



KHOA MÔI TRƯỜNG, BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ ĐÔ THỊ
FACULTY OF ENVIRONMENTAL, CLIMATE CHANGE AND URBAN STUDIES

Mô hình hóa tác động của Biến Đổi Khí Hậu

Ths Nguyễn Thùy Linh
Bộ môn Kinh tế và Quản lý Biến đổi khí hậu

Chương 9: Mô hình hóa tác động của Biến đổi khí hậu

Nội dung

9.1. Kịch bản phát triển kinh tế - xã hội

9.2. Kịch bản phát thải khí nhà kính

9.3. Kịch bản BĐKH

9.4. Mô hình hóa các tác động của BĐKH

9.5 Một số nghiên cứu thực nghiệm về mô hình hóa các tác động của BĐKH

Chương 9

Nội dung

9.1. Kịch bản phát triển kinh tế - xã hội

9.2. Kịch bản phát thải khí nhà kính

9.3. Kịch bản BĐKH

9.4. Mô hình hóa các tác động của BĐKH

9.5 Một số nghiên cứu thực nghiệm về mô hình hóa các tác động của BĐKH

9.4.1. Sơ lược về các mô hình khí hậu

- Mô hình khí hậu toàn cầu (GCM)
- Mô hình khí hậu khu vực (RCM)

9.4.2. Các phương pháp downscale mô hình

- Phương pháp chi tiết hóa thống kê
- Phương pháp hạ quy mô động lực

9.4.3. Mô hình đánh giá tích hợp (IAM)

Mô hình DICE - RICE

Mô hình khí hậu toàn cầu (GCM - Global climate model)

Định nghĩa

Mô hình khí hậu toàn (GCM) là **mô hình toán học** mô tả các quá trình vật lý trong khí quyển, đại dương, băng biển và bề mặt đất, dựa trên hệ phương trình Navier-Stokes.



Claude-Louis Navier



Sir George Gabriel Stokes

- Miêu tả dòng chảy của các chất lỏng và khí (gọi chung là chất lưu)
- Được xây dựng từ sự bảo toàn của khối lượng, động lượng, và năng lượng cho một thể tích đang xem xét bất kì.

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v \right) = -\nabla p + \nabla \cdot T + f$$

- Là cơ sở cho các **chương trình máy tính** phức tạp để thực hiện các **mô phỏng không khí hoặc đại dương**.

Mô hình khí hậu toàn cầu (GCM - Global climate model)

Ý nghĩa của mô hình khí hậu toàn cầu GCM

Các mô hình GCM hiện đại có thể thực hiện các mô phỏng, dự báo và dự tính các quá trình diễn ra trong khí quyển, đại dương cũng như các quá trình tại bề mặt đất.

Mô hình GCM được sử dụng phổ biến nhất hiện nay là CAM

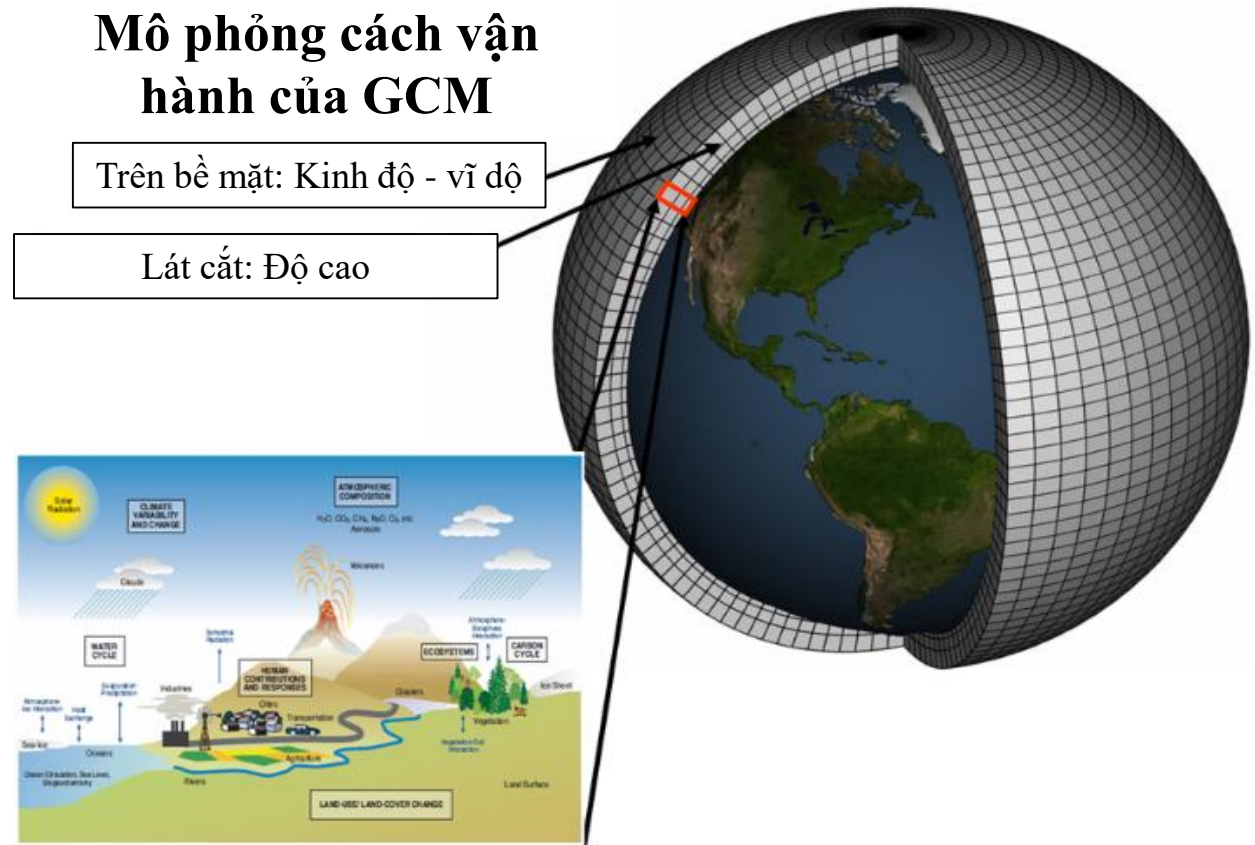
Mô hình khí hậu toàn cầu (GCM - Global climate model)

- Các GCM mô tả khí hậu bằng cách sử dụng lưới ba chiều trên toàn cầu với **độ phân giải không cao** để nắm bắt các hiện tượng thời tiết khí hậu quy mô lớn
- Các mô hình GCM thường gặp khó khăn khi mô phỏng khí hậu tại khu vực có địa hình phức tạp; và không mô phỏng được chính xác các hiện tượng thời tiết cực đoan như xoáy thuận nhiệt đới, mưa lớn
- Các GCM có thể đáp ứng được các nghiên cứu khí hậu quy mô toàn cầu nhưng chưa thỏa mãn được các nghiên cứu khí hậu trên quy mô khu vực.

