

**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**

## MỤC LỤC

DANH MỤC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT TRONG LUẬN VĂN.....	2
MỞ ĐẦU .....	3
1. Tổng quan và bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn.....	3
1.1. Bài toán phân loại lớp phủ đô thị ở Việt Nam và các vấn đề trong tiền xử lý dữ liệu ảnh đầu vào.....	3
1.2. Bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn .....	5
1.2.1 Một số nghiên cứu về phương pháp nội suy .....	5
1.2.2 Bài toán nghiên cứu .....	7
1.2.3. Ý nghĩa khoa học .....	8
1.2.4. Ý nghĩa thực tiễn .....	8
2. Các phương pháp nội suy ảnh .....	8
2.1 Các khái niệm trong nội suy ảnh .....	8
2.1.1 Khái niệm tái chia mẫu ảnh (Image Resampling).....	8
2.1.2 Khái niệm nội suy ảnh.....	9
2.2 Một số phương pháp nội suy ảnh viễn thám.....	9
2.2.1 Nội suy láng giềng gần nhất - Nearest Neighbor Interpolation .....	9
2.2.2 Nội suy song tuyến tính - Bilinear interpolation.....	10
2.3.3 Nội suy xoắn bậc ba – Cubic Convolution (Bicubic) .....	11
2.3. Các chỉ số đánh giá phương pháp nội suy ảnh viễn thám.....	12
2.3.1. Sai số bình phương trung bình (MSE) .....	12
2.3.2. Tỷ số tín hiệu cực đại/ nhiễu (PSNR) .....	12
3. Mô hình thực nghiệm và đánh giá tác động của phương pháp nội suy ảnh vệ tinh .....	12
3.1 Lựa chọn công cụ trong thực nghiệm .....	13
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. ....	13
3.3. Đánh giá sự ảnh hưởng của các kỹ thuật nội suy trong tiền xử lý dữ liệu ảnh viễn thám đến việc xây dựng bản đồ lớp phủ đô thị tại Việt Nam .....	16
3.3.1 Tính toán ngưỡng phân lớp và thực nghiệm.....	17
3.3.2 Kết quả .....	18
KẾT LUẬN .....	20
Hạn chế.....	20
Hướng phát triển.....	20
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	21

**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)
DMSP – 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)

Từ khóa (Keyword): tái chia mẫu ảnh, nội suy ảnh, ảnh vệ tinh, lớp phủ đô thị.

## 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.

## 1. Tổng quan và bài toán nghiên cứu đặt ra trong luận văn

### 1.1. 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 Coverby 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].

## 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 0.1 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 đêm	DMSP-OLS	1km	2008
	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	

## Các vấn đề trong tiền xử lý ảnh bài toán phân loại lớp phủ đô thị ở 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.

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 ánh 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.

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

### 1.2.1 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 Geroje, 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].

### 1.2.2 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 ISA.
- ❖ 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.



### 1.2.3. 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.

### 1.2.4. 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.

## 2. Các phương pháp nội suy ảnh

### 2.1 Các khái niệm trong nội suy ảnh

#### 2.1.1 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 sử 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.

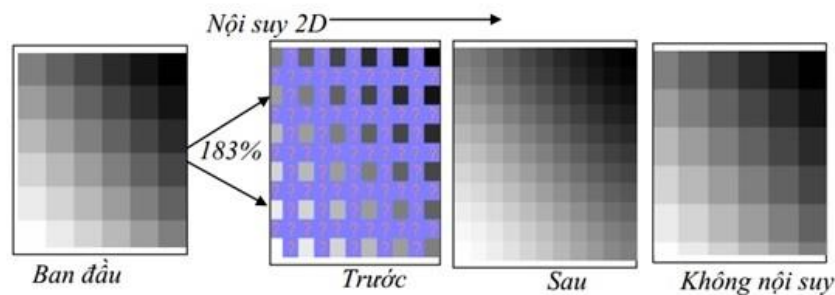
Giảm độ phân giải ảnh (downsampling): làm giảm số lượng điểm ảnh bằng cách thay thế một nhóm điểm ảnh bởi một điểm ảnh đơn, kích thước của điểm ảnh tăng. Ảnh thô và mờ hơn so với ảnh ban đầu.

