

NHẬN DẠNG TÁC ĐỘNG CỦA KIẾN TẠO HIỆN ĐẠI ĐỐI VỚI CÁC TAI BIẾN THIÊN NHIÊN VÀ Ý NGHĨA CỦA NÓ TRONG DỰ BÁO VÀ PHÒNG TRÁNH THIÊN TAI Ở KHU VỰC VEN BIỂN MIỀN TRUNG

Trần Thanh Hải¹, Nguyễn Xuân Nam², Hoàng Ngô Tự Do³,
Luu Đức Hải⁴, Nguyễn Thị Thanh Thảo¹

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản

³ Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

⁴ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG Hà Nội

Tóm tắt

Vùng ven biển miền Trung là nơi có cấu trúc địa chất phức tạp, với nền địa chất cấu tạo bởi các thành tạo địa chất đa dạng, được hình thành và chịu tác động của nhiều vận động địa chất khác nhau xảy ra trong thời gian dài và hiện đang tiếp diễn mạnh mẽ. Vùng này đang phải hứng chịu tác động nặng nề của các tai biến thiên nhiên trong đó các hiện tượng động đất, xói lở bờ biển, cửa sông, sụt lún, ngập úng, xâm nhập mặn, biến đổi dòng chảy và nhiều hiện tượng khác diễn ra khá phổ biến và với cường độ ngày càng tăng. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, ngoài các tác động địa chất ngoại sinh các yếu tố địa chất, và vận động kiến tạo hiện đại đóng vai trò quan trọng đối với sự hình thành và gia tăng các tai biến địa chất, trong đó các hiện tượng động đất, phá hủy đường bờ biển, cửa sông, xâm nhập mặn, sụt lún khu vực và địa phương liên quan chặt chẽ với vận động kiến tạo hoạt động. Sự kết hợp hậu quả của các vận động kiến tạo hoạt động với các hiện tượng địa chất ngoại sinh, đặc biệt là sự dâng cao mực nước biển làm gia tăng nguy cơ tai biến và tổn thương tự nhiên-xã hội trong các khu vực ảnh hưởng. Vì vậy, việc làm rõ bản chất các vận động kiến tạo hiện đại có ý nghĩa quan trọng và là một trong những yêu cầu mang tính cấp thiết cao nhằm mục đích cung cấp các dữ liệu địa động lực hiện đại góp phần hoàn thiện, nâng cao độ chính xác của các kịch bản dự báo thiên tai trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mực nước biển dâng ở khu vực miền Trung Việt Nam.

1. Giới thiệu

1.1. Khái quát đặc điểm địa chất khu vực ven biển miền Trung

Khu vực ven biển miền Trung thuộc nghiên cứu này kéo dài dọc đới ven biển, trong đó tập trung vào các khu vực trọng điểm từ Thừa Thiên Huế đến Bình Thuận (Hình 1). Khu vực nghiên cứu có đặc điểm địa chất, địa mạo, kiến tạo hết sức phức tạp, được hình thành trong thời gian địa chất lâu dài và hiện vẫn đang tiếp tục diễn ra. Đặc điểm địa chất khu vực được đặc trưng bởi

Theo các tài liệu hiện có (Tống Duy Thanh và Vũ Khúc, 2005; Trần Văn Trị và Vũ Khúc, 2009), nền địa chất của vùng nghiên cứu được cấu thành bởi 25 phân vị địa tầng và 19 phức hệ magma bao gồm các đá tuổi từ Proteozoi đến Đệ tứ. Các thành tạo magma, trầm tích phun trào, trầm tích lục nguyên, trầm tích Đệ tứ, tùy theo khả năng chống chịu tai biến thiên nhiên có được chia thành hai loại chính: (i) Nhóm thành tạo rắn chắc có khả năng chống chịu tai biến cao, bao gồm các thành tạo magma, trầm tích, trầm tích - phun trào, biến chất, thuộc nhiều phức hệ magma hoặc hệ tầng khác nhau, tuổi từ Tiền Cambri đến hiện tại và xuất lộ với mức độ khác nhau trong toàn bộ khu vực nghiên cứu; (ii) Nhóm các thành tạo bở rời có khả năng chống chịu tai biến yếu, bao gồm các thành tạo trầm tích bở rời tuổi Đệ tứ, phân bố dọc các đồng bằng ven biển từ Huế đến Phan Thiết, tạo nên các đồng bằng cửa sông ven biển, các đoạn bờ biển.

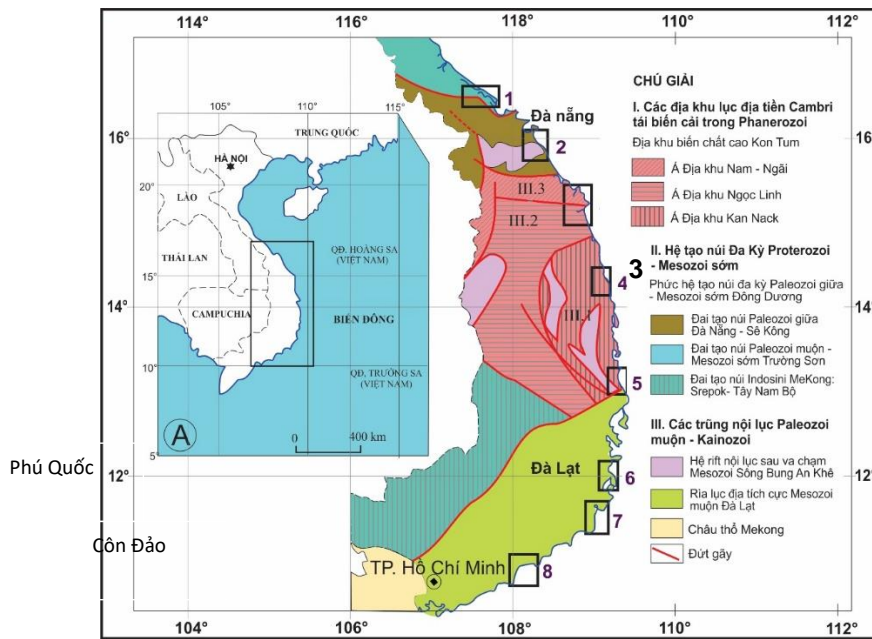
Về cấu trúc kiến tạo, theo Trần Văn Trị và Vũ Khúc (2009) diện tích khu vực nghiên cứu thuộc đề tài này nằm trên nhiều cấu trúc có đặc điểm thành phần và lịch sử địa chất khác

nhau, từ bắc vào nam gồm (Hình 1) Đai tạo núi Paleozoi muộn - Mesozoi sớm Trường Sơn, Đai tạo núi Paleozoi giữa Đà Nẵng - Se Kông, á địa khu Nam – Ngãi, Ngọc Linh, và Kan Nack (thuộc địa khu Kon Tum), và rìa lục địa tích cực Mesozoi Đà Lạt. Các thành tạo địa chất trong khu vực đã trải qua một lịch sử biến dạng lâu dài, từ Tiền Cambri đến hiện tại, tác động vào các đá với mức độ khác nhau tùy thuộc vào tuổi hình thành và môi trường của chúng. Các đá cổ chịu tác động của nhiều pha kiến tạo, làm cho dạng nằm và cấu trúc của chúng hết sức phức tạp. Các biến dạng kiến tạo tiếp diễn đến hiện tại, thể hiện bởi các dấu hiệu khác nhau; chúng tác động vào các thành tạo địa chất trẻ nhất và góp phần tạo nên dạng địa mạo hiện đại của vùng nghiên cứu. Các vận động kiến tạo nâng ở phía tây và hạ lún ở phía đông dẫn tới sự biến đổi mạnh mẽ địa mạo đường bờ, hệ thống thủy văn và sự phân dị nâng cao hoặc sụt bậc địa phương là nguyên nhân chính tạo ra các đồng bằng ven biển nhỏ hẹp từ Huế đến Bình Thuận thường nhỏ hẹp và không liên tục.

Về tai biến địa chất, trong vùng nghiên cứu rất phổ biến nhiều dạng tai biến thiên nhiên, trong đó có các loại tai biến địa chất (TBĐC). Đây là hiện tượng tự nhiên xảy ra do các tác nhân địa chất có tác động tiêu cực tới con người và môi trường (Glossary of Geology, 1987; Burton, et al, 1993). Kết quả của một số nghiên cứu gần đây (Trần Tân Văn, 2002; Đào Mạnh Tiến, 2004; Phạm Văn Hùng, 2012; Phan Trọng Trịnh và nnk, 2008; Trần Thanh Hải, 2015, 2017) kết quả của nghiên cứu này đã nhận dạng được nhiều dạng tai biến địa chất có quy mô khác nhau, trong đó có thể được phân chia thành 3 nhóm: các TBĐC nguồn gốc nội sinh có động đất, núi lửa, hoạt động đứt gãy, sụt lún khu vực; các TBĐC ngoại sinh gồm lũ quét, lũ ống ở miền núi, lũ lụt, ngập úng, hạn hán, hoang mạc hoá, lũ bùn đá, ô nhiễm, xâm nhập mặn nước mặt, nước ngầm, cát di động, bão- áp thấp nhiệt đới; các TBĐC nguồn gốc hỗn hợp gồm có trượt lở, xói lở, bồi lấp luồng lạch, phóng xạ tự nhiên.

1.2. Tính cấp thiết, mục tiêu, nội dung và kết quả nghiên cứu chính

Nhiều công trình nghiên cứu được tiến hành trong thời gian khoảng 20 năm gần đây đã chỉ ra khu vực ven biển miền Trung đã nhận dạng được các hiện tượng địa chất kiến tạo trẻ và kiến tạo hoạt động và nhiều dạng tai biến địa chất liên quan đến chúng (Trần Tân Văn, 2002; Đào Mạnh Tiến, 2004; Phạm Văn Hùng, 2012; Phan Trọng Trịnh và nnk, 2008). Một số công trình cũng đã đề cập tới các vận động địa chất và dao động mực nước biển (Bùi Đình Khước và Nguyễn Hoàng Lâm, 1995; Nguyễn Tiến Hải, 2005; Nguyễn Chí Trung, 2011; Nguyễn Văn Huân và Nguyễn Tài Hối, 2007). Tuy nhiên trừ công trình của Phan Trọng Trịnh và nnk (2008) và Bùi Đình Khước và Nguyễn Hoàng Lâm (1995) có đề cập tới ảnh hưởng của các vận động kiến tạo trẻ và hiện đại tới tai biến địa chất ở đới bờ, hầu hết các công trình nghiên cứu chỉ chú trọng tới đánh giá hiện trạng tai biến địa chất (Phạm Khả Tùy và nnk, 2005; Phan Bá Trung và Lê Phước Tình, 2005; Vũ Văn Phái và nnk, 2008) mà không nghiên cứu về bản chất của các vận động kiến tạo trẻ và kiến tạo hoạt động trong khu vực cũng như quy luật phân bố của chúng.



Hình 1. Trích sơ đồ kiến tạo của Trần Văn Trị và Nguyễn Xuân Bao (2009) cho thấy bình đồ cấu trúc khu vực miền Trung Việt Nam (khu vực trong khung chữ nhật ở Hình (A)) và vị trí kiến tạo của các khu vực nghiên cứu chi tiết trong nghiên cứu này. Các khu vực trong hình chữ nhật đánh số 1-8 là các khu vực nghiên cứu chi tiết thảo luận trong bài báo này. Theo Trần Thanh Hải, 2017.