Mô phỏng cách vận hành của GCM

Trên bề mặt: Kinh độ - vĩ độ

Lát cắt: Độ cao



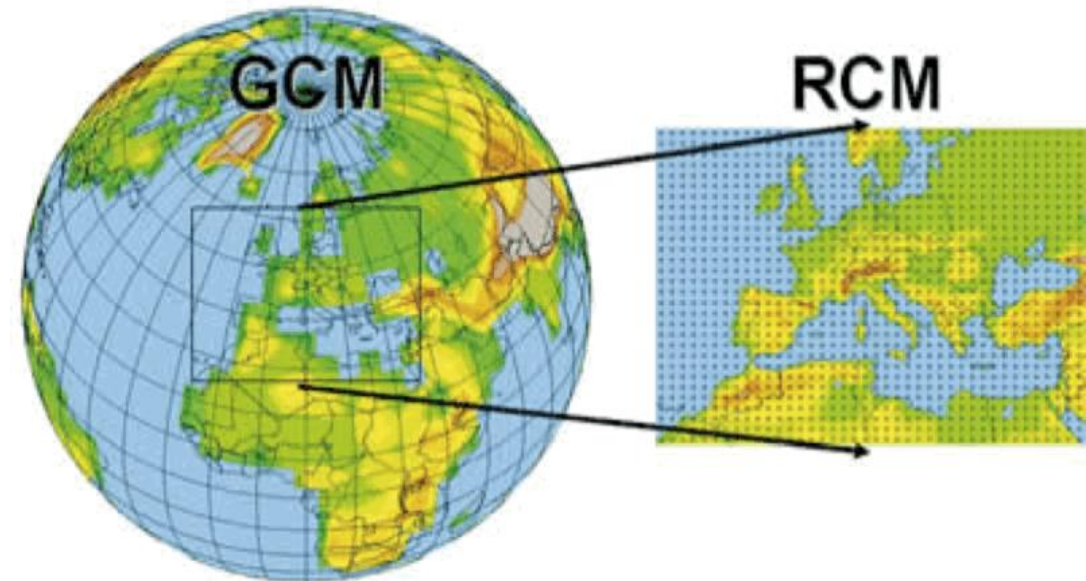
Mô hình khí hậu khu vực (RCM - Regional climate model)

Định nghĩa

Mô hình khí hậu khu vực (RCM) là **mô hình toán học** mô phỏng các quá trình khí hậu có qui mô nhỏ ở cấp độ khu vực hoặc địa phương

Mô hình RCM được sử dụng phổ biến nhất hiện nay

là RegCM



Mô hình khí hậu khu vực (RCM - Regional climate model)

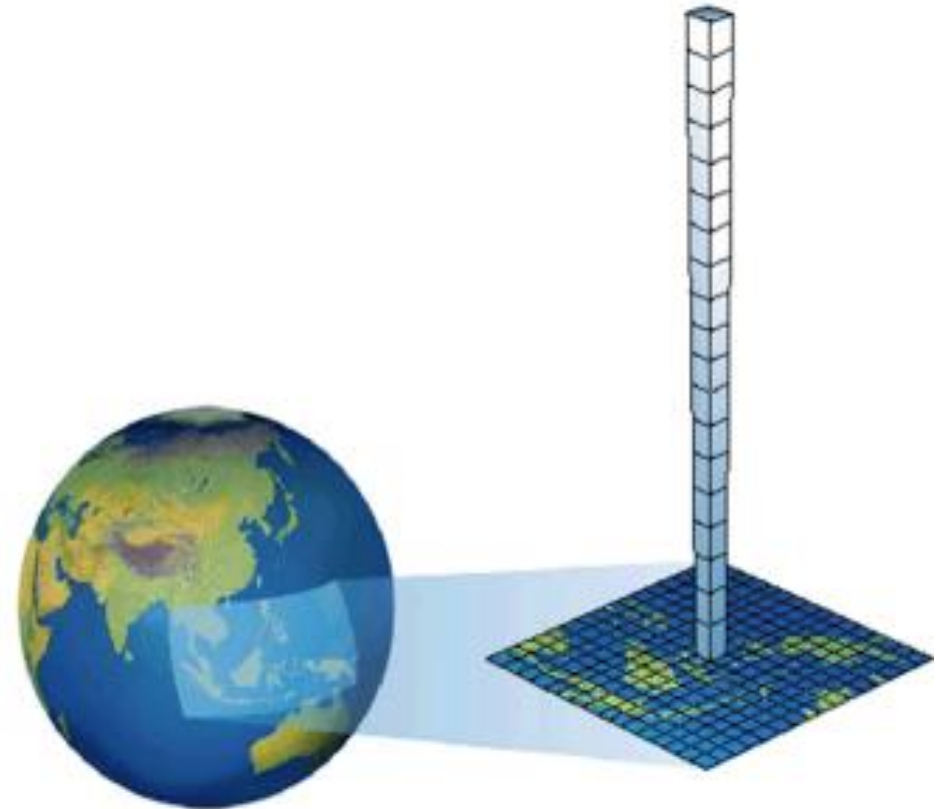
Ý nghĩa của RCM

Về mặt lý thuyết, các GCM được coi là công cụ thích hợp nhất để thực hiện các mô phỏng, dự báo và dự tính khí hậu. Tuy nhiên, các GCM rất khó nắm bắt được các hiện tượng khí hậu ở quy mô nhỏ.

Trước thực tế đó, một giải pháp được đưa ra, đó là sử dụng các mô hình khu vực (RCM) độ phân giải cao lồng ghép vào GCM để thực hiện chi tiết hóa thông tin từ GCM về khu vực nghiên cứu.

Phương pháp lồng ghép RCM vào GCM:

- Hạ thấp qui mô động lực (Dynamical Downscaling)
- Chi tiết hóa thông kê (Statistical downscaling)



Chi tiết hóa thống kê	Hạ quy mô động lực
Các đặc điểm điểm cụ thể của địa phương/ khu vực không phải lúc nào cũng mang tính thống nhất vật lý	Mang tính thống nhất giữa các biến địa phương/khu vực có tính thống nhất
Đòi hỏi tài nguyên tính toán ít, do đó có thể tổ hợp hoặc thực hiện nhiều thử nghiệm khác nhau	Đòi hỏi tài nguyên tính toán cao, do đó chỉ có thể tiến hành một số ít thử nghiệm
Đầu ra có các đặc điểm thống kê tương tự với các quan trắc được sử dụng	Đầu ra trên lưới với các đặc điểm thống kê phụ thuộc vào quy mô ô lưới
Phân giải thời gian phụ thuộc vào phương pháp sử dụng, thường từ tháng đến ngày	Phân giải thời gian cao
Thông tin khí hậu địa phương (quy mô điểm) được dẫn xuất từ đầu ra của GCM; có thể đưa ra các biến không có trong đầu ra của mô hình	Thông tin khí hậu với độ phân giải cao (10-60 km) được dẫn xuất từ đầu ra của GCM sử dụng RCM
Đòi hỏi những nỗ lực trong việc thu thập dữ liệu và triển khai phương pháp hạ quy mô Đòi hỏi chuỗi dữ liệu quan trắc tương đối dài	Đòi hỏi những nỗ lực trong việc sử dụng được các đầu ra của GCM làm điều kiện biên cho mô hình khí hậu khu vực
Các yếu tố dự báo thể hiện tốt trong quá khứ khi so sánh với quan trắc có thể sẽ không có chất lượng tương tự như vậy trong tương lai.	Các sơ đồ tham số hóa có thể không còn thích hợp cho tương lai

Các mô hình đánh giá tích hợp (Integrated assessment models - IAM)

Biến đổi khí hậu có mối liên quan chặt chẽ đến nhiều lĩnh vực khác nhau như khí hậu, khí tượng, sinh thái, kinh tế, xã hội...

