فصلنامه علمی مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی
سال چهاردهم، شماره ٥٤، بهار ١٤٠٣، صفحه ٧٠-٤٣

مقاله پژوهشی: مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

بهادر سرانجام[1]، مهدی محسن‌زاده[2]

تاریخ دریافت: ١٤٠٢/٠٩/٣٠ تاریخ پذیرش: ١٤٠٣/٢/٢٥

چکیده

مدل‌سازی قدرت ملی با استفاده از معادلات صریح ریاضی بسیار دشوار است. شبکه‌های عصبی مصنوعی می‌توانند مسائل پیچیده دارای چند بُعد را حل نمایند. در این تحقیق کاربردی، جامعه آماری اساتید دانشگاه‌ها با تخصص‌های نظامی، اجتماعی، اقتصادی، و جغرافیای سیاسی بودند. روش نمونه‌گیری از جامعه آماری به‌صورت تصادفی و حجم جامعه نمونه برابر با ١٣٣ نفر بوده است. گردآوری اطلاعات به دو روش میدانی و کتابخانه‌ای صورت گرفته است. پایایی پرسشنامه ٨٩٪ محاسبه شد. اطلاعات به‌دست‌آمده توسط یک شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با نه پارامتر ورودی شامل ابعاد قدرت ملی، و یک پارامتر پاسخ، یعنی قدرت ملی کشورهای هدف مدل‌سازی شد. ٨٠٠٠ ساختار شبکه عصبی با تغییر متغیرهای تابع فعال‌سازی، تابع آموزش و تعداد نورون‌های عصبی در لایه پنهان ایجاد شد. نتایج نشان داد که بهترین خصوصیات شبکه عصبی، تابع فعال‌سازی tansig، تابع آموزش LM، و ١٦ نرون در لایه پنهان بود. مقادیر کارایی شبکه ٠.٠٠٠٧١ =MAPE، ٠.٠٠٠٠٦=NRMSE ، ١.٠٠٠٠٠ =R_2 در مرحله آموزش ، ٠.٠٠٥٧٩ =MAPE، ٠.٠٠١٣٧ =NRMSE، ٠.٩٩٩٩٩ =R_2 در مرحله تست و ٠.٠٠٣٠٠ =MAPE، ٠.٠٠١٢٤ =NRMSE، ٠.٩٩٩٩٧ =R_2 در مرحله اعتبارسنجی بودند. اهمیت نسبی ابعاد قدرت ملی؛ ١٥٪ نظامی، ١٣٪ علمی، ١٣٪ سرزمینی، ١٢٪ فرامرزی، ١١٪ اجتماعی، ١٠٪ اقتصادی، ١٠٪ فضایی، ٨٪ سیاسی و ٨٪ فرهنگی بود. بر اساس نتایج ، مدل شبکه عصبی بهینه می‌تواند قدرت ملی کشورهای هدف را با دقت بسیار بالا پیش‌بینی کند.

کلیدواژه‌ها: قدرت، قدرت ملی، مدل، مدل‌سازی، شبکه عصبی مصنوعی.

١. استاد و پژوهشگر دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی.
٢. پژوهشگر دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی (نویسنده مسئول) *dr.mmohsenz@gmail.com*.

۱. مقدمه

«قدرت ملی» توانایی یک واحد جغرافیایی و سیاسی به نام کشور در استفاده از منابع مادی و معنوی خود جهت دستیابی به اهداف و منافع ملی است. هر نظام سیاسی متناسب با قدرت ملی خود می‌تواند به اهداف و منافع خود در نظام بین‌المللی دست یابد. درنتیجه، واحدهای سیاسی (کشورها) در نظام بین‌المللی به‌طور پیوسته در تلاش برای افزایش قدرت ملی و بهبود جایگاه خود هستند.

دشمنان ج.ا.ایران تلاش دارند با صرف هزینه سیاسی و اقتصادی کمتر و یا منطقی با تأثیرگذاری بالاتر، آسیب جزئی و یا کلی به قدرت ملی ج. ا.ایران وارد نماید. به همین دلیل، در اختیار داشتن مدل دقیق سنجش قدرت ملی به تحلیل صحیح شرایط کمک می‌کند و تصمیم‌گیران خواهند توانست ضمن ترمیم و مقاوم‌سازی نقاط آسیب‌پذیر جهت بالا بردن هزینه دشمن، با اتخاذ استراتژی مناسب شامل «مبارزه»، «رقابت» و یا «همکاری» بتوانند به دستاوردهای زیر نائل آیند:

(۱) افزایش قدرت ملی،

(۲) دستیابی به اهداف ملی،

(۳) کسب منافع ملی در نظام جهانی.

مشکلی که تحقیق حاضر مترصد حل آن است، «سنجش و مدل‌سازی دقیق قدرت ملی» است. مشکل مشترک همه مدل‌های سنجش قدرت ملی؛ اندازه‌گیری متغیرهای کمی، کیفی و شاخص‌سازی آنها، تعیین همبستگی و وزن ابعاد و متغیرها است. با توجه به پویا بودن، زمانمند و مکانمند بودن قدرت ملی و تحولات سریع جهانی، پدیده جهانی‌شدن و رشد روزافزون تکنولوژی و تأثیر علم و تکنولوژی در ابعاد گوناگون قدرت ملی، اکثر مدل‌های ارائه‌شده در گذشته از ارزش و کارآمدی پایینی در سنجش عوامل کیفی و کمی قدرت ملی کشورها برخوردار هستند؛ زیرا ابعاد جدید قدرت مانند «قدرت سایبری» و «قدرت فضایی» در آنها دیده نشده است. علاوه‌بر این‌که، وزن و اهمیت ابعاد و متغیرهای قدرت ملی به‌کاررفته در آنها با شرایط کنونی جهان انطباق ندارد.

باوجود آنکه مدل‌های زیادی برای سنجش قدرت ملی کشورها ارائه شده، اما تاکنون مدل جامع، دقیق، و جهان‌شمولی ارائه نگردیده است؛ یعنی تقریباً هر مدل از ضرایب متغیرها، ابعاد و ضرایب ویژه خود استفاده می‌کند.

روش‌های پرکاربرد محاسبه ضرایب ابعاد قدرت ملی عمدتاً شامل جمع جبری ساده و جمع جبری وزن‌دار با استفاده از نظر خبرگان هستند. مشکل روش جمع جبری ساده آن است که

اهمیت ابعاد قدرت ملی با هم برابر نیست و جمع جبری آنها به سنجش دقیق قدرت ملی نمی‌انجامد. اِشکال روش جمع جبری وزن‌دار با استفاده از نظرات خبرگان، احتمال اشتباه کردن خبرگان در تعیین وزن و مشکل استانداردسازی واحدهای اندازه‌گیری ذهنی آنها، می‌باشد. مشکل مشترک دیگری که در مورد هر دو روش ذکرشده می‌توان اشاره کرد، فرض مستقل بودن ابعاد قدرت ملی و عدم تأثیر آنها بر یکدیگر می‌باشد. با توجه به اندرکنش و تأثیر ابعاد قدرت ملی بر یکدیگر مانند تأثیر بُعد اقتصادی بر بُعد نظامی، شرط مستقل بودن ابعاد منتفی است. ازاین‌رو، مدل‌سازی قدرت ملی با این میزان گستردگی در متغیرهای سیستم با استفاده از معادلات صریح ریاضی که اغلب جهت سنجش قدرت ملی مورد استفاده قرار می‌گیرد، امری بسیار دشوار می‌باشد و روش‌های ذکرشده دقت کافی ندارند.

ضرورت انجام این تحقیق از آن‌جهت است که به‌دلیل تحولات مستمر قدرت ملی و تهدیدات جهانی نیز پژوهشی مستمر، به‌روز و همه‌جانبه در سنجش قدرت ملی ضروری است. به‌علاوه ج.ا.ایران برای بازدارندگی و دفاع از امنیت و منافع خود، باید مدل دقیقی برای سنجش قدرت ملی و مقایسه قدرت ملی خود با دیگر کشورها داشته باشد.

این تحقیق تلاشی در جهت ارائه یک دیدگاه جدید با استفاده از روش‌های ریاضی پیشرفته در سنجش قدرت ملی است. برای حل مشکلات پیچیدگی سنجش و گسترده بودن ابعاد و متغیرهای قدرت ملی، در تحقیق حاضر سنجش قدرت ملی کشورهای هدف با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی که در فرایند یادگیری با روش‌های پیچیده ریاضی به‌نحوی وزن‌های سیناپسی را تغییر می‌دهد که بتواند با داده‌های ورودی، خروجی مناسب را تولید کند، انجام شده است. با این اوصاف، سؤالات تحقیق عبارت‌اند از:

(۱) آیا می‌توان قدرت ملی را با روش شبکه عصبی مصنوعی با دقت بالا مدل‌سازی کرد؟

(۲) ابعاد تعیین‌کننده قدرت ملی کدام‌اند؟

اهداف تحقیق حاضر به شرح زیر می‌باشند:

(۱) مدل‌سازی قدرت ملی با شبکه عصبی مصنوعی جهت درک بهتر و سنجش قدرت ملی و تأثیر تهدیدات بر قدرت ملی؛

(۲) کد نویسی و تهیه مدل قدرت ملی با استفاده از نرم‌افزار متلب؛

(۳) آنالیز حساسیت و تعیین اهمیت ابعاد نظامی، اقتصادی، سیاسی، علمی، اجتماعی، سرزمینی، فرهنگی، فرامرزی و فضائی در قدرت ملی کشورهای هدف.

