

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG GIẢI ĐOÁN ẢNH VIỄN THĂM TRONG XÂY DỰNG BẢN ĐỒ THIẾT HẠI NGẬP LỤT THÀNH PHỐ CẦN THƠ

Vũ Thị Minh Huệ

Trường Đại học Thủy lợi

Phan Mạnh Hưng

Sở Nông nghiệp & Phát triển nông thôn Vĩnh Phúc

Đinh Thị Hải Yến

Liên đoàn Quy hoạch và Điều tra tài nguyên nước miền Bắc

Nguyễn Thị Minh Tâm

Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Tóm tắt: Ngày nay công nghệ viễn thám và GIS được ứng dụng rộng khắp trong nhiều lĩnh vực trên thế giới. Với khả năng phân tích và hiển thị thông tin, công nghệ viễn thám và GIS được ứng dụng trong tài nguyên nước để Lập bản đồ phân bố tài nguyên nước, Bản đồ phân bố mạng lưới thủy văn; Đánh giá định lượng lượng mưa, bão, lũ lụt và hạn hán; Bản đồ các vùng đất thấp, vùng trũng bị ngập lụt, phân vùng khí hậu, ... Nghiên cứu này ứng dụng công nghệ giải đoán ảnh Sentinel-1 và phương pháp lượng hóa mức độ tổn thất do lũ lụt trong xây dựng bản đồ phân bố không gian thiệt hại lũ lụt cho trận lũ ngày 09/10/2018 tại Thành phố Cần Thơ. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, các huyện nằm ngoài đê sông không được bảo vệ nên thường xuyên bị ngập lụt với diện tích lớn, nhiều nơi có độ sâu ngập trên 1,5 m. Khu vực trong đê tuy diện tích ngập trên 88% nhưng phổ biến ở mức ngập dưới 0,5 m. Trận lũ đã khiến Cần Thơ thiệt hại gần 26,5 tỷ đồng xét trên 06 nhóm sử dụng đất gồm: Nuôi trồng thủy sản, Cây hoa màu, Lúa hai vụ, Cây ăn quả, Phi nông nghiệp và Lúa ba vụ. Kết quả nghiên cứu là thông tin hữu ích giúp địa phương xây dựng phương án ứng phó, tăng cường khả năng thích ứng và giảm thiểu thiệt hại ngập lụt.

Từ khóa: Viễn thám; Sentinel-1; Rủi ro; Thiệt hại; Bản đồ ngập lụt; Bản đồ rủi ro thiệt hại ngập lụt.

Summary: Nowadays, advancements in Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) have greatly promoted scientific studies in many fields over the world. With the ability to analyze and display information, remote sensing and GIS technologies are applied in mapping distribution of water resources, Distribution map of the hydrological network: A quantitative assessment of precipitation; Storms, Floods and Droughts; Map of the lowlands, flooding low-lying areas; climate zoning; ... This study applies Sentinel-1 image interpretation technology and a method to quantify flood damage by building a spatial distribution map of flood damage for the October 9, 2018 flood in Can Tho City. The study results indicated that the districts outside the river dyke are not protected, so they are often flooded with large areas, many places with a depth of over 1.5 m. Although the area in the dike is over 88% flooded, it is common at less than 0.5 m inundation. The flood caused a loss of nearly 26.5 billion VND in Can Tho in terms of 06 groups of land use including Aquaculture; Cash Crops; Double Rice crops; Fruit trees; Non-agricultural and Triple rice crops. Research results are useful information to help localities develop response plans, enhance adaptive capacity and reduce flood damage.

Keywords: Remote sensing; Sentinel-1; Risk; Damages; Flood mapping; Flood-risk mapping.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lũ lụt là hiện tượng thiên nhiên khắc nghiệt, có cường suất lớn, sức tàn phá mạnh, hàng năm đã gây ra những thiệt hại to lớn ở nhiều

nơi trên thế giới. Số người chịu ảnh hưởng bởi thiên tai trung bình 147 triệu người mỗi năm giai đoạn 1981-1990 và tăng lên 211 triệu người trong thập kỷ tiếp theo 1991-2000. Trong đó, có tới 2/3 số người chịu ảnh hưởng bởi lũ lụt và 1/3 chịu thiệt hại về kinh tế [1]. Tại Việt Nam, lũ lụt xảy ra hàng năm và gây ra thiệt hại về kinh tế - xã hội hơn bảy kỳ loại

Ngày nhận bài: 19/6/2022

Ngày thông qua phản biện: 07/7/2022

Ngày duyệt đăng: 12/9/2022

hình thiên tai nào khác. Tổn thất từ các mối nguy liên quan đến mặt nước khiến Việt Nam thiệt hại khoảng 1 tỷ USD mỗi năm [2].

