



# TỐI ƯU HÓA BÀI TOÁN TĂNG TRƯỞNG KINH TẾ DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

NGUYỄN KHẮC MINH, PHẠM VĂN KHÁNH, VŨ TUẤN ANH, BÙI TIẾN SỸ

*Nghiên cứu này xây dựng các bài toán tối ưu cho khu vực doanh nghiệp, chính phủ và hộ gia đình trong việc sử dụng vốn, lao động, cũng như hàm ý chính sách để ứng phó và giảm thiểu thiệt hại do khí hậu khắc nghiệt gây ra. Nhóm tác giả xét 3 bài toán tối ưu cho khu vực chính phủ, doanh nghiệp và hộ gia đình trên cơ sở ràng buộc là các quan hệ kinh tế và lãi suất toàn cầu. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả đưa ra một số phương trình hành vi và quỹ đạo vốn, lao động mà Chính phủ, doanh nghiệp và các hộ gia đình tuân theo để tối đa hóa mục tiêu.*

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, hàm thiệt hại, biện pháp đáp ứng, tối ưu

## APPROACHING OPTIMIZATION OF ECONOMIC GROWTH PROBLEM UNDER THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE

Nguyen Khắc Minh, Pham Van Khanh, Vu Tuan Anh, Bui Tien Sy

*This study focuses on formulating optimization problems for enterprises, the Government, and households in managing capital, labor, and offering policy implications to address and minimize the damages caused by extreme climate conditions. The authors examine three optimization problems for the Government, businesses, and households based on constraints involving global economic relationships and interest rates. Using this foundation, the authors derive behavioral equations, capital and labor trajectories adhered to by the Government, businesses, and households to maximize their respective objectives.*

*Keywords: Climate change, causing damages, responding measures, optimization*

Ngày nhận bài: 13/11/2023

Ngày hoàn thiện biên tập: 20/11/2023

Ngày duyệt đăng: 27/11/2023

## Giới thiệu

Dự báo của Ủy ban Quốc tế về Biến đổi Khí hậu (IPCC) đã chỉ ra rằng, sự biến động trong nồng độ khí nhà kính trong khí quyển có thể dẫn đến sự thay đổi trong nhiệt độ trung bình toàn cầu, mực nước biển và tần suất của các điều kiện thời tiết khắc nghiệt. Các thay đổi này có thể ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế của Việt Nam, đặt ra thách thức lớn về mặt kinh tế. Các nghiên cứu trước đây của Arndt và đồng nghiệp (2015), Chen và đồng nghiệp

(2012), Wassmann và đồng nghiệp (2004) đã chỉ ra rằng, tăng nhiệt độ, mực nước biển tăng cao và tần suất thời tiết khắc nghiệt là những yếu tố đe dọa tới tương lai của sự phát triển kinh tế. Việt Nam được xác định là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương bởi các ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Trong việc thực hiện các biện pháp thích ứng kinh tế với biến đổi khí hậu ở Việt Nam, khía cạnh Vùng đóng một vai trò quan trọng do tác động của biến đổi khí hậu có sự khác biệt giữa các khu vực. Hiện Việt Nam phân chia thành 6 vùng kinh tế - xã hội, gồm: Vùng Trung du và miền núi phía Bắc, Vùng Đồng bằng sông Hồng, Vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải miền Trung, Vùng Tây Nguyên, Vùng Đông Nam Bộ và Vùng Đồng bằng sông Cửu Long. 4/6 Vùng nằm ở bờ biển, do đó tác động của mực nước biển dâng sẽ biến đổi tùy thuộc vào vị trí của các vùng, ảnh hưởng khác nhau đến cả vùng ven biển và không ven biển ở Việt Nam.