### 2.1.2 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 0.1: 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.

## 2.2 Một số phương pháp nội suy ảnh viễn thám

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

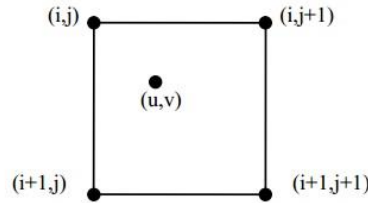
Nội suy láng giềng gần nhất là phương pháp nội suy đơn giản nhất và được sử dụng phổ biến. Điểm ảnh mới sẽ lấy giá trị của điểm ảnh gốc gần nó nhất và không xem xét các giá trị khác ở tất cả các điểm lân cận. Khoảng cách giữa hai điểm thường được đo dưới dạng khoảng cách Euclid hay khoảng cách Minkowski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

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 0.2 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].

### 2.2.2 Nội suy song tuyến tính - Bilinear interpolation

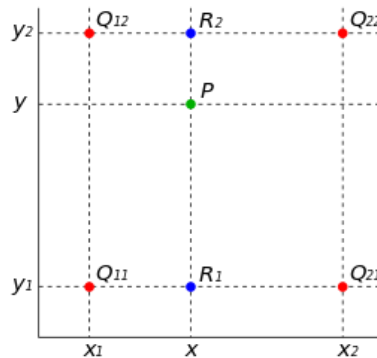
Nội suy song tuyến (Bilinear interpolation) là mở rộng của nội suy tuyến tính. Quá trình nội suy sử dụng 4 điểm ảnh gần nhất để tính giá trị của điểm ảnh mới. Giá trị của điểm nội suy được tính trung bình của bốn điểm gần nhất, trọng số cho giá trị mỗi điểm được tính dựa trên khoảng cách của điểm đó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

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 0.3: 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 ( $4 \times 4$ ).

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

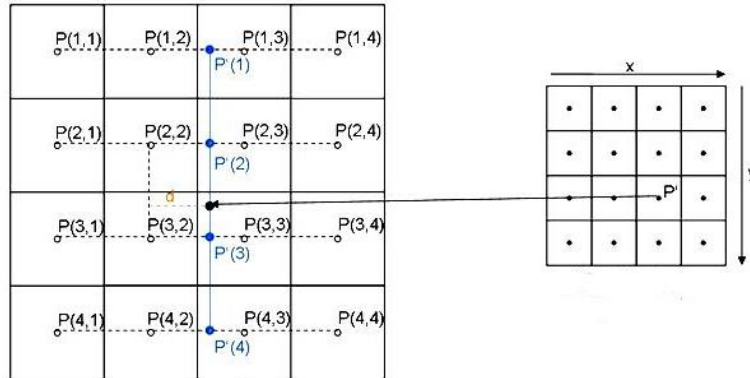
$$u(x) = \begin{cases} \frac{3}{2}|x|^3 - \frac{5}{2}|x|^2 + 1 & \text{khi } 0 \leq |x| < 1 \\ -\frac{1}{2}|x|^3 + \frac{5}{2}|x|^2 - 4|x| + 2 & \text{khi } 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & \text{khi } 2 < |x| \end{cases} \quad (2.9)$$

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 0.4: 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]

## 2.3. Các chỉ số đánh giá phương pháp nội suy ảnh viễn thám

### 2.3.1. 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.

### 2.3.2. 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]:

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

- 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.

### 2.6.3. 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.

## 3. Mô hình thực nghiệm và 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 tiền 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, PSNR, SSIM

- ❖ Phần 2: 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.