Trước những thiệt hại do ngập lụt gây ra về tài sản, đánh giá thiệt hại lũ lụt là đề tài được quan tâm đông đảo của nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước [3], [4], [5], [6]. Trước đây, việc phát hiện vùng ngập ở Việt Nam hầu hết được tính toán trên các mô hình thủy lực. Cách tiếp cận này đem lại kết quả tốt và linh hoạt khi có thể tính toán theo nhiều kịch bản mưa lũ nhưng để ứng phó nhanh khi lũ lụt lan rộng và thường xuyên, phương pháp này sẽ tốn thời gian, chi phí cao và làm chậm tiến độ đánh giá tác động của lũ lụt đối với nền kinh tế và sinh kế. Ngày nay, công nghệ Viễn thám và GIS đã cung cấp các công cụ mạnh mẽ để thu thập dữ liệu, phân tích không gian và hiển thị đồ họa. Dữ liệu viễn thám được cập nhật đều đặn với nhiều nguồn miễn phí, cũng như quyền truy cập không hạn chế đã thúc đẩy các nghiên cứu ứng dụng ảnh viễn thám trong khai thác và quản lý tài nguyên nước trở thành một trong những xu thế rất phổ biến hiện nay. Nhiều nghiên cứu gần đây [7]–[11] đã khẳng định rằng dữ liệu giải đoán đặc điểm bề mặt Trái đất tại các thời điểm khác nhau từ ảnh viễn thám là một nguồn tài liệu vô cùng quý giá, giúp cho việc xây dựng bản đồ ngập lụt và đánh giá thiệt hại lũ lụt trở nên kịp thời và hiệu quả.

Ảnh viễn thám có thể được chia thành hai loại chính gồm ảnh quang học và ảnh radar. Ảnh vệ tinh quang học có mối quan hệ mật thiết với điều kiện thảm phủ và bề mặt đệm nên có khả năng ứng dụng trong việc nghiên cứu các đặc trưng của bề mặt Trái đất nhưng thường bị ảnh hưởng do mây che phủ, nhất là trong thời gian xảy ra mưa lũ. Trong khi đó, ảnh radar cũng tỏ ra rất nhạy cảm với các đặc tính về cấu trúc, tính đồng nhất của bề mặt đất mà không chịu ảnh hưởng của mây cũng như bóng mây nên rất thuận lợi trong việc thu nhận ở mọi điều kiện thời tiết. Các đặc trưng bề mặt đệm có thể được giải đoán từ các vệ tinh như MODIS, LANDSAT, SENTINEL,... Trong đó ảnh radar Sentinel, cụ thể là radar Sentinel-1 có độ phân giải trung bình 10 m và được cung cấp

miễn phí bởi Cơ quan vũ trụ hàng không Châu Âu (ESA) được nhiều nghiên cứu [12]–[16] chứng minh là hiệu quả trong xây dựng bản đồ ngập lụt cho nhiều khu vực khác nhau trên thế giới. Vì vậy, nghiên cứu này sử dụng ảnh viễn thám radar Sentinel-1 là dữ liệu đầu vào để xác định vùng ngập cho Thành phố Cần Thơ.

Mức độ ngập từ bản đồ ngập lụt là cơ sở để đánh giá thiệt hại do lũ lụt gây ra. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đánh giá định lượng rủi ro thiên tai - được phát triển từ những năm đầu thế kỷ 21, nhằm cung cấp những thông tin về thiệt hại do lũ lụt đã gây ra với sự hỗ trợ của công nghệ GIS. Trên cơ sở các nghiên cứu của HAZUS [17] và Ủy hội sông Mê Kông trong chương trình FMMC2 [18], các hàm số (đường cong) thiệt hại để ước tính thiệt hại kinh tế do thiên tai nói chung, lũ lụt nói riêng được xây dựng với các số liệu về mức độ ngập lụt, thiệt hại kinh tế qui thành tiền cho một đơn vị diện tích của một loại sử dụng đất với mức độ phơi lộ và dễ bị tổn thương khác nhau [19].

Nghiên cứu này nhằm mục đích chính sử dụng hàm thiệt hại ước tính mức độ thiệt hại cho 06 nhóm sử dụng đất (gồm: Nuôi trồng thủy sản, Cây hoa màu, Lúa hai vụ, Cây ăn quả, Phi nông nghiệp và Lúa ba vụ) tại Thành phố Cần Thơ để xây dựng bản đồ thiệt hại cho vùng ngập lụt. Ngoài ra, nghiên cứu cũng giải đoán ảnh Sentinel-1 để nhận dạng vùng ngập cho Thành phố Cần Thơ. Trong đó, ảnh Sentinel-1 được thu nhận từ trận lũ ngày 09/10/2018 với độ phân giải 10 m theo không gian sẽ được giải đoán các đặc trưng và dữ liệu cần thiết phục vụ cho các mục đích nghiên cứu.

