

مدل سازی پیش بینی گردشگری ورودی به ایران با استفاده از روش های ARIMA و شبکه های عصبی فازی

محمدرضا فرزین*

امیر افسر**

تقی اکبرپور***

علی اکبرپور****

چکیده

صنعت گردشگری به عنوان یک صنعت پاک و اشتغالزا، در سالهای اخیر جزء درآمدزاترین صنایع جهان بوده و همواره مورد توجه سیاستها و برنامه‌های توسعه گرانه می‌باشد. دولت‌ها و بخش‌های خصوصی در سطوح کلان تا خرد جهت توسعه و بقا در بخش گردشگری نیازمند پیش‌بینی تقاضا در این بخش می‌باشند. هر چند که اکثر مطالعات انجام گرفته جهت پیش‌بینی تقاضا در گردشگری از روش‌های کمی استفاده کرده‌اند ولی رویکردها و روش‌های کمی و کیفی گوناگونی برای این امر پیشنهاد و استفاده شده‌اند. در مطالعات پیشین به ویژه با توجه به معرفی نسبتاً جدید رویکردهای شبکه‌های عصبی و شبکه‌های عصبی فازی، روش‌های هوش مصنوعی، کمتر در پیش‌بینی در بخش گردشگری مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مطالعه حاضر قصد دارد میزان تقاضای گردشگری ورودی به ایران را از طریق مدل پیشنهادی شبکه‌های عصبی فازی پیش‌بینی کند و صحت و دقت عملکرد این روش را با روش ARIMA مقایسه کند. این مطالعه پس از تعیین و اولویت بندی مهمترین عوامل تاثیرگذار بر تابع تقاضای گردشگری ورودی به ایران و تعیین معماری شبکه‌های عصبی فازی به این نتیجه دست یافت که در تمامی معیارهای ارزیابی عملکرد پیش‌بینی، روش مدل شبکه‌های عصبی فازی بر ARIMA برتری دارد. واژگان کلیدی: پیش‌بینی تقاضا، گردشگری ورودی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، شبکه‌های عصبی فازی.

* دانشیار گروه مدیریت جهانگردی، دانشگاه علامه طباطبایی، نویسنده مسؤول b_farzin@yahoo.com

** استادیار دانشکده مدیریت، دانشگاه قم

*** دانشجوی دکتری مدیریت دولتی، دانشگاه تهران

**** کارشناس ارشد مدیریت جهانگردی، دانشگاه علامه طباطبایی

مقدمه

صنعت گردشگری امروزه به عنوان پول سازترین و پاک‌ترین صنعت در بهره برداری از منابع طبیعی محسوب می‌گردد. به طوری که در بسیاری از کشورها پایانه اصلی اقتصاد بر این اساس پایه گذاری شده است و حتی در برخی از کشورهای نفت خیز، درآمد حاصل از گردشگری جایگزین درآمد نفت شده است چراکه در دیدگاه کلی، آمار و ارقام حاصل از درآمد گردشگری در سطح جهانی، چشم انداز روشنی را برای آینده این صنعت ترسیم و حکایت از رونق روزافزون این صنعت در جهان دارد. به طوری که طبق آمار سازمان جهانی گردشگری (UNWTO) در سال ۲۰۰۸ درآمد حاصل از گردشگری بین‌المللی رقمی معادل ۹۴۴ میلیارد دلار بوده، و این رقم در سال ۲۰۲۰ به مرز ۲۰۰۰ میلیارد دلار خواهد رسید. کشور ایران تا به حال سهم بایسته‌ای از این صنعت بزرگ نداشته است ولی در چشم انداز بیست ساله ایران پیش‌بینی شده است که تا سال ۲۰۲۰، کشور ایران به رقم سالانه بیست میلیون گردشگر خارجی در سال دست یابد. رفته رفته و با رشد تقاضای گردشگری جهانی و به تبع آن، رشد تقاضا برای کشور ایران، توسعه یک پیش‌بینی منطقی و علمی به منظور نیل به اهداف ذیل، احساس می‌شود. صنایع گردشگری و آنهایی که به دنبال موفقیت در کمک به ارتقاء سطح رفاه اقتصادی و اجتماعی شهروندی می‌باشند نیاز دارند که ریسک تصمیماتشان را کاهش دهند. یک روش برای کاهش این ریسک از طریق تشخیص و درک واضح تر رویدادها و محیط آینده می‌باشد. یکی از مهمترین این رویدادها در صنعت گردشگری هر کشور، میزان تقاضا برای یک محصول یا مقصد گردشگری می‌باشد. البته، همه صنایع به اینچنین کاهش ریسکی علاقه مندند. با این وجود، این نیاز ممکن است که به دلیل ماهیت و ویژگی های صنعت و فعالیت های گردشگری، برای صنایع گردشگری نسبت به صنایع عرضه کننده دیگر محصولات و خدمات، مبرم تر و حادث تر باشد.

دشواری های خاص پیش بینی تقاضای گردشگری

ماهیت تقاضای گردشگری تعدادی از چالش‌ها را پیش روی پیش‌بینی کننده قرار می‌دهد که در رابطه با دیگر صنایع مطرح نیستند (فرچلینگ، ۲۰۰۱)؛

۱. داده‌های تاریخی اغلب وجود ندارند؛ اکثر روش‌های پیش‌بینی به حداقل پنج یا ده سال داده برای پیش‌بینی نیاز دارند. با این حال تنها تعداد بسیار کمی از شهرها و مقاصد

از چنین سری‌هایی برخوردار می‌باشند. نسخه کامپیوتری آمار گردشگری^۱ سال ۱۹۹۹ سازمان جهانی گردشگری تاییدی بر این مدعاست که از ۱۷۳ کشور بررسی شده، ۱۳ کشور حتی میزان سالانه ورودی گردشگر بین‌المللی را نیز موجود نداشتند و ۳۱ کشور از آن‌ها سری داده از دریافتی‌های گردشگری نداشته‌اند و ۴۸ مورد از آن‌ها هزینه‌های سالانه گردشگری را به طور سالانه پیش‌بینی نکرده‌اند و نیمی از آن‌ها میزان خروجی‌ها، تعداد بازدید کنندگان شب-خواب را نیز موجود نداشتند.

۲. تقاضای گردشگری می‌تواند بسیار متغیر و بی‌ثبات باشد؛ حجم بازدید کنندگان در فصول مختلف و در طول دوره‌های سالانه نوسان دارد و اغلب از پراکندگی و نوسان بالایی برخوردار می‌باشد. هر چه سطح نوسانات و تغییرات در فعالیت بیشتر باشد تشخیص الگوهایی که بتواند به پیش‌بینی کمک کند دشوارتر می‌باشد.

۳. تقاضای گردشگری به تأثیرات سوانح فاجعه آفرین حساس است؛ بخشی از تغییرات بلند مدت تقاضای گردشگری به دلیل گستره‌ای از شوک‌های ناشی از رویدادهای بیرونی به سیستم گردشگری می‌باشد. کمبود جهانی سوخت در سال‌های ۴-۱۹۷۳ و ۸۰-۱۹۷۹، گردشگری بین‌المللی و داخلی را در بسیاری از کشورها به انزوا فرو برد. جنگ خلیج در سال ۱۹۹۱ تأثیر بسیار نامطلوبی روی گردشگری بین‌المللی داشت. گردبادها، زلزله‌ها، سیل‌ها و اپیدمی‌ها نیز در بسیاری از نقاط جهان گردشگری را ویران کرده است. در آمریکا، گزارش‌های جرم و جنایت بر ضد بازدید کنندگان خارجی به فلوریدا، تعداد گردشگران ورودی از آلمان و سوئد را تا یک سوم در سال ۱۹۹۴ نسبت به سال قبل از آن کاهش داد. و حمله جنگ طلبان مسلمان به بازدید کنندگان در مصر باعث کاهش بیست درصدی گردشگری در سال ۱۹۹۳ شد. این موارد رویدادهای دوره‌ای و گاه و بیگاهی هستند که پیش‌بینی آن‌ها عملاً ناممکن است و تأثیرات بالقوه آن‌ها روی گردشگری حتی مبهم تر نیز می‌باشد. با این وجود پیش‌بینی کننده باید سعی کند که با همه آن‌ها به طور صحیحی روبرو شود.

۴. رفتار گردشگری پیچیده است؛ مصرف کنندگان به دلایل بسیار متعددی به مسافرت می‌پردازند؛ تمدد اعصاب، بازدید از دوستان و آشنایان، تماشای مسابقات ورزشی، شرکت در مسابقات ورزشی، تفریحات بیرون از خانه، دیدن مناظر، سلامت، زیارت مذهبی، و غیره. افراد تجاری جهت تماس‌های فروش، شرکت در ملاقات‌های

سازمانی، شرکت در کنفرانس‌ها و همایش‌ها، بازرسی تاسیسات و تجهیزات، لابی کردن با سران دولتی، ارایه کنفرانس‌های مطبوعاتی، انجام ماموریت‌های تجاری، و دیگر اهداف. علاوه بر این، همان کسی که امروز برای تجارت مسافرت کرده است، می‌تواند برای فردا برای سفر تفریحی خانواده اش برنامه ریزی کند ولی با انگیزه‌ها و منابع بسیار متفاوت. هر یک از این اهداف ممکن است که الگوهای متفاوتی را در طول زمان نشان دهد و تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار بگیرد. چنانچه تمام اهداف مسافرت در یک سری تقاضای گردشگری یکی و یکپارچه شود، الگوهای متضاد ممکن است که باعث جلوگیری از تعیین بهترین مدل‌های پیش‌بینی شوند و مانع حصول معتبرترین پیش‌بینی‌ها شوند. برای مثال، مطالعه‌ای از روش‌های گوناگون پیش‌بینی بازدیدکننده‌های ورودی‌های بین‌المللی در نیوزیلند به نتایج معتبرتری دست یافت وقتی که سری‌های تعطیلات، بازدید از دوستان و آشنايان، تجاری و دیگر اهداف مسافرت به صورت تفکیک شده در نظر گرفته شدند و پیش‌بینی سری‌های متفاوت به طور مستقل انجام گرفت.