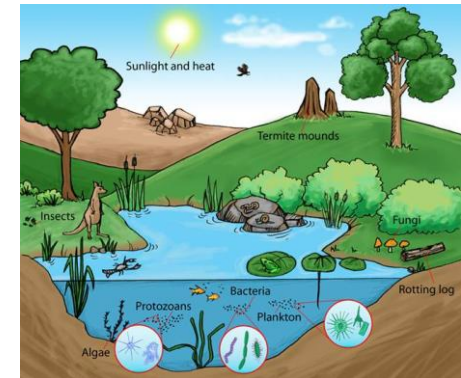
Bản chất đa ngành này đặt ra nhiều thách thức đối với các nhà khoa học trong việc kết hợp một cách toàn diện và có hệ thống kiến thức của nhiều lĩnh vực khác nhau vào việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, từ đó đưa ra những chính sách thích ứng và giảm nhẹ.

Từ nhu cầu giải quyết thách thức trên, các mô hình đánh giá tích hợp (IAM) được ra đời với nhiệm vụ tích hợp các khía cạnh (các mô-đun) khác nhau của một chủ thể vào một khung đánh giá (framework) để từ đó phân tích mối tương quan của cả hệ thống.

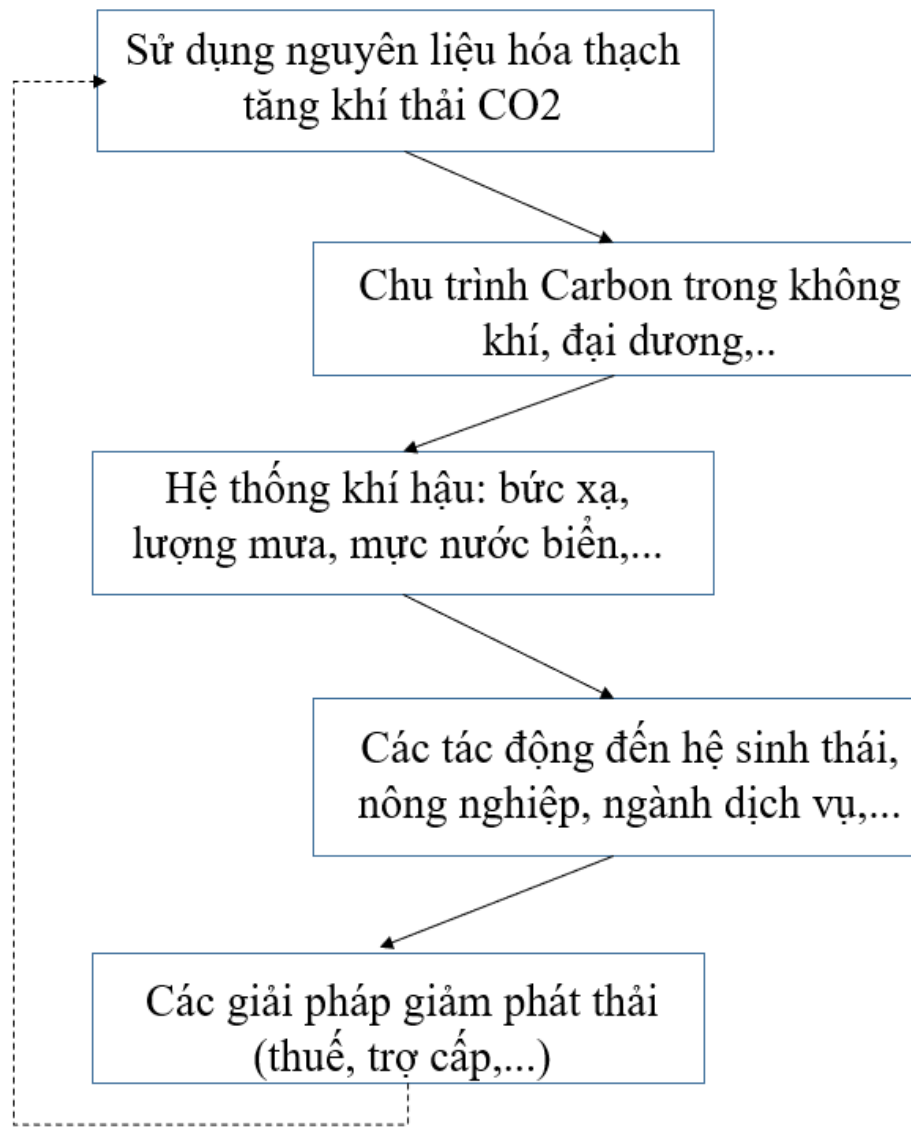
Hình cho thấy sơ đồ các mô-đun quan trọng trong việc phân tích tác động và chính sách ứng phó với Biến đổi khí hậu. Một phân tích đầy đủ phải xem xét từ các nguồn phát thải, hệ thống khí hậu, đánh giá các tác động, các chính sách...và lặp lại.

Mô hình đánh giá tích hợp (Integrated assessment model - IAM)

Biến đổi khí hậu có mối liên quan chặt chẽ đến nhiều lĩnh vực khác nhau như khí hậu, khí tượng, sinh thái, kinh tế, xã hội...



Bản chất đa ngành → cần kết hợp một cách toàn diện và có hệ thống kiến thức của nhiều lĩnh vực khác nhau vào việc đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, từ đó đưa ra những chính sách thích ứng và giảm nhẹ.



Sơ đồ các mô-đun quan trọng trong việc phân tích tác động và chính sách ứng phó với Biến đổi khí hậu. Một phân tích đầy đủ phải xem xét từ các nguồn phát thải, hệ thống khí hậu, đánh giá các tác động, các chính sách...và lặp lại.

Mô hình DICE và RICE

- Mô hình DICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy) là mô hình động tích hợp của hai yếu tố Khí hậu và Kinh tế
- Mô hình RICE (Regional Integrated model of Climate and the Economy) là mô hình tích hợp động ở mức độ khu vực của hai yếu tố Khí hậu và Kinh tế
- DICE và RICE là hai ví dụ điển hình của các mô hình đánh giá tích hợp IAM.

