

بهینه‌سازی حرکت سرویس‌رسان‌های فرودگاهی در شرایط اضطراری

ابوذر رمضان‌ی* - دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی، مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر؛
abouzar.ramezani@gmail.com

محمد رضا ملک - دانشیار، گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
حمید دهقانی - استادیار، پژوهشکده آفا، مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
حبیب اله سهامی - استادیار، مرکز پژوهشی علوم و فناوری آمایش و مکانیابی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر
رضا حسنوی - دانشیار، مجتمع آمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۱

چکیده

توسعه‌ی حمل و نقل هوایی موجب تغییرات فراوانی در فرودگاه‌ها شده است. تعداد اپرون‌ها و پایانه‌ها از نظر پیچیدگی و اندازه رو به افزایش است. به علت افزایش تعداد پروازها، تعداد هواپیماها و به تبع آن افزایش تجهیزات، وسائل نقلیه و موانع ثابت، احتمال وقوع بحران در فرودگاه افزایش یافته است.

با توجه به این موضوع، تحقیق قابل توجهی برای کاهش بحران در فرودگاه‌ها و بهینه‌سازی دسترسی سرویس‌رسانان به هواپیماها انجام نشده است. سامانه‌ی اطلاعات مکانی، با توانایی‌هایی که در تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی ارائه داده است، متخصصان و مهندسان فرودگاه‌ها را در به‌کارگیری آن برای بهبود مدیریت بحران در فرودگاه راغب کرده است. در این تحقیق اطلاعات مکانی و زمانی مربوط به سرویس‌رسانی در فرودگاه، که یکی از عوامل اصلی وقوع بحران در فرودگاه است، به صورت غیرآنی تجزیه و تحلیل شده و شیوه‌ای نو برای بهینه‌سازی دسترسی سرویس‌رسانان به هواپیماها و در نتیجه کاهش بحران در فرودگاه ارائه شده است. هدف به‌کارگیری این شیوه بهینه‌سازی دسترسی خودروهایی سرویس‌رسان (با شرط تأخیر نداشتن پروازها) برای کاهش بحران در فرودگاه است. در طرح پیشنهادی عملیات سرویس‌رسانی با در نظر گرفتن دو حالت منجر به کاهش بحران می‌شود: در حالت اول سرویس‌رسان پس از ارائه‌ی سرویس به جایگاه دائم باز می‌گردد و در حالت دیگر سرویس‌رسان پس از ارائه‌ی سرویس در جایگاه موقت توقف می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که در هر دو حالت با کاهش تعداد سرویس‌رسان‌ها در سطح فرودگاه‌ها از میزان بحران کاسته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سامانه‌ی اطلاعات مکانی، فرودگاه، سرویس پوش و تاو، دسترسی، مدیریت بحران

۵

شماره هفتم

بهار و تابستان
۱۳۹۴

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



Optimization of Airport Service cars Motion in Emergencies

Aboozar Ramezani^{*1}, Mohammad Reza Malek², Hamid Dehghani³, Habib Sahami⁴, Reza Hosnavi⁵

Abstract

Despite the traffic increases at the international airports, limited studies have been carried out to improve efficiency and accessibility of mechanics and servicemen to the plain and regarded facilities. GIS becomes a beneficiary tool for the airport managers to improve the process of managing of airports. This paper aims to apply GIS as an analyzing tool in the airport field. The main innovative contribution of this research is using offline spatiotemporal data analysis and introducing an efficient algorithm for service automobiles. The allocation optimization was carried out based on the reduction in departure time using deferment constraint. Allocation has been done by considering the aircraft push and tow required time and its distance for a service car. In this proposed solution service operation was optimized with considering two situations: returning the service car to its Equipment Parking Area or EPA when delivering service and the service car parks in Equipment Staging Area or ESA. The achieved numerical results in Mehrabad international airport indicate in both situations; departure delay is less than usual method. The outcomes of minimizing service cars are: traffic fa-

1 PhD Student of GIS, Faculty of Logistics and Passive Defense, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran; Email: abouzar.ramezani@gmail.com

2 Associate Professor, GIS Department, Faculty of Geodesy and Geomatic Engineering, K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

3 Assistant Professor, AFA Department, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

4 Assistant Professor, Logistics and location Department, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

5 Associate Professor, Malek ashtar University of Technology, Tehran, Iran.

cilitation, increase management efficiency, decrease hazards due to the large number of service cars and increase safety in the airport field.

Keywords: GIS, Pushback tractor, Airport, allocation, Emergency Management

مقدمه

توسعه‌ی حمل و نقل هوایی موجب ایجاد تغییرات بسیاری در فرودگاه‌ها شده است. تعداد پروان‌ها و پایانه‌ها از نظر پیچیدگی و اندازه، رو به افزایش است. به علت افزایش حرکت هواپیماها و به تبع آن افزایش تجهیزات، وسائل نقلیه و موانع ثابت، پروان‌ها به شدت در حال شلوغ شدن هستند [۱]. همه‌ی این عوامل در کنار یکدیگر، عاملی برای افزایش احتمال وقوع بحران در فرودگاه است. منشأ بسیاری از اختلالات و بحران‌ها در فرودگاه خودروهایی سرویس‌رسان است. یکی از راه‌های کاهش بحران ناشی از سرویس‌رسان‌ها، بهبود دسترسی سرویس‌رسان‌ها به هواپیماها است که نتیجه‌ی آن کاهش تردد سرویس‌رسان‌ها در فرودگاه است.

امروزه تحلیلگران و مهندسان فرودگاه‌ها به GIS روی آورده‌اند تا تلاش‌های آن‌ها در برنامه‌ریزی، نگهداری و مدیریت، پشتیبانی شود و برای مدیریت بحران در فرودگاه از توانایی GIS استفاده کنند. استفاده از GIS می‌تواند در مدیریت مسیرهای پروازی، برنامه‌ریزی پیکربندی فرودگاه و مدیریت سرویس‌رسانان، مدیران فرودگاه را یاری دهد و موجب کاهش بحران گردد. یکی از معضلاتی که فرودگاه‌ها همواره با آن روبه‌رو بوده‌اند، وجود اختلال در سرویس‌رسانی به هواپیما و در نتیجه تأخیر در زمان پرواز است. همچنین با افزایش تعداد پروازها نیاز به سرویس‌رسان‌ها در سطح فرودگاه نیز افزایش یافته است تا پاسخ‌گویی ارائه‌ی خدمات به هواپیماهای آماده‌ی پرواز باشند [۲].

ابعاد مکانی و زمانی بخش اصلی پایش در سطح فرودگاه‌ها را برای مسئولان فرودگاه تشکیل داده است، که رشد مداوم حرکت سرویس‌رسانان در سطح فرودگاه منجر به بیشتر شدن تعداد حوادث در سطح فرودگاه می‌شود [۳]. در این تحقیق با تحلیل داده‌های مکانی و زمانی ثبت شده برای سرویس‌رسانی به هواپیماها، در پی راه‌حلی برای کاهش آمد و شد در سطح فرودگاه و کاهش بحران در سطح فرودگاه هستیم. تحلیل داده‌های ثبت شده، راه‌حل پیش‌گیری از اوضاع خطرناک و تصادفات است تا در صورت افزایش شدت، میزان تصادفات و حوادث افزایش پیدا نکند. کاهش تصادفات، کاهش اختلال و محدودیت در عملیات و کاهش هزینه‌ها را به همراه خواهد داشت [۴].

هدف از این تحقیق افزایش ایمنی مطابق با استانداردهای ایمنی [۴] است و شامل موارد مرتبط با موارد زیر است:

- تخصیص مسئولیت‌ها
- تشخیص مخاطرات و مدیریت خطرپذیری
- گزارش و تحلیل حوادث مرتبط با ایمنی
- پایش عملکرد.