### 3.1 Lựa chọn công cụ trong thực nghiệm

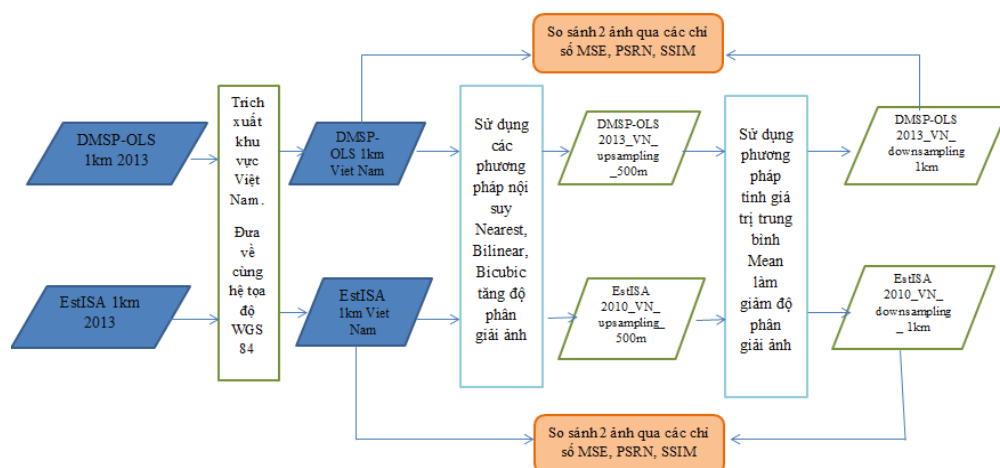
- **ArcGIS Desktop** (Phần mềm Arcgis 10.2 - một trong những sản phẩm hỗ trợ trong hệ thống thông tin địa lý (GIS) của ESRI), được thiết kế để làm việc với bản đồ và nhiều loại thông tin địa lý khác nhau.
- **Python 2.7:** Python được phát triển bởi Guido Van Rossum vào cuối những năm 80 và đầu những 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.
- **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 ngừng 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 tiến hành 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, PSNR, SSIM. Chu trình đánh giá được mô tả trong hình 3.1 dưới đây.



Hình 0.5: Chu trình thực nghiệm các phương pháp nội suy ảnh với ảnh DMSP và ảnh ISA

### 3.2.1. Thực nghiệm và đánh giá kết quả

Ảnh ánh 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

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.

#### Kết quả

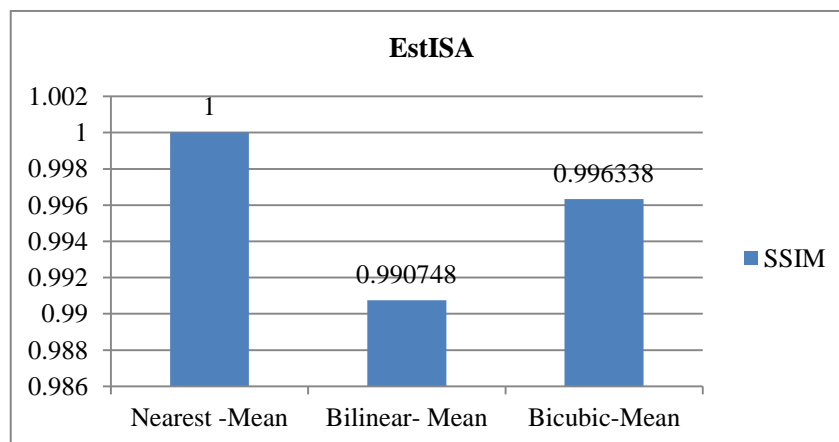
Sau quá trình, với mỗi ảnh vệ tinh DMSP và ISA độ phân giải 1km, ta thu được 03 ảnh kết quả tương ứng với quá trình nội suy làm tăng độ phân giải ảnh lần lượt bằng ba phương pháp (nội suy láng giềng gần nhất, nội suy song tuyến tính và nội suy xoắn bậc ba) và làm giảm độ phân giải bằng phương pháp lấy 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).

