

**MỤC LỤC**

Báo cáo NCKH.....	2
Tóm tắt.....	2
I. Mở đầu.....	3
I.1 Tổng quan về vùng nghiên cứu:.....	3
I.2 Tính cấp thiết của đề tài.....	4
I.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu .....	4
1.3.1. Thủy triều biển Đông.....	4
1.3.2. Biến đổi khí hậu và nước biển dâng.....	6
1.3.3. Tình hình nghiên cứu mực nước biển.....	7
I.4 Phương pháp tính.....	8
I. Nội dung và kết quả nghiên cứu:.....	12
1. Sử dụng mô hình mike:.....	12
2. Các sóng triều chính qua các năm .....	14
3. Phân tích xu thế .....	17
4. Phân tích sơ bộ diễn biến không gian của 2 trạm Vũng Tàu và Hòn Dấu.....	19
III. Kết luận và kiến nghị.....	20
IV. Tài liệu tham khảo.....	21

## **Báo cáo NCKH**

### **Tóm tắt**

*Thủy triều Việt Nam có diễn biến rất phức tạp, thay đổi cả về không gian, thời gian, độ lớn và tính chất thủy triều từ Bắc vào Nam.*

*Trong báo cáo này, nhóm nghiên cứu sử dụng modul phân tích thủy triều trong bộ phần mềm MIKE21 để đánh giá sự thay đổi các thành phần triều bằng phương pháp phân tích điều hòa. Tài liệu thực đo của trạm Hòn Dấu trong 5 năm (1975, 1989, 1993, 2002, 2007) được sử dụng cho nghiên cứu. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng:*

*- Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu được thể hiện trong các chuỗi tài liệu thực đo và với trạm Hòn Dấu, tốc độ tăng không đều, có khoảng thời gian giảm*

*- Nếu sử dụng chuỗi quan trắc giờ thì số thành phần triều tạo nên mực nước triều tại trạm Hòn Dấu là 60 sóng, trong đó có 9 sóng chủ yếu tạo mực nước triều. Các sóng triều cũng thay đổi theo thời gian*

*- Nghiên cứu cũng sử dụng chuỗi đo 4 lần/ngày(4obs) để phân tích với mục đích nếu kết quả gần đúng với chuỗi 1 giờ thì có thể dùng chuỗi 4obs để phân tích triều cho nhiều trạm khác không có số liệu đo giờ. Tuy nhiên, các phân tích đã chỉ ra rằng, sự sai khác khi sử dụng 2 loại chuỗi này khá lớn, nên không thể dùng chuỗi 4obs thay thế cho chuỗi 24obs (chuỗi giờ).*

*- Có thể mở rộng ứng dụng phân tích này cho các trạm khác dọc theo bờ biển Việt Nam để đánh giá sự thay đổi của các sóng triều theo không, thời gian.*

## I. Mở đầu

### I.1 Tổng quan về vùng nghiên cứu:

#### *Khu vực Hòn Dấu:*



Hòn Dấu ban đầu nằm liền kề với bán đảo Đồ Sơn. Trong những cuộc vận động của thêm lục địa, một phần dãy núi đã tách khỏi bán đảo trôi dần ra phía biển, trở thành đảo Hòn Dấu. Hòn Dấu là hòn đảo nằm trong vịnh Bắc Bộ thuộc khu du lịch giải trí Đồ Sơn, thành phố Hải Phòng. Phần lớn đảo vẫn đang ở trạng thái nguyên sinh. Trên đảo có đền thờ Nam Hải Đại Vương, có ngọn hải đăng và một số di tích khác. Năm đưa vào hoạt động: 1984.

Trạm hải đăng trên đảo Hòn Dấu được xây dựng lâu đời từ thời Pháp, kiến trúc sư người Pháp thiết kế, xây dựng từ năm 1892 và hoàn thành vào tháng 6.1898. Tháp cao 5 tầng, đỉnh đèn cao 140m so với mặt nước biển, ánh sáng được phát ra từ độ cao 65m so với chân tháp.

Tại Hòn Dấu là nơi có mốc cao độ 0 cho tiêu chuẩn Việt Nam hiện nay.

-Vị trí địa lí: Vĩ độ :  $20^{\circ} 40' 02''$  N và Kinh độ :  $106^{\circ} 48' 42''$  E

-Điều kiện tự nhiên: Thời tiết khu vực Hòn Dấu nói chung mang tính chất cận nhiệt đới ẩm đặc trưng của thời tiết miền Bắc Việt Nam: mùa hè nóng ẩm, mưa nhiều, mùa đông khô và lạnh, có 4 mùa Xuân, Hạ, Thu, Đông tương đối rõ rệt. Nhiệt độ trung

binh vào mùa hè là khoảng 32,5 °C, mùa đông là 20,3 °C và nhiệt độ trung bình năm là trên 23,9 °C. Lượng mưa trung bình năm là khoảng 1600 – 1800 mm. Độ ẩm trong không khí trung bình 85 - 86%.

## **I.2 Tính cấp thiết của đề tài**

Việt Nam nằm trên bờ biển phía tây biển Đông, có bờ biển dài khoảng 3200 km, vùng thềm lục địa thuộc chủ quyền và quyền tài phán rộng hơn 1 triệu km<sup>2</sup>, chiếm 30% tổng diện tích biển Đông và gấp 3 lần diện tích đất liền. Vùng biển và ven biển có vị trí kinh tế, chính trị hết sức quan trọng được coi là cửa ngõ của nước ta để giao lưu và hội nhập quốc tế, đồng thời rất thuận lợi để đầu tư phát triển kinh tế biển làm động lực thúc đẩy các vùng kinh tế khác trong cả nước. Ngoài ra, biển Việt Nam còn có nhiều nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú và đa dạng, trong đó có các dạng tài nguyên nổi trội như dầu khí, hải sản, du lịch biển, giao thông vận tải biển... cho phép khai thác để phát triển kinh tế. Biển luôn đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế của Việt Nam, vùng ven biển là nơi sinh sống của khoảng 20 triệu người thuộc 28 tỉnh, thành phố (125 huyện ven biển).

Song song với các lợi thế nêu trên, biển luôn tiềm ẩn những nguy cơ gây nên những thảm họa thiên tai nguy hiểm như: bão, nước dâng do bão, sóng lớn, mực nước biển dâng lên dị thường... Vì vậy, cần thiết phải đẩy mạnh công tác nghiên cứu khoa học nhằm mục đích nắm bắt được những quy luật tự nhiên, dự báo, cảnh báo được các hiện tượng thời tiết nguy hiểm bắt nguồn từ biển. Trên cơ sở đó mới phát huy được các lợi thế của biển để phát triển kinh tế một cách bền vững, đảm bảo an ninh quốc phòng và phòng tránh giảm nhẹ thiên tai.

Từ những lí do trên cho thấy việc nghiên cứu đặc điểm biến đổi mực nước ven bờ Việt Nam là một trong những nhiệm vụ cấp thiết cần phải được triển khai nghiên cứu phục vụ cho công tác quy hoạch, quản lý và phát triển kinh tế biển, đảm bảo an sinh xã hội và an ninh quốc phòng.

## **I.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

### ***1.3.1. Thủy triều biển Đông***

Việc nghiên cứu chế độ thủy động lực nói chung và thủy triều nói riêng vừa có ý nghĩa khoa học to lớn, vừa có ý nghĩa phục vụ thiết thực cho các hoạt động kinh tế, an ninh quốc phòng trên biển, đặc biệt là vùng ven bờ.

