

Bài báo khoa học

Đánh giá tác động của biến đổi sử dụng đất đến tính bền vững sinh kế nông dân trồng lúa tỉnh An Giang

Huỳnh Thị Ngọc Tươi^{1*}, Nguyễn Đức Thiện¹, Trần Đức Dũng², Vũ Hoàng Thái Dương³

¹ Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh; huynhngoctui0505@gmail.com; thienduc295@gmail.com

² Trung tâm Quản lý Nước và Biến đổi khí hậu, Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh; dungtranducvn@yahoo.com

³ Viện Công nghệ Karlsruhe (KIT), 76131, Karlsruhe, CHLB Đức; hoang.vu@kit.edu

*Tác giả liên hệ: huynhngoctui0505@gmail.com; Tel: +84–328253617

Ban Biên tập nhận bài: 17/1/2023; Ngày phản biện xong: 22/2/2023; Ngày đăng bài: 25/2/2023

Tóm tắt: Nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của thay đổi mục đích sử dụng đất đến mức độ tổn thương sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang. Phân tích dựa trên việc kết hợp kỹ thuật giải đoán ảnh viễn thám và phương pháp đánh giá tổn thương sinh kế *Livelihood Vulnerability Index (LVI)*; *Livelihood Vulnerability Index – Intergovernmental Panel on Climate Change (LVI-IPCC)* và phương pháp điều tra xã hội học 120 nông dân trồng lúa và 10 cán bộ quản lý. Kết quả cho thấy việc thay đổi mục đích sử dụng đất đã phá vỡ tính bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang ($LVI = 0,395$ và $LVI-IPCC = -0,023$). Trong giai đoạn 2010–2020, tỷ lệ diện tích không ngập nước của tỉnh trong mùa lũ tăng 18,24% tương ứng diện tích lúa vụ ba tăng 17,63%. Mặc dù hệ thống đê bao ngăn lũ đã giúp tăng diện tích canh tác lúa vụ ba, nhưng nông dân sử dụng phân bón và thuốc trừ sâu ngày càng nhiều để đảm bảo năng suất lúa khi không còn phù sa vào đồng. Hậu quả là môi trường đất và nước ngày càng thoái hóa và ô nhiễm dẫn đến sinh kế của họ ngày càng thiếu bền vững. Kết quả nghiên cứu góp phần đề xuất những giải pháp tổng thể trong công tác khuyến nông tại địa phương, cũng như là nguồn tài liệu hữu ích cho những nghiên cứu có liên quan tại tỉnh An Giang và vùng ĐBSCL.

Từ khóa: Bền vững sinh kế; LVI; LVI-IPCC; Lúa; Lũ lụt; MODIS.

1. Mở đầu

Canh tác nông nghiệp ở các đồng bằng được xem là nguồn thu nhập chính, góp phần đảm bảo an ninh lương thực cho quốc gia của họ, tuy nhiên trước tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) nông nghiệp lại là nhóm ngành có nguy cơ tổn thương cao nhất [1]. Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là vùng sản xuất lúa gạo trọng điểm và chiếm tỷ trọng cao trong cơ cấu nông nghiệp của Việt Nam. Năm 2021, nông nghiệp của vùng ĐBSCL chiếm 32,2% GRDP (*Gross Regional Domestic Product – Tổng sản phẩm trên địa bàn*) và 31,37% GDP (*Gross Domestic Product – Tổng sản phẩm trong nước*). Trong đó, cây lúa chiếm 53,9% diện tích và 55,5% sản lượng cả nước [2–3]. Tuy nhiên, ĐBSCL cũng được xem là một trong những đồng bằng chịu tác động nặng nề của BĐKH [4]. Do vùng có địa hình thấp và bằng phẳng (độ cao trung bình từ 1,0–1,8 m so với mực nước biển), chiều dài đường bờ biển trên 700 km và nằm ở phía hạ nguồn sông Mekong. Những đặc điểm trên đã góp phần giúp nông nghiệp của ĐBSCL phát triển mạnh mẽ nhưng cũng là nguyên nhân dẫn đến thiếu bền vững sinh kế trước những thay đổi của khí hậu và môi trường. Trong đó, sự thay đổi của các yếu

tổ liên quan đến khí hậu như hạn hán, lũ lụt, thay đổi lượng mưa đã ảnh hưởng xấu đến sinh kế người dân khu vực ĐBSCL [5]. Bên cạnh các yếu tố khí hậu, việc phát triển các đập thủy điện và công trình thủy lợi phía thượng nguồn dẫn đến lượng nước, phù sa về đồng bằng có xu hướng giảm [6]. Để giảm thiểu thiệt hại từ lũ, hệ thống đê bao khép kín ở vùng ĐBSCL đã được xây dựng để bảo vệ diện tích lúa vụ ba. Tuy nhiên, thực tế cho thấy đê bao kiểm soát lũ đã ngăn chặn dòng chảy và bùn cát vào các cánh đồng dẫn đến chất lượng đất ngày càng bị suy giảm [7].

Ảnh hưởng của các yếu tố môi trường đến diện tích đất trồng lúa đã được nghiên cứu qua phương pháp khác nhau. Trong đó phương pháp viễn thám với ưu điểm có thể xác định thông số đất canh tác, phát hiện lũ lụt, có thể chụp được dưới nhiều điều kiện thời tiết, dữ liệu được cập nhật khá thường xuyên và ngày càng được cải tiến nên phương pháp này đã được ứng dụng rộng rãi để đánh giá sự thay đổi đất theo thời gian. Trong đó, [8–9] đã trình bày thuật toán nhằm phát hiện và theo dõi những thay đổi về lũ lụt và hệ thống canh tác hàng năm ở ĐBSCL dựa trên ảnh MODIS. Gần đây nhất, một nghiên cứu tổng quát về biến động sử dụng đất và tình hình lũ lụt ở ĐBSCL giai đoạn 2000–2020 [10]. Nghiên cứu đã chỉ ra ảnh hưởng của chính sách quyết định lớn đến việc thay đổi sử dụng đất và những hệ lụy liên quan môi trường do mức độ khai thác quá mức của con người. Thực tế cho thấy lúa ba vụ cho năng suất thấp hơn và môi trường đất ngày càng bị suy thoái do canh tác quanh năm và lượng phân bón, thuốc trừ sâu tồn dư trên cánh đồng ngày càng nhiều [11–12]. Những thay đổi về chế độ ngập lũ và các yếu tố môi trường đã đe dọa đến tính bền vững sinh kế của người dân vùng đầu nguồn ĐBSCL [13]. [14] đã sử dụng các chỉ số LVI và LVI-IPCC để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương do BĐKH của các hộ sản xuất nhỏ ở ĐBSCL. Các chỉ số cho thấy thiên tai và BĐKH đã hạn chế khả năng tiếp cận mạng lưới xã hội và kết nối giữa các hộ gia đình và cộng đồng, trong khi việc áp dụng các chiến lược đa dạng hóa sinh kế còn hạn chế là yếu tố chính dẫn đến tổn thương sinh kế. Tại An Giang, mức độ tổn thương và khả năng thích ứng của những nhóm cộng đồng ở các vùng ngập lũ khác nhau (vùng thượng nguồn, vùng giữa và vùng hạ lưu) [15]. Kết quả nghiên cứu cho thấy LVI của các vùng ngập lụt khác nhau giảm dần phụ thuộc vào các thành phần chính của mạng lưới xã hội, kiến thức và kỹ năng, tài nguyên thiên nhiên, tài chính và thu nhập, chiến lược sinh kế, thiên tai và BĐKH. [13] đã chỉ ra bốn vấn đề chính ảnh hưởng đến sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang, bao gồm: tăng nhiệt độ, hạn hán, ô nhiễm nguồn nước và giảm phù sa. Vấn đề đa dạng chiến lược sinh kế cũng được đề cập để hạn chế tổn thương trước những thay đổi của khí hậu và áp lực từ môi trường.

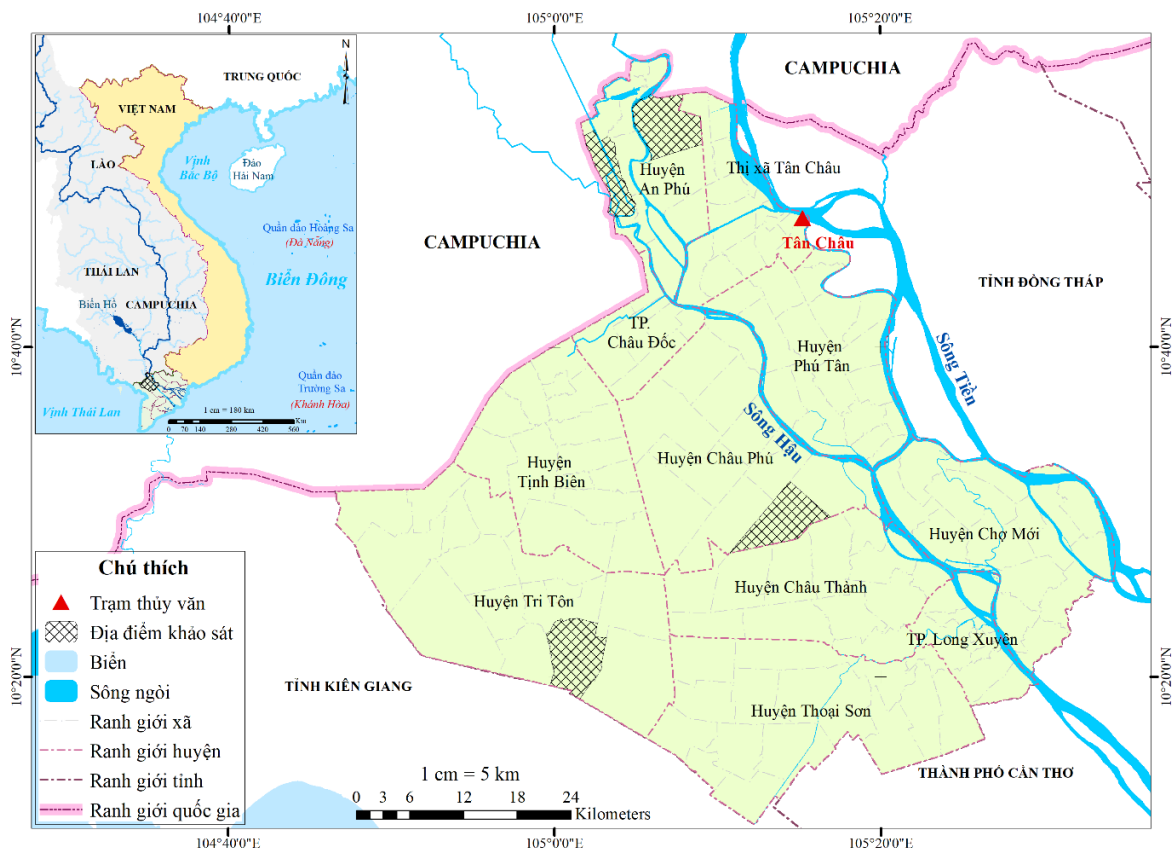
Tác động từ BĐKH và thay đổi lượng nước phía thượng nguồn dẫn đến mục đích sử dụng đất của nông dân phải thay đổi hoặc họ phải thâm canh, tăng cường sử dụng phân bón, thuốc trừ sâu trên cánh đồng để nâng cao năng suất [12]. Những thay đổi này đều gây ra những tổn thương về sinh kế cho nông dân, đặc biệt những người có thu nhập thấp và có diện tích canh tác nhỏ [16–17]. Những nghiên cứu trước đây đã làm rõ những thay đổi liên quan đến biến đổi môi trường đất, diện tích ngập lũ ở những đồng bằng theo thời gian hay những tổn thương sinh kế người dân phải gánh chịu. Tuy nhiên, mối liên hệ giữa biến động sử dụng đất đến tổn thương sinh kế lại chưa được làm rõ. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của sự thay đổi mục đích sử dụng đất đến tính bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang với các mục tiêu cụ thể sau: (1) Đánh giá hiện trạng và biến động sử dụng đất qua giải đoán ảnh viễn thám cho tỉnh An Giang giai đoạn 2010–2020; (2) Sử dụng chỉ số tổn thương sinh kế LVI và LVI-IPCC cùng phương pháp điều tra xã hội học nhằm đánh giá tổn thương sinh kế nông dân trồng lúa tỉnh An Giang.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

