

Strategies to adapt to an uncertain climate change

Stephane Hallegatte a,b,*

^aCentre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED), 45bis Av. de la Belle Gabrielle, F-94736 Nogent-sur-Marne, France

^bEcole Nationale de la Météorologie, Météo-France, Toulouse, France

Global Environmental Change, Volume 19, Issue 2, May 2009, Pages 240-247

Copyright © 2008 Elsevier Ltd All rights reserved.

Các chiến lược thích ứng trước biến đổi khó lường của khí hậu

Stephane Hallegatte

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, thích ứng, khó lường

TÓM TẮT

Đã đến lúc các quyết định liên quan đến dự án đầu tư dài hạn cần phải tính đến biến đổi khí hậu. Nhưng điều đó là không dễ dàng bởi ít nhất hai nguyên nhân. Thứ nhất, do tốc độ biến đổi khí hậu nhanh nên cơ sở hạ tầng mới xây dựng sẽ phải có khả năng đương đầu với phổ rộng hơn các điều kiện khí hậu, và điều này sẽ làm cho việc thiết kế khó khăn hơn và chi phí xây dựng cũng tốn kém hơn. Thứ hai, do sự bất thường của khí hậu trong tương lai cho nên không thể trực tiếp sử dụng đầu ra của một mô hình khí hậu đơn lẻ như là cơ sở cho việc thiết kế cơ sở hạ tầng, và cũng không thể trông đợi sẽ có ngay những thông tin khí hậu cần thiết. Thay vì tối ưu hóa dựa trên các điều kiện khí hậu dự báo của các mô hình, cơ sở hạ tầng trong tương lai cần được xây dựng vững chãi hơn để đối mặt với những thay đổi của khí hậu. Mục tiêu này hàm ý rằng người sử dụng những thông tin liên quan đến khí hậu cũng phải thay đổi những hành động của họ và các khung ra quyết định, chẳng hạn như bằng cách thích ứng các phương pháp quản lý bất trắc mà họ đang áp dụng đối với tỷ giá hối đoái. Năm phương pháp được thử nghiệm đó là: (1) lựa chọn những chiến lược “không hối tiếc” mà có thể sẽ mang lại lợi ích thậm chí ngay cả khi không có biến đổi khí hậu, (2) ủng hộ những giải pháp có tính linh hoạt, (3) đầu tư các “bờ an toàn” cho các công trình phát triển mới, (4) khuyến khích những chiến lược ứng phó mềm, (5) giảm thời gian ra quyết định. Thêm vào đó, cần phải giám sát cả những ảnh hưởng tích cực, tiêu cực và xem xét khả năng mở rộng của các giải pháp thích ứng. Tương tác thích ứng giảm nhẹ cũng đòi hỏi thiết kế và đánh giá tổng hợp cho các giải pháp thích ứng và giảm nhẹ mà thường phát triển bởi các cộng đồng riêng biệt.

1. Giới thiệu

Việc yêu cầu các quyết định được thực thi cần phải tính toán đến biến đổi khí hậu ngày càng nhận được nhiều hơn sự đồng thuận. Rõ ràng nhiều quyết định chỉ có vai trò ngắn hạn và ít nhạy cảm với khí hậu. Một nhà máy sản xuất các linh kiện điện tử có tuổi đời không đến một vài thập kỷ, và các điều kiện khí hậu sẽ không khác biệt gì nhiều trong khoảng thời gian này. Đồng thời một nhà máy như vậy không nhạy cảm đối với các điều kiện khí hậu, và nó cũng không được xây dựng ở những khu vực hay xảy ra lũ lụt hay khu vực ven biển.

Tuy nhiên, vẫn còn rất nhiều quyết định dài hạn khác nhạy cảm đối với biến đổi khí hậu. Ví dụ như quy hoạch đô thị, chiến lược quản lý rủi ro, thiết kế và tiêu chuẩn hóa cơ sở hạ tầng cấp nước, giao thông, các công trình nhà cửa. Hệ quả của những quyết định này có thể kéo dài từ 50-200 năm. Quy hoạch đô thị tác động đến cấu trúc các thành phố trong một thời gian rất dài. Các quyết định và loại hình đầu tư này là khá rủi ro trước những thay đổi của khí hậu và mực nước biển dâng. Ví dụ, nhiều tòa nhà có tuổi thọ kéo dài đến 100 năm và sẽ phải đối phó với điều kiện khí hậu ở năm 2100, mà theo dự báo của mô hình khí hậu thì điều kiện khí hậu tại thời điểm đó sẽ hoàn toàn khác với hiện tại. Vì vậy, khi thiết kế một tòa nhà, kiến trúc sư và kỹ sư phải tính đến những thay đổi có thể xuất hiện trong tương lai. Milly và nnk (2008) chứng minh lý do tại sao việc quản lý nước không thể tiếp tục sử dụng các giả thuyết “trạm cấp nước” trong các quyết định đầu tư. Có tới hơn 500 triệu USD được đầu tư hàng năm trong lĩnh vực này, do đó việc tiến hành những phương pháp mới là không thể trì hoãn. Bên cạnh đó, Nicholls và nnk (2007) đã chứng minh rằng trong năm 2070, có tới 140 triệu dân và 35,000 tỷ USD tài sản có thể sẽ phụ thuộc vào năng lực chống lũ lụt ở các thành phố cảng lớn trên khắp thế giới do những hiệu ứng cộng hưởng của tăng dân số, đô thị hóa, kinh tế tăng trưởng, và biển dâng. Tuy nhiên những công trình bảo vệ bờ biển trước đó (ví dụ, Thames Barrier) đã cho thấy việc xây dựng những cơ sở hạ tầng bảo vệ bờ biển thường có thời gian triển khai từ 30 năm trở lên. Ngoài ra, quy hoạch đô thị thường có vai trò rất lớn trong giải quyết nguy cơ ngập lụt, nhưng công việc này cũng phải mất nhiều thập kỷ. Thực tế này chỉ ra rằng phải có những hành động ngay từ hôm nay để bảo vệ các thành phố cảng và để quản lý nguy cơ lũ lụt và tránh khỏi các tác động có thể lường trước trong giai đoạn giữa của thế kỷ này. Để mang lại hiệu quả cao hơn, những dự án phát triển cần tính toán đến sự dâng cao của mực nước biển và những thay đổi tiềm ẩn về bão lụt do biến đổi khí hậu.

Bảng 1. Những thành phần trong đó các quyết định liên quan cần phải xem xét đến biến đổi khí hậu, theo thời gian đầu tư và mức độ chịu ảnh hưởng trước các điều kiện khí hậu (Mức độ chịu ảnh hưởng được ước tính dựa trên kinh nghiệm của tác giả)

Thành phần	Thời gian	Mức độ chịu ảnh hưởng
Hạ tầng cấp nước (ví dụ: đập nước, hồ chứa)	30-200	+++

Quy hoạch sử dụng đất (ví dụ: vùng ngập úng, vùng bờ biển)	>100	+++
Các công trình bảo vệ đường bờ biển (ví dụ: đê, vách chắn)	>50	+++
Công trình nhà cửa	30-150	++
Cơ sở hạ tầng giao thông (ví dụ: cầu, cảng)	30-200	+
Công trình đô thị (ví dụ: các bãi đỗ xe)	>100	+
Sản xuất năng lượng (ví dụ: hệ thống làm mát nhà máy điện hạt nhân)	20-70	+

Bảng 1 liệt kê những thành phần mà các quyết định cần phải tính đến biến đổi khí hậu, bởi vì chúng liên quan đến quy hoạch, đầu tư dài hạn và có tính không thể đảo ngược (trong một số giải pháp), và được đặt trong những thay đổi của điều kiện khí hậu.

Mẫu là trên toàn thế giới nhận thức về biến đổi khí hậu đã tăng lên đáng kể. Kết quả tích cực trong chuyển biến về nhận thức đó là nhiều kiến trúc sư, nhà quy hoạch đô thị, quản lý nước, và các nhà hoạch định khác đang lo ngại biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng đến hoạt động của họ như thế nào. Các phòng thí nghiệm liên quan đến biến đổi khí hậu hiểu rất rõ về sự chuyển biến này vì nhu cầu thông tin về khí hậu tương lai đang trở nên thường xuyên hơn.