Thủy triều là một hiện tượng tự nhiên có quy mô ảnh hưởng một cách trực tiếp tới nhiều hoạt động kinh tế, kỹ thuật của con người, trước hết là các ngành vận tải biển, xây dựng công trình trên biển và ven bờ, công trình bảo vệ bờ, hệ thống tưới tiêu nông nghiệp, cấp thoát nước thành phố ven biển, công tác phòng chống thiên tai liên quan đến bão và nước dâng trong bão ở những vùng ven bờ. Hơn nữa, thủy triều cũng quy định cả nhịp điệu sản xuất và sinh hoạt của nhân dân những vùng ven biển.

Thành phần quan trọng nhất gây nên dao động mực nước ở biển Đông phải kể đến là thủy triều. Dao động thủy triều ở Biển Đông được đánh giá là rất phức tạp và có nhiều nét độc đáo, đặc sắc so với những vùng biển khác trên thế giới. Nơi đây có thể thấy đủ bốn loại thủy triều khác nhau: đó là bán nhật triều đều, bán nhật triều không đều, nhật triều đều và nhật triều không đều.

Qua các bản đồ phân bố tính chất thủy triều Biển Đông ra thấy nét nổi bật đầu tiên là toàn bộ vùng ngoài khơi rộng lớn và đại bộ phận các dải bờ phía tây và phía đông biển thịnh hành kiểu dao động nhật triều. Ở các vịnh Thái Lan và Bắc Bộ quan sát thấy kiểu dao động triều toàn nhật triều đều lý tưởng với độ lớn đáng kể, điển hình là tại Hòn Dấu. Đường cong mực nước có dạng hình sin rất đều đặn với một lần nước lớn và một lần nước ròng trong ngày. Trong tháng chỉ có hai đến ba ngày có biểu hiện của thủy triều hỗn hợp. Độ lớn thủy triều ở nơi triều mạnh nhất biển Đông là đỉnh vịnh Bắc Bộ đạt tới khoảng 4m.

Những khu vực bán nhật triều đều của biển Đông là dải bờ gần eo biển Đài Loan, khu vực biển lân cận cảng Thuận An của Việt Nam. Những khu vực với nhật triều không đều là dải bờ nam Trung Quốc từ eo Đài Loan tới vùng đông bắc đảo Hải Nam, gần vịnh Pulô Lakei và vùng ven bờ phía đông nam Việt Nam, khu vực phía tây vịnh Thái Lan và vùng lân cận Singgapo.

Tính phức tạp của thủy triều ở biển Đông thể hiện ở sự biến đổi cả về độ lớn và tính chất thủy triều trên không gian biển, sự biến đổi này đặc biệt phức tạp cả về độ lớn và tính chất thủy triều trên không gian biển, sự biến đổi này đặc biệt phức tạp trong vùng gần bờ và các vịnh. Ở vịnh Bắc Bộ, khu vực giữa trung tâm vịnh và cửa tây nam, độ lớn thủy triều có thể biến đổi từ 0,5 m đến 4,0 m. Ở vịnh Thái Lan cũng diễn biến tương tự như vậy. Nơi đây cả tính chất lẫn độ lớn thủy triều đều phân hóa mạnh, tồn tại cả nhật triều và bán nhật triều, vùng biên độ lớn xen kẽ với những vùng vô triều ngay trong không gian vịnh.

Những kết quả khảo sát năng lượng thủy triều ta đi đến kết luận rằng “trong quá trình truyền sóng triều trên các miền khác nhau của biển, tính chất nhật triều từ địa vị thứ yếu lúc ban đầu đã chuyển thành chủ yếu. Nói một cách khác, chính các điều kiện địa phương của Biển Đông đã ảnh hưởng và có ý nghĩa căn bản tới sự hình thành hiện tượng thủy triều trên vùng biển phức tạp này”

Nét độc đáo nữa trong hiện tượng thủy triều ở Biển Đông biểu hiện ở sự khác nhau trong tương quan biên độ của các sóng thành phần của thủy triều ở những vùng khác nhau. Theo các bản đồ triều nhận thấy, khi mới truyền vào biển các biên độ của những sóng thành phần nhật triều không khác nhau mấy. Nhưng càng truyền đi xa, biên độ sóng K-1 ngày càng lớn hơn sóng O1-1. Đối với các sóng M2 và S2 cũng có biểu hiện tương tự. Nguyễn Ngọc Thụy đã giải thích hiện tượng này là vì độ dài sóng O-1 lớn hơn độ dài sóng K1 nên khi truyền dần vào vùng nước nông, biên độ sóng tăng dần và với sóng dài hơn, mức độ tăng chậm hơn.

### **1.3.2. Biến đổi khí hậu và nước biển dâng**

Biến đổi khí hậu, với các biểu hiện là sự nóng lên toàn cầu và mực nước biển dâng, chủ yếu là do các hoạt động kinh tế - xã hội của con người gây phát thải quá mức vào khí quyển các khí gây hiệu ứng nhà kính.

Theo báo cáo đánh giá lần thứ tư của ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) năm 2007, nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng khoảng 0.74°C trong thời kì 1906 – 2005 và tốc độ tăng rất đáng kể. Nhiệt độ trên lục địa tăng nhanh hơn so với trên đại dương. Trong 100 năm qua, lượng mưa có xu hướng tăng ở khu vĩ độ cao hơn 30°. Tuy nhiên lượng mưa lại có xu hướng giảm ở khu vực nhiệt đới từ giữa những năm 1970. Hiện tượng mưa lớn có dấu hiệu tăng ở nhiều khu vực trên thế

Mực nước biển toàn cầu đã tăng trong thế kỷ 20 với tốc độ ngày càng cao. Nguyên nhân chính làm tăng mực nước biển là sự giãn nở nhiệt của đại dương, các sông băng trên núi, băng Nam cực và các nguồn chứa nước trên đất liền. Bên cạnh đó là do sự nóng lên của toàn cầu do hoạt động của con người. Con người đã sử dụng ngày càng nhiều năng lượng, chủ yếu từ các nguồn nhiên liệu hóa thạch (than, dầu, khí đốt), qua đó đã thải vào khí quyển ngày càng nhiều các chất khí gây hiệu ứng nhà kính, làm tăng hiệu ứng nhà kính của khí quyển, dẫn đến tăng nhiệt độ của trái đất.

Hàm lượng khí CO<sub>2</sub> ngày càng tăng do phát triển các ngành công nghiệp. Đánh giá khoa học của Ban liên chính phủ về BĐKH (IPCC) cho thấy, việc tiêu thụ năng lượng

do đốt nhiên liệu hóa thạch trong các ngành sản xuất năng lượng, công nghiệp, giao thông vận tải, xây dựng... đóng góp khoảng 46% vào sự nóng lên toàn cầu, phá rừng nhiệt đới đóng góp khoảng 18%, sản xuất nông nghiệp khoảng 9%, các ngành sản xuất hóa chất khoảng 24%, còn lại 3% là từ các hoạt động khác.

Biến đổi khí hậu làm tăng các hiện tượng cực đoan về thời tiết như tần suất các bão ngày càng tăng đặc biệt là siêu bão, mức độ ảnh hưởng rất lớn đến khu vực ven biển, nơi tập trung phần lớn dân số và cũng là những nơi có nhiều các thành phố lớn, có vị trí quan trọng.

### ***1.3.3. Tình hình nghiên cứu mực nước biển***

*Dao động của mực nước biển ven bờ Việt Nam:* Dao động mực nước biển vùng ven bờ biển Việt Nam có thể được chia ra làm hai nhóm dao động chính:

*Nhóm dao động có chu kỳ:* đó là dao động thủy triều, sinh ra do các lực có nguồn gốc vũ trụ trong quá trình chuyển động tương hỗ của mặt trăng, mặt trời và trái đất.

