ارائه مدل تصادفات رمپ فرودگاه و راهکارهای کاهش آن (مطالعه موردی: فرودگاه مهرآباد تهران)

علی زنگویی (مسئول مکاتبات)، دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

عبدالرضا شیخ الاسلامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

E-mail: a.az.1210@gmail.com

دریافت:۱۳۹۱/۱۱/۰۵ پذیرش:۱۳۹۳/۰۷/۱٤

چکیده:

همه روزه حوادث و تصادفات فراوانی در بخش های مختلف حمل و نقلی اتفاق می‌افتد که هزینه های گزافی برجای می‌گذارد. در صنعت هوانوردی به علت پرهزینه بودن امکانات و تجهیزات، هزینه های ناشی از تصادفات بسیار چشمگیرتر خواهد بود. بیش از پنجاه در صدِ تصادفات هوانوردی، حوادث رمپ فرودگاه هاست که توسط عوامل مختلف (که خطای انسانی علت اصلی آن هاست)، رخ می دهد. هدف از این پژوهش ارائه مدلی است که میزان تصادفاتِ رمپ فرودگاه را در سال های طرح پیش بینی نماید و میزان اثرگذاری هر عامل در بروز تصادفات را نشان دهد تا بتوان در راستای آن عوامل پیشگیرانه‌ای به منظور کاهش و حداقل نمودن میزان تصادفات اتخاذ نمود. مطالعه موردی بر اساس داده های آماری فرودگاه مهرآباد در بین سال های ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ صورت گرفته است و به طور کلی، از مدلِ شبکه عصبی و مدلِ رگرسیون فازی استفاده شده است. مدل ها کالیبره شده و تحلیل می‌شوند و در نهایت دو متغیر "تعداد هواپیماهای کوچک" و "متوسط عمر هواپیماها" به ترتیب با ضرایبِ اهمیتِ ۰/۳٤ و ۰/۲۹ به عنوان مهم‌ترین عوامل دخیل در بروز حوادث شناسایی گردید و راهکارهای پیشگیرانه در این رابطه مطرح می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ایمنی در رمپ فرودگاه، حوادث و مشکلات رمپ های فرودگاه، شناسایی عوامل موثر در حوادث و تصادفات محدوده رمپ ها، کاهش تصادفات رمپ فرودگاه

۱. مقدمه

همه روزه حوادث و تصادفات فراوانی در بخش های مختلف حمل و نقلی اتفاق می‌افتد که هزینه های گزافی برجای می‌گذارد. در صنعت هوانوردی به علت پرهزینه بودن امکانات و تجهیزات، هزینه های ناشی از تصادفات بسیار چشم گیرتر خواهد بود. بخش بزرگی از تصادفات هوانوردی، حوادث رمپ فرودگاه هاست که توسط عوامل مختلف، رخ می دهد که با کنترل این حوادث و رفع و یا حداقل کردن هزینه های ناشی از آن، می‌توان در توسعه این صنعت نقش بسزایی داشت.[Sheykholeslami, et al. 2010]

ایمنی از ابتدایی ترین ملزومات شکوفائی اقتصاد در هر کشوری است و فرودگاهها به عنوان دروازه هر کشور، در رشد و شکوفایی آن نقش بسزایی دارند. بطور کلی، ایمنی به این صورت تعریف می‌شود: "شرایط آزاد بودن از مشکلات یا آزاد بودن از شرایطی که موجب آسیب، صدمه یا خسارت می‌شوند، به عبارت دیگر ایمنی رهایی از پتانسیل ضرر و زیان است". ایمنی باید به عنوان خصوصیتی از یک سیستم مانند کیفیت و قابلیت اعتماد باشد که این خصوصیات، بخش تکمیل کننده سیستم هستند.[Kashanian, 2011]

گاهی اوقات افراد نسبت به مسائل ایمنی آگاه اند، اما به دلیل کم توجهی و یا فرهنگ غلط، مشکلات و حوادث به وجود خواهند آمد و می‌توان دید که با رعایت نکات ایمنی هرچند ساده، می‌توان از حوادث جبران ناپذیر در فرودگاه ها جلوگیری نمود.

هواپیما به همان اندازه که جابجائی را برای انسان سهل و آسان نموده است، می‌تواند آبستن تهدیداتی به مراتب سخت و دشوار باشد. وجود عواملی از قبیل سرعت و وزن بالا، سیستم های تحت فشار، مواد قابل اشتعال در ساختمان هواپیما، بعلاوه وجود هزاران تن سوخت شرایطی را فراهم می آورد که درصورت بروز سانحه انجام عملیات نجات با تهدیدات قابل ملاحظه ای همراه باشد. [Esfahani, 2010]

سانحه هوائی هر چند کوچک دارای بعد و گستردگی ویژه‌ای بوده و بلافاصله مورد توجه خبرگزاری‌ها و رسانه‌ها قرار می‌گیرد و موضوعی که در سوانح هوائی شاخص بوده و دارای حساسیت فوق العاده زیادی است، تعداد تلفات جانی آن است. در هیچ سانحه هوائی صحبت از میزان خسارت به هواپیما نیست و موضوعی که بحث اصلی محافل است تعداد کشته و مجروحین آن سانحه است.

ناگفته پیداست که عملکرد کارکنان ایمنی زمینی و آتش نشانی در نجات جان مسافران هوائی دارای چه اهمیت و حساسیتی است، بنابراین توجه و سرمایه گذاری در این بخش نسبت مستقیم با نجات جان انسانها دارد و این موضوع به اندازه ای دارای اهمیت و حساسیت است که جان انسانها داراست. [Kashanian, 2011]

سوانح هوایی، معمولاً ترکیبی از عوامل خطای انسانی و فنی است که با تقدم و تأخر زمانی باعث تشدید حادثه می‌شوند. تشخیص اینکه کدامیک از این علل مقدمه بروز سایر عوامل گردیده است، موضوع بسیار پیچیده‌ای است که از رهگذر بررسی صدها اثر باقیمانده از سانحه، به علل آن پی برده می‌شود. قضاوت زمانی دشوار است که آثار باقیمانده نتواند به‌طور مشخص یک فرضیه را اثبات کند و یا فرضیات مختلف با درجه نسبتاً مساوی طرح شود. به‌دلیل این پیچیدگی‌ها، در مواقع بروز سانحه، بر اساس مقررات بین المللی و در چارچوب دستور العمل های استاندارد، گروه‌های مختلف تخصصی به‌منظور بررسی عوامل مختلف تشکیل می‌شود. این گروه ها که از ورزیده‌ترین کارشناسان تشکیل می‌شوند، زیر نظر سازمان هواپیمایی آن کشور، وظیفه این بررسی‌ها را بر عهده می‌گیرند. ابتدا با بررسی‌های کارشناسانه به جمع آوری اطلاعات پرداخته و سپس با دقت در اطلاعات به‌دست آمده، اقدام به طراحی فرضیه ها کرده و مستندات واقعی خویش را بر پایه علمی استوار نموده و با جمع بندی، علت بروز سانحه را تشخیص خواهند داد.[Esfahani, 2010]

با این توضیحات در صورتی که بتوان مدلی طراحی نمود تا میزان حوادث و تصادفات رمپ فرودگاه را برآورد نماید، می‌توان برای جلوگیری از اینگونه حوادث گام بزرگی برداشت. با استفاده از این مدل، می‌توان سهم هریک از عوامل دخیل را تعیین کرده و در راستای آن، قوانین پیشگیرانه ای برای سال‌های آتی طراحی نمود.

۲. طبقه بندی انواع تصادفات در رمپ فرودگاه

بر اساس مطالعات در سال ۲۰۰٤ (دوره یک ساله در سال ۲۰۰٤ و متوسط کلیه فرودگاه‌های جهان)، مناطق و محدوده هایی که نیاز به توجه ویژه دارند، تعیین می‌شود که برای این منظور طبقه بندی زیر در نظر گرفته می‌شود.

۲-۱ تصادفاتی که هواپیما در آن دخیل است.

بیشترِ حوادث جدی محدوده رمپها در برگیرنده هواپیماها است که ممکن است به علت برخورد کامیون حامل پلکان هوایی با هواپیمای ثابت و یا برخورد تجهیزات یا پل عبور مسافرین، کامیون های سوخت رسانی، ماشینهای حمل چمدان و بار مسافرین و کامیون های تغذیه به هواپیما باشد. این حوادث ٪۸٦ تصادفات را در بر می‌گیرد که در سال ۲۰۰۳، ٪۸۱ را شامل شده است.

در واقع ٪۸٦ تصادفات شامل برخورد "تجهیزات با هواپیما" و ٪۱٤ شامل برخورد "هواپیمای درحال حرکت با تجهیزات" است که علت این تفاوت به خاطر این است که هواپیمای در حال حرکت، به صورت دقیق توسط کنترلرهای ایمنی پرواز، حفاظت می‌شود، بنابراین درصد کمتری از تصادفات را شامل خواهد شد. [Aaronson, 2004]

۲-۲ تصادفاتی که هواپیما در آن دخیل نیست.

علت اصلی حوادثی که هواپیما در آن دخیل نیست، به علت برخورد تجهیزات با تجهیزات بوده است که ٪٦٦ کل حوادث را شامل می‌شود. در سال ۲۰۰٤، این تصادفات ٪۵۹ کل حوادث را شامل می‌شده است.[Chamberlin, et.al.2004]

۲-۳ تصادفاتی که نتیجه آن صدمه دیدن کارکنان و مسافرین بوده است.