An Giang là tỉnh đầu nguồn của vùng ĐBSCL (Hình 1), điều kiện tự nhiên thuận lợi để phát triển nông nghiệp và đã đóng góp đáng kể vào tỷ trọng nông nghiệp chung cho cả vùng:

diện tích đất nông nghiệp chiếm 16,03% (624,9 nghìn ha), đạt 17,03% sản lượng lúa gạo toàn vùng (4.143 nghìn tấn) vào năm 2021 [3]. Tuy nhiên, những năm gần đây An Giang đang phải đối mặt với những ảnh hưởng của BĐKH như sự gia tăng nhiệt độ, thay đổi lượng mưa, đặc biệt thay đổi lượng nước thượng nguồn dẫn đến mùa vụ canh tác và năng suất lúa thay đổi khá lớn [18]. Để hạn chế thiệt hại do ảnh hưởng của lũ phía thượng nguồn, chính quyền địa phương đã chủ trương xây dựng hệ thống đê bao ngăn lũ tạo điều kiện cho sản xuất lúa ba vụ [13]. Từ trước năm 1995, tỉnh An Giang chủ yếu canh tác lúa hai vụ, từ năm 1996, 800 ha đất đầu tiên tại Chợ Mới được bảo vệ bởi đê bao kiểm soát lũ triệt để đã tạo điều kiện để nông dân canh tác lúa vụ ba [19–20]. Canh tác lúa ba vụ trong hệ thống đê bao đã giúp nông dân an tâm sản xuất, cải thiện thu nhập [21]. Tuy nhiên, theo thời gian việc canh tác lúa liên tục đã bộc lộ những hạn chế đối với môi trường nên đây được xem là mô hình phát triển không bền vững [22].

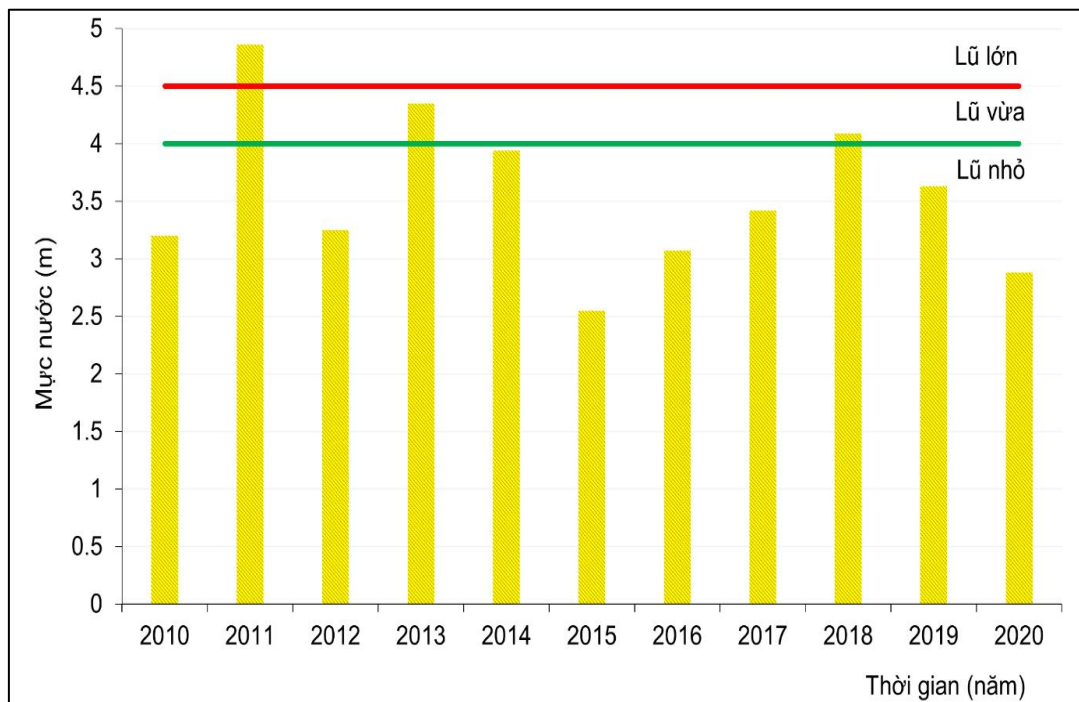


Hình 1. Bản đồ vị trí khu vực nghiên cứu.

Hình 2 cho thấy trong vòng 11 năm, tại An Giang chỉ xuất hiện lũ lớn vào năm 2011 với đỉnh lũ là 4,86 m. Năm 2013 và 2018 được xem là những năm có lũ đẹp tại khu vực với đỉnh lũ lần lượt là 4,35 m và 4,09 m. Những năm còn lại chỉ xuất hiện lũ nhỏ hoặc lũ không về như năm 2015, 2016 và năm 2020 với mực nước cao nhất được ghi nhận là 2,55 m; 3,07 m và 2,88 m. Sự biến động về mực nước tại Tân Châu cho thấy những thay đổi về chế độ nước phía thượng nguồn đã dẫn đến những biến động về diện tích ngập lũ tại An Giang trong giai đoạn 2010–2020.

Bên cạnh ảnh hưởng từ thay đổi dòng chảy phía thượng nguồn, việc nâng cấp và tăng cường xây dựng đê bao đã tạo điều kiện để nông dân thâm canh lúa ba vụ, cải thiện thu nhập nhưng cũng đã gây ra những ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và xã hội cho tỉnh An Giang. Thứ nhất, việc canh tác lúa liên tục mỗi năm trong vùng đê bao dẫn đến đất đai ngày càng thoái hóa và tăng nhu cầu bổ sung chất dinh dưỡng do thiếu hụt phù sa [23–24]. Thứ hai, thu nhập của nông dân nghèo và không có đất trong hệ thống đê bao của tỉnh phải phụ thuộc vào những nghề gắn liền với mùa lũ như đan lát, đánh bắt cá, trồng rau vào mùa lũ (rau nhút,

bông súng, sen...) bị thu hẹp [23]. Thứ ba, các phương tiện cơ giới được sử dụng ngày rộng rãi dẫn đến nhu cầu lao động trong lĩnh vực nông nghiệp ngày càng giảm [25].



Hình 2. Mức nước lũ lớn nhất đo được tại trạm Tân Châu giai đoạn 2010–2020 (Trung tâm dự báo khí tượng thủy văn quốc gia, 2022).

Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp giải đoán ảnh viễn thám để giải đoán bản đồ ngập lụt và bản đồ phân loại sử dụng đất giai đoạn 2010–2020; kết hợp với phương pháp đánh giá tổn thương sinh kế với hai cách tiếp cận chính là LVI và LVI-IPCC; và phương pháp điều tra xã hội học.

2.2. Phương pháp giải đoán ảnh viễn thám

Dữ liệu ảnh viễn thám được sử dụng với mục tiêu phân tích biến động sử dụng đất và động thái lũ lụt tỉnh An Giang giai đoạn 2010–2020 nhằm theo dõi tổng thể biến động sử dụng đất và tình hình ngập lụt của tỉnh. Bản đồ biến đổi lớp phủ thực vật được xây dựng từ ảnh viễn thám MODIS đa thời gian. Ở đây, các sản phẩm MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers*) của MOD09A1 (*Terra Surface Reflectance 8-Day Global 500 m*) được áp dụng để xử lý bản đồ sử dụng đất và ngập lụt. Các sản phẩm vệ tinh MODIS có độ phân giải không gian 500 m đã được xử lý bao gồm bản đồ ngập lụt và bản đồ sử dụng đất được thu thập [27].

Phương pháp giải đoán bản đồ ngập và bản đồ sử dụng đất được [8–9] phát triển dựa trên ba chỉ số chính: Chỉ số Thực vật tăng cường (EVI), Chỉ số nước bề mặt (LSWI) và Giá trị chênh lệch giữa EVI và LSWI (DVEL).

$$ENVI = 2,5 \frac{NIR - RED}{NIR + 6RED - 7,5BLUE + 1} \quad (1)$$

$$LSWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (2)$$

$$DVEL = EVI - LSWI \quad (3)$$

Trong đó NIR (*Near-infrared*) là phổ phản xạ của băng cận hồng ngoại; SWIR (*Short-wave infrared*) là phổ phản xạ băng hồng ngoại ngắn; RED là phổ phản xạ của băng đỏ; BLUE là phổ phản xạ của băng xanh lam.

2.3. Chỉ số tổn thương sinh kế LVI và LVI-IPCC

Chỉ số LVI: Mức độ tổn thương sinh kế của nông dân trồng lúa tại An Giang được đánh giá qua cách tiếp cận sinh kế [28] bao gồm: 5 thành phần chính là tự nhiên, xã hội, tài chính, vật chất và con người. Sau đó, [26] đã thêm vào hai thành phần bao gồm Chiến lược sinh kế, Hiểm họa tự nhiên và BĐKH để đánh giá toàn diện hơn về tính dễ bị tổn thương và khả năng thích ứng của nông dân. Bảy thành phần chính của chỉ số LVI sử dụng trong nghiên cứu này được tính toán qua các công thức sau [26]:

$$Index_{S_d} = \frac{S_d - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} \tag{4}$$

S_d là từng khía cạnh của mỗi khu vực khảo sát. S_{max} và S_{min} giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của từng khía cạnh tương ứng. Sau đó, từng thành phần của LVI được tính theo công thức sau:

$$M_d = \frac{\sum_{i=1}^n Index_{S_{di}}}{n} \tag{5}$$

M_d là một trong bảy thành phần của mỗi huyện. Sau đó, chỉ số LVI cho mỗi huyện tính theo công thức (6):

$$LVI_d = \frac{\sum_{i=1}^7 W_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^7 W_{Mi}} \tag{6}$$

W_{Mi} là trọng số của mỗi thành phần chính, được tính thông qua các khía cạnh tạo nên. Giá trị LVI dao động từ 0 (ít bị tổn thương nhất) đến 1 (dễ bị tổn thương nhất).

Chỉ số LVI-IPCC:

Chỉ số LVI-IPCC dựa trên cách tiếp cận của IPCC. Chỉ số này làm rõ ba yếu tố chính bao gồm Khả năng thích ứng, Tính nhạy cảm và Độ phơi nhiễm. Các hợp phần của từng yếu tố được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thành phần chính tổ hợp nên LVI-IPCC/

Các yếu tố	Các hợp phần chính
Khả năng thích ứng	Xã hội-nhân khẩu
	Chiến lược sinh kế
	Mạng lưới xã hội
Tính nhạy cảm	Sức khỏe, kiến thức và kỹ năng
	Đất đai và nguồn tài nguyên thiên nhiên
	Tài chính
Độ phơi nhiễm	Hiểm họa tự nhiên và tác động từ sự thay đổi các yếu tố môi trường

Các thành phần trong LVI-IPCC được tính toán dựa trên hệ số đóng góp của các khía cạnh theo công thức sau:

$$CF_d = \frac{\sum_{i=1}^n W_{Mi} M_{di}}{\sum_{i=1}^n W_{Mi}} \tag{7}$$

CF_d là các yếu tố góp phần vào khả năng thích ứng, tính nhạy cảm và độ phơi nhiễm của mỗi huyện; M_{di} là các thành phần chính của mỗi huyện. W_{Mi} là trọng số từng thành phần và n là số lượng các yếu tố trong mỗi thành phần. Sau khi tính toán 3 thành phần chính, chỉ số LVI-IPCC được tổng hợp theo công thức (8):

$$LVI-IPCC = (\text{Độ phơi nhiễm} - \text{Khả năng thích ứng}) \times \text{Tính nhạy cảm} \tag{8}$$

LVI-IPCC có giá trị từ -1 (ít tổn thương nhất) đến 1 (tổn thương nhất).