*Nhóm dao động không có chu kỳ:* đó là dao động dâng, rút do gió và nhiễu động khí áp; những dao động liên quan tới tính không đồng nhất trong chu trình tuần hoàn nước (tức là chênh lệch của các thành phần bốc hơi, giáng thủy, dòng nước sông) và những dao động mực nước do sự biến đổi của mật độ nước gây nên. Trong những dao động kể trên nguy hiểm nhất là hiện tượng nước dâng do bão. Nước dâng do bão là hiện tượng thiên tai nguy hiểm ở ven biển, đe dọa đến công trình ven bờ.

Hàng năm, vùng ven bờ nước ta đều có bão đổ bộ và gây ra nước dâng. Dao động mực nước biển là tổ hợp dao động của thủy triều và sự dâng lên của mực nước biển do các nhiễu động khí quyển. Trường hợp trùng pha giữa thủy triều cao nhất và nước dâng cao nhất gây thiệt hại rất nghiêm trọng. Số liệu thống kê nhiều năm cho thấy rất ít khi xảy ra trường hợp trên nhưng ta không nên loại trừ khả năng này vì đó là những yếu tố ngẫu nhiên. Như trường hợp bão Washi năm 2005 đổ bộ vào khu vực Quảng Ninh - Hải Phòng, đây là cơn bão có cường độ không lớn, nhưng đổ bộ vào đúng thời điểm triều cường đã gây nên thiệt hại về kinh tế rất nghiêm trọng.

Theo kết quả nghiên cứu cho thấy hiện tượng El-Nino và La-Nina mỗi khi xuất hiện kéo theo sự thay đổi không chỉ của nhiệt độ nước bề mặt mà còn có cả sự biến đổi mực nước ở hai khu vực ven bờ phía đông và tây Thái Bình Dương. Ở vùng biển Việt Nam, vào những năm có hiện tượng El-Nino đã phát hiện sự giảm mực nước biển so

với trung bình nhiều năm

Dựa trên tài liệu thực tiễn chúng ta nghiên cứu để chỉ ra sự thay đổi của các thành phần triều ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng.

#### I.4 Phương pháp tính

##### *Phương pháp phân tích điều hòa thủy triều*

Độ cao mực nước thủy triều  $z$  tại thời gian bất kỳ  $t$  là tổng của các dao động triều thành phần (gọi là các phân triều hay các sóng triều):

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r f_i H_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i - g_i], \quad (1)$$

trong đó:  $A_0$  — độ cao mực nước trung bình,  $f_i$  — hệ số suy biến biên độ của phân triều  $i$ ,  $H_i$  — hằng số điều hòa biên độ của phân triều  $i$ ,  $q_i$  — tốc độ góc không đổi của phân triều  $i$ ,  $(V_0 + u)_i$  — những phân pha thiên văn của phân triều  $i$  biểu diễn các góc giờ của những tinh tú giả định tại thời điểm  $t$ ,  $g_i$  — hằng số điều hòa về pha của phân triều  $i$ ,  $r$  — số lượng các phân triều.  $f_i$  và  $(V_0 + u)_i$  phụ thuộc thời gian  $t$ . Khi có  $n$  độ cao mực nước quan trắc  $z_t$ , nhiệm vụ của phân tích thủy triều là xác định bộ gồm  $r$  cặp hằng số điều hòa không đổi  $H$  và  $g$  cho từng phân triều của trạm nghiên cứu.

Để thuận tiện áp dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất, người ta thường biến đổi phương trình (1) thành

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r (A_i \cos q_i t + B_i \sin q_i t), \quad (2)$$

trong đó

$$A_i = f_i H_i \cos[g_i - (V_0 + u)_i], \quad B_i = f_i H_i \sin[g_i - (V_0 + u)_i]. \quad (3)$$

Biết mực nước tại  $n$  giờ, người ta có  $n$  phương trình đại số dạng (2) đối với các ẩn số  $A_i$  và  $B_i$  để giải bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Từ mỗi cặp ẩn  $A_i$  và  $B_i$  tìm được sẽ tính ra

$$H_i = \frac{\sqrt{A_i^2 + B_i^2}}{f_i}, \quad g_i = \arctg \frac{B_i}{A_i} + (V_0 + u)_i. \quad (4)$$

Chuỗi quan trắc càng dài, số phương trình dạng (2) càng nhiều, thì  $A_0$  và số cặp hằng số điều hòa  $H$  và  $g$  nhận được càng nhiều, càng chính xác. Với một năm quan trắc ta có 8760 phương trình dạng (2) và có thể xác định được khoảng 60-68 cặp hằng số điều hòa  $H$  và  $g$  của điểm quan trắc.



Nhược điểm cơ bản của các phương trình dạng (2) là những đại lượng thiên văn biến thiên với thời gian  $f$  và  $(V_0 + u)$  của mỗi dao động thành phần  $i$  đã bị xem là không đổi suốt trong thời gian quan trắc và bị đưa vào trong các ẩn số  $A_i$  và  $B_i$  của các phương trình (2), do đó từng phương trình ở dạng (2) trở thành không chính xác, bởi vì trong thực tế mỗi dao động phân triều ở công thức (1) là một dao động *điều biến biên độ*,  $f$  biến đổi với thời gian và phần phụ pha  $(V_0 + u)$  cũng biến đổi với thời gian một cách đáng kể.

Khi tính  $H_i$  và  $g_i$  theo các công thức (4) người ta phải dùng giá trị trung bình của  $f_i$  tại thời điểm giữa thời kỳ quan trắc và giá trị của  $(V_0 + u)_i$  tại thời điểm đầu thời kỳ quan trắc [26]. Điều này lại gây nên những mâu thuẫn kỹ thuật như: chuỗi quan trắc càng dài thì sai số càng tăng, chuỗi không liên tục (ví dụ 2 năm quan trắc không kế tiếp, mà cách xa nhau) thì không thể có thời điểm giữa quan trắc...

Các chương trình phân tích điều hòa thủy triều bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất hiện nay xuất phát từ công thức (2) và mang những nhược điểm cơ bản như vậy.

#### *Phân tích điều hòa thủy triều theo sơ đồ chi tiết do luận án phát triển*

Trong sơ đồ phân tích của chương trình do tác giả luận án này xây dựng, phương trình độ cao mực nước triều (1) đã được biến đổi theo một kiểu khác, cho phép tính tới sự biến đổi của các đại lượng thiên văn  $f$  và  $(V_0 + u)$  theo thời gian.

Nếu nhóm riêng biệt các đại lượng biến thiên với thời gian và không biến thiên với thời gian theo cách dưới đây:

$$\begin{aligned} a_i &= f_i \cos[q_i t + (V_0 + u)_i], & b_i &= f_i \sin[q_i t + (V_0 + u)_i], \\ X_i &= H_i \cos g_i, & Y_i &= H_i \sin g_i, \end{aligned} \quad (5)$$

thì phương trình độ cao mực nước (1.2) trở thành:

$$z_t = A_0 + \sum_{i=1}^r [(a_i)_t X_i + (b_i)_t Y_i]. \quad (6)$$

Thấy rằng, những đại lượng không phụ thuộc thời gian bây giờ nằm trong các ẩn số  $X$  và  $Y$ . Những đại lượng phụ thuộc thời gian nằm trong các hệ số  $a_i$  và  $b_i$ . Từng cặp hệ số  $a$  và  $b$  ở vế phải của phương trình (6) được tính ứng với đúng thời gian  $t$  ở vế trái của phương trình (6).

Do đó, những đại lượng phụ thuộc thời gian được tính đến một cách đầy đủ trong khi lập ra hệ  $n$  phương trình ứng với  $n$  độ cao mực nước quan trắc tại những thời điểm khác nhau.

