نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۶

Vol.5, No.4, Winter 2018

۴۱-۵۱

این مقاله در اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی به‌عنوان مقاله برگزیده انتخاب شده است که پس از تکمیل، داوری مجدد و اخذ پذیرش در این شماره از نشریه به چاپ می‌رسد.

یک سیستم حامی تصمیم‌گیری فرودگاهی برای تخصیص لحظه‌ای خودروهای سرویس رسان

ابوذر رمضانی[۱]، محمدرضا ملک[۲*]

۱- دکتری سیستم اطلاعات مکانی،آزمایشگاه سیستم اطلاعات مکانی همراه، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار گروه سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری ، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله ۱۳۹۴/۱۲/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۰

چکیده

بهبود ایمنی حرکت سرویس‌رسانان در سطح فرودگاه، نیاز به یک مدیریت یکپارچه در کل محدوده فرودگاه دارد، که به‌علت مستقل بودن مدیریت در بخش‌های مختلف یک فعالیت نسبتا مشکل می‌باشد. این روند در صورت تداوم می‌تواند تمامی عملکرد فرودگاهی را تحت تاثیر قرار دهد. افزایش پروازها در فرودگاه‌ها منجر به افزایش تردد سرویس‌رسانان و در نتیجه افزایش حوادث در سطح فرودگاه شده است. در زمان وقوع بحران در فرودگاه، فرایند تصمیم‌گیری بعلت عدم اطلاع از وضعیت کلی سرویس‌رسانان دچار معضل جدی خواهد شد. بنابراین ایمنی وسایل نقلیه در محدوده سرویس‌رسانی به عنوان یک چالش مطرح می‌شود. در این پژوهش یک سیستم حامی تصمیم‌گیری با فراهم نمودن راه‌حلی جهت اختصاص سرویس‌رسانان به هواپیماها، امکان تخصیص بهینه آنها را فراهم نموده است. مدل توسعه داده شده در این تحقیق با دریافت موقعیت هواپیماها و سرویس‌رسانان و با انجام پردازش‌های مکانی شامل تحلیل شبکه و برآورد میزان ترافیک سرویس‌رسان راهنمایی خواهد نمود که به کدام هواپیما و از چه مسیری سرویس‌رسانی کند. نتایج پیاده‌سازی در فرودگاه بین المللی امام‌خمینی نشان از کاهش تاخیر ۲۱ ثانیه برای دو پرواز همزمان دارد. در صورتی‌که مدل پیشنهادی برای چندین پرواز به‌کارگرفته شود عملکرد بهتری نشان خواهد داد و موجب کاهش بیشتری در مجموع زمان تاخیر در پروازها خواهد شد

واژه‌های کلیدی: سیستم حامی تصمیم‌گیری مکانی، سیستم اطلاعات مکانی همراه، فرودگاه، تخصیص

* نویسنده مکاتبه کننده: : تهران، خیابان ولیعصر، بالاتر از میدان ونک، روبروی برج اسکان، دانشکده نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

تلفن: ۰۹۱۲۲۵۶۶۶۵۶

Email: mrmalek@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

۱- مقدمه

با وجود اینکه ترافیک در فرودگاه‌ها افزایش یافته است، فعالیتهای اندکی جهت بهبود وضعیت سرویس‌رسانی در موقع بحرانی و همچنی در کنترل زمینی وسایل نقلیه و هواپیماها انجام شده است. تسهیلاتی که فرودگاهها امروزه با تسریع بسیار خوب فعالیتها برای انسانها فراهم کرده‌اند، مشتریان فراوانی جذب کرده‌است. پروازها موقعیت حساسی بویژه در لحظه فرود و برخاست دارند، که می‌بایست با دقت بالایی انجام شود، ولی گاهی اوقات با حوادثی همراه است. مدیران فرودگاه در تلاش برای مدیریت از کار افتادگیها و خطاهای غیر منتظره در عملیات فرودگاهی می‌باشند. همچنین می‌باید برای امکانات موجود طوری برنامه‌ریزی کنند که پاسخگوی ساعات پیک ترافیک باشد[۱]. بسیاری از عملیات درون فرودگاه مربوط به سرویس‌رسان‌ها می‌باشد. با آنالیز داده‌های مربوط به سرویس‌رسان‌ها می‌توان عوامل کاهش کارایی و راه‌حل‌های افزایش بازدهی را برای بهبود سرویس‌رسانی در سطح فرودگاه یافت. تخصیص بهینه و سریع امکانات موجود برای افزایش کارایی و بهبود بحران‌ها راه حل مناسبی است. همچنین بیشتر عملیات سرویس‌رسانی درون فرودگاه وابسته به پارامترهای زمانی و مکانی هستند. سیستم اطلاعات مکانی ابزاری قوی برای تحلیل روی داده‌های زمانی و مکانی است. ثبت داده‌های مکانی و زمانی و بکارگیری توانایی‌های تحلیلی سیستم اطلاعات مکانی (GIS[1]) در کنار یکدیگر فرایند اتخاذ تصمیمات مناسب در لحظات بحرانی و حساس را فراهم می‌کند. یکی از نیازهای اصلی این روزهای فرودگاه‌ها توسعه یک سیستم حامی تصمیم‌گیری جهت اختصاص آنی سرویس‌رسانان به هواپیماها جهت تسریع در فعالیت ارائه سرویس به هواپیماها می‌باشد. منظور از سیستم حامی تصمیم‌گیری در این تحقیق سیستمی است که بتواند با دریافت چند پارامتر و انجام محاسبات بر روی آن‌ها، مسئولان فرودگاه را در اتخاذ تصمیمات دقیق و درست در تخصیص آنی و بهینه سرویس‌رسانان یاری رساند. در این فرایند پردازشها و محاسبات انجام شده بر پایه اطلاعات مکانی انجام می‌شود. با توجه به توانایی سیستم اطلاعات مکانی در تحلیل و پردازش اطلاعات مکانی، از این سیستم به‌عنوان حامی تصمیم‌گیرندگان در فرایند تخصیص لحظه‌ای سرویس‌رسانان استفاده می‌شود.

