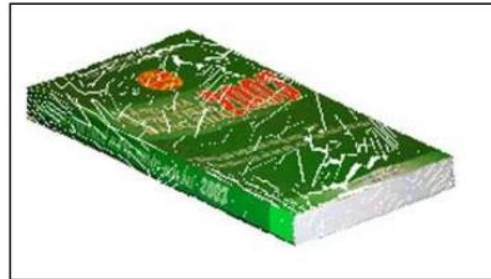
Hình 2.5: Minh họa quá trình nội suy

Kỹ thuật nội suy được áp dụng nhiều trong quá trình tiền xử lý ảnh vệ tinh vì hầu hết ảnh chụp thường gặp các yếu tố nhiễu như ảnh hưởng của thời tiết, vật mang, bộ cảm.... làm giảm chất lượng ảnh. Nội suy được áp dụng trong nắn chỉnh hình học ảnh

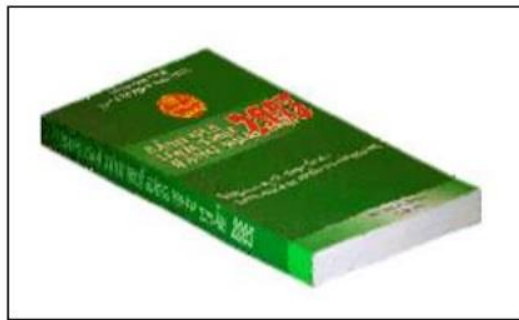
(ảnh bị méo hình học), xử lý điền đầy với ảnh bị mất dữ liệu theo dải (line dropout), bị sọc, viền,... Hay với các ảnh vệ tinh có độ phân giải thấp cần quá trình nội suy ảnh để tăng cường chất lượng ảnh, giúp quá trình giải đoán và phân tích có kết quả tốt hơn.



a) Ảnh cần nắn chỉnh



b) Ảnh sau khi nắn chỉnh



c) Ảnh sau khi nội suy

Hình 2.6: Minh họa việc sử dụng phương pháp nội suy trong nắn chỉnh ảnh

## 2.2 Một số vấn đề trong nội suy ảnh

### Nội suy không tạo mới dữ liệu

Khi phóng to ảnh, nội suy chỉ chèn thêm điểm ảnh (pixel) vào ảnh, số lượng điểm ảnh (pixel) lớn hơn chứ không tạo mới dữ liệu. Tức là các thông tin của bức ảnh sẽ được phân bố bởi nhiều điểm ảnh hơn khi nội suy. Như vậy một tập tin được nội suy sẽ trông không giống như một hình ảnh chưa nội suy. Nội suy chỉ khắc phục được hiện tượng răng cưa, làm mịn hình ảnh chứ không giữ nguyên trạng thái của bức ảnh ban đầu [6].

### Nội suy khắc phục hiện tượng răng cưa

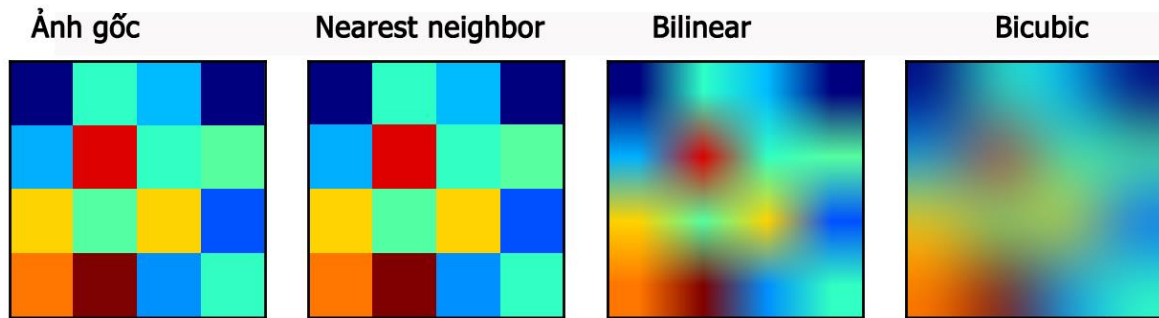
Răng cưa là một thuật ngữ dùng để mô tả các đường thẳng hoặc đường cong không trơn mượt, trở thành răng cưa. Do bản chất của ảnh kỹ thuật số, mỗi ảnh kỹ thuật số được tạo ra bởi các điểm ảnh, bởi vậy các đường thẳng và các đường cong trong hình ảnh kỹ thuật số không thực sự là đường thẳng hay đường cong trơn mà là mô hình răng cưa của các điểm ảnh.

Với các ảnh nhỏ, hiện tượng răng cưa thường khó phát hiện được bằng mắt thường. Chỉ khi phóng to ảnh thì hiện tượng răng cưa mới trở nên rõ nét.

Nội suy giúp gia tăng các điểm ảnh từ các điểm ảnh ban đầu, làm ảnh mịn hơn, khắc phục được hiện tượng răng cưa thường xuất hiện khi phóng to ảnh [6].

### Nội suy là nguyên nhân làm mất độ sắc nét

Đối với các ảnh có giá trị màu thay đổi liên tục và có khác biệt rõ nét. Quá nội suy sẽ làm gia tăng điểm ảnh, làm ảnh mịn hơn nhưng cũng làm mất đi độ sắc nét của ảnh do giá trị của các điểm ảnh mới được tính trung bình từ các điểm ảnh xung quanh nó[6].



Hình 2.6: Ví dụ phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính và nội suy xoắn bậc ba làm mất độ sắc nét của ảnh

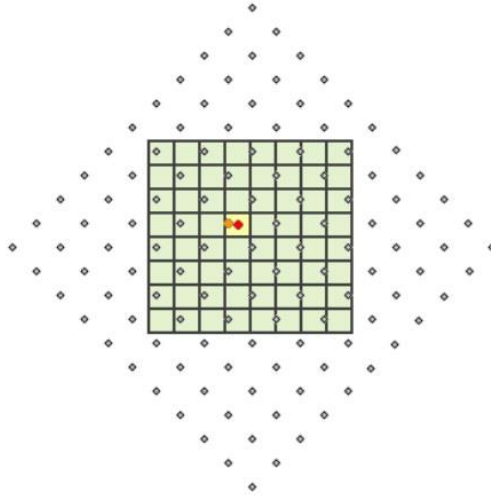
### Nội suy không sinh ra hình ảnh thực sự tự nhiên

Dưới tác động của các phương pháp nội suy, hình ảnh sinh ra có thể không thực sự tự nhiên khi đánh giá bằng mắt thường. Ví dụ như khi áp dụng nội suy trong các kỹ thuật nắn chỉnh hình ảnh làm thay đổi điểm nhìn hoặc tư thế của vật thể. Điều này dẫn đến kết quả là những biến đổi hình ảnh ba chiều đơn giản (như: chuyển dịch hoặc xoay chiều) sẽ trở nên vô cùng khó khăn [6].

## 2.3 Một số phương pháp nội suy ảnh

### 2.3.1 Nội suy láng giềng gần nhất - Nearest Neighbor Interpolation

Nội suy láng giềng gần nhất là phương pháp nội suy đơn giản nhất và được sử dụng phổ biến. Điểm ảnh mới sẽ lấy giá trị của điểm ảnh gốc gần nó nhất và không xem xét các giá trị khác ở tất cả các điểm lân cận. Khoảng cách giữa hai điểm thường được đo dưới dạng khoảng cách Euclid hay khoảng cách Minkowski với  $k = 2$ .



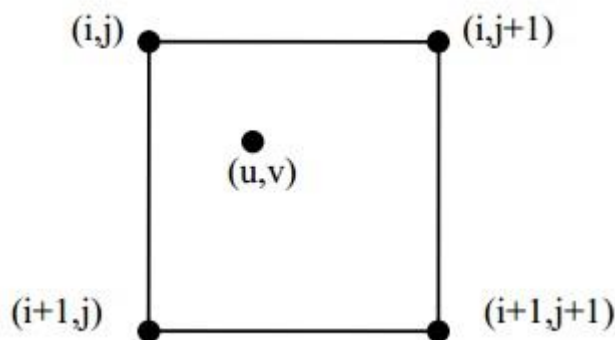
Hình 2.7: Minh họa nội suy láng giềng gần nhất

Hàm nhân của phương pháp nội suy láng giềng gần nhất [29]:

$$h(x) = \begin{cases} 1 & |x| \leq \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{1}{2} \leq |x| \end{cases} \quad (2.4)$$

Trong đó,  $x$  là khoảng cách giữa điểm nội suy và điểm lưới.

Ví dụ điểm ảnh  $(u,v)$  với bốn điểm láng giềng  $(i, j)$ ,  $(i, j + 1)$ ,  $(i + 1, j)$  và  $(i + 1, j + 1)$  và các giá trị  $f(i, j)$ ,  $f(i, j + 1)$ ,  $f(i + 1, j)$ ,  $f(i + 1, j + 1)$ . Khoảng cách giữa  $(u,v)$  và  $(i, j)$ ,  $(i, j + 1)$ ,  $(i + 1, j)$ ,  $(i + 1, j + 1)$  sẽ được tính toán, giá trị tại  $(u,v)$  sẽ được gán bằng giá trị mức xám của điểm gần nó nhất.

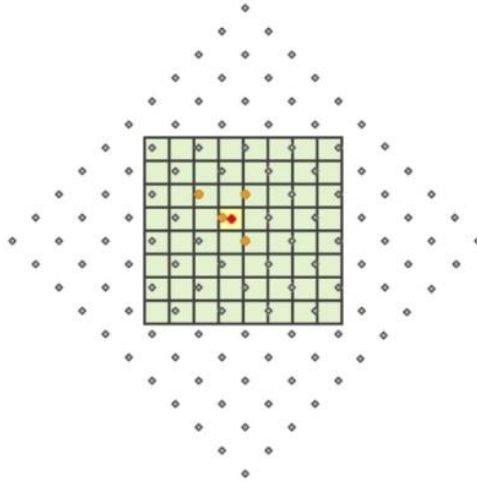


Hình 2.8 Minh họa việc tính toán điểm ảnh mới  $(u,v)$  bằng phương pháp nội suy láng giềng gần nhất

Nội suy láng giềng gần nhất có thời gian xử lý nhanh, nhưng thường tạo ra hiệu ứng răng cưa khi ảnh được phóng lớn. Do đó, thường sử dụng cho các trường hợp khi thời gian tính toán quan trọng hơn độ chính xác [15].

