

PHÂN TÍCH TÍNH KHẢ THI VÀ ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG CÁC MÔ HÌNH ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG KINH TẾ - XÃ HỘI CỦA CÁC GIẢI PHÁP GIẢM NHẹ PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TẠI VIỆT NAM

Nguyễn Thành Công
Cục Biến đổi khí hậu

Ngày nhận bài: 1/12/2025; ngày chuyển phản biện: 2/12/2025; ngày chấp nhận đăng: 26/12/2025

Tóm tắt: Trong bối cảnh Việt Nam đang nỗ lực thực hiện các cam kết quốc tế về giảm phát thải khí nhà kính (KNK) theo Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC), việc lựa chọn và áp dụng các công cụ mô hình hóa để đánh giá toàn diện tác động kinh tế - xã hội của các giải pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính là yêu cầu cấp thiết. Bài báo này cung cấp một cái nhìn tổng quan về các nhóm mô hình chính thường được sử dụng trên thế giới và có tiềm năng áp dụng tại Việt Nam, bao gồm: mô hình cân bằng tổng thể (CGE), mô hình đánh giá tích hợp (IAM), mô hình cân bằng từng phần và mô hình kinh tế lượng. Nội dung bài báo tập trung phân tích sâu về nguyên lý, cấu trúc, ưu nhược điểm và khả năng ứng dụng của hai nhóm mô hình thường được ứng dụng rộng rãi nhất là CGE và IAM. Đặc biệt, bài báo làm rõ cách thức các mô hình CGE được sử dụng để phân tích các công cụ chính sách phức tạp như thị trường các-bon, thông qua việc tổng hợp các nghiên cứu điển hình trên thế giới. Một số mô hình như AIM, GEM cũng được giới thiệu để minh họa cho ứng dụng thực tiễn. Cuối cùng, bài báo thảo luận những thách thức về dữ liệu, năng lực kỹ thuật, các giả định mô hình và đề xuất định hướng nhằm tăng cường hiệu quả sử dụng các công cụ này trong quá trình hoạch định chính sách khí hậu tại Việt Nam.

Từ khóa: Giảm nhẹ phát thải, tác động kinh tế - xã hội, mô hình cân bằng tổng thể (CGE), mô hình đánh giá tích hợp (IAM), thị trường các-bon.

1. Mở đầu

Trước những thách thức ngày càng nghiêm trọng của biến đổi khí hậu (BĐKH), cộng đồng quốc tế đã và đang có những hành động mạnh mẽ nhằm giảm phát thải khí nhà kính (KNK). Việt Nam, với tư cách là một quốc gia có trách nhiệm, đã chủ động cập nhật và nâng cao các mục tiêu trong Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC). Cụ thể, NDC cập nhật năm 2022 đặt mục tiêu giảm 15,8% tổng lượng phát thải KNK vào năm 2030 so với kịch bản phát triển thông thường (BAU) bằng nguồn lực trong nước, và có thể tăng lên 43,5% nếu có sự hỗ trợ đầy đủ từ quốc tế [1].

Việc triển khai các biện pháp giảm phát thải không chỉ là trách nhiệm mà còn mở ra cơ

hội mang lại các đồng lợi ích về kinh tế, xã hội và môi trường, như tăng cường an ninh năng lượng, tạo việc làm mới, và cải thiện chất lượng cuộc sống. Tuy nhiên, các chính sách về giảm phát thải khí nhà kính cũng có thể gây ra những tác động đa chiều, phức tạp đến toàn bộ nền kinh tế, đòi hỏi phải có sự phân tích và đánh giá cẩn trọng trước khi ban hành.

Trong quá trình xây dựng và lựa chọn các chính sách giảm phát thải, việc sử dụng các công cụ mô hình hóa định lượng là yếu tố quan trọng. Các mô hình này giúp lượng hóa tác động của chính sách lên các chỉ tiêu kinh tế vĩ mô (GDP, lạm phát, việc làm), phúc lợi xã hội, và khả năng cạnh tranh của các ngành kinh tế, hỗ trợ các nhà hoạch định chính sách so sánh chi phí - lợi ích của các giải pháp khác nhau, từ đó lựa chọn được lộ trình tối ưu, phù hợp với điều kiện quốc gia.

Bài báo này nhằm hệ thống hóa và cung cấp một cái nhìn tổng quan về các mô hình thường

Tác giả liên hệ: Nguyễn Thành Công
Email: tcongnguyen90@gmail.com

được sử dụng để đánh giá tác động kinh tế - xã hội của các biện pháp giảm phát thải KNK, với trọng tâm là phân tích ứng dụng các mô hình trong việc đánh giá chính sách về thị trường các-bon. Qua đó, hỗ trợ các nhà nghiên cứu và hoạch định chính sách tại Việt Nam trong việc lựa chọn và áp dụng công cụ phù hợp cho quá trình xây dựng NDC và các chiến lược phát triển các-bon thấp trong tương lai.

Các công cụ mô hình hóa để đánh giá tác động của chính sách khí hậu rất đa dạng, có thể được phân loại dựa trên nhiều tiêu chí như phạm vi bao quát (toàn nền kinh tế hoặc từng ngành), phương pháp luận toán học (tối ưu hóa hoặc mô phỏng), và cách tiếp cận (từ trên xuống hoặc từ dưới lên) [2]. Dựa trên tổng hợp của IPCC (2022), có thể chia thành bốn nhóm chính (Bảng 1).

Bảng 1. Các nhóm mô hình đánh giá tác động của giải pháp giảm nhẹ KNK

Nhóm mô hình	Đặc điểm chính	Ví dụ	Ứng dụng điển hình
Cân bằng tổng thể (CGE)	Mô phỏng toàn bộ nền kinh tế, phân tích tác động lan tỏa, liên ngành và dài hạn.	GEM, GTAP, AIM/CGE	Đánh giá tác động vĩ mô của thuế các-bon, hệ thống ETS.
Đánh giá tích hợp (IAM)	Kết hợp các mô hình khí hậu, năng lượng, kinh tế, xã hội để phân tích tổng thể.	AIM, IMAGE, MESSAGE	Phân tích kịch bản phát triển dài hạn, chi phí - lợi ích của chiến lược khí hậu.
Cân bằng bộ phận	Tập trung vào một/vài ngành cụ thể, đơn giản hóa tác động đến toàn nền kinh tế.	MARKAL/ TIMES, LEAP	Phân tích chi tiết các biện pháp công nghệ, chính sách chuyên ngành (năng lượng, giao thông).
Kinh tế lượng	Sử dụng dữ liệu thực tế để xác định mối quan hệ giữa các biến số.	VAR, ARIMA	Dự báo ngắn hạn, phân tích tác động chính sách dựa trên số liệu lịch sử.