طبق مطالعات میدانی مشخص شد که ۲۰٤ مورد از حوادث، منجر به آسیب کارکنان و مسافرین شده است که ۲۰۳ مورد آن با درجه وخامت پائین، ۱ مورد با درجه وخامت متوسط و خوشبختانه هیچکدام فاجعه آمیز نبوده است. در واقع ۱٦٦ مورد (٪۸۱) آن صدمه به کارکنان و ۳۸ مورد (٪۱۹) آن صدمه به مسافرین است و درکل نرخ صدمات و جراحات برای هر ۱۰۰۰ حرکت هواپیما، ۰/۱٤۷ و یا یک صدمه و آسیب به ازای ٦/۸۱۸ حرکت هواپیما بوده است. هزینه های ناشی از صدمات و آسیب های وارده به کارکنان و اپراتورهای بخش زمینی بسیار اساسی است و شامل از دست دادن زمان، جبران کاستی ها، مداوا و ... است. [Chamber-lin et al.2004]

با توجه به آماری که در بالا (مربوط به سال ۲۰۰٤) ذکر شد، در ادامه، به منظور توضیحات بیشتر در این رابطه، مطالعات میدانی سال ۲۰۰۷ نیز (که تنها بخشی از حوادث فرودگاه های آمریکا است) در جدول (۱) نشان داده شده است. [Duffy, 2007]

۳. عوامل بروز حوادث در رمپ ها

به طور کلی، عوامل بروز حادثه را می‌توان به سه دسته تقسیم کرد.

- انسان
- ابزار
- محیط

علی‌رغم مخاطره آمیز بودن محیط رمپ فرودگاه و نقص و فرسودگی آن، مقصر اصلی حوادث در اغلب موارد، انسان بوده است. البته بی‌تردید عوامل محیطی و ابزار نیز در به وجود آمدن آن بی تأثیر نبوده‌اند، اما نقش عامل انسانی غیر قابل انکار به نظر می‌رسد.

بطور کلی، خطای انسانی، افزایش تعداد پروازها، برنامه های زمانی دقیق و سخت گیرانه هواپیماها، طراحیهای فشرده برای قراردادن تجهیزات زمینی (به طوری که برای هواپیماهای کوچک طراحی شده اند!) طراحی فشرده ترافیکی در محدوده رمپ ها، جزء فاکتورهای دخیل در حوادث هستند [ACRP, 2011].

٤. روش تحقیق

در این بخش، تمامی علت هایی که به گونه ای در تصادفات رمپ‌های فرودگاهی دخیل هستند، تعیین می‌شود. این پارامترها

جدول ۱. داده های آماری تصادفات و حوادث فرودگاهی مربوط به سال ۲۰۰۷

تصادف و حادثه	تعداد	کل ٪	نرخ
سوانح دربرگیرنده ی هواپیما	۹٦٦	۳۱/۹۲	۰/۰۷۸
سوانح دربرگیرنده ی تجهیزات	۲۰٦۰	٦۸/۰۸	۰/۱٦۷
مجموع	۳۰۲٦	۱۰۰	۰/۲٤٥

سوانح و تصادفات در برگیرنده ی هواپیما	تعداد	کل ٪	نرخ
آسیب های وارده بر هواپیماهای ساکن، توسط تجهیزات	۷۲٥	۷٥/۰٥	۰/۰٥۹
آسیب های وارد بر هواپیماهای در حال حرکت	۲٤۱	۲٤/۹٥	۰/۰۱۹
مجموع	۹٦٦	۱۰۰	۰/۰۷۸

سوانح وتصادفات دربرگیرنده ی تجهیزات	تعداد	کل ٪	نرخ
توسط بخش مکش موتور هواپیما	۲۷	۱/۳۱	۰/۰۰۲
آسیب های ناشی از برخورد تجهیزات به تجهیزات	۱۳۹۳	٦۷/٦۲	۰/۱۱۳
آسیب های ناشی از برخورد تجهیزات به ساختمان ها	٦٤۰	۳۱/۰۷	۰/۰٥۲
مجموع	۲۰٦۰	۱۰۰	۰/۱٦۷

آسیب های انسانی	تعداد	کل ٪	نرخ
وخیم	۱	۰/۲۱	۰
شدید	٦۰	۱۲/٦۸	۰/۰۰٥
جزئی	٤۱۲	۸۷/۱۰	۰/۰۳۳
مجموع	٤۷۳	۱۰۰	۰/۰۳۸

تعداد فرودگاه های مورد بررسی: ۱٥۸ مورد
نرخ تصادفات و حوادث به ازای هر ۱۰۰۰ حرکت هواپیما است.
تعداد کل رفت و آمد هواپیما: ۱۲،۳٦۰،٤۲٥

ممکن است در طول سالیان و برای برنامه‌ریزی در سال طرح، تغییر کنند، ولی از آنجا که در این مقاله از داده های میدانی سال‌های ۱۳۸٦ تا ۱۳۸۹ استفاده شده است، بعضی از آن ها در این سال ها ثابت بوده و بنابراین به عنوان متغیر مستقل بکار گرفته نمی‌شوند.

برای بررسی تصادفات رمپ فرودگاهی، محوطه ی رمپ فرودگاه مهرآباد در نظر گرفته شده است. خصوصیات فیزیکی و امکانات رمپ این فرودگاه مورد مطالعه قرار داده شد و عوامل مؤثر بر تصادفات این محدوده تعیین گردید.

در ادامه برخی از علل دخیل در تصادفات بیان گشته است:

- سرعت مجاز وسایل نقلیه در محدوده رمپ
- تعداد محل پارک هواپیما (X1)
- تعداد کل پروازها (X2)
- تعداد وسایل نقلیه (اتوبوس،یدک کش،وانت و ...)
- تعداد کل تجهیزات
- مساحت کل محدوده رمپ

– تعداد کل کارکنان زمینی (X3)

– تعداد هواپیماهای کوچک دارای یک راهرو(ظرفیت زیر ۱۰۰نفر) (X4)

– تعداد هواپیماهای بزرگ دارای دو راهرو (ظرفیت بالای ۱۰۰نفر) (X5)

– متوسط عمر مفید هواپیماها (X6)

– تعداد بازدید سالانه از محوطه رمپ در طول سال

– تعداد دوره های آموزشی در طول سال

– تعداد ساعات کاری کارکنان رمپ در هر روز

– میانگین بارش برف و باران رمپ، در سال

با توجه به آمار، تعداد تصادفات برای سال های ۸۶ تا ۸۹ تعیین گشت. تمامی این علل می‌تواند در دراز مدت بر میزان تصادفات تأثیر بسزایی داشته باشد، اما در بین سال هایی که مدنظر این مطالعات (یعنی ۸۶ تا ۸۹) بوده است، بعضی از پارامترها به علت ثابت بودن، حذف گردید و پارامترهایی که در مدلسازی مساله از آن استفاده خواهد شد، در پیوست "الف" ذکر گردیده است.

۵. مدلسازی

با توجه به داده های میدانی که در پیوست "الف" آمده است، در این قسمت به مدلسازی در روش های مختلف پرداخته می‌شود. قابل ذکر است که محاسبات صورت گرفته توسط نرم افزارهای FuReA و SPSS در پیوست "ب" آورده شده است.

۵-۱ برازش مدل رگرسیون فازی

روشهای مرسوم در رایانه ها (منطق ۰ و ۱) در پیروی از پیچیدگی فکر و سیستم عصبی بشری عاجزند. با پذیرش این مطلب و با توجه به پیچیدگی زیاد سیستمهای انسانی و یا در مواردی که در تصمیم گیریها، آرای انسانی دخالت دارند، ناگزیر باید از درجه بالای دقت کاست. در مدلسازی ابهام و عدم دقت، طبیعی است در جستجوی آن چیزی باشیم که فازی[1] نامیده می‌شود.

معمولا کار با اعداد فازی مستلزم محاسبات پیچیده و طولانی است. دوبیس و پراد(۱۹۷۸)[2] با معرفی اعداد فازی LR تا اندازه‌ای کار را آسان کرده اند. این اعداد، نوع خاصی از اعداد فازی هستند که ویژگی خاص آنها در نوع تابع عضویت آنهاست. تعریف – اگر عدد فازی A دارای تابع عضویتی به صورت معادله (۱) باشد.

$$A(x)=\begin{cases} L(\frac{m-x}{\alpha}).....x\le m \\ R(\frac{x-m}{\beta}).....x>m \end{cases} \qquad (۱)$$

که در آن L و R توابعی غیر صعودی از R^+ به [۱ ۰] و L(۰)=R(۰)=۱ ؛ آنگاه A را یک عدد فازی LR نامیده و با نماد $A=(m, \alpha, \beta)_{LR}$ نشان می‌دهند. m را مقدار نما یا میانه و α و β را به ترتیب پهنای چپ و پهنای راست A می‌نامند و توابع L و R، مرجع نامیده می‌شوند .

در استنتاج‌های آماری مرسوم، مدلهای رگرسیون معمولی به طور گسترده در پیدا کردن رابطه بین چند متغیر در یک سیستم بکار می روند و به این ترتیب به کمک متغیرهای مشاهده شده، سایر متغیرها را پیش بینی می‌کنند. به طور خلاصه، اگر در سیستم مورد بررسی متغیرها تصادفی نبوده و داده ها قطعی نباشند، بلکه متغیرهایی تصادفی و احتمالی باشند، تحلیل رگرسیون فازی می‌تواند ابزار مناسب تری از تحلیل رگرسیون معمولی باشد. به طور عمومی، رگرسیون فازی را می‌توان به دو مقوله اصلی تقسیم کرد:

الف– رگرسیون فازی زمانی که روابط بین متغیرها فازی باشد.