Chính vì vậy, trên toàn vùng nghiên cứu hiện chưa có một tài liệu tổng thể về đặc điểm địa chất - địa mạo kiến tạo trẻ và kiến tạo hoạt động và quy luật phân bố các tai biến địa chất liên quan đến chúng để làm cơ sở cho các nghiên cứu và xây dựng các kịch bản đánh giá tai biến địa chất và tính dễ bị tổn thương của khu vực nghiên cứu một cách phù hợp với thực tiễn. Các nghiên cứu trước đây cũng không tính tới tác động của các yếu tố địa chất nội sinh hiện đại với sự thay đổi mực nước biển tương đối trong các khu vực bờ biển khác nhau để từ đó xác định quy luật biến đổi địa hình đới bờ do các hoạt động kiến tạo và các tai biến địa chất tiềm năng khác, đặc biệt là trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Do đó, đề tài “Nghiên cứu đánh giá kiến tạo hiện đại khu vực ven biển miền Trung Việt Nam và vai trò của nó đối với các tai biến thiên nhiên phục vụ dự báo và phòng tránh thiên tai trong điều kiện biến đổi khí hậu”, mã số: BĐKH.42 thuộc “Chương trình Khoa học và Công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu” (mã số KHCN-BĐKH/11-15) đã hình thành với các mục tiêu chủ yếu nhằm: (1) Nhận biết các biểu hiện của tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại khu vực ven biển miền Trung Việt Nam; (2) Phân tích, đánh giá mối quan hệ giữa tân kiến tạo, kiến tạo hiện đại với các tai biến thiên nhiên khu vực ven biển Miền Trung; (3) Đề xuất các chính sách, giải pháp quy hoạch, phòng ngừa và ứng phó với thiên tai phục vụ phát triển bền vững vùng ven biển Miền Trung.

Để thực hiện được các mục tiêu trên, đề tài đã đề ra ba nội dung nghiên cứu chính, trong đó *Nội dung 1* nhằm xây dựng cơ sở dữ liệu về các biểu hiện của tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại khu vực ven biển miền Trung Việt Nam. Nội dung này gồm 5 nhiệm vụ chính sau: tổng hợp, phân tích các số liệu hiện có về địa chất, viễn thám, địa vật lý, địa mạo nhằm xác định khung cấu trúc khu vực và các ô chìa khóa cấu trúc phục vụ việc giải đoán địa chất chi tiết; xác định dạng tồn tại, dạng nằm và quy mô phân bố của các yếu tố địa chất, địa mạo tân kiến tạo và hiện đại và kiểm chứng với các tài liệu thực địa; phân tích quy luật phân bố và mối quan hệ không gian của các thành tạo địa chất tân kiến tạo và hiện đại thuộc khu vực nghiên cứu; xác lập các thông tin về tai biến địa chất và địa chất môi trường; thu thập, gia công và phân tích các loại mẫu để định lượng hóa trật tự, mối quan hệ không gian và thời gian của các thể địa chất tân kiến tạo hiện đại trong khu vực cũng như đối sánh quan hệ nguồn gốc của chúng. *Nội dung 2* nhằm phân tích, đánh giá mối quan hệ giữa tân kiến tạo, kiến tạo hiện đại

với các tai biến thiên nhiên khu vực ven biển Miền Trung gồm 3 nhiệm vụ: xây dựng các sơ đồ, mô hình về các hiện tượng tân kiến tạo và kiến tạo hiện đại, tai biến địa chất; xác định các yếu tố dễ bị tổn thương; phân vùng mức độ tổn thương trong khu vực nghiên cứu theo các kịch bản biến đổi khí hậu/nước biển dâng khác nhau. *Nội dung 3* nhằm đề xuất các chính sách, giải pháp quy hoạch, phòng ngừa và ứng phó với thiên tai phục vụ phát triển bền vững vùng ven biển

Miền Trung trong đó có việc đề xuất các chính sách, giải pháp quy hoạch, phòng ngừa và ứng phó với thiên tai phục vụ phát triển bền vững vùng ven biển Miền Trung ứng với các bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng khác nhau trên cơ sở tích hợp các thông tin về tác động của các tác nhân địa chất; xây dựng cơ sở dữ liệu của đề tài.

Để thực hiện các nội dung trên, đề tài đã áp dụng một tổ hợp các phương pháp truyền thống và hiện đại, bao gồm nhóm phương pháp tổng hợp, phân tích và xử lý các số liệu; Tổ hợp phương pháp khảo sát địa chất, địa mạo-kiến tạo và thu thập mẫu; Tổ hợp phương pháp viễn thám-trắc địa; tổ hợp phương pháp phân tích mẫu và định tuổi kiến tạo hoạt động; Phương pháp đánh giá mức độ dễ bị tổn thương; phương pháp mô hình hóa và phương pháp chuyên gia. Trong các phương pháp nghiên cứu đã áp dụng, có một số phương pháp lần đầu tiên được áp dụng thành công ở Việt Nam nhằm đưa ra các số liệu chính xác về tuổi của các vận động kiến tạo trẻ để từ đó đánh giá chính xác mức độ dao động kiến tạo theo không gian và thời gian.

1.3. Một số kết quả nghiên cứu chính theo mục tiêu

Về tiến độ thực hiện, đề tài BDKH 42 được chính thức triển khai từ tháng 2 năm 2014 đến tháng 12 năm 2015. Mặc dù thời gian thực hiện ngắn với một khối lượng công việc lớn và liên quan nhiều tới các công tác khảo sát thực địa, hu thập các số liệu thực địa, nhóm đề tài đã triển khai các công việc theo đúng đề cương được phê duyệt và đã hoàn thành hết khối lượng công việc đã đề ra theo các nội dung nghiên cứu nói trên.

Về các sản phẩm khoa học, tất cả các dạng sản phẩm khoa học của đề tài theo mục tiêu và hợp đồng nghiên cứu đều đạt và vượt so với kế hoạch, trong đó kết quả đề tài đã tạo cơ sở cho việc hoàn thành 3 bản thảo bài báo toàn văn đăng trên trên kỷ yếu hội nghị khoa học quốc tế, 9 bài báo khoa học đăng trên tạp chí khoa học uy tín trong nước, trình bày 4 báo cáo khoa học tại các hội nghị quốc tế. Bên cạnh đó, đề tài còn đào tạo được 3 học viên cao học, góp phần tài trợ cho 2 NCS làm luận án tiến sĩ, 1 đồ án tốt nghiệp đại học và 2 nhóm SV nghiên cứu khoa học.

2. Một số phát hiện khoa học mới về các vận động kiến tạo hiện đại và vai trò của chúng đối với tai biến địa chất dọc vùng ven biển miền Trung Việt Nam

2.1. Các biểu hiện của vận động kiến tạo hiện đại vùng ven biển miền Trung

Kiến tạo trẻ (hay tân kiến tạo - neotectonics) và kiến tạo hoạt động (hay kiến tạo hiện đại - active tectonics) diễn ra trong khoảng thời gian địa chất gần hiện tại hoặc đang diễn ra, được biểu hiện bởi hàng loạt dấu hiệu địa chất, địa mạo, trầm tích và các hoạt động địa chất khác, điển hình nhất bao gồm động đất, phun trào núi lửa, chuyển động đứt gãy, biến dạng bề mặt Trái Đất do dịch chuyển kiến tạo, thay đổi địa hình, thay đổi chế độ và hình thái của các dòng chảy trên mặt, biến dạng đường bờ biển... (NRC, 1986; Burbank and Anderson, 2011). Nhìn chung, hậu quả của các vận động kiến tạo trẻ và đặc biệt là kiến tạo hiện đại (hay hoạt động) có tác động to lớn đối với sự thay đổi cấu hình bề mặt Trái Đất, là nguyên nhân trực tiếp gây ra các tai biến địa chất ở nhiều khu vực của vỏ Trái Đất trong đó có động đất, sóng thần, xói lở, trượt đất, sụt lún bề mặt, sa mạc hóa hoặc ngập lụt... (NRC, 1986; Burbank, and Anderson, 2011).

Tuy nhiên, theo Trần Thanh Hải (2015, 2017), trên thế giới hiện có nhiều quan niệm khác nhau về thời gian bắt đầu của kiến tạo trẻ và kiến tạo hiện đại. Nghiên cứu này dựa trên lý

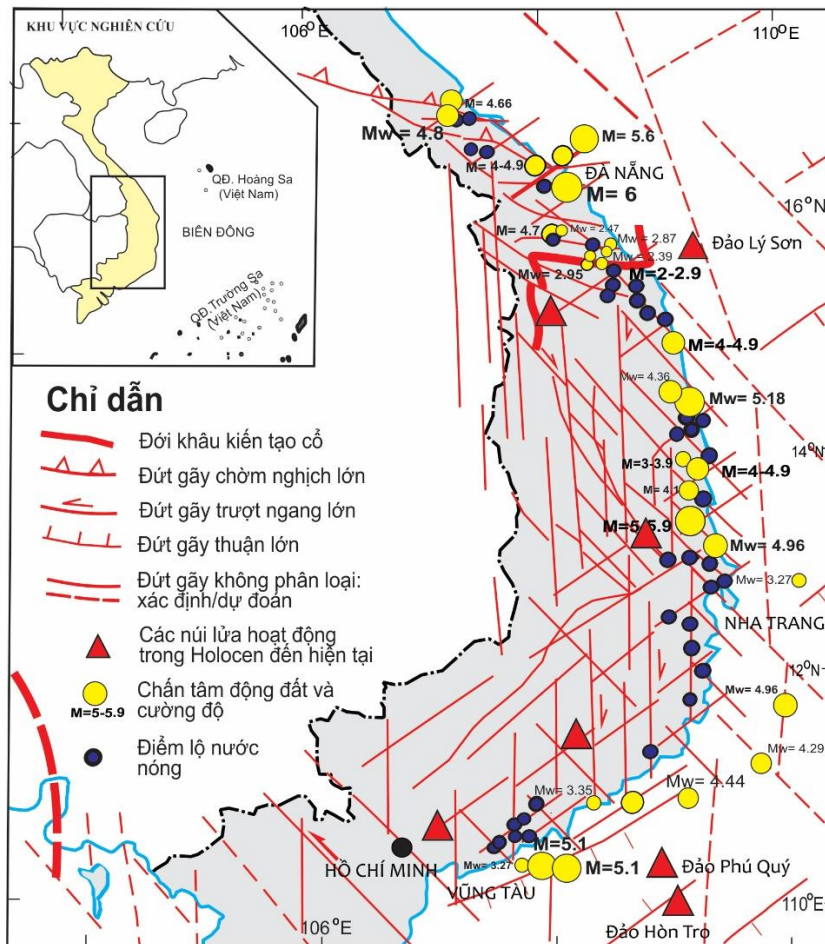
luận của Trần Thanh Hải (2017) cho rằng pha kiến tạo cuối cùng (pha kiến tạo có ý nghĩa nhất) trong Kainozoi trên vùng lãnh thổ ven biển miền Trung Việt Nam là vào cuối Miocen và giai đoạn Pliocen bắt đầu một giai đoạn kiến tạo mới chuyển tiếp lên Đệ Tứ. Trên cơ sở đó, sử dụng định nghĩa của Pavlides (1989), Trần Thanh Hải (2017) cho rằng giai đoạn kiến tạo trẻ ở vùng ven biển và thềm lục địa Việt Nam có thể được xem là bắt đầu từ Pliocen vào khoảng 5,3 triệu năm, tương đồng với khoảng thời gian của ranh giới kiến tạo trẻ 5 triệu năm xác định bởi Moores and Twiss (1995). Theo các quan niệm địa chất hiện đại, kiến tạo hoạt động (active tectonics) hay còn được gọi là kiến tạo hiện đại hay đương đại (Nguyễn Văn Vượng, 2016) là các vận động địa chất - địa mạo đang diễn ra hiện nay hoặc gần đây và ảnh hưởng của chúng tác động và quyết định trực tiếp tới hình thái bề mặt Trái Đất hiện tại (Encyclopedia of Coastal Science, 2005; Hancock. and Williams, 1986). Tương tự như đối với kiến tạo trẻ, trên thế giới hiện cũng có nhiều ý kiến khác nhau về mốc thời gian bắt đầu của kiến tạo hoạt động. Hội đồng Nghiên cứu quốc gia Mỹ (NRC, 1986) định nghĩa kiến tạo hoạt động là các vận động kiến tạo có khả năng xảy ra trong một khoảng thời gian trong tương lai tác động tới xã hội. Theo thống kê của Trần Thanh Hải (2017), từ khái niệm về kiến tạo hoạt động, thuật ngữ “đứt gãy hoạt động” ra đời để mô tả sự dịch chuyển gần đây của các đứt gãy nhưng lại có nhiều tranh cãi về giới hạn thời gian hoạt động của loại đứt gãy này. Nhiều công bố khác nhau coi giới hạn thời gian của đứt gãy hoạt động xảy ra ở các thời điểm (i) 10.000 năm, (ii) 35.000 năm, (iii) 150.000 năm, hoặc (iv) hai lần trong 500.000 năm (NRC, 1986). Riêng tại Việt Nam, trong Thông tư 13/2009/TT-BKHHCN, Bộ Khoa học và Công nghệ đã quy định “Một đứt gãy được xem là hoạt động nếu có dấu hiệu dịch chuyển trong khoảng 1,8 triệu năm đến nay hoặc có mối quan hệ cấu trúc với một đứt gãy hoạt động khác đã biết”.