Nguồn: Tác giả tổng hợp từ IPCC (2022) [3]

Trong các nhóm trên, CGE và IAM là hai công cụ được sử dụng rộng rãi nhất trong phân tích chính sách khí hậu ở cấp độ quốc gia và toàn cầu.

2. Phương pháp nghiên cứu

Bài báo sử dụng phương pháp nghiên cứu định tính kết hợp tổng hợp tài liệu và phân tích so sánh nhằm đánh giá tính khả thi và định hướng ứng dụng các mô hình đánh giá tác động kinh tế - xã hội của các giải pháp giảm nhẹ phát thải khí nhà kính tại Việt Nam.

Trước hết, nghiên cứu tiến hành tổng quan có hệ thống các tài liệu khoa học và báo cáo quốc tế, bao gồm các báo cáo của IPCC, các nghiên cứu đăng tải trên các tạp chí khoa học uy tín và các tài liệu kỹ thuật liên quan đến mô hình

CGE, mô hình IAM, mô hình cân bằng bộ phận và mô hình kinh tế lượng. Việc tổng hợp tài liệu tập trung làm rõ nguyên lý mô hình, cấu trúc, giả định, phạm vi áp dụng và các kết quả nghiên cứu tiêu biểu trong phân tích, đánh giá chính sách giảm phát thải và thị trường các-bon.

Tiếp theo, bài báo áp dụng phương pháp phân tích - so sánh để đánh giá ưu điểm, hạn chế và khả năng ứng dụng của từng mô hình trong bối cảnh điều kiện kinh tế - xã hội của Việt Nam. Việc so sánh được thực hiện theo các tiêu chí chính như: mức độ bao quát nền kinh tế, khả năng phản ánh tác động lan tỏa liên ngành, yêu cầu dữ liệu, năng lực kỹ thuật cần thiết và mức độ hỗ trợ cho quá trình xây dựng chính sách.

Bên cạnh đó, nghiên cứu sử dụng phương pháp nghiên cứu điển hình thông qua việc phân

tích các ứng dụng thực tế của mô hình CGE và IAM trong đánh giá chính sách định giá các-bon và thị trường các-bon tại một số quốc gia, bao gồm các nghiên cứu liên quan đến Trung Quốc và Liên minh châu Âu. Các mô hình tiêu biểu như GEM và AIM được lựa chọn nhằm minh họa rõ hơn cách thức vận hành mô hình và giá trị thực tiễn trong phân tích chính sách.

Trên cơ sở tổng hợp kết quả phân tích và kinh nghiệm quốc tế, bài báo tiến hành xác định một số thách thức, hạn chế và đề xuất các định hướng nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng các công cụ mô hình hóa trong quá trình xây dựng và đánh giá chính sách khí hậu tại Việt Nam.

3. Mô hình cân bằng tổng thể

3.1. Giới thiệu chung

Mô hình cân bằng tổng thể (Computable General Equilibrium - CGE) là một mô hình kinh tế được xây dựng từ những năm 1960 bởi tác giả Johansen. Ban đầu, mô hình CGE được sử dụng để tối ưu hóa chi phí trong hoạt động công nghiệp và tối ưu hóa lợi ích của các hộ gia đình. Tuy nhiên, do những giới hạn về kỹ thuật tính toán, phải tới những năm 1970 mô hình CGE mới có được những bước phát triển đáng kể cùng với sự xuất hiện của máy tính điện tử.

Một nguyên nhân khác được xem là yếu tố thúc đẩy các mô hình CGE phát triển là cuộc khủng hoảng kinh tế năm 1973 bắt nguồn từ khủng hoảng dầu mỏ. Những thay đổi về giá năng lượng khiến cho nền kinh tế thay đổi theo hướng khác với các kế hoạch đã được đặt ra, trước những thay đổi đó, các nhà hoạch định chính sách cần một công cụ dự báo xu hướng phát triển nền kinh tế và mô hình CGE đáp ứng tốt nhu cầu này. Để đưa ra được những dự báo về tác động kinh tế xã hội, mô hình CGE giải quyết bài toán cân bằng thị trường bằng cách giải các phương trình và tìm ra điểm hay một khoảng cân bằng giữa cung và cầu.

Từ những thành công trong dự báo kinh tế, mô hình CGE được phát triển thành một mô hình phân tích chính sách đa ngành trong những năm 1980. Theo đó, ứng dụng mô hình CGE trong phân tích chính sách môi trường bắt đầu được áp dụng từ những năm đầu của thập niên 90.

3.2. Ứng dụng trong đánh giá chính sách giảm phát thải và thị trường các-bon

Nhờ khả năng mô phỏng toàn diện nền kinh tế, các mô hình CGE là công cụ tiêu chuẩn để phân tích các tác động tiềm tàng của chính sách BĐKH [4], [5]; được sử dụng rộng rãi để đánh giá tác động của các chính sách định giá các-bon như thuế các-bon và đặc biệt là thị trường các-bon (ETS).

Các nghiên cứu quốc tế đã sử dụng mô hình CGE để phân tích, đánh giá ETS từ nhiều góc độ. Một số nghiên cứu chỉ ra những hệ quả phức tạp của việc liên kết thị trường. Babiker và cộng sự (2007) nhận thấy hoạt động trao đổi hạn ngạch phát thải khí nhà kính có thể gây tổn thất phúc lợi ở các quốc gia xuất khẩu nếu nền kinh tế của họ có sẵn những sai lệch về thuế [6]. Một vấn đề quan trọng khác là rò rỉ các-bon, khi việc áp đặt hạn ngạch phát thải khí nhà kính ở một khu vực hoặc một ngành có thể dẫn đến sự gia tăng phát thải ở nơi khác. Gavard và cộng sự đã chỉ ra hiện tượng rò rỉ các-bon nội địa ở Trung Quốc, khi giới hạn phát thải trong ngành điện dẫn đến gia tăng phát thải ở các lĩnh vực khác [7]. Tương tự, Marschinski và cộng sự cảnh báo rằng việc áp dụng ETS theo ngành thay vì toàn nền kinh tế có thể làm giảm giá năng lượng và vô tình khuyến khích sử dụng năng lượng nhiều hơn ở các ngành không thuộc phạm vi điều chỉnh, thậm chí có thể làm tăng tổng phát thải toàn cầu [8].