Ngoài ra, biến đổi khí hậu sẽ tác động đặc biệt đến các hoạt động kinh tế như nông nghiệp, lâm nghiệp và ngư nghiệp, với ảnh hưởng khác nhau đối với quá trình sản xuất. Các yếu tố khí hậu đa dạng sẽ có ảnh hưởng đặc biệt đến lao động và vốn được sử dụng trong các ngành kinh tế khác nhau. Các biện pháp thích ứng có thể được thiết kế để tác động vào các lĩnh vực và yếu tố sản xuất cụ thể. Ví dụ, xây dựng đập có thể giảm thiệt hại do mực nước biển dâng đối với sử dụng đất. Hệ thống cảnh báo lũ xoáy có thể giảm thiểu thiệt hại về mặt vốn đầu tư. Hệ thống quản lý nước có thể giải quyết vấn đề khan hiếm nước do nhiệt độ tăng cao. Sự ảnh hưởng của sóng nhiệt cũng sẽ làm giảm năng suất lao động.



Đối với các công việc sử dụng nhiều lao động, việc thay thế chúng bằng quy trình sản xuất hiệu quả hơn về vốn có thể là biện pháp thích ứng tiềm năng.

Để đặt ưu tiên và đánh giá hiệu quả của các biện pháp thích ứng, việc phân tích chi phí lợi ích là cần thiết. Phân tích này phải tính đến tính động của vấn đề và đánh giá độ nhạy của kết quả đối với các giả định khác nhau, từ đó đưa ra các quyết định chính sách có cơ sở khoa học. Hơn nữa, phân tích cần phải minh bạch và tất cả các giả định được đưa ra đều được nêu rõ ràng. Các mô hình toán học cấu trúc là một công cụ thích hợp cho nhiệm vụ này.

Các mô hình cân bằng tổng thể động với các tác nhân tối ưu hóa là một công cụ tiêu chuẩn để đánh giá tác động của các biện pháp chính sách khác nhau. Tất cả các biện pháp thích ứng hoặc sẽ làm giảm năng suất trong ngắn hạn bằng cách chuyển đổi hoạt động kinh tế hoặc giảm quỹ công sẵn có cho các biện pháp phát triển khác. Vì vậy, một khuôn khổ cân bằng chung là cần thiết để đánh giá các tác động kinh tế của các biện pháp thích ứng khác nhau. Các quyết định đầu tư ngày hôm nay sẽ ảnh hưởng đến sự phát triển trong tương lai của các lĩnh vực cụ thể. Điều này ngụ ý sự phụ thuộc của đường dẫn và yêu cầu một khuôn khổ động. Chúng ta cần phân biệt giữa các vùng và các hoạt động kinh tế khác nhau để giải thích cho các diễn biến khí hậu vùng khác nhau.

Nhóm tác giả mô hình hóa tác động của biến đổi khí hậu thông qua các hàm thiệt hại. Mỗi liên hệ giữa khí hậu và kinh tế được mô hình hóa bằng cách sử dụng các hàm thiệt hại cụ thể của ngành và Vùng. Hàm thiệt hại sẽ ảnh hưởng đến năng suất của tất cả các yếu tố sản xuất, hoặc chi lao động năng suất, hoặc sự hình thành vốn. Biết rằng tác động của các biến số kinh tế Việt Nam đến nhiệt độ trung bình hàng năm, lượng mưa, tốc độ gió, cường độ trung bình của lốc xoáy và hạn hán là không đáng kể. Phân tích lợi ích chi phí của nhóm tác giả sẽ sử dụng kết quả của các mô hình khí tượng học để xác định các con đường cho biến khí hậu.

**Xây dựng mô hình**

Để nắm bắt được tác động của biến đổi khí hậu đối với nền kinh tế, cần đưa các biến khí hậu vào mô hình. Một mô hình kinh tế mở quy mô nhỏ không cần phải bao gồm tác động của hoạt động kinh tế trong nước lên các biến số khí hậu. Các biến khí hậu độc lập với các biến nội sinh khác trong mô hình. Các biến khí hậu được xem xét là:

Nhiệt độ trung bình hàng năm trong vùng  $T_{r,t}$  lượng mưa trung bình  $PREC_{r,t}$ , tốc độ gió trung

bình hàng năm  $WS_{r,t}$ , mực nước biển  $SL_{r,t}$ , lốc xoáy  $CLC_{r,t}$  và hạn hán  $DRO_{r,t}$ .