سیر روش‌شناسی روش‌های کلاسیک و هوش مصنوعی

روش باکس - جنکینز

علیرغم اجماع بر نیاز به توسعه پیش‌بینی‌های صحیح و تشخیص مزایای مرتبط با آنها، هیچ مدلی وجود ندارد که به تنهایی در عرصه اعتبار پیش‌بینی برجسته باشد (لا و او^۱، ۱۹۹۹؛ ویت و ویت^۲، ۱۹۹۰، ۱۹۹۲، ۱۹۹۵). در این زمینه، یکی از پرکاربردترین روش‌ها در سری‌های زمانی، متدولوژی باکس-جنکینز که در سال ۱۹۷۶ توسط این دو نفر به ادبیات پیش‌بینی معرفی شد (باکس و جنکینز^۳، ۱۹۷۶) می‌باشد. این روش بر اساس برازش نوع خاصی از مدل آماری خطی به نام "میانگین متحرک رگرسیون خودکار تلفیقی (ARIMA)"^۴، می‌باشد. یکی از مشکلاتی که توسعه و پیاده‌سازی این نوع مدل سری‌های زمانی را دشوار می‌سازد این است که ضرایب متغیرها باید صریحا و با قطعیت

-
1. Law & Au
 2. Witt & Witt
 3. Box & Jenkins
 4. Autoregressive Integrated Moving Average

مشخص شوند و برای داده‌ها باید به طور فرضی توزیع احتمال خاصی را مشخص نمود (هانسن و همکاران^۱، ۱۹۹۹).

روش‌های هوش مصنوعی

علاوه بر مدل‌های سری‌های زمانی و مدل‌های اقتصادسنجی، تعدادی از روش‌های جدید پیش‌بینی کمی که اغلب از تکنیک‌های هوش مصنوعی (AI)^۲ بهره می‌گیرند، در ادبیات پیش‌بینی تقاضای گردشگری ظهور پیدا کرده‌اند. هوش مصنوعی به عنوان یک موضوع تحقیقاتی در زمینه‌ها و رشته‌های متنوعی در سال‌های اخیر رشد زیادی را تجربه کرده است. در گذشته، هوش مصنوعی از تکنیک‌های مشتق شده از سیستم‌های قانون محور و برنامه ریزی منطقی بهره می‌برد در حالی که توجه کنونی بر روی روش‌های ابتکاری و اکتشافی با جامعیت کمتر از قبیل الگوریتم‌های ژنتیک، منطق فازی، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۳ و ماشین‌های بردار پوششی^۴ تمرکز یافته است. عمده ترین مزیت تکنیک‌های هوش مصنوعی این است که این تکنیک به هیچ اطلاعات اولیه و یا اضافی درباره داده‌ها از قبیل چگونگی توزیع و یا احتمال آن‌ها نیازی ندارد. تکنیک‌های هوش مصنوعی در چندین مطالعه اخیر در زمینه پیش‌بینی تقاضای گردشگری اعمال شده‌اند (سانگ و تورنر، ۲۰۰۶).

روش شبکه‌های عصبی مصنوعی یک تکنیک محاسباتی است که تلاش می‌کند فرایند یادگیری مغز انسان را تقلید کند. ویژگی‌های منحصر بفرد شبکه‌های عصبی مصنوعی از قبیل قابلیت تطابق با داده‌های ناقص، غیرخطی بودن و مهارت در برازش تابع باعث شده است که این روش، به یک جایگزین مناسب برای مدل‌های پیش‌بینی رگرسیونی کلاسیک تبدیل شود. روش شبکه‌های عصبی مصنوعی اولین بار در دهه ۱۹۹۰ به عرصه پیش‌بینی در گردشگری معرفی شد. برخی از شبکه‌های عصبی مصنوعی بهبود داده شده در ادبیات پس از سال ۲۰۰۰ نیز دنبال شدند (سانگ و لی، ۲۰۰۶). کن و تورنر^۵ (۲۰۰۵)، یک مطالعه مروری در زمینه کاربردهای این روش در گردشگری انجام دادند. شواهد عملی نشان می‌دهند که شبکه‌های عصبی مصنوعی عموماً عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های سری‌های

1. Hansen, McDonald & Nelson
2. Artificial Intelligence
3. Artificial Neural Networks (ANN)
4. Support Vector Machine(s)
5. Kon and Turner

زمانی کلاسیک و مدل‌های رگرسیون چند متغیره در پیش‌بینی گردشگری دارند. برای مثال بورگر، دونال، کاترادا و لاو^۱ در سال ۲۰۰۱ نشان دادند که روش شبکه‌های عصبی مصنوعی بهترین عملکرد را در بین مدل‌های ساده، تجزیه و تفکیکی، هموار سازی نمایی، ARIMA، رگرسیون چند متغیره و رگرسیون ژنتیک دارد. یافته‌های مشابهی نیز توسط تحقیقات چو^۲ (۲۰۰۳) به دست آمد که نشان می‌داد مدل شبکه عصبی عملکرد بهتری نسبت به روش هموارسازی نمایی و مدل‌های ARIMA در مدلسازی و پیش‌بینی تقاضا برای گردشگری هنگ کنگ دارد. کن و تورنر در سال ۲۰۰۵ نشان دادند که روش شبکه‌های عصبی عملکرد بهتری نسبت به سری‌های زمانی ساختاری اولیه^۳، مدل‌های ساده و هولت وینترز در پیش‌بینی تقاضای گردشگری درون مرزی برای کشور سنگاپور دارد. علیرغم عملکرد رضایت بخش در پیش‌بینی، شبکه‌های عصبی مصنوعی از یک راه و روش نظام مند جهت ساخت مدل برخوردار نمی‌باشند و یک مدل پیش‌بینی معتبر و قابل اتکا در این زمینه معمولاً از طریق روش آزمون و خطا به دست می‌آید (کن و تورنر، ۲۰۰۵؛ پالمر، خوزه مونتانو و سی سی، ۲۰۰۶).

شبکه‌های عصبی مصنوعی در زمینه‌های گوناگونی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و در زمینه تحلیل داده‌های گردشگری، پیشگام بوده‌اند (چاندرا و منتزس^۴، ۲۰۰۱). بنابراین، مدل‌های شبکه‌های عصبی اخیراً در موضوعات گوناگون دیگر تحقیقات گردشگری از قبیل پیش‌بینی تقاضا و رفتار مصرف کننده (بورگر و همکاران^۵، ۲۰۰۱) و بخش بندی بازار و تحلیل موقعیت یابی^۶ (بلوم^۷، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵؛ دلنیکار و فلوکر^۸، ۲۰۰۳) نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

این مطالعات بر علاقه و تمایل فزاینده برای استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به منظور نمایش فعالیت‌های شناختی و ادراکی پیچیده و غیرخطی که اغلب در مدیریت گردشگری مورد بررسی قرار می‌گیرند دلالت دارد (مورلی^۹، ۲۰۰۰). با این وجود، به دلیل معرفی نسبتاً جدید شبکه‌های عصبی در گردشگری، تعداد مقاله‌های چاپ شده که به

-
1. Burger Dohnal Kathrada and Law
 2. Cho
 3. Basic Structural Time Series
 4. Chandra & Menezes
 5. Burger, Dohnal, Kathrada & Law
 6. Positioning Analysis
 7. Bloom
 8. Dolnicar & Fluker
 9. Morley

روشنی، روش شناسی معتبری را برای مدل سازی داده‌های گردشگری از طریق شبکه‌های عصبی مصنوعی ارائه دهد، نسبت به دیگر روش‌های آماری، همچنان انگشت شمار می‌باشد (اویسال و الروبی^۱، ۱۹۹۹). از طرفی دیگر، شبکه‌های عصبی به دلیل قابلیت انعطاف پذیری، فاقد روشی نظام مند برای مدل سازی می‌باشند. بنابراین اتخاذ یک مدل عصبی معتبر، شامل انتخاب تعداد زیادی از پارامترهایی می‌شود که از طریق روش آزمون و خطا به دست آمده‌اند.

شبکه های عصبی فازی

انواع مختلفی از شبکه های عصبی مصنوعی با توجه به اهداف تحقیق می توانند مورد استفاده قرار بگیرند که یکی از معروف ترین آنها، شبکه عصبی چند لایه پیش خور^۲ (MFNN) می باشد. شبکه عصبی چند لایه پیش خور، مثالی از شبکه عصبی آموزش داده شده با استفاده از ناظر است. بر طبق مطالعات اخیر^۳ بیش از پنجاه درصد مطالعات کاربردی بازرگانی شبکه عصبی گزارش شده، از شبکه های عصبی چند لایه پیش خور (MFNNها) با قوانین الگوریتم یادگیری پس انتشار استفاده کرده اند. این نوع شبکه عصبی به دلیل کاربردهای گسترده در بسیاری از ابعاد مسائل مربوط به مدیریت، مانند پیش بینی اصولی، طبقه بندی و مدلسازی، بسیار محبوب است. MFNN برای حل مسائلی که شامل یادگیری ارتباط بین یک مجموعه ورودی های و خروجی های مشخص هستند، مناسب می باشد که در حقیقت یک تکنیک آموزش با ناظر برای یادگیری ارتباطهای بین داده ها با استفاده از مجموعه داده های آموزش است (منهاج، ۱۳۷۹).

شبکه های عصبی از ورودی ها، ضرایب سیناپسی، مجموعه ای از نرون ها و خروجی - ها تشکیل می شود. فرض کنید بردار ورودی های $[X_1, X_2, \dots, X_n]^T$ به نرون j شوند و ضرایب سیناپسی آنها به ترتیب برابر $W_{1j}, W_{2j}, \dots, W_{nj}$ باشد. این ضرایب گرچه در بیشتر اوقات به صورت ضرایب ثابت اسکالر در نظر گرفته شده اند، اما می توان آنها را به عنوان تابعی از ورودی مربوطه در نظر گرفت. در این حالت، ضرایب سیناپسی به صورت $W_{1j}(X_1), \dots, W_{nj}(X_n)$ نشان داده می شود. هم چنین در حالت کلی می توان ورودی -

1. Uysal & El Roubi
2. Multilayered Feedforward Neural Network
3. Wong et al. (2000)

های نرون j را به صورت بردار $[d_{1j}, \dots, d_{nj}]$ در نظر گرفت به طوری که $d_{1j} = W_{1j}(X_i)$ باشد.