### 2.3.2 Nội suy song tuyến tính - Bilinear Interpolation

Nội suy song tuyến (Bilinear interpolation) là mở rộng của nội suy tuyến tính. Quá trình nội suy sử dụng 4 điểm ảnh gần nhất để tính giá trị của điểm ảnh mới. Giá trị của điểm nội suy được tính trung bình của bốn điểm gần nhất, trọng số cho giá trị mỗi điểm được tính dựa trên khoảng cách của điểm đó với điểm cần nội suy.



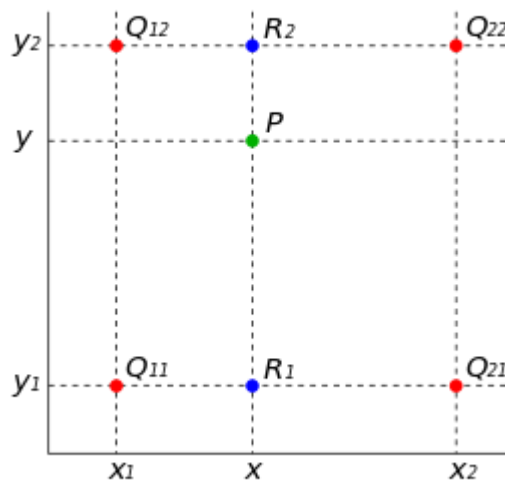
Hình 2.9: Minh họa nội suy song tuyến tính

Hàm toán học của phương pháp nội suy song tuyến tính[29]:

$$h(x) = \begin{cases} 1 - |x| & |x| \leq 1 \\ 0 & 1 \leq |x| \end{cases} \quad (2.5)$$

Trong đó,  $x$  là khoảng cách giữa điểm nội suy và điểm lưới.

Để tính giá trị tại điểm ảnh mới  $P(x,y)$  biết bốn điểm gần nhất là  $Q_{11} = (x_1, y_1)$ ,  $Q_{12} = (x_1, y_2)$ ,  $Q_{21} = (x_2, y_1)$ , and  $Q_{22} = (x_2, y_2)$ .



Hình 2.10: Nội suy song tuyến tính cho điểm  $P(x,y)$

Bước 1: Nội suy tuyến tính giá trị tại điểm  $R_1$  và  $R_2$

$$f(R_1) \approx \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{11}) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} f(Q_{21}) \quad \text{với } R_1 = (x, y_1) \quad (2.6)$$

$$f(R_2) \approx \frac{x_2-x}{x_2-x_1} f(Q_{12}) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} f(Q_{22}) \quad \text{với } R_2 = (x, y_2) \quad (2.7)$$

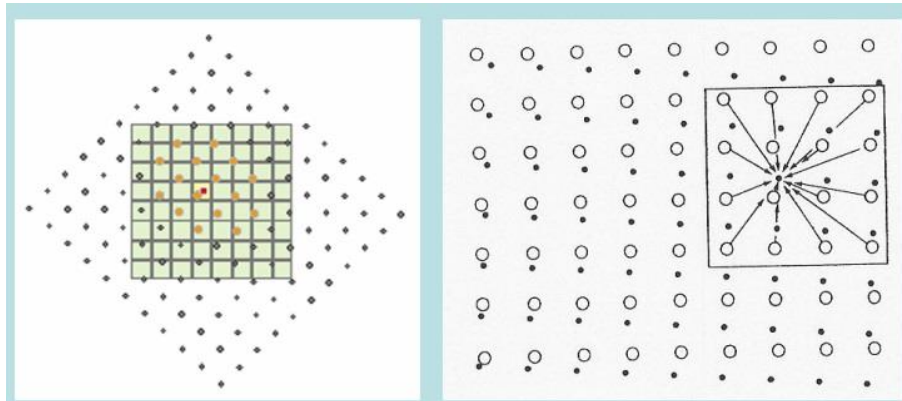
Bước 2: Từ hai điểm  $R_1$  và  $R_2$ , nội suy tuyến tính giá trị tại điểm  $P$

$$f(P) \approx \frac{y_2-y}{y_2-y_1} f(R_1) + \frac{y-y_1}{y_2-y_1} f(R_2) \quad (2.8)$$

Nội suy song tuyến tính có thời gian thực hiện và độ phức tạp cao hơn so với nội suy láng giềng gần nhất. Phương pháp nội suy này làm giảm sự biến dạng hình ảnh khi phóng to, làm mờ đường viền hình ảnh. Ảnh nội suy bởi phương pháp song tuyến tính đem lại hiệu quả thị giác tốt hơn so với nội suy láng giềng gần nhất [15].

### 2.3.3 Nội suy xoắn bậc ba – Cubic Convolution (Bicubic)

Nội suy xoắn bậc ba là phương pháp tính toán giá trị của điểm ảnh mới dựa trên giá trị trung bình của 16 điểm ảnh gốc gần nhất (4 x 4).



Hình 2.11: Minh họa nội suy xoắn bậc ba

Hàm toán học của phương pháp nội suy xoắn bậc ba [29]:

$$u(x) = \begin{cases} \frac{3}{2}|x|^3 - \frac{5}{2}|x|^2 + 1 & \text{khi } 0 \leq |x| < 1 \\ \frac{-1}{2}|x|^3 + \frac{5}{2}|x|^2 - 4|x| + 2 & \text{khi } 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & \text{khi } 2 < |x| \end{cases} \quad (2.9)$$

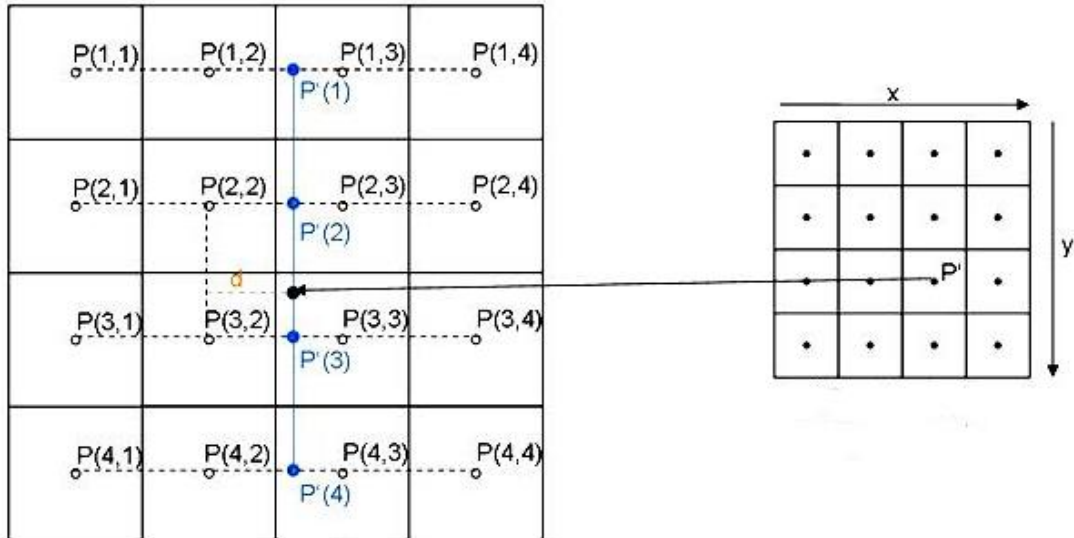
Trong đó,  $x$  là khoảng cách giữa điểm nội suy và điểm lưới.

Để tính toán điểm nội suy  $P'$  từ 8 điểm ban đầu  $P(1,1), P(1,2), \dots, P(4,4)$ . Theo chiều ngang của lưới ta:

- Tính điểm  $P'(1)$  từ 4 điểm  $P(1,1), P(1,2), P(1,3), P(1,4)$
- Tính điểm  $P'(2)$  từ 4 điểm  $P(2,1), P(2,2), P(2,3), P(2,4)$

- Tính điểm P'(3) từ 4 điểm P(3,1), P(3,2), P(3,3), P(3,4)
- Tính điểm P'(4) từ 4 điểm P(4,1), P(4,2), P(4,3), P(4,4)

Theo chiều dọc của lưới, điểm P' được tính nội suy từ 4 điểm P'(1), P'(2), P'(3), P'(4)[15]. Việc tính toán được mô tả như hình 2.11 dưới đây.



Hình 2.12: Mô tả việc tính toán trong nội suy xoắn bậc ba

Phương pháp nội suy xoắn bậc ba tốn nhiều thời gian và bộ nhớ trong xử lý, được sử dụng trong các trường hợp không cần xem xét đến vấn đề thời gian [17]. Phương pháp nội suy này thường được sử dụng phổ biến trong các phần mềm xử lý ảnh thông dụng như Photoshop, After Effects,...[15]

## 2.4 Các chỉ số đánh giá, so sánh chất lượng ảnh

### 2.4.1 Sai số bình phương trung bình (MSE)

Sai số bình phương trung bình - MSE (Mean Squared Error) là một khái niệm được sử dụng trong thống kê. MSE đánh giá chất lượng của một ước lượng (ví dụ, một hàm toán học lập bản đồ mẫu dữ liệu của một tham số của dân số từ đó các dữ liệu được lấy mẫu) hoặc một yếu tố dự báo (ví dụ, một bản đồ chức năng có số liệu vào tùy ý để một mẫu của các giá trị của một số biến ngẫu nhiên). Chỉ số MSE của một phép ước lượng là trung bình của bình phương các sai số, tức là sự khác biệt giữa các ước lượng và những gì được đánh giá.

Chỉ số dùng để đánh giá mức độ sai khác của các điểm ảnh giữa ảnh sau quá trình xử lý và ảnh đối chiếu so sánh. Chỉ số MSE được tính toán như sau[19]:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (x(i,j) - y(i,j))^2 \quad (2.10)$$

- Trong đó  $x(i, j)$  là ảnh so sánh,  $y(i, j)$  là ảnh sau chỉnh sửa hoặc tái cấu trúc.
- Các chỉ số pixel  $1 \leq i \leq M$  và  $1 \leq j \leq N$ , cỡ ảnh  $N \times M$  pixel và  $n$  bit/pixel.

### 2.4.2 Tỷ số tín hiệu cực đại/ nhiễu (PSNR)

**PSNR** (Peak Signal to Noise Ratio) – là chỉ số dùng để tính tỉ lệ giữa giá trị năng lượng tối đa của một tín hiệu và năng lượng nhiễu ảnh hưởng đến độ chính xác của thông tin. PSNR được sử dụng để đo chất lượng tín hiệu khôi phục của các thuật toán nén có mất mát dữ liệu (lossy compression) như nén ảnh. Tín hiệu trong trường hợp này là dữ liệu gốc, và nhiễu là các lỗi xuất hiện khi nén.

