

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MẠNG NƠON NHÂN TẠO (ARTIFICIAL NEURAL NETWORK) TRONG DỰ BÁO TĂNG TRƯỞNG KINH TẾ Ở VIỆT NAM

SV: Đào Trọng An, Vương Huy Hoàng - Lớp QH2021-E-KTPT CLC2

Khoa Kinh tế phát triển

Nguyễn Phú Quang - Lớp QH2021-E-KTQT-CLC6

Khoa Kinh tế và Kinh doanh quốc tế

Trường Đại học kinh tế - ĐHQGHN

GVHD: PGS.TS Lê Đình Hải

Tóm tắt: Trong đề tài này, nhóm nghiên cứu tập trung vào việc ứng dụng mô hình mạng nơon nhân tạo trong dự báo tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam. Mô hình được huấn luyện trên bộ dữ liệu về tăng trưởng GDP Việt Nam trong 34 năm, từ 1986-2019. Kết quả so sánh với các mô hình dự báo khác gồm ARIMA và ARDL cho thấy mô hình ANN vượt trội về cả 3 tiêu chí R2, RMSE và MAE. Kết quả dự báo về tỷ lệ tăng trưởng GDP tới năm 2030 theo 2 kịch bản giả định dữ liệu đầu vào của nhóm từ mô hình mạng đã được huấn luyện ANN-8-8-20-1 được đối chiếu với kết quả dự báo của Chính phủ, từ đó nhóm đi đến kết luận rằng việc ứng dụng mô hình mạng nơon nhân tạo trong dự báo tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam là hoàn toàn khả thi và mang lại kết quả tốt. Từ kết quả của mô hình, nhóm nghiên cứu đề xuất một số hàm ý chính sách góp phần thúc đẩy tăng trưởng GDP của Việt Nam trong giai đoạn tới.

Từ khóa: mô hình mạng nơon nhân tạo, tăng trưởng kinh tế, ANN, dự báo.

1. GIỚI THIỆU

Dự báo tăng trưởng GDP có vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ chính sách kinh tế và quyết định đầu tư. Bằng cách dự đoán chính xác các xu hướng kinh tế trong tương lai, chính phủ và doanh nghiệp có thể điều chỉnh chính sách và chiến lược kinh doanh của mình một cách linh hoạt và hiệu quả, từ đó giảm thiểu rủi ro và tận dụng tối đa các cơ hội tăng trưởng. Việc dự báo chính xác cũng giúp chính phủ Việt Nam trong việc phân bổ nguồn lực một cách có hiệu quả, đồng thời đặt ra các mục tiêu phát triển kinh tế dài hạn dựa trên những dự đoán về tăng trưởng GDP.

Trong nhiều năm, các mô hình dự báo tăng trưởng kinh tế đã được phát triển và áp dụng, từ các phương pháp truyền thống như phân tích xu hướng đến các mô hình phức tạp hơn sử dụng công nghệ tiên tiến. Mô hình mạng nơon nhân tạo (Artificial Neural Network - ANN) là một trong những công nghệ mới nổi, cho phép mô phỏng cách thức hoạt động của bộ não con người, đem lại khả năng phân tích và dự đoán chính xác hơn các mô hình truyền thống. Trong bối cảnh kinh tế Việt Nam, việc áp dụng mô hình mạng nơon nhân tạo trong dự báo tăng trưởng GDP không chỉ giúp nâng cao độ chính xác của dự báo mà còn mở ra khả năng phân tích sâu rộng các yếu tố ảnh hưởng đến tăng trưởng kinh tế. Sự phức tạp và không chắc chắn của nền kinh tế toàn cầu đòi hỏi các phương pháp tiếp cận mới mẻ và linh hoạt hơn, và mô hình mạng nơon nhân tạo chính là giải pháp tiềm năng, hứa hẹn làm thay đổi cách thức dự báo tăng trưởng GDP tại Việt Nam.

Nhóm nghiên cứu của chúng tôi nhận thức rõ về tầm quan trọng và tính cấp thiết của việc dự báo tăng trưởng GDP trong bối cảnh kinh tế Việt Nam hiện nay. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ và sự cần thiết của việc tiếp cận những phương pháp dự báo mới mẻ và hiệu quả, chúng tôi đã quyết định đưa ra đề tài "*Ứng dụng mô hình mạng nơon nhân tạo (Artificial Neural Network) trong dự báo tăng trưởng kinh tế ở Việt Nam*". Đề tài này không chỉ phản ánh nhu cầu thực tiễn trong việc tối ưu hóa quá trình dự báo kinh tế mà còn thể hiện sự tiên phong trong việc áp dụng công nghệ tiên tiến vào phân tích kinh tế tại Việt Nam. Chúng tôi tin rằng, với việc nghiên cứu và ứng dụng thành công mô hình mạng nơon nhân tạo, chúng ta không chỉ nâng cao được độ chính xác trong dự báo tăng trưởng GDP mà còn mở ra những cơ hội mới cho việc phát triển kinh tế bền vững. Qua đề tài này, nhóm nghiên cứu mong muốn góp phần vào quá trình hoạch định và thực hiện chính sách kinh tế ở Việt Nam, đồng thời đẩy mạnh ứng dụng công nghệ thông tin trong lĩnh vực kinh tế, với hy vọng tạo ra những đóng góp thiết thực cho sự phát triển của đất nước.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng GDP của các quốc gia

Từ tổng quan nghiên cứu, nhóm tác giả xây dựng bảng tổng quan các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng GDP của các quốc gia.

Bảng 1. Tổng quan các yếu tố ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng GDP của các quốc gia

Tên biến	Mô tả biến	Đơn vị	Tài liệu tham khảo
GDP growth (GG) (Biến phụ thuộc)	Tỷ lệ thay đổi trung bình hàng năm của tổng sản phẩm quốc nội	%	
Foreign direct investment (FDI)	Dòng vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài	%	Todaro, 2003; Birdsall (1988); Obere và cộng sự (2013); Mitiku và Alemu (2019); Kuhe (2019)
Population growth (PG)	Gia tăng dân số	%	Todaro, 2003; Birdsall (1988); Obere và cộng sự (2013); Mitiku và Alemu (2019); Kuhe (2019)
Inflation (IF)	Lạm phát	%	Lubbock và cộng sự (2022); Ramzan (2021); Akter và Smith (2021); Kaisidi và Nemela (2013)
Corruption Perceptions Index (CPI)	Chỉ số cảm nhận tham nhũng	Điểm	Christos và cộng sự (2018); Gokturk and Yalcinkaya (2020)
Agriculture land (AL)	Tỷ lệ diện tích đất sử dụng cho nông nghiệp	%	Tiffin và Irz (2006); Jiang, Deng và Seto (2013); Enu (2014)
Fossil fuel (FF)	Lượng tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch	Twh	Baz và cộng sự (2021); Lotfalipour, Falahi và Ashena (2010); Li và Leung (2012)

Tên biến	Mô tả biến	Đơn vị	Tài liệu tham khảo
Trade openness index (TOI)	Chỉ số độ mở thương mại	%	Vamvakidis (2002); Winters, 2004; Greenaway và cộng sự (2002); Siddiqui và Iqbal (2010)
CO ₂ emissions per capita (CP)	Lượng khí thải CO ₂ bình quân đầu người	Tấn/người	Li và các cộng sự (2011); Wang và cộng sự (2011); Chang (2010); Narayan và Popp (2012)

(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp)

2.2. Tổng quan nghiên cứu về mô hình ANN

Có nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng mô hình ANN trong dự báo tăng trưởng GDP đồng thời khẳng định tính vượt trội của mô hình này so với những mô hình kinh tế lượng khác.

Tkacz (2001) thực hiện phân tích tốc độ tăng trưởng GDP của Canada và phát hiện ra rằng mô hình ANN của ông không vượt trội hơn mô hình tuyến tính ở phạm vi dự báo theo từng quý nhưng lại vượt trội hơn ở phạm vi dự báo theo năm. Ông tin rằng điều này là do ảnh hưởng phi tuyến tính của các biến số tiền tệ đường như phù hợp hơn về lâu dài.