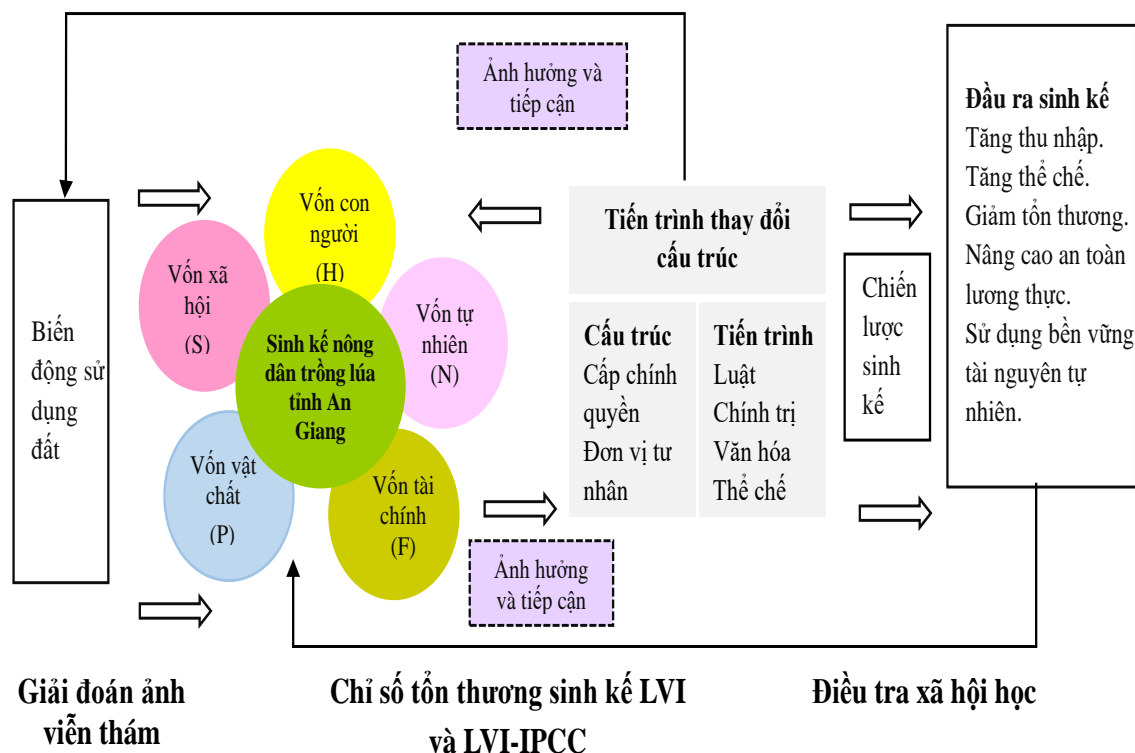
2.4. Điều tra xã hội học

Để đánh giá năng lực thích ứng do tác động từ sự thay đổi của các yếu tố môi trường tỉnh An Giang, nghiên cứu tiến hành khảo sát tại các huyện điển hình để thấy rõ sự khác nhau về không gian địa lý ảnh hưởng đến sinh kế của nông dân trồng lúa ba vụ. Đây là nghiên cứu định tính nên việc thu thập thông tin sẽ dừng khi đến điểm bão hòa [29], trong đó, nghiên cứu đã cân nhắc đến việc có thể sử dụng số liệu định lượng thực hiện một số phân tích thống kê cần thiết.

Bảng hỏi được thiết kế dựa trên các thành phần của chỉ số tổn thương sinh kế LVI và LVI-IPCC cũng như các khía cạnh có liên quan. Bao gồm các thành phần chính liên quan đến những thông tin cơ bản của chủ hộ (tuổi, trình độ học vấn, giới tính, tài chính và đặc điểm canh tác lúa); nhận thức của họ về sự thay đổi của các yếu tố môi trường trong 5 năm qua cũng như trong tương lai.

Nghiên cứu tiến hành khảo sát 1-2 xã ở mỗi huyện và sử dụng phương pháp lựa chọn mẫu ngẫu nhiên để chọn ra những nông dân phỏng vấn. Những hộ dân được chọn là những nông dân trồng lúa (tập trung vào một loại hình sinh kế trồng lúa hai và ba vụ để số liệu không bị phân tán cho nhiều đối tượng canh tác khác nhau), đã định cư lâu dài (trên 10 năm) ở địa phương và có ít nhất 5 năm kinh nghiệm trồng lúa. Những thông tin về địa chỉ cũng như đặc điểm canh tác lúa của từng khu vực nghiên cứu được cung cấp bởi những cán bộ quản lý của địa phương. Nghiên cứu chọn 3 huyện điển hình tại tỉnh An Giang bao gồm: huyện An Phú là huyện biên giới đầu nguồn, có các vùng đê bao kiểm soát lũ triệt để muộn nhất của tỉnh, phần lớn diện tích huyện nằm ngoài hệ thống đê bao. Trong đó 2 xã được lựa chọn khảo sát bao gồm xã Phú Hữu nằm ngoài hệ thống đê bao và xã Vĩnh Hội Đông được bao bọc bởi hệ thống đê tháng Tám. Huyện Tri Tôn là khu vực đồi núi, có hệ thống đê tháng Tám lớn nhất tỉnh, với chiều dài đê là 517 km và 18.791 ha. Huyện Châu Phú nằm ven sông Hậu, trong vùng Tứ Giác Long Xuyên, năm 2018 hệ thống đê bao chiếm 80% và 67% là đê bao triệt để [20] (Hình 1).

Tóm lại để đánh giá tác động của sự thay đổi mục đích sử dụng đất đến tính bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang, các phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng với nội dung cụ thể như sau (Hình 3).



Hình 3. Khung phương pháp luận nghiên cứu.

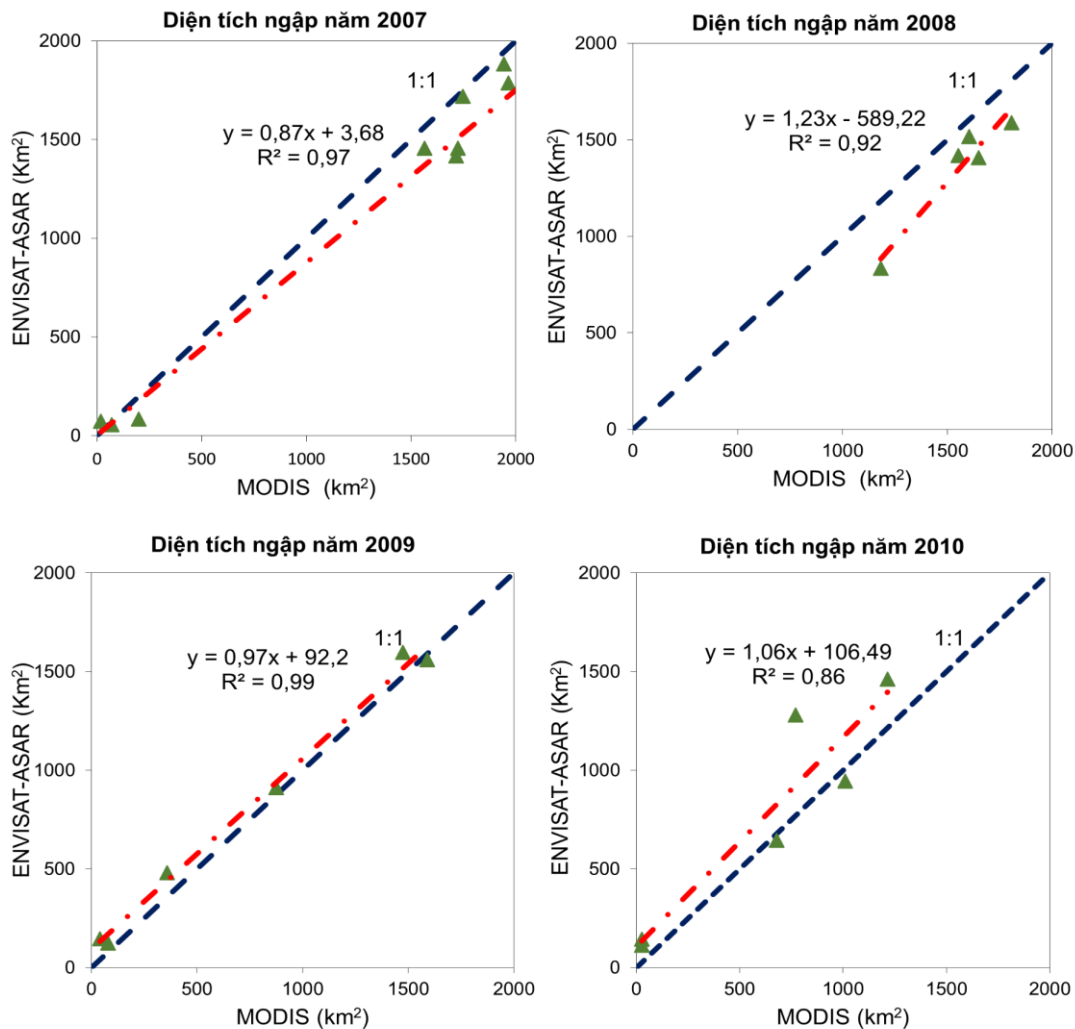
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Phân tích biến động về diện tích ngập và phân loại sử dụng đất từ ảnh viễn thám

Kiểm định độ chính xác của các sản phẩm MODIS:

3.1.1. Bản đồ ngập lũ

Độ chính xác của diện tích ngập lũ tính toán từ ảnh MODIS có độ phân giải 500 m được so sánh tương quan với ảnh Radar có độ phân giải cao từ vệ tinh Envisat ASAR có độ phân giải 88 m giai đoạn 2007–2010 được thu thập từ dự án WISDOM. Hình 4 hiển thị sự tương đồng cao giữa các bản đồ lũ được giải đoán từ vệ tinh MODIS và vệ tinh Envisat cho các năm 2007, 2008, 2009 và 2010) với độ tương quan R^2 trong khoảng 0,86 đến 0,99. Vì nghiên cứu cần phân tích cho khu vực toàn bộ tỉnh An Giang quan trắc liên tục cho toàn mùa lũ từ tháng 7 đến tháng 12 giai đoạn 2010–2020, chính vì vậy bản đồ ngập từ vệ tinh MODIS được xem xét là phù hợp để đánh giá và theo dõi diễn biến lũ cho khu vực nghiên cứu với độ tin cậy ở mức cao.



Hình 4. So sánh ngập lụt giữa dữ liệu ảnh MODIS và ảnh Envisat–ASAR năm 2007–2010.

3.1.2. Biến động sử dụng đất

Nghiên cứu đã kiểm định độ chính xác diện tích trồng lúa được tính toán từ ảnh MODIS bằng cách so sánh với dữ liệu đo đạc từ Niên giám thống kê giai đoạn 2010–2020: Tổng diện tích trồng lúa cả năm và diện tích lúa vụ ba theo từng huyện/thị trấn tỉnh An Giang.

Tổng diện tích trồng lúa cả năm từ ảnh MODIS được tính như sau:

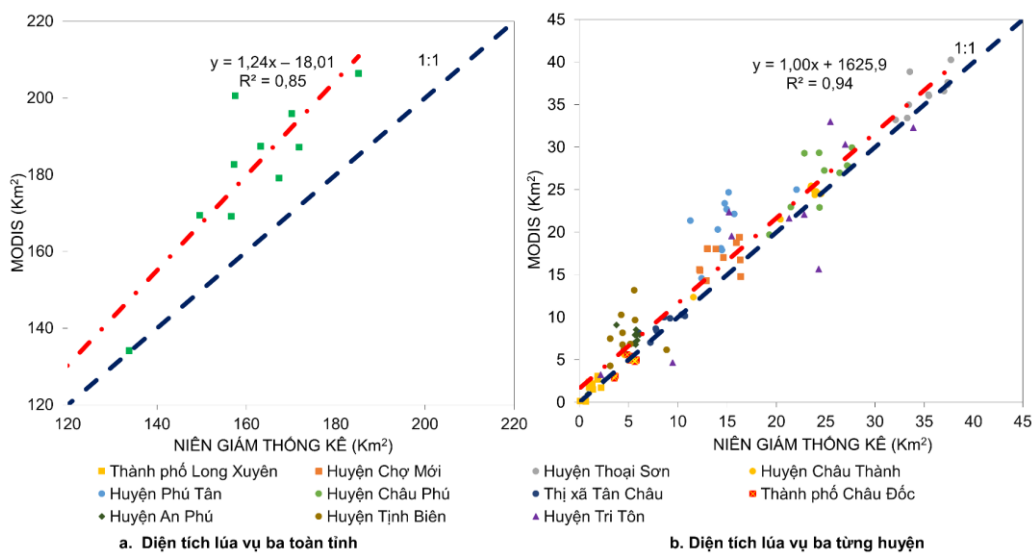
$$\text{Tổng diện tích lúa cả năm} = \text{Lúa một vụ} + (\text{Lúa hai vụ loại 1} + \text{Lúa hai vụ loại 2}) \times 2 + \text{Lúa ba vụ} \times 3 \quad (9)$$

Kết quả so sánh cho thấy sự khác biệt giữa hai loại dữ liệu dao động từ 1–8% đối với diện tích lúa cả năm và sai khác lớn hơn (từ 0–27%) đối với diện tích lúa vụ ba được tính cho toàn tỉnh An Giang (Bảng 2 và Hình 5a).