Nhóm tác giả xem xét 3 khu vực kinh tế là vùng hộ gia đình, khu vực chính phủ và khu vực doanh nghiệp. Mỗi khu vực đều tối đa hóa lợi ích của mình trên cơ sở các ràng buộc kinh tế và chịu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

**Khu vực hộ gia đình**

Các hộ gia đình đại diện cung cấp lao động  $N$  và vốn  $K$  cho các doanh nghiệp trong nước. Các hộ gia đình tối đa hóa tiện ích chiết khấu trong một phạm vi vô hạn bằng cách chọn tiêu dùng  $C_t(h)$ , vốn  $K_{k,r,t+1}$ , đầu tư  $I_{k,r,t+1}$ , lao động  $N_{k,r,t+1}$  và của cải nước ngoài  $B_{t+1}$  để tối đa hóa lợi ích bị ràng buộc bởi ràng buộc ngân sách và quy luật chuyển động của vốn khu vực. Dưới đây là hàm Lagrange trong bài toán tối cực đại hàm lợi ích của hộ gia đình:

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \frac{C_t(h)^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \sum_{k=1}^K \lambda_{k,r,t} \frac{N_{k,r,t}(h)^{1+\sigma}}{1+\sigma} \right) - \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \lambda_t \left( P_t C_t(h) (1+\tau_t^C) + \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R \lambda_{k,r,t} (I_{k,r,t}(h) + B_{t+1}(h)) - \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R (1-\tau_t^{N,H}) W_{k,r,t} N_{k,r,t}(h) - \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R (1-\tau_t^{K,H}) P_{k,r,t} K_{k,r,t}(h) - S_t^B \beta^t (1+\tau_t^B B_t(h)) \right) - \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R \lambda_{k,r,t} \left( K_{k,r,t+1} (1-\delta - D_{k,r,t}^K) K_{k,r,t} - I_{k,r,t} \Gamma \left( \frac{I_{k,r,t}}{I_{k,r,t+1}} \right) \right)$$

Các hộ gia đình nhận được tiện ích bằng cách tiêu dùng hàng hóa, trong đó độ co giãn giữa các ngành của tiêu dùng được xác định bằng  $\sigma^C$ . Sự bất đồng do lao động là ngành và khu vực cụ thể  $\phi_{k,r}^L$  hệ số co giãn Frisch nghịch đảo  $\sigma^L$  là giống nhau đối với tất cả các ngành và khu vực. Các hộ gia đình đã chi tiền cho hàng hóa tiêu dùng  $P_t C_t(h) (1 + \tau_t^C)$ , đầu tư theo khu vực và ngành cụ thể  $P_{k,r,t} I_{k,r,t}(h)$  hoặc họ có thể cho vay tiền  $B_{t+1}(h) > 0$  các nhà đầu tư. Cũng có thể các hộ gia đình trong nước vay tiền từ quốc tế nhà đầu tư  $B_{t+1}(h) < 0$ . Họ nhận được thu nhập từ lao động  $W_{k,r,t} N_{k,r,t}(h) (1 - \tau_t^{N,H})$ , tiền thuê vốn  $P_{k,r,t} K_{k,r,t}(h) (1 - \tau_t^{K,H})$  và nhận tiền lãi cho vay  $B_t(h) > 0$  hoặc phải trả lãi tiền vay  $B_t(h) < 0$ . Điều kiện bậc nhất của bài toán là các phương trình hành vi – cho biết hành vi của các chủ thể kinh tế để mang lại lợi ích tối đa.

**Khu vực chính phủ**

Nhóm tác giả quan tâm đến các biện pháp chính sách khác nhau mà chính phủ thực hiện để thích ứng với một chế độ khí hậu mới. Hành vi của chính phủ không phải là kết quả của một vấn đề tối ưu hóa. Chính phủ thu thuế từ tiêu dùng  $\tau_t^C C_t$ , thu nhập lao động và  $-\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R (\tau_t^{K^*} + \tau_{k,r,t}^K) P_{k,r,t} r_{k,r,t} K_{k,r,t}(h)$  thu



BẢNG 1: GIẢI THÍCH CÁC BIẾN SỐ KINH TẾ

Kí hiệu	Tên	Ký hiệu	Tên
P	Mức giá	NX	Xuất khẩu ròng
K	Vốn cổ phiếu	rf	Lãi suất nước ngoài
C	Tiêu dùng	G	Chi tiêu chính phủ
PoP	Dân số	I	Đầu tư cá nhân
B	Thương mại quốc tế	Y	GDP
Sf	Tỷ giá	N	Lao động

Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp

nhập từ vốn. Để tài trợ cho các hoạt động của mình, chính phủ có thể vay các khoản vay từ phần còn lại của thế giới  $B_{t+1}^G$  và phải trả các khoản vay và lãi từ kỳ hạn trước bằng ngoại tệ  $(1+r_t^f)$  trùng với lãi suất hộ gia đình trả. Ràng buộc ngân sách của chính phủ giảm là:

$$G_t + \sum_{k=1}^K G_{k,t}^A + B_{t+1}^G = \sum_{k=1}^K \left( r_t^{K,H} + r_t^{K,F} \right) P_{k,t} r_{k,t} K_{k,t} + \left( r_t^{N,H} + r_t^{N,F} \right) W_{k,t} N_{k,t} + \text{Pop}(t) + (1+r_t^f) S_t^f \phi_t^B B_t^G$$

Chi tiêu của chính phủ có thể được sử dụng để tài trợ cho các biện pháp thích ứng trong các lĩnh vực và khu vực cụ thể  $G_{k,r,t}^A$  để chống lại các biến số khí hậu khác nhau  $z \in \{WS, PREC, T, CYC, DRO, SL\}$ . Hiệu quả của các biện pháp thích ứng cũng có thể phụ thuộc vào các khoản chi tiêu trước đây của chính phủ. Do đó, nhóm tác giả xem xét lượng vốn dự trữ  $K_{k,r,t}^{A,z}$  được tài trợ bởi các chi phí cho các biện pháp thích ứng. Tỷ lệ khấu hao  $\delta_{K_{k,r,t}^{A,z}}$  xác định chi phí bảo trì cần thiết, được giả định là tỷ lệ với vốn tồn kho.

Chi tiêu của chính phủ cho các biện pháp thích ứng, thuế đối với chi tiêu vốn của khu vực và ngành, và nợ của chính phủ là độc lập với các biến số khác hoặc để hình thành nó theo cách khác là tùy ý.

#### Khu vực doanh nghiệp sản xuất

Hàng hóa nội địa cuối cùng  $Y_t$  được tạo ra kết hợp hàng hóa từ các lĩnh vực khác nhau  $Y_{k,t}$  sử dụng hàm sản xuất CES. Hàng hóa trong nước cuối cùng được sử dụng để tiêu dùng hoặc đầu tư. Các hộ gia đình giảm thiểu chi tiêu tùy thuộc vào hàm sản xuất:

$$\min_{Y_{k,t}} \sum_k Y_{k,t} P_{k,t}$$

$$Y_t = \left( \sum_k \left( \omega_k^Q \right)^{\frac{1}{\eta^Q}} Y_{k,t}^{\frac{\eta^Q}{\eta^Q-1}} \right)^{\frac{\eta^Q}{\eta^Q-1}}$$

Để mô hình hóa hoạt động kinh tế khu vực, nhóm tác giả tiếp tục phân tích quy trình sản xuất ở cấp khu vực. Có thể nghĩ về cách tiếp cận này như mô hình hóa vấn đề tối ưu hóa của một công ty đại diện hoạt động trong một lĩnh vực ở cấp quốc gia phân bổ hoạt động sản xuất trên toàn quốc. Một cách khác là xem xét các hộ gia đình mua hàng trực tiếp từ các công ty hoạt động trong khu vực trong một lĩnh vực. Trong trường hợp này, bài toán tối ưu hóa sau đây sẽ là một phần của bài toán tối ưu hóa ở trên.

$$\min_{Y_{k,r,t}} \sum_k Y_{k,r,t} P_{k,r,t}$$

$$Y_{k,t} = \left( \sum_k \left( \omega_k^Q \right)^{\frac{1}{\eta^Q}} Y_{k,r,t}^{\frac{\eta^Q}{\eta^Q-1}} \right)^{\frac{\eta^Q}{\eta^Q-1}}$$