Mặc dù chuyển biến về nhận thức này là rất tích cực, nhưng có lẽ là chưa đủ. Biến đổi khí hậu không chỉ đơn thuần là một sự thay đổi về điều kiện khí hậu, mà còn là sự gia tăng đáng kể về tính bất trắc và sự khó lường của điều kiện khí hậu. Điều này gây không ít khó khăn cho các nhà hoạch định chính sách. Trong quá khứ, các thông số khí tượng thích hợp cho hầu hết các hoạt động. Với các mục tiêu đặt ra, phân tích thống kê và các thuật toán tối ưu hóa cho phép tạo ra những mô hình “tối ưu” dưới những điều kiện khí hậu nhất định (ví dụ, chiều cao của đê theo tần suất của các cơn bão, đặc tính của các công trình xây dựng nhiệt độ). Tuy nhiên, trong tương lai tính khó lường của các cơn bão sẽ làm cho việc áp dụng phương pháp này trở nên khó khăn hơn rất nhiều. Do vậy mà các phương pháp ra quyết định mới cần phải được phát triển. Bài báo này thảo luận những vấn đề mà chúng ta đối mặt trong quá trình phát triển các phương pháp mới cần thiết.

Đóng góp chính của bài báo này bao gồm ba nội dung. Thứ nhất, chúng tôi thảo luận về vai trò của yếu tố bất trắc trong các chiến lược thích ứng, mà đã được thảo luận trong nghiên cứu của Adger và nnk (2007). Tuy nhiên vai trò của sự khó lường trong các quyết định giảm nhẹ (ví dụ, Yohe và nnk, 2004.; Lempert và Collins, 2007) ít được đề cập hơn. Thứ hai, bài báo này thảo luận các chiến lược thích ứng thực tế mà có khả năng thực thi được với những dự báo về sự bất trắc, hoàn thiện luận điểm này so với các công trình nghiên cứu trước đó (ví dụ, Nicholls và Leatherman, 1996; Fankhauser và nnk, 1999). Chúng tôi cũng đưa ra các ví dụ về việc áp dụng các chiến lược tại các địa điểm khác nhau. Cuối cùng, chúng tôi mong muốn phát triển các chiến lược thích ứng sáng tạo có thể đối phó với những bất ổn về khí hậu trong tương lai, và

yêu cầu sự tham gia nhiều hơn của những người sử dụng thông tin, bởi vì những chiến lược này không thể phát triển mà không có họ.

2. Những khoản đầu tư dài hạn và bất trắc về khí hậu

Khi thiết kế các công trình nhạy cảm với khí hậu, như quản lý cơ sở hạ tầng cấp nước, các kỹ sư thường dựa theo các dịch vụ khí tượng quốc gia nơi chịu trách nhiệm thu thập dữ liệu thời tiết và tạo ra cơ sở dữ liệu khí tượng, chẳng hạn như phân tích thống kê các dữ kiện về điều kiện thời tiết. Những dữ liệu thời tiết này bao gồm những thông tin cơ bản như nhiệt độ và độ ẩm trung bình, và những thông tin phức tạp hơn như các hiện tượng cực đoan thời tiết (ví dụ như xác suất mưa lớn). Những dữ liệu thời tiết này được sử dụng bởi các kỹ sư để thiết kế các công trình, cơ sở hạ tầng, các công ty bảo hiểm để tính phí bảo hiểm và vốn dự trữ, nông dân để chuẩn bị kế hoạch mùa màng, chính phủ để đánh giá về nhu cầu an ninh năng lượng, và bởi chính quyền địa phương để đánh giá, cấp phép xây dựng v.v.

Một điều chắc chắn đó là biến đổi khí hậu sẽ làm thay đổi các số liệu thống kê về sự biến động khí hậu. Những người sử dụng quay sang các mô hình khí tượng để tạo ra mối tương quan giữa các dữ liệu khí tượng quan và các dữ liệu mô phỏng của khí hậu tương lai. Tuy nhiên, cách tiếp cận này là không mấy khả thi.

Vấn đề đầu tiên xuất phát từ tốc độ của những thay đổi lường trước. Hallegatte và nnk (2007) đã đề xuất một phương pháp tính toán sự biến đổi của khí hậu bằng cách sử dụng “khí hậu tham chiếu”. Họ đã chỉ ra rằng khí hậu trong tương lai của Paris trong năm 2080 theo kịch bản A2 SRES có thể sẽ trở nên tương tự khí hậu hiện tại của Cordoba (Miền Nam Tây Ban Nha). Điều này có nghĩa là một tòa nhà được xây dựng tại thời điểm hiện tại và kéo dài 80 năm thì trong cuộc đời của nó sẽ phải đối mặt với khí hậu của Paris, sau đó sẽ là khí hậu nóng hơn, cho đến khí hậu hiện tại của Cordoba. Đối với một kiến trúc sư, không khó khăn hơn (và cũng không đắt hơn) để thiết kế một tòa nhà thích nghi với khí hậu của Cordoba so với thiết kế để thích ứng với khí hậu của Paris. Nhưng có thể sẽ khó khăn hơn (và đắt tiền hơn) để thiết kế một tòa nhà thích hợp với cả hai kiểu khí hậu này, tức là có thể được thoải mái quanh năm, rẻ tiền để làm nóng trong mùa đông và làm mát không khí vào mùa hè (ví dụ Roaf và nnk, 2005).

Vì vậy, ngay cả khi biến đổi khí hậu ổn định làm giảm nhu cầu đầu tư (ví dụ, giảm nhu cầu sưởi ấm ở các vùng lạnh) thì tác động tức thời của nó có thể tương đương với chi phí bổ sung cho việc thiết kế cơ sở hạ tầng mới để thích nghi toàn diện với các kiểu khí hậu trong tương lai thay vì chỉ thích nghi đối với khí hậu hiện tại. Đầu tư tổng thể ngay từ bây giờ có thể là cách duy nhất tránh được chi phí tốn kém đối với các công trình xây dựng và cơ sở hạ tầng trong một vài thập kỷ tới.

Nhưng đây chỉ là một phần nhỏ của vấn đề. Rắc rối lớn hơn đó là sự khó lường về khí hậu trong tương lai. Các mô hình lý tưởng có thể tạo ra số liệu thống kê khí tượng trong tương lai, từ hiện tại đến khi một công trình hay cơ sở hạ tầng bị thay thế. Đây là thông tin mà các kỹ sư cần để có thể tối ưu hóa đầu tư trong tương lai. Không may là có hai vấn đề khó khăn làm cho việc cung cấp mối liên hệ giữa dữ liệu khí tượng quá khứ và khí hậu tương lai trở thành bất khả thi. Thứ nhất, có sự mất cân bằng giữa những gì được cung cấp bởi các mô hình khí tượng và những gì các nhà hoạch định chính sách cần. Thứ hai, cũng là vấn đề quan trọng nhất đó là tính khó lường biến đổi khí hậu. Vấn đề đầu tiên có thể được giảm nhẹ nhờ kỹ thuật *downscaling* (ví dụ, bằng cách sử dụng các mô hình khu vực với phạm vi hạn chế hoặc các tương quan thống kê hiệu chuẩn về khí hậu hiện nay). Vấn đề thứ hai là khó giải quyết hơn và có nguy cơ dẫn đến sự lộn xộn giữa dữ liệu lịch sử và dữ liệu đầu ra của mô hình.

Để minh họa vấn đề này, hãy xem xét trường hợp của một người quản lý nước ở Toulouse, ở Tây Nam nước Pháp. Để biết phải thay đổi hoạt động của mình như thế nào trong điều kiện khí hậu biến đổi, anh ta cần tham vấn các nhà mô hình khí tượng để có được các kết quả về lượng mưa trên khu vực này cho tới năm 2100. Những dữ liệu này có được nhờ áp dụng phương pháp bất biến với những dữ liệu dự báo về khí tượng thay vì các dữ liệu khí tượng là yếu tố đầu vào. Tuy nhiên, một phương pháp như vậy có thể tạo ra nguy cơ dẫn đến sai lầm nghiêm trọng. Dự báo thay đổi về lượng mưa trong tương lai ở châu Âu đã được tóm tắt trong Báo cáo đánh giá lần thứ tư của IPCC (2007). Từ quan điểm của một nhà khí hậu học, các kết quả này rất hợp lý, và sự thay đổi là rất giống nhau đối với tất cả các mô hình với sự gia tăng lượng mưa ở Bắc Âu và sự khô hạn ở khu vực Địa Trung Hải. Nhưng người quản lý nước có thể sẽ không hài lòng khi anh ta nhận ra rằng, theo các mô hình này, lượng mưa tại Toulouse có thể vẫn không thay đổi (theo mô hình GISS) và giảm tới 30% (theo mô hình CNRM). Anh ta nên phản ứng thế nào với khả năng không chắc chắn này khi mà biến đổi sau này sẽ yêu cầu những điều chỉnh lớn hơn trong chiến lược quản lý nước và cơ sở hạ tầng? Các công cụ ra quyết định truyền thống đã không được phát triển để đối mặt với tình hình này, và do đó chúng cần phải được sửa đổi.