Khi tính toán tương quan cụ thể diện tích mùa vụ và diện tích canh tác từng huyện, dữ liệu ảnh MODIS cho thấy độ chính xác cao hơn với $R^2 = 0,85$ cho tổng diện tích lúa vụ ba và $R^2 = 0,94$ khi so sánh diện tích lúa vụ ba từng huyện trong tỉnh An Giang (Hình 5a và Hình 5b).

Bảng 2. Diện tích lúa tỉnh An Giang từ ảnh MODIS và Niên giám thống kê giai đoạn 2010–2020.

Năm	Diện tích lúa vụ 3			Diện tích lúa cả năm		
	Ảnh MODIS (km ²)	NGTK (km ²)	Chênh lệch (%)	Ảnh MODIS (km ²)	NGTK (km ²)	Chênh lệch (%)
2010	125,18	115,04	9	617,88	586,6	5
2011	134,15	133,72	0	625,83	607,6	3
2012	169,47	149,54	13	630,3	625,1	1
2013	187,42	163,18	15	696,22	641,4	9
2014	182,67	157,23	16	666,61	625,8	7
2015	195,92	170,18	15	673,18	644,2	4
2016	206,4	185,11	11	693,74	669	4
2017	179,16	167,31	7	687,18	641,1	7
2018	169,14	156,6	8	650,98	623,1	4
2019	200,6	157,51	27	683,7	626,3	9
2020	187,21	171,82	9	658,96	637,2	3



Hình 5. Tương quan giữa diện tích trồng lúa được tính từ ảnh MODIS và từ Niên giám thống kê giai đoạn 2010–2020.

Kết quả nghiên cứu đã trình bày phương pháp đánh giá biến động diện tích đất trồng lúa và diện tích ngập lũ dựa trên ảnh MODIS cho tỉnh An Giang. Kết quả kiểm định cho thấy các sản phẩm ngập lụt và bản đồ sử dụng đất được giải đoán từ vệ tinh MODIS đã phản ánh được tình trạng biến động lũ lụt và diện tích canh tác lúa cho khu vực nghiên cứu:

- Diễn biến ngập lụt từ ảnh MODIS (độ phân giải 500 m) đã được kiểm chứng với dữ liệu ảnh Radar có độ phân giải cao với kết quả so sánh tương quan R^2 dao động từ 0,86–0,99 và diễn biến ngập lụt cũng phù hợp với mực nước lũ được ghi nhận tại trạm quan trắc Tân Châu giai đoạn 2010–2020.

- Biến động diện tích trồng lúa ba vụ tỉnh An Giang được tính toán từ ảnh MODIS cho thấy mức độ tin cậy cao ($R^2 = 0,85$) khi so sánh với dữ liệu từ niên giám thống kê (Hình 5a và Hình 5b).

- Nhìn chung, các dữ liệu về bản đồ sử dụng đất và bản đồ ngập được tính toán từ ảnh MODIS phù hợp với dữ liệu Niên giám thống kê và bản đồ ngập từ ảnh vệ tinh Radar có độ phân giải cao. Tuy nhiên, vào một số năm, giá trị được tính từ ảnh MODIS có sai số, điều này có thể được gây ra bởi hiệu ứng pixel hỗn hợp do độ phân giải ở mức trung bình của ảnh MODIS (500 m) [9]. Cụ thể về diễn biến ngập, các bản đồ ngập từ ảnh MODIS có giá trị cao hơn từ 20–50% trong thời gian đầu mùa lũ và từ 1–20% trong thời gian đỉnh lũ. Đối với diện tích lúa vụ ba, dữ liệu được tính từ ảnh MODIS có giá trị cao hơn từ 0–16% so với số liệu từ Niên giám thống kê. Tuy nhiên việc loại trừ hiệu ứng pixel hỗn hợp trong các ước tính được xác định bởi MODIS có thể tạo ra sự thống nhất tốt giữa kết quả thu được từ diện tích canh tác lúa và dữ liệu sử dụng đất trong khu vực [9].

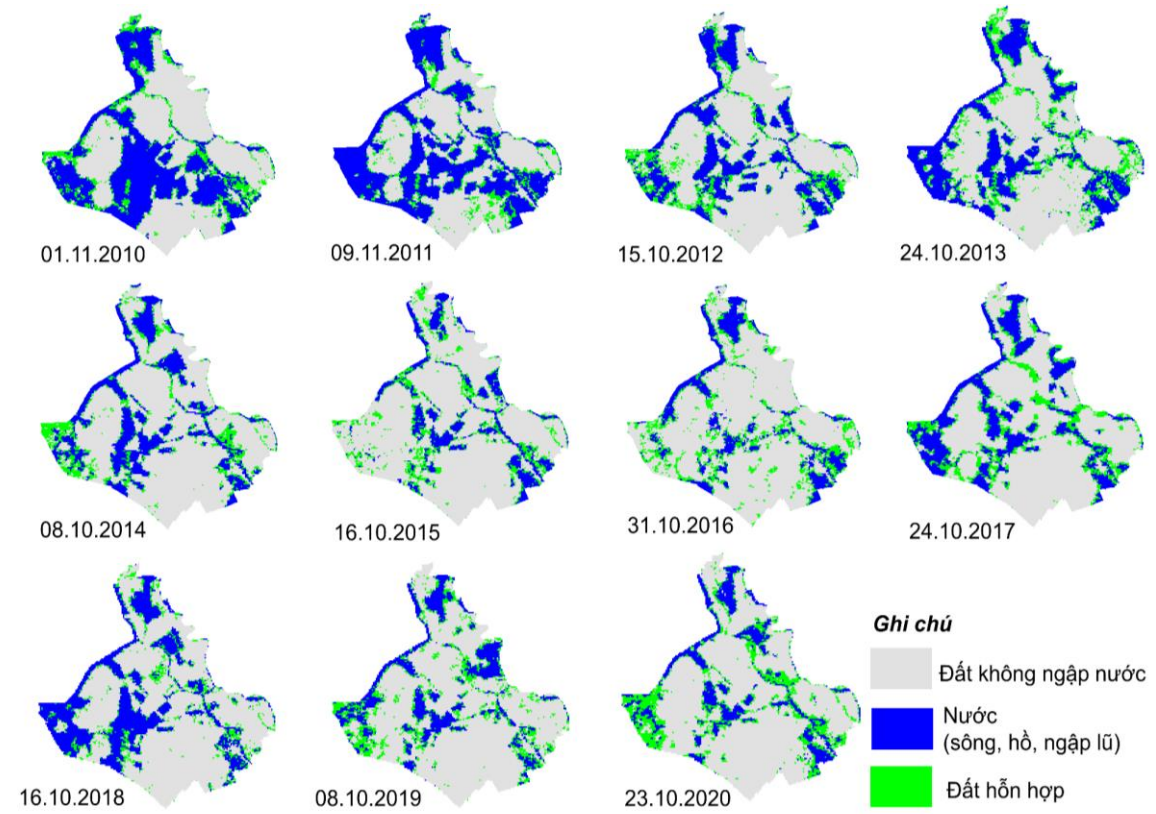
Phân tích biến động hiện trạng lũ lụt và diện tích sử dụng đất

Diễn biến lũ giai đoạn 2010–2020 tỉnh An Giang được ghi nhận ở điểm đo Tân Châu trên sông Tiền (Hình 1), trạm Tân Châu là trạm khống chế và xác định dòng chảy từ biên giới Campuchia, như là điểm đầu của sông Mekong khi đổ vào ĐBSCL [30]. Dựa vào dữ liệu mực nước thực đo tại trạm Tân Châu (Hình 2), chế độ lũ được phân thành ba loại lũ chính: lũ lớn (mực nước trên 4,5 m), từ 4,0–4,5 m được xem là lũ vừa và dưới 4,0 m là lũ nhỏ [31–32]. Bên cạnh dữ liệu mực nước tại trạm Tân Châu, phương pháp giải đoán ảnh viễn thám cũng được sử dụng để đánh giá sự thay đổi diện tích ngập lũ tại An Giang. Thời gian được lựa chọn để giải đoán ảnh viễn thám là toàn mùa lũ từ đầu tháng 7 đến cuối tháng 12. Trong đó, đợt ngập lũ lớn nhất trong mùa lũ được định nghĩa là ngày có diện tích ngập lớn nhất trong khu vực nghiên cứu, thường rơi vào khoảng thời gian từ ngày 8/10 đến 9/11 hàng năm [10]. Biến động diện tích ngập lũ tại An Giang giai đoạn 2010–2020 được trình bày trong Hình 6, với màu xanh lam biểu thị khu vực ngập nước, màu xanh lá cây biểu thị pixel hỗn hợp và màu xám biểu thị khu vực không ngập nước.

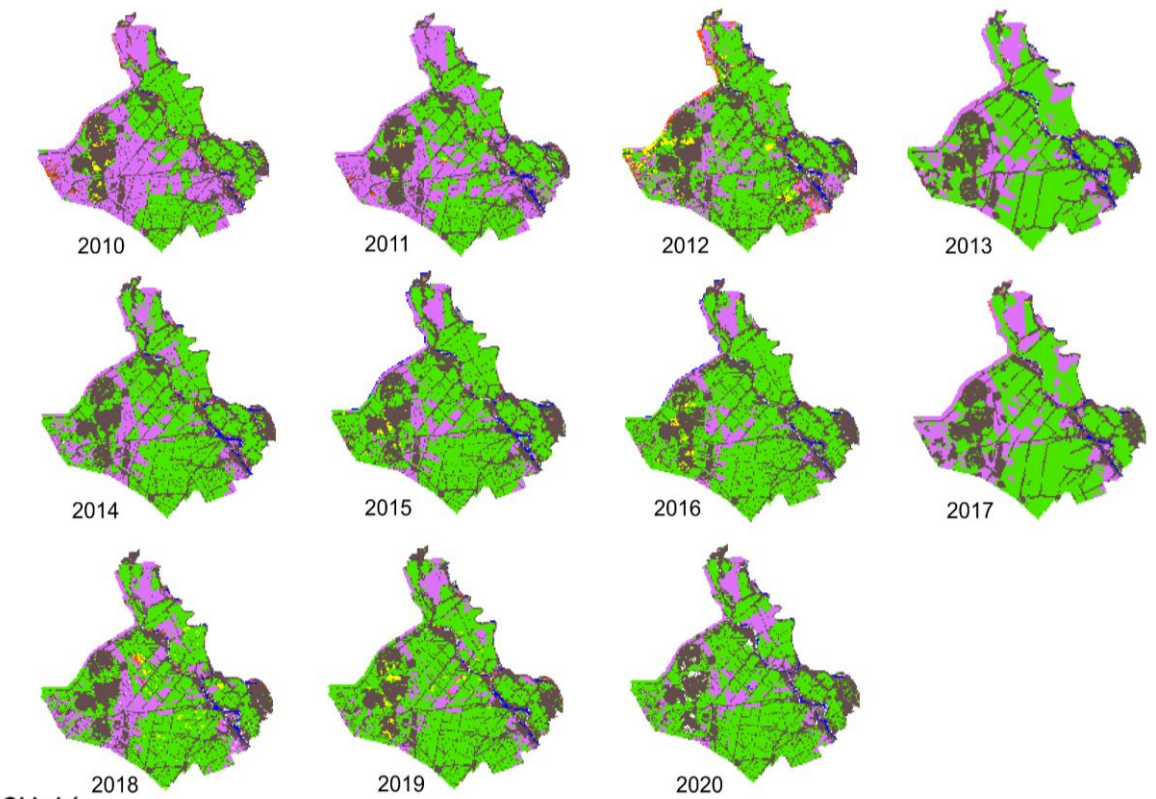
Diện tích không ngập lũ tại An Giang ngày càng tăng trong giai đoạn 2010–2020, Hình 6a cho thấy những pixel màu xám ngày càng tăng, với tỷ lệ đất không ngập trong mùa lũ tăng 18,24% (từ 52,01% năm 2010 lên 70,25% vào năm 2020) (Bảng A1). Cụ thể, diện tích đất không ngập tăng nhanh từ năm 2010 đến 2016, cao nhất là giai đoạn hạn hán lịch sử năm 2015–2016 với trên 72% diện tích đất không bị ngập vào mùa lũ. Sau đó giảm nhẹ đến năm 2018 (trên 65%) và tăng trở lại vào năm 2020.