اگر سطح فعالیت نرون (برآیند ورودی های نرون) از یک مقدار آستانه ای T بیشتر باشد، خروجی نرون فعال خواهد شد. نحوه محاسبه برآیند ورودی ها در شبکه های عصبی فازی از اهمیت ویژه ای برخوردار است و با توجه به نحوه محاسبه آنها، با انواع مختلفی از شبکه های عصبی فازی مواجه خواهیم شد. اگر تعداد ورودی های نرون برابر n باشد، برآیند ورودی ها به طور کلی به صورت زیر نمایش داده می شود:

$$I_j = \sum_{i=1}^n d_{ij}$$

و بالاخره خروجی نرون j با استفاده از تابع تبدیل ϕ محاسبه خواهد شد. خروجی نرون عصبی j ام (Y_j) به طور کلی به صورت زیر است:

$$Y_j = \phi_j[I_j, T_j]$$

الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا^۱ بدین صورت است که برای یک الگوی ورودی داده شده، شبکه یک خروجی Z_k (یا مجموعه ای از خروجی ها) را ایجاد می کند و این واکنش را با واکنش مطلوب هر عصب d_k مقایسه می کند. این مقدار برای مسایل پیش بینی، مقداری پیوسته می باشد. وزن های شبکه سپس برای صحیح شدن یا کاهش خطا اصلاح می شوند و الگوی بعدی نمایان می شود. اصلاح وزن ها به طور پیوسته در این روال تا زمانی که کل خطاها از سطح تolerانس از پیش تعیین شده کمتر شود، ادامه می یابد.^۲ دلیل اینکه تاثیر این به روز رسانی ورودی های به صورت تدریجی مجذور میانگین خطا (MSE) را به حداقل می رساند، این است که تمامی الگوهای ورودی، متکی بر این حقیقت هستند که الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا، گردادیان نزولی در تابع خطا دارد.

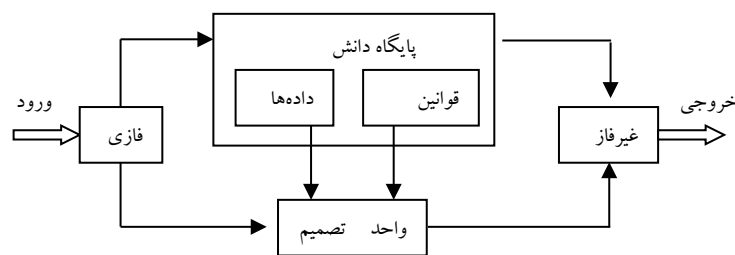
به طور کلی، شبکه های عصبی مصنوعی برای مقصودی که ما از آن استفاده می کنیم، توانایی بالایی در توسعه یک مدل منطقی ندارد. از سوی دیگر، مدل سازی فازی برای کاربرد ادغام تصمیمات از متغیرهای متفاوت، نیازمند یک رویکرد جهت یادگیری از تجربیات (داده های جمع آوری شده) است. شبکه های عصبی مصنوعی و مدل فازی در

1. Backpropagation
2. Wrebos (1974); Le Cun (1985); Parker (1985)

بسیاری از زمینه های کاربردی استفاده شده اند و هر کدام آنها دارای محاسن و معایبی هستند. بنابراین، ترکیب موفقیت آمیز این دو دیدگاه، مدلسازی شبکه های عصبی مصنوعی و فازی، موضوع مطالعات آتی قرار گرفته است.

در میان روش های مدلسازی نوین، سیستم های فازی جایگاه ویژه ای را کسب نموده اند. این امر را می توان معلول توانایی پیاده سازی دانش بشری با استفاده از مفهوم برجسب های زبانی و قواعد فازی، غیرخطی بودن و قابلیت تطبیق پذیری این نوع سیستم ها دانست. به طور خلاصه، یک سیستم فازی یک سیستم مبتنی بر قواعد منطقی اگر-آنگاه است. نقطه شروع ساخت یک سیستم فازی به دست آوردن مجموعه ای از قواعد اگر-آنگاه فازی از دانش فرد خبره یا دانش حوزه مورد نظر است. به دست آوردن این قواعد مهمترین و سخت ترین مرحله کار است. چراکه نیازمند دانش بالای فرد متخصص و پیاده سازی صحیح آن است. داشتن روشی که در کنار دانش بشری بتوان از اطلاعات عددی موجود برای ساخت قواعد استفاده کرد نیز می تواند در این مرحله بسیار مفید باشد.

در این نوع عبارات شرطی، بخش نتیجه یک عبارت ریاضی بوده و یک عبارت زبانی نیست. هر دو نوع عبارات فوق در سیستم های فازی به وفور یافت می شوند و کاربردهای خاص خود را دارند. همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، یک سیستم فازی از ۵ بخش مجزا تشکیل شده است (شکل ۲).



شکل ۲: ساختار کلی یک سیستم فازی

به این صورت موفق به پیاده سازی یک سیستم فازی شده ایم که قابلیت یادگیری داشته باشد. بنابراین قادر خواهیم بود که خطای مقادیر خروجی را با استفاده از روش کمترین مجموع مربعات خطا به دست آوریم. با ترکیب این روش و روش پس انتشار خطا به یک روش آموزش ترکیبی دست پیدا نموده ایم که به این صورت عمل می کند؛ در هر

دوره آموزش، هنگام حرکت رو به جلو خروجی های گره ها به صورت عادی تا لایه آخر محاسبه می شوند و سپس پارامترهای نتیجه توسط روش کمترین مجموع مربعات خطا محاسبه می شوند. در ادامه پس از محاسبه خطا در بازگشت رو به عقب نسبت خطا بر روی پارامترهای شرط پخش شده و با استفاده از روش شیب نزولی خطا مقدار آن ها تصحیح می شود.

ساختار نرون فازی همانند نرون فضای قطعی است با این تفاوت که همه یا بعضی از اجزاء و پارامترهای آن در قالب منطق فازی بیان می شوند. برای تبدیل یک نرون معمولی به نرون فازی راه های مختلفی وجود دارد که استفاده از آنها ما را به انواع مختلفی از نرون های فازی می رساند. در یک نرون فازی بردار ورودی $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]^T \in R^n$ در فضای $[0,1]^n$ تعریف می شود. این بردار از علائم فازی که تابع عضویت آنها در محدود $[0,1]$ تعریف می گردد تشکیل شده است. ورودی ها پس از اعمال تغییرات توسط ضرایب، به صورت ورودی خالص وارد نرون می گردند. تغییر ورودی ها در اثر ضرایب به انواع مختلفی ممکن است. این تغییر می تواند به صورت ضرب معمولی و نیز می تواند به شکل ماکزیمم ورودی و ضریب مربوطه باشد.

برآیند ورودی های نرون را می توان با استفاده از عملگرهای (\wedge) Min و (\wedge) Max محاسبه کرد. به عنوان مثال:

$$I_j = \bigwedge_{i=1}^n d_{ij} = \bigwedge_{i=1}^n X_i W_{ij}$$

مفهوم نرون فازی را می توان چنین تصور کرد که هر نرون فازی نمایشی است از یک متغیر زبانی مانند متوسط^۱، کم^۲ و غیره. بنابراین خروجی نرون (y_j) بیانگر یک تابع عضویت است یعنی درجه تعلق بردار ورودی $[X_1, X_2, \dots, X_n]^T$ را به یک مقوله زبانی نشان می دهد.

ادبیات تحقیق

تحقیقات زیادی در زمینه پیش بینی گردشگری ورودی به مقاصد گردشگری در سطوح خرد و کلان در سطح جهان انجام گرفته است. روش های مدلسازی و پیش بینی

تقاضای گردشگری را می‌توان به طور کلی به دو دسته تقسیم کرد: روش‌های کیفی و روش‌های کمی. سانگ و تورنر^۱ (۲۰۰۶) در مطالعه شان به این نتیجه رسیدند که اکثریت مطالعات منتشر شده از روش‌های کمی جهت پیش‌بینی تقاضای گردشگری استفاده کرده‌اند. ادبیات پیش‌بینی کمی با دو زیر گروه از روش‌ها غالب شده است: مدل‌های سری‌های زمانی غیر علی و رویکردهای اقتصادسنجی علی. تفاوت بین آن‌ها در این موضوع است که آیا مدل پیش‌بینی هیچ رابطه علی را در بین متغیر تقاضای گردشگری و عوامل تأثیر گذار بر آن شناسایی می‌کند یا خیر. در مطالعه سانگ و تورنر، تعداد ۱۲۱ مطالعه انجام شده پس از سال ۲۰۰۰ تا سال ۲۰۰۶ در موضوع پیش‌بینی تقاضای گردشگری مورد مرور قرار گرفتند که فهرست آن‌ها در ذیل می‌آید. به جز در دو مطالعه پریدو، لاوز و فاکنر^۲ (۲۰۰۳) و شوارتز و کوهن^۳ (۲۰۰۴) در همه آن‌ها از تکنیک‌های پیش‌بینی کمی استفاده شده است. از این ۱۲۱ مطالعه، ۷۲ عدد از آن‌ها از تکنیک‌های سری‌های زمانی جهت مدلسازی تقاضا برای گردشگری بهره برده‌اند. ۶۸ مورد از آن‌ها یا پیش‌بینی به اعتبار گذشته و یا پیش‌بینی به اعتبار آینده تولید کرده‌اند و فقط ۴ مورد از آن‌ها هیچ نوع پیش‌بینی به دست نداده‌اند. در این بین، گستره وسیعی از مدل‌های اقتصادسنجی در ۷۱ مطالعه حضور پیدا کرده‌اند. از میان آنها، ۳۰ مطالعه بر روی شناسایی روابط موجود بین تقاضای گردشگری و عوامل تأثیر گذار بر آن تمرکز کرده‌اند. در حالی که ۴۱ مورد به ارزشیابی عملکرد پیش‌بینی مدل‌های اقتصادسنجی و همچنین شناسایی روابط علی پرداخته‌اند. در میان این ۷۱ مطالعه که از مدل‌های اقتصادسنجی بهره برده‌اند، بیش از ۷۱ مورد از آن‌ها هم از رویکردهای سری‌های زمانی و هم از رویکردهای اقتصادسنجی در تخمین مدل‌های تقاضای گردشگری بهره برده‌اند و سپس، عملکرد پیش‌بینی این مدل‌ها را با یکدیگر مقایسه کرده‌اند. علاوه بر مطالعاتی که از تکنیک‌های سری‌های زمانی و اقتصادسنجی استفاده کرده‌اند، ۱۱ مطالعه نیز از دیگر تکنیک‌های پیش‌بینی بهره برده‌اند، تکنیک‌هایی که اغلب در رده روش‌های هوش مصنوعی قرار می‌گیرند. در مقایسه با مطالعات صورت گرفته تا قبل از سال ۲۰۰۰، روش‌شناسی‌های پیش‌بینی در هزاره جدید متنوع تر بوده‌اند (سانگ و لی، ۲۰۰۶).

