

Setting of priorities for adapting to climate change

Joel B Smith

Global environmental change, Vol.7, No.3, pp. 251-264, 1997

Copyright © 1997 Published by Elsevier Science Ltd.

Thiết lập các ưu tiên cho việc thích ứng với biến đổi khí hậu

Joel B Smith

Những nỗ lực kiểm soát phát thải khí nhà kính có lẽ sẽ không thể loại bỏ hoàn toàn nguy cơ về biến đổi khí hậu. Do đó, các nhà hoạch định chính sách cần xác định được những giải pháp ứng phó với tác động của biến đổi khí hậu. Sự khó lường về thời gian, hướng biến đổi, mức độ của biến đổi khí hậu khu vực đang làm chậm lại việc đưa ra những biện pháp ứng phó kịp thời trước khi biến đổi khí hậu xảy ra. Vấn đề này có thể sẽ dẫn đến những kết quả không mong muốn một khi tác động của biến đổi khí hậu là không thể đảo ngược, hoặc các nguồn tài nguyên dài hạn bị ảnh hưởng, hoặc xu hướng biến đổi hiện tại làm cho sự thích trở nên kém hơn trong tương lai. Trong bối cảnh này, việc thay đổi về chính sách dự phòng trước những biến đổi của khí hậu là hợp lý. Những biện pháp ứng phó với biến đổi khí hậu cần mềm dẻo hơn để có thể giải quyết được tác động của biến đổi khí hậu hoặc giúp cho một hệ thống có thể phục hồi nhanh chóng hơn trong các điều kiện khí hậu biến đổi. Thêm vào đó, những biện pháp này cần đem lại hiệu quả về mặt kinh tế sao cho lợi ích của chúng mang lại cũng tương xứng với chi phí đầu tư. Mặc dù có rất nhiều biện pháp ứng phó thích hợp, tuy nhiên không phải tất cả các biện pháp này đều cần được thực thi ngay. Những biện pháp cấp thiết phải tiến hành ngay khi:

- 1) xác định được các tác động không thể đảo ngược hoặc tác động gây thiệt hại về kinh tế.
- 2) trong trường hợp khẩn cấp, ví dụ như khi xu hướng biến đổi làm cho việc áp dụng các biện pháp trở nên khó khăn hơn theo thời gian
- 3) đưa ra các quyết định dài hạn, ví dụ như việc xây dựng cơ sở hạ tầng

Một phương pháp được đề xuất cho các nhà hoạch định chính sách tài nguyên thiên nhiên sử dụng trong phân tích tính cấp thiết của các giải pháp đón đầu và hiệu quả của việc lựa chọn giải pháp đón đầu trước những biến đổi của khí hậu. Phương pháp này cho phép các nhà hoạch định chính sách xác định được các biện pháp phòng ngừa cần thực thi ngay.

Giới thiệu

Trong thập kỷ vừa qua, các nhà khí tượng học đều cho rằng sự gia tăng của nồng độ các khí nhà kính sẽ làm cho nhiệt độ trái đất tăng lên đáng kể (NAS, 1979). Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu đã kết luận rằng đến năm 2100 nồng độ khí cacbonic trong khí quyển tăng lên gấp đôi sẽ làm nhiệt độ trái đất tăng lên từ 1 – 3,5°C và mực nước biển tăng từ 0,15 – 0,9m (Houghton và nnk, 1996). Sự biến đổi khí hậu của các vùng, khu vực như thế nào vẫn là điều chưa rõ ràng. Ví dụ như chúng ta không thể biết chắc chắn sẽ có bao nhiêu diện tích đất đai trở nên khô cằn hơn và bao nhiêu vùng đất sẽ bị mất do ngập nước.

Mặc dù sự biến đổi khí hậu vùng chứa nhiều điều tiềm ẩn chưa rõ ràng thì biến đổi khí hậu trên bình diện toàn cầu trong thế kỷ tới hầu như chắc chắn sẽ có những ảnh hưởng nghiêm trọng đến rất nhiều nguồn tài nguyên thiên nhiên. Một số ảnh hưởng tiềm tàng của biến đổi khí hậu ở Hoa Kỳ và khả năng thích ứng trước biến đổi khí hậu sẽ được tổng hợp một cách vắn tắt. Sự ứng phó thành công được định nghĩa là khả năng cung cấp các dịch vụ ở mức độ tương đương, hoặc là trả lại cho tự nhiên trạng thái “khỏe mạnh” vốn có của nó. Sự ứng phó thành công cũng có nghĩa là duy trì rừng, cố gắng sống ở nơi cư trú mới, dự trữ nước để đáp ứng nhu cầu cấp nước tương đương mức độ hiện tại.

Nhìn chung, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu dường như khắc nghiệt đối với các hệ sinh thái tự nhiên hơn là các hệ thống xã hội (Smith và Tirpak, 1989; NAS, 1992). Mức độ biến đổi khí hậu sẽ đạt đến ngưỡng mà rất nhiều loài chỉ có thể ứng phó được bằng cách di cư, thay đổi hành vi, biến đổi di truyền, và điều này dẫn đến sự thu hẹp phạm vi sinh sống và suy giảm sinh khối của rất nhiều loài, đặc biệt là thực vật cạn (Smith và Shugart, 1993; Peters và Lovejoy, 1992; Davis, 1989). Một số loài có thể đối mặt với nguy cơ tuyệt chủng, trong khi đó số lượng các loài khác cũng có thể suy giảm đáng kể (ví dụ: Morse và nnk, 1993; Murphy và Weiss, 1992). Các dự án phát triển (ví dụ như thành phố, trang trại, đường quốc lộ) có thể ngăn các tuyến đường di trú của động vật, hay phản ứng trước biến đổi khí hậu (ví dụ như sử dụng thuốc trừ sâu để chống lại sự lây lan bệnh dịch) đều làm cho các tác động tiêu cực càng trở nên trầm trọng hơn.

Để ổn định khí hậu, sự phát thải cacbonic toàn cầu cần phải giảm xuống dưới 60% so với mức phát thải hiện nay (Houghton và nnk, 1990). Những biện pháp hà khắc là cần thiết để đạt được sự cắt giảm khí thải, tuy nhiên những biện pháp này lại khó nhận được đồng thuận của cộng đồng thế giới. Do vậy, biến đổi khí hậu dường như là điều không thể tránh khỏi. Nếu biến đổi khí hậu là không thể tránh khỏi thì việc thích ứng với những tác động của nó cũng là không thể tránh khỏi.

Vấn đề đối với các nhà hoạch định chính sách là liệu thích ứng chỉ là phản ứng lại trước biến đổi khí hậu, hay các biện pháp cần thực hiện ngay để phòng chống và giảm thiểu những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Bài báo này đưa ra một số tiêu chí áp

dụng để xác định các biện pháp cần được thực thi trước sự biến đổi của khí hậu, và các biện pháp cần được thiết lập ở mức độ ưu tiên cao nhất.