ب– رگرسیون فازی زمانی که خود متغیرها فازی هستند.

یک مدل رگرسیون خطی فازی را می‌توان توسط معادله (۲) تعریف کرد.

$$Y=(y,e)_L=A_1x_1+....A_mx_m=Ax \qquad (۲)$$

که در رابطهٔ فوق $(y,e)_L$ بیان کننده عدد فازی LR با میانه y و پهنای e؛ X بردار متغیر مستقل؛ A بردار مجموعه فازی که حاوی پارامترهای مدل است می باشند. با کمک اصل گسترش اعداد فازی برای عملگر جمع، عدد فازی $A_i=(m_i,\delta_i)_L$ وجود خواهد داشت، به گونه ای که $(y,e)_L=(\sum_i^m m_ix_i,\sum_i^m \delta_ix_i)$ در مدلهای رگرسیون فازی، پارامترهای فازی بر طبق شرایط

مشخصی، تخمین زده می‌شوند که یکی از این شرایط عبارت است از اینکه α- برش اعداد فازی تخمین زده شده به کمک مدل، باید شامل تراز α داده های فازی باشد. این ملاک "مساله‌مینیمم"[۳] یا "تحلیل امکان" نامیده می‌شود.

در ادامه به برازش مدل رگرسیون فازی بین تعداد تصادفات هواپیماها و متغیرهای مستقل پرداخته می‌شود. مدل های مورد استفاده در این بخش، "مدل خطی"، "درجه دو"، "توانی" و "نمایی" است که با استفاده از نرم‌افزار FuReA مدلسازی شده‌اند و نتایج آن در ادامه شرح داده می‌شود.

۵-۱-۱ مدل خطی

۱- مدل خطی - حداقل مربعات

مدل خطی حداقل مربعات، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (۳) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (۱) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه می‌باشد) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$y = -4.481 - 0.2658X_1 + 0.001284X_2 - 0.004799X_3 + 0.4415X_4 + 0.009048X_5 + 0.02421X_6 \quad (۳)$$

۲- مدل خطی - رگرسیون

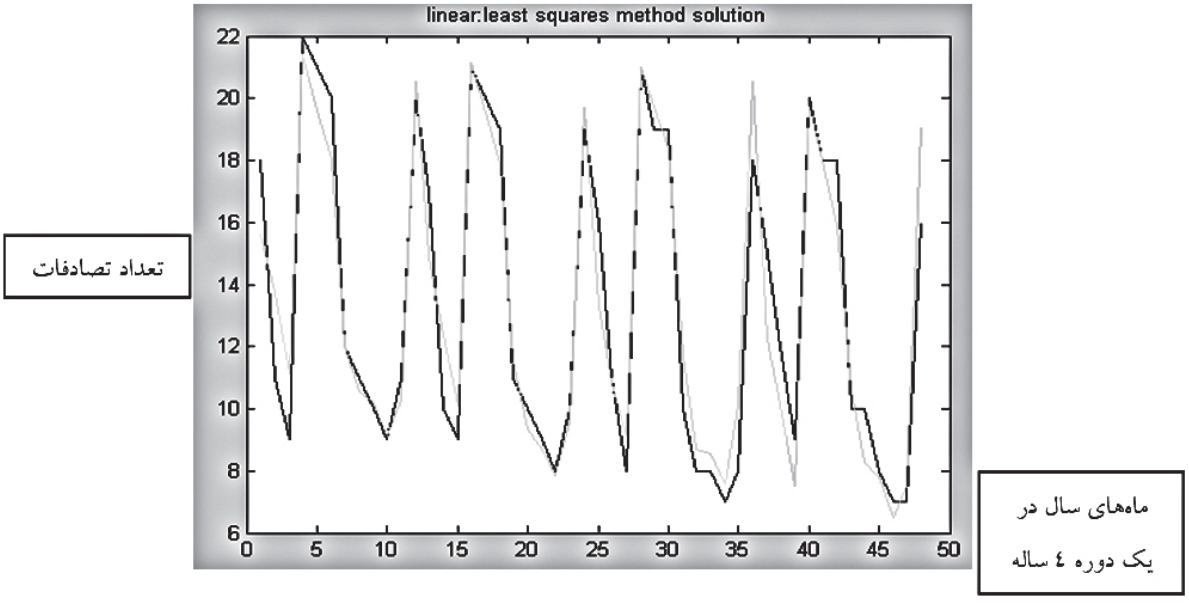
مدل خطی رگرسیون، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (٤) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (۲) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$y = 0.8262 + 2.945X_1 + 0.001096X_2 + 0.02718X_3 + 1.946X_4 - 0.9404X_5 - 0.2621X_6 \quad (٤)$$

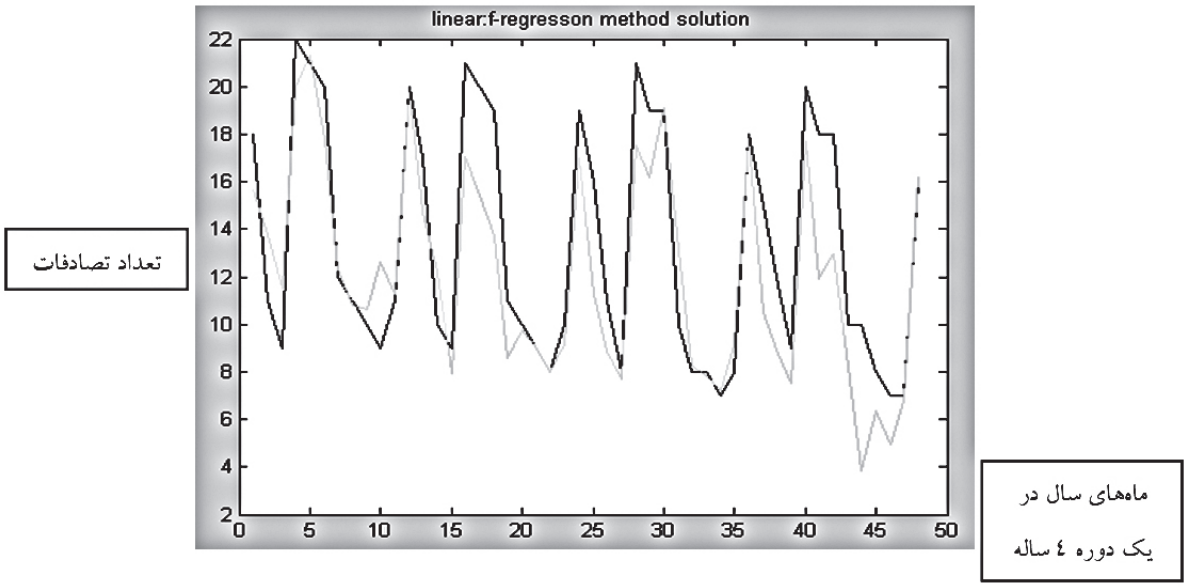
۵-۱-۲ مدل درجه دو

۱- مدل درجه دو - حداقل مربعات

مدل درجه دو حداقل مربعات، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (۵) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی



شکل ۱. برازش مدل خطی - حداقل مربعات



شکل ۲. برازش مدل خطی - رگرسیون

شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (۳) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$Y = 34180 + 135.9X1 - 0.009033X2 - 3.077X3 - 538.9X4 - 274.2X5 - 120.4X6 + 1.007X1^2 + 1.554 \times 10^{-4}X1X2 + 0.023X1X3 - 0.48X1X4 - 1.013X1X5 - 0.41X1X6 - 7.596 \times 10^{-8}X2^2 - 4.69 \times 10^{-6}X2X3 + 2.16 \times 10^{-4}X2X4 + 2.81 \times 10^{-5}X2X5 - 1.717 \times 10^{-6}X2X6 - 8.69 \times 10^{-4}X3^2 + 0.03X3X4 + 0.013X3X5 + 0.004X3X6 + 2.303X4^2 + 1.85X4X5 + 0.92X4X6 + 0.61X5^2 + 0.52X5X6 + 0.111X6^2 \quad (۵)$$