1. Song and Turner
2. Prideaux Laws & Faulkner
3. Schwartz & Cohen

از مطالعات انجام گرفته با استفاده از روش های هوش مصنوعی می توان به مطالعاتی چون لو و آیو^۱ (۱۹۹۹) مطالعه‌ای با عنوان "یک مدل شبکه عصبی جهت پیش‌بینی تقاضای ژاپنی‌ها برای مسافرت به هنگ کنگ"، چو^۲ (۲۰۰۳) مطالعه‌ای با عنوان "مقایسه سه رویکرد مختلف جهت پیش‌بینی ورودی‌های گردشگری"، وانگ^۳ (۲۰۰۴) مطالعه‌ای با عنوان "پیش‌بینی تقاضای گردشگری با استفاده از سری‌های زمانی فازی و hybrid grey theory"، پالمر و همکاران^۴ (۲۰۰۶) مطالعه‌ای با عنوان "طراحی یک شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی گردشگری" اشاره کرد. این تحقیقات هر کدام یا به نوعی از روش های شبکه های عصبی و یا منطق فازی بهره برده اند ولی تنها مطالعه یافت شده که از روش ترکیبی شبکه های عصبی فازی جهت پیش بینی تقاضای گردشگری استفاده کرده است پایان نامه دکتر پیریمان فرناندو^۵ (۲۰۰۵) تحت عنوان پیش بینی عصبی فازی ورودی های گردشگری می باشد که میزان تقاضا را با استفاده از روش های مختلف کلاسیک، اقتصاد سنجی و هوش مصنوعی برای مقصد گردشگری ژاپن پیش بینی کرده است.

در تحقیقات پیشین انجام گرفته در ایران بیشترین مدل های استفاده شده از روش های اقتصادسنجی (نوری، ۱۳۷۵؛ موسایی، ۱۳۷۹؛ کاوه ثیان، ۱۳۸۱؛ رسولی، ۱۳۸۱؛ خسرو آبادی، ۱۳۸۵؛ الیاس پور، ۱۳۸۵؛ صفایی، ۱۳۸۶) و اندکی نیز از روش های کلاسیک شامل روش های باکس جنکینز یا ARIMA، تحلیل روند و روش های هموارسازی نمایی (حبیبی، ۱۳۸۱؛ عبدی آلاذگه، ۱۳۸۲) جهت پیش بینی گردشگری ورودی به ایران استفاده کرده اند و از نوع تحلیل های واریانس-اتوکواریانس و همبستگی و به طور کلی تحلیل های علی بوده اند. و تنها مطالعه ای که از روش های هوش مصنوعی در ایران جهت پیش بینی تقاضای گردشگری انجام گرفته است مطالعه عبدی آلاذگه (۱۳۸۲) می باشد که از روش های شبکه های عصبی و رگرسیون فازی به طور جداگانه جهت پیش بینی استفاده کرده است. هدف مطالعه عبدی آلاذگه روش هایی نو همچون مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی و رگرسیون فازی برای پیش‌بینی تقاضای گردشگری خارجی ایران و مقایسه این روش‌ها با مدل سری زمانی خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته بود. برای این منظور،

-
1. Law & Au
 2. Cho
 3. Wang
 4. Palmer, Jose and Sese
 5. Hubert Preman Fernando

او از داده‌های تعداد گردشگران وارده به ایران طی دوره ۱۳۸۰-۱۳۳۸ استفاده کرد. مدل تقاضای گردشگری خارجی با استفاده از سه روش فوق برآورد گردید. در رابطه با روش خود رگرسیون میانگین متحرک انباشته، او به این نتیجه رسید که تقاضای گردشگری خارجی ایران از یک فرایند خودرگرسیون پیروی می‌کند، لذا این مدل به صورت ARIMA بدست آمد. مدل رگرسیون فازی نیز در دو حالت با ضرایب متقارن و نامتقارن برآورد گردید. او همچنین ملاحظه کرد که در رابطه با مدل شبکه عصبی، شبکه ای با معماری ۱-۶-۴ یعنی چهار گره در لایه ورودی، شش گره در لایه میانی و یک گره در لایه خروجی قادر است که تقاضای گردشگری خارجی ایران را به خوبی پیش‌بینی نماید. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی نسبت به دو مدل دیگر عملکرد بهتری داشته است. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که رگرسیون فازی با ضرایب نامتقارن نسبت به رگرسیون فازی با ضرایب متقارن و روش ARIMA دارای عملکرد بهتری در پیش‌بینی می‌باشد.

بررسی تجربی پیش بینی تقاضای گردشگری ورودی

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر شیوه گردآوری اطلاعات تحقیق توصیفی از نوع همبستگی است. جامعه آماری این تحقیق شامل کلیه گردشگران وارد شده به ایران از طریق هر یک از مرزهای رسمی کشور می‌باشد. جامعه آماری با توجه به هدف بررسی و نوع واحد مورد مشاهده می‌تواند به گونه‌های مختلف تعریف شود. با توجه به تعریف جامعه آماری مشخص می‌شود که قلمرو مکانی این تحقیق کشور ایران و همچنین قلمرو زمانی آن از سال ۶۸ تا سال ۸۸ می‌باشد.

در این تحقیق دوازده کشور مبدا عمده گردشگرفرست به ایران که نزدیک ۸۳ درصد گردشگری ورودی به ایران را تامین می‌کنند به عنوان نمونه تحقیق تحت بررسی قرار گرفته اند. این کشورها به ترتیب عبارتند از: آلمان، هلند، ایتالیا، فرانسه، ترکیه، ژاپن، بلژیک، سوئیس، انگلیس، استرالیا، اسپانیا، آمریکا.

تحلیل‌های آماری این تحقیق از طریق برون‌داد نرم افزار SPSS و سپس MATLAB و تحلیل محقق از این خروجی نرم افزار و با توجه به مطالعات پیشین و نتایج به دست آمده تشریح می‌شود.

در این فصل، ابتدا فهرست تعیین گره‌های ممکن تقاضای گردشگری به ایران انتخاب می‌شوند و سپس داده‌های سالانه آن‌ها در بازه زمانی بیست و پنج ساله از سال ۱۳۶۴ تا ۱۳۸۸ به صورت سری زمانی سالانه، برای پیش‌بینی تعداد گردشگران ورودی به ایران از منابع مختلف آماری معتبر گردآوری شده و پس از چندین مرحله فیلترینگ، تعیین گره‌های نهایی به مدل اصلی وارد شده و از طریق روش رگرسیون، روش شبکه‌های عصبی و نهایتاً روش شبکه‌های عصبی فازی پیش‌بینی انجام می‌شود و مقادیر مرتبط با معیارهای اندازه‌گیری عملکرد و خطای هر یک از روش‌ها به دنبال می‌آید.

انتخاب متغیر وابسته و متغیرهای مستقل

پس از بررسی مدل‌های مختلف پیشنهادی توسط محققان مختلف در بخش ادبیات موضوع و همچنین مدل‌های استفاده شده توسط محققان بخش پیشین، متغیر وابسته، تعداد گردشگر ورودی به ایران از سال ۱۳۶۴ تا سال ۱۳۸۸ انتخاب شد و مجموع ۳۹ تعیین‌گر تقاضای گردشگری به عنوان متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر روی تقاضای گردشگری ورودی به ایران استخراج شد و سری‌های زمانی ۲۵ ساله آن‌ها از منابع داخلی و خارجی مختلف جمع‌آوری شد. این متغیرها در جدول ۱ لیست شده‌اند.

جدول ۱: فهرست متغیرهای مستقل تأثیرگذار بر روی تقاضای گردشگری ورودی به ایران

مطالعات پیشینی که این متغیرهای مستقل از آنها استخراج شده‌اند	متغیر مستقل	ردیف
نوری (۱۳۷۵)، موسایی (۱۳۷۹)، کاوه‌ئیان (۱۳۸۱)، رسولی (۱۳۸۱)، حبیبی (۱۳۸۱)، خسروآبادی (۱۳۸۵)، الیاسپور (۱۳۸۵)، صفایی (۱۳۸۶)، ویت-ویت (۱۹۹۲)، مانوئلاکاراپتو (۱۹۹۸)، ایکوز، واروکوزاک (۱۹۹۸)، لووآیو (۱۹۹۹)، گارینمونزو پرز آمارال (۲۰۰۰)، والش (۲۰۰۱)، سونگ، ونگوچون (۲۰۰۳)، نادیسایمن (۲۰۰۴)	شاخص قیمت مصرف‌کننده در ایران	۱
ویت-ویت (۱۹۹۲)، مانوئلاکاراپتو	شاخص قیمت مصرف‌کننده	۲