تحلیل‌ها به شکل غیرآنی و از طریق یک ابزار بصری انجام شده است تا تصمیم‌گیرندگان را در یافتن روابط علت و معلول بین مشاهدات توانا کند و بتوانند بهترین راه‌حل را ارائه کنند. برای آشنایی بیشتر با فرودگاه در اینجا به بیان اصطلاحات و تعاریف در حوزه‌ی فرودگاه پرداخته می‌شود.

خط مرزی پروان (ABL)^۲: این خط حریم پروان را از تاکسی‌وی‌ها مشخص می‌کند.

منطقه‌ی استقرار تجهیزات (EPA)^۳: محوطه‌ای محصور برای استقرار تجهیزات هندلینگ زمینی است. از این منطقه می‌توان برای توقف طولانی یا کوتاه‌مدت خودروها و نیز استقرار تجهیزات آماده‌ی سرویس استفاده کرد.

منطقه‌ی ایمن پیرامون هواپیما (ASA)^۵: منطقه‌ای است که در هنگام عملیات هندلینگ، هواپیما در آن متوقف است و از سایر هواپیماها حداقل ۷/۵ متر فاصله دارد. البته به‌جز فاصله‌ی نوک بال‌ها که در صورت لزوم می‌تواند تا حداقل میزان مجاز کاهش یابد. در هنگام خروج هواپیما باید همه‌ی خودروها و تجهیزات از این منطقه تخلیه گردند. ابعاد ASA متناسب با ابعاد بزرگ‌ترین هواپیمایی که در آن موقعیت توقف می‌کند، تعیین می‌گردد.

منطقه‌ی تجهیزات آماده‌ی سرویس (ESA)^۶: این منطقه در فاصله‌ای خارج از ناحیه‌ی ایمن پیرامون هواپیما قرار دارد و خودروها و تجهیزات هندلینگ پیش از ورود هواپیما و شروع هندلینگ در این منطقه به صورت آماده مستقر هستند.

منطقه‌ی توقف ممنوع (NPA)^۷: منطقه‌ی ویژه‌ای که توقف تجهیزات ثابت سوخت‌گیری و سایر تأسیسات ثابت خدماتی [۴].

یکی از راه‌های کاهش بحران در فرودگاه، بهینه‌سازی دسترسی سرویس‌رسانان به هواپیماها و کاهش تردد و شدت در سطح فرودگاه است. سرویس‌رسانان در فرودگاه‌ها از مسیر سرویس‌رسانی^۸ تردد می‌نمایند و حق خروج از این مسیرها را ندارند. مسئله‌ی تسهیل دسترسی در فرودگاه از حیث وجود مسیرهای به شکل شبکه با سایر مسائل متفاوت است و به‌کارگیری GIS را نمود بیشتری می‌دهد، زیرا یکی از توانایی‌های GIS ارائه‌ی ابزار تحلیل شبکه است. سرویس‌رسانی در فرودگاه دربرگیرنده‌ی عوامل مکانی و زمانی است که سامانه‌ی اطلاعات مکانی در این زمینه تحلیل‌های کارآمدی به همراه دارد. در این تحقیق نیز تحلیل شبکه به‌منزله‌ی یک ابزار بهینه‌سازی دسترسی سرویس‌رسانان به هواپیماها مورد استفاده قرار گرفته است. از سخت‌افزار GPS^۹ به‌منزله‌ی ابزار مشخص‌کننده‌ی موقعیت سرویس‌رسانان و هواپیماها استفاده شده است.

در فرودگاه هر یک از عوامل نام مشخصی دارند که در تصویر ۱ جزئیات موجود در فرودگاه و مناطقی که در فرودگاه با تعریف مشخصی وجود دارند، مانند مسیر تاکسی کردن هواپیما^{۱۰}، توقفگاه^{۱۱} و مسیر سرویس‌رسانی آورده شده است.



تصویر ۱: مسیر تاکسی کردن هواپیما، توقفگاه و مسیر سرویس رسانی در فرودگاه امام

در فرودگاه‌ها سرویس‌های مختلفی ارائه می‌شود که یکی از این سرویس‌ها، سرویس پوش و تاو^{۱۳} است. در این سرویس هواپیما به کمک یدک‌کش از توقفگاه به تاکسی‌وی منتقل می‌شود. نبود تحقیق قابل ارزیابی و قابل تأمل در زمینه‌ی کاهش بحران در فرودگاه به وسیله‌ی کاهش تردد سرویس‌رسانان در فرودگاه‌ها و نیاز بیش از پیش فرودگاه‌ها در افزایش ایمنی درون فرودگاه ما را بر آن داشت تا به دنبال راه‌حلی برای بهبود مدیریت بحران در فرودگاه‌ها باشیم. تحقیقات فرودگاهی جهت مدیریت بحران بیشتر برای ارائه‌ی جدول زمان‌بندی در هریک از عملیات درون فرودگاهی و مدیریت تاکسی‌وی‌ها و باندها می‌باشد.

پیشینه‌ی پژوهش

یکی از راه‌های کاهش بحران در فرودگاه به‌کارگیری سامانه‌ی یکپارچه‌ی GPS/GIS است. این سامانه می‌تواند برای استفاده‌ی بهینه از توقفگاه، تاکسی‌وی، ران‌وی، مدیریت و دسترسی سرویس‌رسان‌ها مؤثر باشد. این سامانه از سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی، برای پیش‌موقعیت سرویس‌رسان‌ها و هواپیماها در سطح فرودگاه به صورت آنی، و نرم‌افزار GIS، برای برنامه‌ریزی‌های مختلف، تشکیل شده است [۵]. در این تحقیق، دسترسی بهینه با توجه به موقعیت هواپیما و سرویس‌رسان صورت می‌پذیرد که این سامانه‌ی یکپارچه ابزاری سودمند برای مرکز پایش و مدیریت بحران در فرودگاه است. در واقع با کمک GPS موقعیت هواپیما و سرویس‌رسان مشخص می‌شود و تحلیل‌های مورد نیاز برای دسترسی بهینه‌ی سرویس‌رسانان به هواپیماها به کمک GIS صورت خواهد پذیرفت.

مهیا ساختن ایمنی مطلوب در سطح فرودگاه نیازمند مدیریت یکپارچه در سرتاسر فرودگاه است که به دلیل استقلال

فعالیت مدیران، وقوع این موضوع امکان‌پذیر نیست. این شیوه‌ی کار کردن منجر به کاهش کارایی فرودگاه‌ها و افزایش تعداد تصادفات می‌شود. طرح ایرنت^{۱۴} با توسعه‌ی یک پلت‌فرم (سکوی نرم‌افزاری) کم‌هزینه، مدیریت ایمنی در سطح فرودگاه را فراهم کرده است. پلت‌فرم ایرنت برای بهبود پایش در فرودگاه، ساختاری ارائه داده است که نظارت، پایش، راهنمایی و بیش از پیش سرویس‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت بحران در فرودگاه را امکان‌پذیر می‌کند [۶].

کاساکاو و دیگران [۷] سامانه‌ای برای تفکیک مسیر حرکت وسایل نقلیه و هواپیماهای در حال حرکت در سطح فرودگاه توسعه داده‌اند، که راه‌حلی مؤثر در کاهش بحران در فرودگاه است. این سامانه از سخت‌افزار سامانه‌ی موقعیت‌یاب جهانی برای مشخص کردن موقعیت سرویس‌رسانان و هواپیماها به صورت آنی و نرم‌افزار سامانه‌ی اطلاعات مکانی برای مسیریابی وسایل نقلیه‌ی زمینی و هواپیماها تشکیل شده است.