Mô hình DICE và RICE

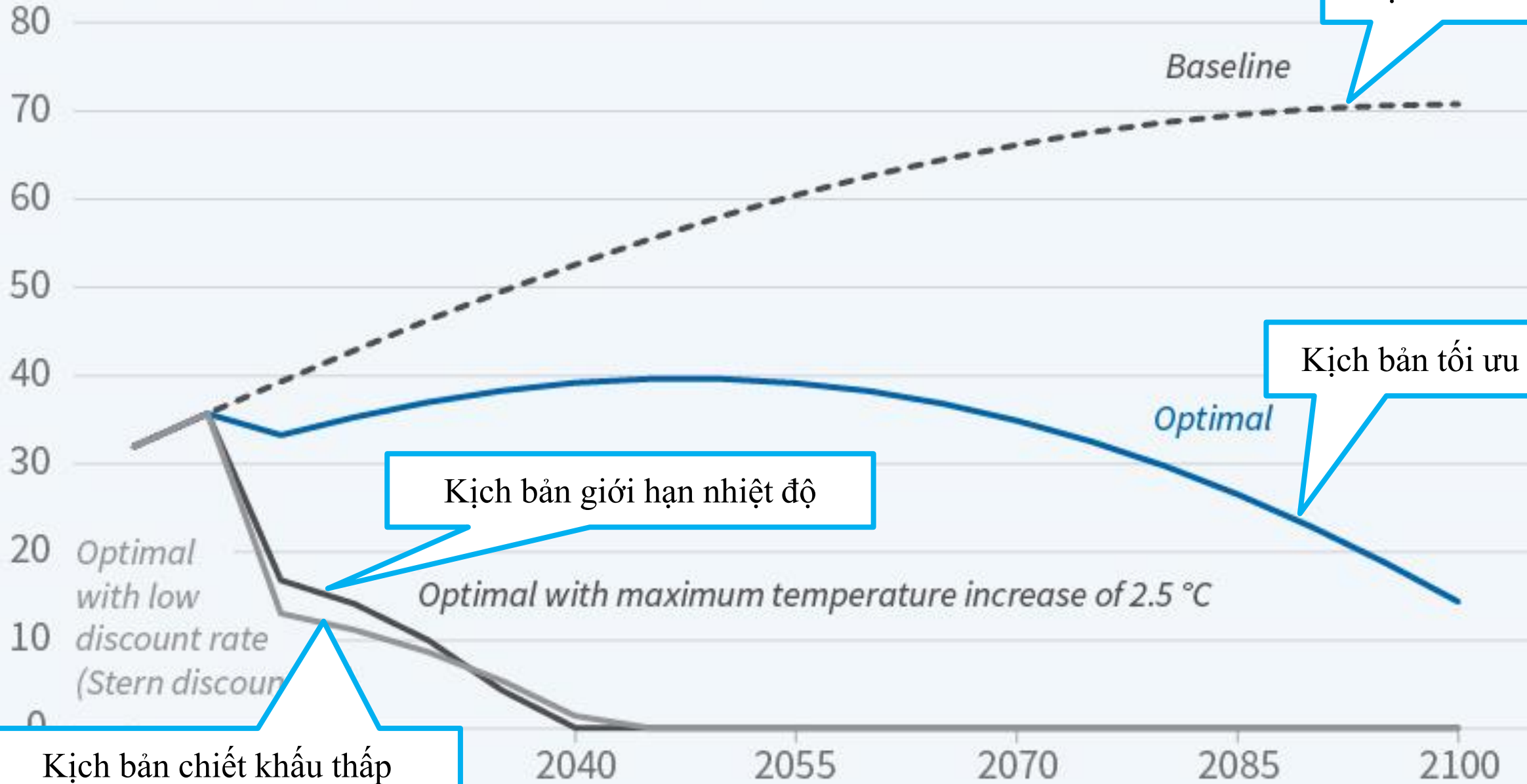
- DICE và RICE về cơ bản là giống nhau, chỉ khác nhau về quy mô áp dụng. DICE là mô hình tích hợp toàn cầu, trong khi RICE được áp dụng cho quy mô khu vực và mang nhiều đặc điểm khu vực phức tạp hơn
- Mô hình DICE được vận hành dựa trên 12 hệ phương trình toán học. Trong phiên bản của phần mềm GAM, mô hình RICE đơn giản nhất có khoảng 240 dòng mã vận hành. Việc chạy một chuỗi phân tích các yếu tố khí hậu và kinh tế cho toàn cầu trong vòng 1000 năm trên mô hình chỉ mất năm giây, vì vậy DICE được áp dụng trong nhiều dự án nghiên cứu khác nhau.

Mô phỏng kết quả của mô hình DICE và RICE

Dưới đây là một số kết quả từ việc chạy mô hình DICE phiên bản DICE-2016R2 mới nhất trên phần mềm GAM. Các kết quả minh họa các kịch bản kinh tế - khí hậu tương ứng với các cách tiếp cận chính sách khác nhau. Trong đó:

- Kịch bản cơ sở (Baseline)
- Kịch bản tối ưu (Optimal):.
- Kịch bản giới hạn nhiệt độ (Temperature-limited)
- Stern discounting (Kịch bản chiết khấu carbon thấp)

Global industrial emissions of CO₂ (Gt / year)