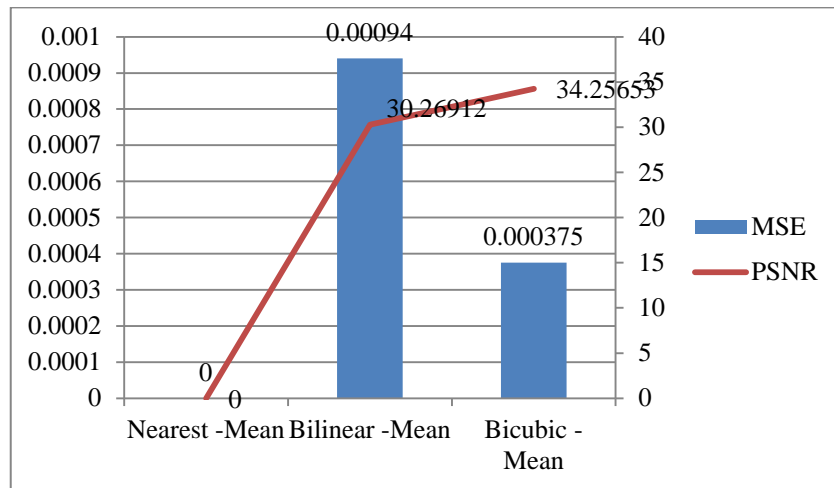
Với ảnh vệ tinh ISA, phương pháp nội suy xoắn bậc ba có tác động tốt hơn với ảnh kết quả (các chỉ số so sánh MSE= 0.00037, PSNR=34.2565, SSIM=0.9963) so với phương pháp nội suy song tuyến tính (các chỉ số so sánh MSE= 0.00093, PSNR=30.2691, SSIM=0.9907). Kết quả được biểu diễn bằng biểu đồ 3.1 và biểu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

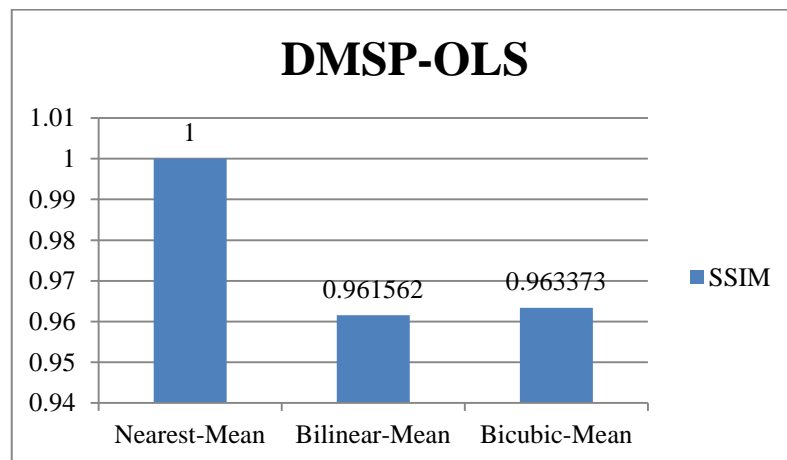
Kết quả được biểu diễn bằng biểu đồ 3.3 và biểu đồ 3.4 dưới đây.