Đặc biệt, các nghiên cứu về Trung Quốc, quốc gia phát thải lớn nhất thế giới, cung cấp nhiều bài học kinh nghiệm quý báu về việc áp dụng CGE để phân tích chính sách định giá các-bon. Các mô hình CGE động để quy cho thấy công cụ định giá các-bon có tác động tích cực về giảm phát thải khí nhà kính nhưng cũng sẽ phát sinh một số tác động tiêu cực nhất định đến tăng trưởng kinh tế [5]. Do đó, trọng tâm của nhiều nghiên cứu chuyển sang việc tối ưu hóa thiết kế chính sách để giảm thiểu các tác động này. Liu và Lu (2010) nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tái sử dụng nguồn thu từ thuế các-bon [5]. Zhang và cộng sự (2016) kết luận rằng việc kết hợp chính sách, ví dụ sử dụng nguồn thu từ thuế các-bon để giảm thuế vốn hoặc hỗ trợ đầu tư năng lượng sạch sẽ giúp cải

thiện hiệu quả chi phí và hiệu quả giảm phát thải [9].

Khi phân tích cụ thể về ETS, các mô hình CGE giúp làm rõ tác động của các yếu tố thiết kế thị trường các-bon. Hübler và cộng sự (2014) lập luận rằng việc đấu giá toàn bộ hạn ngạch phát thải khí nhà kính có thể dẫn đến giảm sản lượng nhiều hơn so với việc phân bổ miễn phí [10]. Li và Jia (2016) sử dụng mô hình CGE động để nghiên cứu mối quan hệ giữa tỷ lệ phân bổ hạn ngạch miễn phí và giá các-bon trên thị trường [4]. Các mô hình CGE đa vùng còn được dùng để mô phỏng việc liên kết các thị trường ETS, cho thấy việc tối ưu hóa phân bổ hạn ngạch phát thải khí nhà kính có thể mang lại lợi ích kinh tế cho các nước nhập khẩu nhưng cũng tác động đáng kể đến khả năng cạnh tranh quốc tế của mỗi quốc gia [11].

3.3. Ví dụ về mô hình CGE: Mô hình Kinh tế Xanh

Mô hình Kinh tế xanh (Green Economy Model- GEM) là mô hình mô phỏng hệ thống có khả năng tích hợp các ngành và các lĩnh vực khác nhau (ví dụ: kinh tế, xã hội, môi trường, trong đó bao gồm các nguồn tài nguyên tự nhiên và lồng ghép với các kịch bản biến đổi khí hậu), nhằm hỗ trợ việc xây dựng chính sách chuyển đổi sang nền kinh tế xanh hơn so với kịch bản phát triển thông thường, giảm thiểu suy thoái về môi trường và cạn kiệt các nguồn tài nguyên thiên nhiên và sinh thái, hướng tới các mục tiêu phát triển bền vững trung và dài hạn.

Mô hình GEM có thể được hiểu là mô hình mô phỏng theo thời gian, dựa trên việc xây dựng các hợp phần về kinh tế, xã hội, môi trường; đánh giá mối quan hệ tương tác giữa các hợp phần cũng như bên trong mỗi hợp phần. Kết quả đánh giá được định lượng hóa để có thể so sánh các kịch bản phát triển khác nhau nhằm đưa ra giải pháp khả thi liên ngành đảm bảo đạt được các tiêu chí tổng thể đã đề ra.

Phương pháp tiếp cận của mô hình GEM là lấy môi trường, sinh thái, các nguồn tài nguyên thiên nhiên và con người làm gốc. Phát triển kinh tế sẽ dựa trên các yếu tố nói trên, nhưng đồng thời cũng gây ra các tác động môi trường và sẽ tác động ngược trở lại, hạn chế sự phát triển kinh tế và xã hội, có thể không đảm bảo

mục tiêu phát triển xanh và bền vững. Để giải quyết các mâu thuẫn này, mô hình GEM được xây dựng giúp cho các bên liên quan và các nhà hoạch định chính sách đổi mới tư duy theo hướng tích hợp để đảm bảo hài hòa các mục tiêu khác nhau, đặc biệt là các mục tiêu về môi trường - xã hội, cùng với mục tiêu phát triển kinh tế. Mô hình GEM khi được xây dựng một cách khách quan và minh bạch, tạo điều kiện cho các bên liên quan có cùng cơ sở để thảo luận về các giải pháp nhằm thực hiện một mục tiêu chung là phát triển kinh tế các-bon thấp. Việc triển khai giải pháp cụ thể về nâng cao hiệu quả năng lượng, gia tăng năng lượng tái tạo, trồng rừng, cải thiện hiệu quả sử dụng nguồn tài nguyên nước, tái sử dụng chất thải và phát triển nông nghiệp bền vững sẽ được đánh giá toàn diện, đa chiều, tạo cơ sở để các bên cùng thảo luận, xây dựng phương án tối ưu, hài hòa giữa các tiêu chí chính về kinh tế, môi trường và xã hội.

Mô hình GEM có thể coi là một mô hình chung, tổng hợp và tích hợp liên ngành, theo nguyên tắc đảm bảo sự tham gia và đóng góp từ các lĩnh vực và các bên liên quan khác nhau để gia tăng sự hiểu biết lẫn nhau về các vấn đề chính và tìm cách hoạch định chính sách mang tính hệ thống, liên ngành để đạt được hiệu quả đa mục tiêu của toàn hệ thống. Mô hình GEM là mô hình liên ngành, có tính “mềm dẻo” để phản ánh được các mối quan hệ phản hồi quan trọng giữa các trụ cột chính là kinh tế, xã hội, tài nguyên môi trường sinh thái, biến đổi khí hậu và tài nguyên con người, và có tính định lượng để có thể mô phỏng và so sánh các kịch bản khác nhau.