۲- مدل درجه دو - رگرسیون

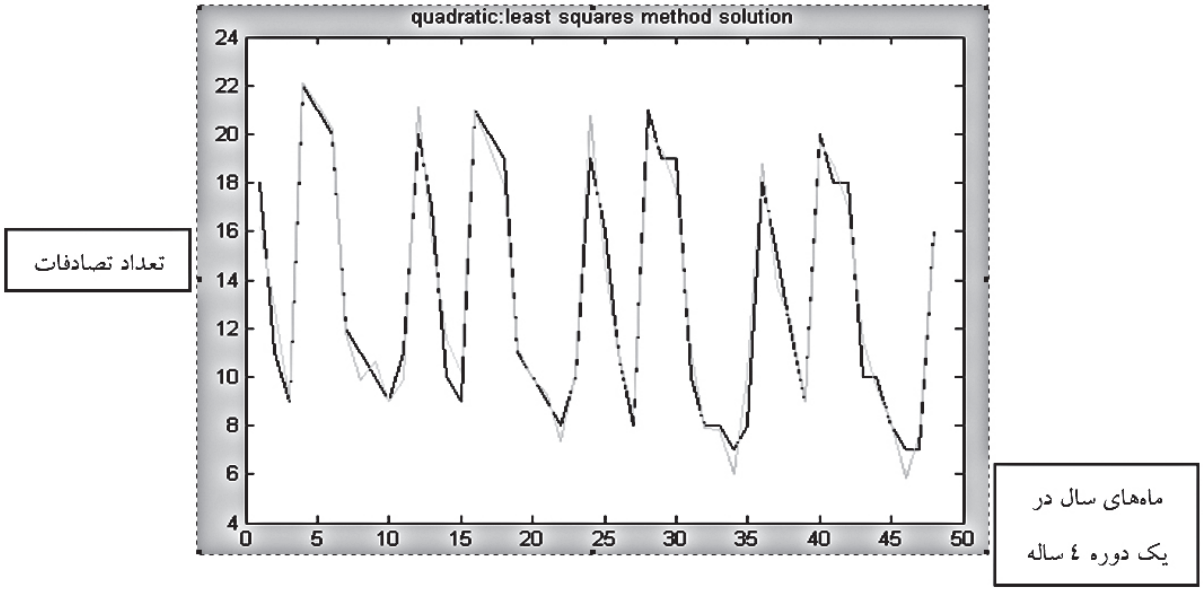
مدل درجه دو رگرسیون، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (٦) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (٤) نشان داده شده است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$Y = 35152 + 118.9X1 - 0.0191X2 - 2.16X3 - 487.9X4 - 341.3X5 - 131.5X6 + 1.5X1^2 + 1.358 \times 10^{-4}X1X2 + 0.26X1X3 - 0.58X1X4 - 1.26X1X5 - 0.58X1X6 - 8.691 \times 10^{-8}X2^2 - 5.34 \times 10^{-6}X2X3 + 3.51 \times 10^{-4}X2X4 + 3.15 \times 10^{-5}X2X5 - 1.05 \times 10^{-6}X2X6 - 7.96 \times 10^{-4}X3^2 + 0.25X3X4 + 0.125X3X5 + 0.156X3X6 + 3.21X4^2 + 1.96X4X5 + 1.1X4X6 + 0.86X5^2 + 0.63X5X6 + 0.089X6^2 \quad (٦)$$

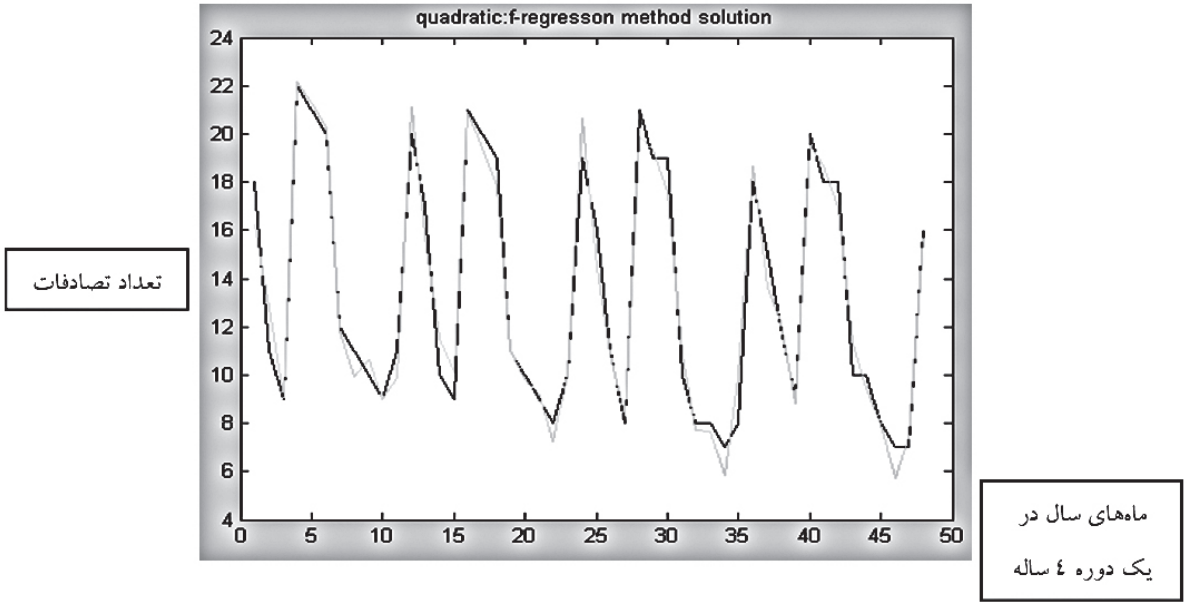
۵-۱-۳ مدل توانی

۱- مدل توانی - حداقل مربعات

مدل توانی حداقل مربعات، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (۷) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (۵) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال



شکل ۳. برازش مدل درجه دو - حداقل مربعات



شکل ٤. برازش مدل درجه دو - رگرسیون

(که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$Y = 8.46 \times 10^{-10} X_1^{-0.1754} X_2^{0.8805} X_3^{-0.0533} X_4^{1.548} X_5 \quad (۷)$$

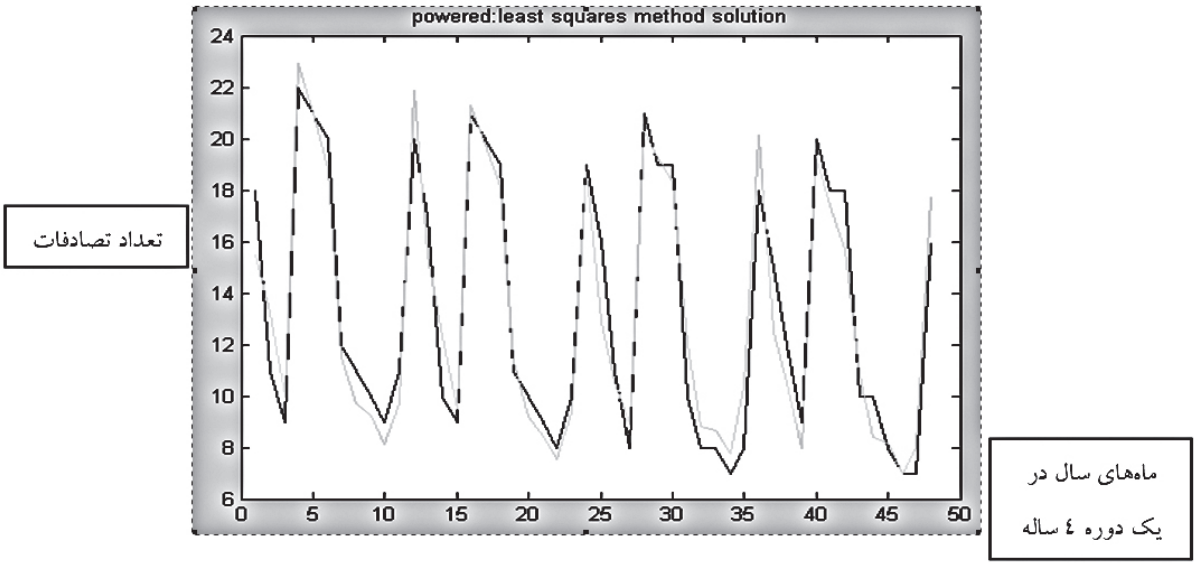
۲- مدل توانی - رگرسیون

مدل توانی رگرسیون، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، برازش داده شد که تمامی ضرایب با مقادیر "صفر" ظاهر شد! بنابراین برای این حالت، هیچگونه مدلی مطرح نمی‌گردد.

٥-۱-٤ مدل نمایی

۱- مدل نمایی - حداقل مربعات

مدل نمایی حداقل مربعات، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به



شکل ۵. برازش مدل توانی - حداقل مربعات

صورت معادله (۸) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (٦) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$Y = 0.529\exp(-0.036X1 + 9.53\times10^{-5}X2 - 3.29\times10^{-4}X3 + 0.045X4 + 0.0104X5 + 0.006X6) \quad (۸)$$

۲- مدل نمایی - رگرسیون

مدل نمایی رگرسیون، با استفاده از نرم‌افزار FuReA، به صورت معادله (۹) برازش شده‌است. همچنین مقادیر پیش بینی شده مربوط به تعداد تصادفات رمپ‌های فرودگاه مهرآباد، حاصل از مدل در مقایسه با مقادیر مشاهدات (داده‌های آماری) در شکل (۷) نشان داده شده‌است که محور افقی نشان دهنده ماه‌های سال (که در مدت ٤سال، ٤٨ماه است) و محور قائم نشان دهنده تعداد تصادفات است.

$$Y = 0.2594\exp(-0.151X1 + 8.1\times10^{-5}X2 - 2.09\times10^{-4}X3 + 0.0061X4 + 0.0358X5 + 0.0177X6) \quad (۹)$$