در پژوهشی دیگر رویکرد نوینی ارائه شده و یک داشبورد^{۱۵} مکانی که نمایشگر شاخص‌های اندازه‌گیری عملکرد ایمن در دو بعد است، معرفی شده است. این سامانه از سامانه‌ی جهت‌یابی ماهواره‌ای برای تأمین ایمنی حرکت وسایل نقلیه در محیط فرودگاه، استفاده می‌کند [۸]. در واقع این داشبورد مکانی، مسئولان فرودگاه را در مدیریت بحران یاری می‌دهد.

در پژوهشی دیگر با استفاده از شبکه‌ی بی‌سیم، یک سامانه‌ی آنبرد و سامانه‌ی پایش زمینی برای افزایش ایمنی در محیط فرودگاه و سامانه‌ای برای هشدار تخلفات در محوطه‌ی فرودگاه و جلوگیری از وقوع بحران ارائه شده است. واحد مدیریت ترافیک، اطلاعاتی در مورد موقعیت متحرک‌ها همچنین سرعت، هویت وسایل نقلیه و سایر اطلاعات مرتبط دریافت می‌کند. پس از اجرای

تحلیل‌های مکانی، واحد ترافیک اطلاعات را در قالب نقشه‌ها و هشدارها به رابط‌های انسانی، سرویس‌رسان‌ها و واحد کشف اختلالات و تخلف‌ها می‌فرستد [۹].

در این تحقیق برای بهبود ایمنی در فرودگاه با کمک سامانه‌ی اطلاعات مکانی و به‌کارگیری تحلیل شبکه در مسیر سرویس‌رسانان، حجم عبور و مرور در فرودگاه کاهش داده شده است. در تحقیقی برای اطمینان از حمل و نقل ایمن در فرودگاه سامانه‌ی پایش حرکت زمینی در محوطه‌ی فرودگاه توسعه داده شده است. هدف از پایش حرکات زمینی رعایت استانداردهای ایمنی و مدیریت بهینه‌ی حرکات زمینی با کاهش فضا‌های پر شده با هواپیماها و ارائه‌ی مسیرهای بهینه در شبکه است [۱۰].

در این پژوهش برای کاهش بحران در فرودگاه‌ها، برنامه‌ریزی براساس زمان مورد نیاز هواپیماها برای ورود به مسیر تاکسی کردن هواپیما و فاصله‌ی بین سرویس‌رسان و هواپیما انجام شده است. در تحقیقی [۱۱] برای بهینه‌سازی پروازهای خروجی سیستمی با نام DEPARTS^{۱۵} مطرح شده که کاهش زمان تاکسی‌کردن هواپیما در فرودگاه بین‌المللی آتلانتا را شرح داده است. همچنین برنامه‌ای بهینه برای تخصیص ران‌وی ارائه شده است و در برنامه‌ریزی پروازهای خروجی به ناظران برج مراقبت کمک شده است.

تحقیقات دیگری در برنامه‌ریزی بهینه‌ی پروازهای خروجی برای کاهش بحران و اختلالات انجام شده است. برای مثال می‌توان از توسعه‌ی CAASD به‌منزله‌ی نمونه‌ی آزمایشگاهی از ابزار برنامه‌ریزی پروازهای خروجی برای فرودگاه نیویورک نام برد [۱۲]. در MIT هم تحقیقاتی صورت گرفته و مقالاتی برای معماری سراسری برنامه‌ریزی برای پروازهای خروجی و تحلیل مشکلات موجود در پروازهای خروجی در فرودگاه بوستون صورت گرفته است [۱۳]. در این پژوهش برای برنامه‌ریزی پروازهای خروجی گامی فراتر نهاده شده و به برنامه‌ریزی برای دسترسی بهتر سرویس‌رسان‌ها به هواپیماها پرداخته خواهد شد. در واقع به مسئله به‌گونه‌ای جزئی‌تر می‌پردازیم.

در پژوهش‌های گذشته تحقیق قابل توجهی در مورد استفاده از سخت‌افزار GPS و تحلیل‌های GIS برای بهبود مدیریت بحران در فرودگاه به‌وسیله‌ی کاهش تردد سرویس‌رسانان ارائه نشده است. در بحث‌های بهینه‌سازی در فرودگاه‌ها بیشتر با استفاده از معادلات ریاضی به کاهش زمان سرویس‌رسانی‌ها پرداخته شده است. استفاده از شبکه‌ی یکپارچه‌ی GIS و GPS برای بهبود مدیریت بحران در فرودگاه در بعضی از تحقیقات مشاهده می‌شود. اما در این تحقیقات بیشتر تأکید بر سخت‌افزار و نحوه‌ی استفاده از این شبکه‌ها بوده است. در تحقیقات قبلی نحوه‌ی یکپارچه‌سازی GIS و GPS توضیح داده شده است. در این پژوهش سخت‌افزار GPS بر روی سرویس‌رسان‌ها و هواپیماها نصب شده است و نرم‌افزار GIS در مرکز پایش و بر روی سرویس‌رسان‌ها به کار گرفته شده است. با کمک GPS داده‌های ورودی برای پردازش در مرکز پایش آماده می‌شود و سپس با کمک روش پیشنهادی روی داده‌ها پردازش‌هایی انجام می‌شود و به سرویس‌رسان مورد نظر

اعلام می‌شود که از کدام مسیر و به کدام هواپیما سرویس‌رسانی کند تا سرویس‌رسانی با کمترین بحران روبه‌رو باشد. نوآوری این تحقیق در به‌کارگیری روشی جدید برای بهبود مدیریت بحران در فرودگاه است.

مدل‌سازی

سرویس پوش و تاو یکی از چند سرویسی است که به هواپیما ارائه می‌شود. در این سرویس دهی یدک‌کش هواپیما را از توقفگاه به تاکسی‌وی می‌رساند. سرویس‌های دیگری وجود دارد که در فرودگاه به هواپیماها ارائه می‌شود. برای مثال سرویس حمل بار و مسافر، سرویس تهویه‌ی هوا، سرویس آب، سرویس سوخت‌رسانی و سایر سرویس‌های موجود در فرودگاه را می‌توان نام برد. این سرویس‌ها با توجه به شرایط هواپیما در ورود یا خروج و اعلام نیاز آن با ترتیب خاصی ارائه می‌شود. عملیات خدمات‌رسانی به هواپیما برای سرویس‌های مختلف در دو حالت انجام می‌شود:

۱. سرویس‌رسان پس از ارائه‌ی سرویس به جایگاه توقف دائم تجهیزات سرویس‌رسان باز گردد. سرویس سوخت‌رسان باید به همین ترتیب در فرودگاه عمل کند. در این سرویس، سوخت‌رسان تحت تدابیر امنیتی و در یک مسیر مشخص به سمت هواپیمای نیازمند سوخت می‌رود و پس از ارائه‌ی سرویس، به سمت جایگاه اولیه‌ی خودش باز خواهد گشت.

۲. سرویس‌رسان پس از ارائه‌ی سرویس به نزدیک‌ترین جایگاه توقف موقت می‌رود و در آنجا توقف می‌کند. برای مثال اتوبوس حمل مسافر می‌تواند مسافران را از پایانه به هواپیمایی که قصد خروج دارد برساند و سپس از همان‌جا به سمت هواپیمایی که تازه فرود آمده حرکت کند و مسافران آن هواپیما را به پایانه برساند. برای خودروی حمل بار نیز چنین امری صادق است. در سرویس‌های دیگر مثل سرویس تهویه‌گردان^{۱۶}، خودرو می‌تواند بدون بازگشت به جایگاه دائم خود بین تمام هواپیماهایی که نیاز به این سرویس دارند حرکت کند و خدمات مورد نظر را ارائه دهد.