Giải hệ các phương trình (6) bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất, tìm được các ẩn số  $A_0$ ,  $X_i$ ,  $Y_i$ , từ đó tính các cặp hằng số điều hòa:

$$H_i = \sqrt{X_i^2 + Y_i^2}, \quad g_i = \operatorname{arctg} \frac{Y_i}{X_i}. \quad (7)$$

Rõ ràng, sơ đồ chi tiết khắc phục được những nhược điểm của các phương pháp phân tích truyền thống. Thực tế các đại lượng  $\mathcal{F}$  và  $(V_0 + u)$  trong sơ đồ này có thể tính chi tiết, tỉ mỉ ứng với từng thời điểm quan trắc độ cao mực nước  $Z$  khi tính các hệ số  $a$  và  $b$ . Trong các thủ tục phân tích điều hòa và dự tính thủy triều các giá trị của  $\mathcal{F}$  và  $(V_0 + u)$  được tra bảng cho từng ngày cụ thể của thời kỳ quan trắc.

Điều này cho phép xây dựng chương trình phân tích thủy triều chính xác, mềm dẻo, có thể phân tích các chuỗi mực nước quan trắc 24 giờ một ngày trong nhiều năm, các chuỗi mực nước quan trắc 4 giờ trong một ngày trong nhiều năm, các chuỗi mực nước ghép từ các độ cao mực nước quan trắc riêng lẻ ở các năm, tháng khác nhau.

Ưu điểm này đặc biệt quan trọng đối với việc phân tích các chuỗi quan trắc dòng chảy thường khó quan trắc liên tục dài ngày và được ghi với bước thời gian khác nhau, thường bé hơn một giờ. Một điểm trên biển có thể có vài lần được quan trắc dòng chảy vào các năm khác nhau và các chuỗi có thể ghép lại với nhau để phân tích.

Phương pháp bình phương tối thiểu cho phép xác định các ẩn số của những phương trình (6) sao cho

$$\sum_{t=t_1}^{t_n} \left\{ z_t - A_0 - \sum_{i=1}^r [(a_i)_t X_i + (b_i)_t Y_i] \right\}^2 \rightarrow \min.$$

Điều kiện cực tiểu này sẽ cho một hệ gồm  $2r + 1$  phương trình đại số tuyến tính (hệ phương trình chính tắc), trong đó:  $r$  – số các phân triều được phân tích:

$$\begin{pmatrix} n & [a_{M_2}] & [b_{M_2}] & [a_{S_2}] & \dots & [b_W] \\ [a_{M_2}] & [a_{M_2} a_{M_2}] & [a_{M_2} b_{M_2}] & [a_{M_2} a_{S_2}] & \dots & [a_{M_2} b_W] \\ [b_{M_2}] & [a_{M_2} b_{M_2}] & [b_{M_2} b_{M_2}] & [b_{M_2} a_{S_2}] & \dots & [b_{M_2} b_W] \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ [b_W] & [a_{M_2} b_W] & [b_{M_2} b_W] & [a_{S_2} b_W] & \dots & [b_W b_W] \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} A_0 \\ X_{M_2} \\ Y_{M_2} \\ \dots \\ Y_W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} [z] \\ [a_{M_2} z] \\ [b_{M_2} z] \\ \dots \\ [b_W z] \end{pmatrix}$$

ở đây ký hiệu  $[ ]$  dùng để chỉ phép lấy tổng theo thời gian từ  $t_1$  đến  $t_n$ .

Để đánh giá hiệu quả của sơ đồ khi sử dụng phân tích điều hòa cho các chuỗi số liệu không liên tục. Bản báo cáo này đã tiến hành so sánh các hằng số điều hòa phân tích được từ chuỗi quan trắc 24 giờ một ngày liên tục trong một năm với chuỗi quan trắc 4 giờ một ngày (1h, 7h, 13h, 19h) trong 5 năm tại hai trạm: Hòn Dấu và Vũng

Tàu. Kết quả nhận được hai bộ hằng số điều hòa tại mỗi trạm được trình bày phần II.

+ Dựa trên tài liệu thực tiễn chúng ta nghiên cứu để chỉ ra sự thay đổi của các thành phần triều ảnh hưởng đến biến đổi khí hậu và mực nước biển dâng.

# I. Nội dung và kết quả nghiên cứu:

## 1. Sử dụng mô hình mike:

Dựa vào số liệu thực đo qua các năm 1979, 1989, 1993, 2002, 2007, ta tiến hành phân tích những số liệu đó bằng cách sử dụng mô hình Mike.

Ta lấy ví dụ cho năm 1975:

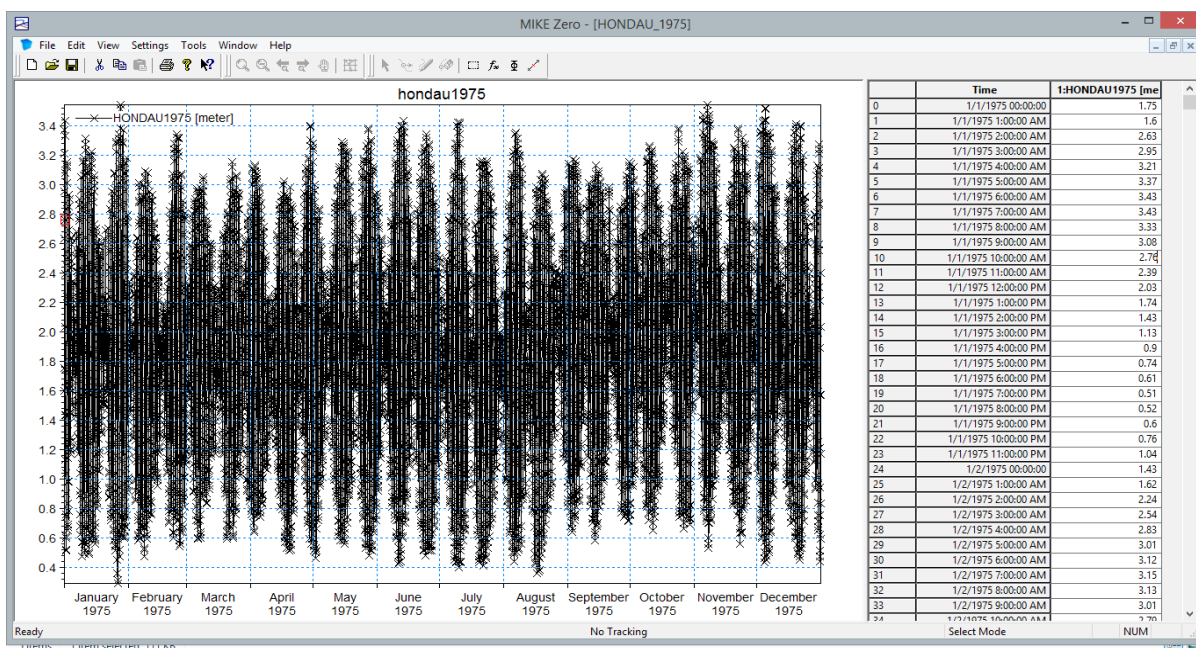
Với số liệu thực đo như sau:

Ngày/Giờ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
01-01-1975	1.75	1.6	2.83	2.95	3.21	3.37	3.43	3.43	3.33	3.08	2.76	2.39	2.03	1.74	1.43	1.13	0.9	0.74	0.61	0.51	0.52	0.6	0.76
02-01-1975	1.43	1.62	2.24	2.54	2.83	3.01	3.12	3.15	3.13	3.01	2.79	2.49	2.19	1.91	1.65	1.37	1.14	0.98	0.83	0.69	0.65	0.67	0.78
03-01-1975	1.25	1.64	1.92	2.24	2.5	2.69	2.85	2.93	2.93	2.9	2.78	2.62	2.43	2.21	2.01	1.8	1.61	1.45	1.22	1.25	1.2	1.17	1.19
04-01-1975	1.45	1.69	1.96	2.18	2.33	2.48	2.59	2.64	2.63	2.59	2.53	2.44	2.31	2.14	2	1.88	1.77	1.67	1.6	1.54	1.52	1.5	1.54
05-01-1975	1.73	1.7	1.95	2.08	2.16	2.24	2.31	2.33	2.34	2.29	2.21	2.16	2.09	1.93	1.94	1.87	1.84	1.81	1.75	1.78	1.83	1.85	1.85
06-01-1975	1.98	1.7	2.06	2.08	2.08	2.01	1.93	1.84	1.73	1.65	1.59	1.5	1.47	1.44	1.42	1.44	1.52	1.65	1.78	1.91	2.07	2.19	2.31
07-01-1975	2.51	1.71	2.66	2.83	2.54	2.41	2.24	2.03	1.86	1.71	1.53	1.38	1.29	1.21	1.17	1.22	1.34	1.53	1.75	2	2.22	2.4	2.53
08-01-1975	2.77	1.72	2.9	2.86	2.75	2.56	2.34	2.09	1.8	1.55	1.27	1.04	0.89	0.76	0.68	0.62	0.76	0.92	1.18	1.52	1.85	2.2	2.43
09-01-1975	2.83	1.84	3.05	3.05	2.96	2.79	2.54	2.25	1.93	1.66	1.37	1.1	0.86	0.69	0.57	0.47	0.47	0.57	0.78	1.07	1.44	1.83	2.25
10-01-1975	2.82	1.87	3.15	3.18	3.16	3.06	2.86	2.57	2.26	1.91	1.59	1.26	0.99	0.8	0.68	0.56	0.49	0.51	0.66	0.9	1.23	1.59	1.99
11-01-1975	2.64	2.02	3.12	3.27	3.31	3.23	3.06	2.85	2.56	2.21	1.87	1.56	1.23	0.99	0.88	0.66	0.57	0.55	0.61	0.77	1.03	1.37	1.71
12-01-1975	2.4	2.04	2.92	3.07	3.12	3.08	2.96	2.81	2.43	2.14	1.85	1.59	1.31	1.02	0.83	0.68	0.59	0.49	0.5	0.61	0.8	1.1	1.45
13-01-1975	2.28	2.06	2.89	3.08	3.19	3.21	3.18	3.02	2.78	2.47	2.15	1.85	1.57	1.27	1.03	0.85	0.73	0.64	0.62	0.64	0.72	0.94	1.24
14-01-1975	2.05	2.1	2.68	2.93	3.11	3.19	3.22	3.14	2.97	2.72	2.42	2.12	1.85	1.58	1.3	1.07	0.9	0.77	0.65	0.57	0.59	0.61	0.91
15-01-1975	1.66	2.15	2.39	2.67	2.88	2.99	3.03	3.06	2.95	2.73	2.44	2.15	1.87	1.62	1.39	1.15	0.97	0.83	0.7	0.59	0.56	0.58	0.67
16-01-1975	1.3	2.26	2.09	2.34	2.54	2.65	2.7	2.7	2.68	2.61	2.44	2.22	1.96	1.81	1.58	1.34	1.17	1.06	0.96	0.85	0.8	0.83	0.89
17-01-1975	1.34	2.41	2.05	2.28	2.47	2.58	2.61	2.61	2.58	2.49	2.31	2.09	1.91	1.75	1.57	1.39	1.27	1.17	1.1	1.05	1.05	1.11	
18-01-1975	1.39	2.51	1.96	2.22	2.36	2.48	2.53	2.54	2.54	2.52	2.43	2.32	2.16	2.03	1.93	1.76	1.64	1.48	1.43	1.43	1.39	1.32	1.31
19-01-1975	1.43	2.6	1.81	2.01	2.15	2.23	2.25	2.22	2.21	2.2	2.16	2.1	2.01	1.92	1.8	1.61	1.57	1.51	1.48	1.52	1.54	1.51	1.5
20-01-1975	1.62	2.63	1.83	1.96	2.09	2.16	2.13	2.1	2.04	1.99	1.95	1.88	1.84	1.81	1.79	1.79	1.81	1.79	1.81	1.9	1.94	1.95	1.95
21-01-1975	2.03	2.69	2.09	2.16	2.22	2.21	2.13	2.05	1.97	1.86	1.73	1.64	1.59	1.58	1.59	1.6	1.63	1.68	1.75	1.82	1.9	1.95	1.97
22-01-1975	2.03	2.7	1.97	1.93	1.88	1.79	1.65	1.49	1.34	1.19	1.04	0.93	0.87	0.88	0.94	1.05	1.23	1.44	1.66	1.88	2.1	2.28	2.44
23-01-1975	2.66	2.83	2.65	2.54	2.4	2.24	2.01	1.79	1.59	1.37	1.14	0.94	0.8	0.74	0.72	0.76	0.9	1.11	1.36	1.64	1.95	2.22	2.42
24-01-1975	2.79	2.86	2.95	2.91	2.8	2.62	2.37	2.1	1.8	1.52	1.23	0.98	0.8	0.68	0.58	0.58	0.65	0.81	1.02	1.31	1.64	2.04	2.35
25-01-1975	2.94	2.88	3.08	3.07	2.97	2.79	2.51	2.21	1.92	1.63	1.33	1.04	0.79	0.61	0.54	0.51	0.55	0.71	0.92	1.23	1.57	1.95	2.39
26-01-1975	2.98	2.89	3.26	3.29	3.22	3.04	2.47	2.43	2.06	1.78	1.48	1.16	0.85	0.62	0.45	0.36	0.31	0.31	0.29	0.59	0.89	1.28	1.7
27-01-1975	2.55	2.91	3.12	3.31	3.34	3.29	3.12	2.86	2.53	2.19	1.87	1.55	1.23	0.94	0.74	0.61	0.52	0.47	0.62	0.64	0.83	1.14	1.49
28-01-1975	2.48	2.98	3.14	3.38	3.51	3.54	3.45	3.2	2.86	2.53	2.15	1.8	1.46	1.11	0.81	0.75	0.67	0.62	0.61	0.67	0.74	0.97	1.28
29-01-1975	2.14	2.99	2.84	3.12	3.29	3.37	3.37	3.28	3.04	2.74	2.42	2.14	1.86	1.57	1.27	1.04	0.88	0.76	0.65	0.6	0.61	0.72	0.96
30-01-1975	1.7	3.01	2.46	2.74	2.95	3.08	3.14	3.15	3.07	2.88	2.65	2.39	2.13	1.91	1.66	1.41	1.23	1.07	0.91	0.79	0.67	0.68	0.75
31-01-1975	1.24	3.18	1.97	2.23	2.46	2.63	2.78	2.79	2.74	2.6	2.41	2.25	2.09	1.92	1.74	1.57	1.42	1.3	1.14	0.99	0.92	0.95	
Trung bình	2.07	2.315006	2.510645	2.654839	2.734839	2.742581	2.656129	2.569355	2.409032	2.224194	2.008387	1.789032	1.583226	1.403548	1.259677	1.137097	1.074939	1.052258	1.070323	1.143871	1.252903	1.400325	1.582581
Max tháng	3.54																						

