دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی نقشه برداری

پایان نامه کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات مکانی(GIS)

طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم اطلاعات مکانی همراه برای خدمات فرودگاهی (AGIS)

نگارش

ابوذر رمضانی

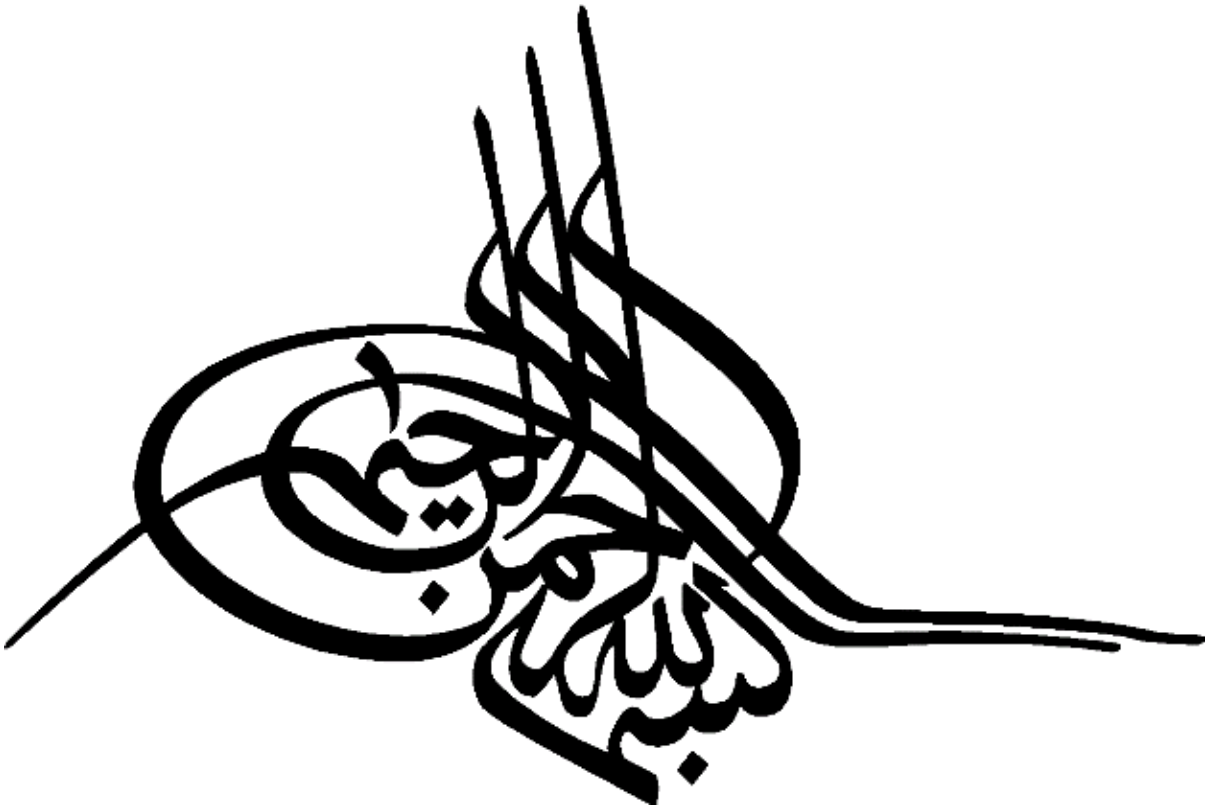
استاد راهنما

دکتر محمدرضا ملک

استاد مشاور

نازیلا محمدی

بهمن ۱۳۹۰


بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به : پدر فداکار

مادر دلسوز

برادر مهربان

و خواهر عزیزم

با سپاس فراوان از استاد گرانقدر دکتر محمدرضا ملک

که نظرات و راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزشمند ایشان در

انجام این تحقیق بسیار راهگشا بود

و همچنین از مشاور محترم دکتر نازیلا محمدی که در انجام مرحله مرحله این تحقیق یار و مددکار بنده بودند و در همه حال پاسخگوی سؤالات و ابهامات موجود بودند و در انجام این تحقیق زحمات فراوانی انجام دادند تشکر و قدردانی می‌نمایم

چکیده

با وجود افزایش ترافیک در عموم فرودگاه‌های جهان، کارهای اندکی برای بهبود کنترل زمینی وسایل نقلیه و هواپیماها، افزایش کارایی و کاهش ازدحام ناشی از تعداد زیاد وسایل نقلیه خدماتی بویژه در بستر اطلاعات مکانی انجام شده است. با وجود توانایی‌های GIS، مدیران فرودگاه‌ها بکارگیری آن در توسعه و مدیریت فرودگاه را دستور کار خود قرار داده‌اند. بدین ترتیب گرایش نوینی در GIS با عنوان Airport GIS و با کوته‌نوشت AGIS ایجاد شده تا کاربردهای GIS در فرودگاه‌ها به گونه‌ای گسترده‌تر و با استفاده از تحلیل‌های مکانی مطرح شود.