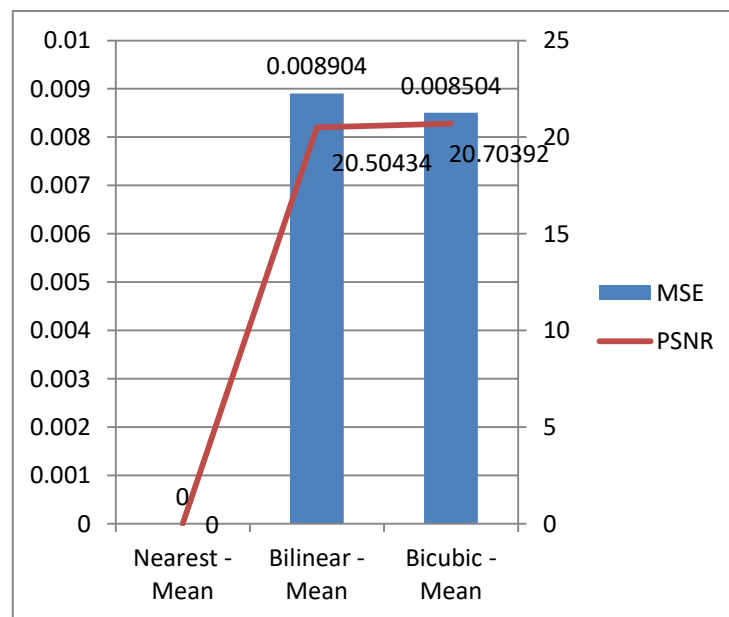
Biểu đồ 0.1 So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số SSIM



Biểu đồ 0.2: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh EstISA theo chỉ số MSE – PSNR



Biểu đồ 0.3: So sánh tác động của các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số SSIM



Biểu đồ 0.4: So sánh tác động các phương pháp nội suy với ảnh DMSP-OLS theo chỉ số MSE, PSNR



### 3.3. Đánh giá sự ảnh hưởng của các kỹ thuật nội suy trong tiền xử lý dữ liệu ảnh viễn thám đến việc xây dựng bản đồ 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 được mô tả như bảng 3.3.

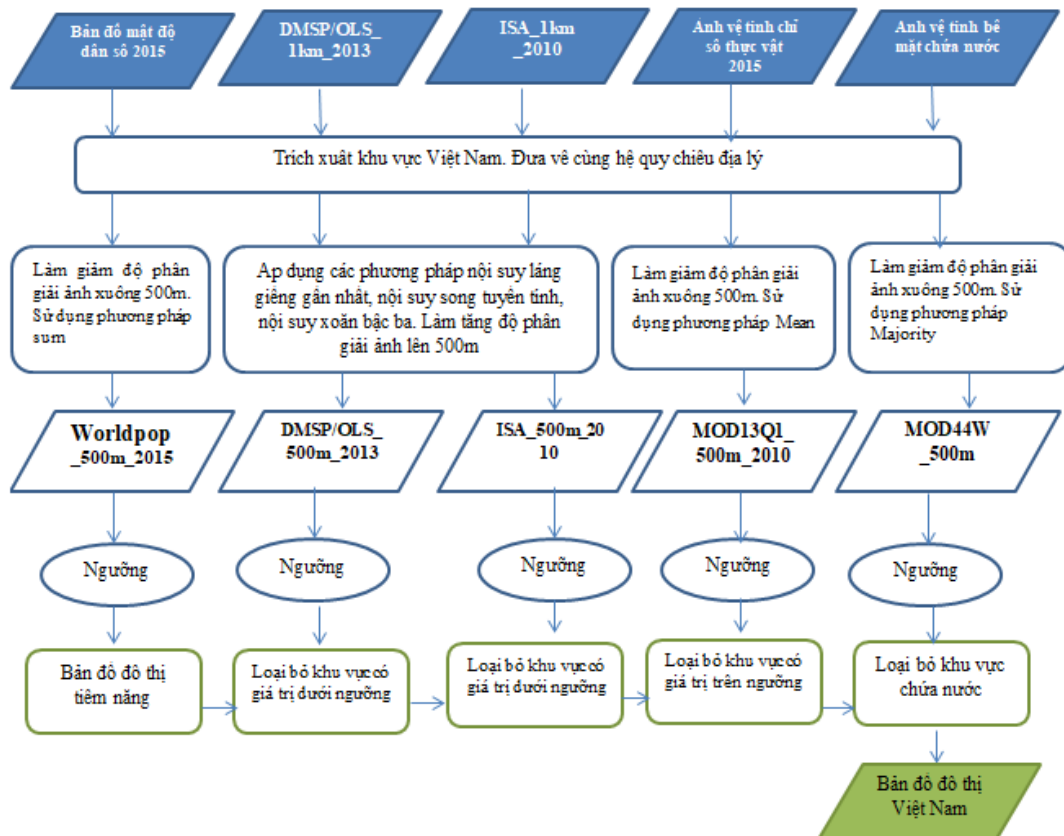
Bảng 0.1: Dữ liệu đầu vào bài toán phân loại lớp phủ đô thị theo phương pháp GLCMNO mở rộng