Hoạt động kiến tạo trẻ và hoạt động khu vực ven biển miền Trung Việt Nam đã được một số công trình nghiên cứu trước đây đề cập (Đặng Văn Bát và nnk, 2000; Trần Tân Văn, 2002; Phạm Văn Hùng, 2002, 2012; Phạm Văn Hùng và Nguyễn Công Quân, 2016; Lê Duy Bách và nnk., 2007; Phan Trọng Trịnh, 2012; Phan Trọng Trịnh và nnk, 2008). Trong phạm vi khu vực nghiên cứu và vùng lân cận, nhiều nghiên cứu gần đây và kết quả của nghiên cứu này (xem Trần Thanh Hải, 2015, 2017; Phạm Văn Hùng, 2002, 2012; Phạm Văn Hùng và Nguyễn Công Quân, 2016; Nguyễn Văn Hương, 2012; Phan Trọng Trịnh, 2008, 2012) đã xác định được hàng loạt đứt gãy tân kiến tạo và hoạt động có quy mô lớn trong khu vực Bắc và Nam Trung bộ (Hình 2). Trong một số nghiên cứu gần đây nhất, biên độ dịch chuyển hiện tại của các khối địa chất cả trên lục địa và dưới đáy biển đã được định lượng hóa bước đầu (Nguyễn Văn Hương, 2012; Phan Trọng Trịnh, 2012; Tran, 2017; Trần Thanh Hải, 2015, 2017).

Một số nghiên cứu về dao động mực nước biển ở khu vực miền Trung trong giai đoạn Kiến tạo trẻ cũng đã được thực hiện ở những mức độ chi tiết khác nhau (Trần Nghi, 1995, 1996, 2009; Nguyễn Tiến Hải, 2005; Stattegger, 2008; Stattegger et al., 2013). Tuy nhiên, các nghiên cứu trên đã đưa ra một số lý giải khác nhau về dao động mực nước biển trong giai đoạn kiến tạo trẻ, trong đó Stattegger et al. (2013) cho rằng sự thay đổi mực nước biển trong Holocen dọc theo khu vực bờ có kiến tạo ổn định là do quá trình đẳng tĩnh và chuyển động thăng trầm và nước biển dâng trong giai đoạn Holocen sớm - giữa là do pha tan băng cuối trong khi đó sự hạ thấp mực nước biển sau Holocen giữa là do chuyển động đẳng tĩnh do san bằng lục địa với sự nâng cao của lục địa ở vùng vĩ độ thấp và sự sụt hạ của vùng thềm lục địa bên cạnh.

Nhiều nghiên cứu về động đất và địa chấn gần đây cho thấy khu vực ven biển miền Trung có hoạt động địa chấn mạnh mẽ, trong đó phần bắc và trung có thể có các trận động đất với M_{max} đạt tới 6,5, còn khu vực phía nam có thể có các trận động đất với M_{max} đạt cấp 6 (ch. Lê Tử Sơn và Nguyễn Đình Xuyên, 2008; Nguyễn Đình Xuyên và nnk, 1997; Nguyễn Đình Xuyên và Trần Văn Thắng, 2005; Bùi Công Quế, 2010; Hình 2).

Ngoài ra, núi lửa và các biểu hiện nước khoáng nóng xuất lộ phổ biến trong khu vực nghiên cứu cũng là những biểu hiện mang tính quy luật chỉ ra vùng lãnh thổ miền Trung Việt Nam có các biểu hiện hoạt động kiến tạo tích cực (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ các biểu hiện kiến tạo hoạt động và các đứt gãy có khả năng hoạt động khu vực ven biển miền Trung Việt Nam (tổng hợp từ số liệu của Hutchon et al., 1994 và các tài liệu chuyên đề (xem Trần Thanh Hải, 2017).

Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu hiện có và các luận giải mới thu thập được từ nghiên cứu này, một sơ đồ về mối quan hệ giữa các hiện tượng kiến tạo hoạt động với các hệ thống dập vỡ chính trong khu vực cũng như dựa trên các dấu hiệu địa chất, địa mạo và nhiều dấu hiệu khác như động đất, xuất lộ nước khoáng nóng và các tính toán định lượng về tuổi và biên độ dịch chuyển kiến tạo hiện đại... trong khu vực nghiên cứu đã được thiết lập (xem Trần Thanh Hải, 2015). Ngoài việc xác định được các khối nâng hạ kiến tạo địa phương, nghiên cứu này cũng tiến hành thu thập và phân tích các loại mẫu định tuổi tuyệt đối bằng các phương pháp khác nhau và tính toán định lượng biên độ dịch chuyển kiến tạo dựa trên kết quả phân tích mẫu của các phương pháp như đồng vị carbon (C14), phát quang kích hoạt ánh sáng (Optically stimulated luminescence-OSL), kích hoạt dao động điện từ (Electron Spin Resonance - ESR) và phương pháp định tuổi U-Th/He để tính toán các thông số về tuổi của các vận động kiến tạo trẻ diễn ra trong giai đoạn Đệ Tứ cũng như biên độ dịch chuyển kiến tạo cho từng khu vực hoặc từng đối tượng nghiên cứu (xem Trần Thanh Hải, 2015, 2017 để biết chi tiết).

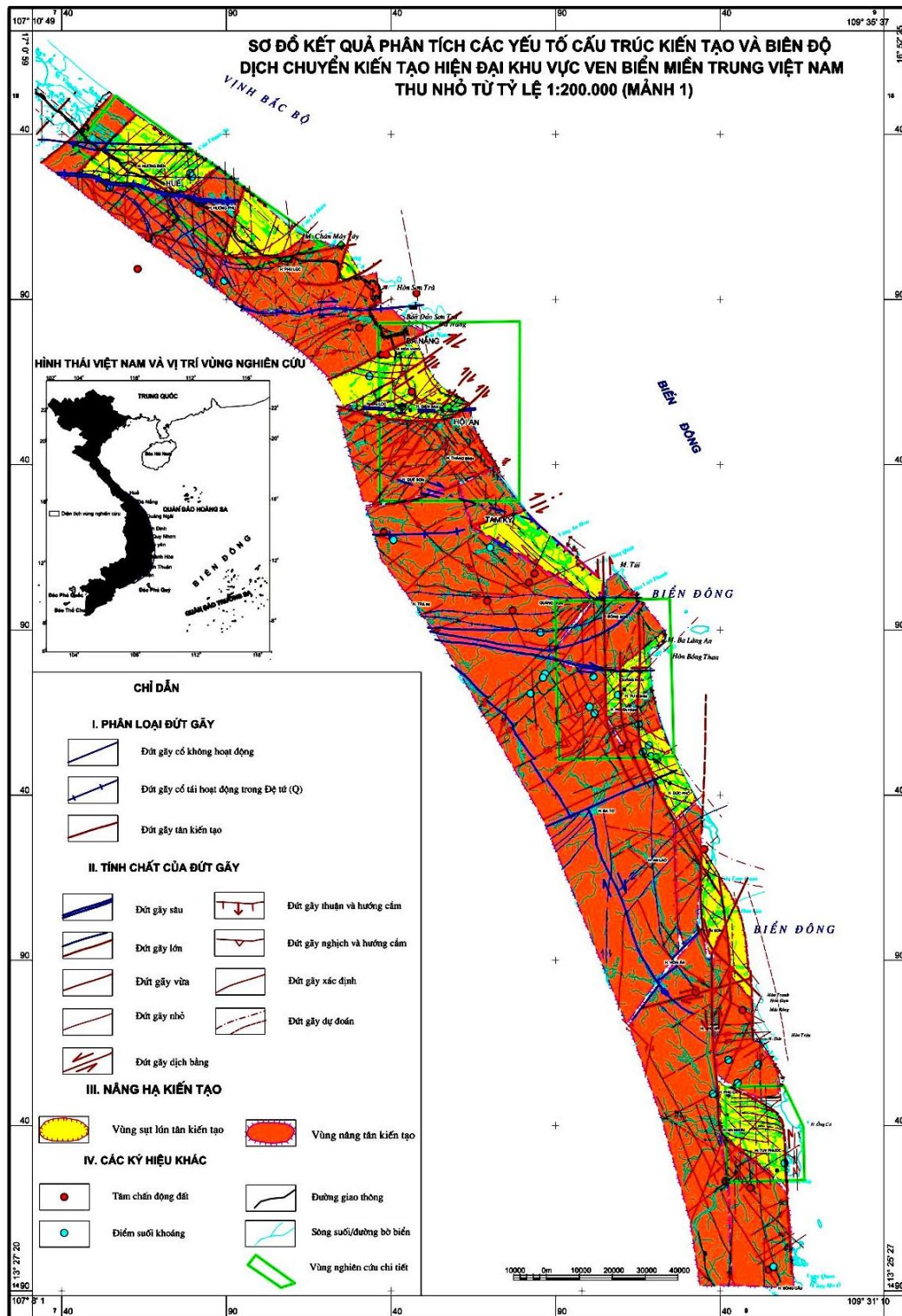
Trên cơ sở các kết quả đó nghiên cứu này đã khoanh định được hàng loạt những khu vực nâng hạ kiến tạo mang tính chất địa phương được thể hiện chi tiết trong Sơ đồ cấu trúc - tân kiến tạo và kiến tạo hoạt động cho toàn bộ khu vực ven biển miền Trung ở các tỷ lệ 1:200.000 cho toàn bộ khu vực ven biển và 1:50.000 cho các vùng khảo sát chi tiết. Sơ đồ này

được tóm tắt trong Hình 3. Một số biểu hiện kiến tạo trẻ và hoạt động dọc khu vực nghiên cứu được trình bày khái quát dưới đây.