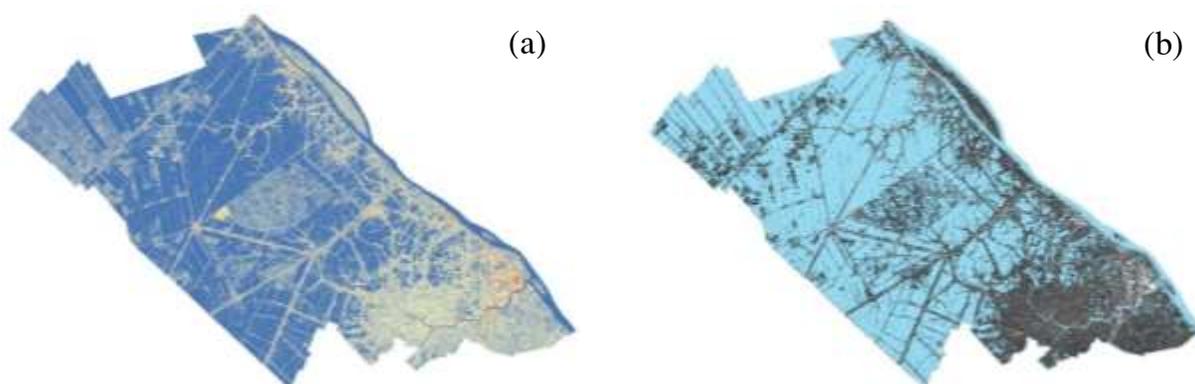
2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vùng nghiên cứu và dữ liệu ảnh Sentinel-1 cho vùng nghiên cứu

Thành phố Cần Thơ được biết đến là đô thị hạt nhân của vùng Đồng bằng sông Cửu Long. Tuy nhiên, nơi đây dễ bị tổn thương bởi các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt, hạn hán, bão tố bất thường, ... Trong những năm gần đây, lũ lụt tại Cần Thơ xảy ra với mức độ ngày càng nghiêm trọng, gây thiệt hại lớn về nông nghiệp, cơ sở hạ tầng, cao ốc và kinh

doanh. Theo Niên giám thống kê năm 2019, thiệt hại 5 năm gần đây do thiên tai gây ra mà phần lớn là lũ lụt có xu hướng gia tăng, cụ thể: thiệt hại 9,44 tỷ (năm 2015), 5,62 tỷ (năm 2016), 4,0 tỷ (năm 2017), 33,3 tỷ (năm 2018), 8,40 tỷ (Sơ bộ năm 2019). Do vậy, xây dựng bản đồ thiệt hại nhanh sau thảm họa có vai trò

quan trọng nhằm phát hiện khu vực bị ảnh hưởng cũng như xác định giá trị thiệt hại. Hình 1a thể hiện ảnh Sentinel-1 thu nhận ngày 09/10/2018 cho vùng nghiên cứu, với độ phân giải 10 m. Hình 1b thể hiện các vùng ngập nước và các vùng không bị ngập nước trong vùng nghiên cứu sử dụng công cụ ArcGIS.

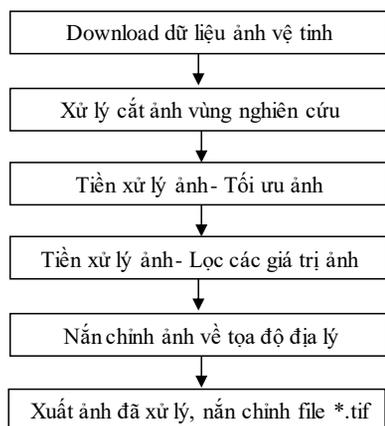


Hình 1: Vùng nghiên cứu: a) ảnh Sentinel-1 cho vùng nghiên cứu và b) các diện tích ngập nước và không ngập nước trong vùng nghiên cứu sử dụng công cụ ArcGIS

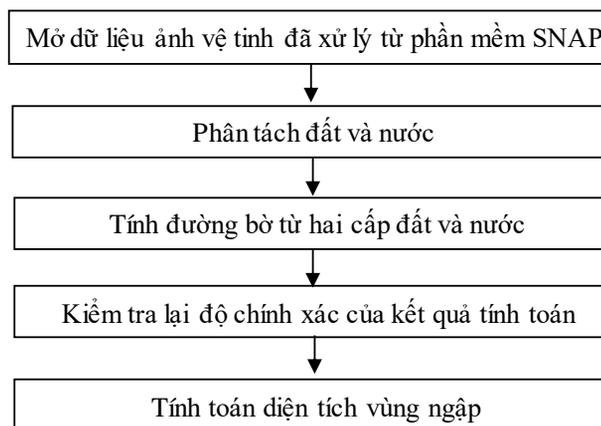
2.2. Kỹ thuật giải đoán ảnh viễn thám

Quá trình giải đoán ảnh Sentinel-1 để xác định phạm vi ngập nước cho khu vực nghiên cứu được mô tả qua hình 2 dưới đây [18]. Trước tiên, ảnh Sentinel-1 khu vực nghiên cứu của trận lũ ngày 09/10/2018 được download từ nguồn ảnh ASF Data Search, sau đó được xử lý và cắt ảnh tập trung phạm vi Thành phố Cần