Cấu trúc và một số tính năng chính của mô hình GEM (Hình 1) bao gồm:

Vòng phản hồi: Vòng phản hồi là quá trình trong đó các thông số đầu vào ban đầu tạo ra một chuỗi các tác động liên tiếp và cuối cùng quay trở lại ảnh hưởng đến chính các thông số đó. Trong mô hình, các mũi tên thể hiện mối liên kết và tác động giữa các biến. Mô hình có thể bao gồm nhiều vòng phản hồi, mỗi vòng gắn với nhiều biến tương tác lẫn nhau, thể hiện cách hệ thống tự củng cố hoặc tự điều chỉnh theo thời gian.

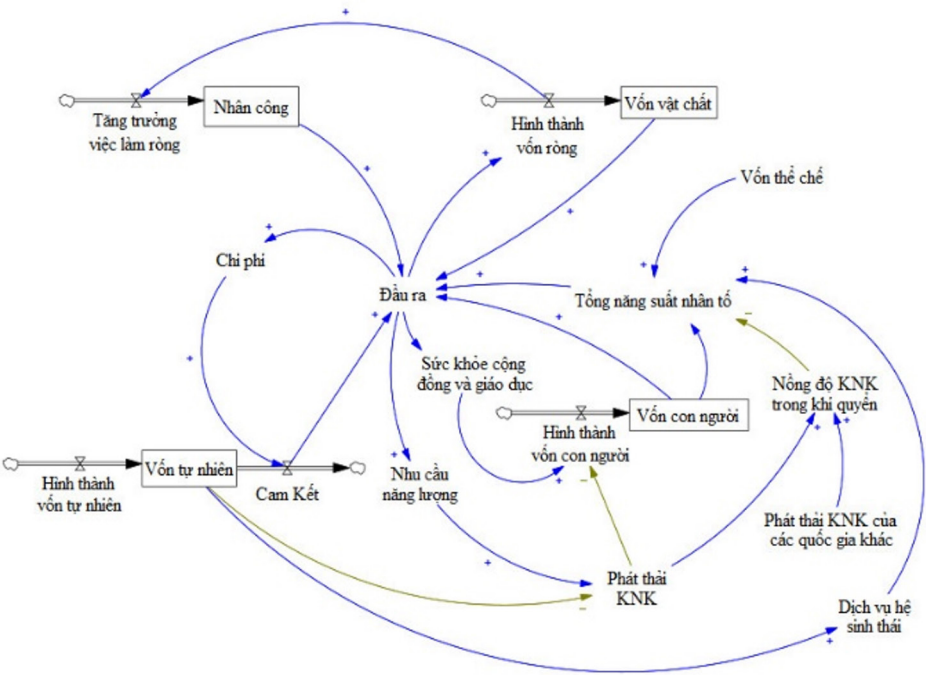
Mối quan hệ lưu lượng - tích lũy: Các mối

quan hệ này mô tả cách các biến thay đổi và vận hành trong nhiều hệ thống như xã hội, kinh tế, khí hậu hay tự nhiên. “Tích lũy” được hiểu là trạng thái của hệ thống tại một thời điểm nhất định; “lưu lượng” thể hiện sự thay đổi theo một đơn vị theo thời gian. “Tích lũy” có thể chịu tác động đồng thời của nhiều thông số ra và vào; “lưu lượng” ròng sẽ quyết định mức biến động của tích lũy theo thời gian.

Tính phi tuyến và độ trễ: Tính phi tuyến phản ánh việc tác động thông số đầu vào không tác động đến thông số đầu ra theo tỷ lệ. Khi vượt qua một mức ngưỡng nhất định, cùng một thay đổi ở đầu vào có thể dẫn đến hiệu ứng biên khác nhau đối với các biến liên quan, tùy thuộc vào tốc độ thay đổi và giá trị ban đầu của hệ thống. Độ trễ mô tả khoảng thời gian cần thiết để một hành động hoặc chính sách phát huy tác dụng. Độ trễ này có thể làm thay đổi quy mô

và mức độ tác động của chính sách lên các mục tiêu mong muốn, từ đó ảnh hưởng đến kết quả vận hành của hệ thống. Thông thường, cần phải có một thời gian nhất định để can thiệp nào đó mới thể hiện ra kết quả.

Mô hình GEM tiến hành phân tích kịch bản để dự báo các quỹ đạo phát triển khác nhau, từ đó cho phép phân tích các thay đổi do chính sách gây ra. Với mục đích này, hai kịch bản đã được mô phỏng là kịch bản phát triển thông thường (BAU) và kịch bản giảm phát thải. Kịch bản BAU, còn được gọi là kịch bản cơ sở, giả định các xu hướng lịch sử được tiếp tục và không thực hiện thêm chính sách mới để phát triển các-bon thấp. Kịch bản giảm phát thải giả định việc bổ sung thêm các chính sách, giải pháp giảm phát thải KNK, phát triển các-bon thấp, qua đó cho phép so sánh, đánh giá tác động của các biện pháp chính sách.



Hình1. Cấu trúc chính của Mô hình GEM

4. Mô hình đánh giá tích hợp (IAM)

4.1. Giới thiệu chung

Mô hình đánh giá tích hợp (Integrated Assessment Model - IAM) là mô hình quy mô lớn, tích hợp kiến thức từ nhiều lĩnh vực khác nhau để mô phỏng hệ thống tương tác phức

tạp giữa con người và Trái đất. Các mô hình IAM kết nối các cấu phần kinh tế - xã hội với các hệ thống tự nhiên như chu trình các-bon, hệ thống khí hậu, và hệ thống sử dụng đất [12]. Có hai loại mô hình IAM chính:

- Mô hình IAM chi phí - lợi ích: Tích hợp các mô hình kinh tế và khí hậu giản lược để so sánh

chi phí giảm phát thải với lợi ích từ việc giảm thiểu được các thiệt hại do BĐKH, qua đó xác định mức giảm phát thải tối ưu về mặt kinh tế (ví dụ: mô hình DICE) [13].