هدف اصلی تحقیق حاضر گسترش تحلیل‌های مکانی برای رفع نیازمندیهای خدمات فرودگاهی می‌باشد. در چنین چارچوبی مهمترین نوآوری این تحقیق، تحلیل داده‌ها مکانی زمانی به صورت غیرآنی و ارایه راه‌حل‌هایی با هدف بهینه‌سازی تخصیص خودروهای سرویس‌رسان و با شرط کاهش تأخیر در ساعت پرواز می‌باشد. همچنین مکانیابی پویا برای جایگاه‌های استقرار طولانی مدت تجهیزات سرویس‌رسان انجام شده است. مکانیابی جایگاه‌های استقرار تجهیزات و تخصیص بهینه آنها، با پردازش روی زمان مورد نیاز هواپیما برای پوش و تاو شدن و زمان مورد نیاز برای طی کردن فاصله توسط سرویس‌رسان تا هواپیما انجام می‌شود. در طرح پیشنهادی عملیات سرویس رسانی با در نظر گرفتن دو حالت بهینه می‌شود: حالت اول اینکه سرویس‌رسان پس از ارایه سرویس به جایگاه دائم خود بازگردد و در حالت دوم سرویس‌رسان در جایگاه موقت توقف کند. مکانیابی جایگاه بهینه در قالب یک مسئله میانه و یک مسئله پوشش مدلسازی شده است. نتایج عددی نشانگر کارایی روش بکار گرفته شده در هر دو حالت می‌باشد. فرودگاه بین‌المللی امام‌خمینی به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده و روش پیشنهادی در قالب پیکربندی این فرودگاه پیاده‌سازی شده است. در نهایت روش پیشنهادی در قالب یک سیستم همراه تخصیص آنی خودروهای سرویس‌رسان پیاده‌سازی شده است.

واژگان کلیدی: سامانه اطلاعات مکانی فرودگاهی، مکانیابی و تخصیص منابع، سامانه اطلاعات مکانی همراه، سرویس پوش و تاو

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ ضرورت و هدف ۲

۱-۲ مروری بر منابع ۳

۱-۳ ساختار پایان‌نامه ۱۱

فصل دوم: مبانی AGIS ۱۳

۲-۱ راهکارهای GIS برای فرودگاه‌ها و هواپیمایی ۱۵

۲-۲ کاربردهای GIS در فرودگاه‌های مختلف دنیا ۱۸

۲-۳ تکنولوژی‌های مورد استفاده در فرودگاه‌های دنیا ۲۲

۲-۳-۱ سیستم GPS/GIS برای کنترل حرکت متحرک‌ها در فرودگاه ۲۳

۲-۳-۲ AIRNET ۲۹

۲-۳-۳ داشبورد مکانی ۳۲

فصل سوم: مدلسازی ۳۴

۳-۱ نمادگذاری‌های مسئله ۴۱

۳-۲ بهینه‌سازی تخصیص یدک‌کش در حالت برگشت به جایگاه استقرار EPA ۴۲

۳-۲-۱ شروط مسئله ۴۴

۳-۳ مکانیابی جایگاه بهینه برای یدک‌کش‌ها در حالت برگشت به جایگاه EPA ۴۵

۳-۴ بهینه سازی تخصیص یدک‌کش بدون برگشت به جایگاه EPA ۴۷

۳-۴-۱ شروط مسئله ۵۰

۳-۵ مکانیابی جایگاه‌های بهینه برای یدک‌کش‌ها در حالتی که به جایگاه EPA بازنگردند ۵۱

۳-۶ مدل تخصیص آنی یدک‌کش ۵۳

فصل چهارم: پیاده سازی ۵۵

۴-۱ بهینه‌سازی تخصیص یدک‌کش در حالت برگشت به جایگاه EPA ۵۷
۴-۲ مکانیابی جایگاه بهینه برای یدک‌کش‌ها در حالت برگشت به جایگاه EPA ۵۹
۴-۳ ارزیابی روش پیشنهادی در مقایسه با روش‌های معمول در حالت برگشت به جایگاه EPA ۶۲
۴-۴ بهینه سازی تخصیص یدک‌کش در حالت بدون برگشت به جایگاه EPA ۶۳
۴-۵ ارزیابی روش پیشنهادی در مقایسه با روش متداول در حالت بدون برگشت به جایگاه EPA ۶۵
۴-۶ مکانیابی جایگاه‌های بهینه برای یدک‌کش‌ها در حالتی که به جایگاه EPA بازنگردند ۶۷
۴-۷ سرویس‌رسانی آنی در حالتیکه تعداد یدک‌کش بیشتر از تعداد هواپیماست ۶۹
۴-۸ سرویس‌رسانی آنی در حالتیکه تعداد یدک‌کش کمتر از تعداد هواپیماست ۷۳
فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۶
منابع و مراجع ۸۰