Thơ nhằm tiết kiệm bộ nhớ và tăng thời gian tính toán trên ảnh. Tiếp theo, các bước Tiền xử lý ảnh như Tối ưu ảnh và Lọc các giá trị ảnh được thực hiện nhằm cung cấp giá trị phản xạ ngược σ^0 từ giá trị DN (Digital Number) thu nhận được ở đầu đo cho từng ô pixel. Sau đó, ảnh được nắn chỉnh cho đúng hệ quy chiếu và xuất ra file ảnh *.tif.



Hình 2: Các bước tính toán xử lý ảnh bằng ảnh vệ tinh Sentinel-1



Hình 3: Các bước tính toán đường bờ bằng phần mềm ArcGIS

Trong phần tiếp theo, các bước tính toán diện tích ngập thông qua giải đoán ảnh Sentinel-1

đã qua xử lý được thể hiện chi tiết trên hình 3. Cụ thể, tiến hành phân tách đất và nước để kiểm tra các ngưỡng giá trị ảnh dưới nước, trên cạn dựa vào giá trị điểm ảnh tại đường bờ nước. Từ đó, tính đường bờ từ hai cấp đất và nước, nếu các giá trị của điểm ảnh lớn hơn giá trị ngưỡng tại đường bờ thì vùng đó là vùng đất, ngược lại là vùng dưới nước. Sau khi tính toán lại đường bờ thì cần kiểm tra lại đường bờ tính toán đã trùng với đường bờ nước của ảnh hay chưa. Nếu đường bờ nước tính toán sai khác với thực tế thì cần điều chỉnh lại giá trị ngưỡng cho phù hợp. Sau đó, xuất ảnh từ raster sang vector và tính toán diện tích vùng ngập. Cuối cùng, kiểm tra lại kết quả tính toán diện tích ngập thông qua việc so sánh giữa diện tích ngập tính toán và diện tích ngập thực tế tại thời điểm thu nhận ảnh bằng trực quan. Nếu có sai lệch cần kiểm tra lại các bước tính toán ở phía trên.

2.3. Đánh giá thiệt hại định lượng

Thiệt hại trực tiếp của trận lũ ngày 09/10/2018 được tính bằng cách đưa tất cả các lớp bản đồ ngập lụt, độ lộ diện về cùng một độ phân giải. Sau đó, sử dụng GIS chồng chập các đối tượng, mỗi đối tượng có một giá trị kinh tế và một hàm thiệt hại. Từ đó tính ra thiệt hại cho từng đối tượng, ở mỗi ô lưới. Các đối tượng được xem xét đánh giá thiệt hại gồm 06 nhóm sử dụng đất: Nuôi trồng thủy sản, Cây hoa màu, Lúa hai vụ, Cây ăn quả, Phi nông nghiệp và Lúa ba vụ. Giá trị kinh tế đất và Hàm thiệt hại được kế thừa từ Dự án Tăng cường hỗ trợ ứng phó với Thiên tai vùng Ven biển Việt Nam - Giai đoạn 2. Trong đó, các giá trị kinh tế đất dựa theo mối quan hệ GDP và các yếu tố thiệt hại có ngưỡng 10 cm để giải thích cho sự không chắc chắn của mô hình, các rào cản vật lý và có ý kiến chung rằng một vài cm ngập lụt sẽ không gây ra thiệt hại.

2.4. Đánh giá rủi ro cho từng ngành/lĩnh vực

Rủi ro thiệt hại đối với các hoạt động sử dụng đất tại Thành phố Cần Thơ được xác định thông qua công thức tính gần đúng của DVWK, 1985. Rủi ro thiệt hại sẽ là tổng thiệt hại của tất cả 06 loại sử dụng đất đã nêu trên. Để đơn giản hóa tính toán, phương pháp tiếp cận đường cong thiệt hại cung cấp đánh giá rủi ro định lượng có thể được chuyển đổi trong thiệt hại kinh tế. Và vì vậy, trong nghiên cứu này thiệt hại kinh tế dự kiến hàng năm cho các lớp kinh tế được tính toán theo công thức:

$$AEEL = R \times UEV \quad (1)$$

Trong đó: AEEL = Thiệt hại kinh tế dự kiến hàng năm (tỷ đồng);