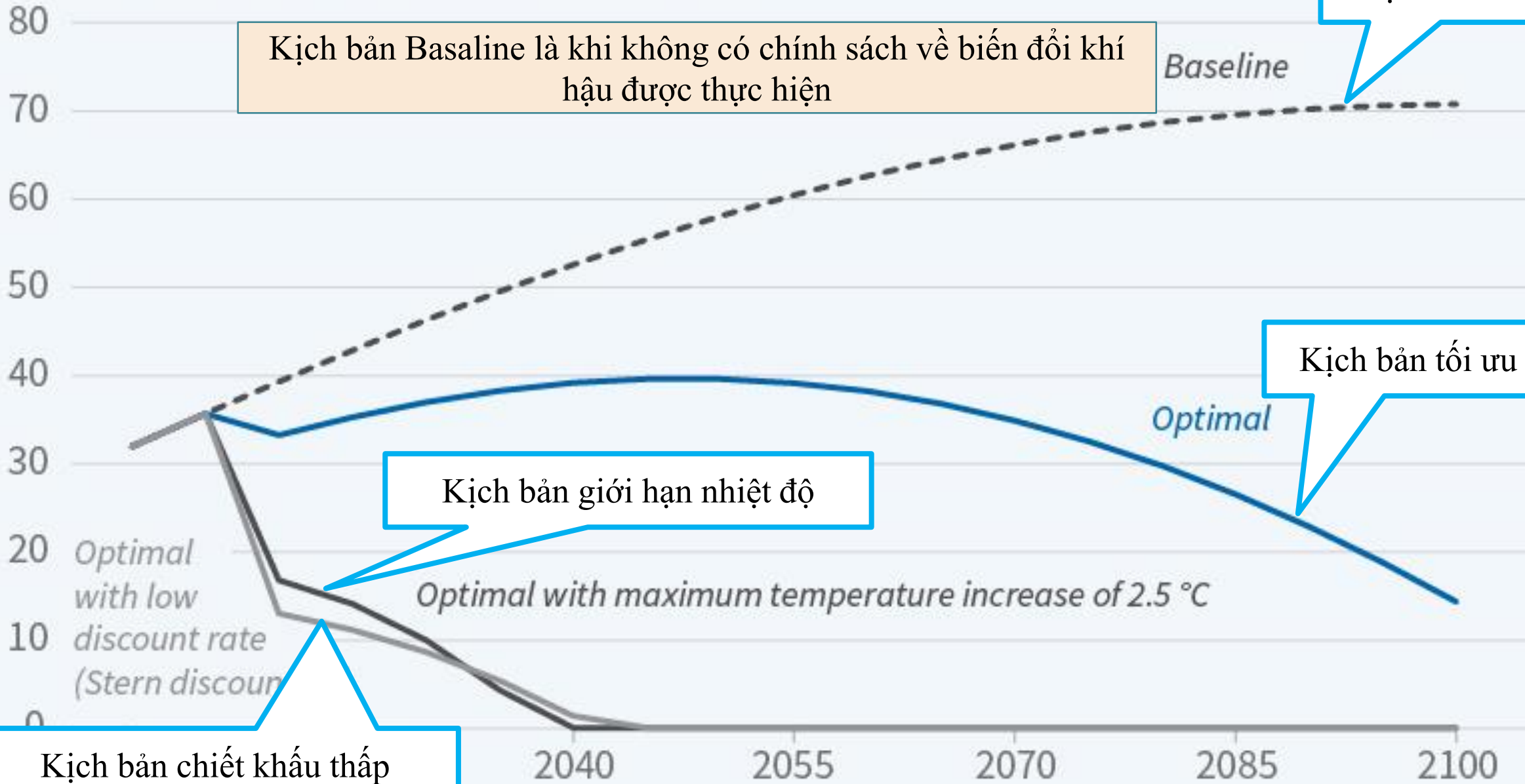
Kịch bản cơ sở

Kịch bản tối ưu

Kịch bản giới hạn nhiệt độ

Kịch bản chiết khấu thấp

Global industrial emissions of CO₂ (Gt / year)



Kịch bản Baseline là khi không có chính sách về biến đổi khí hậu được thực hiện

Kịch bản cơ sở

Kịch bản tối ưu

Kịch bản giới hạn nhiệt độ

Kịch bản chiết khấu thấp

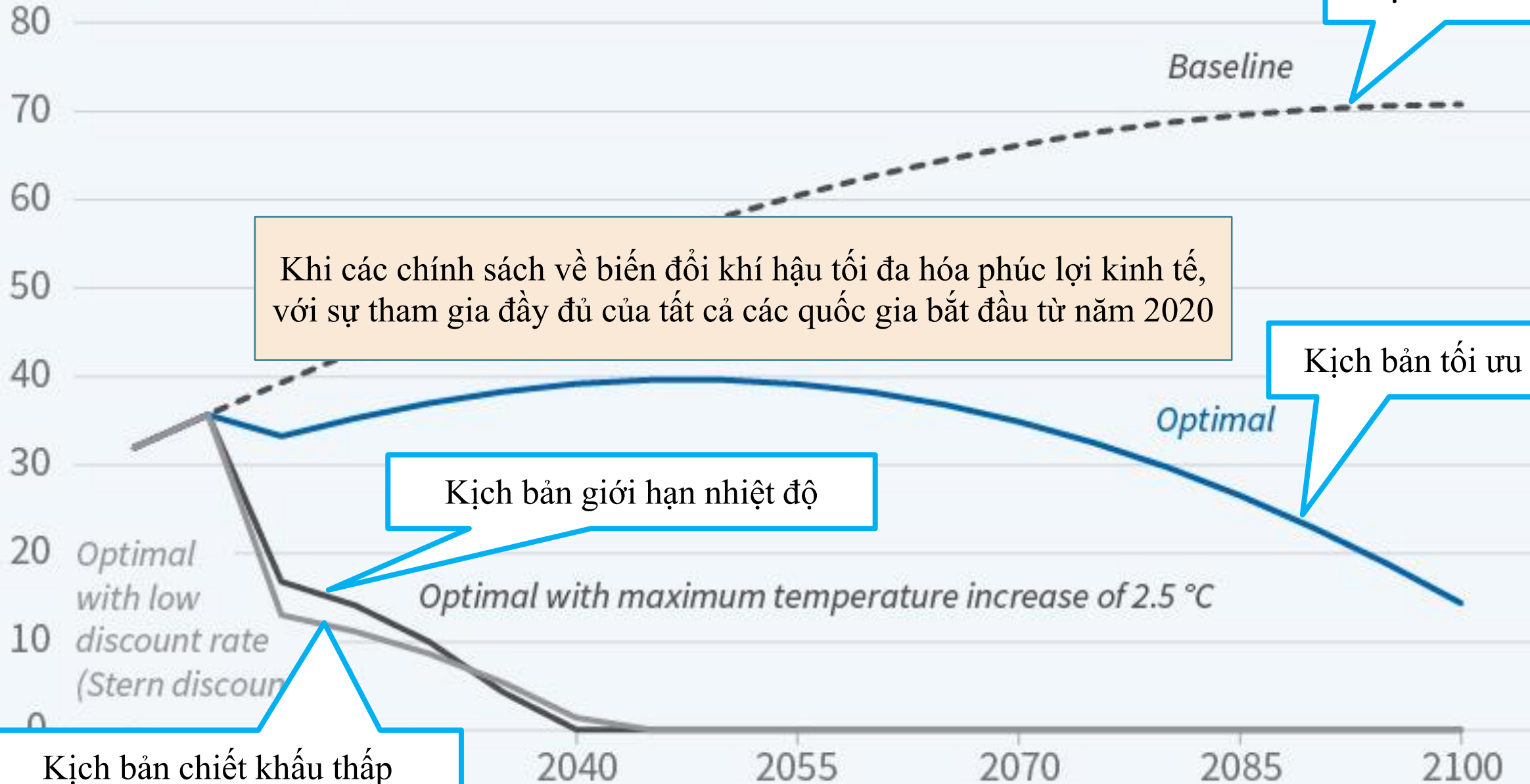
Optimal with low discount rate (Stern discount rate)