فهرست جداول

جدول(۴-۱): پروازهای ساعت ۱۵-۱۴:۳۰ فرودگاه مهرآباد.....۵۵
جدول(۴-۲): نتایج حاصل از تخصیص بهینه یک یدک‌کش.....۵۸
جدول(۴-۳): نتایج حاصل از تخصیص بهینه دو یدک‌کش.....۵۸
جدول(۴-۴): نتایج حاصل از تخصیص بهینه سه یدک‌کش.....۵۹
جدول(۴-۵): نتایج سرویس‌رسانی بهینه از جایگاه‌های A,B,C.....۶۰
جدول(۴-۶): نتایج سرویس‌رسانی بهینه از جایگاه‌های A,B,D.....۶۱
جدول(۴-۷): نتایج سرویس‌رسانی بهینه از جایگاه‌های B,C,D.....۶۱
جدول(۴-۸): نتایج سرویس‌رسانی بهینه از جایگاه‌های A,C,D.....۶۱
جدول(۴-۹): نتایج حاصل از سرویس‌رسانی با روش معمول.....۶۲
جدول(۴-۱۰): نتایج حاصل ازسرویس‌رسانی با روش پیشنهادی.....۶۳
جدول(۴-۱۱): نتایج مقایسه مجموع تأخیر در دو روش معمول و پیشنهادی.....۶۳
جدول(۴-۱۲): نتایج تخصیص بهینه یک یدک‌کش زمانی که به جایگاه EPA بازنگردد.....۶۴
جدول(۴-۱۳): نتایج تخصیص بهینه دو یدک‌کش زمانی که به جایگاه EPA بازنگردند.....۶۴
جدول(۴-۱۴): نتایج تخصیص بهینه سه یدک‌کش زمانی که به جایگاه EPA بازنگردند.....۶۵
جدول(۴-۱۵): نتایج حاصل تقسیم فرودگاه به چند بخش متناسب با تعداد یدک‌کش و هواپیما.....۶۷
جدول(۴-۱۶): تخصیص بهینه یدک‌کش از جایگاه‌های A,B,C زمانی که به جایگاه EPA باز نگردند.....۶۸
جدول(۴-۱۷): تخصیص بهینه یدک‌کش از جایگاه‌های A,B,D زمانی که به جایگاه EPA باز نگردند.....۶۸
جدول(۴-۱۸): تخصیص بهینه یدک‌کش از جایگاه‌های B,C,D زمانی که به جایگاه EPA باز نگردند.....۶۸
جدول(۴-۱۹): تخصیص بهینه یدک‌کش از جایگاه‌های A ,C,D زمانی که به جایگاه EPA باز نگردند.....۶۹

فهرست اشکال

شکل(۱-۱): تاکسی‌وی، اپرون، سرویس رد و سایر مناطق در فرودگاه ۴
شکل(۲-۱): آرایش کلی تجهیزات در استند در پارکینگ رو به ترمینال ۱۵
شکل(۲-۱): سیستم یکپارچهGIS/GPS برای ارتباط بین مرکز و متحرک‌های فرودگاهی ۲۸
شکل(۳-۱): نمایی از فرودگاه مهرآباد.....۳۴
شکل(۴-۱): نمایی از فرودگاه امام خمینی ۵۶
شکل(۴-۲): شماره جایگاه هواپیماها و جایگاه یدک‌کش ۵۷
شکل(۴-۳): ۴ جایگاه پارک EPA تجهیزات سرویس‌رسان ۶۰
شکل(۴-۴): تقسیم محوطه فرودگاه متناسب با تعداد خودروهای سرویس‌رسان و جایگاه‌های هواپیما ۶۶
شکل(۴-۵): محاسبه فاصله زمانی جایگاه یدک‌کش۲۶ تا هواپیمای ۱۸ .....۷۱
شکل(۴-۶): فاصله زمانی جایگاه ۲۶ یدک‌کش تا هواپیمای ۳ .....۷۱
شکل(۴-۷): جایگاه و مسیری که یدک‌کش ۲۶ باید سرویس رسانی کند ۷۲
شکل(۴-۸): محاسبه فاصله زمانی جایگاه یدک‌کش ۲۷ تا هواپیمای ۱۸ .....۷۲
شکل(۴-۹): محاسبه فاصله زمانی جایگاه یدک‌کش ۲۵ تا هواپیمای ۱۸ .....۷۳
شکل(۴-۱۰): جایگاه و مسیری که یدک‌کش ۲۵ باید سرویس رسانی کند ۷۳
شکل(۴-۱۱): محاسبه فاصله زمانی جایگاه یدک‌کش ۲۷ و هواپیمای ۴.....۷۴
شکل(۴-۱۲): محاسبه فاصله زمانی جایگاه ۲۷ و هواپیمای ۷ .....۷۵
شکل(۴-۱۳): اعلام به یدک‌کش جایگاه ۲۷ برای سرویس‌رسانی ۷۵

برابر نهادهای واژه‌های انگلیسی

ترجمه فارسی	عنوان انگلیسی	کوته نوشت انگلیسی

سیستم اطلاعات مکانی فرودگاهی.....Airport Geospatial Information System.....AGIS

خط مرزی اپرون.....Apron Boundary Line.....ABL

منطقه پارک ممنوع.....No Parking Area.....NPA

منطقه تجهیزات آماده سرویس.....Equipment Staging Area.....EPA

منطقه ایمن پیرامون هواپیما.....Aircraft Safety Area.....ASA

منطقه استقرار تجهیزات.....Equipment Parking Area.....EPA

مدیریت اتحادیه هوایی.....Federal Aviation Administration.....FAA

سیستم ناوبری جغرافیایی اروپا.....European Geographic Navigation Overlay System.....EGNOS

در پرواز.....On The Fly.....OTF

حرکتی آنی.....Real Time Kinematic.....RTK

سیستم کنترل متحرک‌های زمینی.....Surface Movement Ground Control System.....SMGCS

سیستم خودکار جهت یاب مرکزی.....Center Tracon Automation System.....CTAS

سیستم حامی تصمیم‌گیری.....Spatial Decision Supprt System.....SDSS

انبار داده.....Data Warehouse.....DW

حامی تصمیم‌گیری.....Decision Support.....DS

سیستم بهبود برنامه‌ریزی تاکسی‌وی و ران‌وی در پروازهای خروجی..... Departure Enhanced Planning And DEPARTS..... Runway/Taxiway System