Tỷ số tín hiệu đỉnh trên nhiễu giữa hai ảnh. Được đo bằng đơn vị decibels (dB). Chỉ số PSNR được tính toán như sau [18]:

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{MAX_I^2}{\sqrt{MSE}} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2.11)$$

- MSE - Sai số bình phương trung bình (Mean Squared Error)
- $MAX_I$  là giá trị tối đa của pixel trên ảnh.  $MAX_I$  là giá trị tối đa của pixel trên ảnh. Khi các pixels được biểu diễn bởi 8 bits, thì giá trị của nó là 255. Trường hợp tổng quát khi tín hiệu được biểu diễn bởi B bit trên một đơn vị mẫu  $MAX_I$  là  $2^B - 1$ . Trong đó B là số bits sử dụng để biểu diễn ảnh.

Đơn vị của PSNR là Decibel (dB). Khi  $PSNR \geq 40$  dB thì gần như không phân biệt được sự khác biệt giữa hai ảnh bằng mắt thường. PSNR có giá trị càng cao thì hai ảnh so sánh càng giống nhau.

Biện pháp sử dụng chỉ số PSNR không phải lý tưởng nhất nhưng được sử dụng phổ biến, do cường độ tín hiệu được tính là ước tính chứ không phải là tín hiệu thực tế của hình ảnh. Đôi khi, nó không phù hợp với nhận thức thị giác của con người.

### 2.4.3 So sánh sự tương đồng cấu trúc (SSIM)

Khác với các chỉ số MSE và PSNR, so sánh giá dựa trên việc so sánh sự sai khác giữa các pixel. Chỉ số SSIM là một trong các chỉ số đánh giá dựa trên hệ thống thị giác của con người HVS (human visual system)

SSIM (Structural Similarity Index): so sánh sự tương đồng của hai hình ảnh dựa vào thông tin về cấp độ xám, độ tương phản và cấu trúc. SSIM có giá trị trong khoảng  $[-1, 1]$ . Khi giá trị  $SSIM = 1$ , tức là 2 ảnh so sánh hoàn toàn giống nhau.

Chỉ số SSIM được tính toán theo công thức dưới đây [33]:

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\bar{x} \times \bar{y} + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\bar{x}^2 + \bar{y}^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (2.12)$$



Trong đó:

- $\bar{x}$  là trung bình của ảnh  $x$ ,  $\bar{y}$  là trung bình của ảnh  $y$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.13)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i \quad (2.14)$$

- $\sigma_x, \sigma_y$  là độ lệch chuẩn giữa các hình ảnh sau nội suy và ảnh so sánh.

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.15)$$

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.16)$$

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad (2.17)$$

- $C_1, C_2$  là hằng số dương được lựa chọn theo kinh nghiệm chuyên gia.

SSIM là một trong những biện pháp được sử dụng nhiều nhất không chỉ trong lĩnh vực xử lý hình ảnh. Ví dụ, SSIM được sử dụng trong bộ giải mã H.264 codec x.264 và nó cũng được sử dụng trong nhận dạng giọng nói, trong các thuật toán nén [18]....

SSIM, mặc dù nó thực hiện tốt hơn MSE, có giới hạn. Ví dụ: biến thể cơ bản không hoạt động tốt trong trường hợp các hình ảnh được dịch, thu phóng hoặc xoay, ngay cả khi chất lượng của những hình ảnh này giống với hình ảnh tham chiếu của chúng. Điều này được nghiên cứu một phần bởi Complex Wavelet SSIM (CW-SSIM) [Wang và Simoncelli, 2005]. SSIM, về bản chất, cũng so sánh các tín hiệu theo cách tiếp cận điểm ảnh với điểm ảnh nên nó vẫn tương đối giống với MSE.[18]

### 3. Chương 3. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA PHƯƠNG PHÁP NỘI SUY ẢNH VỆ TINH

Quá trình đánh giá sự tác động của các phương pháp nội suy tiên xử lý ảnh đầu vào trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị bao gồm 02 phần:

- Phần 1: Áp dụng phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba cho ảnh viễn thám ánh sáng ban đêm DMSP/OLS năm 2013 và ảnh bề mặt không thấm nước ISA 2010. So sánh và đánh giá tác động của các phương pháp nội suy với ảnh thông qua các chỉ số MSE, PSRN, SSIM
- ❖ Phần 2: Sử dụng các phương pháp nội suy trên trong quá trình tiên xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS và ảnh vệ tinh EstISA cho bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam. Tính toán lại ngưỡng phân lớp phù hợp với từng phương pháp nội suy ảnh. So sánh, đánh giá và đề xuất phương pháp nội suy ảnh vệ tinh phù hợp nhất đối với bài toán.

#### 3.1 Lựa chọn công cụ trong thực nghiệm

- **ArcGIS Desktop** (Phần mềm Arcgis 10.2 - một trong những sản phẩm hỗ trợ trong hệ thống thông tin địa lý (GIS) của ESRI), được thiết kế để làm việc với bản đồ và nhiều loại thông tin địa lý khác nhau. ArcGIS hỗ trợ nhiều tiện ích mở rộng (các Extension), mỗi Extension hỗ trợ một số chức năng chuyên biệt như: phân tích không gian, phân tích 3D, phân tích mạng, xử lý dữ liệu, thống kê không gian... giúp hiển thị, truy vấn, tích hợp và phân tích dữ liệu không gian kết hợp với dữ liệu thuộc tính. ArcGIS hỗ trợ đọc được nhiều định dạng dữ liệu khác nhau (khoảng 300 định dạng) như shapefile, geodatabase, AutoCad, Raster, Coverage,...

Hiện nay ArcGIS được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng trong Hệ thống thông tin địa lý như quản lý kinh tế, tài nguyên thiên nhiên, quản lý và dự báo các biến động môi trường,...

- **Python 2.7:** Python được phát triển bởi Guido Van Rossum vào cuối những năm 80 và đầu những năm 90 tại Viện toán-tin ở Hà Lan. Python kế thừa từ nhiều ngôn ngữ như ABC, Module-3, C, C++, Unix Shell, ... và có các thư viện giúp hỗ trợ xử lý ảnh, so sánh ảnh.

Python có nhiều ưu điểm như:

- Cú pháp đơn giản giúp cho người lập trình dễ dàng đọc và tìm hiểu.
- Python có tốc độ xử lý nhanh hơn so với ngôn ngữ PHP
- Chế độ tương tác cho phép người lập trình thử nghiệm tương tác sửa lỗi của các đoạn mã.
- Thư viện có tiêu chuẩn cao, Python có khối cơ sở dữ liệu khá lớn nhằm cung cấp giao diện cho tất cả các CSDL thương mại lớn.
- Python được biên dịch và chạy trên tất cả các nền tảng lớn hiện nay.

### ➤ Phần mềm ENVI 4.8

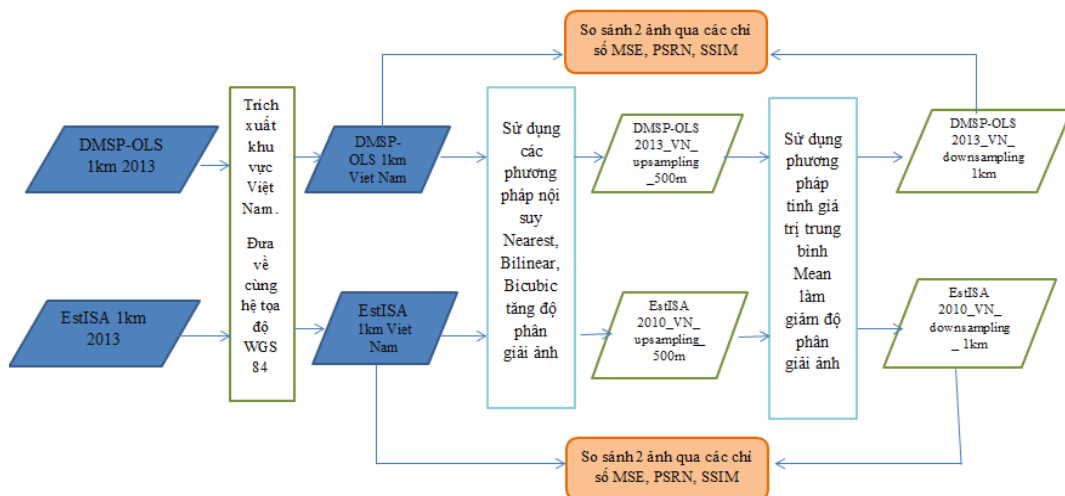
- Với các công cụ giúp xử lý dữ liệu ảnh viễn thám. Cho phép xử lý với số lượng, dung lượng ảnh lớn và các định dạng ảnh khác nhau.
- ENVI có công cụ xử lý ảnh đa dạng dựa như công cụ xử lý hình học, công cụ phân tích phổ, công cụ phân tích dữ liệu,...
- Có thể kết nối trực tiếp với phần mềm ArcGIS cho phép dễ dàng tích hợp kết quả phân tích ảnh vào cơ sở dữ liệu,...

### 3.2 Thực nghiệm đánh giá tác động của các phương pháp nội suy với ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013 và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA 2010.

Ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS được NOAA tổng hợp từ năm 1992 đến năm 2013 (khi vệ tinh DMSP dừng hoạt động). Ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA được NOAA tổng hợp năm 2010, đây là bộ ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước toàn cầu duy nhất hiện nay.

Do đó, luận văn tiến hành thực nghiệm với 02 ảnh: ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS năm 2013 và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA 2010 nhằm đánh giá tác động của quá trình nội suy ảnh đối với hai loại dữ liệu này. Hai ảnh gốc đều có độ phân giải ban đầu là 1km.

Quá trình thực nghiệm đã trích xuất khu vực nghiên cứu Việt Nam và tiến hành áp dụng các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba làm tăng độ phân giải ảnh từ 1km về 500m. Tiếp tục làm giảm độ phân giải ảnh từ 500m về 1km bằng phương pháp lấy giá trị trung bình các điểm ảnh (Mean) và so sánh ảnh kết quả với ảnh gốc ban đầu theo các chỉ số đánh giá: MSE, PSRN, SSIM. Chu trình đánh giá được mô tả trong hình 3.1 dưới đây.



Hình 3.1: Chu trình thực nghiệm các phương pháp nội suy ảnh với ảnh DMSP và ảnh ISA

### 3.2.1. Trích xuất dữ liệu khu vực Việt Nam

Ảnh ảnh sáng ban đêm DMSP – OLS (F18 satellite) năm 2013 được tải miễn phí tại: <https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>.