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 0.6 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.

- 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 đầu DMSP-OLS 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 suy 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 suy tuyến tính là 1234/1264 điểm học, phương pháp nội suy xoắn bậc ba là 1239/ 1234 điểm học).
- 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 loại 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 loại tốt.

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

Trong đó:

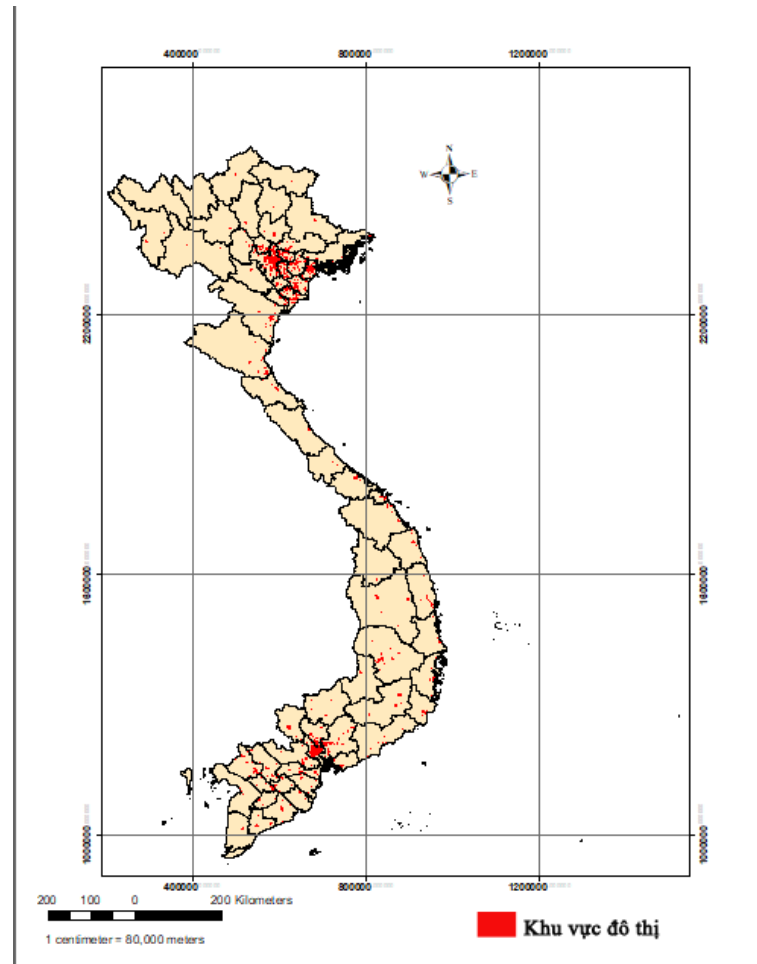
Độ chính xác (Precision): là số phân lớp đúng trên bản đồ kết quả đối chiếu với tập dữ liệu kiểm tra.

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

Bảng 0.2: Kết quả đánh giá tác động của các phương pháp nội suy ảnh vệ tinh đối với tiền xử lý dữ liệu bài toán phân loại lớp phủ đô thị tại Việt Nam

Worldpop	ISA	DMSP-OLS	MOD13Q1	MOD44W	F1
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 0.7 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

Kết quả cho thấy, các phương pháp 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 các 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 Geroage (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 (IIAIEM), 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