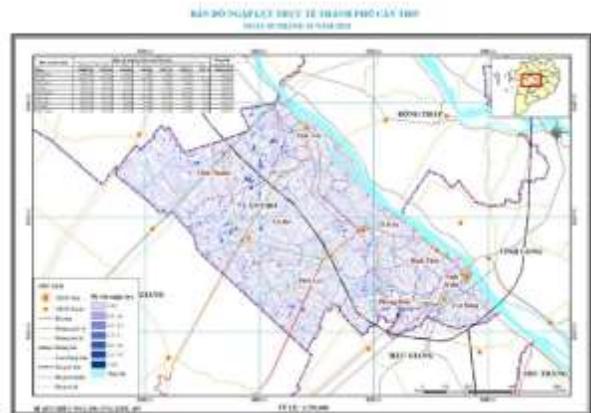
R = Rủi ro (không có đơn vị);

UEV = Giá trị kinh tế đơn vị (VND/m²).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Bản đồ ngập lụt trận lũ ngày 09/10/2018

Kết quả tính toán ngập lụt tại Thành phố Cần Thơ được thể hiện chi tiết trong hình và bảng dưới đây.



Hình 4: Bản đồ ngập lụt Thành phố Cần Thơ trận lũ ngày 09/10/2018

Bảng 1: Thống kê diện tích ngập ứng với độ sâu theo quận/huyện

Đơn vị hành chính	Diện tích ngập lụt ứng với độ sâu (ha)							Tổng diện tích ngập (ha)
	< 0,5 m	0,5 - 1 m	1 - 1,5 m	1,5 - 2 m	2 - 2,5 m	2,5 - 3 m	> 3 m	

Đơn vị hành chính	Diện tích ngập lụt ứng với độ sâu (ha)							Tổng diện tích ngập (ha)
	< 0,5 m	0,5 - 1 m	1 - 1,5 m	1,5 - 2 m	2 - 2,5 m	2,5 - 3 m	> 3 m	
Tổng	62.868,26	5.159,10	1.461,69	588,58	303,73	138,45	325,35	70.845,16
Bình Thủy	2.760,70	87,52	22,58	2,40	2,00	1,85	-	2.877,06
Cờ Đỏ	14.581,32	1.397,04	371,01	149,76	74,47	35,76	91,50	16.700,86
Ninh Kiều	1.067,51	95,21	27,33	15,92	6,00	1,00	2,00	1.214,96
Ô Môn	5.587,27	347,85	75,11	27,70	11,24	5,36	3,50	6.058,02
Phong Điền	5.956,34	471,76	165,66	87,77	53,78	24,95	71,22	6.831,48
Thới Lai	12.144,30	1.118,95	280,52	107,09	48,83	27,63	55,18	13.782,50
Thốt Nốt	4.491,80	335,89	62,44	24,98	10,37	5,56	0,42	4.931,45
Cái Răng	2.339,50	312,28	90,02	31,66	11,56	3,04	2,05	2.790,11
Vĩnh Thạnh	13.939,52	992,60	367,02	141,32	85,49	33,30	99,48	15.658,73

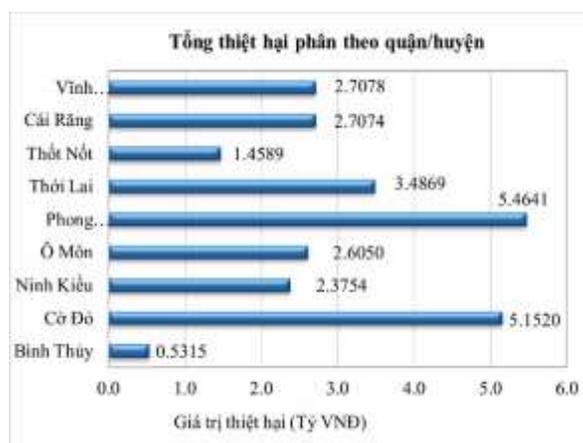
Nghiên cứu cho thấy các huyện vùng ven thường xuyên bị ngập với diện tích lớn, lý do có thể là các huyện này nằm ngoài đê sông nên không được bảo vệ dẫn đến ngập lụt với mức độ nghiêm trọng, nhiều nơi ngập sâu trên 1,5 m nhất là vùng rón lũ như xã Thạnh Phú (81,11 ha) - huyện Cờ Đỏ, xã Nhơn Ái (30,69 ha) - huyện Phong Điền, xã Thạnh Lộc (58,79 ha) - huyện Vĩnh Thạnh, ... Khu vực trong đê tuy diện tích ngập lớn, chiếm 88,7% (62.868,26 ha) tổng diện tích ngập, nhưng phổ ở biển mức ngập dưới 0,5 m (Chi tiết trong bảng và hình kèm theo).