با بهینه‌سازی سرویس پوش و تاو برای دسترسی هواپیما در هر دو حالت می‌توان بحران در فرودگاه را کاهش داد و مدل پیشنهادی را برای سایر سرویس‌ها با تغییرات جزئی تعمیم داد و پیاده‌سازی کرد.

یدک‌کش تنها برای پروازهای خروجی به کار می‌رود و در پاره‌ای از موارد و در شرایط خاص برای پروازهای ورودی نیز کاربرد دارد. این شرایط خاص عبارتند از زمانی که هواپیمای ورودی دچار نقص فنی شده باشد و پس از فرود در فرودگاه قادر به حرکت نباشد؛ برای همین یدک‌کش باید این هواپیما را از ران‌وی تا توقفگاه حمل کند و به جایگاه مختص این هواپیماها برساند. یا در مواردی دیگر اگر چرخ هواپیما پنچر شده باشد، باز هم یدک‌کش به سراغ این هواپیمای تازه به زمین نشسته خواهد رفت و آن را به جایگاه خودش در توقفگاه خواهد رساند. در این تحقیق تدبیری برای

این‌گونه پروازهای ورودی نیز اندیشیده شده که هدف آن مدیریت اختلالات در فرودگاه‌ها است.

بر پایه‌ی مصاحبه‌های حضوری انجام شده با مسئولان سرویس پوش و تاو در فرودگاه، نحوه‌ی ارائه‌ی سرویس توسط خودروی یدک‌کش مورد بررسی قرار گرفت. بنا بر نظر این ۳ کارشناس زمان پوش و تاو برای موقعیت‌های مختلف هواپیماها متفاوت است. بر اساس جایگاه هواپیما، ترافیک اطراف آن و فاصله‌ی آن از تاکسی‌وی، مدت زمانی که یدک‌کش صرف پوش و تاو کردن هواپیما می‌کند، متفاوت است. برای فرودگاه امام مدت زمان پوش و تاو شدن هواپیما از جایگاه خود تا تاکسی‌وی که توسط یدک‌کش انجام می‌شود از ۳ تا ۱۰ دقیقه است. هواپیماها یک ساعت قبل از شروع سفر سرویس‌های مورد نیاز را دریافت می‌کنند.

تمام عملیات فرودگاهی در زمان‌های مشخص و طی ترتیب خاصی انجام می‌شود. وقتی هواپیمایی به زمین می‌نشیند، اول جاگذاری چرخ‌ها انجام می‌شود، سپس برق زمینی به هواپیما متصل می‌شود. بعد از این خدمات، پله‌ی هوایی به هواپیما متصل می‌شود و بعد از آن مسافران هواپیما را ترک می‌کنند. پس از آن مسافران با اتوبوس حمل مسافر به پایانه انتقال داده می‌شوند و در ادامه مرحله‌ی تخلیه‌ی بار است و در نهایت سوخت‌گیری هواپیما را مسئولان هندلینگ فرودگاه انجام خواهند داد. به این ترتیب هر یک از مراحل وابسته به مرحله‌ی قبلی است و تا مرحله‌ی قبلی به طور کامل به اتمام نرسد، مراحل بعدی انجام نخواهد پذیرفت. زمان اجرای همه‌ی این مراحل مشخص است و در یک چارچوب زمانی از پیش تعریف شده انجام می‌شود. نکته‌ی مورد نظر این است که در بهینه‌سازی هر مرحله فرض می‌شود که تمام مراحل قبلی به موقع انجام شده است. یکی از استانداردها در فرودگاه‌ها وجود یک حداقل فاصله‌ی زمانی بین پروازهاست. زیرا پس از برخاست^{۱۷} هواپیماهای بزرگ، گردبادی در ران‌وی ایجاد می‌شود که در پرواز هواپیماهای بعدی اختلال ایجاد می‌کند و ممکن است حوادث جبران‌ناپذیری به همراه داشته باشد. به همین علت در ساعات پرشدآمد فرودگاه برای مدیریت بحران و جلوگیری از وقوع اختلالات در فرودگاه حداقل ۲ دقیقه زمان بین پروازها در نظر گرفته می‌شود.

رابطه‌بندی مسئله

در اینجا رابطه‌بندی و بیان ریاضی شرایط برای حالتی که یدک‌کش به جایگاه خود بازگشته است ارائه می‌شود. برای سهولت، نخست نمادگان خود را شرح می‌دهیم:

- تعداد هواپیما m ، که هواپیما را با i نمایش می‌دهیم.
- تعداد یدک‌کش n ، که یدک‌کش‌ها را با j نشان می‌دهیم.
- تعداد جایگاه هواپیما o ، که جایگاه‌های هواپیما را با نماد k نشان می‌دهیم.

- تعداد جایگاه یدک‌کش g ، که جایگاه یدک‌کش‌ها را با l نشان می‌دهیم.
- زمان پرواز هواپیمای i را از جایگاه k با Td_k^i نشان می‌دهیم.
- زمان آماده بودن هواپیمای i در جایگاه k برای پوش یا تاو شدن که ۱۵ یا ۱۰ دقیقه قبل از زمان پرواز است با Tr_k^i نشان می‌دهیم.
- زمانی که یدک‌کش j سرویس را ارائه کرده و در جایگاه l حضور دارد تا به هواپیمای بعدی سرویس دهد را با Tc_l^j نشان می‌دهیم.
- زمان شروع سرویس برای هواپیمای i توسط یدک‌کش j را با Tsj^i نشان می‌دهیم.
- مدت زمانی که صرف پوش و تاو شدن هواپیمای i توسط یدک‌کش j می‌شود را با tpj^i نشان می‌دهیم.
- زمان اتمام سرویس برای هواپیمای i توسط یدک‌کش j را با Tej^i نشان می‌دهیم.
- فاصله‌ی بین جایگاه یدک‌کش l و جایگاه هواپیمای k را با d_{kl} نشان می‌دهیم.
- زمانی که هواپیما از تاکسی‌وی تا ران‌وی طی می‌کند را با Tt^i نشان می‌دهیم.
- حداکثر سرعتی که یدک‌کش می‌تواند در فرودگاه بین جایگاه خود l و جایگاه هواپیمای k طی کند $30km/h$ است که با v_{kl} نشان می‌دهیم.

در رابطه‌ی ۱، یک مدل ریاضی پیشنهاد شده که اختلاف زمانی بین ساعت پرواز واقعی و ساعت پرواز مدل‌سازی شده را کمینه می‌کند. ساعت پرواز مدل‌سازی شده به این ترتیب حاصل می‌شود که زمان شروع سرویس برای هواپیما، به علاوه‌ی زمانی که توسط یدک‌کش صرف فاصله برای دسترسی به هواپیما می‌شود، به علاوه‌ی زمان صرف‌شده برای پوش و تاو کردن هواپیما، به علاوه‌ی زمانی که هواپیما از تاکسی‌وی تا ران‌وی طی می‌کند، و زمان پرواز هواپیما به دست می‌آید. تخصیص به زمان آماده بودن برای دریافت و ارائه‌ی سرویس از طرف هواپیما و یدک‌کش بستگی دارد. همچنین تخصیص بهینه به فاصله‌ی بین موقعیت هواپیما و یدک‌کش و زمان مورد نیاز هواپیما برای پوش و تاو شدن بستگی خواهد داشت. برای کمینه کردن تعداد سرویس‌رسان این رابطه ابتدا برای یک سرویس‌رسان آزمایش می‌شود. در صورت وجود تأخیر به تعداد سرویس‌رسان‌ها افزوده می‌شود. با به کارگیری این مدل مشخص خواهد شد که کدام سرویس‌رسان به کدام هواپیما خدمات ارائه کند، که این تحلیل به کمک سامانه‌ی اطلاعات مکانی امکان‌پذیر می‌شود، زیرا یکی از عوامل تأثیرگذار فاصله‌ی بین یدک‌کش و هواپیما است. تحلیل شبکه در GIS کوتاه‌ترین مسیر ممکن بین دو مؤلفه را شناسایی و ارائه می‌کند.