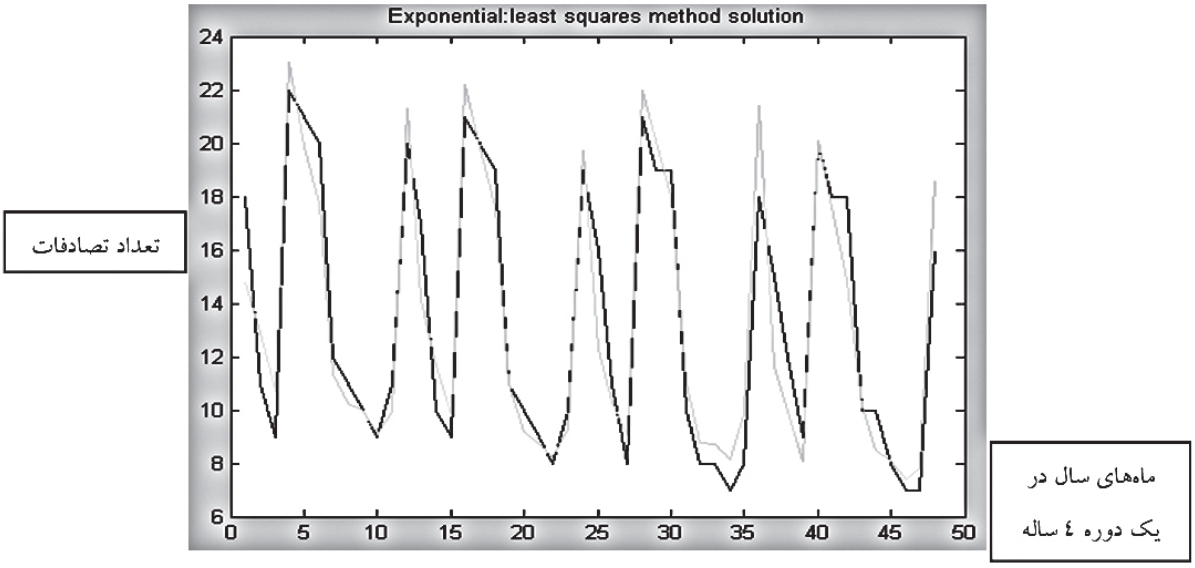
۵-۱-۵ آزمون مربع خطاها

در این قسمت مجموع مربع خطاهای مربوط به هر مدل تعیین شده است تا بتوان بر اساس آن بهترین مدل را در بین مابقی مدل‌ها شناسایی نمود. برای این کار، تفاضل مقادیر مربوط به y (تعداد تصادفات) در دو حالت مدل و مشاهداتی برای هر داده، محاسبه شده و مجموع مربعات مربوط به آن تعیین می‌گردد که نتایج مربوطه در جدول (۲) نشان داده شده است.

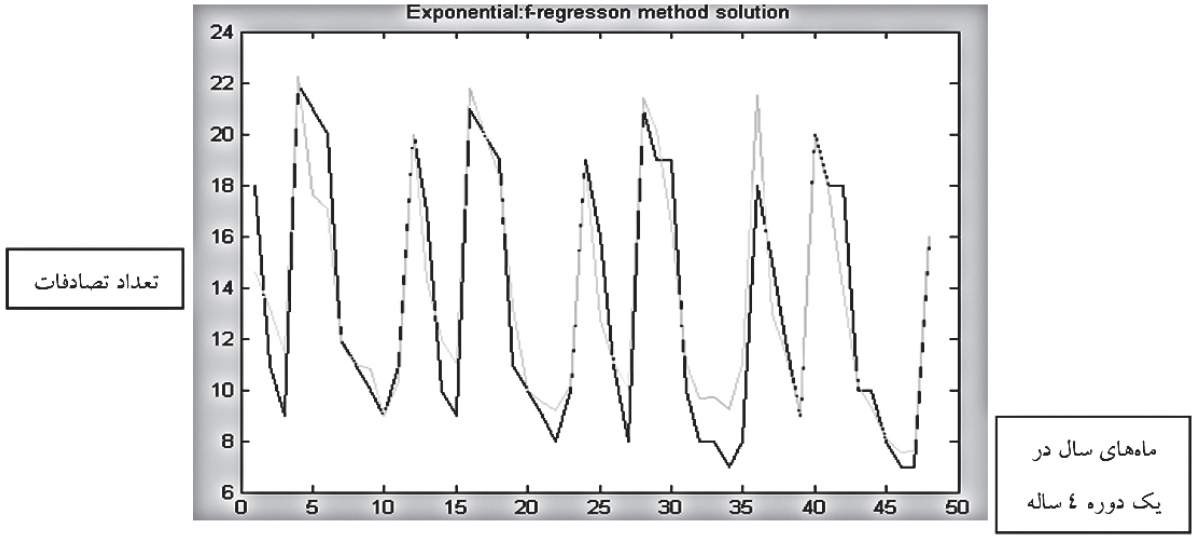
با توجه به مجموع مربع خطاها برای تمامی مدل‌ها، و بررسی میزان هم پوشانی مدل ها با داده‌های مشاهداتی، طبق شکِ نمودارها، مشاهده می‌شود که مدل "مدل درجه دوم - حداقل مربعات" کمترین میزان خطاها و بیشترین هم‌پوشانی را داشته و بهترین حالت را در میان دیگر مدل‌های رگرسیون فازی داراست.

۵-۲ برازش مدل پیش بینی شبکه عصبی

بر اساس این مدل، ارتباطات بین متغیرها از هر نوعی می‌تواند باشد. یکی از ویژگیهای این مدل این است که در حالتهای خاص، می‌توان مدلهای رگرسیونی از جمله: رگرسیون لجستیک، پواسن و غیره را نتیجه گرفت. تفاوت عمده برازش مدل به داده ها از این روش در مقایسه با روش های رگرسیونی این است که هیچ



شکل ٦. برازش مدل نمایی - حداقل مربعات



شکل ۷. برازش مدل نمایی - رگرسیون

پیش فرضی بر روی داه ها وجود ندارد، بنابراین نتایج برازش مدل تحت تاثیر استقلال و یا نرمال بودن مشاهدات قرار نمی‌گیرد. ویژگی دوم و مهم‌تر شبکه عصبی، یافتن متغیرهای پنهان در مدل است. در برازش مدل از این طریق، ابتدا لایه ای از متغیرهای پنهان به مسئله افزوده می‌شود که این متغیرهای پنهان، توابعی از ترکیبات خطی متغیرهای مستقل هستند. به منظور پیش بینی مقادیر متغیر پاسخ، از این متغیرهای پنهان به عنوان متغیرهای مستقل جدید استفاده می‌شود و پارامترهای مدل ارتباطی آنها با متغیر پاسخ برآورد می‌شود. در نتیجه برازش مدل توسط شبکه های عصبی در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله اول، متغیر پاسخ همان متغیر پنهان است که برآورد می‌شود و در مرحله دوم نیز متغیر مستقل مدل همان متغیر پنهان خواهد بود. دو تابع مهم فعالسازی در شبکه عصبی که اغلب مورد استفاده قرار می گیرند، توابع تانژانت هایپربولیک و توابع سیگموئید هستند که ارتباط میان متغیر پنهان و متغیرهای مستقل را تعیین می کنند. این توابع را به صورت معادلات (۱۰) و (۱۱) تعریف می‌کنند.

جدول ۲. مجموع مربع خطاها

	مدل	مربع خطاها
خطی	حداقل مربعات	۹٤/۹۳۷۲
	رگرسیون	۳۳٥/٤٥٦۳
درجه دو	حداقل مربعات	٤۰/٥۳٤۸
	رگرسیون	٤۱/۰۰٥۷
توانی	حداقل مربعات	۸٤/٤۲٥۰
	رگرسیون	-
نمایی	حداقل مربعات	۱۱۸/۲۷۸٥
	رگرسیون	۱٤٤/۸٦٦۲

$$y(x) = \tanh(x) = \frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}} \quad (۱۰)$$

$$y(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (۱۱)$$

که مدل اول معرف تابع تانژانت هایپربولیک و مدل دوم نیز معرف تابع سیگموئید است. در این مدل ها x معرف متغیر مستقل مسئله و y نیز معرف مقادیر متغیر پنهان خواهد بود.

بر اساس پارامترهای بدست آمده، می‌توان مدل پیش بینی کننده توسط متغیرهای پنهان را به صورت معادله (۱۲) ارائه نمود.

$$Y = 0.107 + 0.192H(1:1) - 0.34H(1:2) - 0.32H(1:3) - 0.549H(1:4) + error \quad (۱۲)$$

که در آن:

$$H(1:1) = \tanh(u_1)$$
$$u_1 = -0.419 + 0.29X_1 - 0.393X_2 - 0.343X_3 + 0.162X_4 - 0.109X_5 - 0.352X_6$$

$$H(1:2) = \tanh(u_2)$$
$$u_2 = 0.157 + 0.304X_1 + 0.255X_2 + 0.086X_3 - 0.138X_4 + 0.007X_5 + 0.422X_6$$

$$H(1:3) = \tanh(u_3)$$
$$u_3 = -0.014 + 0.122X_1 + 0.108X_2 - 0.109X_3 - 0.478X_4 - 0.097X_5 + 0.215X_6$$