Biến động diện tích đất trồng lúa tỉnh An Giang giai đoạn 2010–2020 được thể hiện trong Hình 6b và Bảng A2. Tổng diện tích đất trồng lúa được chia thành ba loại với màu xanh lá cây đại diện cho lúa ba vụ, màu tím và màu vàng: lúa hai vụ và màu cam là lúa một vụ. Kết quả giải đoán ảnh viễn thám cho thấy diện tích lúa ba vụ ngày càng mở rộng trong giai đoạn 2010–2020. Diện tích lúa ba vụ mở rộng nhanh từ năm 2010–2016 (từ 35,55% lên 58,64%), sau đó giảm vào năm 2017–2018 (dưới 50%) và tăng nhẹ đến năm 2020.

Trong giai đoạn 2010–2020, diện tích lúa ba vụ ngày càng mở rộng cùng với sự gia tăng diện tích không ngập lũ (Hình 7). Trong đó, diện tích lúa ba vụ cao nhất vào thời kỳ hạn hán gay gắt trong giai đoạn 2015–2016, với trên 72% đất không ngập vào mùa lũ (2.550 km²) đã tạo điều kiện thuận lợi để nông dân mở rộng diện tích trồng lúa vụ ba (khoảng 2.000 km²). Năm 2017–2018 lũ về lớn hơn dẫn đến diện tích lúa vụ ba giảm (còn khoảng 1.700 km²), đặc biệt tại huyện Tịnh Biên và Tri Tôn do vị trí đầu nguồn và vùng có hệ thống đê bao tháng Tám được xây dựng nhằm bảo vệ sản xuất vụ Hè Thu nên chỉ có khả năng bảo vệ hệ thống canh tác trước lũ nhỏ. Các huyện Thoại Sơn, Tri Tôn, Châu Phú có hệ thống đê bao triệt với cao trình đỉnh đê có khả năng chống lũ bảo vệ sản xuất cả năm nên diện tích trồng lúa tại các huyện này cao nhất tỉnh An Giang, đây cũng là những khu vực có diện tích trồng lúa ba vụ cao nhất.

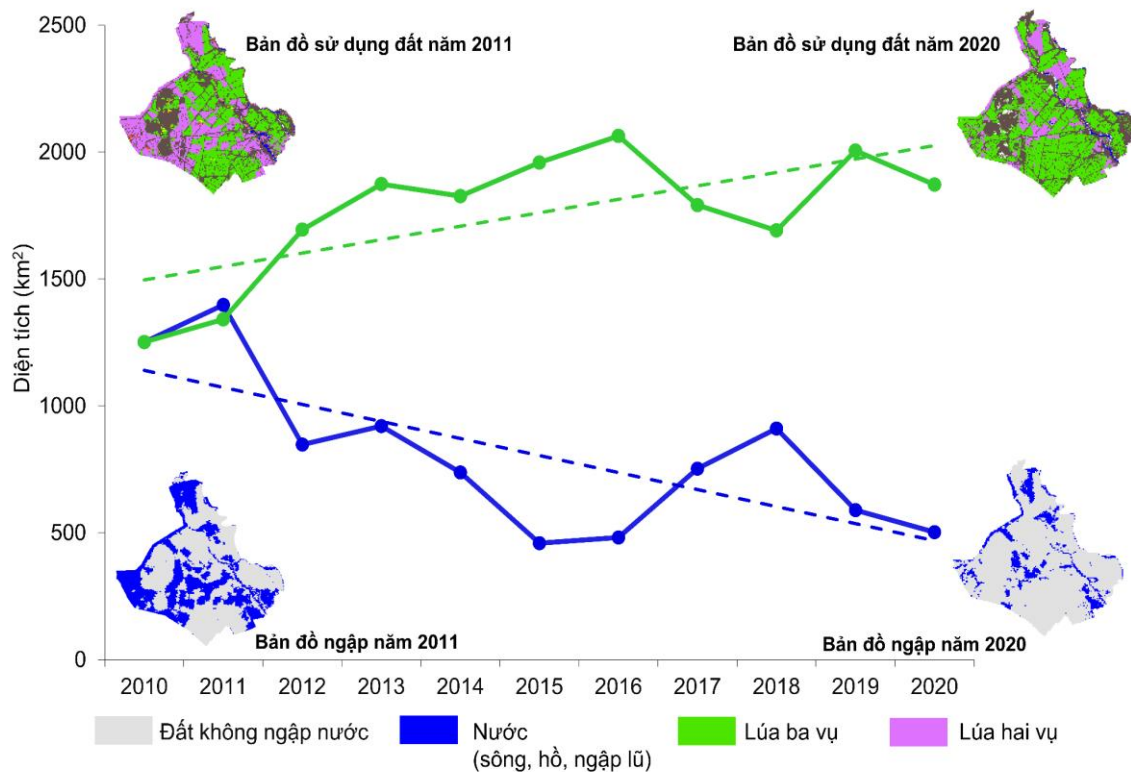


a. Bản đồ ngập



b. Bản đồ sử dụng đất

Hình 6. Bản đồ ngập lớn nhất trong năm và bản đồ sử dụng đất giai đoạn 2010–2020 tỉnh An Giang.



Hình 7. Tương quan giữa diện tích đất không ngập trong mùa lũ và diện tích lúa vụ ba giai đoạn 2010–2020.

Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống đê bao bảo vệ diện tích canh tác lúa vụ ba đã dẫn đến những thay đổi về diện tích ngập lũ tại tỉnh An Giang, đặc biệt từ sau năm 2011 khi hệ thống đê bao triệt để cơ bản đã được hoàn thiện [20]. Năm 2010 mặc dù mực nước tại trạm Tân Châu ghi nhận chỉ 3,2 m nhưng gây ngập cho trên 35% diện tích tỉnh An Giang. Đến năm 2012 và năm 2013, mực nước lũ ghi nhận tại trạm Tân Châu đạt 3,25 m và 4,35 m nhưng diện tích ngập lại thấp hơn năm 2010 (thấp hơn khoảng 10%). Sự thay đổi mực nước và diện tích ngập lũ tỉnh An Giang đã ảnh hưởng đến thời gian canh tác lúa trong tỉnh, nông dân có thể trồng lúa quanh năm trong vùng đê bao do đó diện tích lúa vụ ba ngày càng mở rộng trong giai đoạn 2010–2020 (Hình 6b). Canh tác thâm canh quy mô lớn cùng việc lạm dụng phân bón, thuốc trừ sâu dẫn đến môi trường đất ngày càng ô nhiễm và suy thoái [24]. Môi trường đất bị ô nhiễm cùng những thay đổi về các yếu tố môi trường khác đã ảnh hưởng đến sinh kế nông dân trồng lúa tỉnh An Giang. Đặc biệt là những hộ dân có diện tích canh tác nhỏ, khả năng thích ứng thấp và khó tìm được việc làm để cải thiện thu nhập. Ngoài ra, việc áp dụng các thiết bị máy móc và tự động hóa trong sản xuất lúa ngày càng phổ biến đòi hỏi chi phí lớn cũng là yếu tố dẫn đến mất bền vững trong sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang [13, 25].

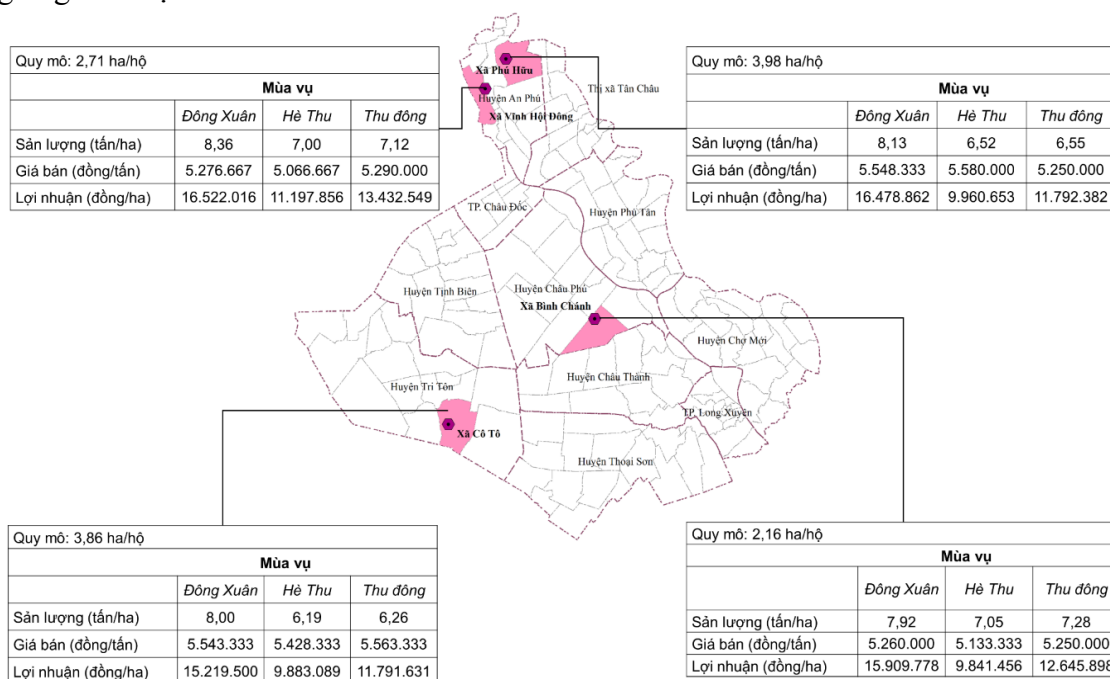
3.2. Phân tích bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa bằng các chỉ số kinh tế

Đặc điểm nông dân trồng lúa: Bảng 3 trình bày những thông tin cơ bản của nông dân trồng lúa tại các địa điểm được khảo sát của tỉnh An Giang. Kết quả cho thấy có sự tương đồng cao về những đặc điểm cơ bản như tuổi, trình độ học vấn, chủ hộ và quy mô gia đình giữa các địa điểm được khảo sát. Các chủ hộ có độ tuổi trung bình khá cao và kinh nghiệm trồng lúa lâu năm (trung bình 47 tuổi). Nam giới giữ vai trò chủ hộ chiếm tỷ lệ rất cao tại tỉnh An Giang (92,5%), điều này cũng đã được chứng minh trong nhiều nghiên cứu trước đây [7, 13]. Những chủ hộ này có trình độ học vấn còn khá thấp với khoảng 50% hộ dân chưa học hết cấp 1; 33,33% chưa hoàn thành cấp 2 và khoảng 20% học đến cấp 3. Mỗi hộ gia đình có trung bình khoảng 5 thành viên với 2–3 người là lao động chính.

Bảng 3. Đặc điểm nông dân trồng lúa tại các địa điểm được khảo sát của tỉnh An Giang.