Năng suất của vốn và lao động của một công ty trong một lĩnh vực và khu vực phụ thuộc vào các biến khí hậu và khả năng thích ứng các biện pháp của chính phủ đại diện bởi một hàm thiệt hại ảnh hưởng đến năng suất tổng nhân tố  $A_{k,r,t}$  bằng

$$D_{k,r,t} = D\left(T_{r,t}, PREC_{r,c}, WS_{r,t}, SL_{r,t}, CYC_{r,t}, DRO_{r,t}, G_{k,r,t}^A\right)$$

Hơn nữa, nhóm tác giả phân biệt rõ ràng giữa thiệt hại do khí hậu gây ra ảnh hưởng đến năng suất lao động  $D_{N,k,r,t}$  và khấu hao vốn  $D_{K,k,r,t}$ .

Như trong Nordhaus (1993), nhóm tác giả giả định một dạng hàm đa thức của các hàm thiệt hại, nhưng các thiệt hại khác nhau giữa các khu vực và các lĩnh vực.

Nhóm tác giả sử dụng hàm sản xuất CES là dạng hàm tổng quát hơn hàm sản xuất Cobb-Douglas vốn được sử dụng một cách phổ biến. Tham số  $\eta_{k,r}^{N,K}$  cho phép chúng ta kiểm soát phản ứng của nhu cầu vốn và lao động đối với các cú sốc năng suất tạm thời. Những cú sốc về năng suất tạm thời cũng là do thời tiết khắc nghiệt. Lỗ có thể phá hủy kho vốn. Các công ty có thể thay thế nhân công bằng cách sử dụng nhiều lao động hơn trong giai đoạn này, ví dụ: sử dụng nhiều lao động hơn để thay thế máy kéo. Hoặc họ cần sa thải công nhân vì họ không thể làm việc nếu không có máy móc, ví dụ: phá hủy các nhà máy. Tham số  $\eta_{k,r}^{N,K}$  cho phép xác định phản ứng của các công ty theo dữ liệu.

#### Kết quả thực nghiệm

##### Dữ liệu

Nhóm tác giả chia các ngành kinh tế của Việt



BẢNG 2: DỰ BÁO CÁC BIẾN SỐ KINH TẾ VĨ MÔ ĐẾN NĂM 2100

Năm	P	K	C	PoP	B	Sf	NX	rf	G	I	Y	N
2016	5.357	0.479	0.150	0.950	-0.316	1.000	0.017	0.053	0.102	0.042	0.311	0.145
2017	5.357	0.479	0.161	0.959	-0.345	1.084	0.017	0.053	0.105	0.044	0.331	0.145
2018	5.357	0.481	0.171	0.969	-0.365	1.048	0.018	0.053	0.114	0.047	0.351	0.144
2019	5.357	0.485	0.181	0.978	-0.385	1.044	0.018	0.053	0.122	0.050	0.373	0.142
2020	5.357	0.492	0.191	0.987	-0.405	1.043	0.019	0.053	0.129	0.054	0.396	0.141
2021	5.357	0.501	0.202	0.995	-0.426	1.041	0.020	0.053	0.138	0.058	0.420	0.139
2022	5.357	0.514	0.213	1.003	-0.448	1.041	0.021	0.053	0.146	0.062	0.445	0.138
2023	5.357	0.530	0.224	1.011	-0.470	1.040	0.022	0.053	0.155	0.067	0.470	0.137
2024	5.357	0.549	0.236	1.020	-0.493	1.040	0.024	0.053	0.164	0.072	0.497	0.135
2025	5.357	0.571	0.248	1.026	-0.517	1.041	0.025	0.053	0.174	0.076	0.526	0.134
2026	5.357	0.596	0.261	1.033	-0.543	1.041	0.026	0.053	0.184	0.081	0.555	0.133
2027	5.357	0.624	0.275	1.039	-0.569	1.042	0.028	0.053	0.194	0.087	0.585	0.132
2028	5.357	0.655	0.289	1.045	-0.597	1.042	0.029	0.053	0.205	0.092	0.617	0.131
2029	5.357	0.688	0.304	1.052	-0.625	1.042	0.031	0.053	0.216	0.098	0.650	0.131
2030	5.357	0.724	0.319	1.056	-0.656	1.044	0.033	0.053	0.227	0.103	0.684	0.130
2031	5.357	0.763	0.335	1.061	-0.687	1.044	0.034	0.053	0.239	0.109	0.719	0.129
2032	5.357	0.804	0.352	1.066	-0.720	1.043	0.036	0.053	0.251	0.115	0.756	0.129
2033	5.357	0.847	0.369	1.071	-0.754	1.043	0.038	0.053	0.264	0.121	0.794	0.128
2034	5.357	0.893	0.388	1.076	-0.789	1.043	0.040	0.053	0.277	0.127	0.833	0.128
2035	5.357	0.940	0.407	1.079	-0.826	1.045	0.042	0.053	0.290	0.133	0.874	0.127
2036	5.357	0.990	0.426	1.082	-0.865	1.044	0.044	0.053	0.304	0.139	0.916	0.127
2037	5.357	1.042	0.447	1.086	-0.904	1.043	0.046	0.053	0.319	0.145	0.959	0.127
2038	5.357	1.095	0.468	1.090	-0.945	1.043	0.049	0.053	0.333	0.152	1.004	0.126
2039	5.357	1.151	0.490	1.094	-0.986	1.042	0.051	0.053	0.349	0.159	1.050	0.126
2040	5.357	1.208	0.512	1.095	-1.032	1.044	0.053	0.053	0.364	0.166	1.098	0.126
2041	5.357	1.267	0.536	1.097	-1.078	1.043	0.056	0.053	0.381	0.173	1.147	0.126
2042	5.357	1.329	0.560	1.099	-1.125	1.042	0.058	0.053	0.397	0.180	1.198	0.126
2043	5.357	1.392	0.585	1.102	-1.173	1.041	0.061	0.053	0.415	0.187	1.250	0.126
2044	5.357	1.457	0.610	1.106	-1.221	1.040	0.064	0.053	0.432	0.195	1.303	0.126
2045	5.357	1.523	0.637	1.107	-1.274	1.042	0.066	0.053	0.450	0.202	1.358	0.126

*Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả*

Nam thành 20 ngành và gộp lại thành 3 ngành lớn và cả nước có 6 vùng kinh tế khác nhau nhưng nhóm tác giả phân thành 3 vùng lớn để việc tính toán có thể thực hiện được. Trong những nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ có nghiên cứu cho đủ 20 ngành và 6 vùng khi cải tiến thuật toán giải các bài toán tối ưu.

### Kết quả chạy mô hình

Bảng 2 là các thông số về trạng thái ổn định cũng là trạng thái tối ưu của nền kinh tế được tính toán

cho các năm 2016-2021 và dự báo cho các năm 2021- 2045.

Theo Bảng 2, đến năm 2045, sau 100 năm thành lập nước, tổng GDP của nước ta cỡ khoảng 1.358 tỷ USD và dân số cỡ khoảng 111 triệu người, vốn cố phiếu khoảng 1523 tỷ USD, chi tiêu 637 tỷ USD. Dữ liệu nhóm tác giả lấy đến năm 2016 và dự báo cho các năm 2022 là 445 tỷ USD (thực tế là 409 tỷ USD), cho năm 2023 là 470 tỷ USD (thực tế khoảng 424 tỷ USD). Các dự báo trên đây với giả thiết là chính phủ, doanh nghiệp và các hộ gia đình hành động ứng phó tối ưu



HÌNH 1: TĂNG TRƯỞNG GDP



Nguồn: Kết quả nghiên cứu của nhóm tác giả

với biến đổi khí hậu. Nhưng các số liệu GDP thực tế những năm gần đây cho thấy, Chính phủ cũng như các doanh nghiệp chưa có các biện pháp ứng phó kịp thời và hiệu quả đối với biến đổi khí hậu. Tuy vậy, để rút ngắn khoảng cách giữa giá trị kì vọng và giá trị thực tế chúng ta cần đến những tiến bộ của khoa học công nghệ cùng với các chính sách hợp lý.

Hình 1 cho thấy các điều kiện khắc nghiệt của thời tiết làm giảm mức tăng trưởng GDP với các biện pháp đáp ứng làm cho mức độ tăng trưởng GDP gần với mức cơ bản (không có biến đổi khí hậu).