Hình 1: Số liệu thực đo 1/1975

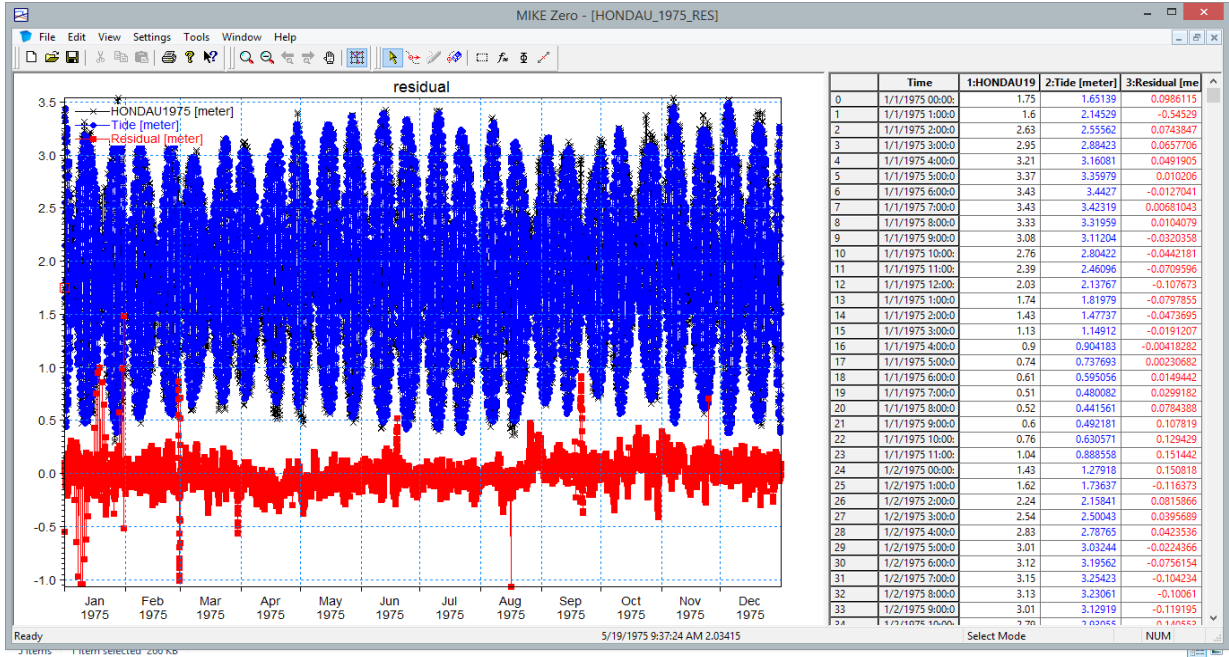
Ta tiến hành phân tích trên mô hình Mike zero:

Dao động mực nước trong 1 năm với 24 lần đo (obs):



Hình 2: biểu đồ mực nước trạm Hòn Dấu 1975

## Phân tích thành phần triều:



Hình 3: kết quả phân tích triều

Sau khi phân tích ta các thành phần sóng triều:

Constituents from analysis:		
Name	Amp.	Phase
1 Z0	1.8817	0.00
2 SSA	0.0566	77.40
3 MSM	0.0081	354.23
4 MM	0.0105	20.30
5 MSF	0.0235	59.23
6 MF	0.0224	38.94
7 ALP1	0.0074	266.88
8 Q1	0.0655	304.62
9 SIG1	0.0082	112.94
10 Q1	0.1490	359.63
11 RHO1	0.0409	4.84
12 O1	0.7823	29.54
13 TAU1	0.0255	212.39
14 BET1	0.0187	59.70
15 NO1	0.0528	47.64
16 CHI1	0.0110	46.23
17 P1	0.2148	84.88
18 K1	0.6946	91.71
19 PHI1	0.0107	84.47
20 THE1	0.0171	124.32
21 J1	0.0218	85.13
22 SO1	0.0121	0.26
23 OO1	0.0384	170.94
24 UPS1	0.0086	176.81
25 OQ2	0.0031	146.28
26 EPS2	0.0007	14.45
27 2N2	0.0126	174.66

Hình 4: Kết quả các thành phần triều năm 1975 khi quan trắc 24obs

Số lượng sóng triều được liệt kê trong bảng trên.

Các năm còn lại ta làm tương tự theo phương pháp trên.

Dựa vào kết quả phân tích triều bằng phần mềm Mike 21 ta thu được kết quả số lượng thành phần triều khi khảo sát 24obs và 4 obs tại Trạm Hòn Dấu qua các năm như sau:

Bảng 1: số lượng sóng triều

Năm	1975		1989		1993		2002		2007	
Đo	24obs	4obs	24obs	4obs	24obs	4obs	24obs	4obs	24obs	4obs
Số sóng triều										
u	60	36	60	36	60	36	60	36	68	36

Dựa vào kết quả phân tích các năm, ta nhận thấy khi quan trắc 24obs thì số phân triều là 60 nhiều hơn so với khi đo đạc bằng 4 obs, khi khảo sát 1 giờ/ ngày thì số lượng thành phần triều tạo lên mực nước triều ở Hòn Dấu là gần gấp đôi số lượng thành phần triều khi khảo sát chuỗi số liệu 6 giờ/ngày. Như ta biết, thủy triều gồm nhiều thành phần song triều tạo nên, mà thành phần sóng triều phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Do biến đổi khí hậu và Mực nước biển dâng dẫn đến thay đổi thành phần thủy triều, và đo đạc các thời điểm khác nhau 24obs và 4obs, thường thì đo theo 24obs số liệu đầy đủ hơn do vậy nhiều thành phần triều hơn so với 4obs.

## 2. Các sóng triều chính qua các năm

Bảng 2: thành phần chính của thủy triều năm 1975

	năm 1975				năm 1975		
	24 obs		tỉ lệ		4 obs		tỉ lệ
triều	biên độ(m)	pha	(%)	triều	biên độ(m)	pha	(%)
O1	0.7823	29.5 4	29.96	M6	0.0651	133. 59	17.30
K1	0.6946	91.7 1	26.6	MM	0.056	281. 28	14.88
P1	0.2148	84.8 8	8.23	MSF	0.0303	337. 48	8.05
Q1	0.149	359. 63	5.71	3MK7	0.0161	338. 2	4.28
TP khác			29.5	TP khác			55.49

Bảng 3: thành phần chính của thủy triều năm 1989

	năm 1989				năm 1989		
	24 obs				4 obs		
triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)	triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)
O1	0.738 6	29.7 3	28.9 4	M6	0.082 4	18.1 4	18.96
K1	0.658 5	92.4 5	25.8	MM	0.046 4	153. 32	10.68
P1	0.208 6	83.8 3	8.17	2MN 6	0.040 1	267. 27	9.23
Q1	0.151 8	357. 67	5.95	2SM6	0.037 3	169. 63	8.58
TP khác			31.1 4	TP khác			52.55

Bảng 4: thành phần chính của thủy triều năm 1993

	năm 1993				năm 1993		
	24 obs				4 obs		
triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)	triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)
O1	0.785 2	27.6 7	30.0 6	MM	0.048 5	122. 01	13.20
K1	0.698 1	90.5 9	26.7 3	MSF	0.013 5	246. 11	3.68
P1	0.221	84.3 7	8.46				
Q1	0.155 8	1.33	5.96				
TP khác			28.7 9	TP khác			83.12

Bảng 5: thành phần chính của thủy triều năm 2002

	năm 2002				năm 2002		
	24 obs				4 obs		
triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)	triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)
O1	0.790 4	28.4 1	30.7 0	MM	0.070 9	274. 8	17.87
K1	0.694	91.3 3	26.9 5	MSF	0.03	276. 36	7.56

P1	0.221 8	85.0 3	8.61				
Q1	0.151 6	1.21	5.89				
TP khác				TP khác			74.57

Bảng 6: thành phần chính của thủy triều năm 2007

	năm 2007				năm 2007		
	24 obs				4 obs		
triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)	triều	biên độ	pha	tỉ lệ (%)
O1	0.708 1	338. 73	25.1 2	MM	0.053 2	345. 9	13.38
K1	0.525 5	342. 38	18.6 4	MSF	0.020 5	231. 73	5.15
S1	0.251 2	94.4 3	8.91				
P1	0.167 5	102. 95	5.94				
TP khác			41.3 8	TP khác			81.47

- Số lượng thành phần triều chính khi quan trắc 24obs và 4obs có sự khác nhau, ví dụ khi quan trắc 24obs có các thành phần sóng triều như: O1, K1, P1, S1... và 4obs là : MM, MSF...