Ảnh bề mặt không thấm nước ISA năm 2010 được tải miễn phí tại: [https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/download\\_global\\_isa.html](https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/download_global_isa.html)

Hai ảnh được trích xuất khu vực nghiên cứu Việt Nam và đưa về cùng hệ tọa độ WGS84

Các bước tiền xử lý dữ liệu sử dụng công cụ Arcgis:

- Các ảnh được trích xuất khu vực nghiên cứu Việt Nam sử dụng Shapefile: *Toolboxes -> Systems Toolboxes -> Spatial Analyst Tools -> Extraction -> Extract by Mask.*
- Đưa về cùng hệ quy chiếu địa lý WGS84 – UTM zone 49 sử dụng công cụ: *Toolboxes -> Data Management Tool -> Projections and Transformations -> Raster -> Project Raster-> Projected Coordinate Systems.*

### 3.2.2 Thực nghiệm và đánh giá kết quả

Tiến hành thực nghiệm tăng độ phân giải ảnh bằng các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba. Giảm độ phân giải ảnh sau nội suy bằng phương pháp Mean (tính các giá trị trung bình). Sử dụng chương trình lập trình từ Python.

Bảng 3.1 Một số hàm và thư viện sử dụng

STT	Thư viện	Hàm	Ý nghĩa
1	<i>ArcPy: là một gói cung cấp các công cụ tính toán, phân tích dữ liệu địa lý, chuyển đổi, quản lý dữ liệu</i>	Resample_management (in_raster, out_raster, {cell_size}, {resampling_type})	Hàm nội suy ảnh
2	<i>Scikit_image: gói thư viện tập hợp các hàm giúp so sánh chất lượng ảnh</i>	skimage.measure.compare_mse (im1, im2)	Tính toán, so sánh 2 ảnh theo chỉ số MSE
		skimage.measure.compare_psnr (im_true, im_test):	Tính chỉ số tín hiệu cực đại/ nhiễu (PSRN) giữa hai ảnh

		skimage.measure.compare_ssim (X, Y, win_size=None, gradient=False, data_range=None, multichannel=False, gaussian_weights=False, full=False, dynamic_range=None)	Tính chỉ số tương đồng cấu trúc SSIM giữa 2 ảnh
	<i>Gdal</i>	Gói thư viện với các công cụ lập trình và thao tác với các dữ liệu không gian địa lý. Bản chất bao gồm 2 thư viện GDAL thao tác với dữ liệu dạng raster và OGR thao tác với dữ liệu dạng vector	
	<i>Numpy</i>	Gói thư viện cung cấp các đối tượng và phương thức để làm việc với mảng nhiều chiều và các phép toán đại số.	

### **Kết quả**

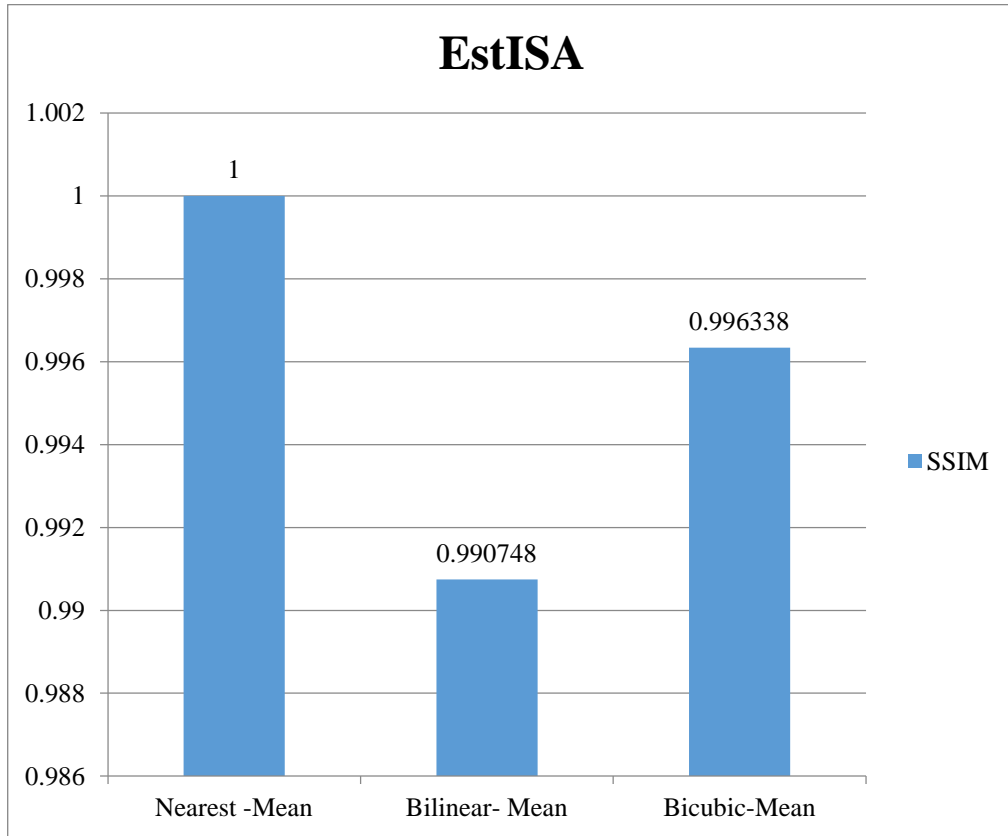
Sau quá trình, với mỗi ảnh vệ tinh DMSP và ISA độ phân giải 1km, ta thu được 03 ảnh kết quả tương ứng với quá trình nội suy làm tăng độ phân giải ảnh lần lượt bằng ba phương pháp (nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính và nội suy xoắn bậc ba) và làm giảm độ phân giải bằng phương pháp lấy giá trị trung bình Mean. Ba ảnh kết quả sẽ được so sánh với ảnh gốc ban đầu, nhằm so sánh tác động của quá trình nội suy đối với chất lượng ảnh.

Kết quả cho thấy đối với cả 2 dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP và ISA, quá trình tăng độ phân giải ảnh bằng phương pháp nội suy láng giềng gần nhất và giảm độ phân giải ảnh bằng phương pháp tính giá trị trung bình không làm thay đổi chất lượng ảnh. Ảnh kết quả thu được giống với ảnh gốc (chỉ số so sánh MSE=none, SSIM=1).

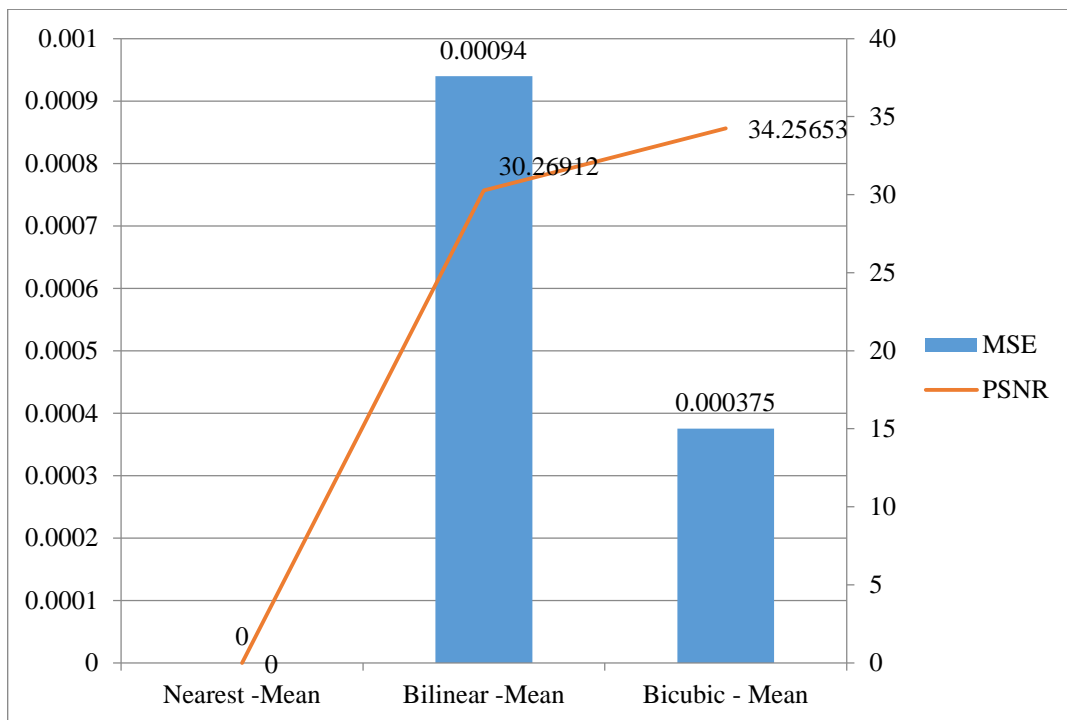
Với ảnh vệ tinh ISA, phương pháp nội suy xoắn bậc ba có tác động tốt hơn với ảnh kết quả (các chỉ số so sánh MSE= 0.00037, PSNR=34.2565, SSIM=0.9963) so với phương pháp nội suy song tuyến tính (các chỉ số so sánh MSE= 0.00093, PSNR=30.2691, SSIM=0.9907). Kết quả được biểu diễn bằng biểu đồ 3.1 và biểu đồ 3.2.

Tương tự, với ảnh vệ tinh DMSP phương pháp nội suy xoắn bậc ba có tác động tốt hơn với ảnh kết quả (các chỉ số so sánh MSE= 0.0085, PSNR=20.704, SSIM=0.9634) so với phương pháp nội suy song tuyến tính (các chỉ số so sánh MSE=0.0089, PSNR=20.5043, SSIM=0.9615).