Đặc điểm	Phú Hữu (n=30)	Vĩnh Hội Đông (n=30)	Bình Chánh (n=30)	TT Cô Tô (n=30)	Tổng cộng (N=120)
Tuổi	51	47	45	46	47
<i>Giới tính</i>					
Nam (%)	86,67	93,33	90,00	100,00	92,50
Nữ (%)	13,33	6,67	10,00	0,00	7,50
<i>Trình độ học vấn</i>					
Cấp 1 (%)	50,00	46,67	40,00	46,67	45,83
Cấp 2 (%)	33,33	23,33	43,33	33,33	33,33
Cấp 3 (%)	16,67	23,33	16,67	20,00	19,17
Quy mô gia đình (người)	4,30	4,87	4,70	4,60	4,62
Số lao động (người)	2,4	1,9	2,3	2,5	2,3

Mặc dù những hộ dân được khảo sát có sự tương đồng cao về những thông tin cơ bản nhưng đặc điểm canh tác lúa của họ tại mỗi khu vực lại có sự khác nhau. Hình 8 trình bày những đặc điểm về canh tác lúa như quy mô, sản lượng, năng suất và lợi nhuận thu được. Những hộ dân được phỏng vấn sở hữu diện tích canh tác ở mức trung bình, trong đó tại xã Phú Hữu và Thị trấn Cô Tô có diện tích canh tác lúa lớn hơn (lần lượt 3,98 ha/hộ và 3,86 ha/hộ), hai khu vực còn lại có diện tích canh tác nhỏ hơn (2,71 ha/hộ tại xã Vĩnh Hội Đông và 2,16 ha/hộ tại xã Bình Chánh). Vụ Đông xuân (từ tháng 12 đến tháng 3 năm sau) là thời gian thuận lợi để trồng lúa, sản lượng thu được cao nhất trong năm ở cả bốn địa điểm: với sản lượng lúa từ 7,91–8,36 tấn/ha và lợi nhuận khoảng 16 triệu/ha. Trong đó, xã Vĩnh Hội Đông là nơi có sản lượng và lợi nhuận cao nhất (8,36 tấn/ha và lợi nhuận trên 16 triệu/ha). Về giá bán lúa, trong năm giá bán lúa dao động từ 5,1 triệu đồng/tấn đến 5,6 triệu đồng/tấn và giống nhau tại các điểm khảo sát.



Hình 8. Đặc điểm canh tác lúa của các hộ dân được phỏng vấn tại tỉnh An Giang.

Đặc điểm canh tác cho thấy nông dân trồng lúa tại An Giang bị chi phối khá nhiều bởi hệ thống đê bao. Tại khu vực có hệ thống đê bao triệt để, điển hình là xã Bình Chánh có sản lượng lúa ổn định nhất giữa các mùa vụ (7,05–7,92 tấn/ha); xã Phú Hữu và Thị trấn Cô Tô, nơi có hệ thống đê bao tháng Tám cho sản lượng và lợi nhuận cao nhất vào vụ Đông Xuân (trung bình sản lượng cao hơn 1,7 tấn/ha; lợi nhuận cao hơn vụ Hè Thu khoảng 6 triệu/ha, cao hơn vụ Thu Đông khoảng 4,1 triệu/ha); xã Vĩnh Hội Đông nằm ngoài hệ thống đê bao

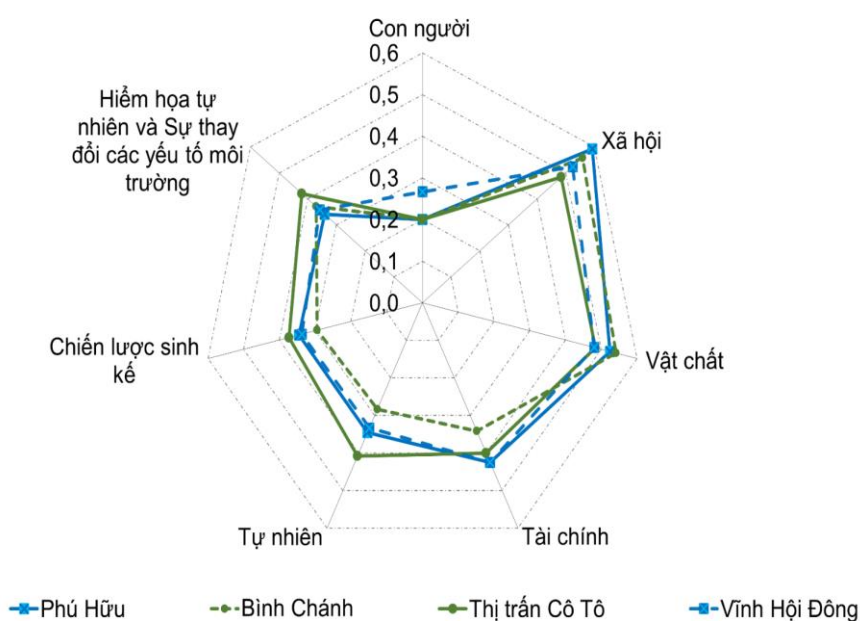
nên được cung cấp phù sa hằng năm, sản lượng và lợi nhuận luôn cao hơn các khu vực còn lại (8,36 tấn/ha và lợi nhuận trên 16 triệu/ha) (Hình 8). Bên cạnh đó, hệ thống đê bao đã giúp tỉnh An Giang mở rộng diện tích sản xuất lúa vụ ba (tăng 17,63% giai đoạn 2010–2020 như Bảng A2). Do lợi nhuận thu được từ trồng lúa vụ ba ở mức khá cao (11–13 triệu/ha), trong khi sản lượng lúa trung bình chỉ 6,80 tấn/ha.

Kết quả khảo sát cho thấy nông dân tỉnh An Giang có những đặc điểm thuận lợi để phát triển nông nghiệp, đặc biệt là cây lúa. Số chủ hộ trong độ tuổi lao động chiếm tỷ lệ cao (trung bình 47 tuổi), đa số chủ hộ là nam giới, trình độ học vấn mặc dù không cao nhưng có khoảng 50% hoàn thành ít nhất bậc tiểu học. Do đó họ có thể tiếp cận những kiến thức và thông tin liên quan đến sản xuất nông nghiệp và thời tiết phục vụ cho canh tác lúa. Tại An Giang, nông dân sở hữu diện tích canh tác ở mức trung bình (trên 2 ha/hộ) cùng với sản lượng và lợi nhuận thu được cao trong hệ thống đê bao ngăn lũ, do đó nông dân có thể canh tác lúa liên tục trong năm. Tuy nhiên, thâm canh lúa liên tục trong hệ thống đê bao, cùng với lượng phân bón, thuốc trừ sâu được sử dụng ngày càng nhiều có thể gây nguy hại cho môi trường đất [33]. Những thay đổi về môi trường đất và diện tích ngập lũ trong hệ thống đê bao tỉnh An Giang đã ảnh hưởng đến mục đích sử dụng đất và tính bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa, đặc biệt là những hộ dân trồng lúa ba vụ.

Chỉ số tổn thương sinh kế LVI và LVI-IPCC được sử dụng để đánh giá mức độ tổn thương và khả năng thích ứng của nông dân trồng lúa ba vụ tỉnh An Giang. Kết quả phân tích được trình bày như sau:

Chỉ số tổn thương sinh kế LVI:

Hình 9 và Bảng 4 trình bày những thông tin về chỉ số tổn thương sinh kế LVI tại các khu vực được khảo sát. Kết quả thống kê các thành phần cho thấy sinh kế của nông dân trồng lúa tỉnh An Giang đang bị tổn thương do các yếu tố từ Con người, Xã hội, Vật chất, Tài chính, Tự nhiên, Chiến lược sinh kế, Hiểm họa tự nhiên và Sự thay đổi các yếu tố môi trường. Cụ thể, chỉ số tổn thương của các khu vực nghiên cứu ở mức trung bình và khá đồng nhất giữa các khu vực, dao động từ 0,383–0,405. Tuy nhiên, có sự chênh lệch giữa các thành phần: thành phần Xã hội có chỉ số tổn thương cao nhất (0,484–0,593), cao thứ 2 là thành phần Vật chất (0,480–0,542), thứ 3 là thành phần Tài chính (0,342–0,425). Các thành phần còn lại có chỉ số tổn thương ở mức thấp hơn: Hiểm họa tự nhiên và Sự thay đổi các yếu tố môi trường từ 0,342–0,421, Chiến lược sinh kế từ 0,295–0,373, thành phần Tự nhiên từ 0,333–0,408 và thấp nhất là thành phần Con người từ 0,200–0,267.



Hình 9. Sơ đồ mạng nhện về tính dễ bị tổn thương sinh kế dựa trên LVI cho các địa điểm khảo sát tại An Giang.

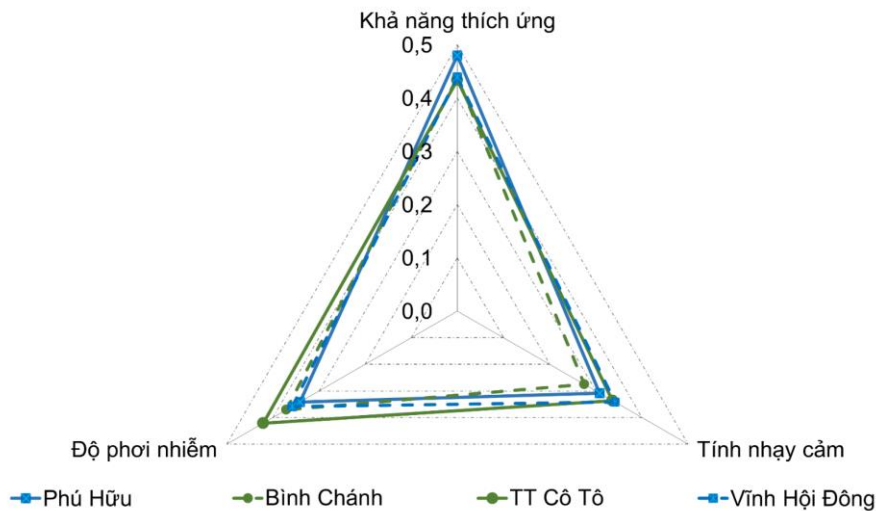
Bảng 4. Tính toán LVI cho các thành phần chính tại các điểm khảo sát của tỉnh An Giang.

Thành phần chính	Xã Phú Hữu	Xã Bình Chánh	TT Cô Tô	Xã Vĩnh Hội Đông	An Giang
Con người	0,200	0,200	0,200	0,267	0,217
Xã hội	0,593	0,558	0,484	0,524	0,540
Vật chất	0,524	0,542	0,484	0,480	0,508
Tài chính	0,425	0,342	0,400	0,425	0,398
Tự nhiên	0,345	0,283	0,408	0,333	0,343
Chiến lược sinh kế	0,345	0,295	0,373	0,337	0,338
Hiểm họa tự nhiên và Sự thay đổi các yếu tố môi trường	0,342	0,371	0,421	0,358	0,373
LVI =	0,398	0,383	0,405	0,394	0,395

Chỉ số tổn thương sinh kế dựa vào chỉ số LVI-IPCC

Giá trị tổn thương sinh kế được tính toán qua chỉ số LVI-IPCC ở mức thấp, dao động từ -0,043 đến -0,004. Các thành phần chính của chỉ số tổn thương LVI-IPCC được tạo thành từ các hợp phần sau: (1) Khả năng thích ứng bao gồm các hợp phần về Xã hội-nhân khẩu học; Chiến lược sinh kế và Mạng lưới xã hội; (2) Tính nhạy cảm bao gồm Sức khỏe, kiến thức và kỹ năng; Đất đai và nguồn tài nguyên thiên nhiên và Tài chính; (3) Độ phơi nhiễm do các yếu tố từ Hiểm họa tự nhiên và sự thay đổi các yếu tố môi trường. Hình 10 và Bảng 5 cho thấy mức độ tổn thương được tính toán qua chỉ số LVI-IPCC của các thành phần có sự khác nhau. Trong đó, khả năng thích ứng có mức độ tổn thương cao nhất (0,448), tiếp theo là Độ phơi nhiễm (0,373) và thấp nhất là Tính nhạy cảm (0,315).