رشد قابل توجه ترافیک، محدودیتهایی برای وسایل نقلیه موجود در فرودگاهها ایجاد کرده که مدیران فرودگاه‌ها می‌بایست با دقت فراوان نیازهای بوجود آمده برای افزایش بازدهی را پاسخ دهند. سیستم اطلاعات مکانی می‌تواند برای مدیریت امکانات موجود و افزایش صحت اطلاعات در دسترس و برای پاسخ سریع به نیازهای اطلاعاتی مورد استفاده قرار بگیرد [۲]. هدایت وسایل نقلیه و ارائه سرویس های مختلف به کاربران در هر زمان و هر مکان، به‌صورت آنی اهمیت استفاده و به‌کارگیری خدمات الکترونیکی در فرودگاه‌ها را افزایش داده است. برای حل اغلب مشکلات خدمات‌رسانی در سیستم حمل و نقل به‌صورت الکترونیکی، جهت اخذ تصمیمات موثر و کارامد درزمان مناسب، نیاز به داده‌های مکانی و غیرمکانی، انتقال اطلاعات و به اشتراک گذاری پایگاه داده‌ها، استفاده از توابع پایه سیستم اطلاعات مکانی در انجام آنالیزها و بصری‌سازی اطلاعات و نمایش نتایج برای کاربران، محسوس و غیر قابل انکار می‌باشد[۳]. در عصر جدید تقارب تکنولوژی‌های مختلف نظیر سیستم اطلاعات مکانی، سیستم تعیین موقعیت جهانی، ارتباطات شبکه بی‌سیم و تلفیق اطلاعات مکانی و محاسبات همراه شاخه جدیدی از انفورماتیک را توسعه داده است که سیستم اطلاعات مکانی همراه نامیده می‌شود. به‌کارگیری سیستم اطلاعات مکانی همراه در خدمات

[1] Geospatial Information System

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

سیستم حمل و نقل فرودگاهی و امکان دستیابی آنی به داده ها، ارائه سرویس های مکان مبنا به‌صورت آنی را بر روی دستگاه‌های همراه برای سرویس‌رسان‌ها فراهم نموده و افزایش سرعت عمل و کارایی را فراهم خواهد نمود[۴]. با توجه به خطرات در کمین در فرودگاه و اتفاقات غیر قابل پیش‌بینی به‌کارگیری سیستم‌های اطلاعاتی برای انتقال اطلاعات و اخذ تصمیمات موثر در زمان مناسب برای مدیریت در فرودگاه‌ها بیش از پیش احساس می‌شود. برنامه‌ریزی برای امکانات موجود باید به ترتیبی باشد که در هر لحظه بتوان چاره‌ای برای اتفاقات غیرقابل پیش‌بینی اندیشید و بهترین استفاده از امکانات موجود داشت[۵].

یکی از عملیات در فرودگاه‌ها که نقش مهمی در پروازهای خروجی ایفا می‌کند، عملیات پوش و تاو[1] است. در این عملیات هواپیمایی که قصد خروج از فرودگاه را دارد، بوسیله خودرویی به نام یدک‌کش از محل استقرار خود اپرون[2] به تاکسی‌وی[3] منتقل می‌شود. بعلت خطر موتور هواپیما در زمان حرکت رو به عقب و کنترل سخت هواپیما توسط خلبان و افزایش امنیت در سطح فرودگاه این عملیات توسط یدک‌کش انجام می‌شود.

هواپیمایی که سرویس‌های مورد نظر خود را دریافت نموده است و آماده خروج از فرودگاه است ۱۰ الی ۱۵ دقیقه قبل از پرواز به مرکز کنترل آمادگی خود را اعلام می‌کند. مرکزکنترل به یدک‌کش اعلام می‌کند به هواپیمای مورد نظر خدمات‌رسانی کند. این عملیات امروزه در فرودگاه بر اساس سیستم صوتی و شماره جایگاه صورت می‌پذیرد. به این صورت که به یدک‌کش موقعیت هواپیما اعلام می‌شود و با توجه به آشنایی راننده یدک‌کش با جایگاه‌ها و مسیرهای فرودگاه خود را به هواپیما رسانده و خدمات مورد نظر را ارائه می‌کند. همچنین پارامترهای زمانی و مکانی تاثیرگذار در افزایش بازدهی عملیات پوش و تاو در نظر گرفته نمی‌شود. عدم وجود تحلیل‌های مکانی زمانی در تخصیص سرویس‌رسان‌ها و نیاز این سرویس‌رسانان به نمایشگری درون خودرو برای کاهش اختلالات و بهبود فرایندهای سرویس‌رسانی و احتمال وقوع خطا در استفاده از سیستمهای صوتی نیاز به یک سیستم حامی تصمیم‌گیری را بیشتر نمود داد تا به طراحی و پیاده‌سازی سیستمی برای رفع این معضلات پرداخته شود.

یک سیستمی حامی تصمیم‌گیری برای تفکیک متناسب حرکت وسایل نقلیه و هواپیماها در قسمت زمینی فرودگاه توسعه داده شده، که می‌تواند ایده‌هایی برای استفاده بهینه از تاکسی‌وی و ران‌وی[4] بدهد. سیستم از سخت‌افزار سیستم تعیین موقعیت جهانی[5] برای چک کردن موقعیت وسایل زمینی و هواپیماها در روی زمین بصورت آنی و نرم‌افزار GIS با هدف خاص به‌منظور ردیابی وسایل نقلیه و هواپیماها در عملیات برنامه ریزی مختلف تشکیل شده است[۶].