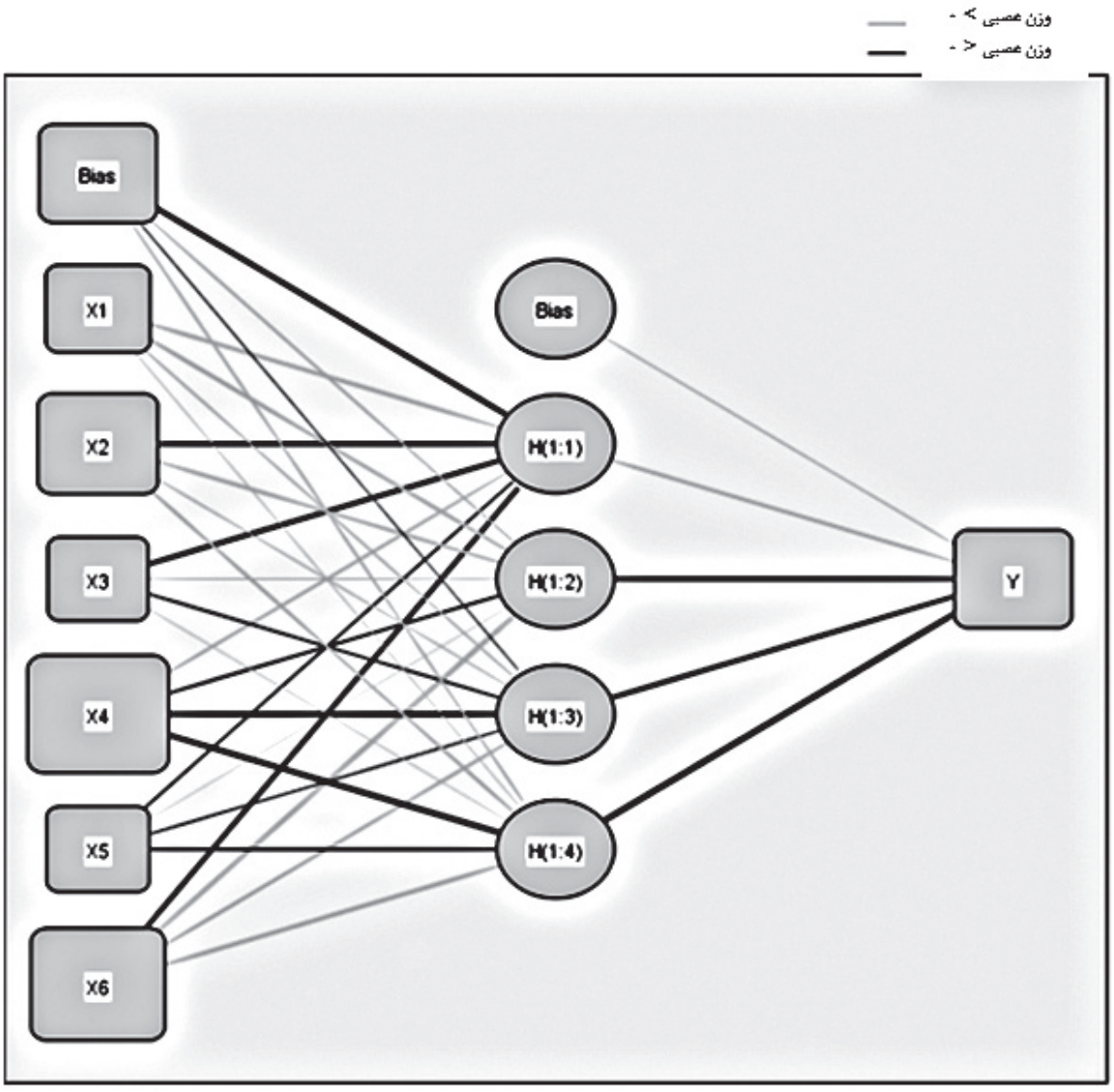
$$H(1:4) = \tanh(u_4)$$
$$u_4 = 0.159 + 0.064X_1 + 0.202X_2 + 0.043X_3 - 0.441X_4 - 0.200X_5 + 0.296X_6$$

نتایج برازش مدل پیش بینی، با استفاده از شبکه عصبی و همچنین ارتباطات بین متغیرها در شکل (۸) خلاصه شده است.

۵-۳ نتایج نهایی مقایسه بین مدل ها

از آنجا که از دو روش رگرسیون فازی و شبکه عصبی در این مقاله استفاده شده است و نمی‌توان این دو را با هم مقایسه نمود (چون اساس کار هر دو کاملا متفاوت بوده و از یک جنس نیست که قابل مقایسه باشد) بنابراین در این قسمت سعی شده است ترکیبی از این دو مدل به عنوان نتیجه نهایی نشان داده شود تا دربرگیرنده هر دو بوده و باعث تکمیل یکدیگر شوند. در واقع با استفاده از مدل رگرسیون فازی، مدل پیشنهادی تعیین می‌گردد و با استفاده از مدل شبکه‌عصبی میزان اهمیت هر عامل و همچنین مهم ترین عوامل در بروز حوادث تعیین می‌گردد.

با توجه به بررسی تمامی مدل‌های رگرسیون فازی، مشخص شد که مدل درجه دو- حداقل مربعات دارای کمترین میزان مربع خطاها بوده (مجموع مربع خطاها برابر با ٤۰/٥۳ است) و نسبت به مابقی مدل‌ها، دارای هم‌پوشانی بیشتری با مقادیر داده‌های آماری است. بنابراین مدلی که برای پیش‌بینی تعداد تصادفات در رمپ فرودگاه استفاده می‌شود به صورت معادله (۱۳) تعریف می‌گردد که هم‌پوشانی آن با مقادیر واقعی مانند شکل (۹) خواهد بود.



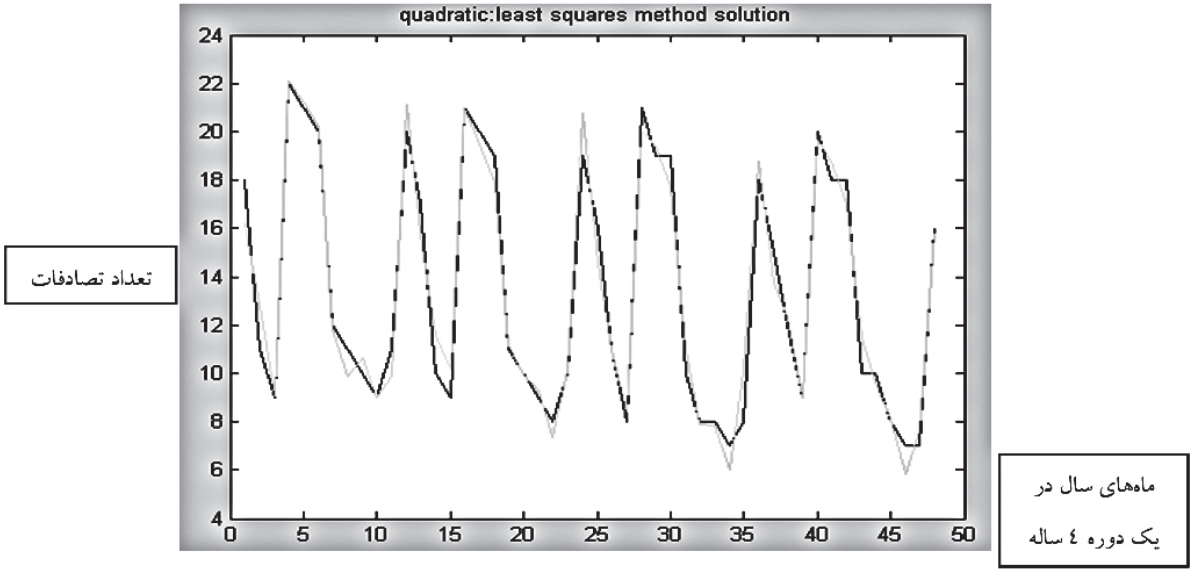
شکل ۸. برازش مدل پیش بینی با استفاده از شبکه عصبی

$$Y = 34180 + 135.9X1 - 0.009033X2 - 3.077X3 - 538.9X4 - 274.2X5 - 120.4X6 + 1.007X1^2 + 1.554 \times 10^{-4}X1X2 + 0.023X1X3 - 0.48X1X4 - 1.013X1X5 - 0.41X1X6 - 7.596 \times 10^{-8}X2^2 - 4.69 \times 10^{-6}X2X3 + 2.16 \times 10^{-4}X2X4 + 2.81 \times 10^{-5}X2X5 - 1.717 \times 10^{-6}X2X6 - 8.69 \times 10^{-4}X3^2 + 0.03X3X4 + 0.013X3X5 + 0.004X3X6 + 2.303X4^2 + 1.85X4X5 + 0.92X4X6 + 0.61X5^2 + 0.52X5X6 + 0.111X6^2 \quad (۱۳)$$

در ادامه با توجه به مدل شبکه عصبی، مشاهده می‌شود، پارامترهای X4 و X6 دارای درجه اهمیت بیشتری نسبت به سایر پارامترها است، در نتیجه تعداد هواپیماهای کوچک (X4) و متوسط عمر هواپیماها (X6) به عنوان مهم ترین عوامل در بروز حوادث شناسایی می‌گردد.

٦. جمع بندی و نتایج

– سوانح هوایی، معمولاً ترکیبی از عوامل خطای انسانی و فنی است که با تقدم و تأخر زمانی باعث تشدید حادثه می‌شوند.



شکل ۹. برازش مدل درجه دو - حداقل مربعات (مدل پیشنهادی نهایی)

تشخیص اینکه کدامیک از این علل، مقدمه بروز سایر عوامل گردیده است، موضوع بسیار پیچیده‌ای است که از رهگذر بررسی صدها اثر باقیمانده از سانحه، به علل آن پی برده می‌شود.

- گاهی اوقات افراد نسبت به مسائل ایمنی آگاه اند، اما به دلیل کم توجهی و یا فرهنگ غلط، مشکلات و حوادث به وجود خواهند آمد و می‌توان دید که با رعایت نکات ایمنی ساده، می‌توان از حوادث جبران ناپذیر در رمپ فرودگاه ها جلوگیری نمود.

- به طور کلی، عوامل بروز حادثه را می‌توان به سه دسته انسان، ابزار و محیط تقسیم کرد که علی‌رغم مخاطره آمیز بودن محیط رمپ فرودگاه و نقص و فرسودگی آن، مقصر اصلی حوادث در اغلب موارد انسان بوده است. البته بی تردید عوامل محیطی و ابزار نیز در به وجود آمدن آن بی تأثیر نبوده‌اند، اما نقش عامل انسانی غیر قابل انکار به نظر می‌رسد.