Tính nhạy cảm liên quan đến các yếu tố nội tại của nông dân, Bảng 6 cho thấy Đất đai và nguồn tài nguyên thiên nhiên cùng vấn đề Tài chính là hai yếu tố ảnh hưởng nhiều nhất. Có trên 90% nông dân cho biết họ không có các phương tiện cần thiết phục vụ cho cuộc sống và trên 80% không tự đầu tư được trang thiết bị phục vụ canh tác lúa. Vấn đề tài chính chủ yếu liên quan đến tình trạng di dân: trung bình 51% người dân lao động phải di dân vì mất mùa tuy nhiên số tiền họ gửi về cho gia đình hàng năm thường dưới 4 triệu (khoảng 85%).



Hình 10. Sơ đồ tam giác các thành phần trong LVI-IPCC tại các điểm khảo sát của tỉnh An Giang.

Bảng 5. Tính toán LVI-IPCC cho các thành phần chính tại các điểm khảo sát của tỉnh An Giang.

Thành phần	Phú Hữu	Bình Chánh	TT Cô Tô	Vĩnh Hội Đông	An Giang
Khả năng thích ứng	0,480	0,438	0,434	0,439	0,448
Tính nhạy cảm	0,308	0,275	0,336	0,342	0,315
Độ phơi nhiễm	0,342	0,371	0,421	0,358	0,373
LVI-IPCC =	-0,043	-0,019	-0,004	-0,028	-0,023

Độ phơi nhiễm được đặc trưng bởi các yếu tố từ Hiểm họa tự nhiên và sự thay đổi các yếu tố môi trường liên quan đến hạn hán, nhiệt độ, bão, lốc xoáy và đặc biệt từ dịch bệnh (Covid 19). BĐKH cùng với dịch bệnh và các hiện tượng thời tiết cực đoan đã làm giảm sản lượng và lợi nhuận của nông dân trồng lúa trong năm năm qua (64% nông dân cho biết bị giảm sản lượng lúa; 23% thiệt hại về tài sản và 17% bị giảm lợi nhuận). Trong đó chủ yếu do sự gia tăng nhiệt độ (63%), gia tăng hạn hán (50%), bão (38%), lốc xoáy (27%) và do ảnh hưởng từ Covid 19 (17%).

Mặc dù đang phải đối mặt với những thay đổi từ các yếu tố môi trường và BĐKH, nhưng khả năng thích ứng của họ lại rất thấp (0,448). Qua khảo sát cho thấy chiến lược sinh kế của nông dân đang gặp trở ngại do tỷ lệ nông dân độc canh cây lúa liên tục trong năm khá cao (trên 58%); trên 35% bị mất mùa trong năm năm qua nhưng họ lại khó khăn trong việc tìm kiếm nguồn thu nhập khác (58% thiếu việc làm). Tuy nhiên, nông dân tại đây cũng cho biết họ không thường xuyên trao đổi cũng như nhận được sự hỗ trợ rất thấp từ chính quyền địa phương (73%) và hạn chế trong việc tiếp cận với các phương tiện truyền thông (77%), không được cung cấp các thông tin về thời tiết và BĐKH (84%).

Bảng 6. Tỷ lệ đóng góp của các yếu tố vào các thành phần của chỉ số LVI-IPCC.

Thành phần chính	Thành phần phụ	Tỷ lệ (%)			
		Phú Hữu	Bình Chánh	TT Cô Tô	Vĩnh Hội Đông
1. Kiến thức và kỹ năng	Chủ hộ trên 70 tuổi	6,67	0	3,3	16,67
	Chủ hộ chỉ học đến tiểu học	50	40	46,67	46,67
2. Nguồn lao động	Gia đình thuộc diện nghèo và cận nghèo	0	16,67	10	0
	Gia đình chỉ có 1 lao động chính	23,33	23,33	20	43,33
3. Xã hội – Nhân khẩu học	Số người phụ thuộc trong gia đình (người)	1,93	2,4	2,07	2,93
	Chủ hộ là nữ	13,33	10	0	6,67
4. Mạng lưới xã hội	Thiếu sự hỗ trợ, trao đổi từ chính quyền địa phương	76,67	76,67	70	66,67
	Không thường xuyên kết nối với các phương tiện truyền thông	83,33	78,33	77,5	69,17
	Không nhận được các thông tin về thời tiết từ truyền thông và chưa được tham gia các buổi tập huấn có liên quan	90	83,33	81,67	83,33
	Không thường xuyên cập nhật các tin tức về thời tiết và BĐKH phục vụ sản xuất nông nghiệp	60	46,67	26,67	30
5. Nhà ở, đất đai và cơ sở vật chất	Chưa có nhà kiên cố	20	63,33	40	13,33
	Thiếu các phương tiện thiết yếu (tủ lạnh, tivi, xe đạp, xe máy...)	24,67	23,33	22	32,67
	Thiếu các thiết bị phục vụ cho sinh hoạt (máy lạnh, máy giặt, ô tô, máy phát điện)	94,17	87,5	90	97,5
	Chưa có máy móc, thiết bị canh tác	86,67	86,67	76,67	83,33
	Thuê đất để sản xuất	36,67	10	13,33	13,33
6. Tài chính và lợi nhuận	Thu nhập của gia đình từ nông nghiệp dưới 30 triệu/năm	10	16,67	16,67	20
	Số tiền lao động di dân gửi về dưới 4 triệu/năm	90	73,33	83,33	90
	Mức sông của gia đình giảm khi có lao động di dân	10	10	6,67	6,67
	Thu nhập từ nông nghiệp giảm dẫn đến di dân	60	36,67	53,33	53,33
7. Tự nhiên	Diện tích canh tác nhỏ (<1 ha) và có nguồn thu nhập khác dựa vào tự nhiên	10	20	16,67	26,67
	Nguồn nước tự nhiên bị nhiễm mặn	0	0	0	3,33
	Nguồn nước tự nhiên bị nhiễm phèn	10	13,33	46,67	26,67
	Không có diện tích canh tác khác ngoài cây lúa	100	80	100	76,67

Thành phần chính	Thành phần phụ	Tỷ lệ (%)			
		Phú Hữu	Bình Chánh	TT Cô Tô	Vinh Hội Đông
8. Chiến lược sinh kế	Độc canh cây lúa	60	53,33	56,67	63,33
	Không tự nguyện di dân do BĐKH	13,33	10	3,33	0
	Không có thu nhập từ phi nông nghiệp	12,67	4	10	12
	Mất mùa ngày càng nhiều trong năm năm qua	26,67	36,67	46,67	33,33
	Thiếu việc làm tại địa phương	60	43,33	70	60
9. Hiểm họa tự nhiên	Hạn hán tăng trong năm năm qua	43,33	53,33	73,33	30
	Lốc xoáy tăng trong năm năm qua	20	26,67	33,33	26,67
	Số cơn bão gia tăng trong năm năm qua	33,33	36,67	43,33	36,67
	Ảnh hưởng của Covid 19	23,33	16,67	10	16,67
10. Biến đổi khí hậu	Nhiệt độ tăng trong năm năm qua	66,67	60	70	53,33
	Sản lượng nông nghiệp bị giảm trong năm năm qua	60	70	56,67	70
	Thiệt hại về tài sản và nhà cửa do BĐKH	16,67	20	26,67	30
	Lợi nhuận giảm và lỗ vốn do BDKDH	10	13,33	23,33	23,33

4. Kết luận

Nghiên cứu này kết hợp kỹ thuật giải đoán ảnh viễn thám để phân loại sử dụng đất giai đoạn 2010–2020, phương pháp chỉ số tổn thương sinh kế LVI, LVI–IPCC lồng ghép điều tra xã hội học, nhằm đánh giá tác động của biến động sử dụng đất tỉnh An Giang đến tính bền vững sinh kế của nông dân trồng lúa. Hai kết luận chính được rút ra từ kết quả nghiên cứu:

Hệ thống đê bao phục vụ canh tác lúa vụ ba đã làm thay đổi diện tích ngập lũ của tỉnh An Giang. Trong vòng 11 năm (từ 2010–2020), diện tích không ngập tăng 18,24% và diện tích lúa vụ ba tăng 17,63%. Đặc biệt từ sau khi hệ thống đê bao của tỉnh cơ bản đã được hoàn thiện vào năm 2011 [20]. Năm 2012 và năm 2013, mực nước lũ ghi nhận tại trạm Tân Châu đạt 3,25m và 4,35m nhưng diện tích không ngập nước vào mùa lũ lại cao hơn khoảng 10% và diện tích lúa vụ ba cũng được mở rộng trên 15% so với năm 2010 (diện tích không ngập nước vào mùa lũ là 52,01% và diện tích lúa vụ ba là 35,55%).

Kết quả tính toán các chỉ số tổn thương sinh kế LVI và LVI–IPCC cho thấy sinh kế của nông dân trồng lúa tại các khu vực được khảo sát của tỉnh An Giang thiếu bền vững. Chỉ số tổn thương sinh kế LVI = 0,395 và LVI–IPCC = –0,023, trong đó nguyên nhân chủ yếu từ sự thay đổi các yếu tố môi trường và BĐKH do gia tăng các yếu tố về nhiệt độ, hạn hán, các hiện tượng thời tiết cực đoan cùng với đất đai bị nhiễm phèn chiếm tỷ lệ khá cao (24%). Bên cạnh đó, khả năng thích ứng còn hạn chế do nguồn thu nhập chủ yếu dựa vào làm thuê, các loại hình canh tác dựa vào tự nhiên và thu nhập chính là dựa vào canh tác lúa (trên 58% nông dân chỉ canh tác lúa và không có sự luân canh). Để cải thiện thu nhập, nông dân đã tự nguyện di dân đến những nơi có nhu cầu lao động cao hơn (trên 93% tự nguyện di dân và trên 51% xác định nguyên nhân là do thu nhập từ nông nghiệp bị giảm). Do đó, trong tương lai có thể có những nghiên cứu tập trung vào ảnh hưởng của tổn thương sinh kế do thay đổi mục đích sử dụng đất đến vấn đề di dân của nông dân tỉnh An Giang và khu vực ĐBSCL.