با ظهور محاسبات موبایل و سرویس‌های مکان‌مبنا [۷] و [۸] ابعاد مکانی و زمانی برای نگهدارندگان فرودگاه بخش اصلی برای مانیتور کردن رشد مداوم حرکت در سطح فرودگاه‌ها است، که معمولا منجر به بیشتر شدن تعداد حوادث در سطح فرودگاه می‌شود[۹]. یک داشبورد مکانی جهت بهبود تصمیم‌گیری توسعه داده شد که در نظر دارد به تصمیم‌گیرندگان برای جستجو در داده‌ها چند بعدی کمک کند. این سیستم با هدف مدلسازی تغییرات لحظه‌ای در حوزه مکانی و زمانی توسعه داده شده است. داشبورد مکانی یک تکنیک بصری‌سازی برای نمایش عملکرد ایمنی در دو بعد زمانی و مکانی است[۱۰].

[1] Push and Tow
[2] Apron
[3] Taxiway
[4] Runway
[5] GPS

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

در مقالات ارائه شده جهت توسعه سیستم حامی تصمیم‌گیری برای فرودگاه‌ها بیشتر هدف رصد حرکت سرویس‌رسانان در سطح فرودگاه بوده و به تخصیص لحظه‌ای سرویس‌رسانان به هواپیماها پرداخته نشده است. هدف از این پژوهش ارائه سرویس لحظه‌ای پوش و تاو به هواپیماها است، طوری که مجموع تاخیر پروازها کمینه شود. در ادامه تحقیق در بخش دوم به مبانی تحقیق پرداخته شده. در بخش سوم مدل توسعه داده شده مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در بخش چهارم مدل توسعه داده شده، پیاده‌سازی شده است و در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و بحث پرداخته شده است.

۲- مبانی تحقیق

در فرودگاه مسیرهای دسترسی و نیز مناطقی که ورود به آنها دارای محدودیت بوده، اصطلاحات منحصر به‌فرد دارند که به دلیل نیاز به استفاده از آنها، ابتدا این اصطلاحات بصورت مختصر تبیین می‌شود. اپرون یا پارکینگ فرودگاه محوطه‌ای است که در آن هواپیماها توقف نموده و مسافران را سوار یا پیاده می‌کنند و سایر سرویس‌های مورد نیاز خود را دریافت می‌کنند. ران‌وی از دو مسیر رفت و برگشت تشکیل شده که هواپیماهای ورودی و خروجی برای برخاست و نشست از آنها استفاده می‌کنند. تاکسی‌وی هم مسیری است که اپرون را به ران‌وی متصل می‌کند. هواپیماهای ورودی از طریق تاکسی‌وی و به کمک مارشالر که وظیفه هدایت هواپیماهای ورودی را بر عهده دارد، به اپرون و جایگاه مشخصی که از قبل تعیین شده منتقل می‌شوند. در شکل (۱) مناطق مذکور نشان داده شده‌اند.



شکل۱: تاکسی‌وی، ران‌وی و اپرون در فرودگاه

عملیات پوش و تاو برای انتقال هواپیما از اپرون به تاکسی‌وی انجام می‌شود. زمان پرواز برای ارائه خدمات به هواپیما محدودیت‌هایی ایجاد می‌کند. سرویس‌رسانان می‌بایست در بازه‌های زمانی مشخص خدمات خود را ارائه کنند و تاخیر در سرویس منجر به تاخیر در سایر عملیات خواهد شد. در فرودگاه‌های مختلف زمان سرویس‌ها با توجه به متفاوت بودن شکل کلی فرودگاه، متفاوت می‌باشد. هدف از این پژوهش تخصیص آنی یدک‌کش به هواپیماها با در نظر گرفتن پارامترهای زمانی و مکانی تاثیرگذار در این فرایند می‌باشد. تخصیص یدک‌کش به‌گونه‌ای است که اگر اختلالی در یکی از عملیات بوجود آید، سایر پروازها را تحت تاثیر قرار ندهد. تخصیص آنی با توجه به موقعیت هواپیما و موقعیت یدک‌کش و فاصله بین آنها صورت می‌پذیرد.

هواپیماها یک ساعت قبل از شروع سفر سرویس‌های مورد نیاز را دریافت می‌کنند. این سرویس‌ها می‌بایست ۱۰ الی ۱۵ دقیقه قبل از پرواز به اتمام برسدکه بنا بر

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

جایگاه هواپیما و ترافیک اطراف آن متغیر است. با احتساب این زمان، زمان ارایه کل سرویس‌ها، قبل از حرکت هواپیما حداکثر ۴۵ الی ۵۰ دقیقه طول کشیده و از این زمان تجاوز نمی‌کند. پس از آنکه مسافران به طور کامل سوار هواپیما شدند و هواپیما بارگیری نمود، خلبان به برج مراقبت اعلام می‌کند که آماده دریافت سرویس پوش و تاو است. برج مراقبت به یدک‌کشی که آماده ارایه سرویس است، اعلام می‌کند که به هواپیمای مورد نظر در جایگاه مشخص خدمات را ارایه کند. حال بین مبدا و مقصد مسیرهای موجود بررسی می‌شود. با مشخص بودن موقعیت سایر سرویس‌رسانان ترافیک هر یک از مسیرها تعیین می‌شود. سپس بهترین مسیر با توجه به ترافیک و مسافت نسبت به مقصد محاسبه می‌شود. بعد از اعلام ارایه سرویس به هواپیمای مورد نظر توسط یدک‌کش، یدک‌کش به سمت هواپیما حرکت کرده، در موقعیت صحیح نسبت به هواپیما جای می‌گیرد. پس از اتصال یدک‌کش به هواپیما، آن را به تاکسی‌وی منتقل می‌کند. در مدلسازی، زمان سپری شده جهت جایگیری نسبت به هواپیما در مدت زمان طی مسافت بین جایگاه هواپیما و یدک‌کش در نظر گرفته می‌شود. مدت زمانی را که یدک‌کش برای طی مسافت بین جایگاه خود تا جایگاه هواپیما صرف می‌کند، به ۳۰ ثانیه بیشتر گرد می‌شود. این زمان با استفاده از طول کوتاه‌ترین مسیر و حداکثر سرعت مجاز در فرودگاه به‌دست می‌آید. زمان صرف شده برای عملیات پوش و تاو تابع سه پارامتر اصلی می‌باشد. این سه پارامتر شامل جایگاه هواپیما، ترافیک اطراف آن و فاصله آن از تاکسی‌وی می‌باشد. در حالتی که پروازها همزمان باشد، برج مراقبت در مورد ورود هواپیما به ران‌وی تصمیم‌گیری می‌کند.