۲. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی تحقیق

۲-۱. پیشینه تحقیق

مطالعات کتابخانه‌ای نشان می‌دهند مدل‌سازی و سنجش قدرت ملی همواره با مشکلاتی همراه بوده است. بعضی از محققان اعتقاد دارند قدرت را نمی‌توان دقیقاً اندازه‌گیری کرد؛ زیرا قدرت با توجه به دشمنان و با توجه به متغیرهایی مانند مکان و موقعیت اعمال قدرت، امری نسبی است. به‌علاوه ابعاد کیفی نظیر روحیه، عزم ملی یا وطن‌پرستی یا کیفیت رهبری را نمی‌توان تا سطح چند عدد کمی تنزل داد. در نقطه مقابل، بسیاری از محققان ضمن اعتقاد به مفید بودن سنجش قدرت ملی، تلاش‌هایی گسترده برای سنجش قدرت ملی انجام داده‌اند و با استفاده از پاره‌ای از ابعاد و متغیرها، میزان قدرت کشورها را سنجیده، مقایسه کرده و جایگاه کشورها و مناطق مختلف را در نظام بین‌المللی نشان داده‌اند (حافظ‌نیا و همکاران، ۱۳۹۹: ۴۰۳-۴۰۹؛ مرادیان و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۷۴-۱۷۹). در سنجش قدرت ملی دو روش تک متغیره و چند متغیره وجود دارد:

الف. روش تک متغیره بیشتر بر مبنای بُعد «نظامی» یا بُعد «اقتصادی» به سنجش قدرت ملی می‌پردازد.

ب. روش چند متغیره را می‌توان به دو دسته مدل‌های ریاضی و مدل‌های مفهومی تقسیم کرد؛

(۱) مدل‌های ریاضی شامل:

- مدل کلیفورد جرمن،
- مدل ویلهلم فوکس، مدل ری کلاین،

(۲) مدل‌های مفهومی شامل:

- مدل کلاوس نور،
- مدل دیوید سینگر،
- مدل وینه فریس،
- مدل ریچارد مویر،
- مدل آلکوک و نیوکمب،
- مدل سوئل کوهن،
- مدل تلیس و بیلی.

در ایران هم تلاش‌هایی جهت مدل‌سازی قدرت ملی صورت گرفته است. از بین مدل‌های ایرانی، می‌توان به مدل‌های زیر اشاره کرد:

- مدل هادی اعظمی،
- مدل حافظ‌نیا و زرقانی،
- مدل محسن مرادیان،
- مدل سنجش قدرت ملی کشورهای سند چشم‌انداز،
- مدل سنجش قدرت ملی کشورهای جهان اسلام (کیان‌خواه و همکاران، ۱۳۹۷: ۱۳۲-۱٤۰؛ رستمی، ۱۳۹۳: ۵۲-۷٤؛ سعادت‌راد و دهقان، ۱۳۹۵: ۲۰۳-۲۰٤).

۲-۲. مبانی نظری

۱-۲-۲. قدرت ملی

قدرت ملی توانایی و ظرفیت یک کشور برای استفاده از منابع مادی و معنوی خود با هدف اعمال اراده ملی و کسب اهداف و منافع ملی است. کشورها برای دستیابی به قدرت بیشتر، دائماً با هم رقابت می‌کنند و به دنبال کسب ظرفیت‌ها، فرصت‌ها و توانایی‌های جدید در جهت ارتقا موقعیت خود در نظام بین‌المللی هستند. قدرت ملی خصلتی پویا دارد و زمانمند و مکان‌مند بوده و دائماً در حال تغییر و تحول است (کریمی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷: ۲۰۳-۲۰۵؛ پرهان و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳-۱٦). «دیوید جابلنسکی»، «هانس مورگنتا»، «محمدرضا حافظ‌نیا» و دیگر محققان به بررسی ابعاد قدرت ملی پرداخته‌اند. حافظ‌نیا و زرقانی یکی از جامع‌ترین مطالعات در تعیین ابعاد قدرت و کمی‌سازی ابعاد و متغیرهای قدرت ملی را انجام داده‌اند و ابعاد نه‌گانه قدرت ملی را شامل ابعاد اقتصادی، اجتماعی، علمی، فرهنگی، فرامرزی، فضایی، نظامی، سرزمینی و سیاسی دانسته‌اند (حافظ‌نیا و همکاران، ۱۳۹۸: ۱٤۳-۱٤۸؛ زرقانی، ۱۳۸۸).

به‌طور کلی مهم‌ترین کاربرد قدرت ملی از دیدگاه صاحب‌نظران شامل استفاده از منابع مادی و معنوی کشور با هدف اعمال اراده ملی و کسب اهداف و منافع ملی، تأمین نیازهای کشور، بقا و توسعه کشور است. قدرت دفاعی و نظامی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی و مهم قدرت ملی شناخته می‌شوند و مقام معظم رهبری در طول دوران رهبری انقلاب اسلامی، نکات اصلی مربوط به این حوزه را بیان فرموده‌اند که بایستی سرلوحه کار فرماندهان و مسئولان قرار گیرد (محمدی فاتح و همکاران، ۱٤۰۰: ۲-٤).

ج.ا.ایران علی‌رغم ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های فراوان و بالقوه قدرت ملی، در بهره‌برداری از این ظرفیت‌ها و بالفعل کردن قدرت ملی خود با وضعیت مطلوب فاصله زیادی دارد و می‌بایست با اتخاذ استراتژی‌های مناسب، قدرت ملی خود را افزایش داده و منزلت ژئوپلیتیکی خود را بهبود

بخشد (حافظ‌نیا و همکاران، ۱٤۰۰: ۳). درک مناسب از موقعیت یک کشور در نظام بین‌المللی می‌تواند بر قدرت ملی و منافع ملی آن کشور تأثیرات زیادی داشته باشد. ج.ا.ایران باید بتواند با سیاست‌گذاری‌های صحیح و اتخاذ راهبردهای مناسب، در راستای ارتقای قدرت ملی خود تلاش کند (سیاری و همکاران، ۱٤۰۰: ۳).

قدرت‌های بزرگ با استفاده از امکانات بیشتر تلاش می‌کنند موقعیت خویش را در عرصه بین‌الملل حفظ کنند و مناقشات بین‌المللی را به سود خود تمام کنند، درحالی‌که قدرت‌های ضعیف‌تر ناگزیر هستند اهداف و منافع خود را با توجه به واقعیت‌های نظام بین‌المللی تنظیم کنند (گلدانی، ۱۳۹۸: ۱٤۰؛ ابوالحسنی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۵۱-۱۵۳). در نتیجه عدم وابستگی به قدرت‌های بزرگ و توجه به «استحکام ساخت درونی قدرت» در همه ابعاد ضروری است (سلیمی و شاه‌محمدی، ۱۳۹۹: ۲۹۷).

یکی از مهم‌ترین کاربردهای قدرت ملی، «تأمین امنیت ملی» است. به‌عبارتی؛ کشورهای قوی امنیت بیشتری دارند؛ زیرا قوانین و معیارهای بین‌المللی را خودشان تعیین می‌کنند، و از مناقشات بین‌المللی تأثیر کمتری می‌پذیرند. در مقابل، کشورهای ضعیف‌تر در نظام بین‌المللی با هرگونه خطای جزئی، خسارت سنگینی می‌پردازند و یا دچار آسیب می‌شوند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۳۷؛ یزدان‌پناه و همکاران، ۱۳۹۷: ٤۹؛ رمضانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰۸-۲۱۱).

۲-۲-۲. مدل‌سازی به روش شبکه عصبی مصنوعی

هدف از مدل‌سازی قدرت ملی، پیش‌بینی تغییرات قدرت ملی و مقایسه قدرت ملی با قدرت ملی کشورهای دیگر است. مدل‌سازی قدرت ملی با این میزان گستردگی در متغیرهای سیستم با استفاده از معادلات صریح ریاضی که اغلب جهت سنجش قدرت ملی مورد استفاده قرار می‌گیرد، امری بسیار دشوار است (عبادی‌زاده، ۱۳۹۸: ۳۰-۳۲).

شبکه‌های عصبی مصنوعی را می‌توان در حل مسائل پیچیده بکار برد؛ زیرا شبکه‌ی عصبی در فرایند یادگیری با روش‌های پیچیده ریاضی به نحوی وزن‌های سیناپسی را تغییر می‌دهد که بتواند با داده‌های ورودی، خروجی مناسب را تولید کند. یک شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه[1] شامل نورون‌های مصنوعی متصل به هم است که شامل یک لایه اول (پارامترهای مستقل)، یک یا چند لایه پنهان[2] و یک لایه خروجی[1] (پارامتر پاسخ) است.

1. Multilayer Perceptron
2. Hidden Layer

قدرت اتصالات با وزن مرتبط با آنها تعریف می‌شود. به‌طور معمول، یک لایه پنهان برای مدل‌سازی هر فرایند پیچیده با هر میزان دقت دلخواه، کافی است. تعداد نرون در لایه پنهان بستگی به پیچیدگی فرایند مدل‌سازی شده دارد و توسط سعی و خطا تعیین می‌شود.