Kết luận đầu tiên trong bối cảnh này đó là các nhà mô hình khí tượng phải rất cẩn thận khi họ được yêu cầu cung cấp dữ liệu dự báo của mô hình. Không phải tất cả mọi người đều quen thuộc với số liệu mô hình hóa biến đổi khí hậu, và có thể một trong số họ sẽ lấy kết quả dự báo đầu ra của mô hình như là một cơ sở đáng tin cậy cho thiết kế cơ sở hạ tầng. Để tránh những sai lầm như vậy, một giải pháp đơn giản đó là một “trạm chia sẻ” nơi chia sẻ những dữ liệu dự báo từ các mô hình ở một định dạng thông dụng cho những người sử dụng cao nhất. Một trạm chia sẻ như vậy, đã được đề xuất bởi Milly và nnk (2008), tương tự như của Trung tâm phân phối dữ liệu IPCC nhưng

cho kết quả có độ phân giải cao. Việc tạo ra các cơ sở hạ tầng phân phối như vậy sẽ hạn chế nguy cơ lạm dụng các kết quả mô hình khí hậu.

3. Chiến lược mới để thích nghi với khí hậu tương lai

Khi người sử dụng phải đối mặt với các kết quả mô hình đa dạng, một phản ứng tự nhiên đó là họ sẽ tham khảo các nhà khí tượng học để nâng cao kiến thức và sự hiểu biết, và cũng để cung cấp càng sớm càng tốt những dự báo đáng tin cậy về các điều kiện khí hậu trong tương lai. Tất nhiên, người ta có thể hy vọng rằng sẽ tiến bộ về khí tượng học trong tương lai mà trong đó giới hạn biến động của các kết quả dự báo khí tượng sẽ thu hẹp giúp cho việc tiếp cận dễ dàng hơn.

Tuy nhiên, rõ ràng không phải cứ nâng cao kiến thức là thu hẹp được phạm vi biến động của kết quả dự báo. Thật vậy, ngay cả khi các mô hình là hầu như chính xác, sự không chắc chắn vẫn sẽ tồn tại. Mức độ phát thải khí nhà kính trong tương lai với bản chất là không thể dự báo sẽ quyết định sự biến đổi khí hậu của tương lai. Nhưng cũng có sự khác biệt lớn giữa kết quả đầu ra của các mô hình khí tượng khác nhau và có vẻ sự khác biệt này không hề được thu hẹp theo thời gian. Ví dụ về mức độ nhạy cảm đối với khí hậu chẳng hạn như sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu khi nồng độ CO₂ tăng gấp đôi, là rất đáng lưu ý: nhiều động của những dự báo đã được công bố vẫn không được cải thiện qua hơn ba thập kỷ mặc dù với những tiến bộ của mô hình khí hậu và sự hiểu biết sâu sắc hơn nhiều của chúng ta về khí hậu (xem Roe và Baker, 2007; Ghil và nnk, 2008).

Một ví dụ khác, những bằng chứng mới cho thấy các lục địa băng (ví dụ Greenland) có thể sẽ phản ứng nhanh hơn với sự nóng lên và theo những cách khó dự đoán và điều đó đã làm giảm sự tự tin của IPCC trong những dự báo của họ về mực nước biển dâng. Vì vậy, các mô hình khí tượng có lẽ sẽ không thể cung cấp các thông tin cho việc ra quyết định kịp thời để tránh phải tái thiết và xây dựng lại cơ sở hạ tầng. Ngoài ra, các mô hình khí tượng còn dựa trên một tập hợp các giả định quen thuộc. Do đó, các kết quả của họ còn ẩn chứa nhiều sự không chắc chắn.

Nếu có sự bất đồng giữa các mô hình khí tượng, những quan sát khí tượng sẽ cho chúng ta biết điều gì là đúng? Thật không may là chúng ta sẽ biết được điều gì là đúng khi đã quá muộn. Ví dụ, sự biến động lượng mưa ở lưu vực Địa Trung Hải vẫn không thể xác định được bằng phương pháp thống kê cho đến năm 2050 (IPCC, 2007, Bảng 11.1). Nếu chúng ta chờ đợi đến khi xác định được chính xác sự thay đổi khí hậu và kết quả mô hình được kiểm chứng đầy đủ thì rất nhiều các công trình được thiết kế trước trước thời gian đó sẽ không thể phù hợp và thích nghi ở khoảng thời gian cuối thế kỷ này, và sẽ gây lãng phí một khoản kinh phí đầu tư lớn. Hơn nữa, những quan sát có thể là sai lầm nguy hiểm: kịch bản xấu nhất có thể phát sinh do những khó khăn trong việc nắm bắt những thay đổi về biến đổi khí hậu toàn cầu. Ví dụ, nhiều động có

chu kỳ vài thập kỷ có thể làm thay đổi mô hình lượng mưa trong thời gian dài. Nếu thay đổi này được hiểu do tác nhân kinh tế (do con người), những thiết kế kém thích ứng có thể được thực thi và làm cho tình hình thậm chí còn tồi tệ hơn khi không có sự ứng phó.

Các cơn bão là một ví dụ điển hình của tình trạng này. Trong đó, các quan sát không thể cung cấp các thông tin cần thiết: liệu tần suất hoạt động cao của các cơn bão hiện nay ở Bắc Đại Tây Dương phát sinh từ biến đổi khí hậu (theo Emanuel, 2005 và Webster và nnk, 2005), hay nó phát sinh từ những nhiễu động theo chu kỳ vài thập kỷ (Landsea, 2005)? Trong trường hợp đầu tiên, hoạt động của bão có thể sẽ tiếp tục tăng trong tương lai và các chiến lược thích ứng tham vọng nhất thiết phải thực thi ngay mà không được trì hoãn thêm nữa mới có thể làm giảm bớt rủi ro. Nhưng sự bất trắc liên quan đến mức độ hoạt động hiện tại làm cho việc ra quyết định đối phát triển cơ sở hạ tầng và sử dụng đất trở nên khó khăn hơn (Hallegatte, 2006). Ở đây, các quan sát sẽ không thể cung cấp thông tin cần thiết cho nhiều thập kỷ, và nếu chờ đợi những tín hiệu này sẽ là một sai lầm nghiêm trọng.

Từ các mô hình khí tượng và những quan sát không thể cung cấp đầy đủ những gì mà việc ra quyết định yêu cầu, giải pháp duy nhất là sửa đổi khung ra quyết định để giúp cho việc ra các quyết định sẽ xem xét đến những bất trắc về khí hậu. Để làm như vậy, cơ sở hạ tầng cần được thiết kế sao cho (i) nó có thể sẽ đương đầu được với một giới hạn biến động lớn hơn của các điều kiện khí hậu, và (ii) những giới hạn biến động này đang và sẽ rất khó lường. Trong bối cảnh như vậy, việc tối ưu hóa thiết kế cho hạ tầng cơ sở đối với một khí hậu nhất định sẽ không phải là chiến lược tốt nhất. Nếu có thể xác định được xác suất biến đổi trong tương lai, chiến lược tối ưu hóa có thể dễ dàng được hình thành. Nhưng xác suất này không có sẵn, mặc dù một số đã được xác định ở quy mô khu vực (ví dụ, Giorgi và Mearns, 2003), chúng vẫn còn gây tranh cãi.

Một cách tiếp cận phù hợp hơn đó là phát triển các chiến lược mới, đặc biệt là những chiến lược hình thành để đối phó với những bất trắc vốn có của biến đổi khí hậu (Lempert và Schlesinger, 2000). Chẳng hạn, các quyết định có thể dựa trên những phân tích kịch bản (Schwartz, 1996) và lựa chọn giải pháp ưu việt, chẳng hạn như một giải pháp mà ít nhạy cảm nhất với điều kiện khí hậu trong tương lai, thay vì tìm kiếm một “lựa chọn tốt nhất” theo một kịch bản (Lempert et al., 2006; Lempert và Collins, 2007). Thực tế hơn, sự mạnh mẽ có thể được xem xét như là một tiêu chí bổ sung trong nhiều tiêu chí trong quy trình ra quyết định, hoặc như là một giá trị tùy chọn (ví dụ: giá trị của sự đảo ngược) trong phân tích chi phí lợi ích với những bất trắc có thể xảy ra (xem ở phần sau). Trong lĩnh vực công, nguyên tắc phòng ngừa trước (Gollier và Treich, 2003) là một ví dụ khác của chiến lược ra quyết định mà có tính đến yếu tố bất trắc của biến đổi khí hậu (xem một ứng dụng trong lâm nghiệp, Spittlehouse và Stewart, 2003).