3.2. Đánh giá thiệt hại trận lũ ngày 09/10/2018

Đánh giá thiệt hại theo đơn vị hành chính:

Xét trên phạm vi quận/huyện thuộc khu vực nghiên cứu, đối với trận lũ ngày 09/10/2018, giá trị thiệt hại toàn Thành phố là 26,49 tỷ VNĐ. Trong đó, lớn nhất là các huyện Phong Điền 5,46 tỷ VNĐ, chiếm 20,6% tổng giá trị thiệt hại; huyện Cờ Đỏ 5,15 tỷ VNĐ, chiếm 19,4% và thấp nhất là các huyện Bình Thủy 531,5 triệu VNĐ, chiếm 2% và huyện Thốt Nốt là 1,46 tỷ VNĐ, chiếm 5,5%. Giá trị thiệt

hại lớn ở những vùng có diện tích ngập và độ sâu ngập lớn, đồng thời thiệt hại của các nhóm sử dụng đất cho đô thị và sản xuất kinh doanh ở mức cao.



Hình 5: Thiệt hại tại quận/huyện ứng với trận lũ ngày 09/10/2018 phân theo quận/huyện

Đánh giá thiệt hại theo loại sử dụng đất:

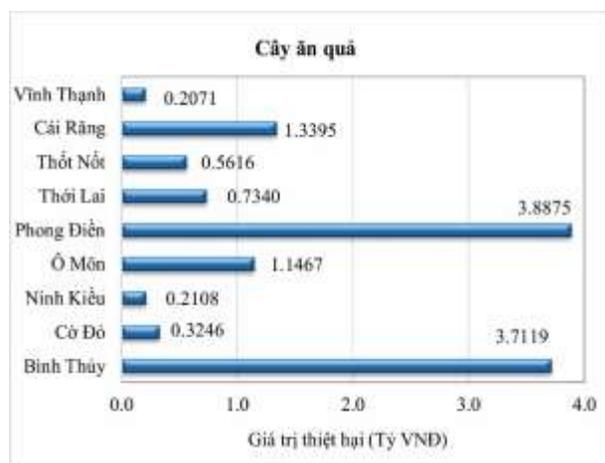
Đối với các loại sử dụng đất, tỷ lệ thiệt hại của các nhóm sử dụng đất phi nông nghiệp (đất ở đô thị, đất sản xuất kinh doanh, ...) ở mức cao, chiếm tỷ lệ lớn với trên 50% tổng thiệt hại toàn Thành phố, kể đó là cây ăn quả khoảng 33%, lúa ba vụ 14,1% tổng thiệt hại và các loại sử dụng đất khác ở mức dưới 1,5%. Cá biệt,

thủ phủ của Cần Thơ là quận Ninh Kiều chiếm hơn 90% tổng thiệt hại trên đất phi nông nghiệp. Một số quận/huyện khác có hoạt động đô thị hóa, sản xuất kinh doanh phát triển cũng chiếm trên 55% thiệt hại trên đất phi nông

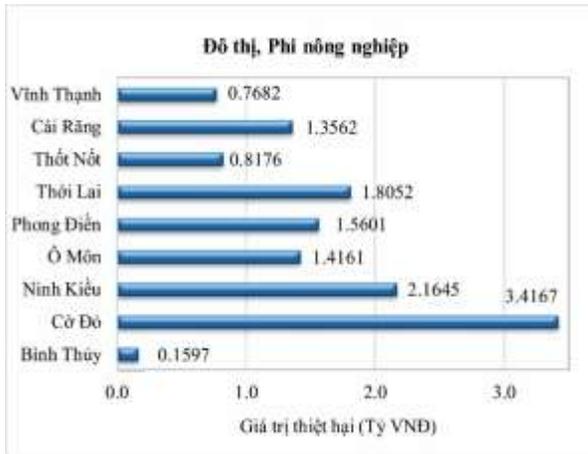
ngiệp như Cờ Đỏ, Ô Môn, Thốt Nốt. Có thể thấy, giá trị kinh tế của loại sử dụng đất càng lớn thì giá trị thiệt hại càng tăng (Chi tiết trong bảng và hình kèm theo).