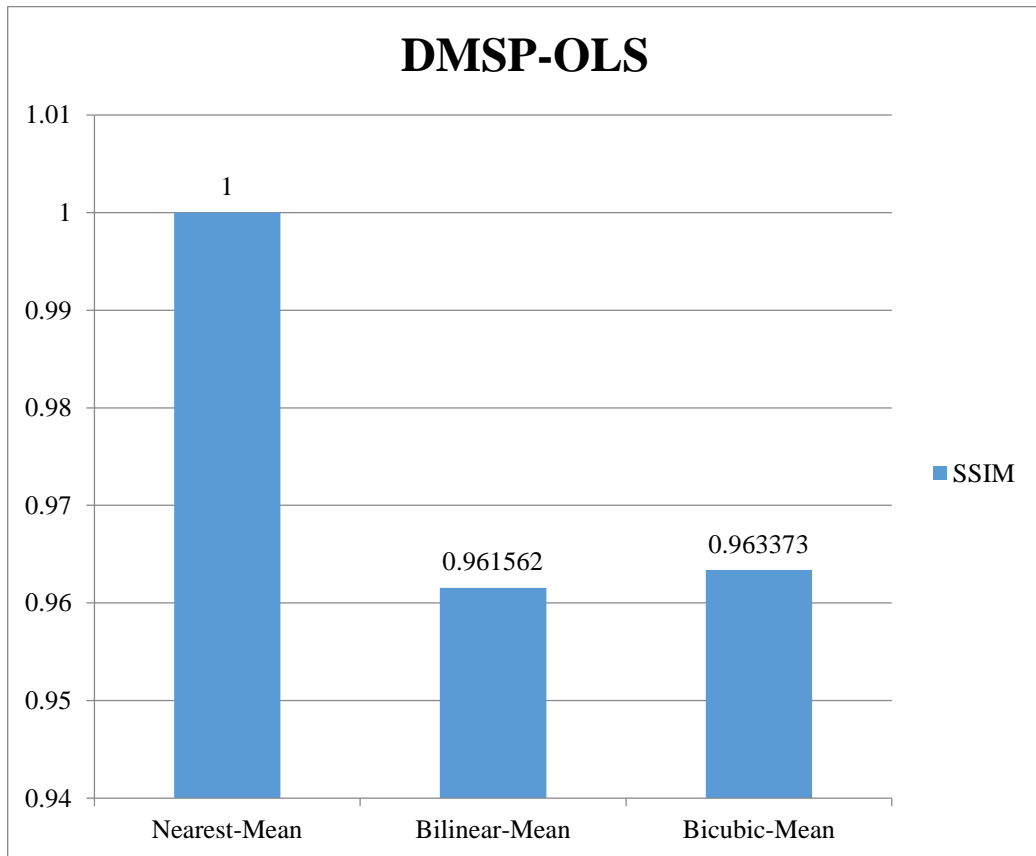
Kết quả được biểu diễn bằng biểu đồ 3.3 và biểu đồ 3.4 dưới đây.



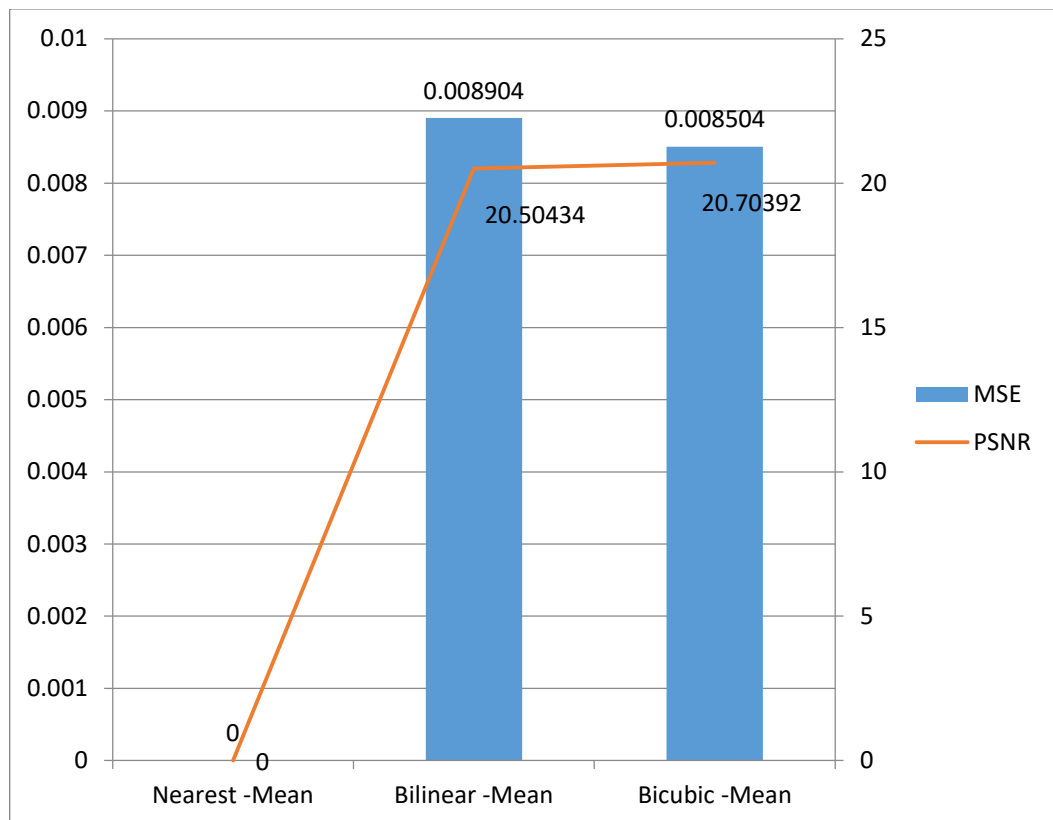
Biểu đồ 3.1 So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số SSIM



Biểu đồ 3.2: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số MSE – PSNR





Biểu đồ 3.3: So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số SSIM



Biểu đồ 3.4: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số MSE, PSNR

Bảng 3.2 Đánh giá trực quan các ảnh sau nội suy

Đánh giá trực quan	Ảnh sau nội suy
<p>Ảnh có hiện tượng răng cưa rõ ràng, mờ và không sắc nét.</p>	 <p>Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh DMSP/OLS 2013 độ phân giải 500m – nội suy láng giềng gần nhất</p>
<p>Hiện tượng răng cưa đã được cải thiện tốt hơn so với phương pháp nội suy láng giềng gần nhất. Ảnh mịn hơn.</p>	 <p>Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh DMSP/OLS 2013 độ phân giải 500m – nội suy song tuyến tính</p>



Hiện tượng răng cưa đã được cải thiện. Ảnh mịn và rõ ràng.



Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh DMSP/OLS 2013 độ phân giải 500m – nội suy xoắn bậc ba

Hình ảnh có hiện tượng răng cưa, ảnh mờ, không sắc nét.



Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh bề mặt không thấm nước ISA 2010 độ phân giải 500m – nội suy láng giềng gần nhất

Hiện tượng răng cưa đã được cải thiện tốt hơn so với phương pháp nội suy láng giềng gần nhất. Ảnh rõ nét hơn.



Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh bề mặt không thấm nước ISA 2010 độ phân giải 500m – nội suy song tuyến tính

Hiện tượng răng cưa giảm hơn so với nội suy láng giềng gần nhất. Ảnh mịn và rõ nét hơn.



Ảnh trích xuất khu vực Hà Nội ảnh bề mặt không thấm nước ISA 2010 độ phân giải 500m – nội suy xoắn bậc ba

### 3.3. Đánh giá tác động của các kỹ thuật nội suy trong tiền xử lý dữ liệu ảnh viễn thám đến kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam

Để đánh giá hiệu quả của quá trình nội suy đối với kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng, các dữ liệu đầu vào bao gồm: Bản đồ mật độ dân số năm 2015, dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS năm 2013 (là năm cuối cùng dữ liệu vệ tinh được NOAA tổng hợp); ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA 2010 (dữ liệu được NOAA tổng hợp vào năm 2010, là dữ liệu bề mặt không thấm nước toàn cầu duy nhất hiện nay); ảnh vệ tinh chỉ số thực vật MOD13Q1 năm 2015; ảnh vệ tinh bề mặt chứa nước. Dữ liệu được lựa chọn được mô tả như bảng 3.3.

Bảng 3.3 Dữ liệu đầu vào bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng

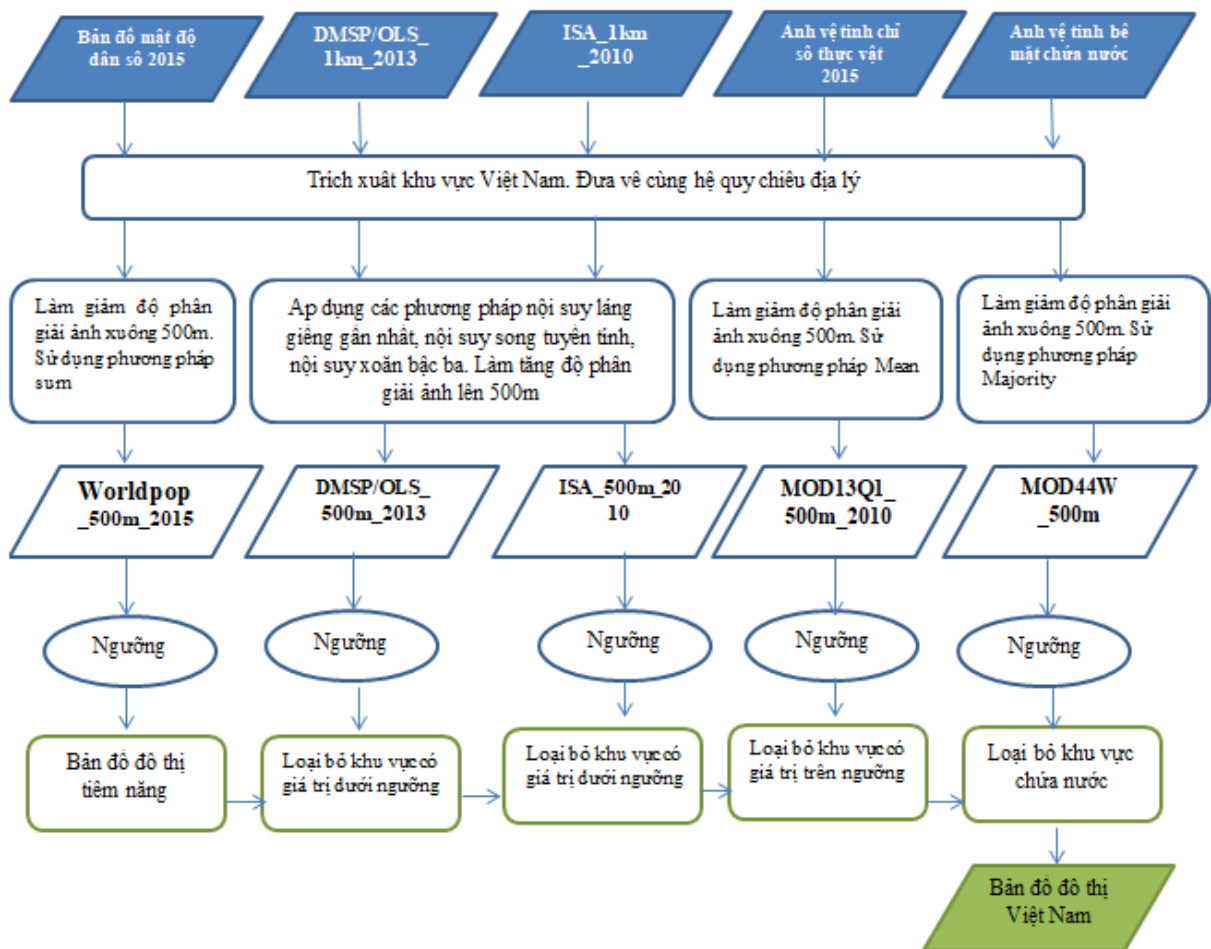
Dữ liệu	Tên viết tắt	Độ phân giải không gian	Thời gian
Bản đồ mật độ dân số Download: <a href="http://www.worldpop.org.uk">http://www.worldpop.org.uk</a>	Worldpop	100m	2015
Dữ liệu vệ tinh ánh sáng ban đêm Download: <a href="https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html">https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html</a>	DMSP-OLS	1km	2013
Dữ liệu vệ tinh bề mặt không thấm nước Download: <a href="https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/download_global_isa.html">https://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/download_global_isa.html</a>	EstISA	1km	2010
Dữ liệu vệ tinh chỉ số thực vật NDVI Download: <a href="http://earthexplorer.usgs.gov/">http://earthexplorer.usgs.gov/</a>	MOD13Q1	250m	2015
Ảnh vệ tinh bề mặt chứa nước Download: <a href="https://lpdaac.usgs.gov/data_access/">https://lpdaac.usgs.gov/data_access/</a>	MOD44W	250m	n/a