برای انتخاب تعداد نورون‌های مناسب در لایه پنهان یک شبکه عصبی، در ادبیات تحقیق مقادیری از جمله n/۲، n، ۲n و ۲n + ۱، که n تعداد پارامترهای مستقل است، پیشنهاد شده است (منهاج، ۱۳۹۷: ۳۷). همان‌طور که در معادلات (۱)، (۲) و ۳ ارائه شده، معمولاً از توابع فعال‌سازی tansig و logsig در لایه پنهان و از تابع خطی[۲] در لایه خروجی استفاده می‌شود (منهاج،۱۳۹۷: ۳۸-۳۷).

$$\boldsymbol{tansig(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1} \qquad (۱)$$

$$\boldsymbol{logsig(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}} \qquad (۲)$$

$$\boldsymbol{purelin(x) = x} \qquad (۳)$$

۳-۲-۲. ارزیابی کارایی شبکه عصبی

هیچ خطای آماری به تنهایی برای ارزیابی عملکرد شبکه‌های عصبی کافی نیست. بنابراین، استفاده از خطاهای آماری مختلف در کنار یکدیگر توصیه شده است. «کارایی»[۳] شبکه‌های عصبی معمولاً بر اساس خطاهایی که در معادلات (٤)، (٥) و (٦) اشاره شده، از جمله موارد زیر ارزیابی می‌شود:

(۱) «میانگین مربعات خطا»[٤]،

(۲) «درصد میانگین مطلق خطا»[٥]،

(۳) «ریشه نرمال میانگین مربعات خطا»[٦]،

(٤) «ضریب رگرسیون R_2» (منهاج، ۱۳۹۷: ٤۲)

1. Output Layer
2. Purelin
3. Efficiency
4. Mean Squared Error (MSE)
5. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
6. Normalized Root Mean Squared Error (NRMSE)

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{act} - P_{pre})^2}{n} \quad (٤)$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{P_{pre}^{i} - P_{act}^{i}}{P_{act}^{i}}\right| \times 100 \quad (٥)$$

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{pre}^{i} - P_{act}^{i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(P_{act}^{i})^2}} \quad (٦)$$

که در آن Ppre مقدار پیش‌بینی شده[1] توسط شبکه عصبی و Pact مقدار واقعی[2] است. مدل مطلوب شبکه عصبی، مدلی با خطای نزدیک به صفر و ضریب رگرسیون R^2 نزدیک به یک است.

۴-۲-۲. اهمیت نسبی متغیرهای ورودی یا آنالیز حساسیت

اهمیت نسبی متغیرهای ورودی در پیش‌بینی قدرت ملی، با استفاده از وزن‌های مدل شبکه عصبی مصنوعی از معادله (۷) به دست می‌آید (منهاج، ۱۳۹۷: ٤٦):

$$I_j = \frac{\sum_{k=1}^{13}\left[\left(|W_{jk}^{ih}| / \sum_{j=1}^{4}|W_{jk}^{ih}|\right) \times |W_{k1}^{ho}|\right]}{\sum_{j=1}^{4}\left\{\sum_{k=1}^{13}\left[\left(|W_{jk}^{ih}| / \sum_{j=1}^{4}|W_{jk}^{ih}|\right) \times |W_{k1}^{ho}|\right]\right\}} \quad (٧)$$

در این معادله Ij اهمیت نسبی j امین متغیر ورودی در پیش‌بینی مقدار پاسخ است و Wih و Who وزن اتصال برای لایه‌های ورودی- مخفی و مخفی-خروجی هستند. زیرنویس‌های j و k به ترتیب نورون‌های ورودی و لایه‌های مخفی را نشان می‌دهند.

۳. روش‌شناسی تحقیق

ماهیت این تحقیق از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق کدنویسی الگوریتم «شبکه عصبی مصنوعی»[3] پرسپترون چندلایه[4] و مدل‌سازی ابعاد قدرت و قدرت ملی کشورهای هدف با استفاده

1. Predicted Values
2. Actual Values
3. Artificial Neural Network
4. Multilayer Perceptron

از نرم‌افزار متلب[1] می‌باشد. برای انجام این تحقیق، گردآوری اطلاعات به دو روش میدانی و کتابخانه‌ای انجام پذیرفته است. برای این کار، ادبیات موضوع و مطالعات میدانی قابل‌اعتماد انجام شده توسط دیگران، مورد بررسی قرار گرفته و سایر اطلاعات مورد نیاز از جستجو در منابع کتابخانه‌ای و اینترنتی به‌دست‌آمده است.

در روش میدانی بیشتر اطلاعات از راه پرسشنامه محقق ساخته گردآوری شده و پایایی پرسشنامه با روش تنصیف برابر ۸۹ درصد محاسبه گردید. جامعه آماری تحقیق به‌صورت تصادفی طبقاتی متناسب انتخاب شده و همان‌طور که در جدول (۱) ارائه شده، شامل اساتید دانشگاه با درجه استاد تمام، دانشیار، استادیار و مربی در تخصص‌های مرتبط نظامی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی بوده‌اند. حجم جامعه آماری با استفاده از فرمول کوکران برابر ۱۳۳ نفر به دست آمد.

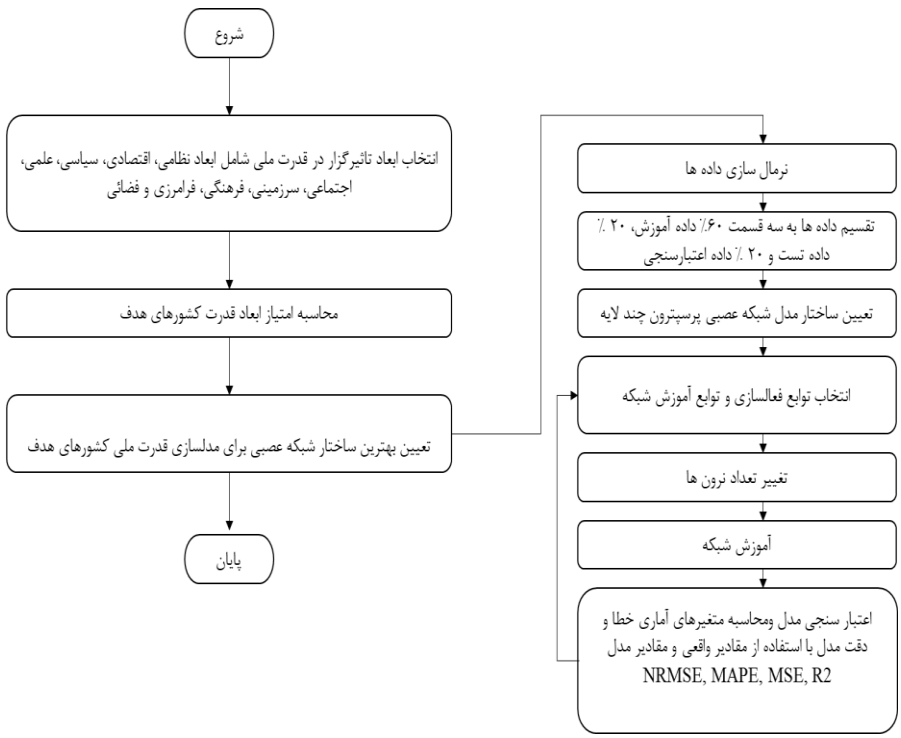
جدول شماره ۱. مشخصات جامعه نمونه

سنوات خدمت	بالای ۲۵ سال		۲۵-۲۰		۲۰-۱۵		زیر ۱۵ سال	
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
	۴۳	۳۲	۵۷	۴۳	۲۷	۲۰	۶	۵
مرتبه علمی	استاد تمام		دانشیار		استادیار		مربی	
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
	۵	۴	۱۳	۱۰	۳۹	۲۹	۷۶	۵۷
تخصص علمی	علوم نظامی		علوم اجتماعی		جغرافیای سیاسی		علوم اقتصادی	
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد
	۸۷	۶۵	۱۳	۱۰	۱۹	۱۴	۱۴	۱۱

اطلاعات به‌دست‌آمده با کدنویسی در نرم‌افزار متلب برای مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، ۹ متغیر شامل ابعاد نظامی، اقتصادی، سیاسی، علمی، اجتماعی، سرزمینی، فرهنگی، فرامرزی و فضائی مدل‌سازی شد. مراحل مدل‌سازی شامل کد نویسی در نرم‌افزار متلب، وارد کردن امتیازها به‌عنوان ورودی در مدل، فرایند طاقت‌فرسا و

1. Matlab Software

زمان‌بر آموزش ۸۰۰۰ شبکه عصبی با ساختار، تابع فعال‌سازی و تابع آموزش متفاوت و تعیین بهترین شبکه عصبی با محاسبه خطاهای آماری و ضریب رگرسیون بوده است. روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی در این تحقیق در نمودار (۱) نشان داده شده است.



نمودار شماره ۱. فلوچارت روش مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی تحقیق حاضر

۴. یافته‌ها و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

۴-۱. یافته‌های تحقیق

کشورهای هدف بر اساس مطالعات «سید هادی زرقانی» و بر اساس نظرات خبرگان انتخاب شده است. امتیاز ابعاد قدرت ملی کشورهای هدف در جدول (۲) ارائه شده است. کشورهای هدف عبارتند از:

(۱) همسایگان ج.ا.ایران،

(۲) کشورهای منطقه ژئوپلیتیک خلیج فارس،

(۳) کشورهای سند چشم‌انداز بیست‌ساله،

(٤) قدرت‌های برتر نظام بین‌المللی،

(۵) دیگر کشورهای دارای اهمیت به لحاظ ژئوپلیتیکی و روابط بین‌المللی برای ج.ا.ایران.