- Từ các bảng trên, ta nhận thấy:

Đối với đo 24obs thì tổng thành phần O1, K1 chiếm tỉ lệ lớn nhất từ 43% đến 56%

Đối với đo 4obs thì thành phần MSF và MM là 2 thành phần chiếm tỉ lệ lớn nhất từ khoảng 19%.

- Xét theo thời gian thì các thành phần chính của thủy triều khi quan trắc 24obs và 4obs là khác nhau

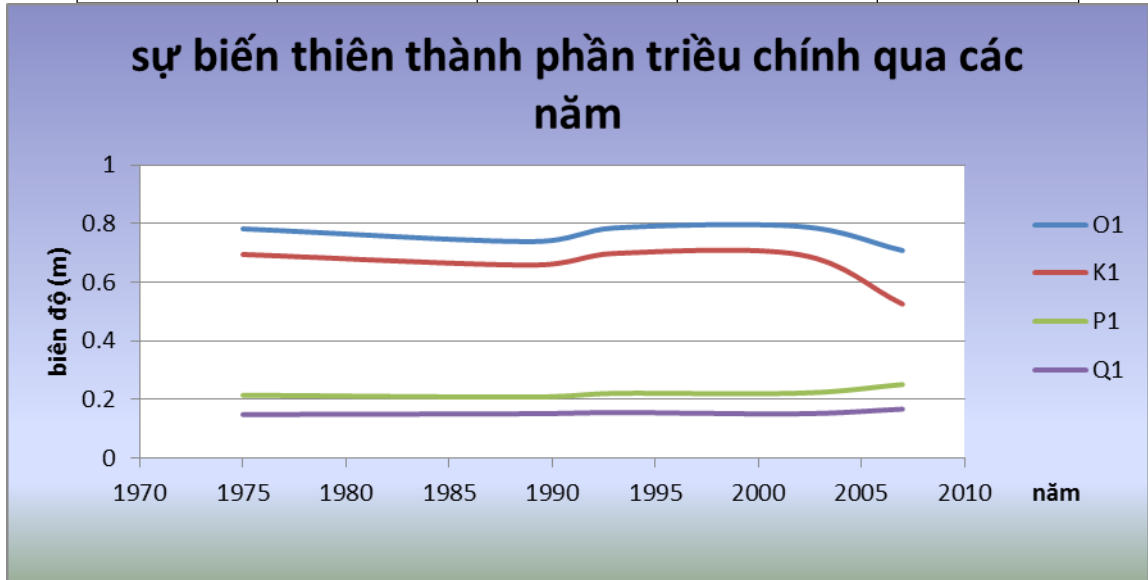
- Bảng dưới thể hiện Sự thay đổi của một số phân triều chính qua các năm gần đây.

Bảng 7: Bảng tổng hợp các thành phần triều chính:

năm	O1	K1	P1	Q1
-----	----	----	----	----



1975	0.7823	0.6946	0.2148	0.149
1989	0.7386	0.6585	0.2086	0.1518
1993	0.7852	0.6981	0.221	0.1558
2002	0.7904	0.694	0.2218	0.1516
2007	0.7081	0.5255	0.2512	0.1675



Hình 5: Biểu đồ thể hiện sự thay đổi thành phần triều chính qua các năm

-Từ đồ thị trên, ta nhận thấy đối với thành phần chính Q1 và K1:

+ trong các năm từ 1975 đến năm 1989 có xu hướng giảm nhẹ, và có xu hướng tăng từ năm 1993 đến năm 2002 và lại có giảm bắt đầu từ 2007. Điều này cho thấy có sự thay đổi của các thành phần này làm ảnh hưởng khá lớn đến mực nước trung bình qua các năm.

+Đối với các thành phần chính P1 và Q1, từ năm 1975 đến năm 2002 hầu như không thay đổi về độ lớn, tuy nhiên từ năm 2007 thì lại có xu hướng giảm.

+ Biên độ sóng O1 là lớn nhất trong 4 phân triều chính và Q1 có biên độ nhỏ nhất.

### 3. Phân tích xu thế

Tốc độ biến thiên theo thời gian (dâng lên hoặc hạ xuống) của mực nước được xác định theo phương pháp phân tích xu thế (phân tích trend).

Theo phương pháp này, người ta xác định mối liên hệ giữa mực nước  $y$  và thời gian  $x$  dưới dạng một phương trình hồi quy tuyến tính :

$$y = ax + b, \quad (8)$$

trong đó:  $a = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} r, \quad b = m_y - am_x,$

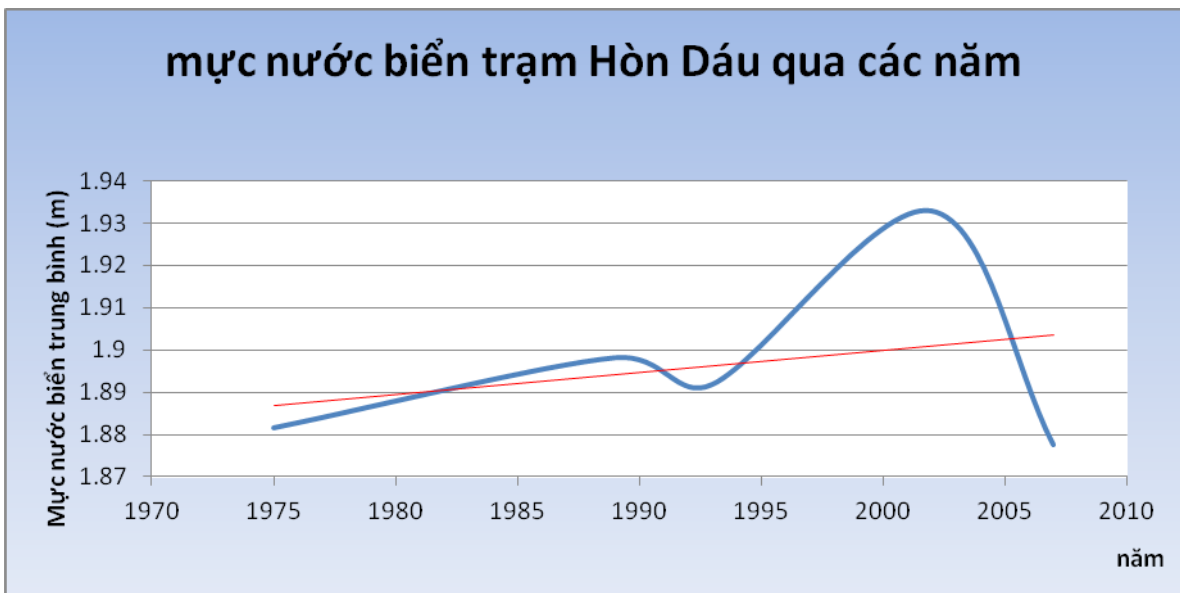
$$m_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad D_x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - m_x^2, \quad \sigma_x = \sqrt{D_x},$$

$$m_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad D_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} - m_y^2, \quad \sigma_y = \sqrt{D_y},$$

$$r = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{n} - m_x m_y}{\sigma_x \sigma_y},$$

$n$  – độ dài chuỗi số liệu quan trắc mực nước biển.