**Các ảnh vệ tinh cần qua quá trình tiền xử lý dữ liệu, đưa về cùng độ phân giải 500m:**

- Ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP/OLS năm 2013 và dữ liệu vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA năm 2010 (độ phân giải 1km) được làm tăng độ phân giải bằng các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba.
- Dữ liệu bản đồ mật độ dân số (độ phân giải 100m) được giảm chất lượng ảnh bằng phương pháp tính tổng SUM.

- Dữ liệu vệ tinh chỉ số thực vật (độ phân giải 250m) được giảm chất lượng ảnh bằng phương pháp tính trung bình MEAN.
- Dữ liệu ảnh bề mặt chứa nước (độ phân giải 250m) được giảm chất lượng ảnh bằng phương pháp tính phần đông Majority.

Quy trình phân loại lớp phủ đô thị được mô tả trong hình 3.4. Bản đồ cơ sở được xây dựng từ dữ liệu bản đồ dân số. Bản đồ lớp phủ đô thị được tính toán bằng cách loại bỏ đi khu vực có chỉ số ánh sáng ban đêm, chỉ số bề mặt không thấm nước thấp hơn ngưỡng phân lớp. Loại bỏ các khu vực có chỉ số thực vật cao hơn ngưỡng và khu vực chứa bề mặt nước.



Hình 3.2 Chu trình bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng. Sử dụng các phương pháp nội suy ảnh trong tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP và ISA

### 3.3.1 Tính toán ngưỡng phân lớp và thực nghiệm

Ngưỡng phân lớp là giá trị mà người ta dựa vào đó để phân tách dữ liệu thành các lớp khác nhau. Trong bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng, ngưỡng phân lớp là giá trị điểm ảnh giúp phân tách dữ liệu thành 2 lớp: đô thị và không là đô thị.

Để tìm ngưỡng phân lớp, 02 tập dữ liệu được xây dựng bao gồm tập dữ liệu học và tập dữ liệu kiểm tra.

Trên lưới có độ phân giải 500 mét, để không bỏ sót các điểm đô thị, quá trình thực nghiệm tiến hành khoanh vùng 100 đa giác ngẫu nhiên các khu vực chứa đô thị tại Việt Nam, chọn ra các điểm thuộc lớp đô thị. Các điểm thuộc các lớp khác (khu vực đất trống, rừng, nước, đất canh tác..) được chọn một cách ngẫu nhiên trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Các điểm này được kiểm tra lại bằng cách đối chiếu với dữ liệu ảnh có độ phân giải cao từ Google Earth và Landsat ETM+.

Tập dữ liệu học được xây dựng bao gồm 425 điểm thuộc lớp đô thị và 839 điểm thuộc các lớp khác (rừng, đất trống, khu vực chứa nước,...). Tập dữ liệu kiểm tra bao gồm 193 điểm thuộc lớp đô thị và 200 điểm thuộc các lớp khác.

Từ tập dữ liệu học, ta tính được ngưỡng cho dữ liệu ảnh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh bề mặt không thấm nước EstISA đối với từng phương pháp nội suy ảnh.

- Đối với dữ liệu ảnh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013: dữ liệu vệ tinh được lượng tử hóa bởi 6 bit. Hay nói cách khác, các điểm ảnh được biểu diễn bởi  $2^6 = 64$  (từ 0,...,63) giá trị. Để tính toán ngưỡng phân lớp cho từng phương pháp nội suy ảnh, 03 ảnh vệ tinh DMSP-OLS đầu vào có độ phân giải 500m (là kết quả của quá trình tiền xử lý dữ liệu nội suy ảnh theo các phương pháp nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba) cùng với tập dữ liệu học được đưa vào. Thuật toán chạy các giá trị điểm ảnh từ 0 đến 63, giá trị điểm ảnh giúp phân tập dữ liệu học thành 02 lớp đô thị và không phải đô thị một cách tốt nhất chính là giá trị ngưỡng phân lớp.

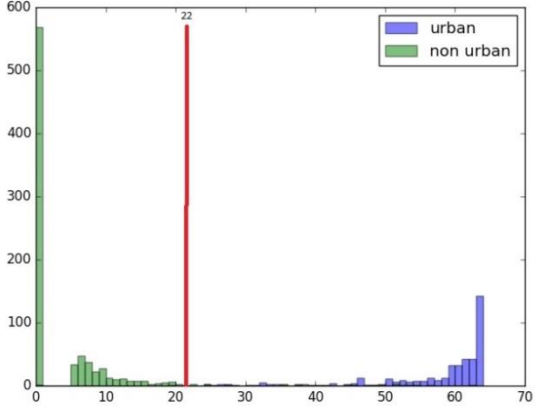
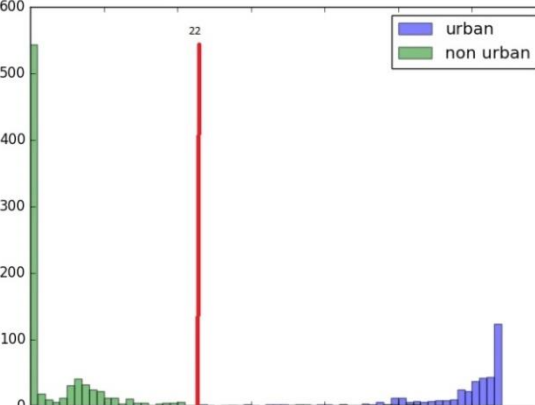
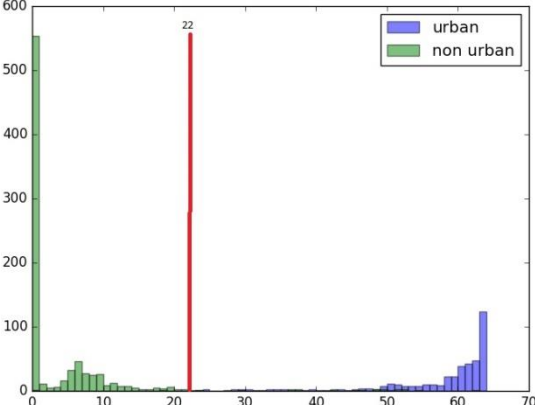
Kết quả cho thấy đối với dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS, ngưỡng phân lớp là 22 đối với cả 3 phương pháp nội suy ảnh. Chỉ khác nhau ở tổng số điểm phân lớp chính xác (đối với phương pháp nội suy láng giềng gần nhất là 1239/ 1264 điểm học, phương pháp nội song tuyến tính là 1240/1264 điểm học, phương pháp nội suy xoắn bậc ba là 1239/ 1264 điểm học).

- Đối với dữ liệu ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA 2010: dữ liệu là phần trăm bề mặt không thấm nước trên tổng diện tích (0% đến 100%). Do đó các giá trị của điểm ảnh được biểu diễn bởi 0 – 100 giá trị. Tương tự, kết quả cho thấy đối với dữ liệu ảnh EstISA, ngưỡng phân lớp là 3 đối với cả 3 phương pháp nội suy ảnh. Chỉ khác nhau ở tổng số điểm phân lớp chính xác (đối với phương pháp nội suy láng giềng gần nhất là 1233/ 1264 điểm học, phương pháp nội song tuyến tính là 1234/1264 điểm học, phương pháp nội suy xoắn bậc ba là 1234/ 1264 điểm học).

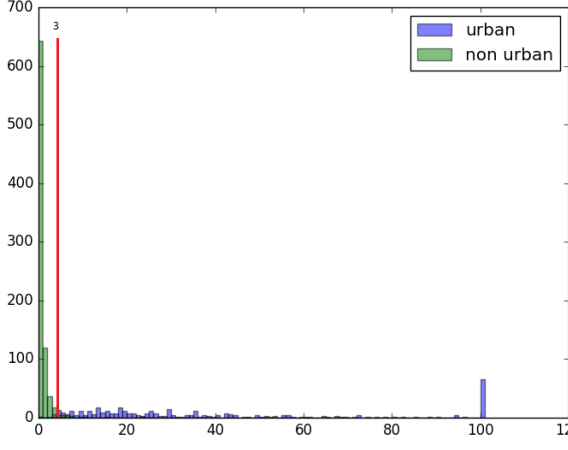
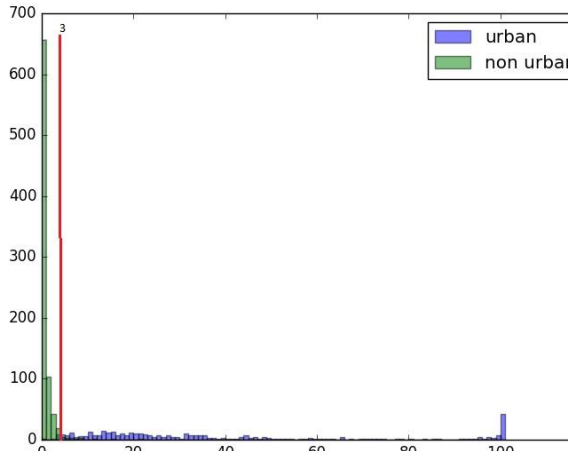
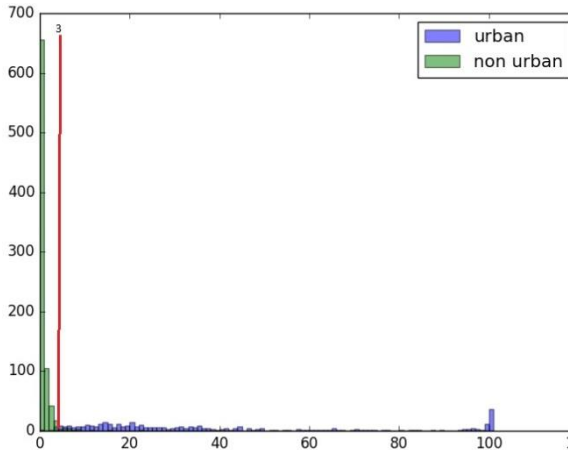
Biểu đồ Histogram biểu thị ngưỡng phân lớp của 02 dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS và ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA được mô tả dưới bảng

3.4 và bảng 3.5. Trong đó, biểu đồ Histogram là biểu đồ biểu diễn số điểm ảnh và giá trị của điểm ảnh. Biểu đồ là 1 khung chữ nhật, với 2 chiều. Chiều ngang là giá trị điểm ảnh được biểu diễn, chiều dọc là số lượng điểm ảnh có giá trị tương ứng với giá trị ở chiều ngang của biểu đồ.