- از آنجا که از دو روش رگرسیون فازی و شبکه عصبی در این مقاله استفاده شده است و نمی‌توان این دو را با هم مقایسه کرد (چون اساس کار هر دو کاملا متفاوت بوده و از یک جنس نیست که قابل مقایسه باشد)، بنابراین در این قسمت سعی شده است ترکیبی از این دو مدل به عنوان نتیجه نهایی نشان داده شود تا دربرگیرنده هر دو بوده و باعث تکمیل یکدیگر شوند.

- در واقع با استفاده از مدل رگرسیون فازی، مدل پیشنهادی تعیین می‌گردد و با استفاده از مدل شبکه‌عصبی میزان اهمیت هر عامل و همچنین مهم‌ترین عوامل در بروز حوادث تعیین می‌شود.

- با توجه به بررسی تمامی مدل‌های رگرسیون فازی، مشخص شد که مدل درجه دو- حداقل مربعات دارای کمترین میزان مربع خطاها بوده (مجموع مربع خطاها برابر با ٤٠/٥٣ است) و نسبت به مابقی مدل‌ها، دارای هم‌پوشانی بیشتری با مقادیر داده‌های آماری است.

- با توجه به مدل شبکه عصبی، مشاهده می‌شود، پارامترهای X4 و X6 دارای درجه اهمیت بیشتری نسبت به سایر پارامترها است، در نتیجه تعداد هواپیماهای کوچک (X4) و متوسط عمر هواپیماها (X6) به عنوان مهم‌ترین عوامل در بروز حوادث شناسایی می‌شود.

۷. راهکارها و پیشنهادها

بر طبق تحقیقاتی که در زمینه حوادث رمپِ فرودگاه ها صورت گرفته است، راهکار ها و پیشنهادات زیر در رابطه با کاهش این تصادفات مطرح می‌گردد.

۷-۱ پیشنهادهای کلی

در ابتدا یک سری پیشنهادات کلی که بایستی در تمامی رمپ ها رعایت گردند و انجام آنها باعث بهبودِ ایمنی رمپ ها خواهد شد، مطرح می‌شود.

الف- ایجاد کمیته های ایمنی

ارتباطات بین مسئولین فرودگاه و خطوط هوایی و عوامل اجرایی و دیگر بخش های رمپ ها بسیار حیاتی است. کمیته ایمنی آپرون نقش بسزایی در تأمین ایمنی آپرون دارد و بایستی در تمامی فرودگاه ها وجود داشته باشد. حوادث و تصادفات بایستی تحلیل و آنالیز شده و رابطه مشکلات مربوط با حادثه و سپس دوره‌های آموزشی مربوطه شناسایی شوند. هدف اصلی کمیته ایمنی در فرودگاه ها، مدیریت ایمنی، حل مشکلات در رابطه با ایمنی و دور ماندن از منابع دارای ریسک است [Kashanian, 2011].

ب- دوره های آموزشی

بر اساس دلایل ذکر شده در بخش های قبل، نقش آموزش به شکل گسترده‌ای ملاحظه می‌گردد، اپراتوری دستگاه‌های مختلف در رمپ و در کل محیط کاری آن به گونه‌ای است که نیازمند داشتن اطلاعات بیشتری نسبت به مشاغل دیگری در این سطح است. در صورت نبود آگاهی و اطلاعات کافی در کارکنان نمی‌توان انتظار داشت تا استانداردهای لازم جهت ایمنی پرواز از سوی آنان رعایت گردد. بنابراین می‌بایست کلیه کارمندان قبل از ورود به کار و در طی آن تحت آموزش‌های لازم قرار گیرند. همچنین به دلیل تغییرات و پیشرفت‌های مداوم صنعت هوانوردی و تأثیر این تغییرات بر روی قوانین ایمنی، این آموزش‌ها همواره باید به روز باشد و در طی زمان دوره‌های به روز و جدید جهت کارکنان برگزار شود. این اقدام موجب می‌شود همه عوامل انسانی درگیر در یک پرواز از یک سری آگاهی‌های لازم برخوردار شوند.[Sheykholeslami et al. 2010]

ج- فرهنگ سازی

آموزش به تنهایی نمی‌تواند تضمین نماید که کارکنان از آگاهی‌ها و توانمندی‌های خود در حین کار استفاده نمایند. بسیار دیده شده است که علی‌رغم داشتن آگاهی لازم و اطلاع از قوانین ایمنی، باز افراد متمایل به رعایت آنها نبوده و ایمنی و سلامت خود و پرواز را به راحتی به مخاطره می اندازند. همچنین به کار بردن زور و اجبار مانند وضع کردن جریمه، تنبیه و توبیخ تنها باعث می‌شود تا در صورت وجود بازرسین، قوانین توسط افراد رعایت شود و در مواقع دیگر قوانین به راحتی نادیده گرفته شود. تنها در یک صورت می‌توان همواره از عملکرد ایمن تمامی اجزاء سازمان مطمئن بود که ساختار درست عملکردها به صورت یک فرهنگ کاری شاخص در بین همه رواج یابد. [Sheykholeslami et al.2010]

۷-۲ پیشنهادهای اختصاصی

با بررسی مدل های مختلف آماری بکار برده شده در این مقاله، مشاهده می‌شود که مدل شبکه عصبی به علت اینکه حساسیت هر متغییر در مدل را نشان می دهد و در واقع هیچکدام از متغییر ها (عواملِ موثر در بروز تصادفات) حذف نشده بلکه درجه اهمیتِ آنها تعیین می‌گردد، مدلِ بهتری خواهد بود.

در این بخش به بررسی این عوامل پرداخته شده و راهکارهای کاهش و کنترل آنها مطرح می‌گردد.

الف- تعداد هواپیماهای کوچک (X4)

طبق بررسی های صورت گرفته، این عامل، به عنوان مهمترین عاملِ بروز حوادث و تصادفات در محدوده رمپِ فرودگاه، شناسایی شده است. این در حالی است که با مقایسه بین تعداد هواپیماهای کوچک و بزرگ (X4 و X5) مشخص می‌شود که تعداد هواپیماهای کوچک در محدوده رمپ فرودگاه مهرآباد، کمتر از تعداد هواپیماهای بزرگ بوده و در عین حال عاملِ مخربتری در بروز تصادفات است!

به طور کلی می‌توان در این رابطه مسایل زیر را مطرح نمود:

– جایگزین کردن هواپیماهای بزرگ به جای هواپیمای کوچک، در صورتِ امکان، و اقتضا نمودنِ مسایل اقتصادی.
– ایجاد مسیرهای ویژه و علامت گذاری شده برای عبور و مرور این نوع هواپیماها و همچنین اختصاص دادن گیت های خاص و امکانات و تسهیلاتِ ویژه برای اینگونه هواپیماها.
– افزایش تعداد کارکنان زمینی در محدوده این هواپیماها و فراهم نمودن هر چه بیشتر ایمنی
– آموزشهای اختصاصی برای کارکنانی که با این هواپیماها در ارتباطند و توجه ویژه کارکنان زمینی هنگامِ ورود و خروج هواپیماهای کوچک.

ب– متوسط عمر مفید هواپیما (X6)

بعد از پارامترِ مربوط به تعداد هواپیماهای کوچک، متوسط عمر مفید هواپیما به عنوان عاملِ اصلی بروز تصادفات و در واقع دومین عاملِ اصلیِ حوادث شناسایی شد. این عامل هم مانند عاملِ اول، در تمامی مدل های بکار گرفته شده، مشترک بوده و اهمیت ویژه ای دارد و در کل، نشان دهنده فرسوده بودنِ ناوگان هوایی است.
بر این اساس، پیشنهادات زیر مطرح می‌شود:
– جایگزین کردن ناوگان جدید به جای ناوگان فرسوده.
– الزام در رعایت نکاتِ فنیِ مربوط به هواپیما و تجهیزات به منظور افزایش عمر مفید هواپیما.
– آموزش های ویژه برای کارکنان زمینی به منظورِ کاربردِ بهینه از تجهیزات و هواپیماها
– افزایش تعداد ناوگان هوایی که کاهش استفاده‌ی مکرر از یک هواپیما و افزایش عمر مفید آنرا در بر خواهد داشت.

ج– تعداد کل پرواز ها در سال (X2)

با توجه به اینکه در هر فرودگاه، هر ساله تعداد پروازها در حال افزایش است، طبیعی است که این عامل، جزء عوامل موثر در بروز حوادث باشد.
در رابطه با این عامل، پیشنهادات زیر مطرح می‌شود:
– فراهم نمودن یک برنامه زمانی دقیق برای کاهشِ تداخلِ پروازها و الزام در رعایت نمودن این برنامه زمانی.
– در صورتِ امکان، افزایشِ ظرفیت رمپ فرودگاه تا جوابگوی افزایشِ تعداد پروازها باشد.
– به طور کلی افزایشِ محدوده ی رمپ، تعداد ناوگان هوایی، تجهیزات، گیت ها، کارکنان و ...
– در صورتِ امکان، جابجا نمودن پروازها به فرودگاهِ مجاور.

د– تعداد گیت های ورودی رمپ ها (X1)

این عامل و دیگر عواملی که در ادامه به شرحِ آنها پرداخته می‌شود، جزء عوامل کم اهمیت در بروز تصادفات، شناسایی شده اند.
راهکارهایی که در رابطه با کاهشِ اثرِ این عامل مطرح می‌شود، افزایشِ تعداد گیت ها و همچنین برنامه ریزیِ دقیق برای استفاده هر چه مفید تر از محدوده گیت ها است.