Bảng 2: Kết quả tính toán thiệt hại đối với từng loại đất phân theo quận/huyện

Đơn vị hành chính	Tổng thiệt hại ứng với loại đất (VNĐ)						Tổng thiệt hại (VNĐ)
	Cây ăn quả	Cây hoa màu	Lúa hai vụ	Lúa ba vụ	Nuôi trồng thủy sản	Phi nông nghiệp	
Tổng (VNĐ)	8.783.094.753	81.019.968	407.924.181	3.726.733.580	25.917.130	13.464.332.548	26.489.022.161
Bình Thủy	371.188.972	641.233		-	5.093	159.695.997	531.531.296
Cờ Đỏ	324.596.073	464.527		1.396.402.022	13.817.968	3.416.716.475	5.151.997.065
Ninh Kiều	210.841.144	35.730			-	2.164.530.610	2.375.407.484
Ô Môn	1.146.734.779	1.049.808		40.991.937	203.568	1.416.059.656	2.605.039.748
Phong Điền	3.887.509.007	7.617.661		8.426.446	420.387	1.560.124.222	5.464.097.723
Thới Lai	733.966.324	57.461.784		889.648.958	533.547	1.805.240.198	3.486.850.811
Thốt Nốt	561.647.841	2.058.587		72.258.910	5.377.180	817.566.195	1.458.908.713
Cái Răng	1.339.544.151	11.690.637			-	1.356.188.278	2.707.423.066
Vĩnh Thạnh	207.066.461	-	407.924.181	1.319.005.308	5.559.387	768.210.916	2.707.766.255



Hình 6: Thiệt hại đối với Cây ăn quả trên lũ ngày 09/10/2018 phân theo quận/huyện



Hình 7: Thiệt hại đối với Đô thị, phi nông nghiệp trận lũ ngày 09/10/2018 phân theo quận/huyện

Bản đồ rủi ro định lượng:



Hình 8: Bản đồ rủi ro thiệt hại ngập lụt thành phố Cần Thơ trận lũ ngày 09/10/2018

Theo kết quả tính toán thiệt hại trận lũ ngày 09/10/2018, trong số các xã/phường thuộc phạm vi nghiên cứu, xã Nhơn Ái huyện Phong Điền chịu thiệt hại do lũ lụt lớn nhất với hơn 2,2 tỷ VNĐ chiếm khoảng 8,3% tổng thiệt hại toàn vùng. Tiếp sau là thị trấn Cờ Đỏ, xã Thạnh Phú huyện Cờ Đỏ, lần lượt chiếm khoảng 5,6 và 4,3% giá trị thiệt hại tương ứng là 1,48 và 1,14 tỷ VNĐ. Trong khi đó, một số xã bị thiệt hại không đáng kể, chỉ dưới 0,02% giá trị thiệt hại như xã Mạnh Thắng, Thạnh Tiến huyện Vĩnh Thạnh, phường Tân An quận Ninh Kiều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã trình bày kết quả ứng dụng công nghệ giải đoán ảnh Sentinel-1 và phương pháp lượng hóa mức độ tổn thất do lũ lụt để xây dựng bản đồ phân bố không gian thiệt hại lũ lụt cho trận lũ ngày 09/10/2018 tại Thành phố Cần Thơ. Kết quả tính toán cho thấy tổng giá trị thiệt hại toàn Thành phố là 26,49 tỷ VNĐ. Trong đó, thiệt hại lớn nhất là huyện Phong Điền 5,46 tỷ VNĐ (20,6%); huyện Cờ Đỏ 5,15 tỷ VNĐ (19,4%). Cũng theo đó, đất phi nông nghiệp (đất ở đô thị, đất sản xuất kinh doanh, ...) có mức thiệt hại cao nhất với hơn 50% xét trên 06 nhóm sử dụng đất đã được đề cập trong nghiên cứu.

Giải đoán ảnh Sentinel-1 đã chứng minh khả năng xác định vùng ngập chính xác và kịp thời. Từ đó cho phép xây dựng bản đồ rủi ro thiệt hại lũ lụt một cách nhanh chóng nhằm phát hiện phạm vi bị ảnh hưởng cũng như xác định giá trị thiệt hại. Đây là một công cụ hữu hiệu nhằm hỗ trợ những nhà quản lý, nhà hoạch định chính sách và người dân Thành phố Cần Thơ sử dụng như một cuốn cẩm nang về ngập lụt nhằm hỗ trợ quá trình ra quyết định, xây dựng phương án ứng phó, tăng cường khả năng thích ứng và giảm thiểu thiệt hại ngập lụt một cách hiệu quả.

Xây dựng bản đồ rủi ro thiệt hại lũ lụt từ giải đoán ảnh viễn thám thể hiện những hiệu quả nhất định song cũng tồn tại một số hạn chế chủ yếu do dữ liệu ghi chép gần như không thể đánh giá được những thiên tai nguy hiểm nhưng hiếm khi xảy ra hoặc chưa từng xảy ra trong chuỗi dữ liệu. Ngoài ra, những dữ liệu quan trắc trong lịch sử thường không cung cấp thông tin về phân bố thời gian và không gian. Trong các nghiên cứu tiếp theo nhóm nghiên cứu sẽ phối kết hợp phương pháp đánh giá rủi ro trước thiên tai để có những kết quả toàn diện hơn nhằm hỗ trợ tốt hơn cho công tác dự báo cảnh báo rủi ro thiên tai.