<p>(۱۹۹۸)، سونگ، ونگو چون (۲۰۰۳)</p>	در ترکیه	
	شاخص قیمت مصرف کننده در مصر	۳
	شاخص قیمت مصرف کننده در مالزی	۴
	شاخص قیمت مصرف کننده در هند	۵
	شاخص قیمت مصرف کننده در عربستان سعودی	۶
<p>نوری (۱۳۷۵)، کاوه‌ئیان (۱۳۸۱)، رسولی (۱۳۸۱)، حبیبی (۱۳۸۱)، خسروآبادی (۱۳۸۵)، الیاسپور (۱۳۸۵)، مانوئلاکاراپتو (۱۹۹۸)، ایکوز، واروکوزاک (۱۹۹۸)، لووآیو (۱۹۹۹)، گارینمونز و پیرزآمارال (۲۰۰۰)، والش (۲۰۰۱)، هالیساوقلو (۲۰۰۴)، کاتافونو و گوندر (۲۰۰۴)</p>	نرخ ارز رسمی (یا واقعی) ایران	۷
<p>کاوه ئیان (۱۳۸۱)، خسرو آبادی (۱۳۸۵)، صفایی (۱۳۸۶)، ایکوز، وار و کوزاک (۱۹۹۸)</p>	تعداد تخت هتل در ایران	۹
<p>خسرو آبادی (۱۳۸۵)، لو و آیو (۱۹۹۹)، نادی و سایمن (۲۰۰۴)</p>	هزینه‌های بازاریابی ایران در کشورهای مبدا	۱۰
<p>نوری (۱۳۷۵)، کاوه ئیان (۱۳۸۱)، رسولی (۱۳۸۱)، حبیبی (۱۳۸۱)، الیاسپور (۱۳۸۵)، صفایی (۱۳۸۶)، ویت-ویت (۱۹۹۲)، مانوئلاکاراپتو (۱۹۹۸)، لو و آیو (۱۹۹۹)، گارین مونز و پیرز آمارال^۱ (۲۰۰۰)، والش (۲۰۰۱)، سونگ، ونگ و چون (۲۰۰۳)،</p>	درآمد ناخالص داخلی (درآمد سرانه) آلمان	۱۱
	درآمد ناخالص داخلی هلند	۱۲
	درآمد ناخالص داخلی ایتالیا	۱۳
	درآمد ناخالص داخلی فرانسه	۱۴
	درآمد ناخالص داخلی ژاپن	۱۵

کاتافونو و گوندر (۲۰۰۴)، نادیوسایمن (۲۰۰۴)	درآمد ناخالص داخلی بلژیک	۱۶
	درآمد ناخالص داخلی سوئیس	۱۷
	درآمد ناخالص داخلی انگلیس	۱۸
	درآمد ناخالص داخلی استرالیا	۱۹
	درآمد ناخالص داخلی ترکیه	۲۰
	درآمد ناخالص داخلی اسپانیا	۲۱
	درآمد ناخالص داخلی آمریکا	۲۲
رسولی (۱۳۸۱)، لو و آیو (۱۹۹۹)	کل جمعیت آلمان	۲۳
	کل جمعیت هلند	۲۴
	کل جمعیت آمریکا	۲۵
	کل جمعیت ایتالیا	۲۶
	کل جمعیت فرانسه	۲۷
	کل جمعیت ترکیه	۲۸
	کل جمعیت ژاپن	۲۹
	کل جمعیت بلژیک	۳۰
	کل جمعیت سوئیس	۳۱
	کل جمعیت انگلیس	۳۲
	کل جمعیت استرالیا	۳۳
	کل جمعیت اسپانیا	۳۴
نادی و سایمن (۲۰۰۴)	تعداد کاربران اینترنت در ایران	۳۵
موسایی (۱۳۷۹)، خسرو آبادی (۱۳۸۵)، هالیس اوقلو (۲۰۰۴)	درآمد سرانه ناخالص ملی جهان	۳۶
هالیس اوقلو (۲۰۰۴)	شاخص حمل و نقل در ایران	۳۷
خسرو آبادی (۱۳۸۵)، ایکوز، وار و کوزاک (۱۹۹۸)	تعداد آژانس‌های مسافرتی در ایران	۳۸
نوری (۱۳۷۵)، کاوه نیان (۱۳۸۱)، خسرو آبادی (۱۳۸۵)، الیاس پور (۱۳۸۵)، صفایی (۱۳۸۶)، لو و آیو (۱۹۹۹)	متوسط هزینه اقامت در مقصد	۳۹

توضیحات مرتبط با تعیین گره‌های تقاضای گردشگری به ایران:

متغیرهای شماره ۲ الی ۶ مربوط به شاخص قیمت مصرف کننده در کشورهای ترکیه، مصر، مالزی، هند و عربستان سعودی به عنوان شاخص قیمت مصرف کننده در کشورهای جانشین گردشگری ایران می‌باشند. متغیرهای شماره ۷ و ۸ مرتبط با نرخ تبدیل ارز ایران هستند. از آنجاییکه در مطالعات پیش‌بینی تقاضای گردشگری در برخی مواقع نرخ ارز رسمی مورد استفاده قرار گرفته و در برخی مواقع دیگر نرخ ارز واقعی مؤثر، در این تحقیق در مرحله اول، سری زمانی مرتبط با هر دوی آن‌ها گردآوری شد تا در مراحل بعدی با توجه به توان پیش‌بینی و میزان همبستگی آنها، یکی از آن‌ها به عنوان تعیین‌گر ارز در مدل وارد شود.

در مورد متغیرهای فهرست شده در جدول فوق از شماره ۱۲ الی ۲۳ باید توضیح داد که متغیر درآمد ناخالص داخلی کشورهای گردشگرفرست، متغیری است که هم در مدل‌های پیشنهادی ارایه شده‌اند و هم در برخی تحقیقات انجام شده به طور واقعی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ۱۲ کشور اصلی گردشگرفرست به ایران به ترتیب کشورهای آلمان، هلند، ایتالیا، فرانسه، ترکیه، ژاپن، بلژیک، سوئیس، انگلیس، استرالیا، اسپانیا، آمریکا می‌باشند که حدود ۸۳ درصد گردشگر خارجی ایران را تامین می‌کنند.

متغیرهای شماره ۲۴ الی ۳۵ نیز به عنوان متغیرهای تأثیرگذار جمعیت‌شناسی بر روی تقاضای گردشگری ورودی در مدل‌های تئوریک پیشنهادی مورد بحث قرار گرفته بودند که هر چند که به طور عملی در هیچ یک از مدل‌های پیش‌بینی گردشگری ورودی به مدل نهایی وارد نشده بودند ولی در اینجا سری‌های زمانی مرتبط با نرخ رشد جمعیتی ۱۲ کشور اصلی گردشگرفرست به ایران گردآوری شد. لازم به ذکر است که یکی از تعیین‌گرهایی که در مطالعات کاربردی و نظریه‌ها به عنوان یک متغیر تأثیرگذار بر روی تقاضای گردشگری ورودی به یک مقصد مطرح شده است تعیین‌گر درآمد ناخالص (درآمد ناخالص سرانه) در کشورهای مبدا می‌باشد. در برخی از مطالعات که امکان گردآوری داده‌های مرتبط با این متغیر در کشورهای مبدا وجود داشته است این متغیر به صورت درآمد ناخالص داخلی (سرانه) کشورهای مبدا مورد استفاده قرار گرفته است و در غیر این صورت از شاخص نماینده آن یعنی درآمد ملی ناخالص جهان استفاده شده است. در این مطالعه، در مرحله اول، سری زمانی مرتبط با هر دوی این تعیین‌گرها یعنی درآمد سرانه به تفکیک کشورهای مبدا گردشگری ایران و همچنین در جهان گردآوری شده است. در

اینجا لازم به یادآوری است که در این مرحله، هدف گردآوری سری‌های زمانی تعیین گره‌های کمی محتمل تأثیرگذار بر روی تقاضای گردشگری ورودی می‌باشد که حداقل در یک مدل تئوریک از آن‌ها به عنوان یک تعیین گر تقاضا نام برده شده است. قبل از پردازش داده‌ها به وسیله شبکه‌های عصبی فازی، داده‌ها باید نرمال سازی شوند تا توان پیش بینی بالاتر برود. بنابراین، تبدیلی بر روی داده‌های ورودی به شبکه انجام می‌شود که داده‌ها در فاصله $[L, H]$ قرار گیرند. این کار با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود.

$$X_{\text{scaled}} = mX_i + b$$

که در این رابطه:

$$b = \frac{X_{\text{max}} \cdot L - X_{\text{min}} \cdot H}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}, \quad m = \frac{H - L}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}$$

در این رابطه، H و L حد بالا و پایین فاصله نرمال سازی هستند و معمولاً برابر ۱ و -۱ در نظر گرفته می‌شوند، X_{max} و X_{min} نیز به ترتیب مقادیر کمینه و بیشینه X_i ها هستند. در این صورت رابطه ذکر شده به شکل ساده‌تر زیر که اغلب مورد استفاده قرار می‌گیرد، تبدیل می‌شود:

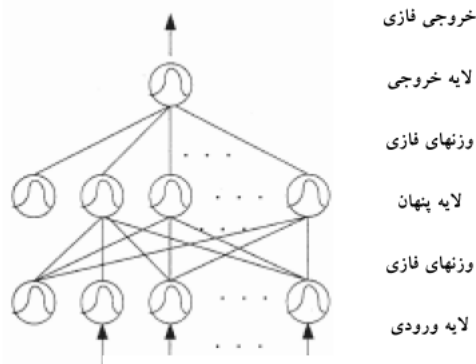
$$X_n = \frac{2(X - X_{\text{min}})}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} - 1$$

انتخاب فاصله $[L, H]$ بسته به نوع مسئله مورد نظر و تابع تبدیل انتخاب شده، متفاوت است. فاصله‌هایی که بیشتر از بقیه مورد استفاده قرار می‌گیرند، $[0, 1]$ و $[-1, 1]$ هستند، که برای توابع تبدیل هیپربولیک و لگستیک بکار می‌روند. در این تحقیق، داده‌ها در فاصله $[-1, 1]$ نرمال سازی شده‌اند.