Chuku và cộng sự (2017) phân tích dữ liệu GDP của Nam Phi, Nigeria và Kenya một cách riêng rẽ và nhận thấy rằng, trong nhiều thông số kỹ thuật được xem xét, mô hình ANN vượt trội hơn các mô hình kinh tế lượng và mô hình ARIMA. Họ giải thích là các nền kinh tế đang phát triển “có nguy cơ bị ảnh hưởng hỗn loạn từ giá cả hàng hóa, các yếu tố bên ngoài và thậm chí cả các yếu tố kinh tế chính trị”. Tính linh hoạt của các mô hình ANN dường như đã được chứng minh rõ ở nghiên cứu này. Hơn nữa, Zhang (2003) và Khashei & Bijari (2011) đã tiến hành nghiên cứu và kết luận rằng mô hình lai kết hợp ANN và ARIMA mang lại kết quả dự báo vượt trội so với việc sử dụng các mô hình này riêng lẻ.

Ở Việt Nam, Nguyễn Tiến Nhật (2022) đã dự báo tỷ lệ lạm phát bằng mô hình ANN. Phạm vi dữ liệu được lấy từ 2001 - 2020. Kết quả chứng minh rằng mô hình ANN được đề xuất của nghiên cứu này có khả năng hiệu quả và có thể áp dụng được để thực hiện dự đoán tỷ lệ lạm phát. Hơn nữa, nghiên cứu cho thấy rằng cung tiền đóng vai trò quan trọng trong mô hình thực nghiệm dự báo lạm phát của Việt Nam. Minh Nhật và cộng sự (2021) cũng ứng dụng mô hình ANN trong việc dự báo nhu cầu khách đến Thừa Thiên Huế. Cũng như đa số các nghiên cứu khác, ba mô hình ANN, gồm mạng perceptron đa lớp (Multi - layer Perceptron - MLP), hàm xuyên tâm cơ sở (Radial Basis Function - RBF) và mạng hồi quy Elman (Elman Network - ELN), được xây dựng, mô hình hoá và thử nghiệm với dữ liệu du khách đến Thừa Thiên Huế trong giai đoạn từ 01/2017 đến 12/2019. Kết quả phân tích đã chỉ ra rằng mạng RBF có khả năng dự báo chính xác nhất, trong khi các mức độ lỗi thấp nhất thuộc về MSE, RMSE, MAE và MAPE. Bất chấp dữ liệu được sử dụng trong bài báo có kích thước nhỏ nhưng giá trị MAPE thu được là khá bé, dưới 10%. Điều đó chứng tỏ độ chính xác khá cao của các mạng nơ-ron trong dự báo dữ liệu chuỗi thời gian.

Bên cạnh các tài liệu ủng hộ tính ưu việt của mô hình ANN, cũng có những nghiên cứu nêu bật những hạn chế của nó. Theo Zhang và cộng sự (1998), mô hình ANN vượt trội trong việc dự đoán các kịch bản phi tuyến nhưng lại kém hơn so với mô hình hồi quy tuyến tính khi xét đến các mối quan hệ tuyến tính.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Khái niệm về tăng trưởng GDP

Theo Samuelson và Nordhaus (1985), tăng trưởng GDP được xem xét như là thước đo cơ bản nhất của hiệu suất kinh tế tổng thể của một quốc gia, chỉ ra mức độ tăng trưởng hoặc suy giảm của sản xuất hàng hóa và dịch vụ trong nền kinh tế.

Theo Robert Solow (1956), tăng trưởng GDP là sự gia tăng sản lượng hàng hóa và dịch vụ của một nền kinh tế trong một khoảng thời gian nhất định, thường là một năm. Tăng trưởng GDP được đo bằng cách so sánh giá trị GDP của năm hiện tại với giá trị GDP của năm trước đó.

3.2. Cơ sở lý thuyết mô hình ANN

3.2.1. Khái niệm mô hình ANN

Theo Thanh Xuan và các cộng sự (2019), Mạng nơ ron nhân tạo (ANN – Artificial neural network) là một tập hợp các thuật toán phân tích dữ liệu cho phép xác định mối liên hệ toán học phức tạp giữa tập hợp các yếu tố ảnh hưởng (Input) với một biến số hoặc một tập hợp biến số mục tiêu (Target). ANN là một ứng dụng trên nền tảng trí tuệ thông minh nhân tạo (Artificial intelligence - AI), cấu trúc của ANN và quá trình học tập, suy luận và tái tạo của nó có khả năng tự thích ứng linh hoạt (autofit) với nhiều loại dữ liệu khác nhau.

Hay nói cách khác, mạng nơ ron nhân tạo (Artificial Neural Network) là một loại hệ thống máy học sâu, được lấy cảm hứng từ cách thức hoạt động của bộ não con người, bao gồm nhiều nơ ron nhân tạo, được kết nối với nhau theo một cấu trúc phân lớp. Mỗi nơ ron nhân tạo là một hàm toán học, có chức năng thu thập và phân loại thông tin dựa theo các trọng số và ngưỡng. Mạng nơ ron nhân tạo có thể học hỏi và thích ứng với các dữ liệu phi tuyến tính và phức tạp, giải quyết các bài toán khó như nhận dạng hình ảnh, giọng nói, văn bản và dự báo.

3.2.2. Cấu trúc mạng nơron nhân tạo

Một mạng nơ ron nhân tạo cơ bản thường có cấu trúc 3 lớp như sau:

- **Lớp đầu vào:** Thông tin cần xử lý được đưa vào mạng nơ-ron nhân tạo qua lớp đầu vào. Nút đầu vào tiếp nhận, phân loại, phân tích dữ liệu và sau đó chuyển dữ liệu sang lớp tiếp theo.
- **Lớp ẩn:** Dữ liệu chuyển từ lớp đầu vào sang lớp ẩn, hoặc từ lớp ẩn này sang lớp ẩn khác. Mạng nơ-ron nhân tạo có thể có một hoặc nhiều lớp ẩn. Mỗi lớp ẩn phân tích dữ liệu đầu ra từ lớp trước, xử lý dữ liệu đó sâu hơn và chuyển dữ liệu sang lớp tiếp theo.
- **Lớp đầu ra:** Lớp đầu ra trả kết quả cuối cùng của tất cả dữ liệu được xử lý trước đó bởi mạng nơ-ron nhân tạo.

3.2.3. Thuật toán huấn luyện mô hình

Thuật toán huấn luyện được sử dụng trong mô hình mạng là thuật toán lan truyền ngược (Backpropagation), là một phần quan trọng trong việc huấn luyện mạng nơ-ron trong máy học và trí tuệ nhân tạo. Thuật toán có thể hiểu một cách đơn giản là quá trình điều chỉnh các trọng số của mạng nơ-ron dựa trên sự khác biệt giữa dự đoán và kết quả thực tế, giúp mạng học được cách tối ưu hóa việc dự đoán.

Thuật toán có thể được phân tích đơn giản theo những bước sau:

Bước 1: Lan truyền xuôi các tính toán trong mạng truyền thẳng

Bước 2: So sánh dự đoán với kết quả mong muốn

Bước 3: Lan truyền lỗi (độ chệch giữa dự đoán và kết quả thực tế) ngược lại qua mạng

Bước 4: Cập nhật lại các trọng số và độ lệch tương ứng

Bước 5: Lặp lại quá trình (nhiều lần thông qua các vòng lặp hoặc epochs)

4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Bài nghiên cứu sử dụng 8 biến độc lập và thu thập dữ liệu có cỡ mẫu bằng 34 năm. Các dữ liệu được thu thập từ các trang Web uy tín và các nguồn thông tin bổ sung trong nước: World Bank, Our World in Data.

Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2016, mô hình ARIMA được phân tích thông qua phần mềm IBM SPSS 23.0, mô hình tự phân phối độ trễ hồi quy ARDL được phân tích bằng phần mềm Eviews 10, mô hình mạng Nơ-ron nhân tạo ANN được phân tích bằng phần mềm Matlab R2019b và thống kê mô tả, trực quan hóa dữ liệu dưới dạng đồ thị bằng phần mềm Microsoft Power BI và Python.