جدول شماره ۲. امتیازهای ابعاد قدرت ملی کشورهای هدف

کشور	اقتصادی	اجتماعی	علمی	فرهنگی	فرامرزی	فضایی	نظامی	سرزمینی	سیاسی	امتیاز پرسشنامه	امتیاز مدل شبکه عصبی
آمریکا	43.57	8.01	126.77	13.32	90.32	178.03	395.7	102.65	16.19	974.5	974.58
روسیه	10.58	5.13	26.84	8.49	36.64	45.9	196	83.28	8.65	411.1	411.20
چین	36.94	6.38	34.72	8.91	50.54	14.02	119.2	61.07	4.64	332.4	332.48
انگلستان	18.35	5.34	47.5	12.01	39.77	5.44	106.2	49.39	17.96	301.9	300.73
فرانسه	10.65	4.33	27.62	11.94	48.14	6.36	57.6	45.6	15.7	228	228.06
ژاپن	31.24	4.89	53.93	10.09	24.73	14.41	28.5	39.22	6.17	222.7	222.78
آلمان	13.34	5.62	50.05	9.87	28.16	2.67	31.8	41.08	17.3	199.9	199.95
استرالیا	9.89	4.87	19.17	6.09	16.96	2.2	11.3	67.51	18.39	156.4	156.46
کانادا	5.87	3.98	22.11	5.97	17.52	4.76	6.5	66.38	16.52	149.6	149.30
هند	9.59	5.16	17.27	8.44	9.77	5.81	32.14	46.28	9.64	145.4	145.48
اسپانیا	6.27	5.29	18.86	10.33	23.67	2.77	15.4	44.72	15.82	143.1	142.52
ایتالیا	8.76	5.79	21.53	9.28	22.69	2.2	17.1	41.93	12.82	142.1	142.18
برزیل	7.17	5.02	15.33	4.52	15.15	3.24	15.1	60.87	10.57	137	137.07
کره جنوبی	8.57	4.23	24.14	4.57	9.41	0.67	25.1	24.84	13.12	115.7	115.45
ترکیه	2.81	3.45	12.12	6.65	7.89	0.4	26.6	38.44	8.82	107.2	107.26
ایران	1.85	4.25	11.57	5.68	3.55	0.27	16	50.18	10.31	103.6	103.67
سوئیس	5.94	3.89	22.09	7.95	5.59	0	3.2	28.24	18.72	95.6	95.63
سنگاپور	8.31	3.58	20.03	3.22	7.72	0.13	8.5	15.45	17.38	84.3	84.32
مالزی	3.67	3.22	12.33	2.59	7.25	0.4	3.2	39.85	10.31	82.8	82.72
رژیم صهیونیستی	2.94	4.8	16.77	3.47	2.93	2.65	11.9	19.47	14.17	79.1	79.15
قزاقستان	0.53	3.22	3.24	1.67	2.6	0	2.4	57.1	5.42	76.2	76.26
پاکستان	1.23	2.99	3.68	2.03	7.35	0.92	25.3	26.11	6.53	76.1	76.16
عربستان	1.3	2.98	7.36	1.97	5.13	0.54	9	42.23	2.86	73.4	73.58
مصر	0.6	3.65	11.59	5.38	6.39	0.27	9.6	28.61	5.83	71.9	71.88
گرجستان	-0.57	3.32	5.03	2.19	1.26	0	0.6	34.55	7.82	54.2	53.91
امارات	1.58	4.53	3.59	1.66	6.19	0.27	2.8	24.79	6.47	51.9	52.23

کویت	0.87	3.52	3.97	2.58	3.34	0	2.9	21.87	6.88	46	46.06
ارمنستان	-0.06	4.28	3.05	1.79	0.56	0	2.4	24.31	9.43	45.7	45.76
عراق	-0.79	1.62	0.87	1.05	2.72	0	6	27.22	4.83	43.5	43.55
اردن	0.26	3.85	3.74	1.98	3.87	0	3.7	16.98	9.09	43.5	43.25
سوریه	-0.63	2.7	1.25	2.16	5.4	0	10.4	15.31	4.27	40.9	40.96
لبنان	0.48	3.35	3	2.7	2.23	0	2	17.36	8.34	39.5	39.44
آذربایجان	-0.13	3.26	2.41	1.68	1.59	0	2.4	21.88	5.23	38.3	38.41
عمان	-0.11	2.51	2.18	2.26	2.44	0	3.1	15.98	6.24	34.6	34.58
بحرین	0.3	3.96	2.38	1.54	2.54	0	2.4	12.57	7.91	33.6	33.66
قطر	0.09	2.99	1.36	1.73	2.43	0	2.4	15.69	5.67	32.4	32.51
یمن	-1.2	0.95	1.03	1.55	1.88	0	3	14.75	6.37	28.3	28.33
ترکمنستان	-1.4	2.71	1.2	1.81	0.91	0	2.3	16.12	-0.04	23.6	24.24

❖ امتیازات بُعد سیاسی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:

(۱) کارایی دولت،

(۲) میزان تجانس نژادی،

(۳) آزادی مدنی،

(٤) آزادی مطبوعات،

(۵) عضویت در پیمان‌های زیست‌محیطی،

(٦) عضویت در کنوانسیون‌های اصلی حقوق بشر،

(۷) فساد،

(۸) تعداد کودتاها،

(۹) تعداد پناهندگان در کشورهای دیگر،

(۱۰) حکومت‌گران انتخابی.

❖ امتیازات بُعد سرزمینی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:

(۱) تعداد بندرها و فرودگاه‌ها،

(۲) میزان دسترسی به آب‌های آزاد،

(۳) طول خطوط راه آهن،

(٤) ذخایر نفت،

(۵) پایداری محیط‌زیست،

(٦) درصد جاده‌های آسفالت،

(۷) تولید غذا،

(۸) معادن استراتژیک،
(۹) تولید برق آبی،
(۱۰) سرانه منابع آب،
(۱۱) وسعت سرزمین.

❖ امتیازات بُعد نظامی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:
(۱) تعداد پرسنل نیروهای مسلح،
(۲) هزینه‌های نظامی،
(۳) صادرات سلاح،
(٤) تعداد هواپیماهای جنگی،
(٥) تعداد زیردریایی‌ها،
(٦) تعداد پرسنل نیروی هوایی،
(۷) تعداد پرسنل نیروی دریایی،
(۸) هزینه‌های نظامی از مجموع جهانی.

❖ امتیازات بُعد فضایی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:
(۱) تعداد کل ماهواره‌ها،
(۲) تعداد ماهواره‌های نظامی،
(۳) تعداد ماهواره‌های ارتباطی-تحقیقاتی.

❖ امتیازات بُعد فرامرزی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:
(۱) تعداد شرکای تجاری صادراتی،
(۲) عضویت دائم در شورای امنیت سازمان ملل،
(۳) عضویت در سازمان‌ها و کنوانسیون‌های بین‌المللی،
(٤) تعداد مدال‌های المپیک،
(٥) تعداد پرواز هواپیماها،
(٦) میزان تلفن به خارج از کشور،
(۷) تعداد توریست وارد شده به کشور،

(۸) جمعیت متولد شده در خارج از کشور،
(۹) دفعات عضویت موقت در شورای امنیت سازمان ملل،
(۱۰) تعداد سالانه افراد مسافر به خارج از کشور.

❖ امتیازات بُعد فرهنگی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:
(۱) میزان مطالعه روزنامه،
(۲) قدمت کشور یا حکومت،
(۳) هزینه‌های آموزشی،
(٤) تعداد روزنامه‌ها به ازای هر هزار نفر،
(٥) تعداد اماکن باستانی و تاریخی مورد تأیید یونسکو،
(٦) تعداد تلویزیون به ازای هر هزار نفر،
(۷) نرخ بی‌سوادی در افراد بالای ۱۵ سال،
(۸) نرخ بی‌سوادی در زنان،
(۹) خبرگزاری‌های بین‌المللی،
(۱۰) تعداد رایانه شخصی به ازای هر هزار نفر.

❖ امتیازات بُعد علمی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:
(۱) تعداد محققین در تحقیق و توسعه،
(۲) تعداد تکنسین در تحقیق و توسعه،
(۳) شاخص دسترسی دیجیتال،
(٤) تعداد اختراعات بین‌المللی،
(٥) تعداد مقالات علمی-فنی در هر یک میلیون نفر،
(٦) تعداد مقالات ISI در یک دوره ۲۰ ساله،
(۷) تعداد مقالات نانو فناوری در مجلات ISI،
(۸) هزینه‌های تحقیق و توسعه،
(۹) سهم صنعت در تولید ناخالص داخلی،
(۱۰) سهم صادرات‌های تک از مجموع صادرات صنعتی،
(۱۱) میزان تولید برق هسته‌ای،

(۱۲) تعداد مجلات علمی ISI کشور.

❖ امتیازات بُعد اجتماعی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:

(۱) توسعه انسانی،

(۲) کل جمعیت،

(۳) امید به زندگی هنگام تولد،

(٤) درصد جمعیت جوان،

(۵) سرانه هزینه بهداشت،

(٦) تعداد پزشک به ازای هر صد هزار نفر،

(۷) برابری جنسی در آموزش،

(۸) نرخ مرگ‌ومیر مادران به ازای هر صد هزار تولد زنده،

(۹) نرخ مرگ‌ومیر نوزادان زیر ۵ سال در هر هزار تولد،

(۱۰) درصد جمعیت محروم از آب بهداشتی سالم از کل جمعیت،

(۱۱) درصد جمعیت برخوردار از خدمات بهداشتی.