رابطه‌ی ۱:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^o \sum_{l=1}^g ((Tsj^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + tpj^i + Tt^i) - Td_k^i) x_{ij} \quad \forall i, j, k, l$$



تصویر ۲: شماره‌ی جایگاه هواپیماها و جایگاه A برای یک‌کش در فرودگاه امام

- در حالتی که یک‌کش به جایگاه دائم خود باز می‌گردد، زمانی که یک‌کش پس از سرویس به هواپیما دوباره آماده‌ی سرویس است برابر است با رابطه‌ی ۵:

$$Ts_j^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + tp_j^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} \quad \forall j \quad \text{رابطه ی ۵:}$$

- ساعت پرواز هواپیما برابر است با زمان شروع سرویس برای هواپیما، به‌علاوه‌ی فاصله‌ی طی شده توسط یک‌کش، به‌علاوه‌ی زمان صرف‌شده برای پوش و تاو کردن هواپیما، به‌علاوه‌ی ۳ دقیقه که در رابطه‌ی ۶ مشاهده می‌کنید.

$$Ts_j^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + tp_j^i + 3 \quad \text{رابطه ی ۶:}$$

- در حالتی که یک‌کش به جایگاه استقرار دائم باز نمی‌گردد، شرایطی دیگر به وجود می‌آید. یک‌کش پس از ارائه‌ی سرویس و دسترسی به هواپیما به جایگاه پارک دائم بر نمی‌گردد و در نزدیک‌ترین جایگاه پارک موقت منتظر دستور مرکز پایش برای سرویس به هواپیما بعدی می‌ماند. در حالت قبل، یعنی زمانی که یک‌کش پس از ارائه‌ی سرویس به جایگاهش باز می‌گشت، زمان آماده بودن یک‌کش پس از ارائه‌ی سرویس وقتی بود که یک‌کش به جایگاه دائم بر می‌گشت و محاسبه‌ی آن هم به همین صورت انجام می‌شد. در این حالت زمان آماده بودن یک‌کش برای ارائه‌ی سرویس، مجموع زمان پوش و تاو و زمان طی شده بین جایگاه یک‌کش و جایگاه هواپیما است. یعنی زمانی که صرف برگشت یک‌کش از کنار هواپیما به جایگاه دائم توقف تجهیزات دیگر وجود ندارد. به این ترتیب شاید بتوان با تعداد یک‌کش کمتر و بدون تأخیر نسبت به حالت قبل به هواپیماها سرویس داد.

شروط مسئله برای حالتی که یک‌کش به جایگاه استقرار دائم باز نمی‌گردد

- بیشتر شروطی که در حل این حالت باید در نظر داشت مانند حالت قبل است. چند تفاوت وجود دارد که در اینجا ذکر می‌شود:
- جایگاه اولیه‌ی یک‌کش در یکی از جایگاه‌های توقف دائم تجهیزات سرویس‌رسان در نظر گرفته شده است.

- اگر هواپیمای i با یک‌کش j سرویس‌دهی شود، x_{ij} برابر ۱ است و در غیر این صورت برابر ۰ است. $x_{ij} \in \{0,1\}$

شروط مسئله برای حالتی که یک‌کش به جایگاه استقرار دائم باز می‌گردد

- جایگاه یک‌کش در یکی از جایگاه‌های توقف دائم تجهیزات سرویس‌رسان یعنی جایگاه A در تصویر ۲ در نظر گرفته شده است. برای مشخص بودن جایگاه هواپیماها و محاسبه‌ی فاصله از جایگاه یک‌کش این جایگاه‌ها در تصویر ۲ شماره‌گذاری شده‌اند.

- خودروی یک‌کش پس از ارائه‌ی سرویس به جایگاه خود باز می‌گردد.
- فواصل تمام جایگاه‌های هواپیما از محل پارک یک‌کش معلوم است.

- خودروی یک‌کش فقط باید از مسیر سرویس‌رسانی حرکت کند.

- حداقل زمانی که باید بین دو پرواز باشد، ۲ دقیقه است.

$$Td_k^{i+1} - Td_k^i \geq 2min \quad \text{رابطه ی ۲:}$$

- هواپیماهایی که زمان پوش کمتری نیاز دارند (کمتر از ۵ دقیقه)، ۱۰ دقیقه قبل از پرواز آماده‌ی پوش یا تاو شدن هستند و هواپیماهایی که زمان پوش بیشتر از ۵ دقیقه دارند، ۱۵ دقیقه قبل از پرواز آماده‌ی پوش و تاو شدن هستند.

رابطه ی ۳:

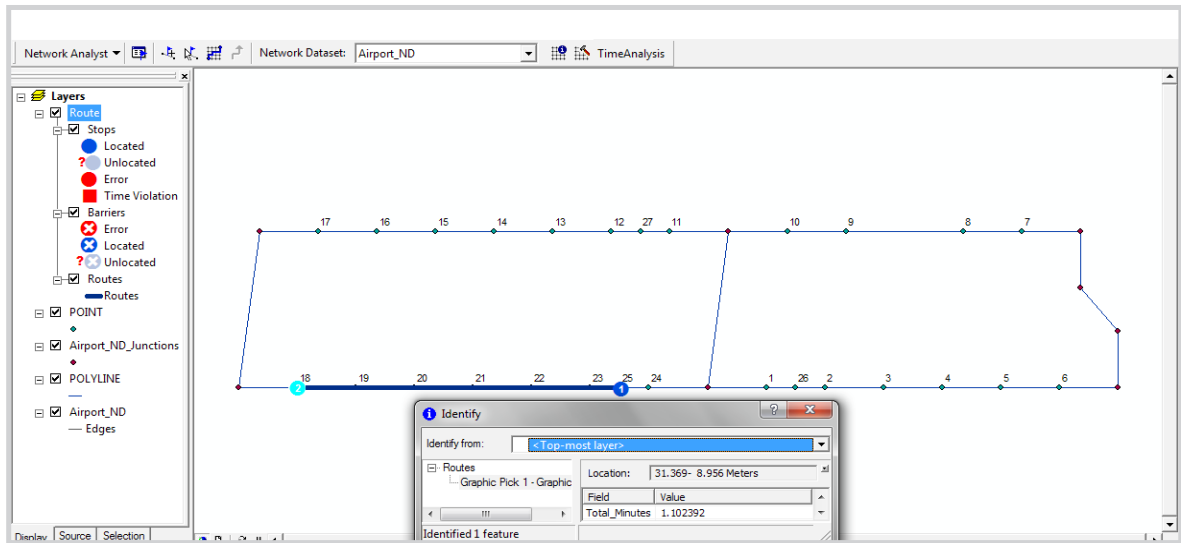
$$T\tau_k^i = \begin{cases} Td_k^i - 15 & \text{if } tp_k^i \geq 5 \\ Td_k^i - 10 & \text{if } tp_k^i < 5 \end{cases}$$

- در این تحقیق برای تمامی هواپیماها فرض می‌شود که فاصله‌ی تاکسی‌وی تا ران‌وی در ۳ دقیقه طی می‌شود. در واقع $T\tau_k^i$ برابر ۳ دقیقه است.