Bảng 3.4: Bảng lược đồ Histogram tính ngưỡng cho từng phương pháp nội suy ảnh đối với dữ liệu ảnh vệ tinh ánh sáng ban đêm DMSP-OLS 2013

Phương pháp nội suy ảnh	Lược đồ Histogram	Ngưỡng	Tổng số điểm phân lớp chính xác
Nội suy láng giềng gần nhất		22	1239
Nội suy song tuyến tính		22	1240
Nội suy xoắn bậc ba		22	1240

Bảng 3.5 Bảng lược đồ Histogram tính ngưỡng cho từng phương pháp nội suy ảnh đối với dữ liệu ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước EstISA 2010

Phương pháp nội suy ảnh	Lược đồ Histogram	Ngưỡng	Tổng số điểm phân lớp chính xác
Nội suy láng giềng gần nhất		3	1233
Nội suy song tuyến tính		3	1234
Nội suy xoắn bậc ba		3	1234

Ngưỡng phân lớp đối với dữ liệu bản đồ mật độ dân số là 500; với dữ liệu chỉ số thực vật NDVI là 0.62; với bề mặt chứa nước là 1.

### 3.3.2 Kết quả

Quá trình phân lớp phủ đô thị tại Việt Nam sẽ loại bỏ các khu vực có mật độ dân số nhỏ hơn 500, các khu vực có chỉ số ánh sáng ban đêm nhỏ hơn 22, các khu vực có chỉ số bề mặt không thấm nước nhỏ hơn ba. Khu vực có chỉ số thực vật lớn hơn 0.62 và chứa bề mặt nước cũng được loại bỏ ra khỏi khu vực đô thị.

Sau quá trình phân lớp, ta thu được 09 bản đồ phân loại lớp phủ đô thị (ứng với tổ hợp của các phương pháp nội suy ảnh tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS và ảnh vệ tinh ISA). Các bản đồ này sẽ được so sánh đối chiếu với tập dữ liệu kiểm tra (bao gồm 193 điểm thuộc lớp phủ đô thị và 200 điểm thuộc các lớp khác)

Để đánh giá tác động của quá trình nội suy ảnh vệ tinh đối với bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng, ta đánh giá độ chính xác của thuật toán qua chỉ số đánh giá: F1 Score – chỉ số thường được sử dụng để đánh giá các mô hình phân lớp nhị phân. F1 là độ đo hài hòa giữa độ chính xác và độ hồi tưởng. Nó có giá trị trong khoảng [0,1]. Khi F1=1 tức là mô hình phân lớp tốt.

$$\text{Công thức của F1} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3.1)$$

Trong đó:

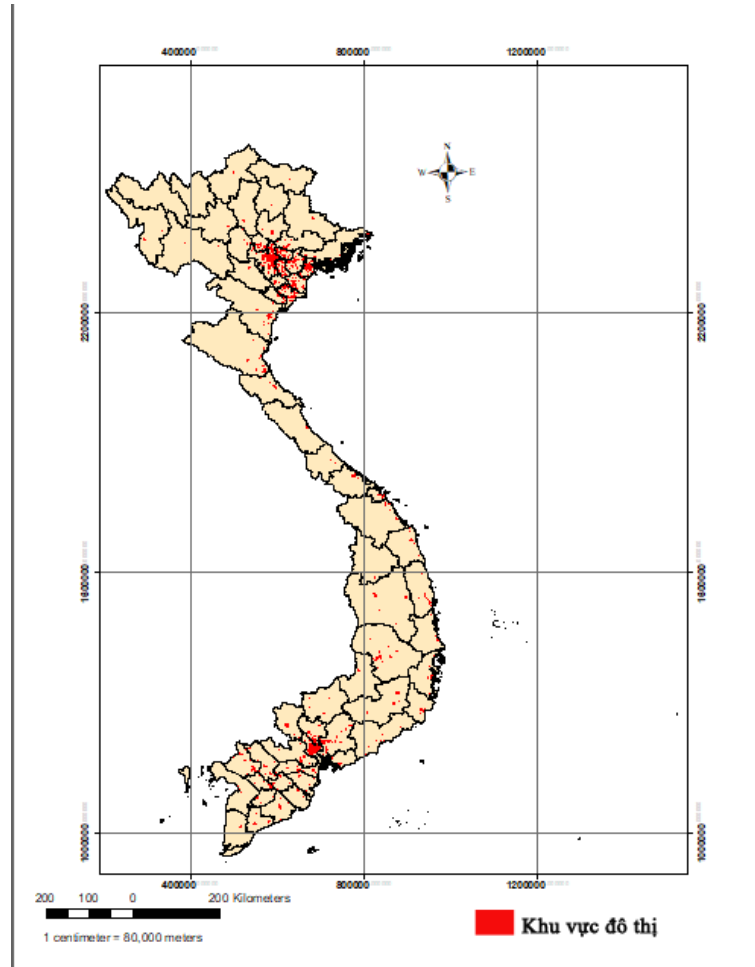
Độ chính xác (Precision): là số phân lớp đúng trên bản đồ kết quả đối chiếu với tập dữ liệu kiểm tra.

Độ hồi tưởng (Recall): là số phân lớp đúng trên tập dữ liệu kiểm tra đối chiếu với bản đồ kết quả.

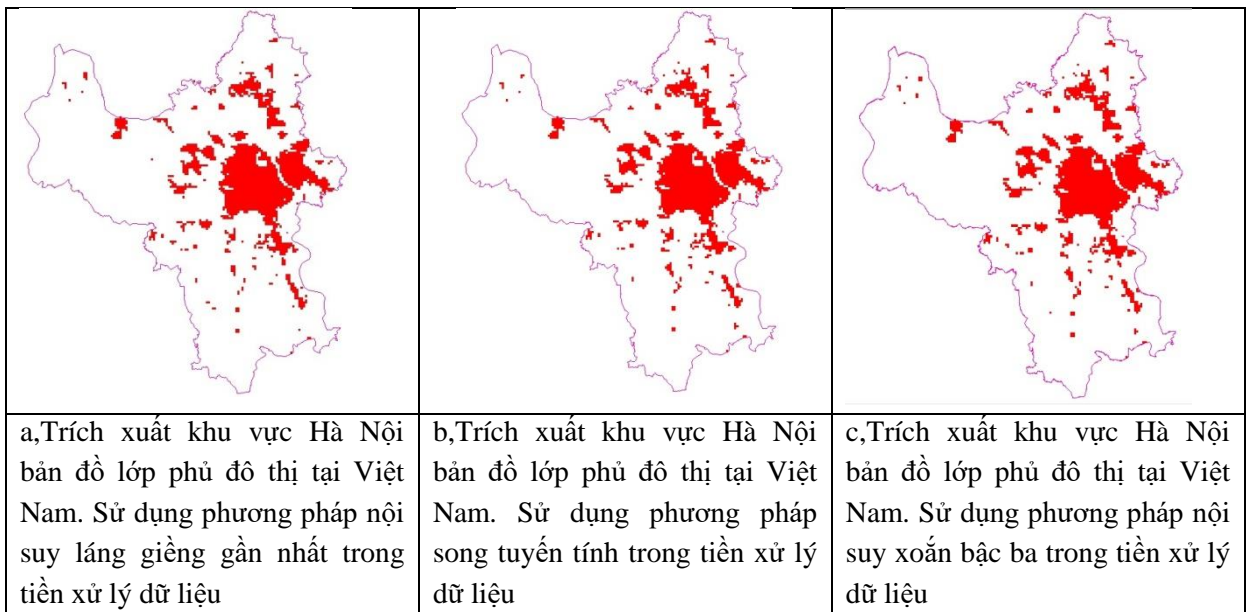
Bảng 3.6 Kết quả đánh giá tác động của các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh trong tiền xử lý dữ liệu với kết quả bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam

<b>Worldpop</b>	<b>ISA</b>	<b>DMSP-OLS</b>	<b>MOD13Q1</b>	<b>MOD44W</b>	<b>F1</b>
Sum	Nearest	Nearest	Mean	Majority	0.9788
Sum	Nearest	Bilinear	Mean	Majority	0.9842
Sum	Nearest	Bicubic	Mean	Majority	0.9842
Sum	Bilinear	Nearest	Mean	Majority	0.9788
Sum	Bilinear	Bilinear	Mean	Majority	0.9842
Sum	Bilinear	Bicubic	Mean	Majority	0.9842
Sum	Bicubic	Nearest	Mean	Majority	0.9788
Sum	Bicubic	Bilinear	Mean	Majority	0.9842
Sum	Bicubic	Bicubic	Mean	Majority	0.9842





Hình 3.3 Bản đồ lớp phủ đô thị Việt Nam, sử dụng phương pháp nội suy Bilinear tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh DMSP-OLS 2013 và EstISA 2010



Hình 3.4 Trích xuất khu vực Hà Nội bản đồ lớp phủ đô thị tại Việt Nam, kết quả cho từng phương pháp nội suy ảnh vệ tinh đầu vào

Kết quả cho thấy, các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh bề mặt không thấm nước ISA có ít tác động đến kết quả phân lớp.

Nội suy ảnh ánh sáng ban đêm DMPS-OLS bằng phương pháp nội suy láng giềng gần nhất cho kết quả độ chính xác là thấp nhất với chỉ số F1 là 0,9788.