Bảng 1. Tổng kết về các tác động của biến đổi khí hậu và tiềm năng thích ứng đối với một số nguồn tài nguyên thiên ở Hoa Kỳ

Tài nguyên	Tác động tiềm tàng	Tiềm năng thích ứng
Rừng/ thực vật cạn	Thay đổi vùng phân bố của thực vật Thu hẹp phạm vi sống của một số loài Thay đổi thành phần hệ sinh thái	Tiềm năng thấp đối với thích nghi tự nhiên Tiềm năng tối thiểu đối với sức chống chịu của con người
Đa dạng loài	Suy giảm đa dạng sinh học Sự di cư của các loài Sự xâm chiếm của loài mới	Tiềm năng thấp đối với thích nghi tự nhiên Sự can thiệp của con người có thể bảo một số loài chọn lọc
Đất ngập nước	Nhấn chìm các vùng đất ngập nước Thay đổi phân bố đất ngập nước	Tiềm năng thấp đối với thích nghi tự nhiên Xóa bỏ rào cản di cư có thể giảm bớt những mất mát
Hệ sinh thái thủy sinh	Mất nơi cư trú Di chuyển đến nơi cư trú mới Sự xâm chiếm của loài mới	Tiềm năng thích ứng ở mức trung bình đối với các thủy vực mở Tiềm năng thích ứng thấp đối với các loài sinh sống trong thủy vực kín
Tài nguyên xã hội vùng đới bờ	Ứng ngập các công trình phát triển Tăng nguy cơ lũ lụt	Tiềm năng thích ứng cao thông qua các bờ chắn và tái bố trí các công trình
Tài nguyên nước	Biến động về khả năng cung cấp Biến động về sự khô hạn hoặc úng lụt Thay đổi chất lượng nước và ảnh hưởng đến thủy điện	Khả năng thích ứng cao đối với các hệ thống được kiểm soát để cấp nước, chống lụt và sản xuất điện
Nông nghiệp	Thay đổi về mùa vụ Thay đổi năng suất và sản lượng	Khả năng thích ứng cao đối với sự suy giảm sản lượng nông nghiệp vùng bờ
Sức khỏe con người	Biến động về bệnh dịch Thay đổi về nền nhiệt và sự khó chịu đối với thời tiết	Khả năng thích ứng cao thông qua công tác quản lý rủi ro, thay đổi hành vi và cơ sở hạ tầng
Năng lượng	Tăng nhu cầu làm mát Giảm nhu cầu sưởi ấm Thay đổi sản lượng thủy điện	Khả năng thích ứng cao bằng cách tăng sản lượng thủy điện và bảo tồn

Thích nghi phản ứng và thích nghi đón đầu

Rất nhiều phương án ứng phó được thực hiện khi biến đổi khí hậu xảy ra. Nông dân có thể chuyển sang canh tác những loại cây trồng chịu được điều kiện khô hạn hơn khi nhiệt độ tăng lên, đê biển có thể được xây dựng để đối phó lại với mực nước biển tăng lên, các hồ chứa có thể hoạt động để điều tiết sự thay đổi của các dòng sông. Những

ứng phó này được xem là sự thích nghi phản ứng, bởi vì chúng diễn ra sau và để đối phó lại với biến đổi khí hậu. Ngược lại, các biện pháp thích nghi đón đầu diễn ra trước khi xảy ra biến đổi khí hậu (Smith và nnk, 1991). Mục tiêu của các biện pháp thích nghi đón đầu là để giảm thiểu các tác động của biến đổi khí hậu thông qua việc giảm tính dễ tổn thương hoặc làm cho các biện pháp thích nghi phản ứng đạt hiệu quả tốt hơn. Một ví dụ về ứng phó đón đầu đó là việc xây cầu ở khu vực ven biển nên xây cao hơn 1 m để đề phòng mực nước biển dâng.

Do sự khó lường về mức độ, cường độ và hướng diễn biến của biến đổi khí hậu khu vực cũng như thời điểm biến đổi khí hậu trở nên trầm trọng hơn, do đó sẽ là hợp lý hơn để phản ứng với biến đổi khí hậu chứ không phải là cố gắng đón đầu trước. Tại sao chúng ta lại phải áp dụng ngay một giải pháp để thích ứng với sự biến đổi khí hậu mà có thể sẽ không xảy ra, ở những nơi chưa chắc sẽ chịu tác động, và cho những lợi ích chưa rõ ràng của biện pháp thích nghi đón đầu sẽ mang lại sau hàng thập kỷ. Những nỗ lực nhằm đạt được sự đồng thuận đối với các biện pháp ứng phó có thể sẽ là lãng phí. Hơn nữa, những thế hệ trong tương lai sẽ có thu nhập cao hơn, công nghệ tinh vi hơn có thể được sử dụng để hỗ trợ cho việc thích ứng (Ausubel, 1991). Tại sao lại thực hiện những biện pháp đón đầu ở thời điểm này trong khi thế hệ tương lai sẽ được chuẩn bị tốt hơn để đối đầu với những thách thức từ biến đổi khí hậu?

Tuy nhiên, với thái độ “chờ và xem” sự thích nghi sẽ thế nào có thể đưa đến một số bất lợi tiềm tàng:

- *Tác động của biến đổi khí hậu là không thể đảo ngược.* Cái chết, sự tuyệt chủng, hay sự biến mất của các hệ sinh thái có lợi sẽ không thể tránh khỏi.
- *Cái giá phải trả cho biến đổi khí hậu là rất lớn, ngay cả sau khi thích ứng thì tác động có thể là rất lớn.* Ví dụ, các cơn bão, lốc, lũ lụt trầm trọng hơn có thể dẫn đến sự diệt vong và những phá hủy ghê gớm.
- *Những quyết sách và những khoản đầu tư hiện tại về lâu dài có thể bị ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu.* Tuổi thọ của những đập nước có thể kéo dài hàng trăm năm. Nếu như chúng chỉ được thiết kế cho điều kiện khí hậu hiện tại thì hiệu quả về lâu dài có thể bị giảm đi bởi biến đổi khí hậu. Cây cối được trồng ở thời điểm hiện tại với tuổi thọ khoảng vài chục năm có thể sẽ không tồn tại được cho đến khi trưởng thành do biến đổi khí hậu.
- *Phản ứng với biến đổi khí hậu cũng có nghĩa là phản ứng lại những hiện tượng cực đoan của thời tiết như: lũ lụt, hạn hán, bão...* Những chính sách liên quan đến quản lý tài nguyên thiên nhiên thường được điều chỉnh khi trải qua các cơn bão hay hạn hán diễn ra trước đó. Chính sách ứng phó này là phù hợp nhưng nó biểu lộ những nguy cơ của việc thực thi các phương pháp tiếp cận ngắn hạn và không dự báo trước những thay đổi lớn hơn trong tương lai (Glantz, 1988).

Vì vậy, trong rất nhiều trường hợp, việc thực hiện ngay các công tác dự phòng trước biến đổi khí hậu là cần thiết. Với những thảo luận về trở ngại trong việc thích ứng, bài báo này xác định các tiêu chí có thể sử dụng để lựa chọn các giải pháp thích nghi đón đầu để thực thi ngay từ bây giờ với những luận cứ thuyết phục nhất.

Những trở ngại đối với thích nghi đón đầu

Mặc dù công việc dự báo trước diễn biến của biến đổi khí hậu rất được chú trọng, tuy nhiên sự khó lường của biến đổi khí hậu làm cho việc xây dựng những chính sách đón đầu gặp nhiều thách thức.

Sự khó lường về những tác động

Một trong những khó khăn chính trong việc xây dựng các chính sách thích nghi đón đầu là có quá nhiều sự không chắc chắn về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Sự không chắc chắn này đến từ ba nguyên nhân.

Thứ nhất, khí hậu vùng và sự biến động của nó là không chắc chắn. Như đã nêu trên, không thể biết chắc rằng một vùng nào đó sẽ trở nên ẩm ướt hơn, hoặc khô hạn hơn, hay số lượng các cơn bão nghiêm trọng sẽ tăng lên hay giảm đi (Houghton và nnk, 1996). Khí hậu ẩm và khô sẽ có những tác động khác xa so với khí hậu ẩm và ẩm.