❖ امتیازات بُعد اقتصادی بر مبنای شاخص‌های زیر محاسبه شده است:

(۱) درصد سهم کشور از GDP جهانی،

(۲) سرانه درآمد ناخالص ملی،

(۳) سرانه تولید ناخالص داخلی،

(٤) میزان جذب سرمایه‌گذاری خارجی،

(۵) آزادی اقتصادی،

(٦) ذخایر مالی بین‌المللی به میلیون دلار،

(۷) میانگین نرخ رشد سالانه تولید ناخالص داخلی،

(۸) تراز منفی تجاری،

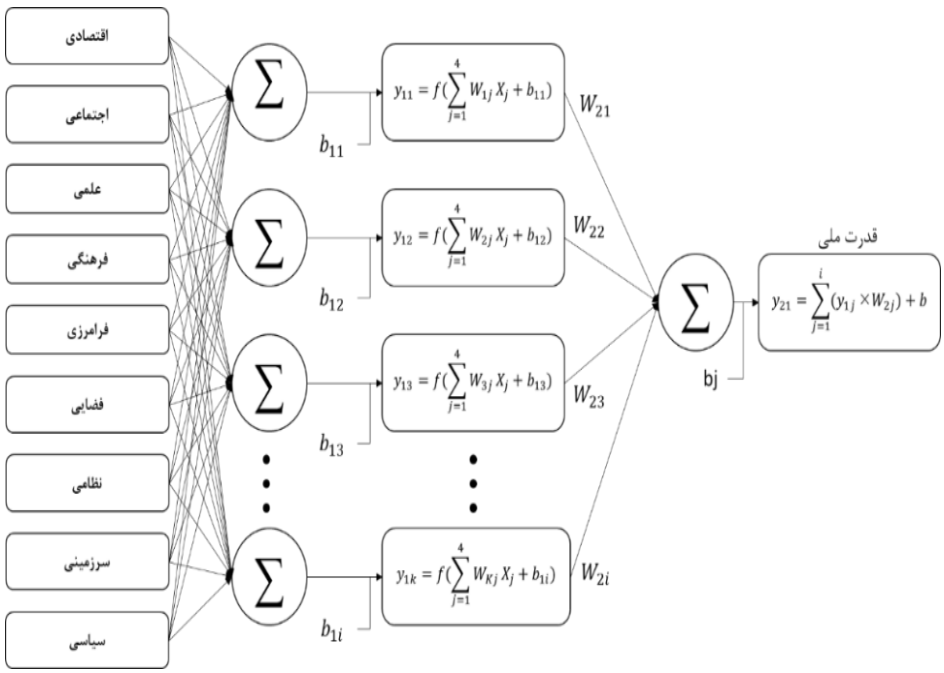
(۹) سهم واردات مواد غذایی از کل واردات،

(۱۰) سهم کالاهای صنعتی از مجموع صادرات،

(۱۱) میزان بیکاری.

۲-۴. تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

یک شبکه پرسپترون چند لایه با یک لایه پنهان[1] برای پیش‌بینی و مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف ایجاد شد که در آن ۹ پارامتر ورودی شامل ابعاد قدرت ملی یعنی؛ ابعاد اقتصادی، اجتماعی، علمی، فرهنگی، فرامرزی، فضایی، نظامی، سرزمینی و سیاسی بودند. برای یافتن بهترین ساختار شبکه عصبی، عملکرد ساختارهای گوناگون شبکه‌های عصبی ایجاد شده با تغییر متغیرهایی شامل «تابع فعال‌سازی»، «تابع آموزش» و «تعداد نرون‌های عصبی در لایه پنهان» و »کارایی» آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.



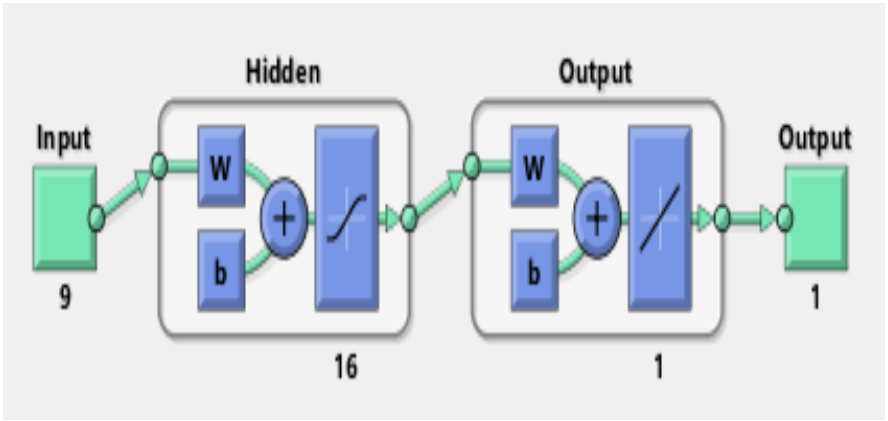
نمودار شماره ۲. شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه تحقیق حاضر

برای تعداد متغیر مستقل n (که در این تحقیق n=۹ است)، از بین مقادیر پیشنهاد شده در مطالعات پیشین شامل n/۲، n، ۲n و ۲n + ۱ که n تعداد پارامترهای مستقل است، به ترتیب اعداد ٤.٥، ۹، ۱۸ و ۱۹ به دست آمد. در نتیجه تعداد نرون‌های لایه پنهان در این تحقیق در بازه ۱ تا ۲۰ نرون انتخاب شد. برای هر ساختار شبکه عصبی شامل تابع فعال‌سازی و تابع آموزش، تعداد ۱ تا

1. Hidden Layer

۲۰ نورون آزمایش شد، هر نورون با ٤٠ تکرار آموزش شبکه با وزن‌های تصادفی اولیه آموزش داده شد. یعنی برای هر تابع آموزش[1]، ۸۰۰ شبکه عصبی آموزش داده شده و ذخیره شد. با احتساب ۱۰ تابع آموزش مورد استفاده که در جدول (۳) ذکر شده، در این تحقیق به‌طور کلی ۸۰۰۰ ساختار مختلف شبکه عصبی ذخیره شده و محاسبه خطاهای NRMSE و MAPE و ضریب رگرسیون R_2 برای آنها انجام شده است. ساختار شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون سه لایه تحقیق حاضر در نمودار (۲) نشان داده شده است.

در هریک از ردیف‌های جدول (۳)، از بین ۸۰۰ ساختار توسعه داده شده برای هر تابع فعال‌سازی و تابع آموزش و تعداد نرون‌های لایه پنهان، بهترین شبکه عصبی انتخاب گردیده است. در مجموع، بهترین شبکه به لحاظ کارایی، یعنی پایین بودن مقادیر NRMSE و MAPE و بالا بودن ضریب رگرسیون R_2، یک شبکه عصبی با تابع فعال‌سازی tansig، تابع آموزش LM و ١٦ نورون در لایه پنهان، یعنی همان‌طور که در نمودار (۳) نشان داده شده، ساختار شبکه (۱-١٦-۹) بود.



نمودار شماره ۳. ساختار بهترین شبکه عصبی توسعه داده شده در این تحقیق

همان‌طور که در جدول (۳) ارائه شده؛ مقادیر کارایی شبکه منتخب؛

(۱) در مرحله آموزش MAPE=0.00071، NRMSE=0.00006، R_2 =1.00000،

(۲) در مرحله تست MAPE=0.00579، NRMSE=0.00137، R_2 =0.99999،

1. Training Function

(۳) در مرحله اعتبارسنجی MAPE=0.00300، NRMSE=0.00124، R_2 =0.99997 بودند.

خطاهای آماری نزدیک به صفر و ضریب رگرسیون نزدیک به ۱ نشان می‌دهد که شبکه عصبی مصنوعی انتخاب شده قادر به پیش‌بینی و مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف با دقت بسیار بالا می‌باشد.

جدول شماره ۳. عملکرد شبکه‌های عصبی با ساختارهای مختلف در مراحل آموزش، تست و اعتبارسنجی

تابع فعال‌سازی	تابع آموزش	ساختار شبکه	مرحله آموزش			مرحله تست			مرحله اعتبار سنجی		
			NRMSE	MAPE	R^2	NRMSE	MAPE	R^2	NRMSE	MAPE	R^2
Tansig	LM[1]	9-16-1	0.00006	0.00071	1.000000	0.00137	0.00579	0.99999	0.00124	0.00300	0.99997
	BR[2]	9-8-1	0.00007	0.00088	1.000000	0.00404	0.00877	0.99972	0.00415	0.00904	0.99992
	GDM[3]	9-1-1	0.15612	1.79559	0.886865	0.28707	1.81802	0.99699	0.23516	1.29441	0.94338
	RP[4]	9-7-1	0.00634	0.07306	0.998963	0.03856	0.06829	0.99647	0.04003	0.16065	0.94777
	SCG[5]	9-8-1	0.00881	0.09741	0.997705	0.05251	0.19523	0.96108	0.02672	0.12117	0.98401
Logsig	LM	9-4-1	0.00002	0.00030	1.000000	0.00116	0.00316	0.99998	0.00188	0.00637	0.99994
	BR	9-10-1	0.00010	0.00131	1.000000	0.00175	0.00681	0.99999	0.00244	0.00729	0.99994
	GDM	9-5-1	0.17641	0.78047	0.663681	0.50067	1.05647	0.94854	0.09586	1.04560	0.98203
	RP	9-5-1	0.00399	0.04949	0.999939	0.02984	0.09297	0.98782	0.02609	0.08851	0.98089
	SCG	9-5-1	0.00767	0.11006	0.997984	0.02974	0.10950	0.97933	0.01611	0.09767	0.99601

وزن و بایاس لایه پنهان و لایه خروجی بهترین شبکه عصبی در جدول (٤) گزارش شده است.

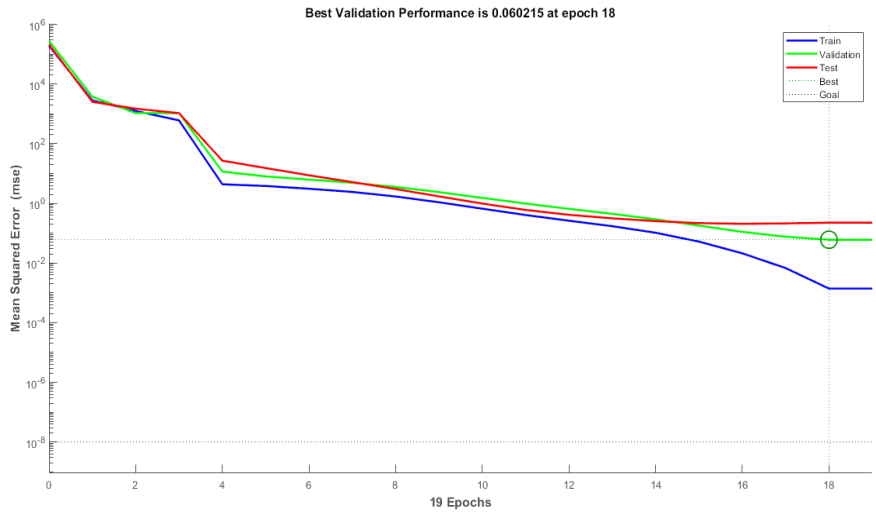
1. LM: Levenberg Marquardt.
2. BR: Bayesian Regulation.
3. GDM: Gradient Descent with Momentum.
4. RP: Resilient back-Propagation.
5. Scaled Conjugate Gradient.