طراحی مدل شبکه‌های عصبی فازی

ساختارهای مختلفی برای پیاده‌سازی یک سیستم فازی توسط شبکه‌های عصبی پیشنهاد شده‌اند که یکی از پر قدرت‌ترین این ساختارها، ساختار موسوم به شبکه عصبی

انطباقی بر مبنای سیستم استدلال فازی^۱ (ANFIS) است که توسط Jang ابداع گردیده است.^۲ معماری سیستم استدلال عصبی فازی در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳: معماری شبکه عصبی فازی

در طراحی مدل شبکه‌های عصبی فازی، با توجه به معماری شبکه‌های عصبی مصنوعی در بخش پیشین، از شبکه عصبی چند لایه پیش خور (MFNN) با الگوریتم یادگیری پس انتشار خطا و سیستم استنتاج فازی ساگنو^۳ با تابع ورودی "تفاوت دو تابع سیگموئید" و تابع خروجی خطی و برای غیرفازی نمودن از تابع میانگین متحرک استفاده گردید. برای طراحی سیستم بهینه شبکه‌های عصبی فازی، از طریق تغییر مداوم تعداد لایه‌ها و تعداد نرون‌های لایه پنهان، توپولوژی مناسب شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفت و از طریق تغییر مداوم توابع عضویت مختلف و تعداد توابع عضویت، سیستم مناسب پایگاه استنتاج فازی طراحی شد. تعداد توابع عضویت استفاده شده در این تحقیق، ۱۰۰ تابع می‌باشد. در این تحقیق، تعداد گره‌ها ۱۰۷۲، تعداد پارامترهای خطی ۵۱۲۰، تعداد پارامترهای غیرخطی ۷۲، تعداد کل پارامترها ۵۱۷۲، تعداد جفت‌های داده‌های بخش آموزش ۲۵، تعداد جفت‌های داده بخش آزمایش صفر و تعداد قوانین فازی استفاده شده ۵۱۲ عدد به دست آمد. تابع عضویت یک مجموعه فازی یک نگاشت از اعضای مجموعه A در بازه [۰،۱] است به گونه ای که:

$$A: X \rightarrow [0,1]$$

1. Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems
2. Jang (1991, 1993)
3. Sugeno

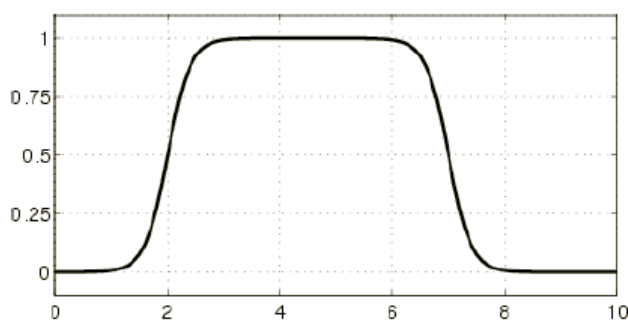
در حالت کلی هر تابعی که چنین نگاهی را پیاده کند می‌تواند به عنوان تابع عضویت یک مجموعه فازی مورد استفاده واقع شود. همانطور که اشاره شد، برای تابع ورودی در این تحقیق از تابع تفاوت دو تابع سیگموئید استفاده گردیده است. این تابع در شکل ۴ نشان داده شده است. یک تابع عضویت سیگموئید به صورت زیر تعریف می‌گردد؛

$$f(x; a, c) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-c)}}$$

تابع عضویت تفاوت دو تابع سیگموئید به چهار عامل بستگی دارد که عبارتند از: a_1 ,

c_1 , a_2 و c_2 .

$$f_1(x; a_1, c_1) - f_2(x; a_2, c_2)$$



شکل ۴: تابع عضویت تفاوت دو تابع سیگموئید ($a_1=5, c_1=2, a_2=5, c_2=7$)

به این صورت، ما موفق شدیم یک سیستم فازی پیاده سازی کنیم به گونه ای که قابلیت یادگیری داشته باشد. بنابراین قادر خواهیم بود تا خطای مقادیر خروجی را با استفاده از روش جذر میانگین مجذور خطا (RMSE) به دست آوریم. با ترکیب این روش و روش پس انتشار خطا به یک روش آموزش ترکیبی دست پیدا نموده ایم که به این صورت عمل می‌کند؛ در هر دور آموزش، هنگام حرکت رو به جلو خروجی‌های گره‌ها به صورت عادی تا لایه ی آخر محاسبه می‌شوند و سپس پارامترهای نتیجه توسط روش جذر میانگین مجذور خطا محاسبه می‌شوند. در ادامه پس از محاسبه خطا در بازگشت رو به عقب نسبت خطا بر روی پارامترهای شرط پخش شده و با استفاده از روش شیب نزولی خطا مقدار آنها تصحیح می‌شود.

مراحل فیلترینگ متغیرهای مستقل

در مرحله بعد، با استفاده از روش غربالگری منطقی، از جمع ۳۹ متغیر مستقل، تعداد ۱۷ متغیر مستقل انتخاب شدند که مجدداً به شکلی که در جدول ذیل نشان داده شده است شماره گذاری شدند.

جدول ۲: متغیرهای مستقل انتخاب شده پس از غربالگری منطقی مرحله اول

شماره	متغیر مستقل	شماره	متغیر مستقل	شماره	متغیر مستقل
۲	شاخص قیمت مصرف کننده در ایران	۸	درآمد ناخالص داخلی آلمان	۱۴	شاخص حمل و نقل در ایران
۳	شاخص قیمت مصرف کننده در ترکیه	۹	درآمد ناخالص داخلی هلند	۱۵	درآمد سرانه ناخالص ملی جهان
۴	شاخص قیمت مصرف کننده در مصر	۱۰	درآمد ناخالص داخلی ایتالیا	۱۶	تعداد آژانس‌های مسافرتی در ایران
۵	شاخص قیمت مصرف کننده در مالزی	۱۱	درآمد ناخالص داخلی فرانسه	۱۷	هزینه‌های بازاریابی ایران در کشورهای مبدا
۶	شاخص قیمت مصرف کننده در هند	۱۲	شاخص نرخ ارز واقعی مؤثر ایران	۱۸	تعداد کاربران اینترنت
۷	شاخص قیمت مصرف کننده در عربستان سعودی	۱۳	تعداد تخت هتل در ایران		

به صورت کلی شبکه‌های عصبی مصنوعی و بالتبع، شبکه‌های عصبی فازی هنگامی که تعداد متغیرهای مستقل بسته به نوع داده‌ها و روابط حاکم بر آن‌ها از تعداد خاصی بیشتر باشد احتمالاً قادر به کشف روابط بسیار پیچیده نخواهد بود. در این تحقیق در ابتدا، با

استفاده از نرم افزار SPSS از همه این ۱۸ متغیر مستقل به صورت یک به یک به روش enter با متغیر وابسته رگرسیون گرفته شد و مهمترین متغیرهای مستقل به ترتیب مقدار R^2 همانگونه که در جدول ۳ نشان داده شده است اولویت بندی شدند. سپس، این ۱۷ متغیر مستقل به صورت یکجا به همراه متغیر وابسته تحقیق به نرم افزار MATLAB وارد شدند و کدنویسی مرتبط با شبکه‌های عصبی فازی برای نرم افزار فوق الذکر انجام گردید و نرم افزار شروع به پردازش داده‌ها کرد. در اولین دفعه، نرم افزار MATLAB به صورت ۲۰ ساعت مداوم در یک کامپیوتر Pentium 4 داده‌ها را پردازش کرد و در نهایت نیز به جوابی نرسید. در مرحله بعد، آخرین متغیر که از کمترین مقدار R^2 برخوردار بود حذف گردید و نرم افزار دوباره شروع به پردازش کرد و این دفعه نیز پس از ۲۰ ساعت پردازش مداوم پاسخی ارایه نداد. این روند حذف متغیر با کمترین مقدار R^2 و شروع دوباره نرم افزار برای پردازش داده‌ها آنقدر ادامه پیدا کرد تا در نهایت نرم افزار پردازش داده‌ها به پاسخ دست یافت. این نرم افزار در تعداد ۹ متغیر مستقل با R^2 بالاتر به پاسخ رسید. بنابراین، این ۹ تعیین گری که در جدول ذیل با خط درشت مشخص شده‌اند جهت ورود به مدل نهایی ARIMA و مدل شبکه‌های عصبی فازی انتخاب شدند. پارامترهای رگرسیونی ۱۷ متغیر مستقل ورودی این مرحله و ۹ متغیر مستقل خروجی انتخاب شده نهایی (۹ متغیر اول فهرست شده در جدول که با خط درشت نمایش داده شده) در جدول ۳ قابل مشاهده می‌باشد.

طراحی مدل ARIMA

یکی از معتبرترین فنون پیش بینی آماری، مدل $ARIMA^1$ می‌باشد. این روش عبارت از برازاندن یک الگوی میانگین متحرک تلفیق شده با خودرگرسیو^۲ به مجموعه داده‌ها و به دست آوردن الگوی ریاضی شرطی است. یک مدل $ARIMA$ سه جزء دارد: (۱) خودرگرسیو، (۲) میانگین یکپارچه و (۳) میانگین متحرک. ساختمان مدل بنیادی $ARIMA$ مشتمل بر چهار مرحله است، این مراحل عبارتند از: (۱) توجیه و شناسایی مدل، (۲) تخمین پارمتر (۳) تشخیص و دریافت مدل (۴) تأیید، پیش بینی و منطقی بودن.

1. Autoregressive-Integrated Moving Average
2. Autoregressive

جدول ۳: پارامترهای رگرسیونی متغیرهای مستقل استخراج شده از مرحله اول

Sig. (t)	t	Standardized Coefficients/ Beta	Sig. (F)	F	Adjusted R Square	R Square	R	پارامتر رگرسیونی
								متغیرهای مستقل
۰/۰۰۰	۲۱/۳۶۳	۰/۹۷۶	۰/۰۰۰	۴۵۶/۳۸۱	۰/۹۵۰	۰/۹۵۲	۰/۹۷۶	شاخص قیمت مصرف کننده درهند
۰/۰۰۰	۲۱/۲۵۴	۰/۹۷۵	۰/۰۰۰	۴۵۱/۷۲۷	۰/۹۴۹	۰/۹۵۲	۰/۹۷۵	تعداد تخت در هتل های ایران
۰/۰۰۰	۱۹/۹۷۹	۰/۹۷۲	۰/۰۰۰	۳۹۹/۱۵۸	۰/۹۴۳	۰/۹۴۶	۰/۹۷۲	شاخص حمل و نقل در ایران
۰/۰۰۰	۱۹/۷۵۵	۰/۹۷۲	۰/۰۰۰	۳۹۰/۲۷۲	۰/۹۴۲	۰/۹۴۴	۰/۹۷۲	شاخص قیمت مصرف کننده در ایران
۰/۰۰۰	۱۹/۲۳۰	۰/۹۷۰	۰/۰۰۰	۳۶۹/۷۸۹	۰/۹۳۹	۰/۹۴۱	۰/۹۷۰	شاخص قیمت مصرف کننده در مالزی