Bảng 2. Tổng quan về bộ dữ liệu nghiên cứu

Biến	Số lượng	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
GG	34	2.79	9.54	6.63	1.48
FDI	34	4.00E+04	1.61E+10	4.73E+09	5.01E+09
IF	34	-1.80	453.50	47.74	112.66
CPI	34	0.43	0.54	0.50	0.03
AL	34	20.62	39.52	29.12	6.58
FF	34	59.83	1013.85	309.18	259.76
TOI	34	18.95	164.70	107.87	40.62
PG	34	0.89	2.31	1.36	0.49
CP	34	0.27	3.57	1.13	0.84

(Nguồn: Kết quả thống kê mô tả từ phần mềm SPSS 23)

4.2. Mô hình nghiên cứu

4.2.1. Mô hình các yếu tố ảnh hưởng đến tỷ lệ tăng trưởng GDP

Từ tổng quan nghiên cứu, nhóm tác giả đề xuất 8 biến độc lập ảnh hưởng đến tỷ lệ tăng trưởng kinh tế (GG), đó là: Dòng vốn đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI), tỷ lệ gia tăng dân số (PG), Lạm phát (IF), Chỉ số cảm nhận tham nhũng (CPI), Tỷ lệ diện tích đất sử dụng cho nông nghiệp (AL), Lượng tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch (FF), Chỉ số độ mở thương mại (TOI), Lượng khí thải CO₂ bình quân đầu người (CP).

4.2.2. Mô hình mạng Nơ-ron nhân tạo ANN

Quá trình xây dựng cấu trúc mạng là một quá trình thử nghiệm và điều chỉnh (try and error). Nhiều kiểu mô hình mạng được tạo ra thông qua việc điều chỉnh số nơ-ron trong mỗi lớp ẩn và số lớp ẩn trong mô hình. Sau đó, chúng ta sử dụng bộ dữ liệu để huấn luyện mạng. Mô hình cho kết quả dự báo tốt nhất sẽ được chọn lựa. Để tìm ra mô hình ANN tốt nhất, nhóm tác giả lựa chọn 6 mô hình sau đây để đưa vào phân tích:

Bảng 3. Các mô hình mạng Nơron nhân tạo sử dụng để phân tích

Số biến vào	Số nơron lớp ẩn 1	Số nơron lớp ẩn 2	Số đầu ra	Ký hiệu
8	8	8	1	ANN-8-8-8-1
8	8	16	1	ANN-8-8-16-1
8	8	20	1	ANN-8-8-20-1
8	16	16	1	ANN-8-16-16-1
8	16	20	1	ANN-8-16-20-1
8	20	20	1	ANN-8-20-20-1

(Nguồn: Các cấu trúc mô hình ANN nhóm tác giả đề xuất)

4.2.3. Phương pháp đánh giá kết quả dự báo

Để đảm bảo rằng mô hình ước tính có độ chính xác cao, việc sử dụng các chỉ số đánh giá để đánh giá mô hình là rất quan trọng. Sử dụng nhiều chỉ số đánh giá là một phần quan trọng để đảm bảo rằng mô hình của bạn hoạt động đúng và hiệu quả.

Có nhiều phương pháp để đánh giá độ chính xác của các mô hình dự báo.

4.2.3.1. Mean Squared Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) đo lường sai số bình phương trung bình giữa các giá trị dự đoán và thực tế. MSE là một chỉ số đánh giá chất lượng cho một công cụ dự báo - luôn không âm và các giá trị gần 0 cho thấy chất lượng ước lượng càng tốt.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

4.2.3.2. Mean Absolute Error

Mean Absolute Error (MAE) tính giá trị trung bình của các lỗi trong tập dự đoán mà không quan trọng hướng của chúng. Nó đo lường trung bình sự khác biệt tuyệt đối giữa dự đoán và thực tế trên mẫu thử nghiệm, không phân biệt trọng số cho từng sai số.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n}$$

Trong công thức, n là số lượng điểm dữ liệu, x_i là giá trị thực, và y_i là giá trị dự đoán.

4.3.2.3. Root Mean Square Error

Sai số trung bình bình phương căn bậc hai (RMSE) đo lường sự khác biệt trung bình giữa các giá trị được dự đoán bởi mô hình và các giá trị thực tế. RMSE cung cấp một ước lượng về khả năng của mô hình trong việc dự đoán giá trị mục tiêu (độ chính xác). Giá trị của sai số trung bình bình phương căn bậc hai càng thấp, mô hình càng tốt.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

Trong đó \hat{y}_i là giá trị dự đoán, y_i là giá trị thực và n là số quan sát.

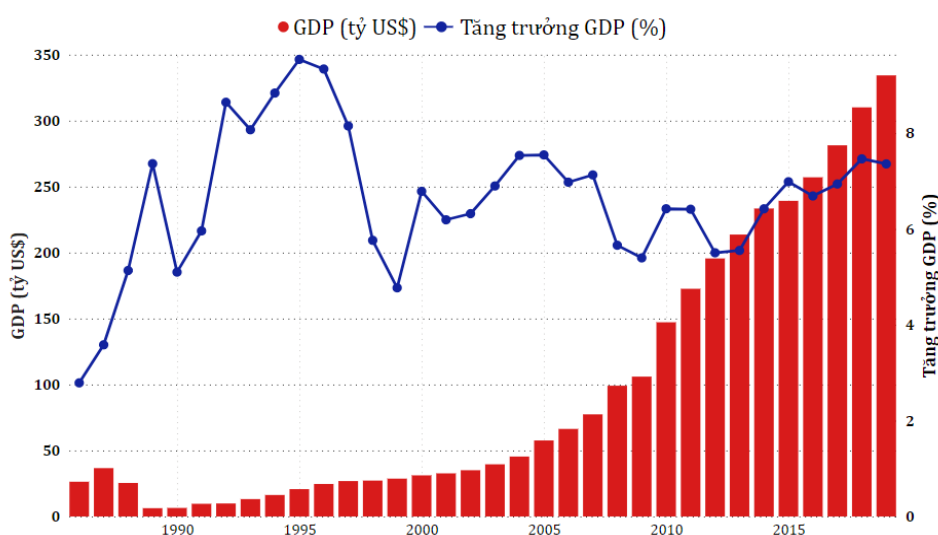
4.3.2.4. Hệ số xác định R^2 bình phương (Coefficient of Determination)

Hệ số xác định R^2 là một đo lường thống kê trong một mô hình hồi quy xác định tỷ lệ thay đổi của biến phụ thuộc mà có thể được giải thích bởi biến độc lập. Nói cách khác, R^2 cho thấy mức độ dữ liệu phù hợp với mô hình hồi quy (độ tốt của việc khớp).

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

5.1. Thực trạng tăng trưởng kinh tế Việt Nam từ năm 1986 – 2019

Sau hơn 35 năm thực hiện công cuộc đổi mới, Việt Nam đã chứng kiến một quá trình phát triển kinh tế ngoạn mục, đánh dấu bằng sự tăng trưởng ổn định và bền vững của GDP. Trải qua nhiều giai đoạn với những thăng trầm khác nhau, kể từ thời kỳ đầu của cải cách mở cửa với mức tăng trưởng khiêm tốn, đến những biến động lớn từ cuộc khủng hoảng tài chính châu Á và suy thoái kinh tế toàn cầu, Việt Nam đã trở thành một điểm sáng tăng trưởng đáng chú ý trong khu vực và trên thế giới trong quá trình chuyển mình từ một nền kinh tế lạc hậu, bao cấp sang một nền kinh tế thị trường hiện đại định hướng xã hội chủ nghĩa.



Hình 1. Biểu đồ tăng trưởng GDP Việt Nam giai đoạn 1986 – 2019

(Nguồn: Dữ liệu thu thập từ World Bank)

Chính sách kinh tế vĩ mô ổn định, sự chuyển đổi cơ cấu kinh tế hợp lý, cùng với sự bùng nổ của các doanh nghiệp khởi nghiệp và sự gia tăng của số lượng doanh nghiệp đăng ký mới đã tạo nền tảng vững chắc cho sự tăng trưởng này. Việc xây dựng và hiện đại hóa hạ tầng, cải cách thủ tục hành chính, và tạo điều kiện thuận lợi cho đầu tư đã góp phần đưa Việt Nam trở thành một nền kinh tế mới nổi đầy hứa hẹn. Đến giai đoạn 2016-2019, nền kinh tế đã đạt tăng trưởng ấn tượng với GDP bình quân hàng năm là 6,8%, làm nổi bật Việt Nam như một trong số ít các nền kinh tế tăng trưởng dương trên toàn cầu.

5.2. Kết quả nghiên cứu mô hình ANN

5.2.1. Lựa chọn cấu trúc mạng nơron

Quá trình huấn luyện mạng được thực hiện bằng phần mềm Matlab R2019b, bộ dữ liệu được phân chia một cách ngẫu nhiên, trong đó 70% được sử dụng cho tập huấn luyện (train), 15% được sử dụng cho tập kiểm thử (test) và 15% được sử dụng cho tập xác nhận (validation).