Nguyên nhân thứ hai liên quan đến những thay đổi sinh lý xuất phát từ sự thay đổi khí hậu. Rất nhiều những nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu được dựa trên các mô hình thống kê hiệu chỉnh và kiểm tra thông qua những hình thái khí hậu hiện tại quan sát được. Những mô hình này tương đối hạn chế trong việc dự báo những phản ứng của các khí nhà kính và biến đổi khí hậu. Do vậy các mô hình này có thể là quá “lạc quan” hay quá “bi quan” về cách mà các hệ sinh thái phản ứng lại với biến đổi khí hậu. Ví dụ như ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên thực vật là rất phức tạp bởi tác động của nồng độ cacbonic trong khí quyển tăng cao đối với sự phát triển của thực vật, sự hút thu nước và mức độ nhạy cảm về vòng tuần hoàn dinh dưỡng... là không rõ ràng (VEMAP Participants, 1995).

Thứ ba, sự không chắc chắn có thể bắt nguồn từ cách mà tự nhiên và xã hội thích ứng với biến đổi khí hậu thế nào. Ví dụ, tỷ lệ phát tán của thực vật cạn hay các thích ứng hành vi là những yếu tố không xác định (Watson và nnk, 1996; Peters và Lovejoy, 1992). Những phản ứng từ xã hội đối với biến đổi khí hậu thậm chí còn ẩn chứa nhiều sự bất trắc hơn nữa. Chúng ta không biết loài người sẽ phản ứng lại thế nào trước biến đổi khí hậu, loài người có thể nhận thức đúng đắn về những thay đổi thời tiết hay không (Smit và nnk, 1996), và cũng không biết chắc những công nghệ gì hay nguồn tài nguyên gì con người sẽ sử dụng.

Sự khó lường về thời gian

Ngoài những điều không chắc chắn về những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, một vấn đề nữa đó là liệu khi nào những tác động này sẽ xảy ra. Phạm vi tiềm tàng của mức tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu là khá biến động (Houghton et al., 1996). Biên độ biến động nhiệt độ vùng là lớn hơn. Thêm vào đó, khí hậu có thể không thay đổi theo một cách đơn giản và tăng dần. Nghiên cứu cổ khí hậu chỉ ra rằng khí hậu có thể thay đổi đột biến chỉ trong vòng vài thập kỷ (Dansgaard và nnk, 1993). Do đó, những tác động có thể đến rất nhanh chóng và bất ngờ.

Các tiêu chí đối với các chính sách thích nghi đón đầu

Với sự khó lường nhất định, các chính sách thích nghi đón đầu được tạo ra không chỉ để giải quyết những ảnh hưởng của một sự thay đổi khí hậu cụ thể (ví dụ: nhiệt độ tăng 2°C và lượng mưa tăng 10%) ở một thời điểm cụ thể trong tương lai. Những biện pháp thích nghi đón đầu phải đem lại thành công ở những điều kiện biến động của khí hậu. Những chính sách thích nghi đón đầu cần có được một số đặc tính sau:

Tính linh hoạt

Một chính sách linh hoạt được xây dựng hoặc là để tiếp tục duy trì các dịch vụ hoặc tạo ra một phản ứng thích nghi nhanh dưới các điều kiện biến động. Nó cũng hàm nghĩa là “lên kế hoạch cho những gì không chắc chắn” (Ford và Geiner, 1990). Vì khí hậu trong tương lai vẫn còn là một ẩn số, cho nên một biện pháp linh hoạt là cần thiết để đi đến thành công trong một biên độ rộng của các điều kiện khí hậu như nóng khô, hay nóng ẩm. Một biện pháp linh hoạt phải mạnh mẽ và mềm dẻo. Biện pháp mạnh là biện pháp có khả năng duy trì được các chức năng của mình trong các điều kiện biến động (Riebsame, 1991). Ví dụ, việc xây dựng các công chống bão lớn sẽ cho phép hệ thống thoát nước tiêu nước tốt trong các trường hợp mưa bão với cường độ cao xảy ra (Titus, 1990). Đây là một khái niệm phổ biến đối với quy hoạch năng lực cung cấp điện năng, lĩnh vực mà sự không chắc chắn về nhu cầu làm cho hệ thống cơ sở phục vụ tăng lên (Logan và nnk, 1994; Poland, 1988). Một biện pháp mềm dẻo là bản thân nó có khả năng tùy chỉnh hoặc thích nghi với những thay đổi. Ví dụ, nâng giá hỗ trợ về sản xuất cây trồng có thể giúp nông dân chuyển đổi cây trồng nhanh hơn để đáp ứng với biến đổi khí hậu (Lewandrowski và Brazee, 1993).

Lợi ích cao hơn chi phí

Biện pháp thích nghi đón đầu cần thiết phải có khả năng điều chỉnh về mặt kinh tế - những lợi ích có được nhất thiết phải lớn hơn so với chi phí cho những biện pháp này. Việc nhận biết những tác động của biến đổi khí hậu là không dễ dàng, do vậy lợi ích đem lại từ những biện pháp thích nghi đón đầu cũng có thể sẽ không được biết đến qua hàng thập kỷ.

Những lợi ích trong tương lai sẽ là một con số nhỏ hơn nhiều khi chiết khấu đến mức giá hiện nay. Vì vậy, nếu chính sách đón đầu chỉ đem lại lợi ích khi có biến đổi khí hậu, thì các chi phí (không chiết khấu) của các chính sách phải là nhỏ hơn nhiều so với những lợi ích (không chiết khấu). Tính toán như vậy là rất nhạy cảm đối với việc lựa chọn của tỉ lệ chiết khấu. Một triệu đô la lợi nhuận có được trong 70 năm tính từ hiện tại với mức chiết khấu 5% có giá trị lợi nhuận ròng khoảng 33.000 \$. Nếu một tỷ lệ chiết khấu 2% được sử dụng, giá trị lợi nhuận ròng là khoảng \$ 250,000. Trong ví dụ này, sử dụng một tỷ lệ chiết khấu nhỏ hơn sẽ điều chỉnh sự tiêu dùng đến mức tăng cao hơn so với việc sử dụng một tỷ lệ chiết khấu lớn hơn (xem NAS, 1992). Mặt khác, nếu những chính sách đem lại lợi nhuận trong điều kiện khí hậu hiện tại, các chi phí (không chiết khấu) không cần thiết phải nhỏ hơn quá nhiều so với lợi nhuận (không chiết khấu). Điều này là bởi vì lợi nhuận sẽ được tích lũy trong thời gian ngắn hạn. Việc tính đến biến đổi khí hậu sẽ chỉ bổ sung thêm những lợi nhuận tiềm tàng. Ví dụ, sử dụng các thị trường, hơn là chiếm lĩnh trước, để phân bổ nguồn cung cấp nước sẽ làm cho nước phân bổ hiệu quả hơn. Vì vậy, việc sử dụng thị trường nước có thể sẽ là hợp lý về mặt kinh tế mà không cần tính đến sự thay đổi khí hậu. Ngoài ra, sử dụng thị trường nước có khả năng sẽ đem đến một sự điều chỉnh nhanh hơn đối với biến đổi khí hậu (Frederick và Kneese, 1990) và vì vậy làm tăng thêm lợi ích.