Đối với các chuyên gia, những phương pháp này phù hợp để sử dụng cho quản lý rủi ro về tỷ giá hối đoái, sự bất trắc về chi phí năng lượng, và rất nhiều tình huống khác mà không thể được dự báo với sự chắc chắn. Những phương pháp ra quyết định mạnh mẽ đã được áp dụng trong nhiều bối cảnh quy hoạch dài hạn, ví dụ như quản lý nước ở California (Groves và Lempert, 2007; Groves et al., 2007). Đối với hầu hết các nhà hoạch định chính sách, những điểm mới đó là ứng dụng của những phương pháp này đối với các điều kiện khí hậu. Điều này yêu cầu người sử dụng thông tin khí hậu hợp tác chặt chẽ hơn với các nhà khí tượng học và thích ứng với các phương pháp ra quyết định trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Đối với các nhà khí tượng học, việc áp dụng những kỹ thuật này sẽ đòi hỏi họ phải cung cấp thông tin mới, hữu ích hơn so với những dự đoán tốt nhất trong việc ra quyết định. Đặc biệt, họ sẽ được yêu cầu cung cấp phạm vi của những gì có thể xảy ra và lượng hóa thông tin khi quan sát được sự sai khác giữa một số kịch bản. Những điều tra cụ thể cần được tiến hành để trả lời những câu hỏi này. Ví dụ như những khám phá là (i) những nghiên cứu phát hiện và thuộc tính hóa (Douville, 2006) giúp cho việc sử dụng tốt nhất tất cả các thông tin có sẵn và cung cấp một sự ước lượng về những bất trắc của biến đổi khí hậu sẽ giảm thế nào trong tương lai; (ii) xác định, nắm rõ và đánh giá những yếu tố không chắc chắn trong các mô hình khí tượng, để đánh giá một cách tốt hơn sự biến đổi bất ngờ khí hậu; (iii) thăm dò các kịch bản thay thế và các tiếp cận mô hình, để nắm bắt càng nhiều càng tốt các yếu tố bất trắc về khí hậu trong tương lai.

4. Các giải pháp thực tế để tăng tính mạnh mẽ

Trong phạm vi các khung cơ sở mới cho việc ra quyết định nhằm thúc đẩy tính mạnh mẽ và chứa đựng những thông tin về sự không chắc chắn (ví dụ: *ra quyết định mạnh mẽ hoặc nguyên tắc phòng ngừa*, Lempert), năm ví dụ về các chiến lược thực tế đã được đề cập đến. Các chiến lược này đặc biệt phù hợp khi sử dụng những khung cơ sở ra quyết định trên. Bảng 2 liệt kê một số lựa chọn thích ứng trong các lĩnh vực khác nhau, và cho biết nếu các tùy chọn này thuộc một trong những phân nhóm lớn của các chiến lược mà được mô tả sau đây. Bảng 2 là một ví dụ minh họa, nhưng nó cũng nhằm mục đích cung cấp lựa chọn thích ứng tốt nhất để đối phó với mức độ cao của sự không chắc chắn mà biến đổi khí hậu đang tạo ra.

Bảng 2. Ví dụ về các lựa chọn thích ứng cho các lĩnh vực khác nhau và sự đánh giá cho những chiến lược được đề xuất trong bài báo này. Ở cột “chiến lược không hối tiếc” “++” biểu diễn cho các lựa chọn mà sẽ mang lại lợi ích kể cả trong trường hợp biến đổi khí hậu không xảy ra, trong khi đó “+” biểu diễn những lựa chọn là “không hối tiếc” chỉ trong một số trường hợp, và nó phụ thuộc đặc điểm từng địa phương. Cột cuối cùng biểu diễn 3 mức độ xếp hạng cho các lựa chọn.

Lĩnh vực	Ví dụ về biện pháp thích ứng	Chiến lược không hối tiếc	Đảo ngược/ mềm dẻo	Bờ an toàn chỉ phí thấp	Chiến lược mềm	Giảm thời gian ra quyết định	Chiến lược giảm nhẹ	Xếp hạng
Nông nghiệp	Phát triển bảo hiểm mùa màng	+	+		+			1
	Tưới tiêu (bằng nước dự trữ hoặc nước vận chuyển đến)	+	-	+				2
	Lựa chọn cây lâm nghiệp vòng đời ngắn hơn	-	-			+		2
	Phát triển các cây trồng có sức đề kháng cao	++						1
Đới bờ	Các công trình bảo vệ bờ biển	+	-	+				2
	Các công trình để cải biến		+	+		+		1
	Cải thiện hệ thống thoát nước	+	-	+				2
	Quy hoạch sử dụng đất ở mức độ hạn chế	+	+	+				1
	Bảo hiểm, cảnh báo và di tản	++	+		+			1
	Tái định cư, tái thiết	-	-					3
	Phát triển tổ chức phân tích rủi ro và các quy hoạch dài hạn	+	+		+			1
Sức khỏe và nhà ở	Điều hòa không khí						-	3
	Nâng cao các tiêu chuẩn nhà ở	+		+			+	1
	Nghiên cứu và phát triển về kiểm soát các vector gây bệnh, vắc xin	+						1
	Cải thiện hệ thống chăm sóc sức khỏe cộng đồng	++						1
Nguồn nước	Thế chế hóa các kế hoạch dài hạn	++	+		+			1
	Giảm mất mát (rò rỉ)	++						1
	Kiểm soát nhu cầu và tái sử dụng nước	++	+		+			1
	Tăng khả năng tích trữ nước (xây mới các hồ chứa)	+	-	+				2
	Khử mặn và vận chuyển nước	+	-	+			-	3
	Khả năng chống chịu biến đổi khí hậu của các công trình và cơ sở hạ tầng mới	+		+			+	1
	Khả năng chống chịu biến đổi khí hậu của các công trình và cơ sở hạ tầng cũ		-				+	2
	Nâng cấp các cơ sở hạ tầng đô thị	+	-	+			+	2
	Quy hoạch sử dụng đất hạn chế	++	+	+				1
	Rào ngăn lũ, các cơ sở hạ tầng chống bão	+	-	+				2
	Phát triển hệ thống cảnh báo sớm	++	+		+			1

4.1. Chiến lược “không hối tiếc”

Các biện pháp “không hối tiếc” cấu thành phân nhóm đầu tiên trong những chiến lược mà có thể được đối đầu được với những bất trắc đến từ sự bất trắc của khí hậu. Những chiến lược này mang lại lợi ích kể cả khi biến đổi khí hậu không xảy ra. Trong cột thứ nhất các lựa chọn thích nghi có thể là một chiến lược “không hối tiếc” trong mọi trường hợp (“++”), chỉ trong một số trường hợp (“+”) hay chiến lược này sẽ kéo theo những thiệt hại đáng kể trong điều kiện khí hậu hiện nay (“-”). Ví dụ, kiểm soát rò rỉ đường ống nước luôn được xem là một khoản đầu tư tốt từ quan điểm phân tích lợi ích-chi phí, ngay cả khi biến đổi khí hậu không xảy ra, và được xác định là “++”. Mặt khác, cơ sở hạ tầng thủy lợi bổ sung là một biện pháp hài hòa trong điều kiện khí hậu hiện tại. Ngoài ra, xem xét những khoản đầu tư chi phí cao là cần thiết vì nó sẽ chỉ mang lại lợi ích khi biến đổi khí hậu làm giảm lượng mưa. Vì vậy, đầu tư thủy lợi là một chiến lược không hối tiếc chỉ ở một số vùng và được xác định với “+”.

Tăng cường các tiêu chuẩn cho các công trình xây dựng và xây dựng những công trình mới có khả năng “chống lại biến đổi khí hậu” là một ví dụ điển hình khác của chiến lược không hối tiếc, vì vậy hành động này làm tăng thêm tính mạnh mẽ trước biến đổi khí hậu trong khi đó việc tiết kiệm năng lượng cũng có thể giúp trang trải những chi phí bổ sung trong một vài năm. Mặt khác, khi xem xét chi phí lớn của các giải pháp này, việc tạo thêm khả năng chống chịu biến đổi khí hậu cho các tòa nhà hiện tại không phải là giải pháp “không hối tiếc”. Chính sách sử dụng đất mà nhằm hạn chế sự đô thị hóa và phát triển ở những khu vực bị úng lụt (ví dụ, các khu ven biển ở Louisiana hoặc Florida) sẽ làm giảm thiệt hại do thiên tai trong khí hậu hiện tại, và những lợi ích sẽ còn rõ ràng hơn khi biến đổi khí hậu xảy ra. Ngoài ra, ở nhiều nơi, đặc biệt là các thành phố ven biển, xây dựng kè bờ biển sẽ hợp lý về mặt hiệu quả kinh tế ở thời điểm hiện tại khi mực nước biển dâng do bão (xem Nicholls và nnk, 2007), và khi mực nước biển dâng cao do biến đổi khí hậu sẽ chỉ làm cho những bức tường mang lại lợi ích xã hội nhiều hơn.