- Mô hình IAM dựa trên quá trình: Tập trung mô phỏng chi tiết các quá trình chuyển đổi trong hệ thống năng lượng, sử dụng đất và kinh tế để đáp ứng một mục tiêu khí hậu cụ thể (ví dụ: giữ nhiệt độ tăng dưới 2°C). Các mô hình này không tính toán thiệt hại khí hậu mà tập trung vào việc xây dựng các lộ trình giảm phát thải khả thi và tối ưu về chi phí (ví dụ: AIM, IMAGE, MESSAGE).

Mô hình IAM dựa trên quá trình là công cụ quan trọng để phân tích các kịch bản tương lai và phân tích các chiến lược chuyển đổi có tính hệ thống, được sử dụng để:

- Xây dựng các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội và các lộ trình giảm phát thải tương ứng.
- Đánh giá vai trò của các công nghệ giảm phát thải khác nhau như năng lượng tái tạo (NLTT), thu giữ và lưu trữ các-bon (CCS), và loại bỏ các-bon (CDR).
- Phân tích các đánh đổi và hiệp lực giữa mục tiêu khí hậu và các Mục tiêu Phát triển Bền vững khác, ví dụ như an ninh lương thực, an ninh nguồn nước và bảo vệ đa dạng sinh học.
- Nghiên cứu các vấn đề về công bằng và chia sẻ gánh nặng trong nỗ lực khí hậu toàn cầu.

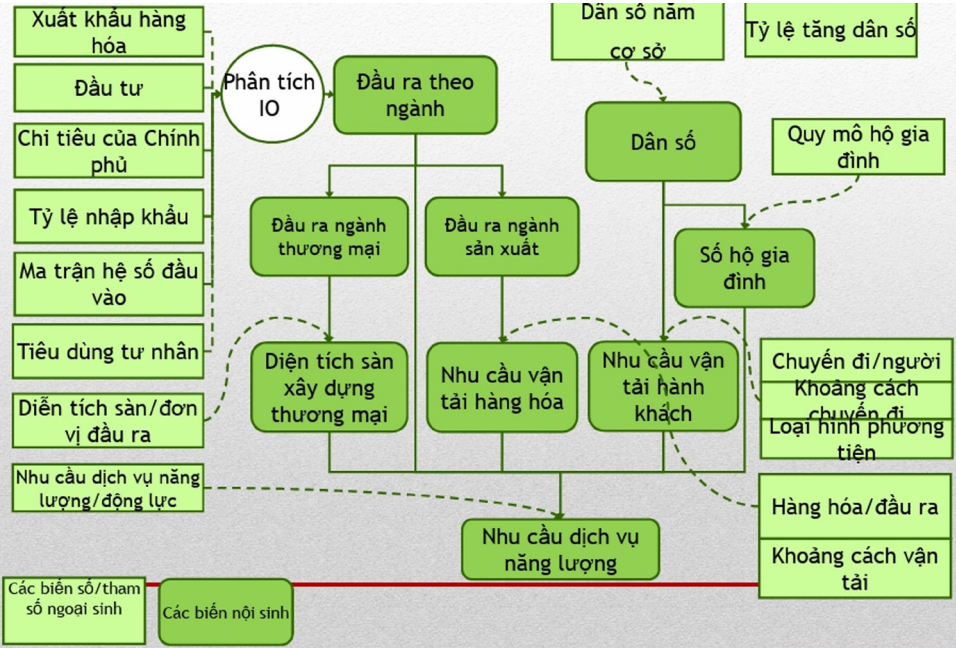
Tuy nhiên, mô hình IAM cũng có những hạn chế nhất định, ví dụ mô hình thường dựa trên các giả định về tối ưu hóa và dự báo hoàn hảo, khó mô phỏng đầy đủ các yếu tố về xã hội - văn hóa và các rào cản phi kinh tế [14].

4.2. Ví dụ về mô hình IAM: Mô hình tổng hợp châu Á - Thái Bình Dương

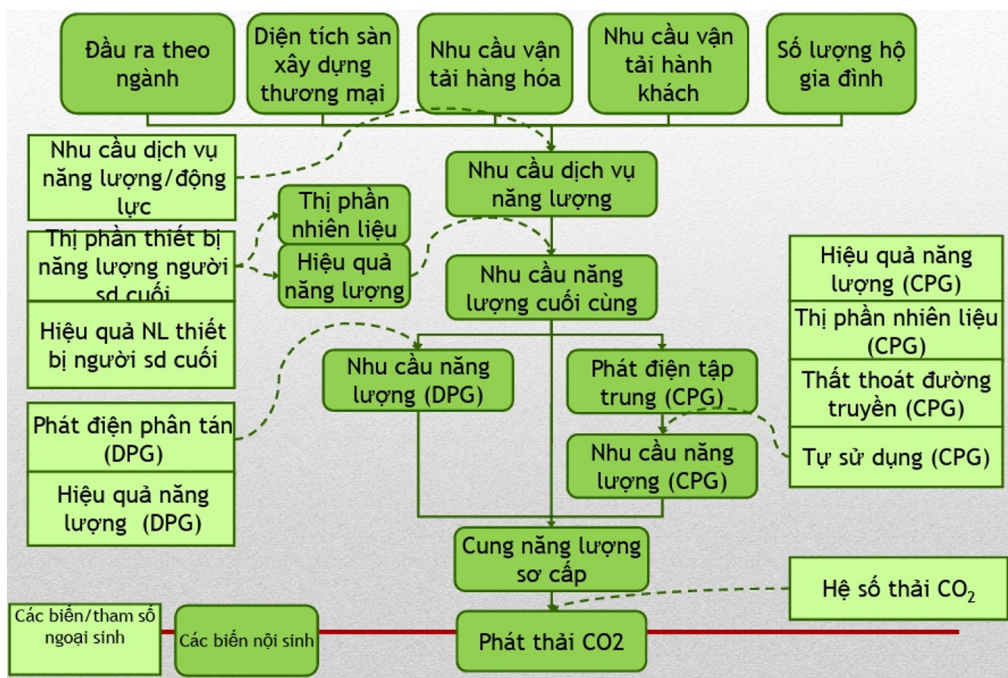
Mô hình tổng hợp châu Á - Thái Bình Dương (AIM) thuộc nhóm các mô hình IAM hợp phần, bao gồm: mô hình ExSS, mô hình AIM/Enduse và mô hình AIM/CGE.