Lựa chọn phương án đón đầu tốt nhất

Rất nhiều phương án cho việc đón đầu trước những biến đổi khí hậu thỏa mãn được hai tiêu chí là tính linh hoạt và có lợi nhuận lớn hơn mức chi phí. Văn phòng Thẩm định Công nghệ (1993) đã nêu ra 115 giải pháp khác nhau cho việc thích ứng tài nguyên ven biển, tài nguyên nước, nông nghiệp, đất ngập nước, bảo tồn, rừng, và nghiên cứu liên bang. Những giải pháp này không được xếp hạng theo thứ tự ưu tiên. Một trong những yếu tố quan trọng nhất được xem xét để thiết lập các ưu tiên đó là sự cần thiết phải thực hiện của giải pháp trong thời gian trước mắt. Dưới đây là những tiêu chí được sử dụng để xác định các phương án thích ứng cần được thực hiện trước khi biến đổi khí hậu xảy ra.

Các tác động thảm khốc, bất khả kháng

Các biện pháp thích nghi đón đầu là cần thiết nhất ở những nơi mà biến đổi khí hậu sẽ gây tác động không thể đảo ngược hoặc những tác hại thảm khốc. Ví dụ nghiêm trọng nhất đó là sự tuyệt chủng của một loài: một khi mất đi, các loài không thể tái sinh lại. Việc hủy hoại một hệ sinh thái có giá trị cao như Everglades cũng sẽ hầu như không thể vãn hồi. Mất mát của cuộc sống con người là không thể đảo ngược. Sự chết chóc gia tăng có thể xảy ra từ những thay đổi về bệnh dịch, các cơn bão dữ dội hơn, lũ lụt, hoặc thậm chí là sóng nhiệt (Patz et al., 1996). Gió lốc và lũ lụt cũng có thể gây thiệt hại tài sản nghiêm trọng và thực tế là những gây thiệt hại về tài sản do chúng gây ra đang ngày một tăng (McCulloch và Etkin, 1995). Những biện pháp đón đầu như tăng

cường hoặc thực thi các tiêu chuẩn xây dựng để tăng sức chịu đựng của các công trình đối với những cơn bão để giảm thiệt hại.

Xu hướng không thuận lợi

Các biện pháp thích nghi đón đầu cần được thông qua ngay trong trường hợp xu hướng hiện nay làm cho việc áp đặt các biện pháp thích nghi sau này trở nên khó khăn hơn. Ví dụ, tiếp tục phát triển các vùng ven biển dẫn đến khả năng những khu vực này sẽ phải được bảo vệ một khi chúng bị đe dọa bởi ngập lụt do nước biển dâng. Giá trị của đất đai và các tòa nhà ở khu vực ven biển càng cao thì khả năng sẽ phải đầu tư nhiều hơn cho việc phòng chống ven biển, ví dụ như các kè đá. Kè đá sẽ bảo vệ các khu vực phát triển, nhưng có thể dẫn đến sự thu hẹp của bãi biển và những khu vực đất ngập nước. Ngoài ra, nó còn có nguy cơ làm tăng thiệt hại do lũ lụt khi những kè bảo vệ bờ biển này bị phá vỡ (Nicholls và Leatherman, 1995). Một ví dụ khác là sự phá hủy của các khu vực tự nhiên làm giảm phạm vi sinh sống và số lượng của một số loài bản địa. Khi số lượng và phạm vi sinh sống của các loài giảm, nguy cơ đe dọa đến sự sống còn của chúng sẽ càng lớn hơn khi biến đổi khí hậu xảy ra (WWF, 1992).

Nhưng quyết định mang tính dài hạn

Nhiều quyết định mang tính dài hạn cho tương lai đã được thực hiện ngay ở thời điểm hiện tại. Xây dựng cơ sở hạ tầng cấp nước, phát triển đường bờ biển, chọn địa điểm dự trữ thiên nhiên, và thậm chí trồng một số loài cây là những quyết định có thể kéo dài trong nhiều thập kỷ, hay hàng thế kỷ. Nếu các công trình hoặc các hệ thống này là nhạy cảm với biến đổi khí hậu, chúng có thể sẽ không còn cung cấp hoặc đáp ứng các nhu cầu một khi biến đổi khí hậu xảy ra. Khi ra các quyết định dài hạn, cần so sánh chi phí để tạo ra các hệ thống ít nhạy cảm hơn với biến đổi khí hậu và chi phí cho việc thích nghi với các hệ thống khi biến đổi khí hậu xảy ra. Ví dụ, tăng thêm về khả năng tích trữ của một hồ chứa đang được xây dựng là hợp lý bởi nhu cầu cấp nước là rất khó lường (Fiering và Matalas, 1990). Sự điều chỉnh này đỡ tốn kém hơn và khả thi hơn về mặt kỹ thuật so với việc tạo thêm hồ chứa trong tương lai khi nhu cầu cấp nước tăng lên (NAS, 1992).

Chính quyền một số bang, vùng đã và đang thực hiện một số các chính sách dài hạn nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu. Mực nước biển tăng lên sẽ cản trở sự thoát nước của các hệ thống dòng chảy đổ vào biển (Schwartz và Dillard, 1990). Thành phố New York rõ ràng đã tính đến điều này và đã nâng hệ thống cống thoát cho Third City Tunnel trên đảo Roosevelt cao hơn kế hoạch ban đầu (Major, 1992). Rõ ràng, thành phố đã đánh giá biện pháp nâng cao ống thoát là ít tốn kém hơn là sẽ phải xây dựng lại hệ thống cống vào một ngày nào đó. Với chi phí bổ sung rất ít, Ban quản lý tài nguyên nước Massachusetts đã xây dựng hệ thống cống thải Deer Island cao hơn do có tính đến sự dâng lên của mực nước biển trong tương lai. Khi mực nước biển dâng, các

công chảy trọng lực sẽ vẫn hoạt động, do đó tiết kiệm chi phí hàng trăm triệu đô la cho việc vận hành các máy bơm (Estes-Smargiassi, năm 1992). Ngoài ra, Quốc hội sửa đổi Luật Quản lý đới bờ năm 1990 phục vụ cho quy hoạch vùng ven biển và có tính đến sự dâng cao của mực nước biển do biến đổi khí hậu toàn cầu (CZMA, 1990).

Áp dụng các tiêu chí cho việc lựa chọn các chính sách ưu tiên

Trước hết cần phải xác định tiêu chí cần thiết cho các biện pháp thích ứng đón đầu đối với các nguồn tài nguyên nhạy cảm với biến đổi khí hậu. Ngoài trừ nông nghiệp, và những yếu tố bất thường về sức khỏe, tất cả các thành phần khác cần có ít nhất một số điều chỉnh để phục vụ cho các biện pháp đón đầu trước biến đổi khí hậu¹. Mức độ điều chỉnh và các cơ hội đối với các biện pháp đón đầu là khác nhau đáng kể.

Bảng 2. Các yếu tố cần thiết cho việc xác định các biện ứng phó đón đầu

Tài nguyên	Không thể đảo ngược/thảm họa	Dài hạn	Xu hướng bất lợi
Rừng/ thực vật	x		x
Đa dạng loài	x		x
Đất ngập nước ven bờ	x		x
Tài nguyên vùng bờ		x	x
Tài nguyên nước		x	
Nông nghiệp			
Sức khỏe	?		
Năng lượng		x	

x: tiêu chí đạt được; ?: tiêu chí không đạt được

Những nguồn tài nguyên không được quản lý (rừng/ thảm thực vật, đa dạng sinh học, và đất ngập nước ven biển) có thể sẽ bị tổn hại nặng nề hoặc mất đi vĩnh viễn. Sự suy giảm của những vùng sinh thái tự nhiên và các tuyến di trú đang tạo nên một xu thế bất lợi đối với khả năng thích nghi trước biến đổi khí hậu của những nguồn tài nguyên này. Việc thiết lập các chính sách đón đầu cho các vùng đệm, hành lang di cư, hay sự lai tạo giữa các loài là thực sự cần thiết. Cả hai nguồn tài nguyên nước và đới bờ đều liên quan đến các quyết định dài hạn ví dụ như việc xây dựng cơ sở hạ tầng. Những quyết định này cần thiết phải tính đến biến đổi khí hậu khi cơ sở hạ tầng được thiết kế và xây dựng. Xây dựng công trình thủy điện là một quyết định dài hạn và quyết định này cần phải xem xét đến những tác động của biến đổi khí hậu.