و– تعداد هواپیماهای بزرگ (X5)

به علت اینکه این عامل، جزء عوامل کم اهمیت است، بنابراین توصیه می‌شود که با کنترل برنامه‌ی زمانیِ ورود و خروجِ این نوع هواپیماها و رعایت توصیه های ایمنی و فنی، نقش این عامل را در بروز تصادفات کاهش داد.

ه– تعداد کارکنان رمپ (X3)

با توجه به بررسی های صورت گرفته، این عامل کم اهمیت ترین عامل شناسایی شده است و نشان دهنده کافی بودن تعداد کارکنان و همچنین نشان دهنده عملکرد مناسبِ کارکنان در رابطه با نکات ایمنی و فنی است.
علت اینکه این عامل، نقشی هر چند کوچک در بروز حوادث دارد، کاهش تعداد کارکنان در سالِ ۸۹ است (کاهش از ۶۵۳ نفر به ۵۲۱ نفر) که بعلت بازنشستگی تعداد زیادی از کارکنان صورت پذیرفته است. بنابراین با افزایش تعدادِ کارکنان، می‌توان مسایلِ مربوط به محدوده ی رمپ ها را هر چه بهتر کنترل نمود و همچنین با آموزش های اختصاصی و الزام به رعایتِ نکاتِ

ایمنی، می‌توان نقشِ این عامل در بروز تصادفات را رفع و یا کم رنگ کرد.

۸. پیشنهاد برای مطالعات آتی

در انتها قابل ذکر است، از آنجا که در این مقاله از داده‌های میدانی سال های ۱۳۸٦ تا ۱۳۸۹ استفاده شده است، بعضی از پارامترهای مهم و دخیل در تصادفات رمپ ها به علت کوتاه بودن دوره بررسی، حذف شدند. در حالی‌که اگر سال طرح دوری مدنظر باشد (مثلاً سال ۱٤۱۰)، بایستی پارامترهای متغیر دیگری را نیز وارد مدل کرد. بنابراین با مطالعه بیشتر سیاست های صنعت هوایی کشوری، بایستی تغییرات پارامترهای دیگری را نیز در نظر گرفت. از طرفی ممکن است طبق سیاستهای هوایی در آینده، فرودگاه مذکور با تغییراتی فراوانی همراه باشد و یا به طور کلی حذف شود. همان‌طور که در مورد فرودگاه مهرآباد، ابتدا سیاست انتقال پروازهای بین المللی، از مهرآباد به امام خمینی انجام شد و هم اکنون روایاتی بر انتقال کامل پروازها نیز وجود دارد. بنابراین بایستی تمامی عوامل دخیل در سال طرح را پیش بینی نمود تا بتوان مدلی دقیق برای پیش بینی تعداد تصادفات در سال طرح، بیان کرد.

۹. سپاسگزاری

با تشکر فراوان از جناب آقای مهندس خاکسار که در تهیه و تکمیل این مقاله از هیچ کمکی دریغ نکردند. همچنین از کارکنان محترم سازمان هواپیمایی کشوری، به ویژه واحد استاندارد و سوانح که در امر مشاوره و ارائه اطلاعات ما را یاری نمودند، سپاسگزاری می‌شود.

۱۰. پی نوشتها

1- Fuzzy
2- Dubis & Prade
3- Min problem

۱۱. مراجع

– اصفهانی، ا. (۱۳۸۸) "آموزش و ایمنی رمپ"، نگاه برتر، نشریه تخصصی ایمنی هواپیمایی آسمان، شماره ۲۱، شهریور ماه ۱۳۸۸.

– شیخ الاسلامی، عبدالرضا، سقایتی، مجید و نیکرام، الهام (۱۳۸۸) "بررسی نقش آموزش مسائل ایمنی در کاهش هزینه‌های عملکردی حمل و نقل هوایی"، اولین همایش مدیریت حمل و نقل هوایی، ۱۳۸۸.

– کاشانیان، ح. (۱۳۹۰) "سهم آموزش در ایمنی"، نگاه برتر، نشریه تخصصی ایمنی هواپیمایی آسمان، شماره۳۲، خرداد ماه ۱۳۹۰

-Aaronson, J. (2004) "ACI survey on apron incidents/ accidents 2004", Published by ACI World Headquarters, Airport Council International, December 2005.

-ACRP (2011) "Ramp safety practices", SYNTHESIS 29, Transportation Research Board of the National Academies, Metropolitan Washington Airports Authority.

-Chamberlin, Roy, Drew, Charles, Patten, Marcia and Maters, Robert (2004) "Ramp safety", United Kingdom Flight Safety Committee, issue NO.8, June 2004.

-Duffy, T. (2007) "Smart solutions for airport capacity and efficient ramp management", Safe Gate Airport Systems, FAA/NASA/Industry Airport Planning, 13 September 2007.

پیوست ها

پیوست الف

داده های میدانی از فروگاه مهرآباد تهران (قابل ذکر است که داده ها به صورت مجموع در یک سال، ذکر شده اند و در حالت کلی به صورت ماهانه هستند و در محاسبات نیز به صورت ماهانه مورد استفاده قرار گرفته اند)

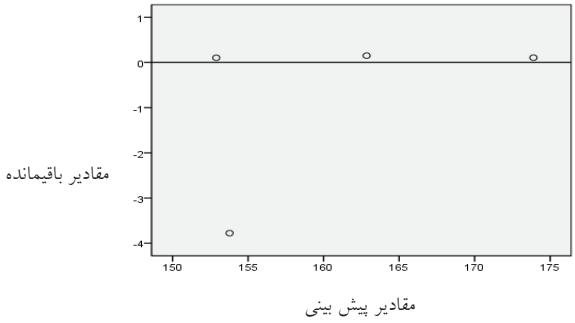
	سال۸٦	سال۸۷	سال۸۸	سال۸۹
سرعت مجاز وسایل نقلیه در محدوده رمپ	۳۰	۳۰	۳۰	**۳۰**
تعداد گیت ها **(X1)**	۳۲	۳۲	۳۳	**٤۰**
تعداد کل پروازها در سال **(X2)**	۹۵۹۱۷	۱۰٤۱٦٦	۱۱۳۱۲٤	**۱۰۷۸۵۲**
تعداد وسایل نقلیه (اتوبوس،یدک کش،وانت و ...)	–	–	–	–
تعداد کل تجهیزات	–	–	–	–
مساحت کل محدوده رمپ	–	–	–	–
تعداد کل کارکنان زمینی **(X3)**	۵۱۳	٦۱۲	٦۵۳	**۵۲۱**
تعداد هواپیماهای کوچک دارای یک راهرو(زیر ۱۰۰نفر) **(X4)**	۲۵	۲۳	۲۲	**۱۹**
تعداد هواپیماهای بزرگ دارای دو راهرو (بالای ۱۰۰نفر) **(X5)**	۸۰	۹۲	۹۰	**۸۸**
متوسط عمر مفید هواپیماها **(X6)**	۲۲	۲۲/٤	۲۲/۸	**۲۳/۳**
تعداد بازدید سالانه از محوطه رمپ در طول سال	۱	۱	۱	**۱**
تعداد دوره های آموزشی در طول سال	٤۲	٤۲	٤۲	**٤۲**
تعداد ساعات کاری کارکنان رمپ در هر روز	۱۳	۱۳	۱۳	**۱۳**
میانگین بارش برف و باران رمپ، در سال	–	–	–	–

پیوست ب

جزئیات آنالیز مدل شبکه عصبی

نتایج برآورد پارامترهای مدل شبکه عصبی

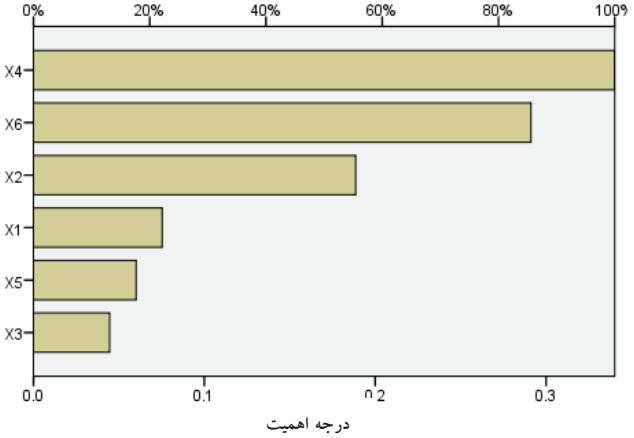
		پیش بینی شده				
		لایه پنهان				متغیر پاسخ
	پیش بینی کننده	H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	Y
لایه ورودی	اریبی	-.419	.157	-.014	.159	
	X1	.290	.304	.122	.064	
	X2	-.393	.255	.108	.202	
	X3	-.343	.086	-.109	.043	
	X4	.162	-.138	-.478	-.441	
	X5	-.109	.007	-.097	-.200	
	X6	-.352	.422	.215	.296	
لایه پنهان	اریبی					.107
	H(1:1)					.192
	H(1:2)					-.340
	H(1:3)					-.320
	H(1:4)					-.549



نمودار مقادیر باقیمانده برای مشاهدات در مدل شبکه عصبی

ضرایب تاثیر در مدل شبکه عصبی

متغیر های مستقل	ضریب اهمیت	ضریب اهمیت نرمال شده
X1	۰,۰۷۵	٪۲۲,۱
X2	۰,۱۸۹	٪۵۵,٤
X3	۰,۰٤۵	٪۱۳,۱
X4	۰,۳٤۰	٪۱۰۰
X5	۰,۰٦۰	٪۱۷,۷
X6	۰,۲۹۱	٪۸۵,٦



ضرایب اهمیت نرمال شده متغیرها