Sau quá trình huấn luyện và dự báo, nhóm nghiên cứu thực hiện so sánh hiệu quả dự báo của các mô hình ANN dựa trên các tiêu chí bao gồm R, RMSE và MAE. Kết quả so sánh chi tiết được thể hiện ở bảng sau:

Bảng 4. Kết quả so sánh các mô hình ANN

Mô hình	R	RMSE	MAE
ANN-8-8-8-1	0.958	0.436	0.294
ANN-8-8-16-1	0.929	0.496	0.379
ANN-8-8-20-1	0.993	0.177	0.118
ANN-8-16-16-1	0.949	0.386	0.282
ANN-8-16-20-1	0.972	0.299	0.179
ANN-8-20-20-1	0.962	0.326	0.379

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ANN từ phần mềm Matlab 2019b)

Kết quả từ Bảng 4 trên cho thấy mô hình ANN-8-8-20-1 cho kết quả tốt nhất, vượt trội so với các cấu trúc mạng khác ở cả 3 tiêu chí R, RMSE và MAE. Vì vậy nghiên cứu quyết định lựa chọn mô hình ANN-8-8-20-1 làm đại diện để phân tích dự báo và so sánh với các mô hình khác.

5.2.2. Kết quả nghiên cứu của mô hình

Mô hình ANN được cấu hình với hai lớp ẩn, lớp đầu tiên và thứ hai lần lượt có 8 và 20 nơron. Việc phân chia dữ liệu được thực hiện một cách ngẫu nhiên, và thuật toán Levenberg-Marquardt được áp dụng để tối ưu hóa các trọng số mạng dựa trên tiêu chí hàm sai số toàn phương trung bình (Mean Squared Error - MSE). Trong quá trình huấn luyện, đã thực hiện tổng cộng 6 lần lặp (iterations). Hiệu suất mô hình, được đo lường bởi giá trị MSE, đã giảm từ 0.0363 xuống còn 0.00561, chỉ ra một sự cải thiện đáng kể trong khả năng mô hình dự đoán dữ liệu. Quá trình huấn luyện đã được dừng sau khi không có cải thiện trong 6 lần kiểm tra đánh giá liên tiếp, điều này ngăn chặn hiện tượng quá khớp (overfitting) và đảm bảo mô hình có khả năng tổng quát hóa tốt. Điều này cho thấy rằng mô hình đã đạt được một sự cân bằng tốt giữa khả năng dự đoán và tính tổng quát hóa.

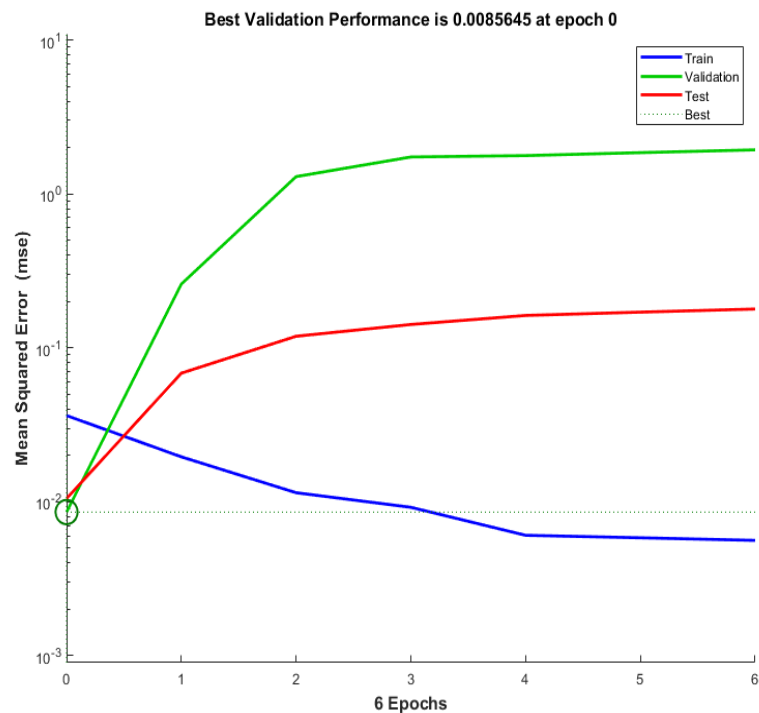
Kết quả huấn luyện mô hình tại Hình 2 cho thấy hiệu suất xác nhận tốt nhất tại kỳ đầu tiên với chỉ số sai số bình phương trung bình (MSE) = 0.00856. Việc huấn luyện tiếp tục lặp lại 6 lần nữa rồi dừng lại. Dựa trên đường cong huấn luyện, xác nhận và kiểm tra có thể kết luận rằng quá trình huấn luyện mô hình không xảy ra hiện tượng overfitting.

Bảng 5. Tóm tắt mô hình ANN được sử dụng

Mạng nơron sử dụng		
Cấu trúc mạng	Số lớp ẩn	2
	Nơron lớp đầu vào	8
	Nơron lớp ẩn thứ nhất	8
	Nơron lớp ẩn thứ hai	20

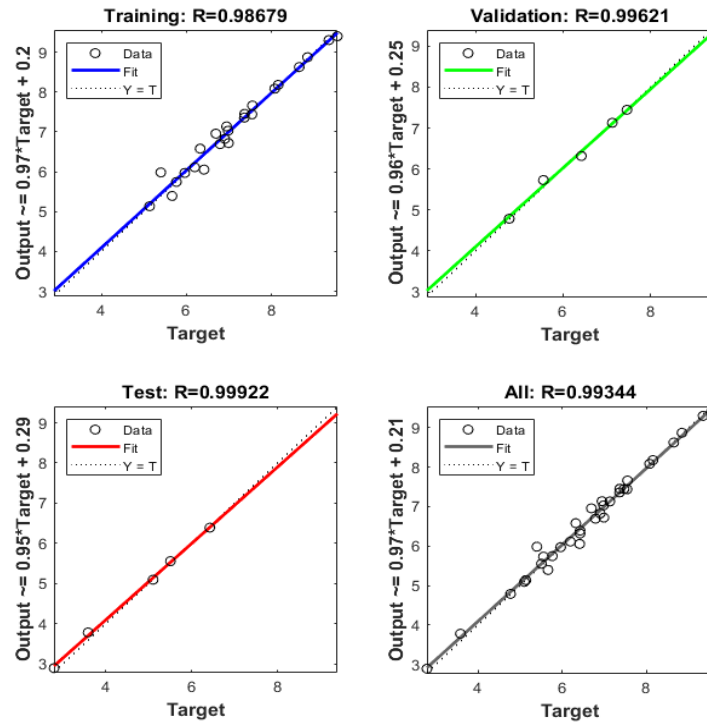
	Neuron lớp đầu ra	1
Thuật toán	Phương pháp phân chia dữ	Ngẫu nhiên
	Thuật toán huấn luyện	Levenberg - Marquardt
	Đánh giá hiệu suất mô hình	Chỉ số sai số bình phương trung
Tiến trình huấn luyện	Số epoch	0 đến 6 lần lặp
	Hiệu suất	Giảm từ 0.0363 xuống 0.00561
	Kiểm tra đánh giá	6

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ANN từ phần mềm Matlab 2019b)



Hình 2. Biểu đồ sai số học máy qua các kỳ đào tạo của mô hình mạng nơon nhân tạo

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ANN từ phần mềm Matlab 2019b)



Hình 3. Đánh giá độ khớp mô hình ANN qua các tập dữ liệu

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ANN từ phần mềm Matlab 2019b)

Trong Hình 3, phân tích chi tiết của mẫu huấn luyện đã làm rõ rằng tỷ lệ tương đồng giữa đầu ra của mạng và mục tiêu mong muốn được biểu diễn qua giá trị R tiệm cận 1. Sự khớp chính xác này không chỉ là một dấu hiệu của tính đáng tin cậy của mô hình đề xuất, mà còn là một chứng cứ mạnh mẽ cho tính hiệu quả của nó. Nó cho thấy rằng mạng nơron nhân tạo đã hấp thụ và áp dụng một cách chính xác và hiệu quả các tri thức từ dữ liệu huấn luyện, tạo nền tảng cho khả năng dự đoán với độ chính xác cao và đáng tin cậy.

5.3. So sánh hiệu quả dự báo

Nhóm tác giả tiến hành một phân tích chi tiết về hiệu suất dự báo của mô hình ANN-8-8-20-1 so với 2 mô hình ARIMA và ARDL dựa trên các chỉ số R^2 , RMSE và MAE. Qua sự so sánh này, chúng ta sẽ có cái nhìn rõ hơn về sự ưu việt của mô hình nơron nhân tạo so với mô hình các mô hình kinh tế lượng.