Trong phương trình (8) hệ số  $a$  có ý nghĩa là tốc độ biến thiên của mực nước  $y$  trong một đơn vị thời gian  $x$ . Nếu chuỗi phân tích là giá trị mực nước năm, hệ số  $a$  là tốc độ dâng lên (hay hạ xuống) của mực nước trong một năm. Nếu phân tích mực nước tháng, hệ số  $a$  là tốc độ dâng lên (hay hạ xuống) của mực nước trong một tháng. Phương pháp phân tích này được áp dụng đối với các chuỗi mực nước giờ, ngày, tháng hoặc năm. Đôi khi, người ta quan tâm tới xu thế tăng lên hay giảm đi của các mực nước cực tiểu và cực đại năm và phương pháp này cũng có thể áp dụng để phân tích.



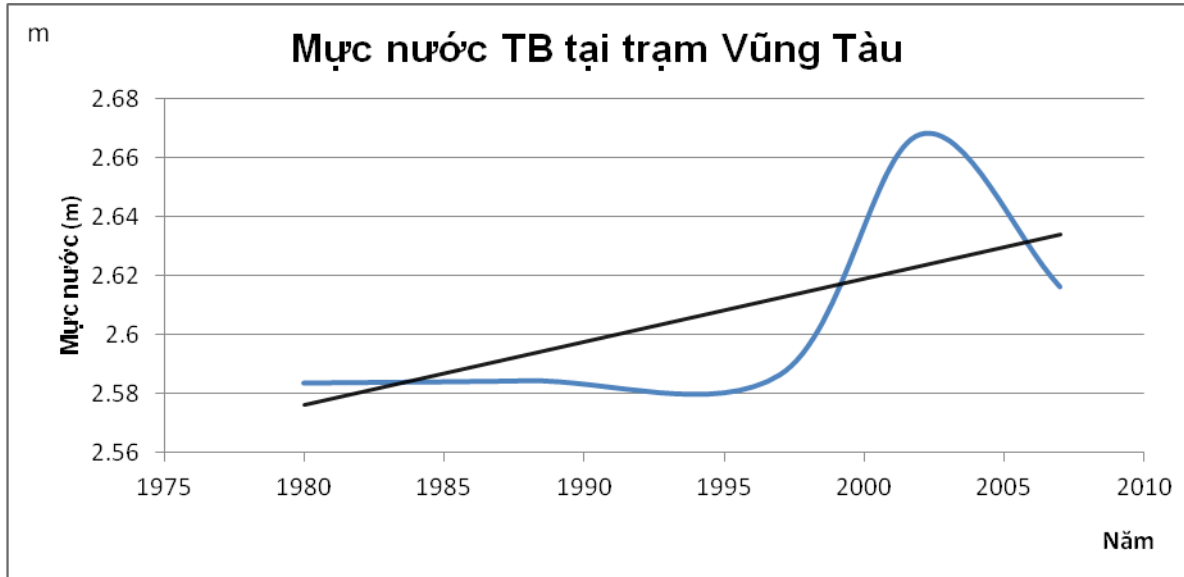
Hình 5: xu thế mực nước tại Trạm Hòn Dấu

- Xu thế mực nước biển Từ năm 1993 đến năm 2007 mực nước biển Trung bình có tăng nhưng không đều. trong chuỗi số liệu ta thấy:
  - Từ năm 1975 đến năm 1989: mực nước trung bình tăng khoảng: 1.65cm
  - Từ năm 1989 đến năm 1993: mực nước trung bình tăng giảm : -0.63cm

- Từ năm 1993 đến năm 2002: mực nước trung bình tăng khoảng: 4.09cm
- Từ năm 2002 đến năm 2007: mực nước trung bình tăng khoảng: -5.51cm

#### 4. Phân tích sơ bộ diễn biến không gian của 2 trạm Vũng Tàu và Hòn Dấu

Dựa trên số liệu của nhóm Nghiên cứu về hằng số điều hòa của Vũng Tàu



Hình 6: xu thế mực nước biển Tại Trạm Vũng Tàu

Báo cáo rút ra được các nhận xét sau:

- Cả 2 trạm đều có xu hướng thay đổi mực nước, ở đây là tăng lên qua các năm nghiên cứu

- Trạm Hòn Dấu thuộc Miền Bắc, Vũng Tàu miền nam, do không gian cũng như địa lý khác nhau cho nên sự biến đổi mực nước có sự khác nhau. Mực nước Trung bình tại Trạm Vũng Tàu cao hơn so với Trạm Hòn Dấu, tuy nhiên sự tăng mực nước này không phải là tăng tuyến tính vì dọc theo chiều dài đường bờ biển Việt Nam, độ lớn thủy triều có tính chất đối xứng.

- Do thay đổi khí hậu, dẫn đến mực nước biển dâng lên gây nhiều hậu quả bất lợi đối với đời sống kinh tế - xã hội của các tỉnh ven biển.

### **III. Kết luận và kiến nghị**

Qua việc phân tích số liệu thực đo của Trạm Hòn Dấu qua các năm và ứng dụng mô hình Mike 21 trong việc phân tích thủy triều. Kết quả cho thấy xu hướng mực nước biển tăng lên qua các năm là do biến đổi khí hậu toàn cầu, trái đất nóng lên kèm theo nhiều hiện tượng khác gây ảnh hưởng xấu tới con người. Từ đó cần có các Nghiên cứu sâu hơn về Biến đổi khí hậu để báo cáo được hoàn thiện hơn.

Kết quả của báo cáo có thể phục vụ cho công tác quy hoạch, dự báo, quản lý và phát triển kinh tế biển nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững trong tương lai, hạn chế nhưng mặt tiêu cực do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Trên đây là báo cáo phân tích thành phần thủy triều tại trạm Hòn Dấu, để báo cáo được tốt hơn nhóm cần có số liệu và thời gian nghiên cứu tại nhiều Trạm trên khắp cả nước. Để có được cái nhìn tổng quan nhất về Thủy Triều Việt Nam.

#### IV. Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “*Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*”, 2009
- [2] Trương Văn Bốn, Nguyễn Tiến Quang, “*Phân tích hằng số điều hòa thủy triều 69 sóng bằng phương pháp bình phương tối thiểu*” - *Tạp san KHKT “Khí tượng Thủy văn*”, Tổng cục KTTV, 1 (385), (1993), 16.
- [3] Vũ Như Hoán, *Phương pháp thống kê dự báo nước dâng và mực nước ven biển miền bắc Việt Nam khi bão tới*. Luận án PTS, Hà Nội 1988
- [4] Phạm Văn Huân, Nguyễn Tài Hợi, “*Dao động mực nước biển ven bờ Việt Nam*”. *Tạp chí Khí tượng thủy văn*, số 556 \* tháng 4 - 2007, tr. 30 - 37.
- [5] Phạm Văn Huân, Nguyễn Tài Hợi, Nguyễn Minh Huân, “*Ứng dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất vào phân tích thủy triều và dòng triều*”- *Khí tượng Thủy văn biển Đông*. Tổng cục KTTV, Trung tâm KTTV biển, NXB Thống kê, Hà Nội, 2000, 196.
- [6] Phạm Văn Huân, Hoàng Trung Thành, “*Sơ đồ chi tiết phân tích điều hòa thủy triều*”. *Tạp chí khoa học ĐHQGHN*, Tập 25, số 1S, 2009, tr. 66 – 75