Đóng góp của tác giả: Thu thập, phân tích, xử lý số liệu: H.T.N.T., N.Đ.T., T.Đ.D., V.H.T.D.; Viết bản thảo bài báo: H.T.N.T.; Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.Đ.T., H.T.N.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu chỉnh sửa bài báo: T.Đ.D., V.H.T.D.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành Phố Hồ Chí Minh (ĐHQG–HCM) trong khuôn khổ đề tài mã số B2021–24–04.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- 1 Chandio, A.A.; Jiang, Y.; Rehman, A.; Rauf, A. Short and long-run impacts of climate change on agriculture: an empirical evidence from China. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* **2020**, 12(2), 201–221. doi:10.1108/IJCCSM-05-2019-0026.
- 2 Cục Kinh tế hợp tác và Phát triển nông thôn. Tham vấn xây dựng trung tâm cơ giới hóa vùng Đồng bằng sông Cửu Long, 2022.
- 3 Tổng Cục thống kê. Niên giám thống kê – Statistical yearbook of Vietnam. 2020, 23.
- 4 Cao, B.T.; Tchale, H.; Chandrasekharan, B.D.; Nguyen, P.H.A.; Jaffee, S.M. Sử dụng đất nông nghiệp và sinh kế bền vững ở Đồng bằng sông Cửu Long: Các kịch bản và đề xuất chính sách. United States of America, 2022, 73-80. doi:10.54939/1859-1043.j.mst.FEE.2022.73-80.
- 5 Geest, K.V.D.; Khoa, N.V.; Thao, N.C. Internal migration in the Upper Mekong Delta, Viet Nam: What is the role of climate-related stressors. *Asia. Pac. Popul. J.* **2014**, 29(2), 25–41. doi:10.18356/7b7d7273-en.
- 6 Quang, N.M. ĐBSCL trước nguy cơ mất an ninh nguồn nước: Những nguyên nhân và thách thức. *Tạp Chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **2020**.
- 7 Tran, D.D.; Huu, L.H.; Hoang, L.P.; Pham, T.D.; Nguyen, A.H. Sustainability of rice-based livelihoods in the upper floodplains of Vietnamese Mekong Delta: Prospects and challenges. *Agric. Water Manag.* **2021**, 243, 106495.
- 8 Sakamoto, N.T.; Van Nguyen, A.; Kotera, H.O.; Ishitsuka, N.; Yokozawa, M. Detecting temporal changes in the extent of annual flooding within the Cambodia and the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. *Remote Sens. Environ.* **2007**, 109(3), 295–313. doi:10.1016/j.rse.2007.01.011.
- 9 Sakamoto, T.; Cao Van, P.; Kotera, A.; Duy, K.N.; Yokozawa, M. Detection of yearly change in farming systems in the Vietnamese Mekong Delta from MODIS time-series imagery. *Jpn. Agric. Res. Q.* **2009**, 43(3), 173–185. doi:10.6090/jarq.43.173.
- 10 Vu, H.T.D.; Tran, D.D.; Schenk, A.; Nguyen, C.P.; Vu, H.L.; Obéle, P.; Trinh, V.C.; Nestmann, F. Land use change in the Vietnamese Mekong Delta: New evidence from remote sensing. *Sci. Total. Environ.* **2022**, 813, 151918. doi:10.1016/j.scitotenv.2021.151918.
- 11 Tran, D.D.; Van Halsema, G.; Hellegers, P.J.G.J.; Hoang, L.P.; Ludwig, F. Long-term sustainability of the Vietnamese Mekong Delta in question: An economic assessment of water management alternatives. *Agric. Water. Manag.* **2019**, 223, 105703. doi:10.1016/j.agwat.2019.105703.
- 12 Tran, D.D.; Van Halsema, G.; Hellegers, P.J.G.J.; Ludwig, F.; Wyatt, A. Questioning triple rice intensification on the Vietnamese mekong delta floodplains: An environmental and economic analysis of current land-use trends and alternatives. *J. Environ. Manage.* **2018**, 217, 429–441. doi:10.1016/j.jenvman.2018.03.116.
- 13 Tran, D.D.; Quang, C.N.X.; Tien, P.D.; Tran, P.G.; Long, P.K.; Hoa, H.V.; Giang, N.N.H.; Ha, L.T.T. Livelihood vulnerability and adaptation capacity of rice farmers under climate change and environmental pressure on the vietnam mekong delta floodplains. *Water* **2020**, 12(11), 3282. <https://doi.org/10.3390/w12113282>.
- 14 Ho, T.D.N.; Kuwornu, J.K.M.; Tsusaka, T.W.; Nguyen, L.T.; Datta, A. An assessment of the smallholder rice farming households' vulnerability to climate change and variability in the Mekong delta region of Vietnam. *Local Environ.* **2021**, 26(8), 948–966. doi:10.1080/13549839.2021.1937971.
- 15 Phu, P.X.; De, N.N.; Vulnerability Assessment of Farmer's Livelihood to Flood in An Giang Province. *Asia. Pac. J. Rural. Dev.* **2019**, 29(1), 37–51. doi:10.1177/1018529119860621.

- 16 Saqib, R. *et al.*, Livelihood strategies of small-scale farmers in Pakistan in the scenario of climate change. *Sarhad J. Agric.* **2019**, 35(4), 1–11. doi:10.17582/JOURNAL.SJA/2019/35.4.1298.1308.
- 17 Berg, H.; Ekman Söderholm, A.; Söderström, S.; Tam, N.T. Recognizing wetland ecosystem services for sustainable rice farming in the Mekong Delta, Vietnam. *Sustain. Sci.* **2017**, 12(1), 137–154. doi:10.1007/s11625-016-0409-x.
- 18 Mi, N.T.H.; Minh, V.Q. Đánh giá mức độ ảnh hưởng đến canh tác lúa tỉnh An Giang trên cơ sở các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau. *Tap chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* **2014**, 3, 42–52.
- 19 Thiện, H.M.; Phạm, V.; Trí, Đ.; Trung, N.H.; Vương, H.; Minh, T. Tác động của việc phát triển hệ thống đê bao lên sản xuất lúa trên địa bàn tỉnh an giang và động thái lũ trên hệ thống sông chính ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2013**, 626, 35–40.
- 20 Phong, T.H.; Minh, H.V.T.; Trí, L.H.; Tú, L.T.; Tỳ, T.V. Đánh giá tác động của đê bao tỉnh An Giang đến chế độ dòng chảy dòng chính sông Mekong tại Đồng bằng sông Cửu Long. *Tap chí Vật liệu & Xây dựng* **2021**, 3, 71–78.
- 21 Trần, B.L.; Trần, S.N.; Nguyễn, T.H.Đ.; Lâm, V.H. Đánh giá hiện trạng canh tác và hiệu quả tài chính của canh tác lúa trong và ngoài đê bao ở huyện Tri Tôn và Tịnh Biên – tỉnh An Giang. *Can Tho Univ. J. Sci.: Environ. Clim. Change* **2021**, 57, 41–51. doi:10.22144/ctu.jsi.2021.048.
- 22 Tran, D.D.; Van Halsema, G.; Hellegers, P.J.G.J.; Ludwig, F.; Seijger, C. Stakeholders’ assessment of dike-protected and flood-based alternatives from a sustainable livelihood perspective in An Giang Province, Mekong Delta, Vietnam. *Agric. Water Manag.* **2018**, 206, 187–199. doi:10.1016/j.agwat.2018.04.039.
- 23 Howie, C.A. Co-operation and Contestation: Farmer-state Relations in Agriculture Transformation, An Giang Province, Vietnam. Royal Holloway, University of London, 2011.
- 24 Tran, D.D.; Weger, J. Barriers to Implementing Irrigation and Drainage Policies in An Giang Province, Mekong Delta, Vietnam. *Irrig. Drain.* **2018**, 67, 81–95. doi:10.1002/ird.2172.
- 25 Tran, T.A. Land use change driven out-migration: Evidence from three flood-prone communities in the Vietnamese Mekong Delta. *Land Use Policy* **2019**, 88, 104157. doi:10.1016/j.landusepol.2019.104157.
- 26 Hahn, M.B.; Riederer, A.M.; Foster, S.O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. *Global Environ. Change* **2009**, 19(1), 74–88. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002.
- 27 Vu, H.T.D.; Vu, H.L.; Oberle, P.; Andreas, S.; Nguyen, P.C.; Tran, D.D. Datasets of land use change and flood dynamics in the vietnamese mekong delta. *Data Brief* **2022**, 42, 108268. doi:10.1016/j.dib.2022.108268.
- 28 Chambers, R.; Conway, G. Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century. Institute of Development Studies (UK), 1992.
- 29 Marshall, B.; Cardon, P.; Poddar, A.; Fontenot, R. Does sample size matter in qualitative research?: A review of qualitative interviews in IS research. *J. Comput. Inf. Syst.* **2013**, 54(1), 11–22.
- 30 Le, T.A. Phân tích diễn biến lũ lụt và khô hạn ở Đồng bằng sông Cửu Long trong 20 năm gần đây. *VN J. Sci. Technol. Eng.* **2020**, 62(11), 22–27.
- 31 Vu, H.T.D.; Trinh, V.C.; Tran, D.D.; Oberle, P. Hinz, S.; Nestmann, F. Evaluating the impacts of rice-based protection dykes on floodwater dynamics in the vietnamese mekong delta using geographical impact factor (Gif). *Water* **2021**, 13(9), 1144. doi:10.3390/w13091144.

- 32 Tran, D.D.; Weger, J.; Dung, D.T.; Jacob, W.; Tran, D.D.; Weger, J. Barriers to Implementing Irrigation and Drainage Policies in An Giang Province, Mekong Delta, Vietnam. *Irrig. Drain.* **2018**, 67(S1), 81–95. doi:10.1002/ird.2172.
- 33 Migheli, M. Land ownership and use of pesticides. Evidence from the Mekong Delta. *J. Clean. Prod.* **2017**, 145, 188–198.

Assessing the impact of land use change on rice farmers' livelihood vulnerability in An Giang province

Huynh Thi Ngoc Tuoi^{1*}, Nguyen Duc Thien¹, Tran Duc Dung², Vu Hoang Thai Duong³

¹ Institute of Environment and Natura Resources, Vietnam National University Ho Chi Minh City; huynhngoctuoi0505@gmail.com; thienduc295@gmail.com

² Center of Water Management and Climate Change, Institute for Environment and Resources, Vietnam National University – Ho Chi Minh City (VNU–HCM); dungtranducvn@yahoo.com

³ Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 76131 Karlsruhe, Germany; hoang.vu@kit.edu

Abstract: This study assesses the impact of land use change on the vulnerability of rice farmers' livelihood in An Giang province (AGP) of the Vietnamese Mekong Delta (VMD). We applied a mixed method of remote sensing data analysis with the Livelihood Vulnerability Index (LVI) and LVI – Intergovernmental Panel on Climate Change (LVI–IPCC) to understand how land use changed over the period of 2010–2020 and its relationship to flooded area and farmers' livelihood sustainability. Specifically, MODIS images were processed, and a social survey was conducted to interview 120 rice farmers and 10 local officials. Results show that the province's flooded area increased by 18.24% during the flood season due to three seasonal rice practice under dike protection, corresponding to an increase of 17.63% of the third–rice cropping area. Land use change has increased the livelihood vulnerability of farmers with the LVI = 0.395 and LVI–IPCC = –0.023. Although the dike–based system has increased the area for third–rice cropping cultivation, farmers overused fertilizers and pesticides to maintain rice yields since fertile sediment has not been deposited in rice fields. As a result, the soil and water environment are degraded and polluted, making many farmers' livelihoods vulnerable. Our findings provide valuable empirical evidence for proposing agricultural management solutions for not only AGP but also the VMD towards sustainable development.

Keywords: Sustainability; LVI; LVI–IPCC; Rice; Flood; MODIS.

Phụ lục

Bảng A1. Biến động diện tích ngập lũ tại An Giang giai đoạn 2010–2020.

Năm	Tổng diện tích (km ²)	Đất không ngập nước		Đất ngập nước		Mực nước lớn nhất tại trạm Tân Châu (m)
		Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	
2010	3.521,15	1.831,38	52,01	125,17	35,55	3,20
2011	3521,77	1.743,84	49,52	139,83	39,71	4,86
2012	3.519,77	2.192,50	62,27	84,81	24,09	3,25
2013	3.519,81	2.115,06	60,07	92,08	26,15	4,35
2014	3.520,88	2.357,51	66,95	73,79	20,96	3,94
2015	3.520,83	2.650,40	75,27	45,98	13,06	2,55
2016	3.521,26	2.551,57	72,46	48,19	13,68	3,07
2017	3.520,77	2.264,62	64,31	75,31	21,39	3,42
2018	3.519,48	2.301,65	65,37	91,10	25,87	4,09
2019	3.519,22	2.476,30	70,33	58,96	16,74	3,63
2020	3.518,37	2.473,72	70,25	50,31	14,29	2,88

Bảng A2. Biến động tỷ lệ diện tích đất trồng lúa tại An Giang giai đoạn 2010–2020.

Năm	Tổng diện tích (km ²)	Lúa vụ ba		Lúa vụ hai (vào mùa khô)		Lúa vụ hai (vào mùa mưa)	
		Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)	Diện tích (km ²)	Tỷ lệ (%)
2010	3.520,83	1.251,81	35,55	1.168,18	33,18	24,05	0,68
2011	3.522,29	1.341,49	38,09	1.095,31	31,10	11,57	0,33
2012	3.522,87	1.694,68	48,11	482,22	13,69	90,60	2,57
2013	3.518,34	1.874,18	53,27	656,99	18,67	6,92	0,20
2014	3.518,85	1.826,70	51,91	586,14	16,66	1,02	0,03
2015	3.519,99	1.959,17	55,66	409,89	11,64	14,43	0,41
2016	3.519,88	2.063,96	58,64	345,33	9,81	24,10	0,68
2017	3.520,07	1.791,58	50,90	739,35	21,00	1,36	0,04
2018	3.520,33	1.691,42	48,05	677,25	19,24	30,11	0,86
2019	3.520,57	2.006,05	56,98	362,63	10,30	39,69	1,13
2020	3.520,52	1.872,05	53,18	484,90	13,77	1,00	0,03