¹ Nông nghiệp là rất linh hoạt và sẽ có khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu bằng cách chuyển đổi cây trồng, phương thức canh tác, và vị trí canh tác. Như là một “rào chắn” chống lại tác động biến đổi khí hậu, nông nghiệp vẫn có thể được tận trọng đầu tư trong phát triển và duy trì các cây trồng có khả năng chịu hạn, các công nghệ cải thiện hiệu suất nông nghiệp (Rosenberg, 1992).

Các tiêu chí này được áp dụng cho các ví dụ về các biện pháp thích ứng đón đầu trình bày và thảo luận dưới đây:

Xây dựng các công trình bờ

Biện pháp thích nghi đón đầu đối với việc xây dựng cơ sở hạ tầng có thể là tạo ra các con đập, cống bão, nhà máy xử lý nước thải có quy mô lớn hơn, được xây dựng cao hơn và có tính đến sự dâng cao của mực nước biển hoặc sự thay đổi của dòng chảy khi có biến đổi khí hậu. Các con đập lớn hơn sẽ tăng thêm khả năng bảo vệ chống lại lũ lụt hoặc hạn hán và các bão cống lớn hơn sẽ có thể hoạt động hiệu quả dưới điều kiện mưa bão dữ dội hơn.

Các cống thải cao hơn (hoặc hệ thống ống lấy nước ngọt nằm xa hơn về phía thượng lưu để tránh sự xâm nhập mặn) sẽ hạn chế được nhiều tổn kém khi mực nước biển dâng, và do đó lợi ích thu được sẽ lớn hơn chi phí. Trong trường hợp này, các tác động không thể đảo ngược hoặc thảm họa có thể không cần xem xét đến, trừ khi có lũ lụt lớn, bởi vì tác động sẽ không thể gây hậu quả quá tổn kém. Hơn nữa, cũng không có xu hướng bất lợi nào cản trở đối với việc ứng phó. Nhiều cơ sở hạ tầng có thể tồn tại hàng thế kỷ hoặc lâu hơn nữa nên có thể coi nó như một giải pháp dài hạn. Những thay đổi đường bờ đòi hỏi hệ thống thoát nước phải được tính toán kỹ lưỡng hơn khi xây dựng (ví dụ như các cống thải cao hơn có thể hoạt động khi mực nước biển dâng cao, hoặc mực nước cao do bão). Vì chúng có chi phí thấp, trừ khi một tỷ lệ chiết khấu cao được sử dụng hoặc biến đổi khí hậu được giả định với xác suất thấp, nên lợi ích của chúng là cao hơn so với chi phí.

Bảng 3. Các tiêu chí cho các biện pháp ứng phó đón đầu quan trọng và các ví dụ

Ví dụ	Không thể đảo ngược/thảm họa	Xu hướng bất lợi	Dài hạn	Linh hoạt	Lợi ích/chi phí
Sự thay đổi cơ sở hạ tầng vùng bờ			x	x	x
Các hành lang di trú trong các khu vực phát triển	x	x		x	
Các hành lang di trú trong các khu vực chưa phát triển	x		x	x	x
Bờ giạt cấp bãi biển	x	x	x	x	x

Hành lang di cư

Hai lựa chọn được so sánh đó là: tạo ra hành lang di cư cho các loài tại những khu vực phát triển đã tồn tại, và thiết lập những vùng đất dự trữ chưa phát triển để tạo thành các hành lang. Lựa chọn đầu tiên chỉ đáp ứng tiêu chí “các tác động thảm khốc/bất khả kháng”. Nó giúp tránh những tác động không thể đảo ngược, sự mất đi của các loài hoặc các hệ sinh thái. Do các công trình đã tồn tại và phát triển, không nhất thiết phải

đầu tư tiền bạc ngay bây giờ để giải quyết một xu hướng bất lợi. Các hành lang di trú có thể được tạo ra trong vòng 10 hoặc 20 năm tới trước khi có những thay đổi khí hậu rõ rệt. Không một quyết định nào được thực thi hiện nay có một khung thời gian dài hạn. Các hành lang sẽ giúp tăng khả năng phục hồi của môi trường trước thay đổi khí hậu bằng cách cho phép một số loài di cư tới. Việc tạo hành lang là rất tốn kém vì sẽ phải thu hồi quỹ đất, bồi thường nhà cửa, các công trình giao thông và các cơ sở hạ tầng khác. Như vậy, lợi ích trong tương lai (có được từ sự cắt giảm chi phí) từ biến đổi khí hậu có thể sẽ không bù đắp được những khoản đầu tư này.

Mặt khác, việc duy trì một hành lang di trú sẵn có là hợp lý. Giả sử một con sông tương đối dài chảy theo hướng Bắc-Nam có rất ít hoặc không có các công trình phát triển dọc theo nó. Con sông và bờ của nó có thể trở thành một hành lang di chuyển cho rất nhiều loài (Baldwin, 1989). Quyết sách trong trường hợp này là liệu có đình chỉ vĩnh viễn các công trình phát triển dọc theo con sông. Điều này sẽ đáp ứng tất cả các tiêu chuẩn ưu tiên của biện pháp đón đầu bởi vì nó (1) tránh sự mất mát không thể đảo ngược của các loài và các hệ sinh thái, (2) giải quyết những xu thế bất lợi khi các dự án phát triển được cấp phép làm cho việc thiết lập một hành lang trong tương lai khó khăn hơn nhiều, (3) là một quyết định dài hạn vì những dự án phát triển có khả năng sẽ tồn tại trong nhiều thập kỷ hoặc lâu hơn, (4) tăng tính linh hoạt bằng cách nâng cao khả năng phục hồi, và (5) tùy thuộc vào giả định về tỷ lệ giảm giá và xác suất của biến đổi khí hậu, đáp ứng tiêu chí về tỷ lệ lợi nhuận / chi phí.