Nội suy ảnh ánh sáng ban đêm DMPS-OLS bằng phương pháp nội suy song tuyến tính và xoắn bậc ba cho kết quả tốt hơn với chỉ số F1 là 0,9842. Kết quả này do tác động của các phương pháp nội suy đối với các ảnh đầu vào. Phương pháp nội suy song tuyến tính và xoắn bậc ba cho ảnh hiển thị tốt hơn (ảnh mịn, rõ ràng) cũng cho kết quả phân lớp tốt hơn.

Từ đó cho thấy, để có được kết quả phân lớp tốt, ta nên sử dụng phương pháp nội suy Bilinear hoặc phương pháp nội suy Bicubic trong tiền xử lý dữ liệu ảnh vệ tinh đối với bài toán phân loại lớp phủ đô thị.

## **KẾT LUẬN**

Hiện nay, các nguồn ảnh vệ tinh có độ phân giải cao thường không sẵn có hoặc có giá thành khá cao. Do đó, việc áp dụng kỹ thuật nội suy ảnh vệ tinh tăng độ phân giải, nâng cao chất lượng hình ảnh đối với dữ liệu vệ tinh có độ phân giải thấp (được cung cấp miễn phí hoặc có giá thành thấp) làm đầu vào trong các bài toán, nghiên cứu mang nhiều ý nghĩa về mặt kinh tế.

Ngoài ra, để giải quyết các vấn đề thực tế, xây dựng bản đồ chuyên đề chính xác, thường cần đầu vào là các ảnh vệ tinh đa nguồn, đa độ phân giải. Việc sử dụng kỹ thuật nội suy ảnh vệ tinh đưa ảnh về cùng độ phân giải là điều rất cần thiết.

Trước nhu cầu đó, luận văn đã tiến hành tìm hiểu, nghiên cứu về các phương pháp nội suy phổ biến như: Nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính, nội suy xoắn bậc ba. Đánh giá tác động của phương pháp nội suy ảnh vệ tinh đối với bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam theo phương pháp GLCMNO mở rộng – một trong những bài toán mang lại nhiều ý nghĩa về khoa học và thực tiễn hiện nay.

## **Hạn chế**

Do hạn chế về kiến thức cá nhân, nên luận văn còn nhiều hạn chế như: số lượng phương pháp nội suy ảnh vệ tinh tìm hiểu còn khá ít. Việc tìm hiểu, tham khảo, biên dịch các tài liệu tham khảo còn chưa sát nghĩa. Quá trình đánh giá hiệu quả của phương pháp nội suy mới dừng lại ở bước thực nghiệm. Luận văn chưa đánh giá được tác động của từng loại dữ liệu đầu vào đối với bài toán phân loại lớp phủ đô thị (dữ liệu nào có tính chất quyết định cao hay các dữ liệu bổ sung và hỗ trợ nhau như thế nào). Chưa so sánh được bản đồ kết quả với các bản đồ lớp phủ đô thị khác.

**Hướng phát triển**

Để phát triển chuyên sâu, em sẽ tìm hiểu thêm nhiều phương pháp nội suy ảnh vệ tinh hơn: phương pháp nội suy 2 chiều, các phương pháp nội suy không gian cho dữ liệu địa lý (bao gồm dữ liệu tọa độ và dữ liệu thuộc tính). Đánh giá hiệu quả của quá trình nội suy với nhiều dữ liệu khác nhau, và lý giải dựa trên cơ sở khoa học cho kết quả.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### Tiếng Việt

1. Trường ĐH Hàng Hải Việt Nam (2011), *Bài giảng xử lý ảnh*, Tr 13 – 16.
2. Nguyễn Văn Hật (2012), Luận văn thạc sĩ “*Nghiên cứu một số kỹ thuật nội suy ảnh*”, Học Viện Bưu Chính Viễn Thông.
3. Phan Thị San Hà, Lê Minh Sơn (2007), *Ứng dụng phương pháp nội suy Kriging khảo sát sự phân bố tầng đất yếu tuổi Holocene ở khu vực nội thành Thành phố Hồ Chí Minh*, Tạp chí phát triển Khoa học và Công Nghệ.
4. Lương Bá Mạnh, Nguyễn Thanh Thủy (2003), *Nhập môn xử lý ảnh số*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, Tr 9 – 11.
5. GS. TS Võ Chí Mỹ (2009), *Trắc địa đại cương*, Nhà Xuất Bản Giao Thông Vận Tải, Tr 6.
6. Nguyễn Thị Nguyệt (2009), Luận văn thạc sĩ “*Nội suy ảnh và một số ứng dụng*”, ĐH Thái Nguyên.
7. PGS. TS Nguyễn Khắc Thời, *Giáo trình Viễn Thám*, Trường ĐH Nông Nghiệp, Tr 5 – 14.
8. TS Đỗ Năng Toàn, TS Phạm Việt Bình (2007), *Giáo trình môn học xử lý ảnh*, ĐH Thái Nguyên, Tr 7 -8.

### Tiếng Anh

9. A Canada Centre for Remote Sensing Remote Sensing Tutorial, *Fundamentals of Remote Sensing* , Tr 5 – 19.
10. Alimujiang Kasimu, Ryutaro Tateishi (2010), *Quantifying urban land cover and impact on land cover in China using GLCNMO urban and DCW*, Second IIT A International Conference on Geoscience and Remote Sensing.
11. Alimujiang Kasimu, Ryutaro Tateishi (2008), *GLCNMO Global Urban Mapping, Validation and Comparison with Existing Global Urban Maps*GLCNMO Global Urban Mapping, Validation and Comparison with Existing Global Urban Maps, Journal of The Remote Sensing Society of Japan, Vol 28, No 5.
12. Christopher D. Elvidge, Kimberly Baugh, Mikhail Zhizhin, Feng Chi Hsu (2013), *Why VIIRS data are superior to DMSP for mapping nighttime lights*, Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network 2013v. 35, p. 62-69.
13. Christopher D. Elvidge , Benjamin T. Tuttle , Paul C. Sutton , Kimberly E. Baugh, Ara T. Howard, Cristina Milesi, Budhendra L. Bhaduri and Ramakrishna Nemani

(2007), *Global Distribution and Density of Constructed Impervious Surfaces*, Sensors 2007.

14. Dengsheng Lu, Qihao Weng (2006), *Use of impervious surface in urban land-use classification*, Remote Sensing of Environment 102.

15. Dianyuan Han (2013), *Comparison of Commonly Used Image Interpolation Methods*, Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Science and Electronics Engineering (ICCSEE).

16. Firas Ajil Jassim , Fawzi Hasan Altaany (2013), *Image Interpolation Using Kriging Technique for Spatial Data*, Canadian Journal on Image Processing and Computer Vision Vol. 4 No. 2.

17. Jency Titus, Sebastian Geroge (2013), *A Comparison Study On Different Interpolation Methods Based On Satellite*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 2 Issue 6.,

18. M. Kudřelka Jr (2012), *Image Quality Assessment*, WDS'12 Proceedings of Contributed Papers, Part I, 94–99, 2012.

19. Nisha, Sunil Kumar (2013), *Image Quality Assessment Techniques*, International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Volume 3, Issue 7.

20. Pham Tuan Dung, Man Duc Chuc, Nguyen Thi Nhat Thanh, Bui Quang Hung, Doan Minh Chung (2016), *Optimizing GLCNMO version 2 method to detect Vietnam's urban expansion*, The Eighth International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE).

21. Qihao Weng (2012), *Remote sensing of impervious surfaces in the urban areas: Requirements, methods, and trends*, Remote Sensing of Environment.

22. Ranjeet Roy, Maninder Pal, Tarun Gulati (2013), *Zooming Digital Images using Interpolation Techniques*, International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAIEM), Volume 2, Issue 4.

23. Robert A. Schowengerdt, *Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing*, Third Edition, Tr 2, 77 - 82, 300.

24. S. Santhosh Baboo , M.Renuka Devi (2010), *An Analysis of Different Resampling Methods in Coimbatore, District*, Global Journal of Computer Science and Technology, Vol. 10 Issue 15 (Ver. 1.0).

25. Shunji Murai, *Remote Sensing Note*, Japan Association on Remote Sensing, Chapter 8.

26. Thi Dong-Binh Tran, Anne Puissant, Dominique Badariotti and Christiane Weber (2011), *Optimizing spatial resolution of imagery for urban form detection-the cases of France and Vietnam*, Remote Sensing.
27. Tran Thi An and Vu Anh Tuan (2008), *Application of Remote Sensing in Land Use Change Pattern in Da Nang City ,Vietnam*, Remote Sensing.
28. Tran Thi Van (2005), *Relationship Between Surface Temperature and Land Cover Types Using Thermal Infrared Remote Sensing, in Case of HoChiMinh City*, The Sixteenth Workshop of OMISAR
29. Vaishali Patel, Prof. Kinjal Mistree (2013), *A Review on Different Image Interpolation Techniques for Image Enhancement*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 3, Issue 12.
30. Xi Shao, Changyong Cao, Bin Zhang, Shi Qiu, Christopher Elvidge and Michael Von Hendy (2014), *Radiometric calibration of DMSP-OLS Sensor using VIIRS Day/Night Band*, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering.
31. Yanhua Xie and Qihao Weng (2014), *A Comparative Study of NPP-VIIRS and DMSP-OLS Nighttime Light Imagery for Derivation of Urban Demographic Metrics*, Third International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications.
32. Yang Ning, Yunfeng Zhang, Yifang Liu, Jun He, Caiming Zhang (2015), *Remote Sensing Image Enhancement Algorithm for Water Pollution Monitoring Based on Rational Interpolation*, 2nd International Conference on Electrical, Computer Engineering and Electronics (ICECEE).
33. Yusra A. Y. Al-Najjar, Dr. Der Chen Soong (2012), *Comparison of Image Quality Assessment: PSNR, HVS, SSIM, UIQI*, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 8.
34. Zhou Wang and Alan C. Bovik (2009), *Mean Squared Error: Love It or Leave It?* IEEE Signal Processing Magazine.
35. Xi Yang, Qingxu Huang, Bin Gao, Yang Yang, Yuanyuan Zhao (2014), *Application of DMSP/OLS Nighttime Light Images: A Meta-Analysis and a Systematic Literature Review*, Remote Sensing (ISSN 2072-4292).
36. S. Amaral, A. M. V. Monteiro, G. Camara, J.A.Quintanilha (2006), *DMSP/OLS night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon*, International Journal of Remote Sensing Vol. 27, No. 5, 10 March 2006.

37. X. Zhang, T. Zhong , K. Wang (2009), *Scaling of impervious surface area and vegetation as indicators to urban land surface temperature using satellite data*, International Journal of Remote Sensing, Vol. 30, No. 4, 20 February 2009