Optimal with maximum temperature increase of 2.5 °C

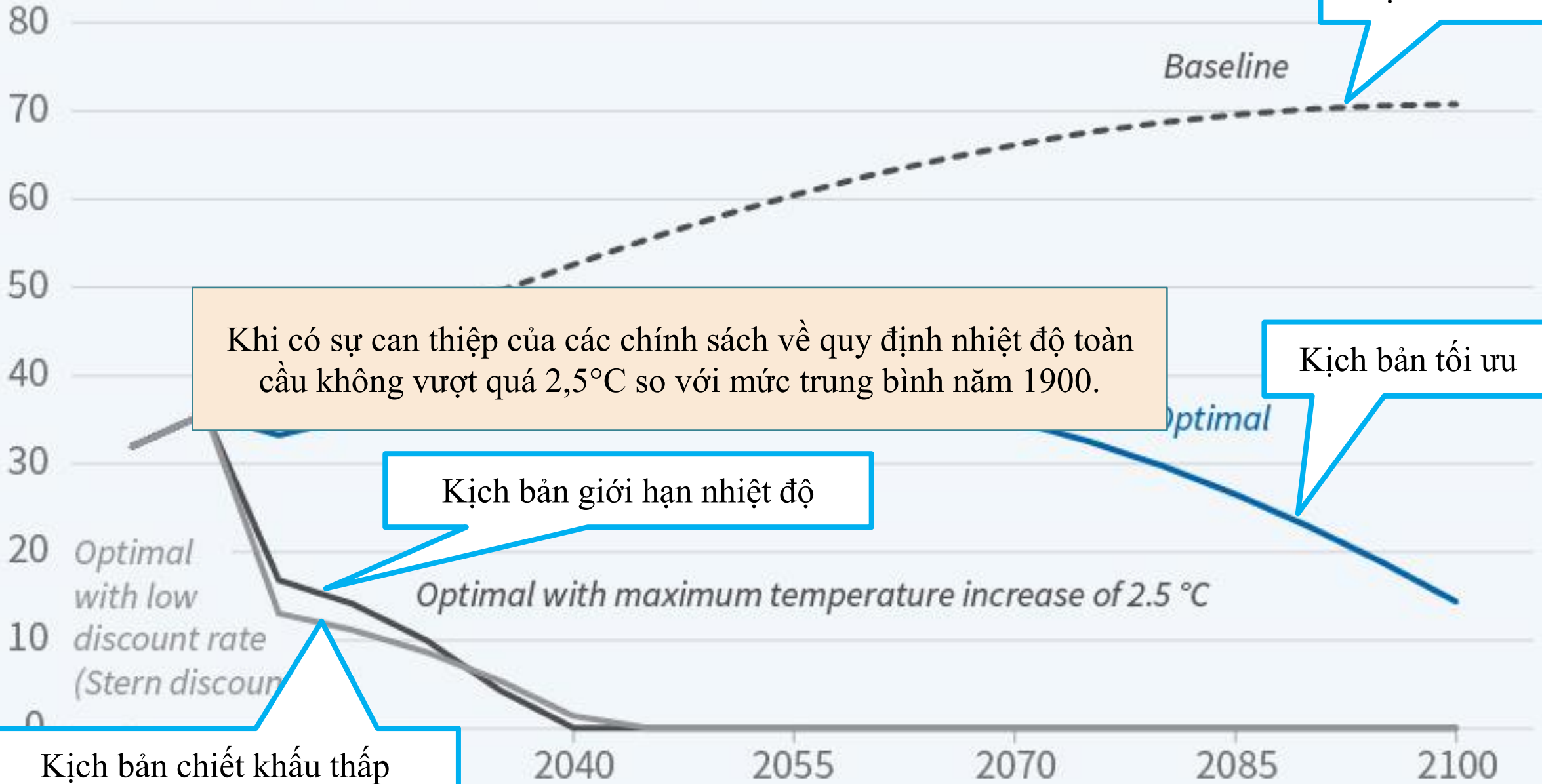
Baseline

Optimal

Global industrial emissions of CO₂ (Gt / year)



Global industrial emissions of CO₂ (Gt / year)



Kịch bản cơ sở

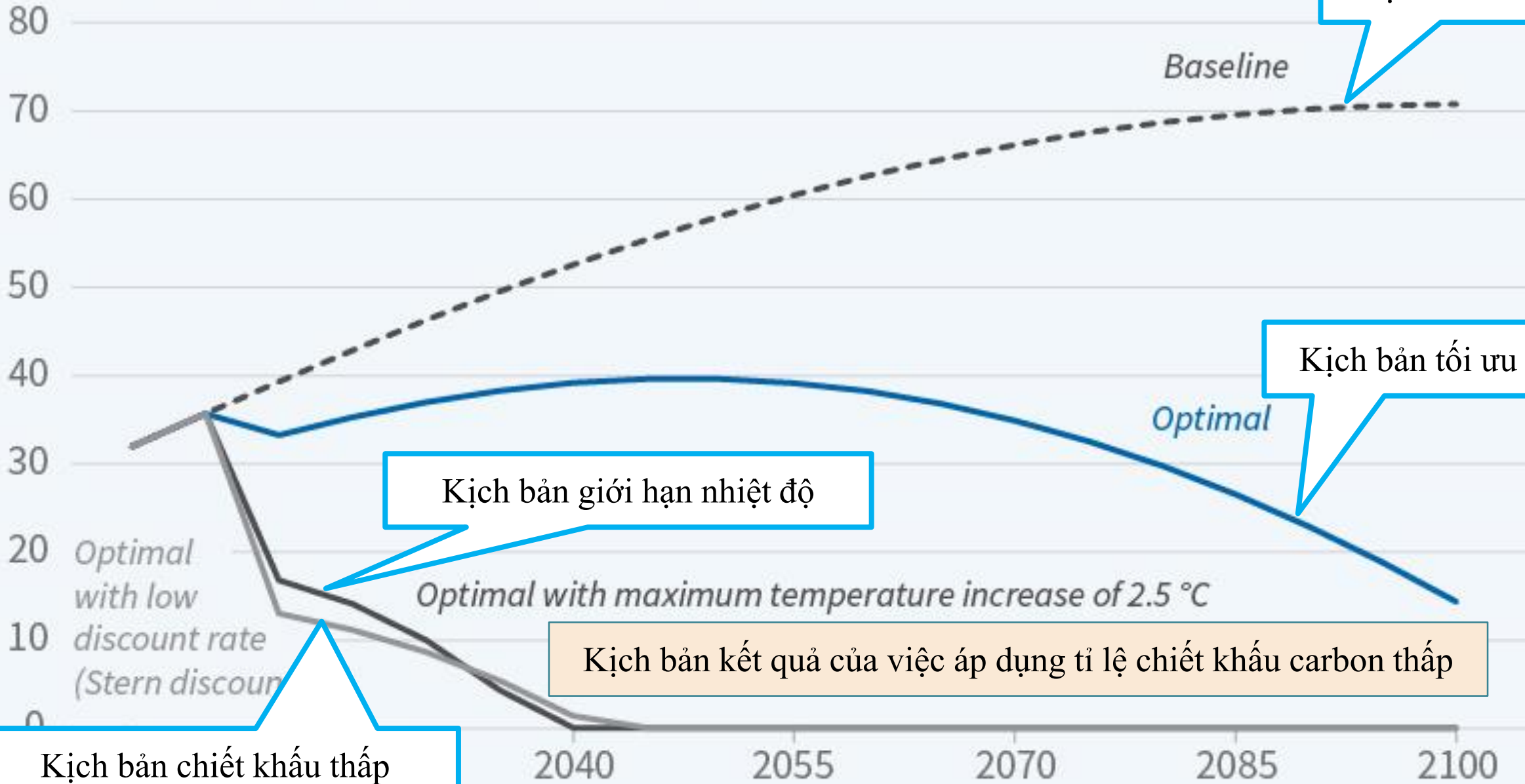
Kịch bản tối ưu

Kịch bản giới hạn nhiệt độ

Kịch bản chiết khấu thấp

Khi có sự can thiệp của các chính sách về quy định nhiệt độ toàn cầu không vượt quá 2,5°C so với mức trung bình năm 1900.