4.2.1. Mô hình Extended Snapshot (ExSS)

Mô hình ExSS là một công cụ dự báo lượng hóa các kịch bản LCS, do Đại học Kyoto và Viện Nghiên cứu Môi trường quốc gia Nhật Bản phát triển. Mô hình ExSS mô tả kịch bản kinh tế - xã hội tương lai (dân số, kinh tế, giao thông vận tải, sử dụng đất, xây dựng, v.v.), nhu cầu năng lượng, khả năng phát thải và giảm phát thải KNK. Khả năng giảm phát thải KNK dựa vào dữ liệu về năng lượng (cung và cầu), các hoạt động xây dựng, thay đổi trong cấu trúc ngành giao thông vận tải, thay đổi sử dụng đất, hoạt động nông nghiệp, thay đổi trong hành vi tiêu dùng và tiềm năng sử dụng năng lượng tái tạo (Hình 2, 3). Mô hình có thể dùng để xác định tiềm năng giảm phát thải cụ thể của các giải pháp trong từng lĩnh vực.



Hình 2. Nội dung kinh tế - xã hội trong mô hình ExSS



Hình 3. Nội dung năng lượng trong mô hình ExSS

4.2.2. Mô hình AIM/Enduse

Mô hình AIM/Enduse tập trung lựa chọn công nghệ để phân tích các chính sách cấp quốc gia liên quan đến giảm thiểu phát thải khí nhà kính và kiểm soát ô nhiễm không khí tại địa phương. Mô hình cũng có thể hỗ trợ phân tích chính sách năng lượng. Mô hình mô phỏng các dòng năng lượng và vật liệu trong nền kinh tế, từ việc cung cấp năng lượng và vật liệu sơ cấp, thông qua chuyển đổi và cung cấp năng lượng và vật liệu thứ cấp, đến việc đáp ứng các dịch vụ cuối cùng. Mô hình AIM/Enduse mô hình hóa các dòng năng lượng và vật liệu này thông qua trình bày chi tiết về công nghệ.

Việc lựa chọn công nghệ diễn ra trong khuôn khổ tối ưu hóa tuyến tính trong đó chi phí hệ thống được giảm thiểu dưới một số ràng buộc như đáp ứng nhu cầu dịch vụ, nguồn cung cấp năng lượng và vật liệu sẵn có cũng như các hạn chế khác của hệ thống. Chi phí hệ thống bao gồm chi phí cố định và chi phí vận hành công nghệ, chi phí năng lượng và các chi phí khác như thuế hoặc trợ cấp. Mô hình có thể thực hiện các phép tính đồng thời trong nhiều năm. Các kịch bản khác nhau bao gồm các biện pháp đối phó về chính sách có thể được phân tích trong AIM/

Enduse.

Mô hình AIM/Enduse bao gồm sự tích hợp của Hệ thống tối ưu hóa (GAMS), Hệ thống cơ sở dữ liệu (MS-Access) và Hệ thống thông tin địa lý (IDRISI). Công thức toán học được viết và giải trong GAMS. Hệ thống cơ sở dữ liệu AIM/Enduse được phát triển bằng MS Access là giao diện cho chương trình GAMS, cung cấp dữ liệu đầu vào cho tệp chương trình GAMS AIM-CMB.gms và hiển thị kết quả mô phỏng, kết nối với IDRISI (phần mềm xử lý hình ảnh và GIS) cho phép phân chia theo địa lý và thể hiện không gian của dữ liệu đầu vào và kết quả đầu ra.

4.2.3. Mô hình cân bằng tổng thể AIM/CGE

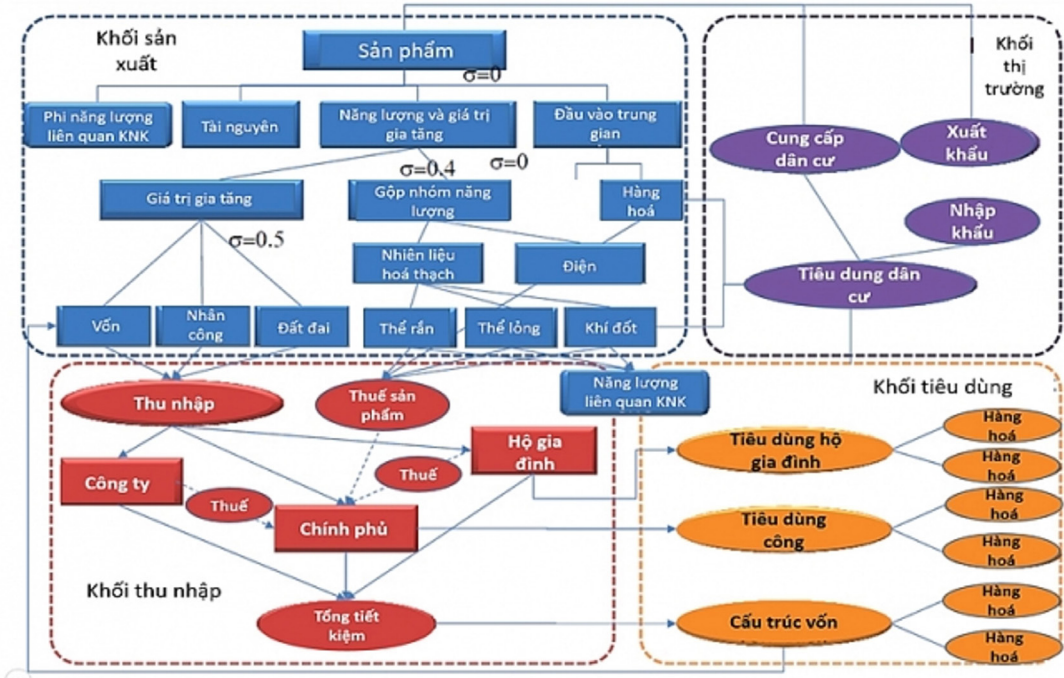
Mô hình AIM/CGE là một mô hình được phát triển phục vụ phân tích các vấn đề liên quan tới phát thải khí nhà kính, dự báo nhu cầu về năng lượng, tổng lượng phát thải KNK và dựa trên so sánh nhiều kịch bản chính sách khác nhau. AIM/CGE đã được ứng dụng ở nhiều quốc gia Đông Nam Á và là một công cụ phù hợp trong phân tích chính sách giảm phát thải khí nhà kính của Việt Nam.