Bảng 6. Bảng so sánh hiệu suất của các mô hình dự báo: ANN, ARIMA, và ARDL

Mô hình	So sánh chỉ số		
	R^2	RMSE	MAE
Mô hình ANN-8-8-20-1*	0.986	0.177	0.118
Mô hình ARIMA	0.274	1.134	0.848
Mô hình ARDL	0.952	0.222	0.132

(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp)

Kết quả ở Bảng 6 cho thấy mô hình ANN-8-8-20-1 dẫn đầu về cả 3 tiêu chí đánh giá, tiếp đến là mô hình ARDL và mô hình có hiệu quả dự báo thấp nhất là mô hình ARIMA. Đặc biệt,

mô hình ANN và ARDL vượt trội hơn hẳn so với mô hình ARIMA, có sự chênh lệch lớn ở cả 3 tiêu chí.

Đồ thị dưới đây cung cấp cái nhìn trực quan và cụ thể hơn về hiệu suất dự báo của mô hình ANN-8-8-20-1 so với các mô hình khác.



Hình 4. So sánh tăng trưởng GDP thực tế với các mô hình dự báo ở Việt Nam

(Nguồn: Tổng hợp kết quả dự báo từ các mô hình)

Dựa vào đồ thị ở Hình 4 có thể thấy đường kết quả dự báo của mô hình ANN trùng khớp với đường dữ liệu thực tế hơn, thích nghi với những biến động mạnh qua các năm tốt hơn so với 2 mô hình kinh tế lượng.

Từ những so sánh trên nhóm tác giả đã đưa ra 3 kết luận:

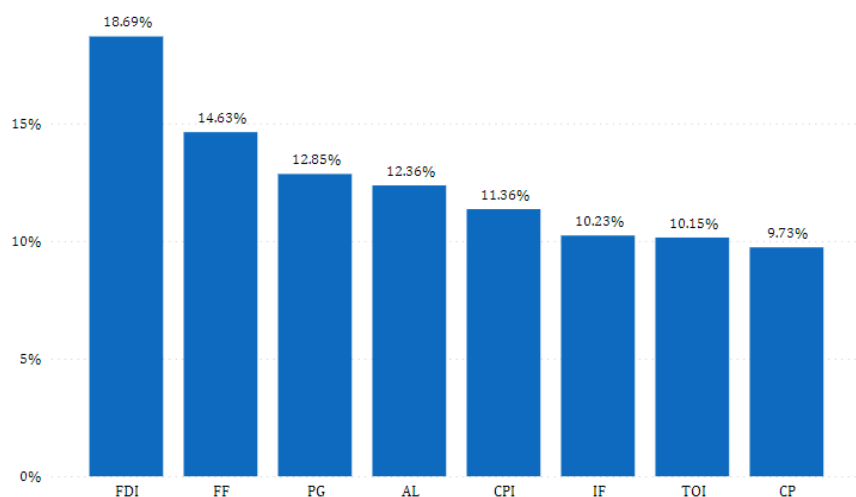
Thứ nhất, mô hình ANN mang lại hiệu quả dự báo tốt nhất và sẽ được chọn để phân tích tầm quan trọng của các nhân tố ảnh hưởng đến tăng trưởng GDP.

Thứ hai, mô hình ARDL tuy thấp hơn mô hình ANN về cả 3 tiêu chí nhưng mức độ chênh lệch không đáng kể. Tuy nhiên trong nghiên cứu này nhóm tác giả sẽ tập trung vào việc ứng dụng mô hình ANN để phân tích các yếu tố ảnh hưởng và dự báo tăng trưởng GDP.

Thứ ba, Mô hình ARIMA không hoàn toàn hiệu quả trong dự báo tăng trưởng GDP của Việt Nam do ảnh hưởng từ các yếu tố vĩ mô ngoài chuỗi dữ liệu quá khứ của GDP. Tuy nhiên, vẫn được ứng dụng để giả định dữ liệu đầu vào cho mô hình ANN trong nghiên cứu này, do khả năng dự báo mạnh mẽ của nó với dữ liệu chuỗi thời gian đơn biến.

5.4. Đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến tăng trưởng GDP tại Việt Nam

Xếp hạng mức độ ảnh hưởng của các biến độc lập tới tỷ lệ tăng trưởng GDP được thực hiện qua việc xử lý bộ trọng số của mô hình ANN-8-8-20-1 sau huấn luyện.



Hình 5. Xếp hạng mức độ ảnh hưởng của các biến độc lập

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ANN từ phần mềm Matlab 2019b)

5.5. Kết quả dự báo tỷ lệ tăng trưởng GDP Việt Nam giai đoạn 2020 – 2030

5.5.1. Giả định dữ liệu đầu vào

Để dự báo tỷ lệ tăng trưởng GDP Việt Nam giai đoạn 2020 - 2030, nhóm nghiên cứu sẽ sử dụng mô hình ANN-8-8-20-1 đã được huấn luyện trước đó. Dữ liệu phục vụ cho việc dự báo của 8 biến đầu vào bao gồm dữ liệu thực của 8 biến từ năm 2020-2022 (trừ biến AL chỉ có dữ liệu đến năm 2020), những năm còn lại hoàn toàn là dữ liệu giả định. Việc giả định dữ liệu sẽ dựa trên 2 kịch bản mà nhóm nghiên cứu đưa ra:

Kịch bản 1: Áp dụng mô hình dự báo chuỗi thời gian đơn biến ARIMA để dự báo giá trị cho 8 biến đầu vào.

Kịch bản 2: Dựa vào mục tiêu cụ thể đối với từng yếu tố của Chính phủ Việt Nam, đưa ra dữ liệu giả định thỏa mãn các mục tiêu đó.

Bảng 7. Bảng dự báo các yếu tố giai đoạn 2020 - 2030 theo mô hình ARIMA

Năm	FDI	IF	CPI	AL	FF	TOI	PG	CP
2020	1.58E+10	1.47	0.47	39.43	980.49	163.25	0.91	3.76
2021	1.57E+10	2.78	0.47	40.07	933.36	186.43	0.84	3.62
2022	1.79E+10	3.86	0.44	40.78	933.71	185.73	0.73	3.50
2023	1.89E+10	4.48	0.44	41.48	957.91	190.24	0.68	3.59
2024	1.99E+10	3.94	0.44	42.18	982.10	194.76	0.64	3.77
2025	2.1E+10	3.49	0.45	42.89	1006.30	199.27	0.58	3.90
2026	2.21E+10	3.10	0.45	43.61	1030.50	203.79	0.53	3.97
2027	2.32E+10	2.72	0.45	44.33	1054.69	208.30	0.48	4.04
2028	2.44E+10	2.41	0.45	45.07	1078.89	212.82	0.39	4.13
2029	2.55E+10	2.14	0.45	45.81	1103.08	217.33	0.33	4.22
2030	2.67E+10	1.88	0.45	46.55	1127.28	221.84	0.28	4.32

(Nguồn: Kết quả phân tích mô hình ARIMA từ phần mềm SPSS 23)