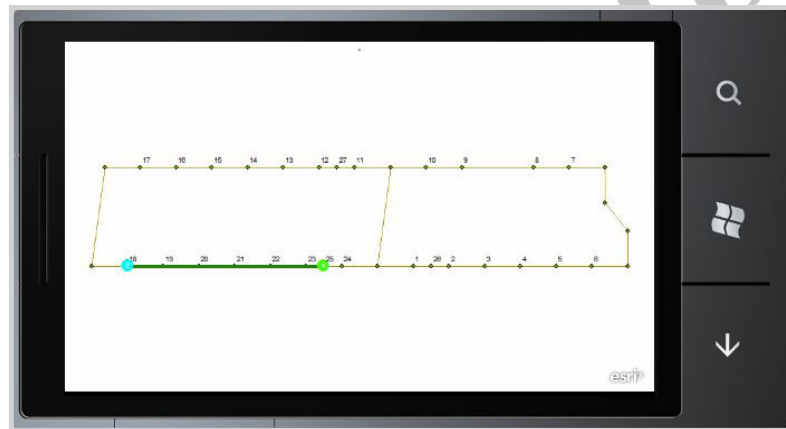
- زمان اتمام سرویس برای هواپیما برابر است با رابطه‌ی ۴.

رابطه ی ۴:

$$Te_j^i = Ts_j^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + tp_j^i$$



تصویر ۳: محاسبه ی کوتاه ترین فاصله ی زمانی بین هواپیما و بدک کش



تصویر ۴: جایگاه و مسیری که بدک کش باید سرویس رسانی کند

EPA و ESA در فرودگاه در نظر گرفته نشده است. به علت موجود بودن دیتا برای فرودگاه امام و استاندارد بودن پیگیربندی فرودگاه امام خمینی و امکان در نظر گرفتن عوامل بیشتر و مدل سازی جامع تر، پیاده سازی در فرودگاه امام صورت گرفت.

مدل پیشنهادی به این ترتیب است که ابتدا بدک کش آماده ی ارائه ی سرویس و سپس هواپیمای آماده ی دریافت سرویس شناسایی می شوند. به این ترتیب که زمان آماده ی سرویس بدک کش ها و زمان آماده ی دریافت سرویس هواپیماها مقایسه می شوند. اگر بدک کش ها زودتر از هواپیماها آماده ی سرویس بودند، برای سرویس رسانی به هواپیماها انتخاب می شوند. با توجه به رابطه ی ۳ زمان مورد نیاز هواپیما برای پوش و تاو شدن با در نظر گرفتن موقعیت هواپیما مشخص است. با استفاده از تحلیل شبکه کوتاه ترین فاصله ی زمانی بین بدک کش ها و هواپیماها شناسایی می شود. محاسبه ی کوتاه ترین فاصله ی زمانی بین هواپیما و بدک کش به کمک ابزار تحلیل شبکه در GIS در تصویر ۳ نشان داده شده است.

سپس مجموع زمان طی فاصله برای بدک کش و زمان مورد نیاز هواپیما برای پوش و تاو محاسبه می شود (رابطه ی ۸).

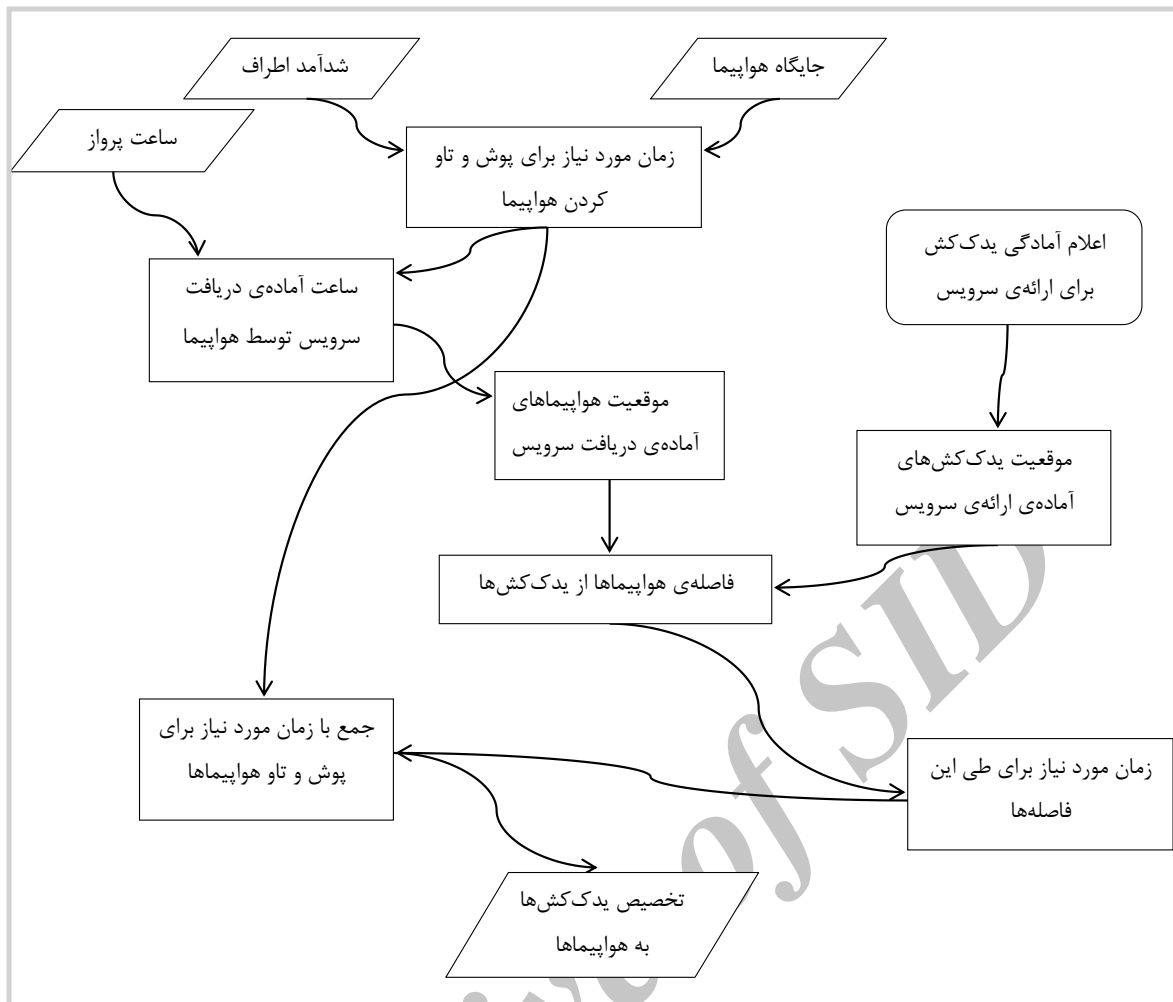
- خودروی بدک کش پس از ارائه ی سرویس به جایگاه خود باز نمی گردد و در نزدیک ترین جایگاه توقف موقت، توقف می کند و منتظر سرویس برای هواپیمای بعدی می ماند.
- در حالتی که بدک کش به جای خود باز نمی گردد، زمانی که بدک کش پس از سرویس به هواپیما دوباره آماده ی سرویس است برابر است با رابطه ی ۷:

$$Tc_1^j + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + tp_j^i \quad \forall j$$

یعنی ساعت شروع سرویس برای هواپیما، به علاوه ی زمان طی شده از جایگاه تا هواپیما، به علاوه ی زمان صرف شده برای سرویس پوش و تاو.