Cấu trúc mô hình AIM/CGE gồm 4 thành phần: sản xuất, thị trường, thu nhập, tiêu dùng. Thành phần sản xuất đại diện cho quá trình

sản xuất của các doanh nghiệp, trong đó các doanh nghiệp sử dụng vốn, nhân công, đất đai, nguyên liệu và năng lượng để tạo ra sản phẩm. Thành phần thu nhập thể hiện mối quan hệ về tài chính: lợi nhuận của doanh nghiệp được sử dụng để chi trả thuế cho chính phủ và tiền công cho người dân, phần còn lại được xem là phần vốn tích lũy.

Để miêu tả mối quan hệ chặt chẽ giữa 4 thành phần trên, mô hình AIM/CGE (Hình 4) sử dụng dữ liệu đầu vào gồm có: Dữ liệu hiện trạng kinh tế xã hội (GDP, giá trị sản xuất các nhóm ngành kinh tế, dữ liệu dân số và lao động việc làm); Dữ liệu định hướng phát triển kinh tế xã hội và mục tiêu giảm phát thải khí nhà kính; Dữ liệu về cân

bằng thị trường gồm có: Bảng cân đối liên ngành (IO table) hay Ma trận hạch toán xã hội (SAM); Dữ liệu năng lượng: Bảng cân bằng năng lượng (EBT) và dữ liệu năng lượng theo lĩnh vực và nhóm ngành kinh tế; Dữ liệu về công nghệ giảm phát thải; Dữ liệu về phương pháp tính toán và các hệ số phát thải. Thành phần tiêu dùng miêu tả quá trình sử dụng hàng hóa, tích lũy vốn của các hộ gia đình và của chính phủ bổ sung vốn, nhân công lao động phục vụ quá trình sản xuất. Cả ba thành phần trên được liên kết chặt chẽ với nhau thông qua khối thị trường, mô hình đưa ra kết quả khi Thành phần thị trường đạt được cân bằng giữa cung và cầu ở các thành phần kể trên.



Hình 4. Cấu trúc mô hình AIM/CGE [15]

5. Thảo luận

Mặc dù các mô hình CGE và IAM là những công cụ phân tích quan trọng, được sử dụng tại nhiều quốc gia nhưng cũng tồn tại một số thách thức và hạn chế, đặc biệt khi áp dụng cho Việt Nam:

- **Chất lượng và tính sẵn có của dữ liệu:** Các mô hình này yêu cầu một lượng lớn dữ liệu chi tiết, nhất quán, được cập nhật định kỳ. Việc xây dựng và cập nhật Bảng cân đối liên ngành (IO) và Ma trận hạch toán xã hội (SAM) có độ tin cậy cao

là một thách thức lớn. Bên cạnh đó, dữ liệu về năng lượng, công nghệ và hệ số phát thải theo ngành cũng cần được hoàn thiện nhằm đáp ứng yêu cầu mô hình hóa.

- **Năng lực kỹ thuật:** Việc phát triển, hiệu chỉnh và vận hành các mô hình CGE và IAM đòi hỏi đội ngũ chuyên gia có trình độ cao về kinh tế học, kỹ thuật mô hình và lập trình. Nguồn nhân lực trong lĩnh vực này, đặc biệt về kỹ thuật mô hình tại Việt Nam còn hạn chế, làm giảm khả năng triển khai các mô hình ở quy mô lớn có

mức độ phức tạp cao.

- Khó khăn trong việc mô phỏng đầy đủ bối cảnh thực tế: Nhiều mô hình CGE giả định một thị trường lý tưởng, với giá cả linh hoạt và các nguồn lực được phân bổ tức thời. Tuy nhiên, trong thực tế, thị trường có độ trễ và giá cả thường không linh hoạt trong ngắn hạn. Quan trọng hơn, các mô hình này có thể chưa phản ánh đầy đủ vai trò khuyến khích đổi mới công nghệ của các chính sách định giá các-bon. Ví dụ, thị trường các-bon của Liên minh Châu Âu (EU-ETS) đã chứng minh là tạo động lực đổi mới công nghệ các-bon thấp trong các công ty tham gia [16]. Việc mô hình hóa đổi mới công nghệ như một yếu tố nội sinh thay vì ngoại sinh là một thách thức lớn nhưng cần thiết để phản ánh đầy đủ tác động dài hạn của chính sách.

- Tính minh bạch và các giả định của mô hình: Kết quả của mô hình phụ thuộc rất nhiều vào các giả định đầu vào (ví dụ: độ co giãn thay thế, tốc độ phát triển công nghệ). Việc công khai và đánh giá cẩn trọng các giả định này, phù hợp với thực tế Việt Nam là điều kiện quan trọng để đảm bảo kết quả đầu ra có giá trị trong hoạch định chính sách.

6. Kết luận

Việc đánh giá tác động kinh tế - xã hội của các biện pháp giảm nhẹ phát thải KNK là một nhiệm vụ phức tạp nhưng vô cùng cần thiết để đảm bảo Việt Nam có thể đạt được các mục tiêu khí hậu một cách hiệu quả và bền vững. Các công cụ mô hình hóa, đặc biệt là mô hình cân bằng tổng

thể (CGE) và mô hình đánh giá tích hợp (IAM), cung cấp một khuôn khổ phân tích khoa học và toàn diện để hỗ trợ quá trình hoạch định và xây dựng chính sách.

Các mô hình CGE thể hiện ưu thế nổi bật trong việc phân tích các công cụ thị trường như thị trường các-bon, nhờ khả năng lượng hóa các tác động lan tỏa đến toàn bộ nền kinh tế và phúc lợi xã hội. Các nghiên cứu quốc tế đã chỉ ra tầm quan trọng của việc thiết kế thị trường các-bon một cách cẩn trọng, từ việc xem xét phạm vi để giảm thiểu rủi ro rò rỉ các-bon đến việc tối ưu hóa cơ chế phân bổ hạn ngạch và tái sử dụng nguồn thu để giảm thiểu tác động tiêu cực và nâng cao hiệu quả chính sách.