فصل اول: مقدمه

سیستم اطلاعات مکانی به عنوان ابزاری برای تحلیل داده‌های مکانی، در بسیاری از علوم و فنون مرتبط به داده‌های مکانی راه‌حل‌های مناسب و کارگشایی ارایه کرده است. تحلیل‌گران و مهندسین فرودگاه‌ها امروزه نگاه ویژه‌ای به این ابزار داشته و تلاش‌های خود را در چارچوب سیستم اطلاعات مکانی سازماندهی و به اجرا می‌رسانند. تمایل و بکارگیری GIS در فرایندهای فرودگاهی موجب شده تا گرایش نوینی در GIS با عنوان AGIS ایجاد شده و مهندسین فرودگاه با بکارگیری از GIS در تحلیل‌ها و آنالیزهای خود روندها و فرایندها را به گونه‌ای مؤثرتر و با کارایی بیشتر و هزینه کمتر به کار گیرند. مدیریت امکانات موجود، برنامه‌ریزی زیربنایی، مدیریت دارایی‌ها، مالکیت زمین، ارزیابی بحران و ایمنی، مدیریت مسیرهای پروازی، برنامه‌ریزی پیکربندی فرودگاه، برنامه‌ریزی بر اساس ظرفیت، مدیریت باند، مدیریت فرودگاه، مدیریت وسایل نقلیه، نگهداری وسایل عمومی، مدیریت روشنایی، مدلسازی و نمایش نویز، ارزیابی محیطی و تخصیص امکانات از اموری بوده که GIS می‌تواند نقش مؤثری در اجرای آنها در مدیریت فرودگاه داشته باشد [۱].

با افزایش جمعیت کره زمین حجم مسافرت‌های هوایی بیشتر شده است. این مسئله منجر به افزایش تعداد پروازها و به تبع آن ازدحام در سطح فرودگاه شده است. این ازدحام موجب اختلال در فعالیت‌های درون‌فرودگاهی شده است. مهندسین و تحلیلگران فرودگاه‌ها با شرایط ویژه‌ای روبرو بوده و با رشد روز افزون تعداد پروازها و به تبع آن سرویس‌های مورد نیاز هواپیماها امکان اختلال در فرایندهای فرودگاه افزایش یافته است. شکایات مشتریان از تأخیر در پروازها افزایش یافته و مسئولان فرودگاه‌ها نگران این مسئله هستند. پاسخگویی به نیازهای مسافران در این شرایط، نیاز به برنامه‌ریزی‌های صحیح و بهینه‌سازی فرایندهای درون فرودگاهی داشته تا بتوان خدمات را بدون تأخیر و در زمان معین ارایه داد.

بسیاری از عملیات درون فرودگاهی مربوط به خودروهای سرویس‌رسانی می‌باشد. با آنالیز داده‌های مربوط به سرویس‌رسانی‌ها می‌توان عوامل کاهش کارایی و راه‌حل‌های افزایش بازدهی را یافت. تخصیص بهینه امکانات موجود برای افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها راه حل مناسبی است.

همچنین بیشتر عملیات سرویس‌رسانی درون فرودگاهی وابسته به پارامترهای زمانی و مکانی هستند. سیستم اطلاعات مکانی یک ابزار تحلیلی قوی روی داده‌های زمانی و مکانی است. ثبت داده‌های مکانی و زمانی و بکارگیری توانایی‌های تحلیلی GIS در کنار یکدیگر منجر به یافتن راه‌حل‌های بهینه در فرایندهای فرودگاهی می‌شود.

مزایایی AGIS برای مسئولان، مشتریان و کارمندان فرودگاه‌هایی که آنرا بکارگرفته‌اند توجه تمام فرودگاه‌های دنیا را بخود جلب کرده است [۲]. از این رو بسیاری از فرودگاه‌های دنیا بکارگیری این ابزار تحلیلی در فرایندها و عملیات خود را در قالب پروژه‌های سیستم اطلاعات مکانی، در دستور کار خود قرار داده‌اند[۳]. با استفاده از GIS در فرودگاه‌های پر ازدحام دنیا، بهبود بازدهی در بسیاری از رویه‌ها به چشم می‌خورد. کارایی برنامه‌ریزی صورت گرفته توسط مدیران و کنترل و پاسخگویی در شرایط متفاوت افزایش یافته، بنابراین مدیران سعی در گسترش و توسعه این ابزار در تمام امور مدیریتی خود دارند.

۱-۱ ضرورت و هدف

با مروری بر تحقیقات گذشته متوجه می‌شویم بهینه‌سازی عملیات درون فرودگاهی از گذشته مورد توجه بوده است. امروزه فرودگاه‌ها با ترافیک بیش از ظرفیت موجود مواجه هستند. خودروهای زیادی در سطح فرودگاه حرکت می‌کنند و ایمنی فرودگاه‌ها هم دچار مشکل شده است. در فرودگاه‌ها سرویس‌های مختلفی ارایه شده که با افزایش تعداد پروازها و به تبع آن افزایش تعداد وسایل نقلیه سرویس‌رسان، نیاز به برنامه‌ریزی دقیق برای خودروهای سرویس‌رسان به هواپیماها بیش از پیش احساس می‌شود.