۰/۰۰۰	۱۶/۷۵۷	۰/۹۶۱	۰/۰۰۰	۲۸۰/۷۸۷	۰/۹۲۱	۰/۹۲۴	۰/۹۶۱	درآمد سرانه ناخالص ملی جهان
۰/۰۰۰	۱۶/۷۲۱	۰/۹۶۱	۰/۰۰۰	۲۷۹/۶۰۵	۰/۹۲۱	۰/۹۲۴	۰/۹۶۱	شاخص قیمت مصرف کننده در ترکیه
۰/۰۰۰	۱۴/۹۱۵	۰/۹۵۲	۰/۰۰۰	۲۲۲/۴۷۱	۰/۹۰۲	۰/۹۰۶	۰/۹۵۲	تعداد آژانس‌های مسافرتی در ایران
۰/۰۰۰	۱۳/۷۰۷	۰/۹۴۴	-	-	۰/۸۸۶	۰/۸۹۱	۰/۹۴۴	شاخص قیمت مصرف کننده در مصر
۰/۰۰۰	۱۲/۹۰۲	۰/۹۳۷	۰/۰۰۰	۱۶۶/۴۵۳	۰/۸۷۳	۰/۸۷۹	۰/۹۳۷	درآمد ناخالص داخلی ایتالیا
۰/۰۰۰	۱۲/۰۴۱	۰/۹۲۹	۰/۰۰۰	۱۴۴/۹۹۴	۰/۸۵۷	۰/۸۶۳	۰/۹۲۹	درآمد ناخالص داخلی هلند
۰/۰۰۰	۱۱/۱۸۳	۰/۹۱۹	۰/۰۰۰	۱۲۵/۰۵۴	۰/۸۳۸	۰/۸۴۵	۰/۹۱۹	درآمد ناخالص داخلی آلمان
۰/۰۰۰	۱۰/۵۰۲	۰/۹۱۰	۰/۰۰۰	۱۱۰/۳۰۰	۰/۸۲۰	۰/۸۲۷	۰/۹۱۰	درآمد ناخالص داخلی فرانسه
۰/۰۰۰	۶/۷۸۱	۰/۸۱۶	۰/۰۰۰	۴۵/۹۸۵	۰/۶۵۲	۰/۶۶۷	۰/۸۱۶	شاخص قیمت مصرف کننده

								در عربستان سعودی
۰/۰۰۰	۵/۷۶۳	۰/۷۶۹	۰/۰۰۰	۳۳/۲۱۶	۰/۵۷۳	۰/۵۹۱	۰/۷۶۹	تعداد کاربران اینترنت در ایران
۰/۰۱۰	۲/۸۲۵	۰/۵۰۸	۰/۰۱۰	۷/۹۸۲	۰/۲۲۵	۰/۲۵۸	۰/۵۰۸	هزینه‌های بازاریابی ایران در کشورهای مبدا
۰/۰۱۲	-۲/۷۳۹	۰/۴۹۶	۰/۰۱۲	۷/۵۰۰	۰/۲۱۳	۰/۲۴۶	۰/۴۹۶	شاخص نرخ ارز واقعی مؤثر ایران

مدل $ARIMA(p,d,q)$ عمومی و کلی می باشد. در این مدل p مرتبه خود رگرسیو مدل و q مرتبه میانگین متحرک مدل و d مرتبه تفاضلی مدل (جهت ایستا کردن مدل) می باشد. آنچه که این مدل را کاملتر از مدل های دیگر می نماید، تبدیل مناسب جهت پایا بودن مدل است.

$$\Psi_p = (B)Z_t + \delta_q(B)a_t$$

که در آن

$$Z_t = (1 - \beta)^d y_t$$

و یا

$$Z_t = \nabla^d y_t$$

که y_t داده های سری زمانی داده شده می باشد. در ترکیبات مدل $ARIMA$ به ندرت مقادیر q و d از p بیشتر می شود و عملاً همین دامنه کوچک بسیاری از حالت های عملی موجود در پیش بینی را می پوشاند. در مدل $ARIMA$ طراحی شده در این تحقیق، مرتبه خود رگرسیو (p)، برابر ۱، مرتبه میانگین متحرک مدل (q) برابر ۱ و مرتبه تفاضلی مدل (d) برابر ۱ می باشد ($ARIMA(1,1,1)$).

برای آزمون معنادار بودن کل رگرسیون از آزمون F استفاده می شود. جدول ۴-۵ آزمون F مدل رگرسیون را نشان می دهد.

ارزیابی عملکرد پیش بینی

برای مسائل پیش بینی، از برخی معیارهای عملکرد برای نشان دادن چگونگی یادگیری ارتباط های داده ها در روش $ARIMA$ و همچنین شبکه عصبی فازی استفاده می شود. در این تحقیق از ۶ معیار استفاده می شود که سه مورد اول از خانواده محاسبات میانگین خطای استاندارد هستند: مربع میانگین خطای استاندارد (MSE)، مربع مجذور میانگین خطا ($RMSE$)، و مربع میانگین خطای استاندارد نرمال شده ($NMSE$). دو مورد بعدی R^2 و $NMSE$ هستند که R^2 ضریب تعیین است و در ارتباط با $NMSE$ است و $NMSE=1-R^2$. مقدار R^2 بین صفر تا یک است و مقدار یک نشان دهنده تطابق کامل داده است، در حالی که مقدار صفر نشان دهنده عملکردی است که می توان از استفاده میانگین مقدار خروجی واقعی d به عنوان مبنای پیش بینی ها انتظار داشت. دو معیار بعدی در مورد خطای مطلق هستند: میانگین قدر مطلق خطا (MAE) و میانگین قدر مطلق درصد خطا ($MAPE$). از آنجا که هر یک از معیارهای ارزیابی عملکرد، جنبه خاصی را مورد ارزیابی

قرار می دهد، برای ارزیابی عملکرد روش های شبکه های عصبی فازی و ARIMA از هر شش معیار فوق استفاده شده است. جدول ۵ معیارهای ارزیابی عملکرد به دست آمده برای رگرسیون را نشان می دهد.

جدول ۵. معیارهای ارزیابی عملکرد برای روش های مختلف

روش	RMSE	MSE	NMSE	MAPE	MAE	R ²
ARIMA	1.1587e+5	1.3426e+10	0.0257	1.2849e-9	6.7461e+4	0.9743
شبکه های عصبی فازی	449.8736	2.0239e+005	3.7764e-007	1.5336e-005	211.6447	1.0000

همانگونه که از جدول ۵ مشاهده می شود روش شبکه های عصبی فازی از لحاظ تمامی معیارهای ارزیابی عملکرد بر روش ARIMA برتری دارد. میزان بهبود خطای پیش بینی توسط معیارهای مختلف، متفاوت می باشد. این بدان دلیل است که معیارهای مختلف از روش های مختلفی برای محاسبه میزان خطا استفاده می کنند.

نتیجه گیری

تحلیل سری های زمانی و پیش بینی، یک حوزه فعال پژوهش در طی چند دهه اخیر بوده است. صحت پیش بینی سری های زمانی در بسیاری از فرایندهای تصمیم گیری اصولی و حیاتی است و به همین دلیل، پژوهش برای بهبود اثربخشی مدل های پیش بینی هرگز متوقف نشده است. با تلاش های Box و Jenkins، مدل ARIMA یکی از محبوبترین روش ها در حوزه پیش بینی شده است. در طی چند دهه اخیر، شبکه های عصبی فازی برای حل مسایل شناسایی الگوهای پیچیده با استفاده از دیدگاه عامل های

داده هوشمند برای محققان دانشگاهی بسیار چالش برانگیز شده و در حوزه های مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است.

در این تحقیق مدل پیش بینی تعداد گردشگر ورودی به ایران با استفاده از شبکه های عصبی فازی و روش ARIMA طراحی شده و از لحاظ معیارهای عملکرد (R^2 , MAPE, MAE, NMSE, RMSE, MSE) با هم مقایسه شده اند. نتایج تحقیق نشانگر آن است که شبکه های عصبی فازی برای پیش بینی تقاضای گردشگری ورودی به مقصد گردشگری ایران از لحاظ تمامی معیارهای عملکرد بر روش ARIMA برتری دارد. برای مثال، از نظر معیار RMSE میزان خطای شبکه های عصبی فازی به صورت چشمگیری نسبت به روش ARIMA کمتر است. این موضوع به این دلیل است که داده های پیش بینی تعداد گردشگر ورودی به ایران ماهیت غیرخطی دارند. چنانچه داده های مورد استفاده به این میزان غیرخطی نبودند، میزان بهبود خطای روش شبکه های عصبی فازی بدین حد نمی شد و حتی ممکن بود روش خطی ARIMA پاسخ بهتری ارائه دهد. نتایج تجربی این تحقیق و تحقیقات مشابه نشان داده اند که ترکیب شبکه های عصبی مصنوعی و منطق فازی و ایجاد شبکه های عصبی فازی موفقیت آمیز بوده و باعث کاهش قابل ملاحظه در خطای پیش بینی شده است که خصیصه های قابل توجهی در همگرایی سریع، دقت بالا و توانایی تقریب تابع قوی دارد. علاوه بر این، از آنجا که سیستم شبکه های عصبی فازی نیازمند داده های صریح و قطعی نبوده و نمونه بزرگی از داده ها را نیاز ندارد، می تواند پیش بینی خوبی از تقاضای گردشگری ارائه دهد و اطمینان دهد که این روش نسبت به روش های کلاسیک پیش بینی مناسب تر است.

پیشنهادات برای تحقیقات آتی

جهت آزمون و یا تثبیت نتایج این تحقیق و همچنین کمک به محققان آینده علاقه مند به موضوعات پیش بینی در حوزه گردشگری، پیشنهاداتی منتج از این مطالعه در ذیل ارائه می گردد؛

۱. در تحقیقات آتی، چنانچه پیش بینی گردشگری ورودی به ایران از تنها یک کشور مثلاً کشوری که بیشترین میزان ورودی گردشگری را به ایران دارد انجام شود قابلیت کاربردی تحقیق افزایش خواهد یافت. اینچنین مطالعه ای همچون مطالعه کاوه ثیان

(۱۳۸۱) می‌تواند برای مناطق اروپا، آمریکا، خاورمیانه، جنوب آسیا، شرق آسیا، اقیانوسیه و ... هر کدام با توجه به سری‌های زمانی آنها، تابع جداگانه‌ای تخمین زده شود.

۲. مقایسه همزمان مدل پیشنهادی این تحقیق با مدل‌های اقتصادسنجی و همچنین روش‌های علی-معلولی شبکه‌های عصبی و عصبی فازی می‌تواند وضعیت قدرت عملکرد این مدل‌ها را روشن تر کند.