جدول شماره ٤. وزن و بایاس بهترین شبکه عصبی تحقیق حاضر

	لایه پنهان i										لایه خروجی j	
	وزن‌ها w_i									بایاس	وزن ها	بایاس
	اقتصادی	اجتماعی	علمی	فرهنگی	فرامرزی	فضایی	نظامی	سرزمینی	سیاسی			
n	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	bi	wj	Bj
1	0.06442	0.10488	0.02566	0.10510	0.06220	-0.01573	-0.00749	0.13530	-0.10898	-0.16917	-0.09390	
2	-0.00303	0.03272	0.10141	-0.00239	-0.0561	0.14254	0.17721	-0.08786	0.02906	-0.14086	0.31666	
3	-0.02301	-0.04514	0.04614	0.06598	0.08038	0.00258	0.11951	0.08685	0.03307	0.15836	0.22953	
4	0.06553	0.04548	0.10063	0.03887	-0.02152	0.13725	-0.02303	-0.01682	-0.00563	-0.09857	0.16736	
5	-0.11061	0.13335	-0.10316	-0.13997	-0.07203	0.05635	0.30589	0.28839	0.00999	0.27227	0.35383	
6	-0.04289	0.04309	0.07514	-0.05234	-0.06375	0.04466	-0.01081	0.04836	0.02031	0.05085	0.00284	
7	-0.06054	0.00398	-0.17438	-0.00729	0.11620	-0.17471	-0.16634	0.09781	0.01940	0.03829	-0.37836	
8	0.06972	-0.07076	0.06032	0.01724	0.04867	-0.00877	0.05635	0.04832	0.02322	-0.02900	0.10072	
9	0.04950	-0.06487	-0.06649	-0.00733	-0.03546	0.037	-0.09361	-0.02893	-0.00613	-0.00626	-0.07703	
10	-0.23814	-0.02026	0.04066	-0.00236	-0.18086	0.02076	-0.06762	-0.0359	0.12172	-0.23219	-0.32685	
11	-0.05953	0.01586	-0.05468	-0.06237	-0.01751	0.03075	0.06057	0.09806	-0.09566	-0.06742	-0.06669	
12	0.09550	0.12257	-0.07461	0.06430	-0.2319	-0.07939	-0.17487	0.02571	-0.05049	0.07339	-0.35909	
13	0.04686	-0.0692	0.17748	-0.02606	0.06700	0.21183	0.04220	-0.07512	-0.04879	-0.11485	0.33000	
14	-0.00737	-0.05834	0.06428	0.02899	0.08688	0.05737	0.06860	-0.07259	0.03354	-0.11383	0.12105	
15	0.03957	0.10018	-0.05929	0.15440	0.01822	-0.02724	0.20701	0.16010	0.01444	0.38640	0.41514	
16	-0.002	-0.181	0.03853	0.00167	-0.009	0.00186	-0.063	-0.028	0.14552	0.17696	0.1157	-0.19416

	10	56			29		28	74			9	

در همه شبکه‌های عصبی توسعه‌یافته در این تحقیق از روش توقف زودهنگام[1] برای غلبه بر مشکل برازش بیش‌ازحد[2] استفاده شد؛ یعنی در حین فرایند آموزش شبکه‌های عصبی این تحقیق، میزان MSEval کنترل شده و آموزش شبکه عصبی زمانی که MSEval در پنج تکرار متوالی افزایش می‌یافت، متوقف شده و اطلاعات شبکه ذخیره شد. همان‌طور که در نمودار (٤) نشان داده شده، در مورد بهترین شبکه عصبی این تحقیق، MSEval تا تکرار ١٨ کاهش می‌یابد و با افزایش MSEval برای پنج تکرار متوالی، آموزش شبکه عصبی متوقف شده است.

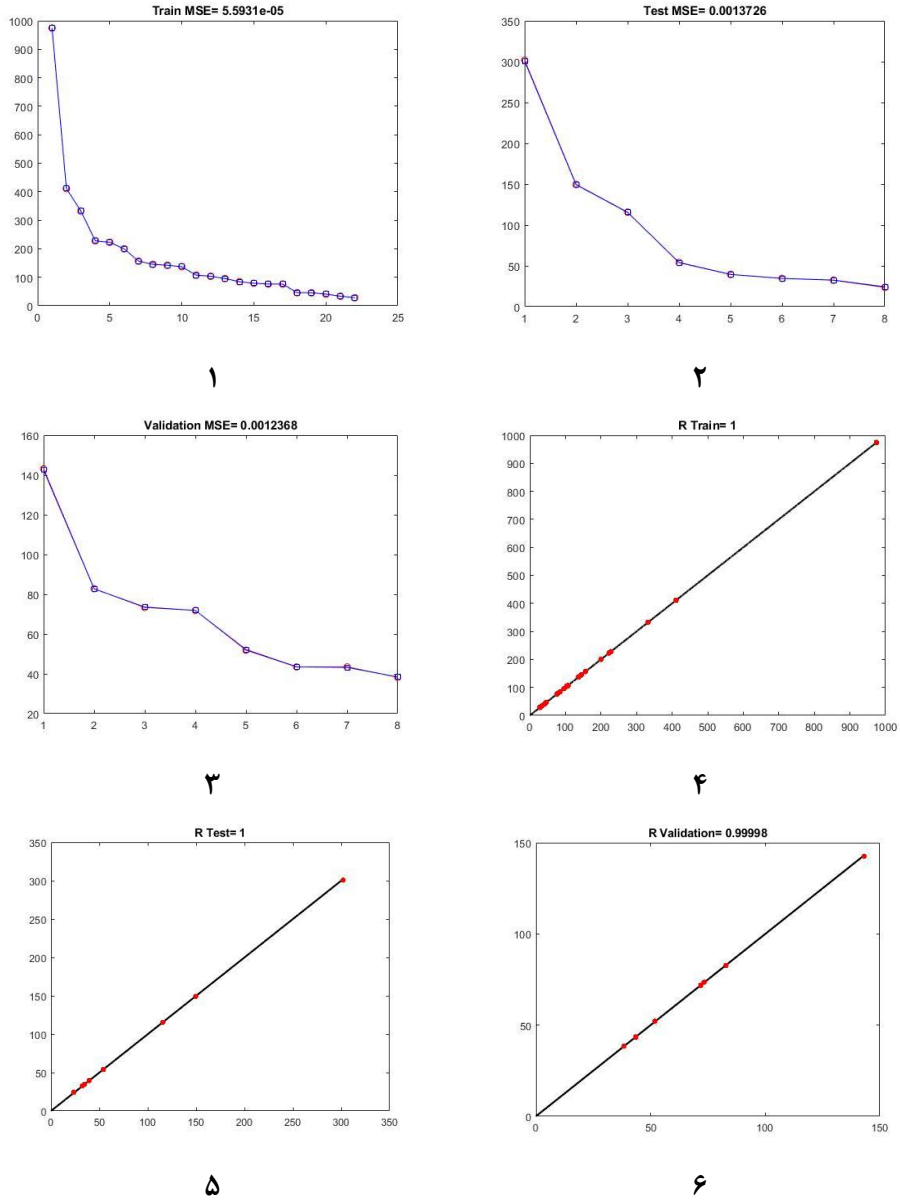


نمودار شماره ٤. فرایند آموزش بهترین شبکه عصبی تحقیق حاضر و استفاده از روش توقف زودهنگام

برای بهترین شبکه عصبی تحقیق حاضر، مقادیر MSEval و همچنین مقادیر ضریب رگرسیون R^2 در مراحل آموزش، تست و اعتبارسنجی در نمودار (٥) نشان داده شده است. نمودارهای ١-٥، ٢-٥ و ٣-٥ نشان می‌دهد در شبکه منتخب، در حین فرایند آموزش شبکه عصبی در مراحل آموزش، تست و اعتبارسنجی، مقادیر MSEval به‌طور مرتب کاهش یافتند که نشان‌دهنده آموزش مناسب شبکه عصبی منتخب در هر سه مرحله را تأیید می‌کند. نمودارهای ٤-٥، ٥-٥ و ٦-٥ نشان‌دهنده ضریب رگرسیون R_2 نزدیک ١ در هر سه مرحله آموزش، تست و

1. Early Stopping Method
2. Overfitting Problem

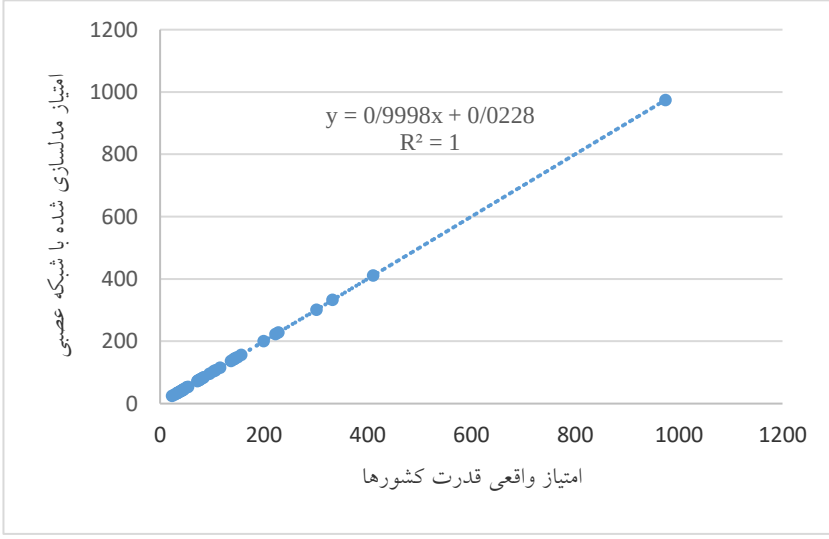
اعتبارسنجی است که تطابق کامل مدل با دیتاهای واقعی و درواقع دقت مدل‌سازی در تمام مراحل را تأیید می‌کند.