Bảng 8. Các yếu tố đầu vào theo mục tiêu của Chính phủ

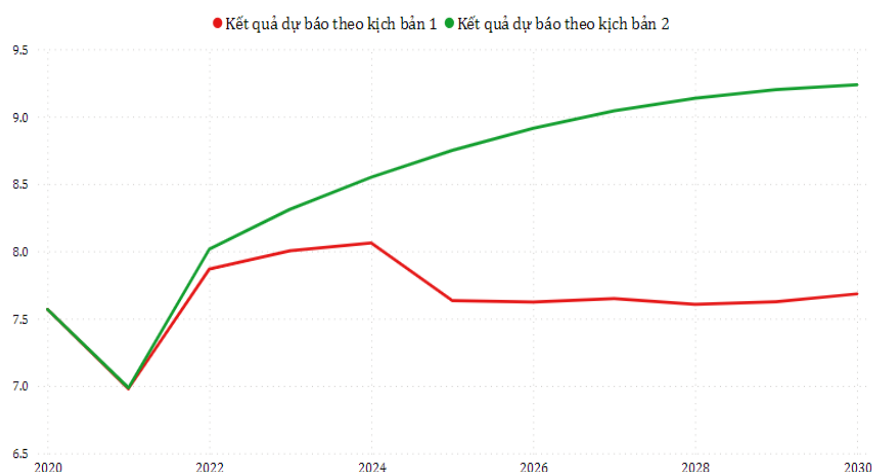
Năm	FDI	IF	CPI	AL	FF	TOI	PG	CP
2020	1.58E+10	1.47	0.47	39.43	980.49	163.25	0.91	3.76
2021	1.57E+10	2.78	0.47	39.10	933.36	186.43	0.84	3.62
2022	1.79E+10	3.86	0.44	38.78	933.71	185.73	0.73	3.50
2023	1.8E+10	3.50	0.44	38.45	902.90	186.60	0.72	3.38
2024	1.82E+10	3.50	0.43	38.13	873.10	187.48	0.70	3.27
2025	1.83E+10	3.50	0.42	37.81	844.29	188.36	0.68	3.16
2026	1.84E+10	3.50	0.41	37.49	816.43	189.24	0.66	3.05
2027	1.86E+10	3.50	0.40	37.18	789.49	190.13	0.64	2.95
2028	1.87E+10	3.50	0.39	36.87	763.44	191.02	0.63	2.85
2029	1.89E+10	3.50	0.39	36.56	738.24	191.92	0.61	2.75
2030	1.9E+10	3.50	0.38	36.25	713.88	192.82	0.59	2.66

(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp)

5.5.2. Kết quả dự báo

Hai kịch bản dự báo được phân tích cung cấp hai hình ảnh khác nhau về tương lai kinh tế của Việt Nam, mỗi kịch bản phản ánh một quỹ đạo tăng trưởng khác nhau dựa trên những giả định cụ thể.

Kịch bản 1 là một dự báo tiếp cận từ góc độ kỹ thuật, sử dụng mô hình ARIMA để phân tích xu hướng và chu kỳ của dữ liệu lịch sử, đưa ra những dự báo có cơ sở khoa học nhưng không nhất thiết phản ánh được các tác động của chính sách hoặc biến đổi cấu trúc kinh tế. Tỷ lệ tăng trưởng GDP dự báo trong kịch bản này có xu hướng ổn định và không thể hiện sự thay đổi đột phá. Ngược lại, kịch bản 2 thể hiện một đường hướng lạc quan hơn, với tỷ lệ tăng trưởng GDP dự báo tăng lên mạnh mẽ, đặc biệt là từ năm 2024 trở đi. Điều này phản ánh những kỳ vọng vào chính sách và mục tiêu của Chính phủ, từ việc thu hút FDI, kiểm soát lạm phát, cải thiện chỉ số cảm nhận tham nhũng, đến việc tăng cường hiệu quả sử dụng đất nông nghiệp, quản lý tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch, và mở rộng thương mại. Các giả định này không chỉ dựa vào đánh giá của các chuyên gia kinh tế mà còn dựa vào những mục tiêu và định hướng chiến lược đã được chính phủ đặt ra, phản ánh mong muốn và nỗ lực hướng tới một nền kinh tế hiện đại, cạnh tranh và bền vững.



(Nguồn: Kết quả dự báo từ phần mềm Matlab 2019b)

Hình 6. Đồ thị so sánh kết quả dự báo tỷ lệ tăng trưởng GDP theo hai kịch bản giai đoạn năm 2020 đến 2030

5.5.3. So sánh kết quả dự báo với dự báo của Chính phủ

Nhóm nghiên cứu tiếp tục tiến hành so sánh kết quả đã dự báo bằng mô hình ANN với kết quả dự báo đã được Chính phủ đưa ra trong “*Hồ sơ quy hoạch tổng thể quốc gia được hoàn thiện theo Nghị quyết số 81/2023/QH15 của Quốc hội*”. Chính phủ đã đưa ra 2 kịch bản tăng trưởng với các giả thiết, biến đầu vào khác nhau:

Kịch bản thấp với giả định bối cảnh thế giới và khu vực sau khủng hoảng dịch bệnh Covid-19 sẽ tiếp tục gặp nhiều khó khăn, tạo môi trường không thuận lợi cho sự phát triển của kinh tế Việt Nam, như căng thẳng địa chính trị leo thang và chủ nghĩa bảo hộ tiếp diễn theo chiều hướng tiêu cực; tăng trưởng kinh tế thế giới chậm; các hoạt động thương mại, vận tải và du lịch quốc tế chậm phục hồi; rủi ro đối với hệ thống tài chính, tiền tệ gia tăng...

Kịch bản phấn đấu với giả thiết bối cảnh thế giới và khu vực có sự chuyển biến tích cực, tạo ra nhiều yếu tố thuận lợi cho sự phát triển của kinh tế Việt Nam, cùng với đó là các yếu tố nội tại của nền kinh tế.

Nhóm nghiên cứu tiến hành so sánh giá trị bình quân của tỷ lệ tăng trưởng GDP giai đoạn 2021-2030 dựa trên kịch bản thực tế mà Chính phủ đưa ra.

Bảng 9. Tỷ lệ tăng trưởng GDP bình quân giai đoạn 2021-2030 theo các kịch bản

Kịch bản tăng trưởng	Tỷ lệ tăng trưởng GDP bình quân giai đoạn 2021-
Kịch bản 1 (kết quả của nhóm nghiên cứu)	7.67%
Kịch bản 2 (kết quả của nhóm nghiên cứu)	8.61%
Kịch bản thấp	6.3%
Kịch bản phấn đấu	7.05%

(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp)

Bảng 9 cho thấy kết quả dự báo của nhóm nghiên cứu có sự chênh lệch so với kết quả dự báo mà Chính phủ đưa ra. Cụ thể, kết quả theo kịch bản 2 (dựa trên mục tiêu của Chính phủ về các yếu tố đầu vào có trong mô hình) là cao nhất với 8,61%, tiếp theo lần lượt là kịch bản 1 (dựa trên kết quả của mô hình ARIMA) với 7,67%, kịch bản phần đầu với 7,05% và kịch bản thấp với 6.3%. Với kết quả trên, nhóm nghiên cứu có thể đưa ra một số nhận xét và phân tích như sau:

Thứ nhất, kết quả dự báo theo kịch bản 2 có sự chênh lệch cao nhất với 3 kịch bản còn lại. Sự chênh lệch này là do sự lạc quan của Chính phủ đối với các yếu tố đầu vào của mô hình nghiên cứu, các biến đầu vào đều thay đổi mạnh theo hướng tích cực, thể hiện kỳ vọng cao của Chính phủ.

Thứ hai, kết quả dự báo theo kịch bản 1 có sự chênh lệch nhỏ so với kết quả của kịch bản phần đầu. Kết quả của kịch bản 1 (dựa trên các biến đầu vào là kết quả của mô hình ARIMA), tuy lớn hơn so với kết quả của kịch bản phần đầu nhưng sự chênh lệch là không quá lớn. Lý do cho sự chênh lệch này chủ yếu là do sự khác biệt về yếu tố đầu vào, mô hình, phương pháp nghiên cứu của nhóm nghiên cứu và Chính phủ.

Bảng 10. Sự khác biệt về yếu tố đầu vào, mô hình, phương pháp nghiên cứu của nhóm nghiên cứu và Chính phủ

So sánh	Nhóm nghiên cứu	Chính phủ
Biến đầu vào sử dụng trong mô hình	8 biến đầu vào dựa trên tổng quan nghiên cứu: Đầu tư trực tiếp nước ngoài (FDI), Dân số (PG), Tỷ lệ lạm phát (IF), Chỉ số cảm nhận tham nhũng (CPI), Tỷ lệ diện tích đất sử dụng cho nông nghiệp (AL), Lượng tiêu thụ nhiên liệu hóa thạch (FF), Chỉ số độ mở thương mại (TOI), Lượng thải khí CO2 bình quân đầu người (CP)	Gồm 8 biến đầu vào: Tăng trưởng tài sản cố định theo giá so sánh 2010 (K_g), Tỷ lệ tích lũy tài sản cố định trong năm trên GDP theo giá so sánh 2010 (I/GDP), Hệ số thu nhập từ vốn (α), Tăng trưởng lao động làm việc trong nền kinh tế (L_g), Tăng trưởng năng suất nhân tố tổng hợp (TFP), Tỷ giá hối đoái VND/USD bình quân năm (EX), Dân số trung bình năm (POP),
Phương pháp nghiên cứu	Ứng dụng mô hình mạng nơron nhân tạo ANN, kết hợp với kết quả dự báo dữ liệu đầu vào từ mô hình ARIMA để dự báo tăng trưởng GDP Việt Nam	Ứng dụng phương pháp hạch toán tăng trưởng là hệ quả của sự phát triển mô hình tăng trưởng Solow để dự báo tăng trưởng GDP Việt Nam

(Nguồn: Nhóm tác giả tổng hợp)

Thứ ba, theo nội dung trong hồ sơ quy hoạch, giữa 2 kịch bản của Chính phủ, kịch bản phần đầu (hay kịch bản cao) là kịch bản được đánh giá là có khả năng xảy ra cao hơn trên cơ sở phân tích các yếu tố bối cảnh thế giới và nội tại nền kinh tế. Đối với kịch bản thấp, các điều kiện bên ngoài là ít thuận lợi, mức độ cải thiện các yếu tố nội tại của nền kinh tế cũng tương đối hạn chế hơn so với kịch bản cao.