یکی از بهسازی‌هایی که در فرودگاه‌ها احساس می‌شود مکانیابی و تخصیص بهینه منابع موجود است. مکانیابی و تخصیص در علوم مختلفی و در زمینه‌های گوناگون به کار گرفته شده است. فرودگاه‌ها شرایط

خاصی دارند که می‌بایست در نظر گرفته شود. محدودیت‌های زمانی و حرکت وسایل نقلیه از مسیرهای مشخص و موقعیت جایگاه هواپیماها و سرویس‌رسان‌ها از جمله این شرایط خاص می‌باشند.

امروزه زمان هزینه‌ای بیشتر از گذشته پیدا کرده و بسیاری از فعالیت‌های اقتصادی و تجاری از طریق ارتباطات پر سرعت انجام می‌شود. مسلماً کسانی که روی به مسافرت‌های هوایی می‌آورند ارزش بیشتری برای زمان قائل بوده و انتظارات بیشتری نیز دارند. برای پاسخگویی به نیازهای مشتریان می‌بایست تدبیری اندیشیده شود. هر یک از فرایندهای درون فرودگاهی چارچوب مشخصی دارد و به فرایندهای قبل و بعد خود وابسته است. دقت در اجرای برنامه‌ریزی، پیش‌بینی حوادث نابهنگام، افزایش سرعت پاسخگویی در صورت پیشامدهای غیرقابل گریز و برنامه‌ریزی پیش از موعد در دستور کار مسئولین فرودگاه قرار دارد.

هدف این تحقیق ارایه راهکاری برای افزایش کارایی عملیاتی، کاهش ترافیک فرودگاهی و کاهش هزینه‌ها با بهینه‌سازی عملیات خودروهای سرویس‌رسان است. افزایش کارایی عملیاتی شامل سرویس‌رسانی بموقع به هواپیماها و مسافران و کاهش تأخیر در هر یک از فرایندهای درون فرودگاهی است. کاهش ترافیک فرودگاهی با افزایش ایمنی، کاهش اختلالات ناشی از تصادفات و برخوردها و در نتیجه افزایش کنترل مدیریتی سطح فرودگاه همراه است.

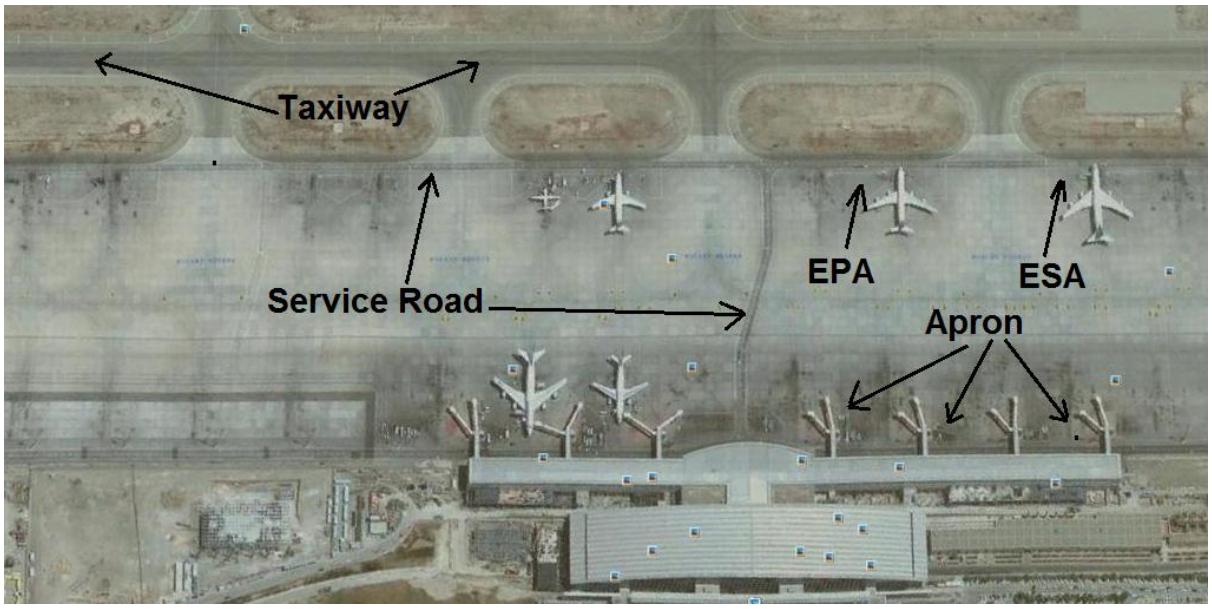
۱-۲ مروری بر منابع

در فرودگاه مسیرهای دسترسی و نیز مناطقی که ورود به آنها دارای محدودیت بوده، اصطلاحات منحصر بفرد دارند که به دلیل نیاز به استفاده از آنها، ابتدا این اصطلاحات بصورت مختصر تبیین شده و سپس تحقیقات موجود در این زمینه مرور می‌شود.