۳- روش تحقیق

برای بهبود ترافیک در سطح فرودگاه مدلی توسعه داده شده که در آن، اختلاف زمان پرواز مدلسازی شده و زمان پرواز واقعی کمینه شده است. تخصیص سرویس‌رسان‌ها باید به گونه‌ای باشد که مجموع تاخیر در پروازها کاهش یابد. در واقع تخصیص یدک‌کش‌ها به هواپیماها با در نظر گرفتن پارامترهای زمانی و مکانی موثر در زمان پرواز به گونه‌ای که تاخیر در زمان پرواز کمینه شود، صورت می‌گیرد. برای سهولت در درک مدل ریاضی نخست نمادگان مسئله شرح داده می‌شود.

نمادگذاری‌های مسئله

- تعداد هواپیما q تا بوده و هواپیما را با نماد i نمایش می‌دهیم.
- تعداد یدک‌کش r تا و یدک‌کش را با نماد j نشان می‌دهیم.
- تعداد جایگاه هواپیما s تا بوده و جایگاه‌های هواپیما را با نماد k نشان می‌دهیم.
- تعداد جایگاه یدک‌کش p تا بوده و جایگاه یدک‌کش‌ها را با نماد l نشان می‌دهیم.
- زمان پرواز هواپیمای i از جایگاه k را با Dt_k^i نشان می‌دهیم.
- زمان شروع سرویس برای هواپیما i توسط یدک کش j را با St_j^i نشان می‌دهیم.
- مدت زمانی که صرف پوش و تاو شدن هواپیمای i توسط یدک‌کش j می شود را با Pt_j^i نشان می‌دهیم.
- فاصله بین جایگاه یدک‌کش l و جایگاه هواپیما k را با d_{kl} نشان می‌دهیم.
- حداکثر سرعتی که یدک‌کش می تواند در فرودگاه بین جایگاه خود l و جایگاه هواپیما k طی کند با v_{kl} نشان می دهیم.
- در رابطه (۱)، زمان پرواز مدلسازی شده، حاصل جمع زمان شروع سرویس برای هواپیمای متقاضی سرویس بعلاوه زمان صرف شده برای طی فاصله بین جایگاه یدک‌کش و هواپیما و زمان صرف شده برای پوش و تاو کردن هواپیما و جمع آن با زمانی که هواپیما برای پیمودن فاصله تاکسی‌وی تا ران‌وی طی می‌کند، است. رابطه (۱) حاوی چهار سیگما بوده که مربوط به هواپیما، یدک‌کش، جایگاه

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

هواپیما و جایگاه یدک‌کش می‌باشد. با توجه به این‌که در هر عملیات سرویس‌رسانی هر چهار پارامتر حضور دارند و در تخصیص لحظه‌ای تاثیرگذار می‌باشند در تابع هدف لحاظ شده‌اند. در روابط (۲، ۳ و ۴) برای اطمینان از حضور هر کدام از هواپیماهای i و سرویس‌رسان‌های j در جایگاه‌های l و k و اطمینان از اینکه هواپیمای i خدمات را از یدک‌کش j دریافت کرده ضریب‌های صفر و یک در تابع هدف ضرب شده است.

رابطه(۱)

$$min \sum_{i=1}^{q}\sum_{j=1}^{r}\sum_{k=1}^{s}\sum_{l=1}^{p}((St_j^i + \frac{d_{kl}}{v_{kl}} + Pt_j^i + a) - Dt_k^i) x_{ij}z_{jp}y_{ik} \quad \forall i.j.k.p$$

- اگر هواپیمای i با یدک‌کش j سرویس‌دهی شود x_{ij} برابر ۱ است و در غیر این صورت برابر ۰ است.

رابطه(۲) $x_{ij} \in \{0.1\}$ $\forall i.j$

- اگر هواپیمای i در جایگاه k حضور داشته باشد y_{ik} برابر ۱ است و در غیر این‌صورت برابر ۰ است.

رابطه(۳) $y_{ik} \in \{0.1\}$ $\forall i.$

- اگر یدک‌کش j در جایگاه p حضور داشته باشد z_{jp} برابر ۱ است و در غیر این‌صورت برابر ۰ است.

رابطه(۴) $z_{jp} \in \{0.1\}$ $\forall j.p$

- دو پارامتر تاثیرگذار در مدل پیشنهادی مدت زمان پوش و تاو شدن هواپیما و فاصله بین یدک‌کش و هواپیما است. جهت کمینه کردن فاصله بین یدک‌کش و هواپیما از تحلیل شبکه استفاده شده و فاصله شبکه بین جایگاه هواپیما و یدک کش‌ها محاسبه می‌شود. جهت محاسبه مدت زمان پوش و تاو از داده‌های ثبت شده در گذشته و با توجه به موقعیت هواپیما تصمیم‌گیری می‌شود. در صورتی‌که چند هواپیما و چند یدک‌کش آماده سرویس‌رسانی باشند، درصورتیکه اولویت سرویس‌رسانی به هواپیمایی باشد که مدت زمان پوش و تاو کمتری دارد، موجب کمینه شدن تابع هدف می‌شود.