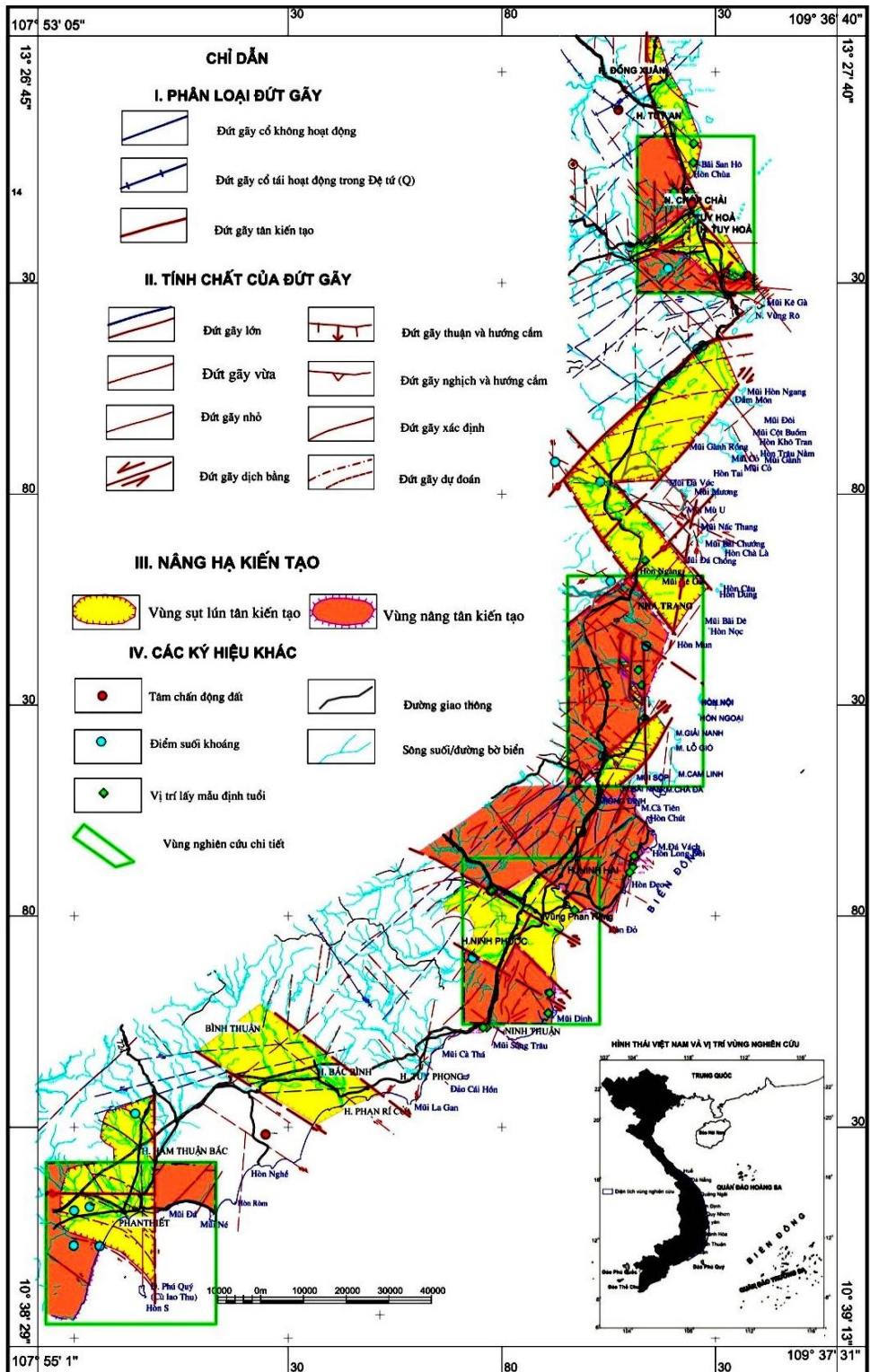
Các biểu hiện đứt gãy trẻ và hoạt động và các dẫn xuất của chúng ở quy mô khác nhau diễn ra phổ biến trong toàn vùng nghiên cứu. Các đứt gãy trẻ là các đứt gãy hình thành hoặc hoạt động trong Pliocen đến hiện tại. Chúng thể hiện bởi cả các dấu hiệu trực tiếp như các đới dập vỡ dồn cắt qua các thành tạo Pliocen - Đệ Tứ và làm biến dạng các thành tạo địa chất này, sự biến dạng hoặc hình thành các kiểu địa mạo Đệ Tứ và hiện đại như dịch chuyển các đoạn sông suối, đường bờ biển, sự tạo thành các vách địa hình, các bồn kéo toạc, thung lũng hay các sông nổi cao hoặc địa lũy hoặc các bậc thềm sông, biển. Dọc theo các hệ thống đứt gãy này còn là sự phổ biến của các hiện tượng động đất, xuất lộ nước khoáng hoặc các tai biến địa chất như trượt lở, phá hủy đường bờ, sụt lún, xâm nhập mặn...

Trong khu vực từ Huế đến Tam Kỳ (Quảng Nam), các biểu hiện nâng hạ kiến tạo khá phát triển trong đó có nhiều vùng hạ lún có quy mô khá lớn (Hình 3, Bảng 1). Các vùng này bị khống chế bởi các đứt gãy TB-ĐN đến á kinh tuyến (Hình 3). Các đứt gãy thường là đứt gãy cổ tái hoạt động trong Đệ Tứ hoặc các đứt gãy trẻ có quy mô lớn khống chế các bồn trầm tích (do sụt lún). Các khu vực sụt lún/bồn thường phát triển trên các cấu trúc dạng đuôi ngựa hoặc các bồn kéo toạc (pull-apart basin) do các đứt gãy lớn hoạt động theo cơ thức trượt bằng. Ngoài ra các bồn này còn bị các đứt gãy theo phương ĐB-TN có quy mô từ lớn đến vừa cắt qua làm biến đổi địa hình, tạo nên các vùng nâng hạ địa phương dạng địa hào/địa lũy (ví dụ như khu vực ven biển Thừa Thiên Huế). Các vùng này có nguy cơ gây ngập lụt bởi thiên tai khá lớn, đặc biệt là khu có sự cộng hưởng của mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu (BĐKH) chủ yếu là vùng đồng bằng ven biển.

Trong khi đó, khu vực ven biển từ Quảng Ngãi đến Khánh Hòa (Hình 2) bị khống chế bởi các hệ thống đứt gãy trẻ lớn phát triển theo phương á kinh tuyến, ít hơn là các đứt gãy theo phương ĐB-TN với thời gian dịch chuyển gần đây nhất ghi nhận được từ khoảng 150 đến 40 ngàn năm (Trần Thanh Hải, 2017). Đứt gãy theo phương bắc - nam hoạt động hình thành các bồn kéo toạc từng phần dạng hình thoi, trên đó các đồng bằng hiện đại quy mô nhỏ phát triển như khu vực đầm Dán Cai, đầm Trà Ô, đầm Thị Nại (Quy Nhơn), hạ lưu sông Đà Nông/Bàn Thạch (Phú Yên), Bàu Cạn (Khánh Hòa). Ngoài ra các đứt gãy phương ĐB-TN cũng là một hệ thống đứt gãy kiến tạo trẻ hình thành các bồn trũng/sụt lún theo cùng phương của đứt gãy như khu vực Tuy Hòa (Phú Yên), Ninh Hòa, Cam Ranh (Khánh Hòa).



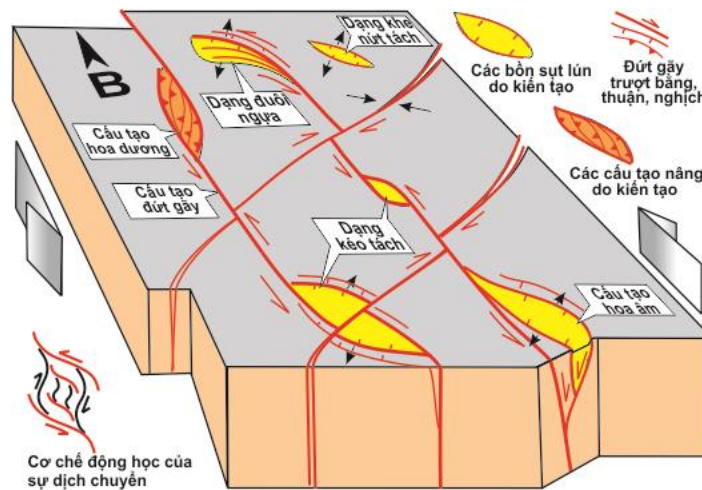
Hình 3. Sơ đồ kết quả phân tích các yếu tố cấu trúc kiến tạo và biên độ dịch chuyển kiến tạo hoạt động khu vực ven biển miền Trung Việt Nam thu nhỏ từ tỷ lệ 1:200.000 (mảnh 1). Theo Trần Thanh Hải, 2015, 2017.



Hình 3. (tiếp theo) Sơ đồ kết quả phân tích các yếu tố cấu trúc kiến tạo và biên độ dịch chuyển kiến tạo hoạt động khu vực ven biển miền Trung Việt Nam thu nhỏ từ tỷ lệ 1:200.000 (mảnh 2).

Khu vực Ninh Thuận và Bình Thuận (Hình 2) có mặt nhiều đứt gãy trẻ, chủ yếu phát triển theo phương TB-ĐN, ĐB-TN và á kinh tuyến không chế các khối nâng hạ ven biển, đặc biệt là ở khu vực Phan Rang (Ninh Thuận) và Bắc Bình (Bình Thuận). Riêng khu vực Phan Thiết (Bình Thuận) vùng sụt bị khống chế bởi các đứt gãy á kinh tuyến. Các đứt gãy trẻ trong hai vùng này có biểu hiện hoạt động rất rõ thể hiện ở các dấu hiệu địa chất, địa mạo và các dấu hiệu khác như xuất lộ nước nóng, chấn tâm động đất cũng như các dấu hiệu về tuổi hoạt động dọc theo đứt gãy dao động từ 33.000 đến 13.000 năm trong một số đứt gãy ở Ninh Thuận (Trần Thanh Hải, 2017).

Mô hình về mối quan hệ giữa các hệ thống đứt gãy hoạt động và sự hình thành các cấu trúc âm và dương trẻ dọc khu vực ven biển được thể hiện ở Hình 4.



Hình 4. Mô hình thể hiện quan hệ giữa các hoạt động đứt gãy với sự thành tạo các cấu tạo sụt lún dạng các bồn trũng hoặc các khối nâng kiến tạo dọc theo các đứt gãy. Theo Trần Thanh Hải, 2015, 2017.