اپرون[1] 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[2] از دو مسیر رفت و برگشت

[1] Apron
[2] Runway

تشکیل شده که هواپیماهای ورودی و خروجی برای برخاست و نشست از آنها استفاده می‌کنند. تاکسی‌وی[۱] هم مسیری است که اپرون را به ران‌وی متصل می‌کند. هواپیماهای ورودی از طریق تاکسی‌وی و به کمک مارشالر[۲] که وظیفه هدایت هواپیماهای ورودی را بر عهده دارد، به اپرون و جایگاه مشخصی که از قبل تعیین شده منتقل می‌شوند. تجهیزات سرویس‌رسان نیز از جایگاه‌های استقرار طولانی‌مدت(EPA[۳]) یا کوتاه‌مدت(ESA[۴]) از مسیرهای مشخصی به نام سرویس‌رد[۵] به هواپیماها سرویس داده و خدمات ارایه می‌کنند. تاکید ما در این تحقیق در بهینه‌سازی سرویس پوش و تاو[۶] است. سرویس پوش و تاو سرویسی است که در آن هواپیما به کمک خودرویی به نام یدک‌کش[۷] از اپرون به تاکسی‌وی منتقل می‌شود. در شکل(۱-۱) مناطق مذکور نشان داده شده‌اند.



شکل(۱-۱): تاکسی‌وی، اپرون، سرویس رد و سایر مناطق در فرودگاه

با وجود افزایش ترافیک در عموم فرودگاه‌های جهان، کارهای اندکی برای بهبود کنترل زمینی وسایل نقلیه و هواپیماها، افزایش کارایی و کاهش ازدحام ناشی از تعداد زیاد وسایل نقلیه خدماتی بویژه در بستر اطلاعات مکانی انجام شده است. این مسئله منجر به کاهش ایمنی می‌شود. سیستمی یکپارچه برای کمک

[1] Taxiway
[2] Marshaler
[3] Equipments Parking Area
[4] Equipments Stage Area
[5] Service Road
[6] Push & Tow
[7] Pushback Tractor

به ضمانت جداسازی متناسب حرکت وسایل نقلیه و هواپیماها در قسمت زمینی فرودگاه توسعه داده شده، که می‌تواند ایده‌هایی برای استفاده بهینه از تاکسی‌وی و ران‌وی بدهد. این سیستم از سیستم موقعیت‌یاب جهانیGPS برای چک کردن موقعیت وسایل زمینی و هواپیماها در روی زمین بصورت آنی و نرم افزار GIS بمنظور ردیابی وسایل نقلیه و هواپیماها در عملیات برنامه‌ریزی مختلف تشکیل شده است[۴]. یکی از ایده‌هایی که این سیستم می‌دهد استفاده بهینه از امکانات موجود و کاهش ترافیک با کمینه‌سازی تعداد سرویس‌رسان‌ها می‌باشد.

بهبود ایمنی در سطح فرودگاه نیازمند مدیریت یکپارچه کل فرودگاه است. با وجود مدیریت‌های مستقل رسیدن به این مهم دشوار است. در شرایط بحرانی مسئولان فرودگاه با اطلاعات کمی که از وضعیت کلی ترافیک دارند، تصمیم‌های مناسبی نمی‌توانند اتخاذ کنند، بنابراین حرکات در سطح فرودگاه دچار مخاطره می‌شود. پروژه AIRNET برای یافتن راه‌حلی برای این مسئله با توسعه پلت‌فرمی موجولار و کم هزینه بمنظور مدیریت ایمنی حرکت در سطح فرودگاه تشکیل شده است [۵]. این سیستم داشبورد مکانی[1][۹]، که یک تکنیک بصری‌سازی برای نمایش عملکرد ایمنی بوده، ارایه کرده است. با کمک آن می‌توان به سرویس‌رسان نشان داد که به کدام هواپیما خدمات‌رسانی کند. همچنین می‌توان مسیر کم‌ترافیک‌تر و سریعتر را به هر یک از خودروها برای رسیدن به مقصدشان نمایش داد.

بهینه‌سازی در تخصیص یدک‌کش با تحلیل روی داده‌های مکانی زمانی انجام می‌شود. در حسابگری همراه و سرویس‌های مکان‌مبنا [۶] و [۷]، ابعاد مکانی و زمانی بخش اصلی کنترل در سطح فرودگاه‌ها را برای نگهدارندگان فرودگاه تشکیل داده، که رشد مداوم حرکت در سطح فرودگاه منجر به بیشتر شدن تعداد حوادث در سطح فرودگاه می‌شود [۸]. مدیریت ریسک یک پروسه مداوم در تشخیص مخاطرات بوده و از وقوع رخدادهای غیر ایمن جلوگیری می‌کند. اگرچه اکثر تصادفات، رویدادهای نادر هستند، تعداد زیادی از حوادث کوچک اغلب اوقات در محوطه فرودگاه رخ می‌دهند. نادیده گرفتن این مخاطرات ایمنی می‌تواند راه افزایش تعداد حوادث جدی را هموار کند [۱۰].

[1] Spatial Dashboard

روابط توپولوژیک بین عوارض مکانی، ناظران فرودگاه را در کنترل توالی دقیق اتفاقات توانا می‌کند. استفاده از داده‌های زمانی برای پشتیبانی از امکانات تحلیلی برای یافتن علت حوادثی که رخ داده است، کمک کننده است [۱۰]. در تحلیل کمینه‌سازی تعداد خودروهای سرویس‌رسان، داده‌های زمانی در یافتن علل تاخیرات بوجود آمده در عملیات پوش و تاو هواپیما و یافتن راه حلی برای آنها می‌تواند راهگشا باشد.