شروط مساله

- حداکثر سرعتی که در فرودگاه می‌توان طی کرد برای تمام سرویس‌رسان‌ها برابر است.
- فواصل تمام جایگاه‌های هواپیما از محل جایگاه‌های یدک‌کش معلوم است.
- خودرو یدک‌کش فقط می‌بایست از مسیر سرویس حرکت کند.
- حداقل زمانی که باید بین دو پرواز باشد ۲ دقیقه است(رابطه(۵)).

رابطه (۵)

$$Dt_k^{i+1} - Dt_k^i \geq 2min \quad \forall i.k$$

- برای تمامی هواپیماها فرض می‌شود که فاصله تاکسی‌وی تا ران‌وی در a دقیقه طی می‌شود.

متفاوت بودن تعداد یدک‌کش‌ها و هواپیماها شرایط متفاوتی برای تخصیص را به‌وجود می‌آورند. این روند برای چند هواپیما آماده دریافت سرویس و یدک‌کش آماده ارایه سرویس مورد بررسی قرار گرفته است. زیرا در پاره‌ای از اوقات چند یدک‌کش آماده ارایه خدمات و چند هواپیمای آماده دریافت خدمات وجود خواهند داشت. این بدلیل وجود پرواز همزمان و یا پروازهای غیر همزمانی است که در آن هواپیماها همزمان آماده دریافت سرویس می‌شوند.

اگر تعداد یدک‌کش آماده ارایه خدمات، از تعداد هواپیمای آماده دریافت سرویس کمتر باشد، در مدل هر دو پارامتر، زمان صرف شده برای سرویس پوش و تاو هواپیما و زمان طی فاصله بین جایگاه یدک‌کش و جایگاه هواپیما در محاسبات در نظر گرفته‌خواهد شد. اما اگر تعداد یدک‌کش‌ها از تعداد هواپیماها بیشتر باشد، تنها پارامتر فاصله بین یدک‌کش و هواپیما در نظر گرفته خواهد شد و زمان مورد نیاز برای پوش و تاو کردن هواپیما تاثیری در

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

تخصیص نخواهد داشت.
در حالتی که تعداد یدک‌کش و هواپیما برابر باشد، هر دو پارامتر یعنی فاصله بین جایگاه‌ها و زمان مورد نیاز برای پوش و تاو کردن هواپیما تاثیرگذار هستند و در مدل تخصیص لحظه‌ای یدک‌کش در نظر گرفته خواهند شد.