Một điều ngạc nhiên là không hiểu tại sao những biện pháp “không hối tiếc” vẫn chưa được thực thi. Rất nhiều những trở ngại có thể lý giải cho tình hình hiện tại, đó là: (i) rào cản về tài chính và công nghệ, đặc biệt ở các nước nghèo; (ii) sự thiếu thông tin và giá trị giao dịch ở mức rất nhỏ; và (iii) rào cản về tổ chức, hành chính. Trong đó hai vấn đề đầu tiên là rõ rệt và cần được nghiên cứu nhiều hơn. Chẳng hạn, điều gì lý giải cho sự khác nhau về quản lý rủi ro giữa Hà Lan, nơi mà nguy cơ về lũ lụt được tìm hiểu kỹ lưỡng và quản lý rất sát sao, so với Louisiana nơi mà việc phòng ngừa lũ lụt bị sao nhãng trong hàng thập kỷ? Những nghiên cứu chuyên sâu cần thiết phải trả lời được những câu hỏi như vậy và đề xuất “biện pháp tối ưu”. Ở nhiều nơi, việc thực thi những biện pháp này sẽ cấu thành bước đầu tiên trong chiến lược thích ứng dài hạn.

4.2. Những chiến lược có khả năng đảo ngược

Ủng hộ những chiến lược có khả năng đảo ngược và các chiến lược mềm dẻo thay vì những lựa chọn cố định, không đảo ngược có thể coi là một sự khôn ngoan. Mục tiêu là giữ mức chi phí thấp nhất có thể cho những sai lầm về biến đổi khí hậu trong tương lai. Ví dụ như những biện pháp được xác định bởi một dấu (+) ở cột thứ hai trong bảng 2. Một trong số những ví dụ này đề cập đến những biện pháp “dễ dàng tái thiết”, chẳng hạn như giải pháp cho phép xây dựng nâng cấp nếu mực nước biển dâng làm cho chúng trở nên bị vô hiệu hóa; sức chống chịu trước khí hậu của các công trình và cơ sở hạ tầng hiện có một mức giá trung bình nhưng có thể được dừng lại ngay lập tức nếu những tin tức mới chỉ ra rằng biện pháp này rút cuộc là không cần thiết; và những hệ thống bảo hiểm hay cảnh báo sớm mà có thể được điều chỉnh hàng năm để đối phó với những thông tin mới tiếp nhận. Một ví dụ khác đó là sự hạn chế trong quy hoạch đô thị. Khi quyết định có cho phép việc đô thị hóa một khu vực có nguy cơ ngập lụt hay không nếu việc thay đổi khí hậu làm tăng các dòng chảy, người ra quyết định phải nhận thức được một thực tế mà trong đó có một lựa chọn có thể đảo ngược và những lựa chọn khác là không. Chối bỏ đô thị hóa quả thật mang lại lợi ích ngắn hạn như nếu những thông tin cập nhật chỉ ra rằng khu vực này sẽ an toàn trong tương lai thì sự đô thị hóa có thể được cho phép tiến hành ngay. Sự lựa chọn này vì vậy mà có tính đảo ngược cao, thậm chí nó không phải là ít tốn kém do nó ngăn cản sự đầu tư mang lại lợi nhuận ngay từ ban đầu. Cho phép đô thị hóa ngay một mặt thu được lợi nhuận ngắn hạn, nhưng nếu khu vực đó có thể nguy hiểm trong tương lai lựa chọn sẽ là giữa di chuyển hoặc phải bảo vệ. Tuy nhiên, sự di chuyển là rất khó khăn về phương diện chính trị, đặc biệt là khi dự án đô thị hóa đã được đặc cách cho phép. Bảo vệ khu vực đô thị hóa lúc này là tốn kém, và cũng phải chú ý xem xét đến những rủi ro vẫn còn tồn tại: sự bảo vệ là hữu hiệu hay không còn tùy thuộc vào việc thiết kế các công trình bảo vệ. Nếu việc bảo vệ là không đủ, giống như trường hợp ở New Orleans, những thiệt hại về người và của có thể là rất lớn (Hallegatte, 2006; Nicholls và nnk, 2007). Do vậy, cho phép đô thị hóa là rất khó đảo ngược và chiến lược này tiềm ẩn nguy cơ cao trước những rủi ro khó lường trong tương lai. Tất nhiên, điều đó không có nghĩa rằng đô thị hóa luôn luôn bị bài trừ. Nó chỉ có nghĩa là trong quá trình ra quyết định các giá trị về khả năng đảo ngược của một chiến lược mà thường được xem là “giá trị lựa chọn” nên được xem xét đến.

Giá trị lựa chọn thường được sử dụng để đánh giá khả năng trì hoãn việc ra quyết định (ví dụ: Ha Duong, 1998) giống như trong ví dụ về đô thị hóa này. Tuy nhiên, đối với rất nhiều các quyết định về cơ sở hạ tầng việc chờ đợi không phải là một lựa chọn do tất cả các quyết định nhạy cảm về phương diện khí hậu (ví dụ như các dự án quản lý nước hay xây dựng nhà cửa) không thể đơn giản mà bị trì hoãn hàng thập kỷ. Đánh giá về tính đảo ngược thông qua khái niệm về giá trị lựa chọn hay qua các khung đánh giá

ra quyết định đa tiêu chí ví thể mà phải được áp dụng để so sánh giữa các chiến lược ứng phó ở các mức độ đảo ngược khác nhau.

4.3. Chiến lược bờ an toàn

Những chiến lược “bờ an toàn” có thể giảm nguy cơ rủi ro với chi phí rất thấp. Sự có mặt của những chiến lược này để quản lý sự dâng lên của mực nước biển hay các dự án đầu tư về nước đã được đề cập trong nghiên cứu của Nicholls và Leatherman (1996), Groves và Lempert (2007), và Groves và nnk (2007). Và ngày nay cũng đã có rất nhiều các ứng dụng thực tế như vậy. Chẳng hạn như để tính toán hạn tầng thoát nước, các nhà quản lý nước ở Copenhagen hiện nay sử dụng các biểu đồ dòng chảy mà rộng hơn 70% so với mức hiện tại. Sự tăng thêm dự phòng này để giải quyết vấn đề về tăng trưởng dân số và đồng thời để đối phó với sự thay đổi của khí hậu mà có thể dẫn đến lượng mưa ở Đan Mạch sẽ tăng lên. Sự tăng thêm 70% vẫn chưa được tính toán tỉ mỉ do đây là vấn đề hầu như không thể do sự khó lường về biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, sự tăng thêm này được hiểu là đủ lớn để đối phó với hầu hết các biến động của khí hậu trong suốt chiều dài thế kỷ và được dựa theo các thông tin cung cấp bởi các mô hình dự báo khí hậu. Mặt khác, sự thay đổi một hệ thống sau khi nó đã được xây dựng là khó khăn và rất tốn kém. Do đó, sự khôn ngoan sẽ là tính đến những tình huống xấu nhất khi thiết kế. Điều này cũng đúng với đề điều hay các vách chắn biển: chi phí xây dựng thường là có kiểm soát (xem *The Foresight report on Flood and Coastal Defences*, tập 2, bảng 5.2, hay <http://www.foresight.gov.uk>), một phần đáng kể chi phí xã hội có được từ các chi phí tiện nghi sẽ mất đi do việc xây dựng con đê (ví dụ như mất cảnh biển) và những ảnh hưởng gián tiếp khác (ví dụ như suy giảm đa dạng sinh học, các chi phí môi trường khác đối với các hệ sinh thái, hay sự xói mòn tăng lên ở các khu vực lân cận). Kết quả là, chi phí xây dựng một con đập cao hơn sẽ thấp hơn so với tổng kinh phí. Nếu một con đê cần phải được xây dựng ngay để đối phó với nguy cơ bão lũ, nó có thể được điều chỉnh lại chiều cao và theo cách đó nó có thể đối phó lại với nguy cơ nước biển dâng trong tương lai.

Thông thường, khi chi phí thấp sẽ rất nhạy cảm nếu đưa “bờ an toàn” vào tiêu chí thiết kế để cải thiện tính mềm dẻo của cơ sở hạ tầng đối với những thay đổi (bất ngờ hay dự đoán trước) trong tương lai. Như trình bày trong cột ba của bảng 2, các bờ an toàn chi phí thấp có thể được đưa vào trong rất nhiều lựa chọn thích ứng đang hiện diện để tính đến yếu tố khó lường của khí hậu: phát triển cơ sở hạ tầng thoát nước cho các thành phố ở các quốc gia đang phát triển có thể được coi là một biện pháp thích ứng; tạo cho những cơ sở hạ tầng này có khả năng tải được nhiều nước hơn đó chính là chiến lược “bờ an toàn” mà giúp cho biện pháp ứng phó trở nên mạnh mẽ hơn.