2.2. Tác động của các vận động kiến tạo hiện đại đối với tai biến địa chất vùng ven biển miền Trung

Các nghiên cứu về vận động kiến tạo hiện đại trong khu vực và đối sánh với văn liệu hiện có cho thấy, ngoài những tác động để tạo nên hình thái địa mạo đa dạng và phức tạp với sự không chế của các vận động và yếu tố cấu trúc nội sinh, kiến tạo hoạt động còn có vai trò quan trọng đối với sự phát sinh và quy mô của tai biến địa chất. Những quan sát thực địa tại các khu vực nghiên cứu này cũng trùng hợp các kết quả nhận định bước đầu trước đây (Trần Tân Văn, 2002; Đào Mạnh Tiến, 2004; Phan Trọng Trịnh và nkk, 2008) cho thấy các hiện tượng tai biến địa chất phổ biến nhất dọc đới ven biển miền Trung là trượt lở đất, xói lở bờ biển, biến đổi dòng chảy và ở một số vùng là sụt lún và xâm nhập mặn. Qua khảo sát cũng cho thấy hiện nay đa số các nghiên cứu về tai biến địa chất dọc đới ven biển thường chỉ cho rằng hiện tượng như xói lở bờ biển là do các tác nhân khí hậu/thủy văn như sóng, bão, suy giảm nguồn trầm tích hoặc thậm chí do các tác động nhân sinh (Nguyễn Thị Thúy Hằng và Phan Minh Nhật, 2014) mà chưa tính tới các vận động mang tính quy luật của các yếu tố nội sinh. Phần lớn các quy hoạch phát triển kinh tế xã hội dọc ven biển miền Trung, trong vùng nghiên cứu nói riêng chưa đề cập tới tác động của các tai biến địa chất phát sinh từ nguyên nhân kiến tạo trẻ và kiến tạo hoạt động (Phan Trọng Trịnh và nkk, 2008).

Các nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh rằng tác nhân gây tai biến địa chất không tồn tại riêng rẽ mà thường có mối quan hệ nhân quả hoặc tương tác nhau (Bell, 2003; Montgomery, 2010; McGuire and Maslin, 2013). Bên cạnh đó, quy mô và mức độ ảnh hưởng và sự tác động vào các nền địa chất khác nhau mà các tai biến của cùng một loại có thể có mức độ diễn tiến khác nhau. Như vậy, tai biến địa chất khu vực nghiên cứu là hậu quả của một loạt tác nhân địa chất - tự nhiên trong đó cấu trúc nền địa chất và các vận động địa chất hiện đại, là các tác nhân chi phối quan trọng nhất (Montgomery, 2010; McGuire and Maslin, 2013) còn các yếu tố ngoại sinh, nhân sinh có thể là tác nhân thứ sinh và sự tương tác chặt chẽ của chúng với các yếu tố nội sinh là các yếu tố làm gia tăng tai biến. Trong khu vực ven biển miền Trung, các vận động kiến tạo hoạt động đang xảy ra hết sức tích cực trong đó sự biến vị dọc theo các đứt

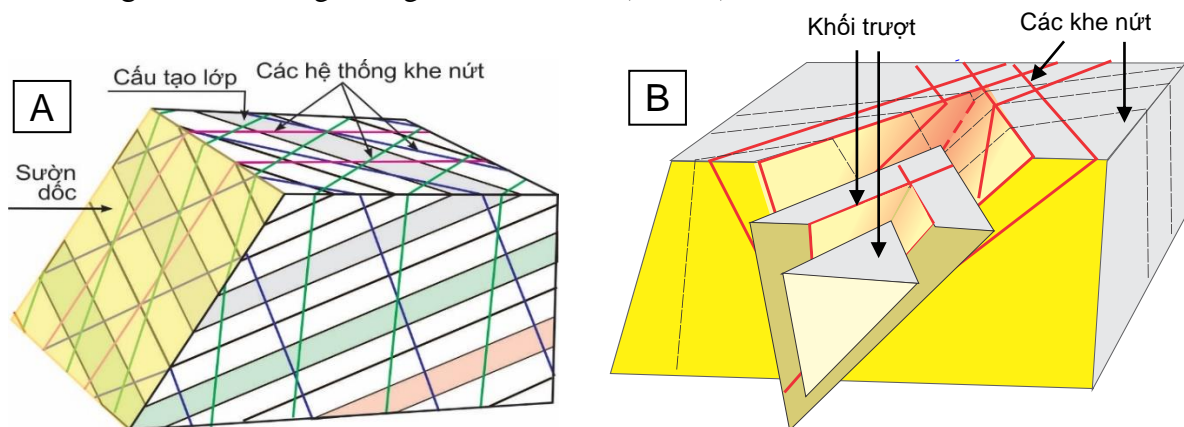
gãy và hoạt động nâng hạ kiến tạo là hai yếu tố quan trọng nhất. Bên cạnh đó, các hiện tượng tai biến khác như trượt đất, xói lở bờ sông hoặc bờ biển cũng là sản phẩm trực tiếp hoặc gián tiếp của các vận động kiến tạo hoạt động.

2.2.1. Tác động của dịch chuyển kiến tạo hiện đại đối với tai biến trượt lở

Trượt đất (landslide) là hiện tượng khá phổ biến trong khu vực ven biển miền Trung. Hiện tượng này thường xảy ra dọc theo các sườn dốc khi có sự mất cân bằng giữa trọng lực, lực gây trượt và lực kháng trượt. Trong thực tế, các tác nhân gây tai biến trượt đất là tổng hợp của hàng loạt yếu tố nội và ngoại sinh khác nhau gây nên sự mất cân bằng lực nói trên. Nhiều yếu tố có mối quan hệ nhân quả hoặc tương hỗ nhau (Bell, 2003; Montgomery, 2010; McGuire và Maslin, 2013), trong đó các yếu tố nội sinh là nguyên nhân quan trọng, chi phối, và các yếu tố ngoại sinh và nhân sinh có thể là hậu quả thứ sinh và có sự tương tác chặt chẽ với các yếu tố nội sinh để gây ra các tai biến địa chất.

Các yếu tố nội sinh gây nên tai biến trượt đất gồm các vận động kiến tạo hoạt động như đứt gãy, các đới dập vỡ, nâng hạ kiến tạo dẫn tới sự dập vỡ các đá, tạo nên các đới xung yếu và các cấu tạo mặt, các khe nứt giao cắt phức tạp trong đá, làm cho các đá bị dập vỡ thành các khối nhỏ hoặc mảnh vụn dễ dàng bị vận chuyển nếu có các tác nhân trên mặt (Molnar et.al., 2007). Sự dịch chuyển của các đứt gãy hay sự rung động do động đất dọc theo các đứt gãy hoạt động là nhân tố góp phần kích thích hoạt động trượt lở xảy ra.

Trong tất cả các trường hợp quan sát được ở vùng nghiên cứu, trượt lở thường xảy ra ở khu vực đá gốc bị dập vỡ mạnh mẽ do đứt gãy và khe nứt. Trong những trường hợp này, thể nằm của các mặt lớp, khe nứt hay đứt gãy, sự giao thoa giữa các hệ thống mặt và góc dốc của sườn địa hình chính là các yếu tố quan trọng tạo ra mất cân bằng và ổn định của lớp đá và dẫn tới hiện tượng trượt đất trong những khối nhất định (Hình 5).



Hình 5. (A) Sơ đồ mô phỏng mối quan hệ phức tạp giữa các hệ thống cấu tạo mặt thường gặp trong các đá thường gặp ở vùng ven biển miền Trung. Sự dập vỡ phức tạp này là nguyên nhân thúc đẩy hoạt động trượt đất khá phổ biến trong vùng nghiên cứu. (B) Sự hình thành khối trượt do sự giao nhau của các mặt địa chất phát triển trong các đá và mối quan hệ với cấu trúc thường quan sát được ở khu vực ven biển miền Trung. Theo Trần Thanh Hải, 2017

Yếu tố ngoại sinh và nhân sinh là các tác nhân thúc đẩy sự trượt bao gồm quá trình phong hóa làm phá hủy đá và tạo nên các sản phẩm bở r rời, gia tăng đáng kể tính chảy của vật liệu, đồng thời làm gia tăng đáng kể tính trữ nước và tăng trọng lượng của khối trượt. Các hoạt động thủy văn trên mặt phá hủy sự cân bằng trọng lực, tăng tải trọng của các khối đất đá, hóa lỏng sét dẫn đến sự suy yếu của lực kháng trượt để gây ra trượt lở. *Hoạt động nhân sinh* như khai thác khoáng sản, khai thác nước ngầm, xây dựng công trình nhân tạo làm gia tăng tải

trọng, tạo ra các bờ vách nhân tạo, phá hủy lớp phủ thực vật làm mất tính ổn định của sườn dốc.

Thêm vào đó vận động nâng kiến tạo địa phương của vỏ Trái Đất tạo nên sự mất cân bằng của mực cơ sở đối với nền địa hình dẫn tới xâm thực dọc, thúc đẩy sự đào sâu thung lũng và cắt phá vào các lớp nằm dưới, gia tăng độ dốc của các sườn và thúc đẩy quá trình bóc mòn và vận chuyển khối từ cao xuống thấp, thúc đẩy quá trình trượt lở. Một số nghiên cứu chứng minh rằng độ sâu đập vỡ của đá tác động mạnh mẽ tới cường độ và tính thường xuyên của trượt lở trong điều kiện vận động nâng kiến tạo hoạt động (Clarke and Burbank, 2010). Vận động của các đứt gãy như sự thay đổi đột ngột độ cao dọc theo các đứt gãy trượt dọc hoặc sự dịch chuyển ngang theo đường phương các đứt gãy trượt bằng cũng là những yếu tố quan trọng tạo nên sự biến dạng địa hình. Các bờ vách kiến tạo chính là môi trường thuận lợi cho các hoạt động trượt, lở, đổ và chảy của các vật liệu trên sườn xuống chân sườn dốc. Như vậy, có thể thấy rằng tổng hợp của tất cả các tác nhân nội và ngoại sinh trên chính là nguyên nhân gây tai biến trượt đất, trong đó các yếu tố nội sinh tạo ra các tiền đề cho sự trượt, các tác nhân ngoại sinh hoặc các hoạt động nhân sinh góp phần tạo nên các khối trượt (Molar et al., 2007, Clarke and Burbank, 2010).

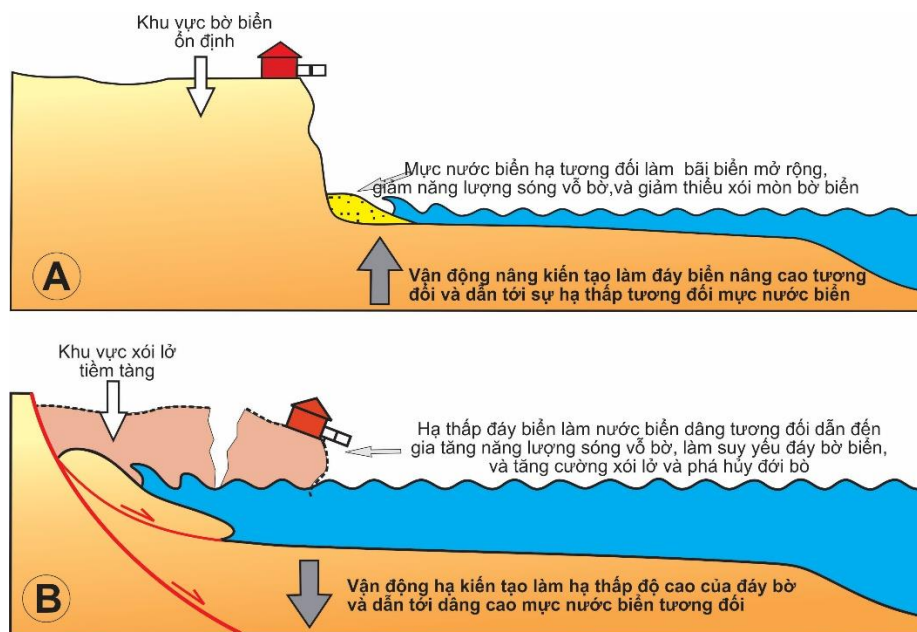
2.2.2. Tác động của nâng/hạ kiến tạo hiện đại đối với sự phá hủy đới bờ

Mặc dù nguyên nhân của sự xói mòn bãi biển đã được thảo luận với hàng loạt yếu tố nội và ngoại sinh khác nhau như điều kiện địa chất, nguồn trầm tích, nước biển dâng, tác dụng của dòng biển và sóng, bão và nhân sinh (<http://www.coastalwiki.org>). Một số nguyên nhân chính bao gồm cả các yếu tố nội sinh trong đó quan trọng nhất là *sụt lún kiến tạo* dẫn tới sự dâng cao tương đối của mực nước biển dẫn tới sự xâm thực của biển vào đất liền (National Research Council, 1986; Burbank và Anderson, 2011, Tran, 2017; Hình 4).