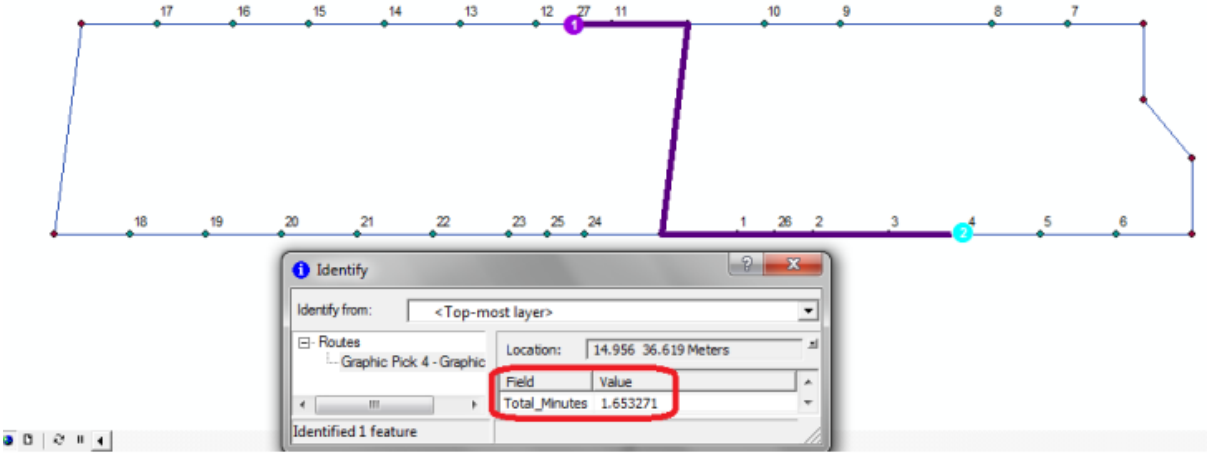
۴- پیاده‌سازی

فرودگاه بین المللی امام خمینی جهت پیاده‌سازی مدل پیشنهادی در نظر گرفته شده‌است. این فرودگاه در ۳۰ کیلومتری جنوب غربی تهران بین آزاد راه تهران- قم و تهران - ساوه و در زمینی به وسعت ۱۳.۵ هزار هکتار ساخته شده است. مدل پیشنهادی قابلیت به‌کارگیری برای تمام فرودگاه‌های استاندارد دنیا را دارد و بدون تغییر می‌توان آنرا برای تمام فرودگاه‌های دنیا به‌کار گرفت.
برای پیاده سازی این سیستم از نرم افزارهای مایکروسافت ویژوال استودیو نسخه ۲۰۱۰ [1]، آرک جی آی اس سرور [2]، آرک جی آی اس موبایل [3] و آرک جی آی اس دسکتاپ [4] استفاده شد و روش پیشنهادی در قالب سیستم همراه پیاده‌سازی شد.
در این سیستم حامی تصمیم‌گیری برای اعلام به یدک‌کش و اینکه به کدام هواپیما خدمات رسانی کند، نیاز به دستگاه همراه در یدک‌کش می‌باشد. این سیستم کوتاهترین مسیر و هواپیمای مورد نیاز سرویس را با توجه به تابع بهینه‌سازی را به یدک‌کش اعلام می‌کند. با توجه به اینکه جایگاه هواپیماها و جایگاه یدک‌کش‌ها از قبل مشخص است، فواصل تمام این جایگاه‌ها در پایگاه داده محاسبه می‌شود و سپس به یدک‌کش ابلاغ می‌شود که به کدام هواپیما سرویس دهد. پردازش‌ها هم به این‌صورت است که هر هواپیمایی که آماده دریافت سرویس شد به مرکز کنترل اعلام می‌کند و یدک‌کش‌هایی که آماده ارایه سرویس هستند، آمادگی خود را به مرکز کنترل اعلام می‌کنند. مرکز کنترل فاصله بین یدک‌کش‌ها و هواپیماها و زمان مورد نیاز برای پوش و تاو شدن را با توجه به جایگاه هواپیماها و فاصله آن از تاکسی‌وی و در نظر گرفتن ترافیک اطراف هواپیما محاسبه می‌کند. هواپیماهایی که در سمت ترمینال فرودگاه باشند یا فاصله بیشتری تا تاکسی‌وی دارند زمان بیشتری برای پوش و تاو شدن و رسیدن به تاکسی‌وی صرف خواهند کرد. این مقادیر در رابطه (۱) قرار داده شده و حالتی که کمترین باشد به‌عنوان گزینه بهینه انتخاب می‌شود. در حالت بهینه مشخص می‌شود که کدام یدک‌کش به کدام هواپیما خدمات را ارایه کند. همچنین به کمک تحلیل شبکه مشخص می‌شود که یدک‌کش انتخابی از چه مسیری به هواپیما خدمات خود را ارایه کند.
فرض شود سه یدک‌کش آماده ارایه سرویس وجود دارد و دو هواپیما اعلام آمادگی برای دریافت سرویس نموده‌اند. در مرکز کنترل فاصله بین هر یک از این یدک‌کش‌ها و هواپیماها محاسبه شده و سپس به کمک مدل محاسبه می‌شود که کدام یدک‌کش به کدام هواپیما ارایه خدمات کند. سپس به یدک‌کش از طریق سیستم موجود داخل خودرو اعلام می‌شود که به کدام هواپیما سرویس‌رسانی کند. در حالتی که یک یدک‌کش در جایگاه EPA [5] ۲۷ حضور دارد و منتظر دستور مرکز کنترل می‌باشد، دو هواپیمایی که اعلام آمادگی دریافت سرویس نموده‌اند در جایگاه‌های ۷ و ۴ حضور دارند. در شکل (۲) ابتدا پردازش برای هواپیمای جایگاه شماره ۴ صورت می‌گیرد تا مشخص شود که یدک‌کش به کدام هواپیما سرویس‌رسانی کند.

[1] Microsoft Visual Studio 2010
[2] ArcGIS Server10
[3] ArcGIS Mobile 10
[4] ArcGIS Desktop 10

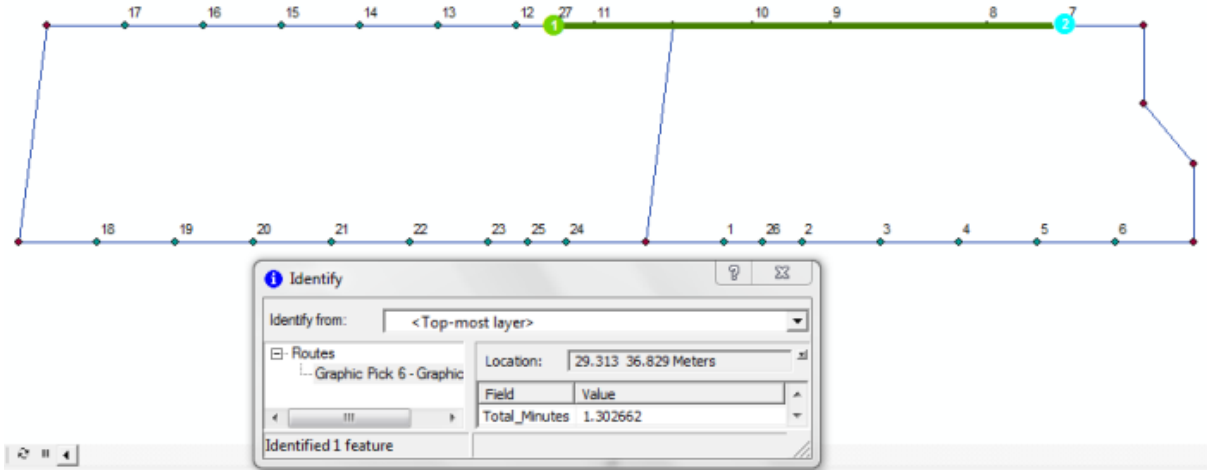
[5] Equipment Parking Area

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]



شکل۲: محاسبه فاصله زمانی جایگاه یدک‌کش ۲۷ و هواپیمای ۴

سپس در شکل (۳) برای هواپیمای جایگاه ۷ پردازش صورت می‌گیرد تا فاصله زمانی محاسبه شود.