Sự có mặt của các bờ an toàn rõ là đặc biệt quan trọng đối với các biện pháp ứng phó cứng nhắc và không thể đảo ngược. Trong bảng 2 những lựa chọn không thể đảo

ngược (ví dụ như di dời khỏi vùng bờ biển) mà trong đó bờ an toàn chi phí thấp được đưa vào là đặc biệt thiếu thốn trong bối cảnh hiện tại. Những lựa chọn không thể đảo ngược nhưng lại có bờ an toàn (ví dụ: những công trình bảo vệ bờ biển hay việc cải thiện các cơ sở hạ tầng quản lý nước đô thị) có thể được thực thi, nhưng chỉ với sự tính toán cẩn thận đến các kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai.

4.4. Các chiến lược mềm

Các giải pháp kỹ thuật không phải là cách duy nhất để ứng phó với biến đổi khí hậu. Đôi khi các công cụ hành chính hay tài chính cũng có thể đem lại hiệu quả nhất định. Những giải pháp kiểu này được trình bày ở cột thứ tư trong bảng 2. Chẳng hạn như “thể chế hóa” cho một quy hoạch dài hạn có thể giúp chúng ta giải quyết những vấn đề và thực thi biện pháp đối phó tương xứng: trong khung quy hoạch nước California tất cả các nhà cung cấp nước cho trên 3000 người cứ 5 năm một lần sẽ phải công bố kế hoạch cung cấp trong 25 năm tiếp theo, trong đó bao gồm các giải pháp dự phòng cho nhu cầu nước trong tương lai, các nguồn cấp nước cho tương lai, và kịch bản xấu nhất khi hạn hán xảy ra. Những giải pháp kiểu này rất hữu ích bởi vì chúng gây sức ép lên các nhà hoạch định phải xem xét đến thời gian sắp tới. Chúng tạo ra mối liên hệ giữa các thành phần kinh tế và các nhà khí tượng học, và chúng có thể giúp định hình các chiến lược đối phó với biến đổi khí hậu. Trong bối cảnh hiện tại, đối với những thông số có khả năng biến đổi, quy hoạch dài hạn sẽ là yếu tố quyết định để xác định nơi nào và cách thức nào có thể thay đổi các hoạt động kinh doanh.

Các giải pháp hành chính cũng đóng một vai trò quan trọng trong quản lý đới bờ: trong khi việc quản lý ngập lụt vùng bờ đã không được yêu cầu những tin tức cập nhật thường xuyên do mực nước biển trên thế giới khá ổn định, tuy nhiên biến đổi khí hậu có thể làm mực nước biển tăng và vì thế việc cập nhật, phân tích những nguy cơ rủi ro là hết sức cần thiết. Do đó, việc tạo ra những thể chế cho việc thực hiện những phân tích trên có thể sẽ là một lựa chọn thích ứng hợp lý.

Một ví dụ khác đó là: Nông nghiệp rất nhạy cảm với vấn đề về nguồn nước cung cấp sẵn có. Trong trường hợp lượng mưa thường niên của một vùng nào đó giảm đi sẽ kéo theo sự sụt giảm lượng nước sẵn có để cung cấp cho tưới tiêu, và sự khan hiếm nước có thể trở thành vấn đề đặc biệt nghiêm trọng đối với nông nghiệp (ví dụ như hạn hán dài ngày). Ở khu vực Địa Trung Hải, sản lượng lương thực được dự báo là sẽ giảm sút, tuy nhiên những quan ngại chính lại là vấn đề đại hạn hán có thể trở lại mang theo những hệ lụy khôn lường. Ở những khu vực gặp phải hạn hán nghiêm trọng vẫn có thể có một vài phương thức để thích ứng với tình trạng thiếu nước. Mục tiêu là để chuyển hóa những thiệt hại khó lường (thường rất lớn và có thể là thảm họa) thành những thiệt hại có khả năng lường trước và có thể kiểm soát được. Để làm được như vậy, các giải pháp kỹ thuật và tài chính phải được thực hiện song hành. Trước hết các giải pháp kỹ

thuật có thể được thực thi theo cách sử dụng cơ sở hạ tầng quản lý nước, ví dụ tăng cường quản lý việc tích trữ hay vận chuyển nước. Chiến lược thích nghi này phụ thuộc rất nhiều vào lượng mưa trong tương lai. Những hồ chứa chỉ có thể hiệu quả khi biến đổi khí hậu diễn ra ở mức độ trung bình, chứ không thể đối phó được với các mức độ biến đổi lớn. Khi đối mặt với sự sụt giảm trữ lượng nước, liệu có an toàn để đầu tư nhiều vào các dự án thích nghi mà có thể không hiệu quả khi những tình huống tồi tệ hơn xảy ra?

Trong trường hợp này, những chiến lược thích nghi khác cần được nghiên cứu, chẳng hạn như các hệ thống bảo hiểm (Linnerooth-Bayer và nnk, 2003; Hellmuth và nnk, 2007). Trước những rủi ro về mùa vụ do thời tiết, hệ thống bảo hiểm có thể giúp bảo vệ họ vượt qua những thiệt hại nặng nề về mùa màng và có thể là một lựa chọn thích nghi “cứng”.

Tương tự như vậy, đối với những vùng thường có bão, việc thực hiện cảnh báo và di tản kết hợp với một hệ thống bảo hiểm mạnh mẽ và kế hoạch tái thiết phù hợp sẽ mang lại hiệu quả cao hơn là chỉ bảo vệ người dân bằng những kè bờ hay đê biển. Trong trường hợp này, cư dân được di tản khi gặp phải những điều kiện nguy hiểm (ví dụ như bão đổ bộ) để tránh những thiệt hại và thương vong về người, và những mất mát về tài sản được bảo hiểm bồi thường, vì thế mà việc phục hồi và tái thiết sẽ mang lại hiệu quả rất lớn hơn. Phí bảo hiểm người dân phải trả để có thể sống trong vùng nguy cơ rủi ro có thể là rất lớn, nhưng vẫn thấp hơn chi phí xây dựng đê điều. Tất nhiên, hệ thống cảnh báo không phải là hoàn mỹ do vậy luôn là khó khăn để quyết định liệu có phải di tản hay không và khi nào thì di tản. Tuy vậy, kinh nghiệm bão Katrina đã chứng minh rằng việc chuẩn bị và phòng vệ dù kỹ càng đến đâu cũng có thể bị thất bại và kéo theo những hệ lụy bi thảm.

Như trình bày trong bảng 2, các giải pháp thích ứng “mềm” cũng là các giải pháp có thể đảo ngược. Ưu việt của các giải pháp mềm là ít trì trệ và cứng nhắc như các giải pháp “cứng”: bảo hiểm có thể được điều chỉnh hàng năm trong khi các hồ chứa nước thì không thể làm như vậy. Rủi ro “mất giá” khi các kịch bản khí hậu là sai của các chiến lược hành chính và tài chính sẽ thấp hơn nhiều so với các dự án thích nghi kỹ thuật, và do đó các chiến lược mềm sẽ trở nên phù hợp hơn với bối cảnh khí hậu hiện tại tàng chứa rất nhiều các yếu tố khó lường.

Các giải pháp mềm chẳng hạn như quy hoạch sử dụng đất, bảo hiểm hay hệ thống cảnh báo sớm sẽ có ảnh hưởng đến những lựa chọn đầu tư thương mại và những quyết định của các hộ gia đình và do đó cũng ảnh hưởng đến những kế hoạch đầu tư “cứng”. Ví dụ như, tái thiết quy hoạch sử dụng đất có thể xem như là những giải pháp mềm, nhưng hệ lụy của chúng về xây dựng là rất lớn. Rút cuộc, không có giải pháp nào là hoàn toàn “mềm”. Trong bảng 2 chỉ có các giải pháp mềm với những hệ quả “cứng”

và hạn chế, chẳng hạn như hệ thống cảnh báo sớm và bảo hiểm, được xem là các “chiến lược mềm”.

4.5. Chiến lược giảm thời gian ra quyết định

Những bất trắc về điều kiện khí hậu tương lai có thể tăng lên nhanh chóng theo thời gian. Vì vậy, việc giảm thời gian đầu tư có thể coi là một giải pháp để giảm bất trắc và chi phí. Chiến lược này đã từng được thực thi trong lâm nghiệp bằng cách chọn các giống cây có vòng đời ngắn hơn. Việc lựa chọn các giống cây được tiến hành (không thể đảo ngược) và cũng không có sẵn các “bờ an toàn” nào cho ngành nghề này, khi đó giải pháp này sẽ rất hấp dẫn bất chấp chi phí của nó. Trong các ngành nghề khác, chiến lược này cũng có thể tránh những cam kết dài hạn và để lựa chọn những quyết định mang tính ngắn hạn hơn. Chẳng hạn như những khu nhà sẽ được xây dựng trên khu vực có nguy cơ ngập úng cao khi lượng mưa gia tăng, sẽ là hợp lý hơn nếu xây những căn nhà giá rẻ và có tuổi thọ ngắn hơn thay vì những căn nhà chất lượng cao và có tuổi thọ hàng trăm năm.