Global industrial emissions of CO₂ (Gt / year)



Kịch bản cơ sở

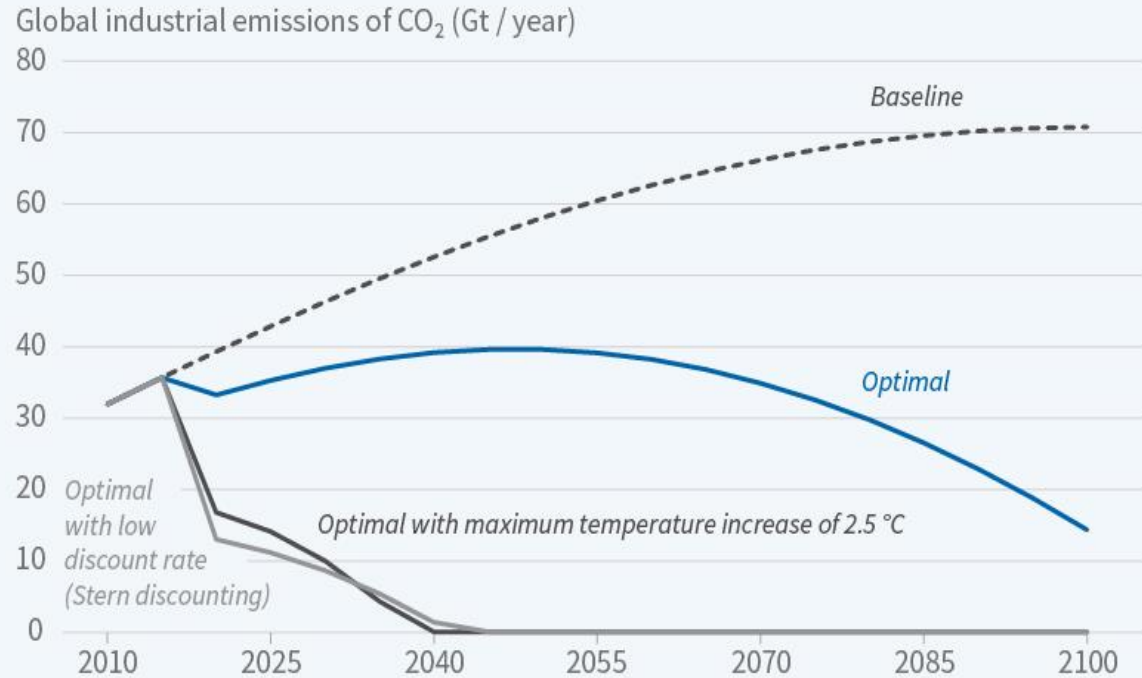
Kịch bản tối ưu

Kịch bản giới hạn nhiệt độ

Kịch bản kết quả của việc áp dụng tỉ lệ chiết khấu carbon thấp

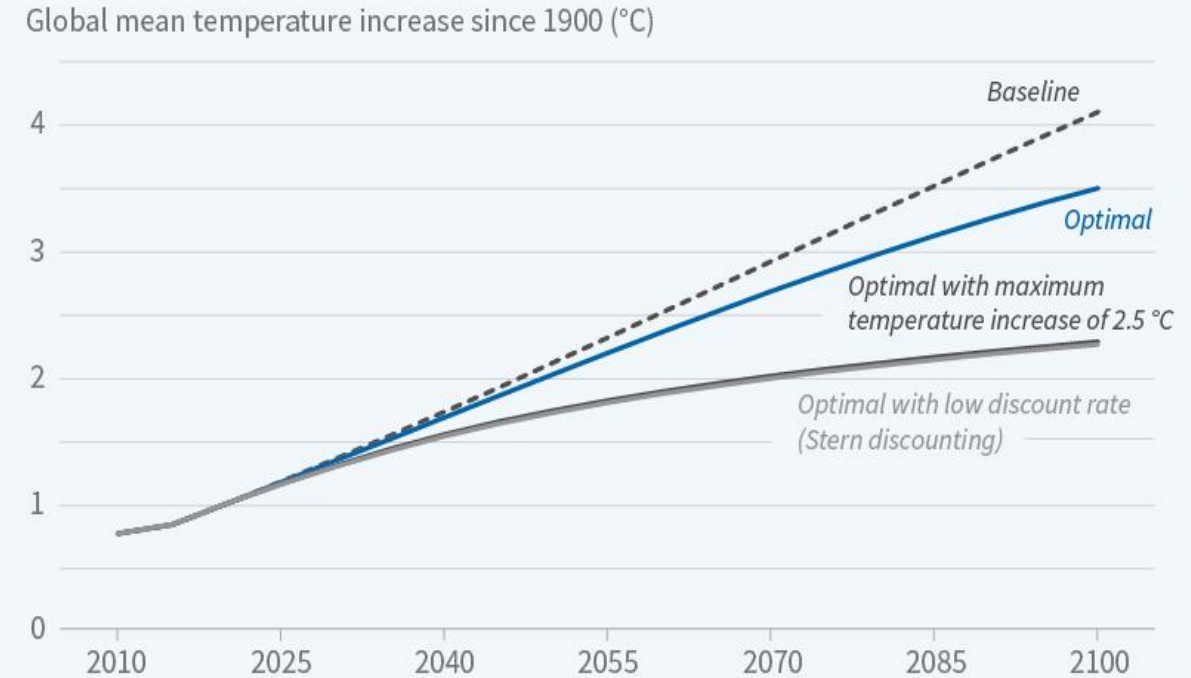
Kịch bản chiết khấu thấp

Projected CO₂ Emissions in Different Scenarios



Source: W. D. Nordhaus, NBER Working Paper No. 22933

Temperature Change in Different Scenarios



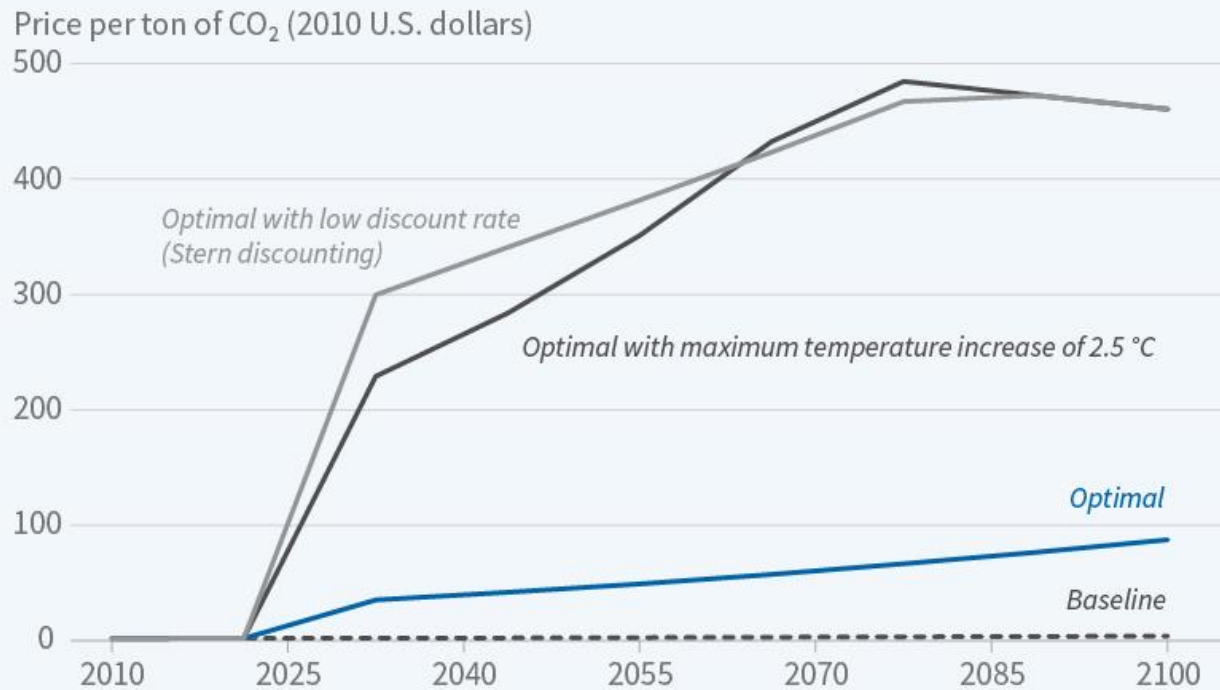
Source: W. D. Nordhaus, NBER Working Paper No. 22933

Hai hình trên hiển thị các kịch bản liên quan đến bốn cách tiếp cận chính sách khác nhau.