پیاده سازی

برای پیاده سازی یکی از پرتراфик ترین ساعات پروازهای خروجی فرودگاه مهرآباد در نظر گرفته شده است. مسلماً حل مسئله برای ساعات کم ترافیک تر نیز امکان پذیر خواهد بود. در پیگیربندی کلی فرودگاه مهرآباد از استانداردهای روز پیروی نشده و جایگاه های



تصویر ۵: نمودار تخصیص سرویس‌رسان‌ها به هواپیماها

برای ۹ پرواز در ساعت ۱۴:۳۰ الی ۱۵ فرودگاه مهرآباد، با تخصیص یک یدک‌کش، تأخیر فراوانی در پروازها مشاهده می‌شود و به تعداد یدک‌کش‌ها یکی اضافه می‌شود. با دو یدک‌کش در ۵ پرواز تأخیر وجود دارد که مجموع تأخیر برابر است با ۱۴ دقیقه و ۳۰ ثانیه و در نتیجه به تعداد یدک‌کش‌ها یکی دیگر اضافه می‌شود. نتایج برای دسترسی بهینه‌ی ۳ یدک‌کش به هواپیما در جدول ۱ آورده شده است.

نتایج با ۳ یدک‌کش نشان‌دهنده‌ی وضعیت خوبی است. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید تمام پروازها سر موعده از فرودگاه بر می‌خیزند. تنها در پرواز ساعت ۱۵:۰۰ یک دقیقه تأخیر وجود دارد. این نتایج تأییدی بر موضوع کاهش تردد سرویس‌رسان‌ها در محوطه‌ی فرودگاه است، که این مسئله منجر به کاهش بحران در فرودگاه است. در واقع با استفاده از مدل پیشنهادی، بدون اینکه تأخیری در پروازها وجود داشته باشد، با استفاده از سه سرویس‌رسان به ۹ پرواز سرویس‌رسانی شد و هریک از سرویس‌رسان‌ها نیز با استفاده از سیستم همراه کوتاه‌ترین مسیر ممکنه را طی خواهند کرد.

رابطه‌ی ۸: $\{tp_j^i + d_{ki} \forall i, k \mid i \in tr_k^i < Tr_i^i\}$

در مرکز پایش یدک‌کشی که مجموع زمان حاصل از رابطه‌ی ۸ برایش در مورد هر یک از هواپیماها کمترین شود، برای سرویس‌رسانی انتخاب می‌شود. سپس از طریق دستگاه همراه یدک‌کش، هواپیمای مورد نیاز سرویس و بهترین مسیر دسترسی اعلام می‌شود (تصویر ۴). در اینجا نیز، با کمک تحلیل شبکه، کوتاه‌ترین مسیر به یدک‌کش معرفی می‌شود.

برای اینکه تعداد یدک‌کش‌ها نیز کمترین شود، ابتدا مدل پیشنهادی برای حل مسئله برای یک یدک‌کش پیاده‌سازی می‌شود. به این ترتیب تا زمانی که تأخیر در پروازها وجود داشته باشد، به تعداد یدک‌کش‌ها افزوده می‌شود. این مسئله کمک می‌کند که، با کاهش تعداد یدک‌کش‌ها، احتمال وقوع بحران در فرودگاه‌ها کاهش یابد. در تصویر ۵ نمودار کلی بهبود دسترسی سرویس‌رسان‌ها به هواپیماها توضیح داده شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از تخصیص ۳ یدک‌کش در حالتی که یدک‌کش به جایگاه دائم بازگردد

زمان پرواز	جایگاه هواپیما	فاصله از یدک‌کش	زمان صرف پوش و تاو	زمان آماده بودن هواپیما	زمان پرواز مدل‌سازی شده
۱۴:۳۰	۱۸	۴۵۰	۷	۱۴:۱۵	۱۴:۲۶
۱۴:۳۰	۱۳	۱۰۰۰	۵	۱۴:۲۰	۱۴:۳۰
۱۴:۳۵	۴	۶۵۰	۱۰	۱۴:۲۰	۱۴:۳۴:۳۰
۱۴:۳۵	۷	۳۵۰	۴	۱۴:۲۵	۱۴:۳۳
۱۴:۴۵	۱	۳۵۰	۶	۱۴:۳۰	۱۴:۴۰
۱۴:۵۵	۱۹	۱۰۰۰	۸	۱۴:۴۰	۱۴:۵۳
۱۴:۵۵	۱۴	۱۲۰۰	۵	۱۴:۴۵	۱۴:۵۵:۳۰
۱۵:۰۰	۲۱	۱۵۰	۹	۱۴:۴۵	۱۴:۵۷:۳۰
۱۵:۰۰	۱۷	۹۰۰	۴	۱۴:۵۰	۱۵:۰۱

جدول ۲: نتایج تخصیص ۳ یدک‌کش در حالتی که یدک‌کش به جایگاه دائم بازنگردد

زمان پرواز	جایگاه هواپیما	فاصله از یدک‌کش	زمان صرف پوش و تاو	زمان آماده بودن هواپیما	زمان پرواز مدل‌سازی شده
۱۴:۳۰	۱۸	۵۵۰	۷	۱۴:۱۵	۱۴:۲۶
۱۴:۳۰	۱۳	۹۰۰	۵	۱۴:۲۰	۱۴:۳۰
۱۴:۳۵	۴	۵۵۰	۱۰	۱۴:۲۰	۱۴:۳۴:۳۰
۱۴:۳۵	۷	۱۴۵۰	۴	۱۴:۲۵	۱۴:۳۵
۱۴:۴۵	۱	۸۵۰	۶	۱۴:۳۰	۱۴:۴۱
۱۴:۴۵	۹	۸۵۰	۸	۱۴:۴۰	۱۴:۵۳
۱۴:۵۵	۱۴	۱۱۰۰	۴	۱۴:۴۵	۱۴:۵۴:۳۰
۱۵:۰۰	۲۱	۵۰۰	۹	۱۴:۴۵	۱۴:۵۸
۱۵:۰۰	۱۷	۱۲۰۰	۴	۱۴:۵۰	۴:۵۹:۳۰

یدک‌کش‌ها اوقات بیکار در ساعات سرویس‌رسانی دارند، اما مزیت آن مقابله با پیشامدهای اضطراری مثل زمانی است که چرخ هواپیمای ورودی پنجره شده یا دچار نقص فنی شده و قادر به حرکت نیست. به کمک یدک‌کشی که دارای زمان بدون سرویس است، می‌توان به این موارد بحرانی پاسخ گفت و از اختلالات بیشتر در فرودگاه جلوگیری کرد. نسبت به حالت قبل که یدک‌کش به جایگاه دائم باز می‌گشت، پاسخ‌گویی به سرویس‌ها بهتر انجام شده است. در این صورت اگر سرویس‌رسان‌ها به استثنای سوخت‌رسان به جایگاه موقت ارائه‌ی سرویس اعزام شوند، صرفه‌جویی بیشتری در وقت و هزینه خواهد شد و از تردهای بی‌مورد در محوطه‌ی فرودگاه کاسته می‌شود و در نتیجه منجر به کاهش احتمال وقوع بحران در فرودگاه خواهد شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به افزایش روزافزون شدآمد فرودگاهی، مدیران فرودگاهی در پی یافتن راه‌حلی برای کاهش بحران در فرودگاه هستند. یکی از این راه‌ها کاهش تردد سرویس‌رسان‌ها در فرودگاه، برای کاهش احتمال وقوع بحران است. در این تحقیق با ارائه‌ی شیوه‌ای به کمینه‌سازی تعداد سرویس‌رسان‌ها بدون تأخیر زمانی در پروازها و در نتیجه کاهش احتمال وقوع بحران در فرودگاه

موضوع دیگری که در اینجا مطرح می‌شود این است که تدبیری برای هواپیماهای ورودی که در مواقع اضطراری نیاز به یدک‌کش پیدا می‌کنند، اندیشیده شده است. یعنی حل نوعی دیگر از مسئله‌ی مدیریت بحران صورت گرفته است. همان‌طور که مشاهده می‌کنید، این سه یدک‌کش هر کدام در مواقعی از این ۳۰ دقیقه بدون سرویس و آماده برای سرویس‌رسانی هستند. پس اگر هواپیمایی از پروازهای ورودی پنجره شود و یا دچار نقص فنی شود و به یدک‌کش نیاز پیدا کند، توسط آن نیازش پاسخ گفته خواهد شد.