Để khai thác hiệu quả các công cụ mô hình này, Việt Nam cần tập trung xây dựng và hoàn thiện hệ thống cơ sở dữ liệu quốc gia, đặc biệt là các bảng IO và SAM; tăng cường đào tạo và phát triển nguồn nhân lực chất lượng cao về mô hình hóa; thúc đẩy hợp tác giữa các viện nghiên cứu, trường đại học và các cơ quan hoạch định chính sách; đồng thời xem xét kết hợp nhiều loại mô hình nhằm cung cấp các góc nhìn đa chiều và tăng độ tin cậy của kết quả phân tích.

Đầu tư và làm chủ các công cụ mô hình hóa sẽ giúp Việt Nam chủ động hơn trong việc xây dựng các chính sách ứng phó với biến đổi khí hậu một cách hiệu quả, tối đa hóa đồng lợi ích phát triển, giảm thiểu các tác động tiêu cực và góp phần thực hiện các cam kết quốc tế về giảm phát thải khí nhà kính, hướng tới một tương lai phát triển bền vững và thịnh vượng.

Lời cảm ơn: Tác giả xin trân trọng cảm ơn Phòng Thị trường các-bon, Cục Biến đổi khí hậu, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã hỗ trợ về số liệu và thông tin để thực hiện bài báo này.

Lời cam đoan: Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của mình, chưa từng công bố trước đó, không sao chép, đạo văn; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Đóng góp do quốc gia tự quyết định cập nhật (NDC)*, Hà Nội, 2022.
- [2] I. Capellán-Pérez, C. De Castro, and I. Arto, "Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar, wind, and bioenergy scenarios in Europe," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 143, Art. no. 110561, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.110561.
- [3] Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

on *Climate Change*. Cambridge, U.K. and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2022, doi: 10.1017/9781009157926.

- [4] W. Li and Z. Jia, "The impact of the carbon emission trading scheme (ETS) on the low-carbon transition of the Chinese power sector: A CGE-based analysis," *Energy Procedia*, vol. 104, pp. 252-257, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.12.043.
- [5] C. Lu, Q. Tong, and X. Liu, "The impacts of a carbon tax on the Chinese economy: A dynamic computable general equilibrium analysis," *Energy Economics*, vol. 32, Suppl. 1, pp. S98-S105, 2010, doi: 10.1016/j.eneco.2009.06.017.
- [6] M. H. Babiker and R. S. Eckaus, "Unemployment effects of climate policy," *Environmental Science & Policy*, vol. 10, no. 7-8, pp. 600-609, 2007, doi: 10.1016/j.envsci.2007.05.002.
- [7] C. Gavard et al., "Linking the Chinese and U.S. power sectors: A study of the welfare and emissions impacts," *Energy Economics*, vol. 76, pp. 321-332, 2018, doi: 10.1016/j.eneco.2018.10.009.
- [8] R. Marschinski et al., "The role of sectoral trading for the EU ETS: A CGE analysis," *Climate Change Economics*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1450002, 2014, doi: 10.1142/S201000781450002X.
- [9] Z. Zhang et al., "An empirical CGE analysis of the impacts of a carbon tax on the Chinese economy," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 55, pp. 313-322, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.138.
- [10] M. Hübler, S. Voigt, and A. Löschel, "The role of auctioning in the EU ETS: A CGE analysis," *Energy Policy*, vol. 75, pp. 12-21, 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2014.09.017.
- [11] Y. Zhang et al., "The economic and environmental effects of a multi-regional integrated carbon market in China: A CGE-based analysis," *Applied Energy*, vol. 184, pp. 1024-1036, 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.05.011.
- [12] J. P. Weyant, "Some contributions of integrated assessment models of global climate change," *Review of Environmental Economics and Policy*, vol. 11, no. 1, pp. 115-137, 2017, doi: 10.1093/reep/rew018.
- [13] W. D. Nordhaus, "Rolling the 'DICE': An optimal transition path for controlling greenhouse gases," *Resource and Energy Economics*, vol. 15, no. 1, pp. 27-50, 1993, doi: 10.1016/0928-7655(93)90017-O.
- [14] A. Gambhir et al., "A review of criticisms of integrated assessment models and proposed approaches to address them," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, vol. 10, no. 5, Art. no. e604, 2019, doi: 10.1002/wcc.604.
- [15] S. Fujimori, T. Masui và Y. Matsuoka, *AIM/CGE [basic] manual*, Discussion Paper Series, Center for Social and Environmental Systems Research, NIES, no. 2012-01, 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4932.9523>
- [16] R. Caelel and A. Dechezleprêtre, "Environmental policy and directed technological change: Evidence from the European carbon market," *The Review of Economics and Statistics*, vol. 98, no. 1, pp. 173-191, 2016, doi: 10.1162/REST_a_00470.

FEASIBILITY ANALYSIS AND APPLICATION ORIENTATION OF MODELLING APPROACHES FOR ASSESSING THE SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF GREENHOUSE GAS MITIGATION MEASURES IN VIET NAM

Nguyen Thanh Cong
Department of Climate Change

Received: 1/12/2025; Accepted: 26/12/2025

Abstract: *In the context of Viet Nam's efforts to implement its international commitments on greenhouse gas (GHG) mitigation under its Nationally Determined Contribution (NDC), the selection and application of modeling tools to comprehensively assess the socio-economic impacts of measures on greenhouse gas mitigation is an urgent requirement. This paper provides an overview of the main modeling groups commonly used globally with potential for application in Viet Nam, including: Computable General Equilibrium (CGE) models, Integrated Assessment Models (IAMs), Partial Equilibrium models, and Econometric models. The paper focuses on a deep analysis of the principles, structure, advantages, disadvantages, and applicability of the two most powerful model groups, CGE and IAMs. In particular, the paper clarifies how CGE models are used to analyze complex policy instruments such as Emissions Trading Systems (ETS), by summarizing typical international studies. Some models like AIM and GEM are also introduced to illustrate practical applications. Finally, the paper discusses challenges related to data, technical capacity, model assumptions, and proposes orientations to enhance the effective use of these tools in the climate policy-making process in Viet Nam.*

Keywords: *GHG mitigation, socio-economic impact, Computable General Equilibrium (CGE) models, Integrated Assessment Models (IAMs), carbon market.*