4.6. Xem xét đến tính xung đột và bổ trợ giữa các chiến lược

Đây là vấn đề cuối cùng cần được xem xét đến. Các chiến lược thích ứng thường có ảnh hưởng nhiều mặt và trong đó có thể có cả mặt tích cực và tiêu cực. Chẳng hạn như, trong trường hợp các cơ sở hạ tầng vùng ven bờ để chống lại sự dâng cao của nước biển khi có bão là các kè chắn. Chúng có thể đe dọa đến công nghiệp du lịch bởi sự thay đổi cảnh quan, hệ sinh thái và sự hấp dẫn của bãi biển. Tính hấp dẫn của bờ biển cho các hoạt động giải trí, du lịch có quan hệ mật thiết đến các yếu tố như cảnh quan (Lothian, 2006), chất lượng môi trường, nguồn nước sẵn có... Do đó, trong một số trường hợp việc bảo vệ bờ biển bằng những “giải pháp cứng” không phải là một lựa chọn dễ dàng. Cũng quan trọng không kém đó là các giải pháp cứng có thể làm suy giảm nghề cá do chúng phá hủy các hệ sinh thái vùng bờ (Clark, 1996). Có khoảng 90% các loài cá sống phụ thuộc vào vùng bờ ít nhất một thời điểm trong vòng đời của chúng (Scialabba, 1998), do đó những ảnh hưởng từ các công trình này có thể gây thất thu đáng kể từ nghề cá. Vì vậy, việc tính đến các chi phí môi trường đối với các hệ sinh thái vùng bờ này là hết sức cần thiết.

Cũng có những mâu thuẫn trong các chiến lược thích nghi được đề cập đến. Ví dụ, ở những vùng núi cao khi mùa tuyết rơi ngắn hơn người ta sẽ tăng cường khai thác những khu vui chơi giải trí mùa đông để bù lại, và do đó nó sẽ dẫn đến những tác động tiêu cực đến nông nghiệp và nguồn cấp nước. Ví dụ này đã chỉ ra rằng các chiến lược thích ứng mà trông có vẻ hiệu quả khi chỉ xem xét đến những khía cạnh đơn lẻ có thể là không tối ưu ở quy mô kinh tế vĩ mô bởi vì những tác động tiêu cực phát sinh của chúng. Do vậy, các nhà chính quyền sẽ phải nhận thức được những rủi ro và phải quan trắc những tác động tiêu cực phát sinh từ những hành vi ứng phó.

Thích ứng cũng có thể tương tác với các chính sách giảm nhẹ. Ví dụ, các tiêu chuẩn xây dựng được cải thiện sẽ mang đến những lợi ích to lớn kèm theo về khía cạnh tiêu thụ năng lượng và giảm phát thải khí nhà kính. Và quả thực những lợi ích về phương diện giảm phát thải khí của một số lựa chọn trong bảng 2 (được biểu diễn bởi dấu “+” ở cột cuối cùng) sẽ làm cho các biện pháp này trở nên đáng được quan tâm hơn. Thậm chí khi chúng là các biện pháp mang tính chất không thể đảo ngược. Tuy nhiên, những xung đột cũng có thể xuất hiện giữa các biện pháp thích ứng và các biện pháp giảm nhẹ. Rất nhiều các chiến lược thích ứng đáng chú ý hiện tại mà hàm chứa trong đó sự tăng lên về tiêu thụ năng lượng (được biểu diễn bằng dấu “-” trong cột cuối cùng của bảng 2). Do vậy trong thiết kế các chiến lược thích ứng giá năng lượng trong tương lai cũng cần được tính đến: nếu giá cacbon cao vào năm 2030 các nhà máy sử dụng năng lượng hóa thạch sẽ không thể tồn tại do chi phí nhiên liệu quá cao. Xem xét đến chi phí đầu tư khổng lồ của những nhà máy này cần được thực hiện trong quá trình ra quyết định. Thêm vào đó, còn có một mối tương quan xấu giữa giá năng lượng và các tác động của biến đổi khí hậu. Nếu biến đổi khí hậu và tác động của nó xấu hơn dự kiến trong khoảng thời gian khoảng 50 năm, các chiến lược giảm nhẹ hà khắc hơn có lẽ sẽ được thực thi và làm cho chi phí năng lượng và giá cacbon tăng lên. Các giải pháp thích nghi tiêu tốn năng lượng nhiều có vẻ là các giải pháp thiếu mạnh mẽ đối với sự biến hóa khó lường của khí hậu.

Ngoài ra, có một mối quan hệ đặc biệt phức tạp giữa các chính sách thích ứng và các chính sách giảm nhẹ. Thứ nhất, các nỗ lực giảm nhẹ sẽ ảnh hưởng đến biên độ và cường độ biến đổi khí hậu và làm thay đổi các nhu cầu thích ứng. Thứ hai, khả năng thích ứng, giới hạn và giá cả làm cho nó ít nhiều có thể chấp nhận được để vượt qua ngưỡng về nồng độ khí nhà kính và là những nguồn đầu vào quan trọng trong việc lựa chọn các mục tiêu chiến lược khí hậu dài hạn. Các mục tiêu bền vững được đề xuất gần đây (ví dụ: mục tiêu 2°C của Cộng đồng Châu Âu) hàm chứa một sự thay thế của các cơ sở hạ tầng trong một vài thập kỷ tiếp theo. Sự thay đổi này tạo ra một cơ hội để tăng thêm tính mạnh mẽ của nền kinh tế trước sự biến đổi của khí hậu tương lai nếu việc xem xét các chiến lược thích ứng được tính đến. Và cuối cùng, giá cả cacbon được tạo ra bởi các chính sách giảm nhẹ sẽ dẫn một số chiến lược thích ứng ít nhiều hiệu quả về mặt kinh tế. Tất cả các liên kết (xem chi tiết hơn trong các phân tích của Lecocq và Shalizi, 2007) đều hướng đến một thiết kế tổng hợp và đánh giá về các chiến lược thích ứng và giảm nhẹ mà thường được phát triển bởi những cộng đồng khác nhau. Đánh giá tổng hợp, như là một nguyên tắc, cần có câu trả lời cho thách thức này. Theo Carter và nnk (2007), những tiến trình quan trọng đang được tạo ra hướng đến việc phát triển (i) các mô hình đánh giá tổng hợp để có thể mô phỏng các hệ quả tạo ra từ các chính sách và các biện pháp bao gồm một phạm vi rộng về mức độ ảnh hưởng của các yếu tố (kinh tế, môi trường, xã hội, chính trị...), (ii) các phương

pháp để thiết kế và đánh giá các chính sách và các biện pháp trong một khuôn khổ mở và liên ngành để có thể có được sự sáng suốt và kiến thức từ các chuyên gia, những người có liên quan và từ công chúng.

Những phân tích theo kinh nghiệm đề xuất trong bài báo này (bảng 2) là chưa đủ cho việc ra các quyết định thích ứng đặc thù do tất cả các quyết định này phải mang tính chất đặc thù khu vực. Tuy nhiên phân tích này đề xuất các chiến lược mà cần phải xem xét đến thứ tự ưu tiên, bởi vì chúng có khả năng được thực thi mà không cần chờ đợi thêm thông tin từ biến đổi khí hậu trong tương lai. Bảng 2 cung cấp ba mức phân hạng cho các giải pháp này. Các giải pháp được xếp thứ nhất và được bôi màu xanh khi chúng được đánh giá là tích cực theo những phân tích hiện tại. Những lựa chọn khác xếp thứ hai và bôi màu vàng cần phải được xem xét bất chấp sự thiếu hụt về độ mềm dẻo của chúng. Sự hạn chế này sẽ được bù đắp bởi lợi ích mà chúng mang lại trong điều kiện khí hậu hiện tại, bởi sự sẵn có của các bờ an toàn chi phí thấp, bởi sự cắt giảm về thời gian ra quyết định, hay bởi lợi ích về khía cạnh giảm phát thải khí nhà kính. Những giải pháp khác xếp thứ ba cũng có thể đem lại lợi ích bất chấp sự khó lường của khí hậu. Tuy nhiên, lợi ích ngắn hạn, tính chất không thể đảo ngược, hay hệ quả về phát thải khí nhà kính của chúng đã làm cho chúng ít thích hợp hơn với điều kiện biến động của khí hậu hiện tại. Biến đổi khí hậu rút cuộc có thể làm cho những chiến lược này trở nên cần thiết bất chấp những yếu điểm của chúng. Nếu điều này là đúng, việc thực thi những chính sách này sẽ cần thêm nhiều thông tin về biến đổi khí hậu. Việc phải chờ đợi những thông tin về khí hậu sẽ làm các chiến lược thích ứng được thực thi chậm trễ hơn.