در صورتی که یدک‌کش به جایگاه دائم بازنگردد، در یکی از جایگاه‌های پارک موقت منتظر سرویس‌رسانی به هواپیمای بعدی می‌شود. این حالت برای خیلی از سرویس‌رسان‌ها وجود دارد و آن‌ها موظف به بازگشت به جایگاه دائم نیستند. این مراحل برای پروازهای ساعت ۱۴:۳۰ الی ۱۵ فرودگاه مهرآباد پیاده می‌شود و نتایج آن در جدول ۲ مشاهده می‌شود. در این حالت، برای یک یدک‌کش و دو یدک‌کش پروازها با تأخیر مواجه هستند، ولی زمانی که با ۳ یدک‌کش سرویس‌رسانی صورت بگیرد، تأخیری در پروازها وجود نخواهد داشت.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در هیچ پروازی تأخیر وجود ندارد و مجموع تأخیرها صفر است. در این حالت هم

for Mobiles Surveillance & Alerting. MobiDE'05, Baltimore, Maryland.

7. Casaca, A., Silva, T., Grilo, A., Nunes, M., Presutto, F., and Rebelo, I. (2006). The Use of Wireless Networks for the Surveillance and Control of Vehicles in an Airport Environment. *Proceedings of the 11th IFIP Personal Wireless Communications Conference, Lecture Notes on Computer Science*, Springer, Albacete, Spain, ISBN-10 3-540-45174-9, pp.483-493.
8. Casaca, A., Presutto, F., Rebeo, I., Pestana, G., and Grilo, A. (2004). An Airport Network for Mobiles Surveillance. *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Communication Beijing, China*, ISBN7-121-00308-2, 1703 – 1708.
9. Postorino, M.N., Barrile, V., and Cortroneo, F., (2006). Surface movement ground control by means of a GPS-GIS system. *Journal of Air Transport Management*, 12, 375-381.
10. Frank Barich, Justin Phy, David Jividen (2013). *Guidebook on Integrating GIS in Emergency Management at Airports*. Transportation research board.
11. ACI Asia-Pacific Young (2013). Emergency planning and crisis management for airport business ACI Asia-Pacific Young Executive of the Year Award.
12. Anagnostakis, Ioannis, H. R. Idris, J. P. Clarke, E. Feron, R. J. Hansman, A. R. Odoni and W. D. Hall. (2000). *A Conceptual Design of a Departure Planner Decision Aid*. presented at the 3rd USA/Europe Air Traffic Management R&D Seminar, Naples, Italy.
13. Idris, Husni R., B. Delcaire, I. Anagnostakis, W. D. Hall, N. Pujet. E. Feron, R. J. Hansman, J. P. Clarke, A. R. Odoni, (1998). *Identification of Flow Constraints and Control Points in Departure Operations at Airport System*. AIAA 98-4291, Proceedings AIAA Guidance, Navigation and Control Conference, Boston, MA.
14. Wayne W. Cooper, Jr., Dr. Ellen A. Cherniavsky, James S. DeArmon, J. Glenn Foster, Dr. Michael J. Mills, Dr. Satish C. Mohleji and Frank Z. Zhu, (2009). *Determination of Minimum Push-Back Time Predictability Needed for Near-Term Departure Scheduling using DEPARTS*, The MITRE Corporation Center for Advanced Aviation System Development 7515

پرداختیم. عملیات سرویس‌رسانی در دو حالت انجام می‌شود و بهینه‌سازی برای هر دو حالت پیاده‌سازی می‌شود. به این ترتیب می‌توان طرح پیشنهادی را برای تمام سرویس‌رسان‌ها با توجه به شرایط زمانی و مکانی خاص خودشان و با اندکی تغییر تعمیم داد و برای آن‌ها حل کرد که به تحقیقات آینده واگذار می‌شود. نتیجه‌ی این بهینه‌سازی، برای یکی از پرشدآمدترین ساعات فرودگاه مهرآباد، کاهش تعداد سرویس‌رسان‌ها از ۵ سرویس‌رسان به ۳ سرویس‌رسان در فرودگاه است. پس با این وجود با کاهش تعداد یدک‌کش بدون تأخیر در پروازها و عملی کردن آن برای سایر خودروهای سرویس‌رسان، کاهش احتمال تصادفات، افزایش ایمنی و از همه مهم‌تر مدیریت بحران در پی خواهد بود.

پی‌نوشت

1. Apron
2. Geospatial Information System
3. Apron Boundary Line
4. Equipment Parking Area
5. Aircraft Safety Area
6. Equipment Staging Area
7. No Parking Area
8. Service Road
9. Global Positioning System
10. Taxiway
11. Apron
12. Push & Tow
13. Air Net
14. Dashboard
15. Departure Enhanced Planning And Runway/Taxiway System
16. Air Condition
17. Take Off

منابع

1. ICAO Annex 14 (Aerodromes).
2. Gil Neumann, Mark Ricketson, Kevin Carlson Assoc (2011). *FAA's Airport GIS Program*. operational & Affairs conference.
3. ICAO (2005). Safety Management Manual, International Civil Aviation Organization, Doc 9859 AN/460.
4. ICAO (2001). Manual on Certification of Aerodrome, Doc 9774, 1st edit.
5. Maria Nadia Postorino, Vincenzo Barrile, Francesco Cortroneo (2006). Surface movement ground control by means of a GPS-GIS system. *Journal of Air Transport Management*, 12, 375-381.
6. Gabriel Pestana, Miguel Mira da Silva, Augusto Casaca, João Nunes (2005). *An Airport Decision Support System*

۱۴

شماره هفتم
بهار و تابستان
۱۳۹۴

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی



بهینه‌سازی حرکت سرویس‌رسان‌های فرودگاهی در شرایط اضطراری

Colshire Drive (MS N370), McLean, VA 22102
703/983-6170 wcooper@mitre.org.

15. RTCA Select Committee for Free Flight Implementation (2005). *Documentation of Capabilities Working Group Deliberations and Recommendations*, National Airspace System Concept of Operations Addendum 4: Free Flight Phase 2 Appendix B, RTCA Inc., December 13.
16. European CDM website (2011). *Collaborative Decision Making for the ATM Industry*, <http://www.euro-cdm.org/>.
17. Bertsekas, D.P., (2007). *Dynamic programming and optimal control (3d edition)*. Nashua: Athena Scientific.
- Christopher Dance, Alexei A. Gaivoronski (2011). *Stochastic optimization for real time service capacity allocation under random service demand*, Ann Oper Res, published in Springerlink.
18. Van Hentenryck, P., Bent, R., Mercier, L., & Vergados, Y. (2009). Online stochastic reservation systems. *Annals of Operation Research*, 171(1), 101–126.

۱۵

شماره هفتم

بهار و تابستان

۱۳۹۴

دوفصلنامه
علمی و پژوهشی