Từ những nhận xét, phân tích trên có thể thấy rằng kết quả dự báo của nhóm nghiên cứu, cụ thể là kết quả dự báo của mô hình ANN dựa trên dữ liệu đầu vào từ mô hình ARIMA gần với kết quả dự báo thực tế của Chính phủ. Vì vậy, nhóm nghiên cứu đưa ra 2 kết luận như sau:

Thứ nhất, việc ứng dụng mô hình mạng nơron nhân tạo ANN hay ứng dụng trí tuệ nhân tạo trong dự báo tăng trưởng GDP tại Việt Nam là hoàn toàn khả thi và mang lại kết quả tốt.

Thứ hai, kết quả phân tích mô hình ANN có thể sử dụng làm cơ sở để đưa ra hàm ý chính sách góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế cho Việt Nam.

6. KẾT LUẬN VÀ HÀM Ý CHÍNH SÁCH

6.1. Kết luận

Bài nghiên cứu đã thực hiện phân tích dự báo tăng trưởng GDP của Việt Nam từ bộ dữ liệu 34 năm (từ 1986 - 2019) và thực hiện nghiên cứu trên 3 mô hình khác nhau: Mô hình mạng nơron nhân tạo ANN, mô hình phân phối độ trễ tự hồi quy ARDL và mô hình dự báo chuỗi thời gian đơn biến ARIMA. Nhóm nghiên cứu đã thực hiện so sánh hiệu quả dự báo của 3 mô hình này, chọn ra mô hình có hiệu quả tốt nhất và ứng dụng cho dự báo tăng trưởng GDP Việt Nam giai đoạn 2021- 2030. Kết quả cho thấy mô hình mạng nơron nhân tạo ANN mang lại hiệu quả dự báo tốt nhất trong 3 mô hình. Kết quả so sánh giữa dự báo của mô hình ANN và dự báo của Chính phủ giai đoạn 2021-2030 cho thấy sự chênh lệch không lớn, vì vậy việc ứng dụng mô hình ANN cho dự báo tăng trưởng GDP tại Việt Nam là hoàn toàn khả thi và có thể sử dụng để đưa ra chính sách giúp tăng trưởng kinh tế tại Việt Nam.

Bên cạnh những kết quả đã đạt được, bài nghiên cứu cũng còn những hạn chế. Thứ nhất, hạn chế của bài nghiên cứu đến từ phạm vi của dữ liệu nghiên cứu. Nhóm nghiên cứu chỉ có thể thu thập dữ liệu từ 34 năm, 8 yếu tố đầu vào dựa trên tổng quan nghiên cứu, bộ dữ liệu có số lượng năm không nhiều và không thể xem xét được các yếu tố trong thực tế khác cũng dẫn đến một phần sai lệch trong kết quả dự báo. Thứ hai là hạn chế đến từ mô hình áp dụng. Mặc dù mô hình mạng nơron nhân tạo mang đến hiệu quả dự báo tốt hơn các mô hình kinh tế lượng khác và dự báo rất tốt trong mẫu nghiên cứu nhưng chưa dự báo được tốt trước những rủi ro, cụ thể là 2 năm chịu ảnh hưởng của dịch COVID-19: năm 2020 và 2021. Tuy vậy đây vẫn là một trong những mô hình tốt nhất có thể ứng dụng trong dự báo kinh tế.

6.2. Hàm ý chính sách cho Việt Nam

Từ kết quả phân tích từ mô hình ANN, nhóm tác giả nhấn mạnh vai trò quyết định của các yếu tố đối với tăng trưởng GDP của Việt Nam và từ đó, đề xuất một loạt giải pháp nhằm thúc đẩy tăng trưởng kinh tế bền vững cho đất nước. Điểm đầu tiên và quan trọng nhất là việc tăng cường thu hút FDI thông qua việc cải thiện môi trường kinh doanh và nâng cao chất lượng hạ tầng, cùng với việc chú trọng vào việc áp dụng năng lượng tái tạo và tăng cường hiệu quả năng lượng như những bước đi tiên phong trong chiến lược chuyển đổi xanh. Bên cạnh đó, Việt Nam cần chú ý đến việc nâng cao chất lượng dân số thông qua giáo dục sức khỏe, cũng như thúc đẩy phát triển nông nghiệp thông minh để đảm bảo an ninh lương thực và sử dụng đất đai hiệu quả. Đối phó với tham nhũng và kiểm soát lạm phát cũng là những ưu tiên cần được thực hiện, đòi hỏi việc triển khai các chính sách và luật pháp minh bạch, cũng như cải cách quản lý nhà nước. Cuối cùng, việc xây dựng chiến lược xuất nhập khẩu bền vững và giảm thiểu phát thải khí nhà kính cần được khuyến khích, thông qua việc mở rộng hợp tác quốc tế và khuyến mãi sử dụng năng lượng sạch. Qua những nỗ lực này, Việt Nam sẽ không chỉ tiến tới một nền kinh tế thịnh vượng mà còn trở thành biểu tượng về sự phát triển bền vững và bảo vệ môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. (2021). Tạp Chí Nghiên Cứu Tài Chính - Marketing. <https://doi.org/10.52932/jfm.vi63>
2. (N.d.). <https://www.laocai.gov.vn/bao-cao-thong-ke/cong-bo-ket-qua-thong-ke-dien-tich-dat-dai-cua-ca-nuoc-nam-2020-938675>
3. Akter, F., & Smith, D. S. (2021). Impact of inflation and unemployment on economic growth of Pakistan. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 6(3), 2456–2165.
4. Báo kiểm toán nhà nước. (2022, August 31). Dự báo 2 kịch bản phát triển kinh tế đến năm 2030. Báo kiểm toán nhà nước. <http://baokiemtoan.vn/du-bao-2-kich-ban-phat-trien-kinh-te-den-nam-2030-19625.html>https://mof.gov.vn/webcenter/portal/vclvcstc/pages_r/l/chi-tiet-tin?dDocName=MOFUCM156844
5. baochinhpvu.vn. (2023a, October 12). Chiến lược quốc gia phòng chống tham nhũng, tiêu cực. baochinhpvu.vn. <https://baochinhpvu.vn/chien-luoc-quoc-gia-phong-chong-tham-nhung-tieu-cuc-102231011185034868.htm>
6. Baotuoitre. (2023, July 30). Từ năm 2056 - 2069, Cơ cấu dân số Việt Nam “siêu già”? Tuổi Trẻ Online. <https://tuoitre.vn/tu-2056-den-2069-co-cau-dan-so-viet-nam-sieu-gia-20230730101410763.htm>
7. Baz, K., Cheng, J., Xu, D., Abbas, K., Ali, I., Ali, H., & Fang, C. (2021). Asymmetric impact of fossil fuel and renewable energy consumption on economic growth: A nonlinear technique. *Energy*, 226, 120357. doi: 10.1016/j.energy.2021.120357
8. Birdsall, N. (1988) “Economic approaches to population growth” in *Handbook of Development Economics*, 1, by Chenery, Hollis B., Srinivasan, T.N., Behrman, Jere, Amsterdam: North Holland, 477-542.
9. Box, George E. P. and Gwilym M. Jenkins (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, Revised Edition, Oakland, CA: Holden-Day
10. C.-C. Chang. A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China. *Appl Energy*, 87 (2010), pp. 3533-3537
11. Christos, P., Eleni, K., Dimitrios, K., Zacharias, D., Athanasios, A., & Panagiotis, L. (2018). Corruption perception index (CPI), as an index of economic growth for European countries. *Theoretical Economics Letters*, 08(03), 524–537. <https://doi.org/10.4236/tel.2018.83037>
12. Chuku C., Odour J., Simpasa A. (2017): Intelligent forecasting of economic growth for African economies: Artificial neural networks versus time series and structural econometric models,” *Forecasting Issues in Developing Economies 2017*” conference paper, Washington.
13. Enu, P. (2014). Analysis of the Agricultural Sector of Ghana and Its Economic Impact on Economic Growth. *Academic Research International*, 5(4).
14. F. Li, S. Dong, X. Li, Q. Liang, W. Yang. Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions in China. *Energy Policy*, 39 (2011), pp. 568-574