Trong khu vực dọc ven biển miền Trung hiện tượng nâng hay hạ kiến tạo diễn ra mang tính địa phương trong đó có các khu vực sụt lún kiến tạo xen kẽ các khối nâng đều bị khống chế bởi các đới đứt gãy kiến tạo trẻ và hoạt động. Bên cạnh đó, ngay trong một khu vực thì biên độ nâng hạ trong cùng thời điểm cũng khác nhau. Nguyên nhân của nâng hay sụt hạ kiến tạo có thể có nhiều nguồn gốc như đặc tính cấu trúc nền địa chất, gắn kết trầm tích, các vận động kiến tạo, các tác động tự nhiên hoặc nhân sinh vào hệ thống nước ngầm hoặc khai thác tài nguyên dưới lòng đất (Bloch, 2009; Kooi, 2000; Holzer and Galloway, 2005; González and Törnqvist, 2006). Tuy nhiên, một số yếu tố ngoại sinh và nhân sinh được loại trừ ở đây gồm chiều dày trầm tích mỏng phát triển trên móng địa chất cổ rắn chắc; các vùng bị sụt lún đều nằm ở các khu vực thưa thớt dân cư và hầu như không chịu tác động của khai thác nước ngầm hoặc khai thác khoáng sản, khai thác tài nguyên trên mặt, thủy lợi - thủy điện hạn chế. Thay vào đó, tất cả các khu vực nâng hoặc sụt lún thường gắn liền với các đứt gãy kiến tạo hoạt động và nằm trong vùng ảnh hưởng của đứt gãy và do đó là hậu quả trực tiếp của các cấu trúc này. Trong phần lớn các trường hợp quan sát được, sự dịch chuyển của các hệ thống đứt gãy thường tạo nên các cấu trúc dạng bồn trũng khống chế bởi đứt gãy như các bồn kéo tách, hoặc kiểu cấu trúc đuôi ngựa (Frisch et al, 2011; Wu et al., 2009). Trong trường hợp này, sự dịch chuyển dọc theo đứt gãy không chỉ gây ra sự phân cắt nền địa chất thành các khối và sự biến vị giữa chúng mà còn tạo nên các khối nâng và hạ kiến tạo, khống chế sự hình thành địa mạo đới ven biển và tai biến địa chất.

Những phân tích trên đây cho thấy vùng bờ biển là nơi chịu hàng loạt tác động địa chất nội sinh và ngoại sinh trên mặt cũng như các hoạt động nhân sinh. Mặc dù có thể thúc đẩy hoặc làm gia tăng cường độ phá hủy đới bờ nhưng các yếu tố ngoại sinh và nhân sinh không thể là các nguyên nhân cơ bản cho sự phá hủy và xói lở bờ biển. Ngược lại sự phá hủy đường bờ mang tính địa phương trong khu vực đới bờ nhìn chung khá ổn định như ở khu vực miền Trung đòi hỏi các yếu tố không chế địa phương. Xói mòn bờ biển trong khu vực miền Trung có thể xảy ra và gia tăng mức độ nghiêm trọng với sự tồn tại và cường độ của các hoạt động kiến tạo trẻ và hoạt động (Schwartz, 1982; Genter, et al., 2004; Kennedy, et al., 2014). Những yếu tố này phù hợp với biểu hiện ở các vùng nghiên cứu, nơi biến dạng đường bờ hoặc xói lở bờ biển thường liên quan chặt chẽ với các cấu trúc đứt gãy hoạt động. Mức độ xói mòn bờ biển thường gia tăng khi khu vực bị tác động chịu ảnh hưởng của các hoạt động kiến tạo hiện đại, như đã được thảo luận trong nhiều công trình (Swartz, 1982; Genter et al., 2004; Kennedy et al., 2014, Hình 4).

Từ phân tích các nguyên nhân nêu trên, có thể thấy rằng một sự tổng hòa của rất nhiều yếu tố khác nhau là nguyên nhân gây xói lở bờ biển (Barnhardt, 2009 và các tài liệu tham khảo khác ở đây), trong đó sự dâng cao mực nước biển tương đối do sụt lún kiến tạo có vai trò quan trọng, còn các yếu tố khác mang tính cộng hưởng. Cơ chế xói lở bờ biển do tác động của vận động kiến tạo được giải thích như sau: hoạt động sụt lún kiến tạo hiện đại tạo tiền đề cho sự hạ thấp địa hình đới ven biển, dẫn tới sự dâng cao tương đối của nước biển (Hình 5).



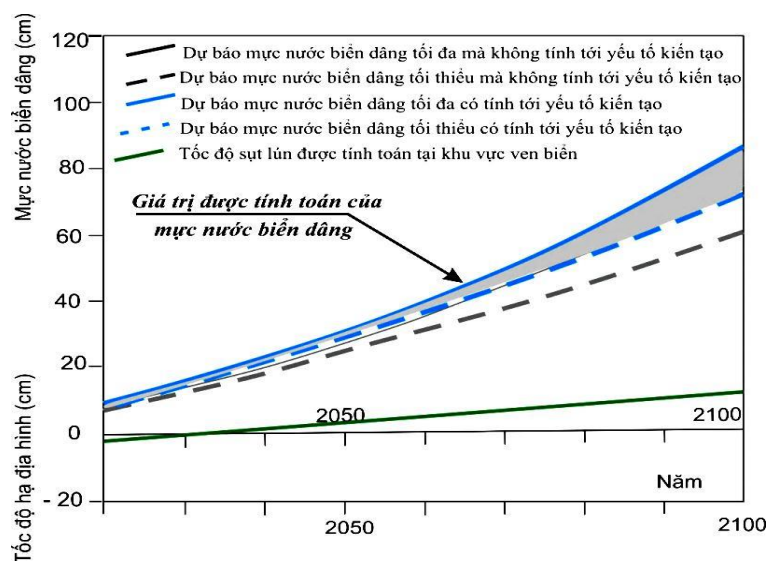
Hình 4. Mô hình minh họa mối quan hệ giữa vận động kiến tạo hoạt động và sự hình thành và biến đổi địa mạo dọc đường bờ: (A) Vận động nâng kiến tạo dẫn tới sự hạ tương đối của mực nước biển, mở rộng bãi biển và giảm năng lượng sóng tác động vào bờ và do đó sự giảm thiểu tác động xói mòn bờ biển. (B) Sụt lún kiến tạo dẫn đến sự dâng cao tương đối của mực nước biển, gia tăng năng lượng sóng đánh vào bờ, xói mòn và làm giảm độ vững chắc của bờ biển và do đó tăng cường xói lở và phá hủy bờ biển. (Mô phỏng theo Tran, 2017).

Khi mực nước biển dâng, nó sẽ tác động vào bờ và gây xâm thực và phá hủy bờ biển (National Research Council, 1986; Barnhardt, 2009; Burbank and Anderson, 2011). Bên cạnh đó, sự thiếu hụt trầm tích, tác động của sóng và dòng hải lưu theo mùa, cộng với các hoạt động

nhân sinh như phá hủy hệ sinh thái ven biển, xây đập thủy điện..., là nguyên nhân cộng hưởng gây xói mòn bờ biển và gia tăng mức độ phá hủy bờ biển trong vùng nghiên cứu.

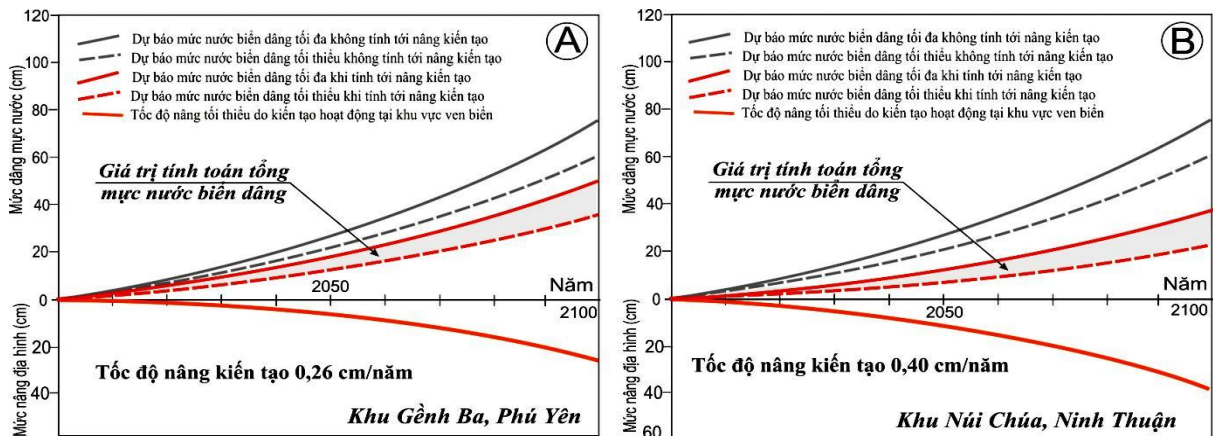
Xem xét mối quan hệ giữa sự dịch chuyển thẳng đứng của bề mặt Trái Đất với sự dâng cao mực nước biển có mối quan hệ nhân quả và là yếu tố quan trọng dẫn đến sự ngập lụt hay ổn định của đới ven biển với một trong ba tình huống sau: (i) nếu vùng nghiên cứu có biểu hiện nâng kiến tạo với tốc độ nâng kiến tạo trung bình trong thời gian quan sát lớn hơn hoặc bằng mức tăng của mực nước biển trong kịch bản dự báo thì khu vực sẽ ổn định và không bị tác động ngập lụt của nước biển dâng; (ii) nếu vùng nghiên cứu có biểu hiện cân bằng kiến tạo thì khu vực sẽ bị ngập lụt bằng mức nước biển dâng theo kịch bản biến đổi khí hậu; (iii) nếu vùng nghiên cứu có biểu hiện hạ kiến tạo thì mức độ ngập lụt sẽ bằng tổng lượng sụt lún cộng mức nước biển dâng do kiến tạo và do đó sẽ bị ảnh hưởng rất nặng nề. Trong trường hợp sụt lún xảy ra dọc theo đới bờ, mực cơ sở sẽ bị hạ thấp và vùng ven biển sẽ chịu chế độ nước biển dâng cao tương đối so với đất liền. Từ đó dẫn đến sự biến tiến tương đối, xâm thực và phá hủy đường bờ xâm nhập của nước mặn vào đất liền, ngập lụt cũng như sự xói mòn và phá hủy đường bờ (NRC, 1986; NOAA, 2010, 2012; Hình 5).