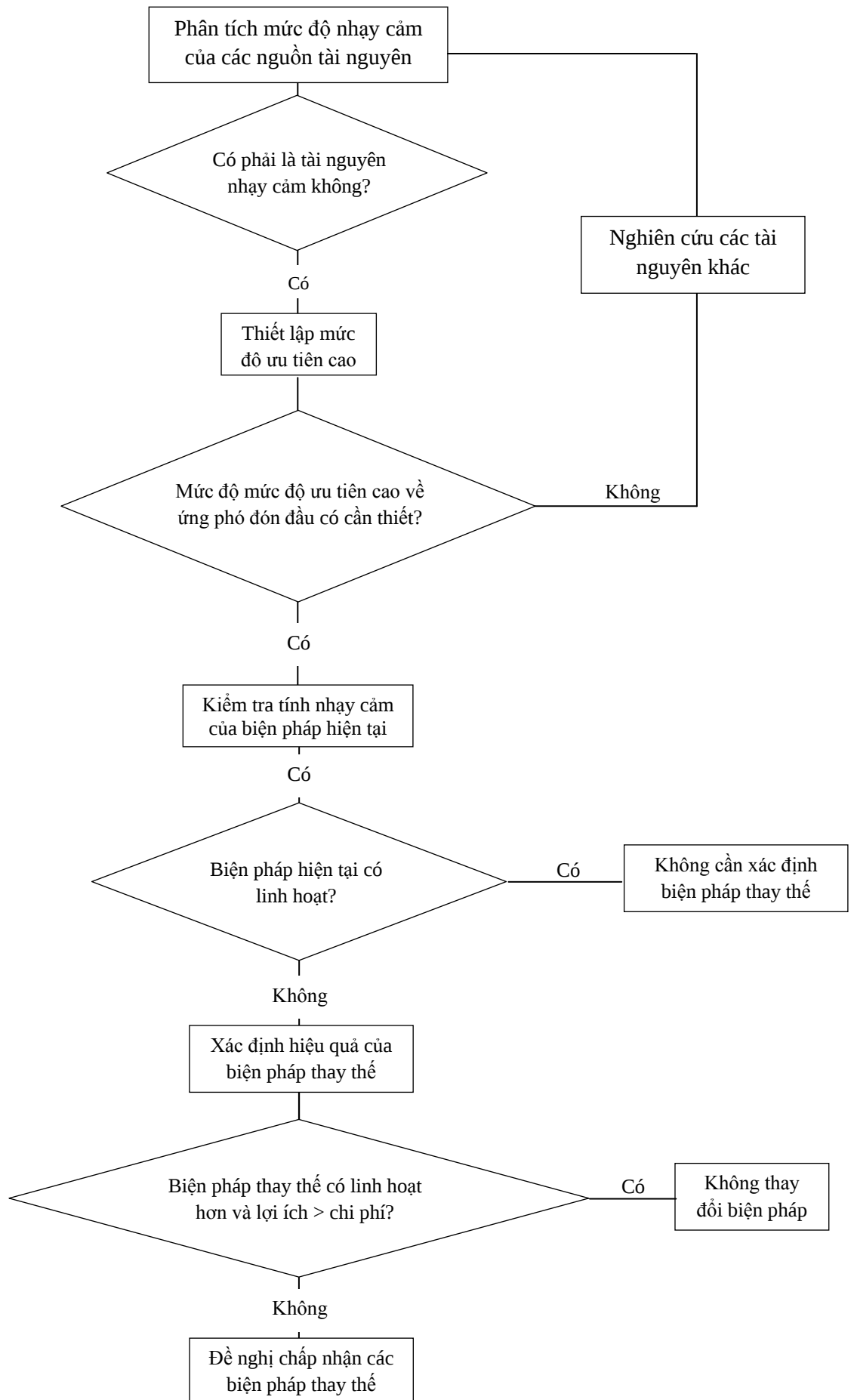
Các bờ giạt cấp cho các khu vực phát triển ven biển

Như là một biện pháp đón đầu một cộng đồng có thể yêu cầu xây dựng mới bờ giạt cấp ở giới hạn triều cao như một rào chắn chống lại mực nước biển dâng (nếu một bờ biển mà không có vách đá thì việc tạo một bờ giạt cấp sẽ ít phù hợp). Điều này sẽ cho phép cho mực nước biển dâng lên đến một mức nhất định trước khi việc bảo vệ bờ trở nên cần thiết. Do đó, bờ giạt cấp sẽ tạm thời tránh được sự phá huỷ về tài sản, đe dọa cuộc sống, và những tác động không thể đảo ngược của việc mất đất ngập nước. Sự cần thiết của một bờ giạt cấp đó là giải quyết được các xu hướng bất lợi, bởi vì đường bờ biển đang được phát triển và các bờ giạt cấp phải áp đặt trước khi việc xây dựng bắt đầu. Sự phát triển bờ biển hầu như đảm bảo rằng các bờ biển sẽ vẫn phát triển trong nhiều thập kỷ hoặc thế kỷ, đáp ứng tiêu chí khung thời gian dài hạn. Các bờ giạt cấp tăng sức chống chịu trước mực nước biển dâng do đó biện pháp này góp phần làm tăng tính linh hoạt. Bờ giạt cấp chỉ liên quan đến các chi phí hành chính để thực hiện và vì vậy nó ít tốn kém. (Tuy nhiên, chủ sở hữu tài sản đã mua một tài sản ven biển với ý định phát triển nó có thể phải đối mặt với sự sụt giảm giá trị bất động sản). Nếu chủ sở hữu tài sản được bù đắp cho giá trị tài sản bị mất mát, các chi phí của việc áp dụng các biện pháp là cao hơn.

Quy trình xác định và phân tích các biện pháp thích ứng đón đầu

Ở đây một quy trình được đề xuất cho các nhà hoạch định chính sách tài nguyên thiên nhiên sử dụng để xác định phạm vi các biện pháp, trong đó sự thích ứng với biến đổi khí hậu cần được xem xét, xác định các lựa chọn cho việc đón đầu trước biến đổi khí hậu, và xác định những giải pháp nào là quan trọng nhất đối với thích nghi đón đầu. Quá trình này có lợi thế về tính hệ thống và sự đơn giản. Cấu trúc cơ bản được trình bày trong hình 1, với điểm cơ bản nằm trong các ô bầu dục và các bước phân tích trong các ô vuông.

Một ví dụ về bảo vệ dải bờ biển chưa được khai thác phát triển để minh họa cho quá trình phân tích giải pháp. Giả sử dải bờ biển có các bãi tắm và đất ngập nước. Biện pháp hiện tại cho phép xây dựng trong vòng 100 yards (thước Anh) so với mức triều cao. Khi mực nước biển tăng 0,5 m tất cả các công trình này sẽ đều bị ngập. Xây dựng các bờ chắn để bảo vệ các công trình khỏi mực nước biển dâng sẽ dẫn đến ngập lụt của các bãi biển và ngăn chặn di cư cục bộ trong vùng đất ngập nước (Titus, năm 1991).



Hình 1. Quy trình phân tích tính cấp thiết của việc áp dụng các biện pháp thích ứng

Phân tích tính nhạy cảm của tài nguyên đối với biến đổi khí hậu

Bước đầu tiên là phân tích tính nhạy cảm của tài nguyên đối với biến đổi khí hậu. Những đánh giá cần thiết phải xác định được liệu biến đổi khí hậu có gây ra những tác động tiêu cực hay không. Nếu một nguồn tài nguyên có biểu hiện nhạy cảm với biến đổi khí hậu, các nhà hoạch định chính sách cần thực thi các bước tiếp theo. Trong trường hợp nguồn tài nguyên đó không nhạy cảm trước biến đổi khí hậu, các nhà hoạch định chính sách có thể nghiên cứu những nguồn tài nguyên khác họ quản lý mà không cần thiết phải quan tâm thêm về nguồn tài nguyên đó nữa. Bài báo này không xác định các phương pháp cho việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, tuy nhiên các văn kiện bao gồm *Hướng dẫn kỹ thuật đánh giá tác động của biến đổi khí hậu và cách ứng phó* (Carter và nnk, 1994) của Ủy ban Liên Chính phủ về biến đổi khí hậu, và *Hướng dẫn đánh giá tính tổn thương và khả năng ứng phó* (Benioff và nnk, 1996) của Ban quản lý Khoa học Quốc gia Hoa Kỳ cung cấp các phương pháp đánh giá các tác động của biến đổi khí hậu.

Những nguồn tài nguyên, dải bờ biển rất nhạy cảm và dễ bị tác động khi mực nước biển dâng. Các công trình, nhà cửa có thể bị ngập. Nếu các công trình, nhà cửa được bảo vệ các bãi biển sẽ bị ngập, đất ngập nước sẽ mất đi. Do vậy, câu trả lời đối với câu hỏi thứ nhất trên hình 1 sẽ là “có”, các bước tiếp theo sẽ cần được thực thi.