15. Göktürk, İ. E., & Yalçinkaya, H. S. (2020). The investigation of relationship between corruption perception index and GDP in the case of the Balkans. *International Journal of Management Economics and Business*, 16(4). doi:10.17130/ijmeb.853535
16. Greenaway, D., Morgan, W., & Wright, P. (2002). Trade liberalisation and growth in developing countries. *Journal of Development Economics*, 67(1), 229–244
17. IEA: Nhu cầu nhiên liệu hóa thạch phải giảm 25% vào năm 2030 để hạn chế hiện tượng nóng lên toàn cầu. Tin nhanh chứng khoán. (2023, September 27). https://www.tinnhanhchungkhoan.vn/iea-nhu-cau-nhien-lieu-hoa-thach-phai-giam-25-vao-nam-2030-de-han-che-hien-tuong-nong-len-toan-cau-post330696.html#google_vignette
18. Jiang, L., Deng, X., & Seto, K. C. (2013). The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China. *Land Use Policy*, 35, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.04.011>
19. Khashei & Bijari (2011), A novel hybridization of artificial neural networks and ARIMA models for time series forecasting, *Applied Soft Computing*, 2664–2675.
20. Kuhe, David. (2019). The Impact of Population Growth on Economic Growth and Development in Nigeria: An Econometric Analysis. 3. 100-111.
21. Lotfalipour, M. R., Falahi, M. A., & Ashena, M. (2010). Economic growth, CO2 emissions, and fossil fuels consumption in Iran. *Energy*, 35(12), 5115–5120. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.08.004>
22. Lubbock, K. J., Merin, M., & Gonzalez, A. (2022). The impact of inflation, unemployment, and population growth on Philippine Economic Growth. *Journal of Economics, Finance and Accounting Studies*, 4(2), 55–64. doi:10.32996/jefas.2022.4.2.5
23. McNelis, P. D. (2005). *Neural networks in finance: Gaining predictive edge in the market*. Academic Press.
24. Mitiku, A., & Alemu, K. (2019). FDI inflow as an international business operation by mncs and economic growth: An empirical study on Turkey. *Abyssinia Journal of Business and Social Science*, 4(1), 36–45. doi:10.20372/ajbs.2019.4.1.188
25. Mitiku, A., & Alemu, K. (2019). FDI inflow as an international business operation by mncs and economic growth: An empirical study on Turkey. *Abyssinia Journal of Business and Social Science*, 4(1), 36–45. doi:10.20372/ajbs.2019.4.1.188
26. Mwanemela, K. (2013). Impact of inflation on economic growth: A case study of Tanzania.
27. Nghị quyết số 81/2023/QH15 của quốc hội về quy hoạch tổng thể Quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Cổng thông tin điện tử Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam. (n.d.). <https://quochoi.vn/tintuc/Pages/tin-hoat-dong-cua-quoc-hoi.aspx?ItemID=72544>
28. Nhận định thực trạng và tương lai lượng phát thải tại Việt Nam. Văn phòng sản xuất và tiêu dùng bền vững. (n.d.). <http://scp.gov.vn/tin-tuc/t12778/nhan-dinh-thuc-trang-va-tuong-lai-luong-phat-thai-tai-viet-nam.html>

29. Nhat, N. T. (2022). Forecasting inflation rate using artificial neural network: the case of Viet Nam. *Hue University Journal of Science: Economics and Development*, 131(5B), 63–74. doi: 10.26459/hueunijed.v130i5a.6152
30. Nhật, V. V., Lê, V. H., Nguyễn, T. T., & Hoàng, T. H. (2021). Dự báo nhu cầu du khách đến Thừa Thiên Huế dựa trên mạng nơ-ron nhân tạo. *Hue University Journal of Science: Economics and Development*, 130(5A). doi: 10.26459/hueunijed.v130i5a.6152
31. Obere, A., Thuku, G. K., & Gachanja, P. (2013). The impact of population changes on economic growth in Kenya. *IJEMS*. Vol. 2, pp. 43-60.
32. Obere, A., Thuku, G. K., & Gachanja, P. (2013). The impact of population changes on economic growth in Kenya. *IJEMS*. Vol. 2, pp. 43-60.
33. "P.K. Narayan, S. Popp
34. The energy consumption-real GDP nexus revisited: Empirical evidence from 93 countries.
35. *Economic Modeling*, 29 (2) (2012), pp. 303-308"
36. Pesaran, H. M. (1997). The Role of Economic Theory in Modeling the long run. *Economic Journal*, 107, 178-191. <http://dx.doi.org/10.1111/1468-0297.00151>
37. Quy hoạch sử dụng đất Quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Kế hoạch sử dụng đất quốc gia 5 năm 2021 - 2025. Khoa Tài nguyên và Môi trường. (n.d.). <https://tnmt.vnua.edu.vn/tin-tuc-va-su-kien/quy-hoach-su-dung-dat-quoc-gia-thoi-ky-2021-2030-tam-nhin-den-nam-2050-ke-hoach-su-dung-dat-quoc-gia-5-nam-2021-2025-50744>
38. Ramzan, M. (2021). Impact of inflation and unemployment on economic growth of Pakistan. *European Journal of Business and Management Research*, 6(4), 282-288.
39. "S.S. Wang, D.Q. Zhou, P. Zhou, Q.W. Wang
40. CO2 emissions, energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis
41. *Energy Policy*, 39 (2011), pp. 4870-4875"
42. Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2009). *Macroeconomics* 19e.
43. Siddiqui, A. H., & Iqbal, J. (2010). Impact of trade openness on output growth for Pakistan: an empirical investigation, *Market Forces*, 1(1), 1–9
44. Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
45. Tiffin, R., & Irz, X. (2006). Is Agriculture the Engine of Growth? *Agric. Econ.*, 35, 79-89
46. Tkacz G. (2001): Neural network forecasting of Canadian GDP growth, *International Journal of Forecasting* 17, 57-69.
47. Todaro M. (2003): *Development Economics*, 8th ed Longman Publisher, Singapore
48. Todaro M. (2003): *Development Economics*, 8th ed Longman Publisher, Singapore.
49. b e r e Al madi, G i d e on Kiguru Th u k a n d Gachanja Paul: The Impact of Population Change on Economic Growth. *IJEMS*. Vol. 2, pp. 43-60.
50. Tổng quan dự báo tình hình Kinh tế thế giới quý IV và năm 2023. General statistics office of Vietnam. (n.d.-a). <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2023/12/tong-quan-du-bao-tinh-hinh-kinh-te-the-gioi-quy-iv-va-nam-2023/>

51. Vamvakidis, A. (2002). How Robust is the Growth-Openness Connection: Historical Evidence. *Journal of Economic Growth*, 7(1), 57-80
52. Winters, L. A. (2004). Trade Liberalisation and Economic Performance: An Overview. *The Economic Journal*, 114(493), F4–F21.
53. Xaydungchinh sach.chinhphu.vn. (2022, November 1). Những mục tiêu, chỉ tiêu phát triển đất nước đến 2030, tầm nhìn đến 2050. Xaydungchinh sach.chinhphu.vn. <https://xaydungchinh sach.chinhphu.vn/nhung-muc-tieu-chi-tieu-cu-the-phat-trien-dat-nuoc-den-2030-tam-nhin-den-2050-119221026090344413.htm>
54. Xuất khẩu của Việt Nam dự kiến sẽ đạt 535 tỷ USD vào năm 2030. Tin nhanh chứng khoán. (2021, November 30). <https://www.tinnhanhchungkhoan.vn/xuat-khau-cua-viet-nam-du-kien-se-dat-535-ty-usd-vao-nam-2030-post285965.html>
55. Zhang (2003), Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model, *Neurocomputing*, 159 – 175
56. Zhang, G, Patuwo, BE & Hu, MY 1998, ‘Forecasting with artificial neural networks: The state of the art’, *International Journal of Forecasting*, vol. 14, no. 1, pp. 35-62.