۱ ۲ ۳ ۴ ۵ ۶

نمودار شماره ۵. مقادیر بهترین شبکه عصبی ۱) MSE_{val} در مرحله آموزش ۲) MSE_{val} در مرحله تست ۳) MSE_{val} در مرحله اعتبارسنجی ٤) R^2 مرحله آموزش ٥) R^2 مرحله تست ٦) R^2 مرحله اعتبارسنجی

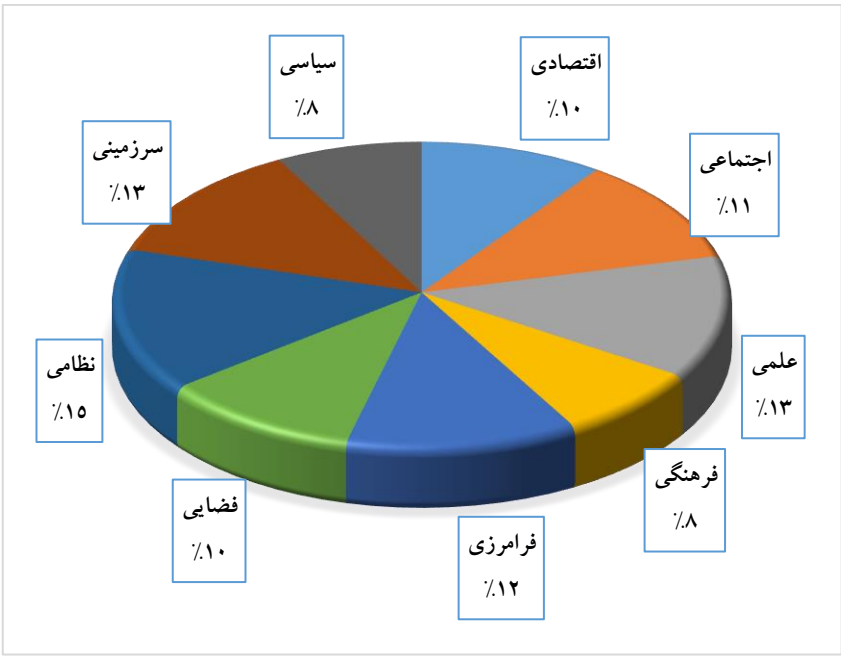
ارزیابی هرگونه همبستگی بین داده‌های تجربی و پیش‌بینی‌شده توسط نمودار پراکندگی انجام می‌شود. اگر نقاط روی یک خط راست قرار گیرند، همبستگی دو متغیر زیاد است، اگر شیب خط ترسیم‌شده نزدیک به ۱ باشد، خطای پیش‌بینی به حداقل می‌رسد و دقت مدل بالا است. همان‌طور که در نمودار (٦) نشان داده شده است، تفاوت بین شیب خط رگرسیون و خط هویت[1] (x=y) از نظر آماری قابل توجه نیست که نشان‌دهنده دقت بالای مدل شبکه عصبی منتخب در پیش‌بینی و مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف در این تحقیق است.



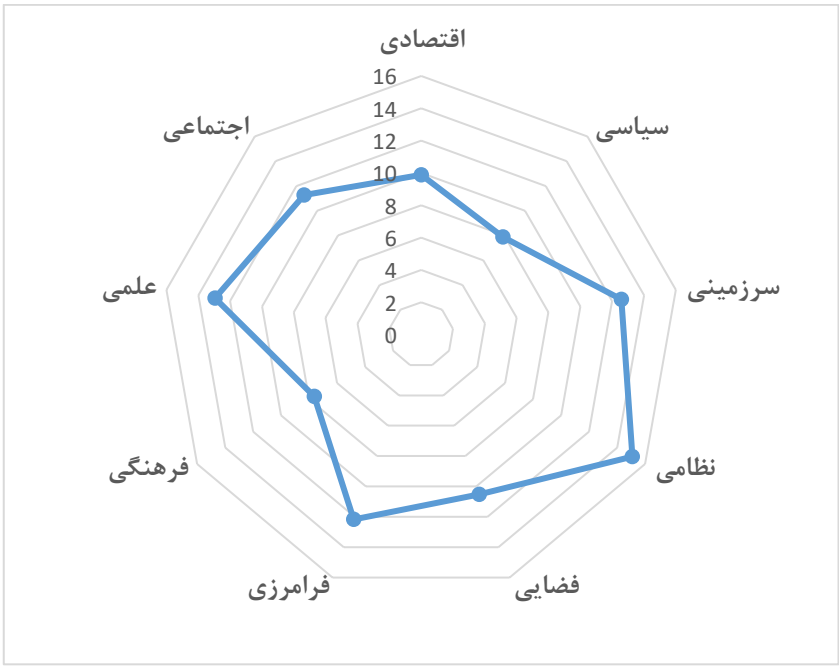
نمودار شماره ٦. امتیاز مدل شبکه عصبی مصنوعی در برابر امتیاز پرسشنامه

آنالیز حساسیت یا اهمیت نسبی ابعاد قدرت ملی در مدل پیشنهادی قدرت ملی، بر اساس معادله (۷) محاسبه شده و نتایج در نمودار (۷) نشان داده شده است. اهمیت نسبی ابعاد قدرت ملی تحقیق حاضر برابر مقادیر نظامی ۱۵٪، علمی ۱۳٪، سرزمینی ۱۳٪، فرامرزی ۱۲٪، اجتماعی ۱۱٪، اقتصادی ۱۰٪، فضایی ۱۰٪، سیاسی ۸٪، فرهنگی ۸٪ به دست آمد. بر طبق نتایج، بعد نظامی با ۱۵٪ بیشترین تأثیر را بر مدل قدرت ملی دارد.

1. Identity Line



۱



۲

نمودار شماره ۷: ۱) اهمیت نسبی ابعاد قدرت ملی ۲) نمودار رادار اهمیت ابعاد قدرت ملی

اگرچه شبکه‌های عصبی مصنوعی دقت بالایی در پیش‌بینی دارند، اما درک روش کار، فرایند و پیاده‌سازی آن پیچیده است. در نتیجه بهتر است معادله نهایی با یک فرمول ریاضی بیان شود. معادله ریاضی پیش‌بینی پاسخ، به‌صورت معادله (۸) بیان می‌شود. اگر این معادله را به فرم ماتریسی در آوریم، معادله (۹) را خواهیم داشت.

$$y_{pred} = f_{pureline}\{\sum_{j=1}^{m} w_j[f_{tansig}(\sum_{i=1}^{n} x_i w_i + b_i)] + b_j\} \quad (۸)$$

$$\text{قدرت ملی} = ([wi] \times [xi] + [bi]) \times [wj] + bj \quad (۹)$$

با جایگزاری مقادیر وزن‌ها و بایاس‌های شبکه عصبی منتخب تحقیق در معادله (۹)، معادله ریاضی نهایی قدرت ملی کشورهای هدف به شکل معادله (۱۰) خواهد بود.

قدرت ملی

0.06442	0.104883	0.025666	0.105103	0.062202	-0.01573	-0.00749	0.135303	-0.10898
-0.00303	0.032728	0.10141	-0.00239	-0.0561	0.142543	0.177218	-0.08786	0.029064
-0.02301	-0.04514	0.046142	0.065989	0.080385	0.002582	0.119519	0.086857	0.033077
0.065532	0.045483	0.100633	0.038873	-0.02152	0.137258	-0.02303	-0.01682	-0.00563
-0.11061	0.133352	-0.10316	-0.13997	-0.07203	0.056352	0.305896	0.288395	0.009996
-0.04289	0.043095	0.075142	-0.05234	-0.06375	0.044668	-0.01081	0.048362	0.020319
-0.06054	0.003982	-0.17438	-0.00729	0.116205	-0.17471	-0.16634	0.097817	0.019406
0.069721	-0.07076	0.060328	0.017242	0.048673	-0.00877	0.056355	0.04832	0.023222
0.049502	-0.06487	-0.06649	-0.00733	-0.03546	0.037	-0.09361	-0.02893	-0.00613
-0.23814	-0.02026	0.040664	-0.00236	-0.18086	0.020768	-0.06762	-0.0359	0.121727
-0.05953	0.015861	-0.05468	-0.06237	-0.01751	0.030753	0.060576	0.098065	-0.09566
0.095509	0.122575	-0.07461	0.064303	-0.2319	-0.07939	-0.17487	0.025717	-0.05049
0.046863	-0.0692	0.177488	-0.02606	0.067003	0.211837	0.042207	-0.07512	-0.04879
-0.00737	-0.05834	0.06428	0.028998	0.086888	0.057373	0.068601	-0.07259	0.03354
0.039578	0.100189	-0.05929	0.154405	0.018221	-0.02724	0.207011	0.160103	0.014442
-2.10E-02	-0.18156	0.03853	1.67E-02	-9.29E-02	1.86E-02	-0.06328	-0.02874	0.145521

×

$$\begin{bmatrix} \text{اقتصادی} \\ \text{اجتماعی} \\ \text{علمی} \\ \text{فرهنگی} \\ \text{فرامرزی} \\ \text{فضایی} \\ \text{نظامی} \\ \text{سرزمینی} \\ \text{سیاسی} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -0.16917 \\ -0.14086 \\ 0.15836 \\ -0.09857 \\ 0.27227 \\ 0.05085 \\ 0.03829 \\ -0.02900 \\ -0.00626 \\ -0.23219 \\ -0.06742 \\ 0.07339 \\ -0.11485 \\ -0.11383 \\ 0.38640 \\ 0.17696 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} -0.09390 \\ 0.31666 \\ 0.22953 \\ 0.16736 \\ 0.35383 \\ 0.00284 \\ -0.37836 \\ 0.10072 \\ -0.07703 \\ -0.32685 \\ -0.06669 \\ -0.35909 \\ 0.33000 \\ 0.12105 \\ 0.41514 \\ 0.11579 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0.19416 \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد

۵–۱. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، مدل‌سازی قدرت ملی کشورهای هدف با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی انجام شد. ابعاد قدرت ملی شامل ابعاد نظامی، اقتصادی، سیاسی، علمی، اجتماعی، سرزمینی، فرهنگی، فرامرزی و فضائی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد مدل شبکه عصبی بهینه این تحقیق، قدرت ملی کشورهای هدف را با دقت بسیار بالایی پیش‌بینی کرد.