- [1] UNISDR, “Guidelines for Reducing Flood Losses,” *United Nations - Hqrs. (UN)*, available on-line <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/558>, p. 79, 2002.
- [2] *Making Making Making Development Development Development Sustainable : Sustainable : Sustainable : The The The Future Future Future of of of Disaster Disaster Disaster Risk Risk Risk Management Management Management. .*
- [3] D. T. Chinh, A. K. Gain, N. V. Dung, D. Haase, and H. Kreibich, “Multi-variate analyses of flood loss in Can Tho city, Mekong delta,” *Water (Switzerland)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–21, 2016.
- [4] D. T. Chinh, N. V. Dung, A. K. Gain, and H. Kreibich, “Flood loss models and risk analysis for private households in can Tho City, Vietnam,” *Water (Switzerland)*, vol. 9, no. 5, 2017.
- [5] D. Dutta, S. Herath, and K. Musiaka, “An application of a flood risk analysis system for impact analysis of a flood control plan in a river basin,” *Hydrol. Process.*, vol. 20, no. 6, pp. 1365–1384, 2006.
- [6] A. A. Komolafe, S. A. A. Adegboyega, and F. O. Akinluyi, “A review of flood risk analysis in Nigeria,” *Am. J. Environ. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 157–166, 2015.
- [7] F. C. Conde and M. De Mata Muñoz, “Flood monitoring based on the study of Sentinel-1 SAR images: The Ebro River case study,” *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 12, pp. 1–25, 2019.
- [8] P. Matgen, R. Hostache, G. Schumann, L. Pfister, L. Hoffmann, and H. H. G. Savenije, “Towards an automated SAR-based flood monitoring system: Lessons learned from two case studies,” *Phys. Chem. Earth*, vol. 36, no. 7–8, pp. 241–252, 2011.
- [9] G. J. P. Schumann, “Preface: Remote sensing in flood monitoring and management,” *Remote Sens.*, vol. 7, no. 12, pp. 17013–17015, 2015.
- [10] G. Boni *et al.*, “A Prototype System for Flood Monitoring Based on Flood Forecast Combined with COSMO-SkyMed and Sentinel-1 Data,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 9, no. 6, pp. 2794–2805, 2016.
- [11] G. E. Engine, “NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH DIỆN TÍCH NGẬP NƯỚC SỬ DỤNG ẢNH SENTINEL-1 TRÊN NỀN GOOGLE EARTH ENGINE : ÁP DỤNG CHO TỈNH ĐỒNG THÁP , ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG,” pp. 113–120, 2020.
- [12] L. Landuyt, F. M. B. Van Coillie, B. Vogels, J. Dewelde, and N. E. C. Verhoest, “Towards operational flood monitoring in flanders using sentinel-1,” *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, vol. 14, pp. 11004–11018, 2021.
- [13] J. Qiu, B. Cao, E. Park, X. Yang, W. Zhang, and P. Tarolli, “Flood monitoring in rural areas of the pearl river basin (China) using sentinel-1 SAR,” *Remote Sens.*, vol. 13, no. 7, pp. 1–20, 2021.
- [14] S. Martinis, S. Plank, and K. Ćwik, “The use of Sentinel-1 time-series data to improve flood monitoring in arid areas,” *Remote Sens.*, vol. 10, no. 4, 2018.
- [15] A. Twele, W. Cao, S. Plank, and S. Martinis, “Sentinel-1-based flood mapping: a fully automated processing chain,” *Int. J. Remote Sens.*, vol. 37, no. 13, pp. 2990–3004, 2016.
- [16] F. J. Meyer *et al.*, “AN AUTOMATIC FLOOD MONITORING SERVICE FROM SENTINEL-1 SAR : PRODUCTS , DELIVERY PIPELINES , AND PERFORMANCE ASSESSMENT Alaska Satellite Facility , University of Alaska Fairbanks , 903 Koyukuk Drive , Fairbanks , AK , 99775 Earth Systems Science Center , U,” pp. 6580–6583, 5194.

- [17] Hazus, “Hazus–MH 2.1: Technical Manual,” *Fed. Emerg. Manag. Agency*, p. 718, 2012.
- [18] Mekong River Commission. Flood Protection Criteria for the Mekong Delta, Vietnam. The Flood Management and Mitigation Programme, Component 2: Structural Measures & Flood Proofing in the Lower Mekong Basin, 2009, 6, pp. 1–88.
- [19] V. Minh Cát, “Đánh giá rủi ro thiên tai do lũ lụt lưu vực sông Dinh,” *Vietnam J. Hydrometeorol.*, vol. 717, no. 717, pp. 1–10, 2020.