Trong hình 1, sự giảm phát thải lớn nhất thuộc về các cách tiếp cận chính sách giới hạn nhiệt độ và chính sách siết chặt.

Trong hình 2, nhiệt độ toàn cầu trong kịch bản không kiểm soát được dự báo tiếp tục tăng mạnh trong thế kỷ hiện tại.

Carbon Prices in Different Scenarios



Source: W. D. Nordhaus, NBER Working Paper No. 22933

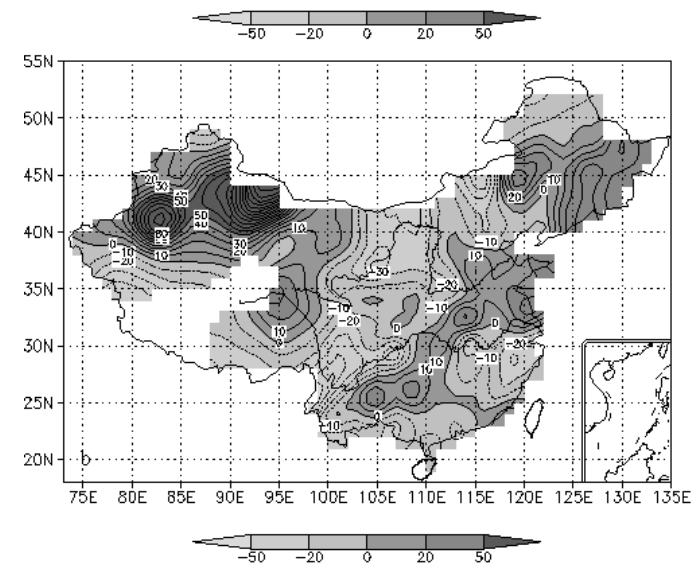
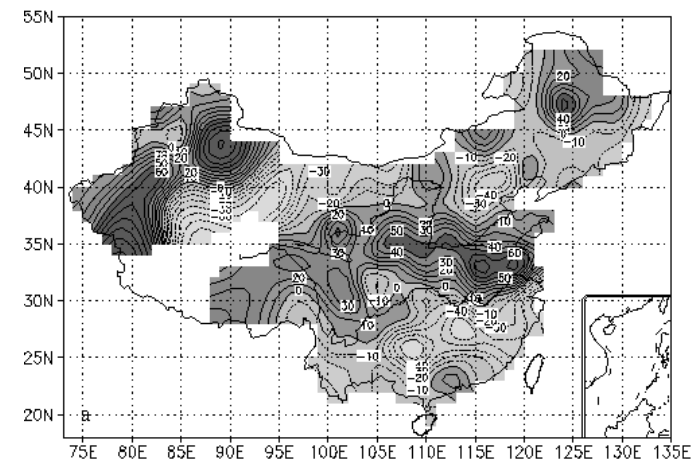
Hình bên mô tả kết quả đặc trưng của việc sử dụng các mô hình IAM: dự báo giá carbon trong các kịch bản khác nhau.

- Giá carbon trong kịch bản cơ sở là giá trung bình hiện tại trên thị trường thế giới, khoảng 2 đô la mỗi tấn CO₂.
- Giá carbon theo Kịch bản tối ưu và Kịch bản giới hạn nhiệt độ lần đầu tiên tăng lên \$35 và \$229 mỗi tấn CO₂, vào năm 2020.
- Giá carbon trong kịch bản chiết khấu thấp xấp xỉ giá carbon trong kịch bản giới hạn nhiệt độ.

MỘT SỐ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ MÔ HÌNH HÓA CÁC TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH

Nghiên cứu trên thế giới

Deng Weitao (2008, 2009) đã thử nghiệm chạy mô hình RegCM để nghiên cứu khả năng dự báo mưa mùa hè trên lãnh thổ Trung Quốc.



MỘT SỐ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ MÔ HÌNH HÓA CÁC TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH

Nghiên cứu ở Việt Nam

Nghiên cứu đầu tiên về mô hình RegCM ở Việt Nam được công bố vào năm 2000 của Kiều Thị Xin. Trong nghiên cứu này, các tác giả giới thiệu về hệ thống mô hình RegCM và một số kết quả mô phỏng khí hậu nhằm chứng minh khả năng áp dụng RegCM vào nghiên cứu khí hậu và biến đổi khí hậu khu vực Đông Nam Á-Việt Nam. Hình minh họa một số kết quả mô phỏng bằng mô hình RegCM trong nghiên cứu.

Tiếp theo nghiên cứu thử nghiệm thành công mô hình RegCM ở Việt Nam vào năm 2000, các nghiên cứu thử nghiệm của tác giả Kiều Thị Xin bằng mô hình RegCM3 tiếp tục được thực hiện trong đề tài cấp Nhà nước năm 2004-2005 “Nghiên cứu mô phỏng các hiện tượng khí hậu bất thường hạn mùa trên khu vực bán đảo Đông Dương – biển Đông bằng mô hình thủy động”.

MỘT SỐ NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ MÔ HÌNH HÓA CÁC TÁC ĐỘNG CỦA BĐKH

Nghiên cứu ở Việt Nam

- Năm 2004, nhóm tác giả thuộc Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường (Nguyễn Văn Thắng, Lê Văn Thiện) đã chạy thử nghiệm mô hình RegCM mô phỏng cho 2 tháng xảy ra lũ lụt lịch sử ở Trung Trung Bộ, Việt Nam (tháng 11 năm 1999, tháng 10 năm 2003).
- Trong nghiên cứu “Ảnh hưởng của tính bất đồng nhất bề mặt đệm đến các trường nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng bằng mô hình RegCM trên khu vực Đông Dương và Việt Nam” của Phan Văn Tân và nnk (2005) đã chỉ ra rằng, dòng năng lượng ẩn nhiệt, hiện nhiệt, lượng mưa, cường độ mưa và tỷ lệ giáng thủy sinh ra do đối lưu và không đối lưu trong mô hình rất nhạy với những thay đổi mặt đệm.
- Trong đề tài khoa học cấp Nhà nước của Phan Văn Tân (2009-2010) “Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó” đã thử nghiệm đánh giá chất lượng dự báo khí hậu bằng mô hình CAM-SOM cho hai năm 1975 và 1980