Lựa chọn những tài nguyên nơi ứng phó được thiết lập ở mức ưu tiên cao

Nếu một nguồn tài nguyên là nhạy cảm đối với biến đổi khí hậu, các nhà hoạch định chính sách phải xem xét có cần thiết lập ưu tiên để đón đầu trước biến đổi khí hậu. Sự ưu tiên nên được thiết lập cho các trường hợp (1) khí hậu thay đổi sẽ dẫn đến những tác động thảm họa không thể đảo ngược (được xác định ở bước đầu tiên); (2) những xu hướng hiện tại làm cho việc thích ứng trở nên khó khăn hơn; hay (3) những quyết định mang tính dài hạn được thi hành. Trong trường hợp thích ứng đón đầu ưu tiên cao được thực thi, các nhà hoạch định chính sách cần triển khai bước kế tiếp. Nếu không, họ cần xác định những địa bàn có thiết lập ưu tiên cao khác thuộc thẩm quyền.

Ví dụ về đường bờ biển đáp ứng được cả ba tiêu chí cho việc thiết lập ứng phó ở mức độ ưu tiên cao. Nó giải quyết được xu hướng bất lợi khi các công trình phát triển hoặc sẽ phải được bảo vệ và chấp nhận mất đi bãi biển và đất ngập nước, hoặc sẽ phải hy sinh lợi ích kinh tế từ các công trình phát triển. Mực nước biển dâng có thể dẫn đến việc mất đất ngập nước, thậm chí là thảm họa. Ngoài ra, sự phát triển ở dải bờ biển mang tính dài hạn và kéo dài hàng thập kỷ. Do đó, các biện pháp thích ứng ưu tiên cao là phù hợp và các nhà hoạch định chính sách cần thiết phải thực hiện bước kế tiếp trình bày trên hình 1.

Phân tích tính nhạy cảm của các chính sách hiện tại trước biến đổi khí hậu

Bước kế tiếp là phân tích liệu các chính sách hiện tại có đủ linh hoạt để thực hiện ứng phó một cách hiệu quả. Để làm được việc này trước tiên cần xác định được các mục tiêu của chính sách hiện tại.

Bảng 4. Ma trận thí dụ về phân tích hiệu quả của các giải pháp bảo vệ vùng bờ

Các giải pháp	Khí hậu	Mục tiêu			
		Bảo vệ các công trình	Bảo vệ bãi biển	Bảo vệ đất ngập nước	Giảm thiểu chi phí
Cho phép phát triển vùng bờ	Hiện tại	Có	Có	Có	Có
	Thay đổi	Có	Không	Không	Không

Trong ví dụ này, mục tiêu là nhằm bảo vệ các công trình phát triển, bảo vệ bờ biển, bảo vệ đất ngập nước, và giảm thiểu những chi phí. Giải pháp hiện tại đáp ứng được các mục tiêu đến đâu dưới ảnh hưởng của khí hậu hiện tại và khí hậu biến đổi sẽ được xác định dựa theo phương pháp ma trận như trình bày ở bảng 4. Trong bảng này, bốn mục tiêu được trình bày ở bốn cột. Chính sách được phân tích là cho phép phát triển các công trình nhà cửa ở dải bờ biển. Trong ví dụ này, “có” hoặc “không” sẽ được sử dụng để xác định liệu mục tiêu có đạt được hay không. Đồng thời, ở đây cũng cố gắng xác định mức độ đạt được của mục tiêu, mặc dù việc định lượng là rất khó. Chính sách đáp ứng tất cả các mục tiêu của nó ở điều kiện khí hậu hiện tại. Khi nước biển không dâng cao, thì các bãi biển và vùng đất ngập nước sẽ tồn tại, thậm chí là khi có các công trình phát triển được xây dựng ở đó. Dưới điều kiện khí hậu thay đổi (nước biển dâng) rất nhiều các mục tiêu không thể đạt được. Các công trình xây dựng có thể được bảo vệ nếu các rào chắn được xây dựng. Tuy nhiên, một khi những rào chắn này được xây dựng sẽ làm mất các bãi biển và vùng đất ngập nước. Hơn nữa, những chi trả cho các công trình đê biển cũng đồng nghĩa với việc chi phí không được giảm thiểu. Vì vậy, giải pháp hiện tại là không linh hoạt.

Hiệu quả của giải pháp hiện tại bị suy giảm dưới tác động của biến đổi khí hậu, nên chúng ta sẽ cần một giải pháp thay thế.

Xác định hiệu quả tương đối của các chính sách thích ứng đón đầu

Bước cuối cùng là phân tích xem giải pháp thay thế có hiệu quả hơn trong việc đáp ứng các mục tiêu dưới điều kiện khí hậu hiện tại và khí hậu biến đổi hay không.

Trong ví dụ này, giải pháp thay thế là một bờ giạt cấp cao hàng trăm mét so với mực nước triều cao cho các công trình phát triển. Phân tích về tính hiệu quả của các giải pháp hiện tại và giải pháp thay thế trong việc đánh giá các mục tiêu của các giải pháp này được thể hiện trong bảng 5. Mục tiêu của giải pháp này vẫn đạt được ngay cả khi bờ giạt cấp được xây dựng và mực nước biển không dâng. Những công trình phát triển, bãi biển và các vùng đất ngập nước vẫn sẽ được duy trì ở mực nước biển hiện

nay. Sẽ không có phi phí tổn hao để duy trì chúng do đó chi phí được giảm thiểu (Một vấn đề có thể gây tranh luận đó là chi phí cơ hội của việc không phát triển sử dụng đất sẽ cho một giá trị cao hơn).

Nếu mực nước biển dâng, giải pháp bờ giạt cấp sẽ mang lại những thành công lớn hơn so với các giải pháp hiện tại trong việc đáp ứng các mục tiêu. Các công trình, nhà cửa đang tồn tại sẽ được bảo vệ mà không cần phải xây dựng những rào cản ven bờ. Do vậy sẽ tốn kém ít chi phí hơn. Thêm vào đó, các vùng đất ngập nước vẫn có thể liên thông nối liền với nhau, và các bãi biển được duy trì. Giải pháp về bờ giạt cấp là linh động hơn trong việc đạt được các mục tiêu của chính sách thay thế và giảm được chi phí đáng kể, khi đó bước cuối cùng cần được thực hiện: kiến nghị và thông qua giải pháp này.