مقاله‌های فراوانی برای بهینه‌سازی عملیات در فرودگاه‌ها ارایه شده که هدف اکثر آنها کاهش تأخیر در پروازها و سایر عملیات فرودگاهی و سرویس دهی بهتر برای مشتریان می‌باشد. در این مقالات عواملی که باعث تأخیر در پروازها می‌شود شناسایی شده و راهکارهایی برای حل آنها ارایه شده است. از جمله عبارتند از:

در منبع [۱۱] DEPARTS[1] برای کمک به کاهش زمان تاکسی کردن هواپیما در فرودگاه بین‌المللی آتلانتا توسط Wayne و همکارانش معرفی شده است. DEPARTS یک برنامه بهینه برای تخصیص ران‌وی و برنامه‌ریزی پروازهای خروجی به برج مراقبت ارایه می‌دهد. همچنین تاثیر بهبود پیش‌بینی‌پذیری زمان آماده پوش بودن هواپیما و در دسترس بودن اطلاعات آنی از سطح فرودگاه(یعنی زمان واقعی پوش و تاو و تخلیه تاکسی‌وی) و مزایای برنامه‌ریزی قبل از خروج تحلیل شده است [۱۲]. اگر زمان مورد نیاز هواپیما برای پوش و تاو شدن از قبل به طور دقیق مشخص باشد می‌توان برنامه تخصیص خودروهای سرویس‌رسان به هواپیماها را از روز قبل ارایه کرد و تمام خودروهای خدماتی از روز قبل از وظایف خود آگاه باشند. امروزه این روند برای فرودگاه‌ها یک نیاز واقعی به شمار می‌رود. در مرجع [۱۳] جزئیات بیشتری درباره ابزار DEPARTS و توانایی‌های آن که در عملیات فرودگاهی می‌تواند کمک کننده باشد توسط Cooper و همکارانش بررسی شده است.

اگر چه سرویس پوش و تاو بیشتر برای پروازهای خروجی به کار می‌رود ولی در برخی موارد برای پروازهای ورودی هم به کار می‌رود. مثلا زمانی که هواپیمای ورودی دچار نقص شده یا پنچر شده و قادر به حرکت نباشد، نیاز به یدک‌کش دارد تا آنرا تا محوطه اپرون برساند. بهینه‌سازی سرویس پوش و تاو را

[1] Departure Enhanced Planning And Runway/Taxiway System

می‌توان نوعی از بهینه سازی در پروازهای خروجی برشمرد. تحقیقات دیگری نیز در برنامه‌ریزی بهینه پروازهای خروجی انجام شده است. برای مثال می‌توان توسعه CAASD توسط Barrer و همکارانش بعنوان نمونه آزمایشگاهی از ابزار برنامه‌ریزی پروازهای خروجی برای فرودگاه نیویورک نام برد [۱۴]. در MIT نیز 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 [۱۵] ,[۱۶],[۱۷].

همچنین در تحقیق انجام شده توسط Smeltink و همکارانش یک مدل بهینه‌سازی برای زمان‌بندی فرایند تاکسی در فرودگاه ارایه شده است. در این مدل رابطه‌ای برای برنامه‌ریزی صحیح ترکیبی جهت نمایش حرکت هواپیما در سطح فرودگاه ارایه شده است [۱۸]. در زمان‌بندی بهینه تاخیراتی که در تاکسی کردن هواپیما وجود دارد کمینه شده است.

با توجه به اینکه در دهه اخیر ترافیک هوایی رشد فزاینده‌ای داشته است، برای مسئله نگهداری ایمنی، بهسازی‌هایی در مدیریت ترافیک هوایی می‌بایست انجام شود. بهبود چشمگیری در حال حاضر برای توسعه ظرفیت ترافیکی در فرودگاه حاصل شده است. توسعه در این بخش‌ها باعث شده سرویس دهندگان برای فرودگاه‌ها، خطوط هوایی و کنترل ترافیک هوایی بهینه‌سازی و بهبود کارایی در فرایندهای فرودگاه‌ها مانند مدیریت پروازهای ورودی [۱۹]، مدیریت پروازهای خروجی [۲۰] وتخصیص استند [۲۱] را در دستورکار خود قرار دهند. همچنین تلاشی برای تلفیق این فرایندها و سیستمها که آنرا تصمیم‌گیری همکارانه می‌نامند انجام شده است [۲۲].

نایقینی‌های فراوانی در عملیات فرودگاهی به چشم می‌خورد. یک اختلال از انجام عملیات زمانبندی شده در فرودگاه ممانعت بعمل می‌آورد. شواهد نشان می‌دهد فرودگاه‌هایی که اکثر پروازهای داخلی را انجام می‌دهند روز بدون اختلالی را تجربه نکرده‌اند [۲۳]. برنامه‌های زمان‌بندی و الگوریتمی باید به گونه‌ای باشد که برای اختلالات نابهنگام تدابیری اندیشیده شود. طی تحقیقی که توسط Dobbin انجام شده متوسط تأخیر پروازهای روزانه از سال ۱۹۹۸ الی ۱۹۹۹، در فرودگاه آتلانتا ۲۰٪ افزایش یافته بود، و به تبع آن شکایات مشتریان ۱۳۰٪ افزایش یافته [۲۴]، اما متاسفانه عملکرد خطوط هوایی بهتر نشد. همچنین

Phillips و Irwin در جوئن سال ۲۰۰۰ میزان تأخیر در پروازها را ٪۱۶/۵ بیشتر نسبت به جوئن سال ۱۹۹۹ ارزیابی کرده‌اند. بررسی‌ها نشان داده در جوئن سال ۲۰۰۰، ۷۱ پرواز به علت اختلالات مکانیکی لغو شده بود [۲۵]. با وجود مدلهای برنامه‌ریزی موجود، نایقینی در عملیات لحاظ نشده، در نتیجه تفاوت زیادی بین عملکرد واقعی و آنچه برنامه‌ریزی شده وجود دارد. Rosenberger و همکارانش یک مدل آماری برای عملیات روزانه خطوط هوایی داخلی ارایه کرده‌اند. هدف اساسی آنها ارزیابی برنامه‌ها مانند برنامه‌ریزی خدمات، بعلاوه یافتن روش‌های بازیابی در محیط‌های مختلف است [۲۳].