Nếu tính cả các tác động cộng hưởng của dâng cao mực nước biển do biến đổi khí hậu với các kịch bản khác nhau (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012) vào sự sụt lún kiến tạo địa phương (ch. Hình 6) thì nhiều khu vực sụt lún ven biển sẽ chịu tác động nặng nề của ngập lụt và biển lấn (Hình 3). Chẳng hạn, một số khu vực có tốc độ sụt kiến tạo mạnh mẽ như vùng bắc Cửa Đại (Quảng Nam), Quy Nhơn hay Tuy Hòa đều được khống chế bởi các hệ thống đứt gãy hoạt động (xem Trần Thanh Hải, 2015, 2017). Tốc độ sụt lún trong một số khu vực có thể được tính toán dựa vào biên độ dịch chuyển của các thành tạo địa chất xác định được, cho thấy có nơi bị sụt lún mạnh tới hơn 1-2 cm/năm hay hơn 1-2 m/100 năm 1-2 m/100 năm. Như vậy trong bối cảnh của nước biển dâng do biến đổi khí hậu, một số khu vực nói trên có thể ngập rất sâu dưới mực nước biển trong vòng 100 năm tới. Mức độ sụt lún này, nếu tính cả tác động cộng hưởng của nước biển dâng do biến đổi khí hậu có thể dẫn đến biển lấn và ngập lụt nghiêm trọng, trong đó có vùng như bắc Cửa Đại có thể chìm sâu tới khoảng hơn 3 m ở thời điểm 2100 còn vùng Quy Nhơn có thể chìm sâu tới 1,77 m dưới mực nước biển (Trần Thanh Hải, 2017).



Hình 6. Ví dụ về đồ thị dự đoán mực nước biển dâng trong bối cảnh sụt lún kiến tạo và dâng cao mực nước biển ở vùng hồ Hào Sơn, Phú Yên (Theo Trần Thanh Hải, 2015).

Ngược với sụt lún kiến tạo hoạt động nâng kiến tạo sẽ có những tác động giảm thiểu đáng kể tai biến ngập lụt. Trong khu vực trong vùng ven biển miền Trung có mức độ nâng kiến tạo khá mạnh mẽ với mức độ không đồng đều. Kết quả tính toán ở trên cho một số khu vực cho thấy tốc độ nâng kiến tạo dao động từ 0,05 đến 0,4 cm/năm ở các khu vực khác nhau. Điều này có nghĩa là tổng mức độ nâng kiến tạo có thể đạt từ 5 cm đến 40 cm/100 năm. Trong trường hợp này, đối với các vùng có tốc độ nâng kiến tạo thấp, vài chục cm/100 năm như khu vực Gành Ba (Phú Yên) hoặc Núi Chúa (Ninh Thuận; Hình 7) và một số khu vực khác như Cà Ná (Ninh Thuận; xem Trần Thanh Hải, 2015, 2017), mức độ ảnh hưởng do ngập lụt trong kịch bản mực nước biển dâng sẽ giảm thiểu đáng kể so với trường hợp không có sự nâng kiến tạo (Hình 7).



Hình 7. Một số ví dụ về mối quan hệ giữa tốc độ nâng kiến tạo và dự đoán mực nước biển dâng theo kịch bản biến đổi khí hậu ở mức thoát thải CO₂ trung bình (B2, Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012) cho khu vực Gành Ba (Bắc Phú Yên-A) và Núi Chúa (Ninh Thuận-B). (Theo Trần Thanh Hải, 2015, 2017)

Như vậy, khi kết hợp các thông số địa chất - địa mạo kiến tạo đã nhận dạng được, đặc biệt là biểu hiện nâng - hạ kiến tạo địa phương và các thông số của chúng với các kịch bản nước biển dâng sẽ là cơ sở quan trọng cho việc tính toán định lượng những tác động của ngập lụt cho các khu vực khác nhau dọc đới ven biển, từ đó tính toán thông số ảnh hưởng đối với hệ thống tự nhiên và xã hội, qua đó tìm các giải pháp quản lý và phát triển khu vực bền vững (Watson, et al., 1997; Cutter 2000, 2001; NOAA, 1999).

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã xác định được khu vực ven biển Miền Trung chịu tác động mạnh bởi các vận động kiến tạo hiện đại dẫn đến sự phá hủy cục bộ đới bờ. Các vận động kiến tạo trẻ bao gồm sự đập vỡ và dịch chuyển của vỏ Trái đất dọc theo các đới đứt gãy trẻ diễn ra phổ biến, làm biến vị các tầng trầm tích trẻ, đi kèm là các biểu hiện động đất cũng như xuất lộ nước khoáng nóng khá phổ biến trong khu vực ven biển miền Trung. Bên cạnh đó vận động kiến tạo trẻ còn dẫn tới hiện tượng nâng/sụt lún kiến tạo diễn ra mạnh mẽ, trong đó phần lớn đới bờ ở miền Trung có xu thế nâng cao tương đối với biên độ thấp xen kẽ là các khu vực sụt lún cục bộ. Bước đầu đã tính toán được một cách định lượng mức độ dịch chuyển kiến tạo hiện đại của một số khu vực trong đó đã nhận dạng được các khu vực nâng hoặc hạ kiến tạo cũng như các dịch chuyển ngang làm biến dạng địa hình địa mạo khu vực đới ven biển và tác động trực tiếp tới sự hình thành địa mạo của đường bờ.

Đã quan sát được nhiều dạng tai biến địa chất dọc theo đới ven biển, trong đó trượt lở, phá hủy bờ và xâm thực bờ biển là những tai biến phổ biến nhất trong vùng nghiên cứu. Trượt lở xảy ra trên các khu vực sườn dốc có lộ đá gốc hoặc dọc bờ sông trong khi đó sạt lở bờ biển diễn ra mạnh những khu vực có biểu hiện hoạt động kiến tạo mạnh mẽ, gồm hoạt động đứt gãy

và sụt lún kiến tạo. Trên cơ sở phân tích các mối quan hệ địa chất nội, ngoại sinh và các yếu tố nhân sinh, đã xác định được nguyên nhân sâu xa của tai biến địa chất dọc đới bờ, trong đó tác động của các chuyển động nâng hạ kiến tạo hiện đại, hoạt động của các đứt gãy hoạt động đóng vai trò chi phối tới tai biến địa chất trong hầu hết các khu vực nghiên cứu. Dựa vào việc xác định biên độ dịch chuyển kiến tạo và kết hợp với kịch bản biến đổi khí hậu, có thể dự đoán mức độ ngập lụt dọc đới bờ, trong đó một số khu vực xảy ra sụt lún kiến tạo sẽ bị tác động gia cường của nước biển dâng và hạ thấp địa hình, dẫn tới mức độ ngập lụt mạnh mẽ hơn so với kịch bản dự báo hiện nay, trong khi đó, những vùng có hoạt động nâng kiến tạo có mức độ ảnh hưởng giảm nhẹ hơn so với dự báo.

Những phát hiện mới của đề tài về các vận động kiến tạo hiện đại và tác động của chúng đối với tai biến địa chất đới bờ là tiền đề quan trọng để tạo ra các cơ sở khoa học có độ tin cậy cao phục vụ cho việc dự báo và phòng tránh tai biến thiên nhiên đới ven biển. Nhóm tác giả rất mong tiếp tục nhận được sự hợp tác và hỗ trợ từ nhiều cơ quan để kết quả đề tài được ứng dụng trong thực tiễn đánh giá và phòng tránh thiên tai tại các địa phương có tính dễ bị tổn thương tự nhiên cao nhằm góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực của các tai biến này tới cộng đồng địa phương.

Lời cảm ơn

Kết quả của công trình này là một phần của các đề tài đề tài “Nghiên cứu, đánh giá kiến tạo hoạt động khu vực ven biển miền Trung Việt Nam và vai trò của nó đối với các tai biến thiên nhiên phục vụ dự báo và phòng tránh thiên tai trong điều kiện biến đổi khí hậu” (mã số BDDKH42) và ”Nghiên cứu tác động của hoạt động tân kiến tạo đối với sự biến đổi dòng chính các lưu vực sông khu vực miền Trung phục vụ bảo vệ các dòng sông, thử nghiệm cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn” (mã số BDKH.13/16-20) thuộc các Chương trình Khoa học công nghệ phục vụ mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu KHCN-BDKH/11-15 và BDKH/16-20.

Tài liệu tham khảo

- Barnhardt, W. A. (ed.), 2009. Coastal change along the shore of northeastern South Carolina: The South Carolina coastal erosion study. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1206.
- Bates R. L. and Jackson, J. A., 1987. Glossary of Geology. American Geosciences Institute.
- Bell, F.G., 2003. Geological Hazards: Their Assessment, Avoidance and Mitigation. Taylor & Francis, 656 p.
- Bloch, E.A., 2009. New Orleans, Louisiana in 2100: Effects of Subsidence, Sea-Level Rise, and Erosion. GIS & GPS Applications in Earth Sciences, pp. 1-24.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2012. Biến đổi khí hậu, các kịch bản nước biển dâng cho Việt Nam. Nhà xuất bản Tài nguyên, Môi trường và Bản đồ.
- Bùi Công Quế (Chủ biên), 2010. Nguy hiểm động đất và sóng thần ở vùng ven biển Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Bùi Đình Khước và Nguyễn Hoàng Lân, 1995. Xác định xu thế mực nước biển dâng tại một số điểm ven biển Việt Nam, có tính đến chuyển động nâng hạ của vỏ trái đất. Báo cáo kết quả đề tài cấp nhà nước KT.03-03.
- Burbank, D.W., Anderson, R.S. 2011. Tectonic Geomorphology (second edition). Wiley-Blackwell Publication.

- Burton, I., Kates, R.W., White, G.F., 1993. *The environment as hazard*. Guilford Press. ISBN 9780898621594.
- Clarke, B.A. and Burbank, D.W., 2010. Bedrock fracturing, threshold hillslopes, and limits to the magnitude of bedrock landslides. *Earth and Planetary Science Letters* v. 297, pp. 577–586.
- Cutter, S.L., 2001. A Research Agenda for Vulnerability Science and Environmental Hazards. *IHDP Update (Newsletter of the IHDP)* 2, pp. 8–9.
- Cutter, S. L., J. T. Mitchell, and M. S. Scott. 2000. Revealing the Vulnerability of People and Places: A Case Study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers* 90(4), pp. 713–37.
- Cutter, S.L., Boruff, B., and Shirley, W. L., 2001. Indicators of Social Vulnerability to Hazards. Unpublished paper. Columbia, S.C.: University of South Carolina, Hazards Research Lab.
- Đặng Văn Bát (chủ biên), 2000. Đặc điểm địa mạo kiến tạo trẻ Pliocen - Đệ tứ thềm lục địa Việt Nam. Báo cáo tổng kết đề tài KHCN-06-11-3, Hà Nội.
- Đào Mạnh Tiến (chủ biên), 2004. Điều tra địa chất, khoáng sản, địa chất môi trường và tai biến địa chất vùng biển Nam Trung Bộ từ 0-30m nước ở tỷ lệ 1/100.000 và một số vùng trọng điểm ở tỷ lệ 1/50.000. Lưu trữ Tổng cục Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội.
- Encyclopedia of Coastal Science, 2005. Springer, ISBN 978-1-4020-1903-6, Chapter 1: "Tectonics and Neotectonics", doi:10.1007/1-4020-3880-1.
- Frisch, W., Meschede, M., Blakey, R.C., 2011. *Plate Tectonics-Continental drift and Mountain building*. Springer, 212 p.
- Genter, A., Duperret, A., Martinez, A. Mortimore, R.N., Vila, J.-L. 2004. Multiscale fracture analysis along the French chalk coastline for investigating erosion by cliff collapse. *Coastal Chalk Cliff Instability, Engineering Geology Special Publications* 20, Geological Society of London, pp. 57-74.
- González, J. L. and Törnqvist, T.E., 2006. Coastal Louisiana in Crisis: Subsidence or Sea Level Rise., *Eos*, v. 87, pp. 493-498.
- Hancock, P. L. and Williams, G. D., 1986. Neotectonics. *Journal of the Geological Society*; v. 143, pp. 325-326.
- Holzer T.L. and Galloway, D.L., 2005. Impacts of land subsidence caused by withdrawal of underground fluids in the United States. *Reviews in Engineering Geology*, v. 16, pp. 87-99.
- Huchon, P., Le Pichon, and Rangin, C., 1994. Indochina Peninsula and the collision of India and Eurasia. *Geology*, v. 22, pp. 27-30.
- <http://www.coastalwiki.org>.
- Kennedy, D.M., Stephenson, W.J., Naylor, L.A. (editors), 2014. *Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis*. Geological Society Memoir 40.
- Kooi, H. 2000. Land subsidence due to compaction in the coastal area of The Netherlands: the role of lateral fluid flow and constraints from well-log data. *Global and Planetary Change*, v 27, pp. 207–222.
- Lê Duy Bách, Ngô Gia Thắng, và Cao Đình Triều, 2007. Đặc điểm kiến tạo Pliocen-Đệ tứ vùng đông nam thềm lục địa Việt Nam. *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, số 29, tr 218-227.