Bảng 5. Ma trận thí dụ về phân tích hiệu quả của các giải pháp bảo vệ đa dạng sinh học

Các giải pháp	Khí hậu	Mục tiêu			
		Bảo vệ các công trình	Bảo vệ bãi biển	Bảo vệ đất ngập nước	Giảm thiểu chi phí
Cho phép phát triển vùng bờ	Hiện tại	Có	Có	Có	Có
	Thay đổi	Có	Không	Không	Không
Xây dựng bờ giạt cấp	Hiện tại	Có	Có	Có	Có
	Thay đổi	Có	Có	Có	Có

Kết luận

Bài báo này có thể sử dụng để xác định những giải pháp nào cần được thiết lập mức độ ưu tiên cao để ứng phó với biến đổi khí hậu. Nó còn hữu ích trong việc xác định giải pháp nào trong số các giải pháp ứng phó biến đổi khí hậu cần được thực thi để đón đầu trước những biến đổi của khí hậu. Tất cả các giải pháp thích ứng với biến đổi khí hậu cần linh hoạt và mang lại lợi ích lớn hơn so với chi phí. Trong trường hợp những nơi biến đổi khí hậu gây ra những thảm họa không thể đảo ngược, những nơi diễn ra xu hướng làm cho việc thích ứng trong tương lai trở nên khó khăn hơn, hay những nơi mà các quyết định dài hạn được áp dụng cho các nguồn tài nguyên nhạy cảm, những biện pháp thích ứng cần được thực thi để đón đầu trước những biến đổi khí hậu. Cuối cùng, bài báo này đề xuất một quy trình phân tích mức độ cần thiết và hiệu quả của các giải pháp thay thế. Quy trình này giúp cho việc quyết định liệu các giải pháp thay thế có đảm bảo thành công hơn so với các giải pháp hiện tại hay không, đồng thời xác định được lợi ích và những chi phí cho các giải pháp này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ausubel, J. H. (1991) A second look at the impacts of climate change. *American Scientist* 79, 210-221.
- Baldwin, M. F. (1989) Applicability of Federal long-range planning and environmental impact statement processes to global climate change issues. In the potential effects of Global Climate Change on the United States, eds J. B. Smith and D. Tirpak. Appendix J, Policy, EPA-230-05-89-060, pp. 3-16-3-36. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Benioff, R., Guill, S. and Lee, J. (eds) (1996) *Vulnerability and Adaptation Assessments: An International Guidebook*. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Carter, T. R., Parry, M. L., Harasawa, H. and Nishioka, S. (1994) *ZPCC Technical Guidelines, for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*. Department of Geography, University College London.
- Coastal Zone Management Act (CZMA) (1990) 16 USC. @1451-1464.
- Dansgaard, W. (1993) Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364, 2 18-220.
- Davis, M. B. (1989) Lags in vegetation response to greenhouse warming. *Climatic Change* 15, 75-82.
- Estes-Smargiassi, S. (1992) Personal communication. Massachusetts Water Resources Authority, Boston, MA.
- Fiering, M. B. and Matalas, N. C. (1990) Decision-making under uncertainty. In *Climate Change and U.S. Water Resources*, ed. P. E. Waggoner, pp. 75-84. Wiley, New York.
- Ford, A. and Geinzer, J. (1990) Adding uncertainty to least-cost planning: a case study of efficiency standards in the Northwest. *Energy Policy* May, 331-339.
- Frederick, K. D. and Kneese, A. V. (1990) Reallocation by markets and prices. In *Climate Change and U.S. Water Resources*, ed. P. E. Waggoner, pp. 395-419. Wiley, New York.
- Glantz, M. H. (1988) *Societal Responses to Regional Climatic Change-Forecasting by Analogy*. Westview Press, Boulder, CO.
- Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Callander, B. A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (eds) (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*, contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. New York.
- Houghton, J. T., Jenkins, G. J. and Ephraums, J. J. (eds) (1990) *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. Cambridge University Press. New York.
- Lewandrowski, J. K. and Brazee, R. J. (1993) Farm programs and climate change. *Climatic Change* 23, 1-20.

- Logan, D. M., Neil, C. A. and Taylor, A. S. (1994) Modeling renewable energy resources in integrated resource planning. Report to National Renewable Energy Laboratory. RCG/Hagler Bailly, Boulder, CO.
- Major, D. C. (1992) Urban water supply and global environmental change: the water supply system of New York City. Presented at the 28th Annual Conference and Symposium, Managing Water Resources During Global Change, Reno, NV.
- McCulloch, J. and Etkin, D. (eds.) (1995) Proceedings of A Workshop on Improving Responses to Atmospheric Extremes: The Role of Insurance and Compensation. Toronto, Ontario.
- Morse, L. E., Kutner, L. S., Maddox, G. D., Kartesz, J. T., Honey, L. L., Thurman, C. M. and Chaplin, S. J. (1993) The Potential Effect of Climate Change on the native Vascular Flora of North America North of Mexico: A Preliminary Climate Envelops Analysis, Interim Report. The Nature Conservancy, Arlington, VA.
- Murphy, D. D. and Weiss, S. B. (1992) Effects of climate change on biological diversity in western North America: species losses and mechanisms. In Global Warming and Biological Diversity, eds R. L. Peters and T. E. Lovejoy. pp. 355-367. Yale University Press. New Haven, CT.
- NAS (National Academy of Sciences) (1992) Policy Implications of Greenhouse Warming: Report of the Adaptorion Panel National Academy Press, Washington, DC.
- NAS (National Academy of Sciences) (1979) Carbon Dioxide and Climate: A Scientific Assessment. National Academy Press, Washington, D.C.
- Nicholls, R. J. and Leatherman, S. P. (1995) Sea level rise. In As Climate Changes: Internrtiual Impacts and Implicutiom. eds K M. Strzepek and J. B. Smith. Cambridge University Press, Cambridge.
- Office of Technology Assessment (1993) Preparing for an Uncertain Climate. Volumes I and II. OTA-0-567 and OTA-O-568. U.S. Government Printing Office. Washington, DC.
- Patz, J. A., Epstein, P. R., Burke, T. A. and Balbus, J. M. (1996) Global climate change and emerging infectious diseases. Journd of the American Medical Association 275(3), 217-223.
- Peters, R. L. and Lovejoy, T. E. (eds) (1992) Global Warming and Biological Diversity. Yale University Press. New Haven, CT.
- Poland, W. B. (1988) The importance of including uncertainties in economic generation reliability planning. The Energy Journal 9. 19-32.
- Riebsame, W. E. (1991) Sustainability of the Great Plains in an uncertain climate. Great Plains Research 1(1). 133 - 151.

- Rosenberg, N. J. (1992) Adaption of agriculture to climate change. *Climatic Change*. 21, 385-405.
- Schwartz, H. E. and Dillard, L. A. (1990) Urban water. In *Climate Change and U.S. Water Resources*, ed. P. E. Waggoner, pp. 341-366. Wiley. New York.
- Smit, B., McNabb, D. and Smithers, J. (1996) Agricultural adaption to climatic variation. *Climatic Change* 33, 1-29.
- Smith, J. B. and Tirpak, D. (eds) (1989) *The Potential Effects of Global Climate Change on the United States*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-230-05-X9-050. Washington, DC.
- Smith, J. B., Silbiger, A., Benioff, R., Titus, J., Hinckley, D. and Kalkstein, L. (1991) *Adapting to Climate Change: What Government Can Do*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy, Planning and Evaluation. Washington, DC.
- Smith, T. M. and Shugart, H. H. (1993) The transient response of terrestrial carbon storage to a perturbed climate. *Nature* 361, 523-526.
- Titus, J. G. (1991) Greenhouse effect and coastal wetland policy: how Americans could abandon an area the size of Massachusetts at minimum cost. *Environmental management* 15(1), 39-58.
- Titus, J. G. (1990) Strategies for adapting to the greenhouse effect. *APA Journal*, 311, Summer.
- VEMAP Participants (1995) Vegetation/ecosystem modeling and analysis project (VEMAP) comparing biogeography and biogeochemistry models in a continental scale study of terrestrial ecosystem responses to climate change and CO₂ doubling. *Global Biogeochemical Cycles* 9, 407-437.
- Watson, R. T., Zinyowera, M. C. and Moss, R. H. (eds) (1996) *Climate Change 1995: The IPCC Second Assessment Report. Volume 2: Scientific Technical Analyses of Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- WWF (World Wildlife Fund) (1992) *Can Nature Survive Global Warming?* World Wildlife Fund International Discussion Paper. World Wildlife Fund, Washington, DC.