۳. همانگونه که مطالعه ویت و ویت (۱۹۹۵) نیز عنوان کرده است، بازدیدهای گردشگری می‌تواند با اهداف مختلفی اتفاق بیفتد؛ تعطیلات، مسافرت‌های تجاری، بازدید از دوستان و آشنایان، شرکت در کنفرانس‌های تجاری یا سیاسی، زیارت و غیره. مقصد گردشگری ایران نیز از این قاعده مستثنی نیست. اکثر مطالعات تجربی، تقاضای گردشگری یا کل مسافرت‌های گردشگری (شامل همه اهداف فوق الذکر) را مورد بررسی قرار داده‌اند و یا فقط مسافرت‌های تعطیلاتی را. طبق نظر سانگ و ویت (۲۰۰۰)، از آنجایی که اکثریت بازدیدهای گردشگران به منظور اهداف تعطیلات اتفاق می‌افتد، در مطالعات منتشره که به بررسی کل مسافرت‌ها می‌پردازند، تعیین گره‌های تقاضا همان تعیین گرهایی در نظر گرفته می‌شوند که تعیین گره‌های تقاضای مسافرت‌های تعطیلاتی می‌باشند. در این تحقیق، تمرکز بر روی تعیین گره‌های گردشگری فرهنگی که نوع غالب گردشگری ایران را تشکیل می‌دهد بود و پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی، پیش‌بینی جداگانه‌ای برای هر طبقه از انواع گردشگری انجام شود و تعیین گره‌های هر یک به طور جداگانه در نظر گرفته شوند.

۴. گردشگران متعلق به یک طبقه گردشگری ممکن است که رفتار متفاوتی در طول زمان از خود نشان دهند و تحت تاثیر عوامل مختلفی قرار بگیرند. چنانچه تمام اهداف مسافرت در یک سری تقاضای گردشگری یکپارچه و ادغام شود الگوی متضاد ممکن است که باعث جلوگیری از تعیین بهترین مدل پیش‌بینی شوند. برای مثال، مطالعه‌ای از روش‌های گوناگون پیش‌بینی ورودی‌های بین‌المللی نیوزیلند به نتایج معتبرتری دست یافت زمانیکه سری‌های تعطیلات، بازدید از دوستان و آشنایان، گردشگری تجاری و دیگر انواع گردشگری به صورت تفکیک شده در نظر گرفته شدند و پیش‌بینی سری‌های متفاوت به طور مستقل انجام گرفت. در تحقیقات آتی نیز در صورت وجود آمار و داده به تفکیک انواع گردشگری، پیشنهاد می‌شود که هر نوع گردشگری به صورت مستقل مدل سازی شود.

۵. وزن گذاری یادگیری شبکه‌های عصبی و شبکه‌های عصبی فازی در این تحقیق با استفاده از اعداد تصادفی صورت گرفته است و خروجی‌های تحقیق نیز بر مبنای آن می‌باشد که می‌توان به جای این روش از الگوریتم ژنتیک در وزندهی استفاده نمود. بدین صورت که ابتدا با استفاده از الگوریتم ژنتیک، وزن‌های اقناع کننده را انتخاب نموده و سپس این وزن‌ها را مبنای یادگیری روش‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی و شبکه‌های عصبی فازی قرار داد.

۶. این مدل محض نیست و می‌تواند برای پیش‌بینی موضوعات مختلف در حوزه گردشگری کاربرد داشته باشد موضوعاتی از قبیل پیش‌بینی فروش و رفتار مصرف کننده، پیش‌بینی تقاضا برای مراکز اقامتی و یا جاذبه‌های گردشگری، پیش‌بینی میزان مصرف منابع ورودی صنعت گردشگری همچون مواد غذایی رستوران‌ها و یا حامل‌های انرژی برای جاذبه‌ها و مراکز اقامتی.

منابع

- آذر، عادل و رجب زاده، علی. (۱۳۸۲). ارزیابی روش‌های پیش بینی ترکیبی: با رویکردهای شبکه‌های عصبی-کلاسیک در حوزه اقتصاد، *مجله تحقیقات اقتصادی*، شماره ۶۳، ص ۸۷-۱۱۴.
- آذر، عادل و مؤمنی، منصور. (۱۳۷۷). *آمار و کاربرد آن در مدیریت*. جلد دوم. چاپ دوم. انتشارات سمت. تهران.
- الیاس پور، بهنام. (۱۳۸۵). برآورد تابع تقاضای جهانگردی خارجی در ایران. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی*.
- حبیبی، ف. (۱۳۸۱). *تصریح و تخمین مدل تقاضای توریسم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده اقتصاد*.
- خسروآبادی، محمد. (۱۳۸۵). *تخمین تابع تقاضای توریسم خارجی ایران طی دوره ۱۳۸۳-۱۳۴۴ و آرایه استراتژی‌های گسترش صنعت توریسم ایران (با استفاده از استراتژی‌های توسعه توریسم در مالزی، سنگاپور و مصر). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده صنایع و سیستم‌ها*.
- رسولی، اسماعیل. (۱۳۸۱). *تخمین تابع تقاضای جهانگردی ورودی به ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبایی، دانشکده اقتصاد*.
- صفائی، شهاب‌الدین. (۱۳۸۶). *برآورد تابع تقاضای جهانگردی ایران با استفاده از داده‌های سال‌های ۱۳۸۴-۱۳۵۹. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه رازی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه اقتصاد*.
- عبدی آلاذگه، ابراهیم. (۱۳۸۲). *پیش‌بینی تقاضای توریسم خارجی با استفاده از شبکه عصبی و رگرسیون فازی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده صنایع و سیستم‌ها*.
- کاوه‌ثیان، نسترن. (۱۳۸۱). *برآورد تابع تقاضای جهانگردی بین‌المللی ایران طی سال‌های ۱۳۵۰-۷۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم اقتصادی و سیاسی*.
- منهاج، محمدباقر. (۱۳۷۹). *هوش محاسباتی: مبانی شبکه‌های عصبی*، جلد اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر.

- موسایی، م. (۱۳۷۹). بررسی تقاضای صنعت گردشگری در ایران. فصلنامه تحقیقات فرهنگی، سال چهارم، شماره ۱۶ و ۱۷.
- مهناز نوری. (۱۳۷۵). برآورد تابع تقاضای توریسم در ایران ۷۲-۱۳۴۸. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه الزهراء، دانشکده علوم اقتصادی و اجتماعی.
- Bloom, J.Z. (2002). The sequencing of neural networks for segmenting the market of a tourist destination. *Tourism*, Vol. 50(4), 325-338.
- Bloom, J.Z. (2004). Tourist market segmentation with linear and nonlinear techniques. *Tourism Management*, Vol. 25, 723-733.
- Bloom, J.Z. (2005). Market segmentation: A neural network application. *Annals of Tourism Research*, Vol. 32(1), 93-111.
- Box, G.E.P., and Jenkins, G.M. (1976). *Time series analysis: Forecasting and control*. San Francisco: Holden Day.
- Burger, C; Dohnal, M; Kathrada, M and Law, R. (2001). A practitioner's guide to time series methods for tourism demand forecasting- a case study of Durban, South Africa. *Tourism management*. No. 22, pp. 403-409.
- Chandra, S., and Menezes, D. (2001). Applications of multivariate analysis in international tourism research: The marketing strategy perspective of NTOs. *Journal of Economic and Social Research*, Vol. 3(1), 77-98.
- Cho, V. (2003). A comparison of three different approaches to tourist arrival forecasting. *Tourism Management*, Vol. 24, 323-330.
- Dolnicar, S., and Flucker, M. (2003). Behavioural market segments among surf tourists: Investigating past destination choice. *Journal of Sport Tourism*, Vol. 8(3), 186-196.
- Fretchling, DC.(2001). *Forecasting Tourism Demand: Methods and Strategies*. Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Hansen, J.V., McDonald, J.B., and Nelson, R.D. (1999). Time series prediction with genetic-algorithm designed neural networks: An empirical comparison with modern statistical models. *Computational Intelligence*, Vol. 15(3), 171-184.
- Haykin S, (1999), *Neural Networks: a Comprehensive Foundation*, §4.1-4.9, Prentice Hall.
- Kon, S.C., and Turner, W.L. (2005). Neural network forecasting of tourism demand. *Tourism Economics*, 11, 301-328.
- Law, R and Au, N. (1999). A Neural network model to forecast Japanese demand for travel to Hong Kong. *Tourism Management*. No. 20, pp. 89-97.
- Law, R and Au, N. (1999). A Neural network model to forecast Japanese demand for travel to Hong Kong. *Tourism Management*. No. 20, pp. 89-97.

- Morley, C. (2000). Demand modelling methodologies: Integration and other issues. *Tourism Economics*, Vol. 6(1), 5–19.
- Palmer, Alfonso; Jose, Montano Juan and Sese, Albert. (2006). Designing an artificial neural network for forecasting tourism time series. *Tourism Management*. Vol. 27, 781-790.
- Preman Fernando, Hubert. (2005). Neuro-Fuzzy Forecasting of Tourist Arrivals. Doctor of Philosophy Thesis .School of Applied Economics. Faculty of Business and Law. Victoria University.
- Song, Haiyan and Li, Gang. (2006). Tourism demand modelling and forecasting-A review of recent research. *Tourism Management*. Vol. 29, pp. 203-220.
- Song, H., and Turner, L. (2006). Tourism demand forecasting. In L. Dwyer, & P. Forsyth (Eds.), *International handbook on the economics of tourism*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Uysal, M., and El Roubi, M.S. (1999). Artificial neural networks versus multiple regressions in tourism demand analysis. *Journal of Travel Research*, Vol. 38, 111–118.
- Wang, Chao-Hung. (2004). Predicting tourism demand using fuzzy time series and hybrid grey theory. *Tourism Management*. Vol.25, 367–374.
- Witt, C.A., and Witt, S.F. (1990). Appraising an econometric forecasting model. *Journal of Travel Research*, Vol. 28(3), 30–34.
- Witt, S.F., and Witt, C.A. (1992). *Modeling and forecasting demand in tourism*. London: Academic Press.
- Witt, S.F., and Witt, C. A. (1995). Forecasting tourism demand: A review of empirical research. *International Journal of Forecasting*, Vol. 11(3), 447–475.