مهم‌ترین نتیجه تحقیق حاضر ایجاد مدل شبکه عصبی مصنوعی قدرت ملی با دقت بسیار بالا می‌باشد. با استفاده از کد تهیه شده در نرم‌افزار متلب، می‌توانیم با اعمال تغییرات نظام بین‌الملل در مدل، قدرت ملی کشورها را با اطلاعات جدید و در هر زمان که خواستیم سنجش کنیم.

۲-۵. پیشنهاد

با توجه به اهمیت مدل‌سازی قدرت ملی، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

(۱) پیشنهاد می‌گردد محققان تحقیقاتی در زمینه مدل‌سازی شبکه عصبی به روش منطقی-فازی انجام دهند؛

(۲) به دلیل پیچیدگی سنجش و رتبه‌بندی قدرت ملی کشورها ناشی از تأثیر متغیرها و ابعاد قدرت ملی و اندرکنش بین آنها، پیشنهاد می‌گردد از سایر روش‌های محاسبات ریاضی پیشرفته در سنجش قدرت ملی کشورها استفاده شود و نتایج، با نتیجه تحقیق حاضر مقایسه شود.

(۳) پیشنهاد می‌گردد جهت بهینه‌یابی پاسخ، از الگوریتم‌های بهینه‌یابی مانند الگوریتم ژنتیک، الگوریتم PSO، الگوریتم رقابت استعماری و سایر الگوریتم‌های بهینه‌یابی به‌صورت Integrated در کد متلب استفاده شود.

(٤) براساس پویایی، زمانمند و مکان‌مند بودن قدرت ملی، سنجش قدرت ملی باید به‌صورت مداوم، با روش‌های به‌روز و با استفاده از متغیرهای استراتژیک متناسب با زمان کنونی انجام پذیرد و نتایج در اختیار تصمیم‌گیران قرار گیرد تا بر مبنای اطلاعات دقیق، بتوانند تصمیم‌گیری کنند.

منابع

الف– فارسی

- بوالحسنی، خسرو؛ کلانتری، فتح‌اله؛ سعادت‌راد، علیرضا؛ و جافری، محمد قربان (۱۳۹۵). «بررسی پارادایم امنیتی تهدید در مقابل تهدید»، ***فصلنامه علمی امنیت ملی***، ٦ (۲۰)، ۱٤۳–۱٦۵.
- پرهان، مهدی؛ کریمی، غلامرضا؛ قربانی شیخ‌نشین، ارسلان؛ و منوری، سید علی (۱۳۹۸). «همسویی ایدئولوژی و منافع ملی و روند قدرت‌یابی منطقه‌ای جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹٦–۱۳٦۸)»، ***فصلنامه تحقیقات سیاسی و بین‌المللی***، ۱۱ (٤۰)، ۱–۲۵.
- حافظ‌نیا، محمدرضا؛ متقی، منوچهر؛ بوالحسنی، خسرو؛ و روشنی، رضا (۱۳۹۸). «دغدغه‌های ژئوپلیتیکی مشترک و مؤثر بر روابط جمهوری اسلامی ایران و چین»، ***مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ۹ (۳٤)، ۱۱٦–۱۹۱.
- حافظ‌نیا، محمدرضا؛ صالح‌آبادی، ریحانه؛ زرقانی، هادی؛ و احمدی، سیروس (۱۳۹۹). «محاسبه شاخص‌های اصلی و فرعی قدرت اجتماعی تأثیرگذار بر قدرت ملی کشورها و مقایسه وضعیت ایران با سایر کشورها»، ***دو فصلنامه دانش سیاسی***، ۱۵ (۲)، ۳۸۹–٤۱٦.
- حافظ‌نیا، محمدرضا؛ احمدی نوحدانی، سیروس؛ و نوری روستای، مهدی (۱٤۰۰). «بررسی نقش موقعیت گذرگاهی در قدرت ملی، مورد مطالعه: کشور ایران»، ***فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای سیاسی***، ۲ (٦)، ۱۰٦–۸٦.
- حسین‌زاده، محمدصالح؛ بیات، بهرام؛ و نوابخش، مهرداد (۱۳۹۸). «تحلیل جامعه‌شناختی نقش و کارکرد اجتماعی نخبگان سیاسی (قدرت) در ارتقاء امنیت ملی جمهوری اسلامی ایران»، ***مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ۸ (۳۱)، ۱۲۱–۱٤۳.
- رستمی، ابراهیم (۱۳۹۳). ***تحلیل عناصر قدرت از منظر مکتب رئالیسم با تأکید بر نظریه هانس مورگنتا***. تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، چاپ نشده.
- رمضانی، کاظم؛ رومینا، ابراهیم؛ علیزاده، عمران؛ و سرور، رحیم (۱۳۹۸). «تأثیر تهدیدات زیست‌محیطی بر امنیت ملی (مطالعه موردی: کرانه‌های جنوبی دریای خزر)»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ۸ (۳۱)، ۲۰۱–۲۲۳.
- زرقانی، هادی (۱۳۸۸). ***مقدمه‌ای بر قدرت ملی، مبانی، کارکردها، محاسبه و سنجش***. تهران: انتشارات پژوهشکده مطالعات راهبردی.

- سعادت‌راد، علیرضا؛ دهقان، حسین (١٣٩٥). «تبیین مهم‌ترین چالش‌های فراروی سیاست‌گذاری دفاعی جمهوری اسلامی ایران»، ***فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک***، ١٤ (٦٦)، ١٩٥-٢١٦.
- سلیمی، حسین؛ شاه‌محمدی، محمد (١٣٩٩). «استحکام ساخت درونی قدرت نظام ج.ا.ا با نگاه امنیتی (با تأکید بر امنیت سیاسی)»، ***فصلنامه علمی امنیت ملی***، ١٠ (٣٧)، ٢٧٩-٣١٤.
- سیاری، سروش؛ مطهرنیا، مهدی (١٤٠٠). «بررسی تأثیر ظرفیت‌های ژئوپلیتیکی سواحل مکران بر ارتقای قدرت دریایی جمهوری اسلامی ایران»، ***فصلنامه علمی آموزش علوم دریایی***، ٨ (٢٦)، ١٨٠-١٦٤.
- عبادی‌زاده، حجت‌الله (١٣٩٨). «شبیه‌سازی ریاضی تعاملات و استراتژی‌های جمهوری اسلامی ایران و عربستان سعودی به کمک نظریه بازی‌ها»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ٩ (٣٥)، ٣٥-٥٦.
- کریمی‌پور، یدالله؛ ربیعی، حسین؛ مجتهدزاده، پیروز؛ و ضرغامی، ابراهیم (١٣٩٧). «استراتژی دریایی و قدرت ملی (رویکردی نو به استراتژی دریایی)»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ٨ (٣٣)، ٢١٢-١٨٩.
- کیان‌خواه، احسان؛ ساری، حسین (١٣٩٧). «شناخت عوامل سازنده جهاد علمی منجر به استحکام ساخت درونی قدرت ملی»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ٨ (٣٠)، ١٢١-١٤٨.
- گلدانی، مهدی (١٣٩٨). «تبیین الگوی رفتار بهینه ج. ا. ایران در رویارویی با امریکا»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ٩ (٣٧)، ١١٤-١٤٢.
- محمدی فاتح، اصغر؛ کریمی، حمید (١٤٠٠). «طراحی الگوی اندیشه مقام معظم فرماندهی کل قوا(حفظه‌الله‌تعالی) درباره آمادگی دفاعی نیروهای مسلح»، ***فصلنامه مطالعات بین‌رشته‌ای دانش راهبردی***، ١١ (٤٣)، ٩٦-٦٩.
- مرادیان، محسن؛ هادی‌نژاد، فرهاد؛ و پورمنافی، ابوالفضل (١٣٩٧). «ارائه الگویی برای ارزیابی و تحلیل قدرت نظامی کشورها». ***فصلنامه علمی راهبرد دفاعی***، ١٦ (٤)، ١٦٩-٢٠٠.
- منهاج، محمدباقر (١٣٩٧). ***مبانی شبکه‌های عصبی***. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- یزدان‌پناه، کیومرث؛ صفوی، سید یحیی؛ قالیباف، محمدباقر؛ پیشگاهی‌فرد، زهرا؛ و شامانی، یاسر (١٣٩٧). «محاسبه قدرت نظامی با استفاده از فرمول‌های قدرت ملی کشورها»، ***فصلنامه سیاست دفاعی***، ٢٦ (١٠٢)، ٤٣-٦٩.