### Hàm ý chính sách

Các dự báo trên đây ứng với kịch bản tốt nhất của hàm đáp ứng, nghĩa là Chính phủ và doanh nghiệp đáp ứng kịp thời và khắc phục tối ưu các hậu quả của biến đổi khí hậu. Theo đó, các chính sách mà Chính phủ và doanh nghiệp cần theo đuổi là: Biến đổi cơ cấu giữa các ngành kinh tế do quá trình tự động hoá theo hướng công nghệ số và kinh tế tuần hoàn, tập trung đầu tư để nhanh chóng hình thành một số ngành công nghệ mới như công nghiệp phần mềm, trí tuệ nhân tạo (AI), thực tế ảo (AR), Internet vạn vật (IoT), Blockchain (sổ cái điện tử), ứng dụng công nghệ thông minh, phát triển nông nghiệp hữu cơ và du lịch, dịch vụ số để giảm thiểu và ứng phó kịp thời với biến đổi khí hậu.

### Kết luận

Nhóm tác giả đã sử dụng cách tiếp cận tối ưu toán học để xem xét ảnh hưởng của biến đổi khí hậu

đến các hoạt động kinh tế. Trên cơ sở các ràng buộc kinh tế và thương mại cùng với các ảnh hưởng tiêu cực của thời tiết cực đoan, các chủ thể kinh tế (Chính phủ, doanh nghiệp và hộ gia đình) cần đưa ra các chính sách và đáp ứng sao cho tối ưu lợi ích của mình. Nhóm tác giả đã phân chia nền kinh tế thành 3 ngành, 3 vùng để giải bài toán và thu được kết quả cho các biến điều khiển kinh tế. Ở các nghiên cứu tiếp theo, nhóm tác giả sẽ phân nền kinh tế thành nhiều ngành hơn và chia lãnh thổ Việt Nam thành nhiều vùng đặc trưng hơn để có kết quả cụ thể và chính xác hơn cho từng vùng kinh tế - xã hội.

### Tài liệu tham khảo:

1. Arndt, C., Tarp, F. & Thurlow, J. (2015), *The economic costs of climate change: a multi-sector impact assessment for Vietnam*, Sustainability 7(4), 4131-4145;
2. Boateng, I. (2012), 'Gis assessment of coastal vulnerability to climate change and coastal adaption planning in Vietnam', *Journal of Coastal Conservation* 16(1), 25-36;
3. Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., Howden, S., Smith, D. & Chhetri, N. (2014), *A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation*, *Nature Climate Change* 4(4), 287-291;
4. Chen, C.-C., McCarl, B. & Chang, C.-C. (2012), *Climate change, sea level rise and rice: global market implications*, *Climatic Change* 110(3-4), 543-560;
5. [Christiano, L. J., Motto, R. & Rostagno, M. (2014), *Risk shocks*, *American Economic Review* 104(1), 27-65;
6. Lenk, S., Rybski, D., Heidrich, O., Dawson, R. J. & Kropp, J. P. (2017), "Costs of sea dikes regressions and uncertainty estimates";
7. Nordhaus, W. D. (1993), *Optimal greenhouse-gas reductions and tax policy in the dice" model*, *American Economic Review* 83(2), 313-317.
8. Schmitt-Grohé, S. & Uribe, M. (2003), *Closing small open economy models*, *Journal of International Economics* 61(1), 163-185.

### Thông tin tác giả:

GS., TS. Nguyễn Khắc Minh - Phó viện trưởng Viện Toán và các khoa học ứng dụng (Trường Đại học Thăng Long);

TS. Phạm Văn Khánh, Viện Công nghệ Thông tin (Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam);

TS. Vũ Tuấn Anh, Ban Khoa học – Công nghệ (Đại học Quốc gia Hà Nội);

ThS. Bùi Tiến Sỹ - Cục Tin học và Thống kê tài chính (Bộ Tài chính).

Email: khacminh@gmail.com; pvkhanh@ioit.ac.vn; vtanh@vnu.edu.vn;

buitiensy@mof.gov.vn



Tiền thuế là của dân,  
do dân đóng góp  
để phục vụ lợi ích của nhân dân