5. Kết luận

Trong một vài thập kỷ tới, sự ấm lên của khí hậu toàn cầu mang đến cho chúng ta không phải là những thay đổi về bản thân của khí hậu. Đó có thể là sự khó lường về các điều kiện khí hậu mà thường bị xao nhãng trong quá trình ra quyết định. Hiện tại, những bất trắc về biến đổi khí hậu tương lai lớn đến nỗi nó làm cho rất nhiều các tiếp cận truyền thống đối với việc thiết kế cơ sở hạ tầng và các đầu tư dài hạn khác không còn phù hợp.

Để giải quyết vấn đề về biến đổi khí hậu người sử dụng cao nhất không nên quá trông chờ vào những dự báo của các nhà khoa học. Sự không chắc chắn về nền tảng khoa học sẽ cản trở những mô hình khí hậu trong việc cung cấp thông tin sớm. Tính biến hóa của tự nhiên có thể làm cho việc xác định những biến đổi khí hậu trở nên khó khăn hơn cũng sẽ phần nào cản trở việc quan sát và cung cấp thông tin kịp thời.

Do đó người sử dụng cao nhất phải thay đổi cách thức ra quyết định để từng bước đưa những bất trắc của khí hậu vào những hoạt động thường ngày của họ. Trong hầu hết các trường hợp, họ đều biết phải xử lý thế nào bởi vì tính khó lường đã là tâm điểm

của rất nhiều các quyết định kinh tế: giá năng lượng, tỷ giá hối đoái, và sự phát triển công nghệ tương lai đều biến đổi nhanh chóng và tiềm ẩn sự khó lường và chúng đều không thể được dự đoán một cách tỉ mỉ. Trong danh sách các yếu tố khó lường này, rất cần thiết đưa vào các điều kiện khí hậu của tương lai để chắc chắn rằng tất cả thông tin các nhà khoa học tạo ra đều được sử dụng một cách hợp lý nhất. Nếu sự khó lường về khí hậu được tính đến trong các quyết định dài hạn, rất nhiều các dự án phát triển cơ sở hạ tầng sẽ có khả năng thích ứng tốt hơn trong tương lai, và những tác động của biến đổi khí hậu sẽ được giảm nhẹ hơn và dễ kiểm soát hơn (Hallegatte, 2007). Chỉ với chiến lược ứng phó đón đầu mới có khả năng cho chúng ta thêm thời gian để chờ đợi các chính sách giảm nhẹ (vẫn cần được thực thi) mang lại hiệu quả.

Lời cảm ơn

Tác giả chân thành gửi lời cảm ơn đến Shardul Agrawala, Raphael Bille, Christian De Perthuis, Suraje Dessai, Patrice Dumas, Hans-Martin Fuessel, David Groves, Robert W. Hahn, Franck Lecocq, Mike Mastrandrea, Simon Dietz, và hai phản biện kín về những nhận xét và góp ý rất hữu ích đối với bài báo này. Tất cả các lỗi còn lại là của tác giả.

Tài liệu tham khảo

- Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin J., Pulwarty, R., Smit, B., Takahashi, K., 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 717–743.
- Carter, T.R., Jones, R.N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L.O., O'Neill, B.C., Rounsevell, M.D.A., Zurek, M.B., 2007. New assessment methods and the characterisation of future conditions. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 133–171.
- Clark, J.R., 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. Lewis Publishers, 694 pp.
- Douville, H., 2006. Detection–attribution of global warming at the regional scale: how to deal with precipitation variability? *Geophysical Research Letters* 33, L02701.

- Emanuel, K., 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436, 686–688.
- Fankhauser, S., Smith, J.B., Tol, R.S.J., 1999. Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological Economics* 30 (1), 67–78.
- Ghil, M., Chekroun, M.D., Simonnet, E., 2008. Climate dynamics and fluid mechanics: natural variability and related uncertainties, *Physica D*, Invited survey paper for Special Issue on The Euler Equations: 250 Years On., *Physica D*, 237, 2111–2126, doi:10.1016/j.physd.2008.03.036.
- Giorgi, F., Mearns, L.O., 2003. Probability of regional climate change based on the reliability ensemble averaging (REA) method. *Geophysical Research Letters* 30 (12), 1629–1632, doi:10.1029/2003GL017130, 2003.
- Gollier, C., Treich, N., 2003. Decision-making under scientific uncertainty: the economics of the precautionary principle. *Journal of Risk and Uncertainty* 27 (1), 77–103.
- Groves, D.G., Lempert, R.J., 2007. A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. *Global Environmental Change* 17, 73–85.
- Groves, D.G., Knopman, D., Lempert, R., Berry, S., Wainfan, L., 2007. In: Presenting Uncertainty About Climate Change to Water Resource Managers—Summary of Workshops with the Inland Empire Utilities Agency, RAND, Santa Monica, CA.
- Ha-Duong, M., 1998. Quasi-option value and climate policy choices. *Energy Economics* 20, 599–620.
- Hallegatte, S., 2006. A cost–benefit analysis of the New Orleans Flood Protection System, Regulatory Analysis 06-02. AEI-Brookings Joint Center. March 2006.
- Hallegatte, S., 2007. Do current assessments underestimate future damages from climate change? *World Economics* 8 (3), 131–146.
- Hallegatte, S., Hourcade, J.-C., Ambrosi, P., 2007. Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas. *Climatic Change* 82 (1–2 (May)), pp. 47–60, doi:10.1007/s10584-006-9161-z.
- Adger, W.N., Agrawala, S., Mirza, M.M.Q., Conde, C., O’Brien, K., Pulhin J., Pulwarty, R., Smit, B., Takahashi, K., 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 717–743.

- Carter, T.R., Jones, R.N., Lu, X., Bhadwal, S., Conde, C., Mearns, L.O., O'Neill, B.C., Rounsevell, M.D.A., Zurek, M.B., 2007. New assessment methods and the characterisation of future conditions. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 133–171.
- Clark, J.R., 1996. *Coastal Zone Management Handbook*. Lewis Publishers, 694 pp.
- Douville, H., 2006. Detection–attribution of global warming at the regional scale: how to deal with precipitation variability? *Geophysical Research Letters* 33, L02701.
- Emanuel, K., 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature* 436, 686–688.
- Fankhauser, S., Smith, J.B., Tol, R.S.J., 1999. Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological Economics* 30 (1), 67–78.
- Ghil, M., Chekroun, M.D., Simonnet, E., 2008. Climate dynamics and fluid mechanics: natural variability and related uncertainties, *Physica D*, Invited survey paper for Special Issue on The Euler Equations: 250 Years On., *Physica D*, 237, 2111–2126, doi:10.1016/j.physd.2008.03.036.
- Giorgi, F., Mearns, L.O., 2003. Probability of regional climate change based on the reliability ensemble averaging (REA) method. *Geophysical Research Letters* 30 (12), 1629–1632, doi:10.1029/2003GL017130, 2003.
- Gollier, C., Treich, N., 2003. Decision-making under scientific uncertainty: the economics of the precautionary principle. *Journal of Risk and Uncertainty* 27 (1), 77–103.
- Groves, D.G., Lempert, R.J., 2007. A new analytic method for finding policy-relevant scenarios. *Global Environmental Change* 17, 73–85.
- Groves, D.G., Knopman, D., Lempert, R., Berry, S., Wainfan, L., 2007. In: *Presenting Uncertainty About Climate Change to Water Resource Managers—Summary of Workshops with the Inland Empire Utilities Agency*, RAND, Santa Monica, CA.
- Ha-Duong, M., 1998. Quasi-option value and climate policy choices. *Energy Economics* 20, 599–620.
- Hallegatte, S., 2006. A cost–benefit analysis of the New Orleans Flood Protection System, Regulatory Analysis 06-02. AEI-Brookings Joint Center. March 2006.
- Hallegatte, S., 2007. Do current assessments underestimate future damages from climate change? *World Economics* 8 (3), 131–146.

Hallegatte, S., Hourcade, J.-C., Ambrosi, P., 2007. Using climate analogues for assessing climate change economic impacts in urban areas. *Climatic Change* 82 (1–2 (May)), pp. 47–60, doi:10.1007/s10584-006-9161-z.