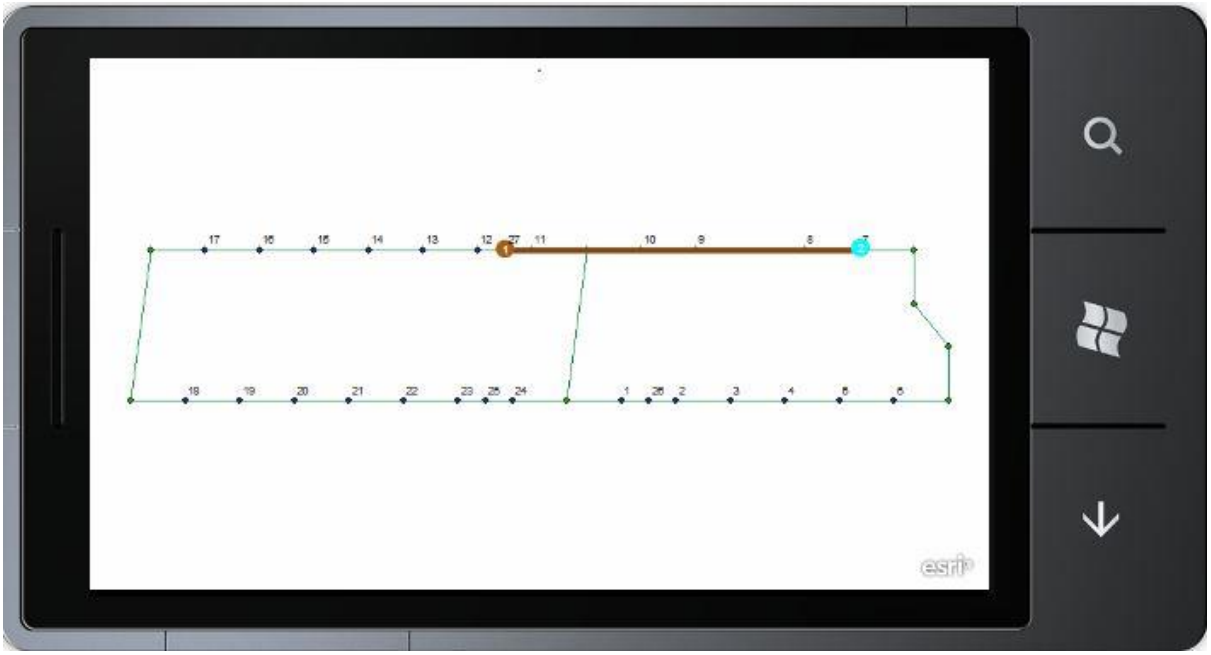


شکل۳: محاسبه فاصله زمانی جایگاه ۲۷ و هواپیمای ۷

فاصله زمانی بین جایگاه ۲۷ و ۷ ، ۱/۳۰ دقیقه است. فاصله زمانی و جایگاه هواپیماها نسبت به تاکسی‌وی و زمانی که برای پوش و تاو شدن صرف خواهند کرد مشخص می‌کند یدک‌کش جایگاه ۲۷ به هواپیمای جایگاه ۷ تخصیص یابد. درشکل(۴) با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی همراه به یدک‌کش اعلام می‌شود که از کدام مسیر و به کدام هواپیما سرویس‌رسانی کند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]



شکل۴: اعلام به یدک‌کش جایگاه ۲۷ برای سرویس‌رسانی

با استفاده از چنین سیستمی امکان تخصیص لحظه‌ای به بهترین نحو، امکان‌پذیر است. در پیاده‌سازی انجام شده، دو هواپیما در جایگاه‌های ۷ و ۴ آماده دریافت سرویس هستند. یک یدک‌کش هم در جایگاه ۲۷ آماده سرویس‌رسانی می‌باشد. در صورتی که از سیستم حامی تصمیم‌گیری سرویس رسان انجام شود، در ابتدا به هواپیمای جایگاه ۴ سرویس ارائه می‌شود. مشخصات پرواز هواپیماهای جایگاه ۴ و۷ در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: مشخصات پرواز هواپیماهای جایگاه ۴ و ۷

ساعت پرواز	جایگاه هواپیما	فاصله از یدک-کش	زمان پوش و تاو	زمان طی شده برای فاصله	زمان آماده دریافت سرویس بودن
۱۴:۳۵	۴	۶۵۰	۵	۷۸	۱۴:۲۰
۱۴:۳۵	۷	۸۰۰	۹	۹۹	۱۴:۲۰

مقایسه سرویس‌رسانی بین مدل‌های پیشنهادی و معمول برای مجموع تاخیر در پروازها درجدول (۲) نشان داده شده است.

جدول۲: مقایسه سرویس‌رسانی بین مدل پیشنهادی و مدل معمول

	مدل پیشنهادی	مدل معمول
	اول جایگاه ۴ سرویس رسانی شود	اول جایگاه ۷ سرویس‌رسانی شود
زمان پرواز هواپیمای جایگاه ۴	۱۴:۲۹:۱۸	۱۴:۳۳:۳۹
زمان پرواز هواپیمای جایگاه ۷	۱۴:۴۱:۱۵	۱۴:۴۱:۳۶
مجموع تاخیر در پروازها	۶ دقیقه ۱۵ ثانیه	۶ دقیقه ۳۶ ثانیه

همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، با استفاده از مدل پیشنهادی تاخیر در مجموع دو پرواز را ۲۱ ثانیه کاهش داده است. در مدل پیشنهادی پرواز جایگاه ۴، حدود ۵ دقیقه و ۴۲ ثانیه زودتر در ران‌وی حاضر شده است. اما در مدل معمول، پرواز جایگاه ۷، حدود ۱ دقیقه و ۲۱ ثانیه قبل از زمان پرواز در ران‌وی حاضر شده است. در صورتیکه مدل پیشنهادی برای

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

چنـدین پـرواز بـه‌کارگرفتـه شـود عملکـرد بهتـری نشان خواهد داد و موجب کاهش بیشتری در مجمـوع زمان تاخیر در پروازها خواهد شد.