- Lê Tử Sơn, Nguyễn Đình Xuyên, 2008. Hoạt động động đất vùng Nam Trung Bộ và ven biển; Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Địa chất biển lần thứ 1; NXB. KH&CN, 2008, tr.510-519.
- McGuire, B. and Maslin, M.A. (Editors), 2013. Climate Forcing of Geological Hazards, Wiley-Blackwell.
- Molnar, P., Anderson, R.S., and Anderson, S.P., 2007. Tectonics, fracturing of rock, and erosion. *Journal of Geophysical Research*, v. 112, f03014, doi: 10.1029/2005jf000433,
- Montgomery, C.W., 2010. *Environmental Geology* (9th ed). McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 511 p.
- Moore, E. D. and Twiss, R. J., 1995. *Tectonics*. Freeman and Company, 415 p.
- National Research Council (NRC), 1986. *Active Tectonics: Impact on Society. Study in Geophysics*. The National Academic Press.
- Nguyễn Chí Trung, 2011. Nghiên cứu đặc điểm địa chất Holocen lưu vực sông Thu Bồn – Vu Gia (Quảng Nam – Đà Nẵng). Luận án TS Địa chất, Lưu trữ Trường đại học Mở - Địa chất
- Nguyễn Đình Xuyên và Nguyễn Ngọc Thủy, 1997. Tính động đất và độ nguy hiểm động đất trên lãnh thổ Việt Nam. Thành tựu nghiên cứu Vật lý địa cầu 1987 – 1997. Nhà Xuất bản Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Đình Xuyên và Trần Văn Thắng, 2005. Địa chấn kiến tạo và các vùng phát sinh động đất mạnh trên lãnh thổ Việt Nam. Tuyển tập Báo cáo HNKH 60 năm ngành Địa chất Việt Nam, Cục ĐC&KSVN, tr. 263-283.
- Nguyen Thi Thuy Hang and Phan Minh Nhat, 2014. Studying the impacts of dredging on changes in erosion and deposition in da dien estuary area, Phu Yen Province, Abstract, 9th Scientific Conference, Ho Chi Minh city University of Natural Science.
- Nguyễn Tiến Hải (chủ biên), 2005. Tiến hóa đới ven biển, dao động mực nước biển và quá trình tích tụ vật liệu lục nguyên (phù sa) trong Holocen ở thềm lục địa vùng biển giữa châu thổ Mekong và Nha Trang, Đông Nam Việt Nam. Báo cáo KH Đề tài hợp tác Việt-Đức, Viện TTTL KH, Bộ KH&CN, Hà Nội.
- Nguyễn Văn Huân và Nguyễn Tài Hợi, 2007. Dao động mực nước biển ven bờ Việt Nam. *Khí tượng Thủy văn*, 556, tr 30-37.
- Nguyễn Văn Hương, 2012. Đặc điểm biến dạng, trường ứng suất kiến tạo hoạt động và mối quan hệ của chúng với các tai biến địa chất khu vực Biển Đông và các vùng lân cận. Luận án TS, lưu trữ Viện Địa chất, Viện HLKH&CN Việt Nam.
- Nguyễn Văn Vượng, 2016. Tân kiến tạo. Trong Tổng Duy Thanh, Mai Trọng Nhuận và Trần Nghi (chủ biên): *Bách Khoa Thư địa chất*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội, tr. 1092 - 1103.
- Nguyễn Xuân Bao, 2009. Vành bzan khuyếch tán Kainozoi Tây Nguyên. Trong Trần Văn Trị và Vũ Khúc (chủ biên), *Địa chất và Tài nguyên Việt Nam*. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ
- NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration), 1999. *Community Vulnerability Assesment Tools*. NOAA Coastal Service Center, USA.
- NOAA. 2010. *Technical Considerations for Use of Geospatial Data in Sea Level Change Mapping and Assessment*. NOAA Technical Report NOS 2010-01. Washington, D.C., U.S. Department of Commerce, NOAA National Ocean Service.

- NOAA. 2012. Incorporating sea level change scenarios at the local level. Joint report by NOAA Coastal Services Center, NOAA Center for Operational Oceanographic Products and Services, NOAA National Geodetic Survey, and NOAA Office of Coast Survey. http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/_pdf/slscenarios.pdf
- Pavlidis, S.B., 1989. "Looking for a definition of neotectonics". *Terra Nova* 1 (3): 233-235. doi:10.1111/j.1365-3121.1989.tb00362.x.
- Phạm Khả Tùy, Trần Văn Tân, Thái Duy Kế, 2005. Hiện trạng và nguyên nhân xói lở - bồi tụ bờ biển ở các tỉnh Miền Trung (từ Quảng Bình đến Phú Yên); Tuyển tập Khoa học Hội nghị Khoa học 60 năm Địa chất Việt Nam, tr. 516-526.
- Phạm Văn Hùng và Nguyễn Công Quân, 2016. Đặc điểm đứt gãy hoạt động và tai biến xói lở ở các vùng cửa sông ven biển Bắc Trung Bộ Việt Nam. Tạp chí Các khoa học về Trái Đất, số 38 (1), tr. 46-58.
- Phạm Văn Hùng, 2002. Một số đặc điểm đứt gãy kiến tạo trẻ khu vực Nam Trung Bộ. Luận án Tiến sĩ Địa chất. Lưu trữ Viện Địa chất.
- Phạm Văn Hùng, 2012. Đứt gãy hoạt động và nguy cơ tai biến nứt sụt đất vùng núi tỉnh Quảng Ngãi. Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất số 34, tr. 233-242.
- Phan Bá Trung và Lê Phước Trình, 2005. Về tình trạng xen kẽ xói lở, bồi tụ bờ biển Cửa Đại (Hội An) và điểm mốc chuyển đổi của chúng; Tuyển tập Khoa học Hội nghị Khoa học 60 năm Địa chất Việt Nam, tr. 485-492.
- Phan Trọng Trinh, 2012. Kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại vùng ven biển Việt Nam và kế cận. Viện KH&CN Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- Phan Trọng Trinh, Bùi Văn Thơm, Hoàng Quang Vinh, Ngô Văn Liêm, Nguyễn Văn Hương, Mai Thanh Tân, Nguyễn Đăng Túc, Nguyễn Hồng Phương, 2008. Vai trò của hoạt động kiến tạo trẻ và kiến tạo hoạt động tới tai biến địa chất Miền Trung và vùng biển lân cận; Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Địa chất biển lần thứ 1; NXB. KH&CN, tr. 154-164.
- Stattegger, K., Tjallingii, R., Saito, Y., Michelli, M., Nguyen, T.T., Wetzell, A., 2013. Mid to late Holocene sea-level reconstruction of Southeast Vietnam using beach-rock and beach-ridge deposits. *Global and Planetary Change*, v.110, pp. 214–222.
- Stattegger, K., 2008. Holocene Evolution and Actual Geologic Processes in The Coastal Zone of South Vietnam; Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Địa chất biển lần thứ 1; NXB. KH&CN, tr.42-53.
- Swartz, M.L., 1982. *Beaches and Coastal Geology*, Springer. ISBN: 978-0-87933-213-6.
- Tổng Duy Thanh and Vũ Khúc (chủ biên), 2005. Các phân vị địa tầng Việt Nam NXB ĐHQG Hà Nội.
- Trần Nghi, 1995. Các chu kỳ biển tiến, biển thoái với lịch sử hình thành các đồng bằng ven biển miền Trung trong kỷ Đệ Tứ, Những phát hiện mới về khảo cổ, tr. 15-17.
- Trần Nghi, 1996. Tiến hóa thành hệ cát ven biển miền Trung trong mối tương tác với sự dao động mực nước biển. Tuyển tập "Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển", tập II. NXB KHKT, Hà Nội.
- Trần Nghi, 2009. Trầm tích luận trong Địa chất Biển và Dầu khí. NXB ĐHQG Hà Nội.

- Trần Tân Văn (chủ biên), 2002. Báo cáo đánh giá tai biến địa chất ở các tỉnh ven biển miền trung từ Quảng Bình đến Phú Yên, hiện trạng, nguyên nhân, dự báo và đề xuất biện pháp phòng tránh, giảm thiểu hậu quả. Viện Khoa học Địa chất & Khoáng sản.
- Trần Thanh Hải (chủ biên), 2015. Báo cáo tổng hợp kết quả đề tài “Nghiên cứu đánh giá kiến tạo hiện đại khu vực ven biển miền Trung Việt Nam và vai trò của nó đối với các tai biến thiên nhiên phục vụ dự báo và phòng tránh thiên tai trong điều kiện biến đổi khí hậu”, mã số BDKH.42. Chương trình Khoa học công nghệ phục vụ mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu **mã số** KH-CN-BDKH/11-15
- Trần Thanh Hải, 2017. Cấu tạo Địa chất: đặc điểm cơ bản và phương pháp đo vẽ. Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật.
- Tran, Hai Thanh, 2017. Recent tectonic movements along the coastal zone of Tuy Hoa area (central Vietnam) and its significance for coastal hazards in the case of sea level rise. In Dieu Tien Bui, Anh Ngoc Do, Hoang Bac Bui, Nhat Duc Hoang (eds.): Advances and Applications in Geospatial Technology and Earth Resources, Proceedings of the International Conference on Geo-Spatial Technologies and Earth Resources, Springer, pp. 270-292.
- Trần Văn Trị và Vũ Khúc (chủ biên), 2009. Địa chất và Tài nguyên Việt Nam. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
- Vũ Văn Phái, Nguyễn Hiệu, Đào Mạnh Tiến, 2008. Xói lở bờ biển Việt Nam và ảnh hưởng của mực nước biển đang dâng lên; Tuyển tập báo cáo Hội nghị Khoa học Địa chất biển lần thứ 1; NXB. KH&CN, tr.658-666.
- Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (eds), 1997. The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. IPCC, Cambridge University Press, UK. pp 517.
- Wu, J.E., McClay, K., Whitehouse, P., and Dooley, T., 2009. 4D analogue modelling of transtensional pull-apart basins. Marine and Petroleum Geology 26, 1608–1623.