۵- نتیجه گیری

در ایـن پـژوهش مسـئله توسـعه یـک سیسـتم حـامی تصمیم‌گیـری بـرای تخصـیص آنـی یـدک‌کـش‌هـا بـه هواپیماهـا پرداختـه شـد. مـدل توسـعه داده شـده بـا در نظـر گـرفتن تعـداد یـدک‌کـش‌هـای موجـود و جایگاههای آنهـا بـه‌صـورت متفـاوتی عمـل مـی‌نمـود. در سرویس‌رسانی لحظه‌ای یـدک‌کـش‌هـا و هواپیماهـا آمادگی خود را برای ارایه و دریافت سـرویس بـه مرکـز کنترل اعلام می‌کنند. موقعیت آنها در فرودگاه به کمک سیستم موقعیت‌یاب جهانی مشـخص بـوده و مـی‌تـوان برآوردی از ترافیک لحظه‌ای در فرودگاه داشت. در مدل پیشنهادی جهت تخصیص لحظـه‌ای دو پـارامتر اصـلی در نظر گرفته شدند. یـک پـارامتر فاصـله بـین جایگـاه یدک‌کش و هواپیما بود و پارامتر دیگر زمان مـورد نیـاز هواپیما برای پوش و تاو شدن است. بـا مشـخص بـودن تعداد هواپیما و تعـداد یـدک‌کـش‌هـا آمـاده دریافـت و ارائه سرویس و به‌کارگیری مدل پیشـنهادی، تخصـیص بهینه یدک کش‌ها مشخص می‌شود. نتایج نشان داد که در دو پرواز همزمان مجموع تاخیر در پروازها حدود ۲۱ ثانیه کاهش یافت. با به‌کارگیری مدل پیشـنهادی بـرای تعـداد پروازهـای بیشـتر تـاخیر در مجمـوع پروازهـا کاهش بیشتری بهمراه خواهد داشت.

در سیسـتمی کـه در اینجـا ارائـه شـده اسـت مزایـایی وجود دارد که عبارتند از :

۱- تخصیص یدک‌کش به هواپیما به صـورت بهینـه و با در نظرگرفتن کمینه نمودن تـاخیر در پروازهـا انجام می‌پذیرد.

۲- کوتاهترین مسیر برای ارائه خـدمات بـه هواپیمـا، بـــه یـــدک‌کـــش در قالـــب سیســـتم همـــراه اعلام می‌شود.

۳-جایگـاه هواپیمـای موردنیـاز سـرویس در دسـتگاه همـــراه ســـرویس‌رســـان بـــه یـــدک‌کـــش نشان داده می‌شود.

جهـت تحقیقـات آینـده توسـعه یـک سیسـتم حـامی تصـــمیم‌گیـــری بـــرای تخصـــیص بهینـــه تمـــامی سرویس‌رسانان پیشنهاد می‌شود.

مراجع

[1] ESRI “GIS Solutions for Airports and Aviation”, No. GS-35F-5086H, 2007.

[2] D. Perry “Airports GIS and electronic ALP”, Presented to RTCA SC-217/Eurocae WG-44 Committee, 2009.

[3] Meng, L., Zipf, A., and Reichenbacher, T. (2004). Map-based Mobile Services, Springer, Berlin.

[4] M.N. Postorino, V. Barrile, F. Cotroneo “Surface movement ground control by means of a GPS–GIS system”, Journal of Air Transport Management, pp375–381, 2006.

[5] Pestana, G., Silva, M.M., Casaca, A., and Nunes, J. (2005). An Airport Decision Support System for Mobiles Surveillance & Alerting, inProc Mobil DEConference.

[6] 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 Noteson Computer Science, Springer, Albacete, Spain, ISBN-10 3-540-45174-9, pp.483-493.

[7] P.A. Longley, M.F. Goodchild, D.J. Magurie, D.W. Rhind “Geographical Information Systems, Principals and Technical Issues”, 2nd ed. Wiley & Sons, 2002.

[8] Postorino, M.N., Barrile, V., and Cortroneo,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

F., (2006). Surface movement ground control by means of aGPS–GIS system, Journal of Air Transport Management 12, pp.375–381.

[9] ICAO. (2005). Safety Management Manual, International Civil Aviation Organization, Doc 9859.

[10] A. Bolat "Models and a genetic algorithm for a static aircraft-gate assignment problem", Journal of the Operations Research Society, pp. 1107-1120, 2001.

[11] Schwartz, M. (2004). Mobile Wireless Communications, Cambridge University Press, Cambridge.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.5, No.4, Winter 2018

An Airport Decision Support System for Real Time Allocation of Service Cars

Abozar Ramezani [1], Mohammad Reza Malek *[2]

1- MSc of Geospatial Information System, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology
2- Associate Professor of GIS Department, Faculty of Geodesy and Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Abstract

Improve the safety of the service needs total integrated management of the airport, which due to independency of management in various sectors of activity is relatively difficult. Yet, continuance of this process, can affect all operations of an airport alone. Increasing flights in the airports lead to traffic jam of service cars results in an increase in the airport's accidents. In time of crisis in the airport, because of the lack of information on the overall situation, the decision making process will become a serious problem for managers. Hence, the safety of vehicles within the directory service turn into a rising challenge. In this study, a decision support system to provide a solution for dedicated service to aircraft carriers, enabling them to provide optimal allocation. Using this solution in times of crisis enable managers and service providers to use Geographic Information System which will be assigned to aircraft. The developed model in this study, after receiving the aircraft and service cars position, will announce that which aircraft and the service path should be served first. The implementation of proposed model at Imam Khomeini International Airport results show 36 seconds reduction of flight delays related to the real time of flight. If the proposed model be applied in several flight, it will show a better performance and a greater reduction in the total time of flight delays. Applying this model leads to increase of the power of decision-making and as a result can reduce the crisis in the airports.

Key words: SDSS, Mobile GIS, Airport, Allocation.

Correspondence Address Department of GIS, Faculty of Geodesy and Geomatics Eng., K.N.Toosi University of Technology, Tehran, Iran
Tel : +98 21 22970224
Email: mrmalek@kntu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.29252/jgit.5.4.41]