در فرودگاه همواره با مشکلات جدیدی برخورد می‌شود که نیاز است تا همه مسئولان فرودگاه‌های دنیا تجارب خود را در مورد مشکلاتی که با آن روبرو بوده‌اند به اشتراک گذارده و برای مواجه با این مشکلات برنامه‌ریزی کنند. آقای Jason و همکارانش در منبع [۲۷] مسائل و مشکلات موجود در فرودگاه‌ها در گذشته و حال که مورد توجه محققان بوده را بررسی کرده‌اند. درواقع مشخص کردن کارایی عملیات فرودگاه یک مسئله مهم واساسی برای فرودگاه‌ها، خطوط هوایی، مسافران و کنترل‌کنندگان فرودگاه‌ها است. چالش متحرک‌های درون فرودگاه یک اتصال بین سایر مسائل درون فرودگاه مانند پروازهای ورودی و پروازهای خروجی، عملیات سرویس‌دهی مورد نیاز آنها و تخصیص گیت و استند برقرار می‌کند. در این مقاله همچنین سایر تحقیقات در مورد متحرک‌های زمینی در فرودگاه‌ها مورد باز بینی قرار گرفته و مشکلات اساسی آنها طبقه بندی شده است.

برنامه زمانبندی وظایف در فرودگاه‌ها می‌بایست در همه شرایط پاسخگو بوده و پیش‌بینی اختلالات نابهنگام را کرده تا در هر وضعیتی جبران تاخیرهای بوجود آمده را کند. در تحقیق صورت گرفته توسط Erzberger [۲۸] طراحی اصول و الگوریتم برای ساخت جدول زمانبندی آنی ارایه شده است. هدف اساسی از برنامه زمانی تخصیص ران‌وی برای نشستن هواپیماهای ورودی و برنامه‌ریزی برای آنها بمنظور کمینه‌سازی تاخیرها است. طراحی برآورد کننده خط سیر اگرچه از نظر تکینیکی پیچیده بوده، اما می‌تواند با به کارگیری متدهای موثر در ناوبری، هدایت و کنترل هواپیما موثر باشد [۳۶] [۲۹]. این برنامه زمانی در

CTAS[1] به کار گرفته شده است و توسط FAA[2] و مرکز تحقیقات ناسا توسعه داده شده است. ابزار خودکارسازی CTAS شامل راهنمای مدیریت ترافیک، راهنمای کاهش ترافیک و ابزار فاصله گذاری با کمترین فاصله یعنی استفاده بهینه از فضاها است [۳۱] [۳۲] [۳۳]. این ابزار به مسئولان هندلینگ هواپیما کمک می‌کند تا در حدود ۴۰ دقیقه قبل از نشستن هواپیما برنامه‌ریزی اختصاص تجهیزات و جایگاه هواپیما را انجام دهند. در حالیکه طراحی CTAS هنوز کامل نشده، بسیاری از ابزارهای آن تحت شبیه‌سازی آنی گسترده‌ای مانند ارزیابی اپرون در فرودگاه‌های دنور و دالاس تست شده است [۳۴] [۳۵] [۳۶].

علاوه بر تحقیقات مذکور در پروژه‌ای با نام SESAR[3] تعداد پروازها تا سال ۲۰۲۰ پیش‌بینی شده است. هدف پروژه سه برابر کردن ظرفیت تا سال ۲۰۲۰ و کاهش تاخیرات زمینی و هوایی است [۳۷]. چیزی که پدیدار می‌شود در تنگنا قرار گرفتن فرودگاه‌های مرکزی در سراسر سیستم مدیریت ترافیک هوایی اروپا است [۳۸]. لذا بهبود در عملیات اساسی فرودگاهی در آینده نزدیک اهمیت بیشتری می‌یابد. عملیات اساسی که مورد توجه قرار می‌گیرند، مدیریت پروازهای ورودی و خروجی(زمان‌بندی و ترتیب آنها) در ران‌وی [۳۹] , [۴۰] تخصیص گیت [۴۱] و حرکات زمینی [۴۲] , [۴۳] است.

همچنین در تحقیقی برای فرودگاه‌های مرکزی که دارای پروازهای ورودی و خروجی زیادی بوده، مدل‌هایی برای عملیات زمینی ارایه شده است. در این تحقیق سه مدل برای عملیات پویا توسط Andersson و همکارانش در فرودگاه‌های شلوغ پیشنهاد شده است. دو مدل مرتبه گذاری(صف بندی) برای فرایندهای ورود به تاکسی‌وی و خروج از تاکسی‌وی پیشنهاد شده است. یک مدل برنامه‌ریزی با هدف نمایش فرایند حرکت‌های هواپیما درون اپرون برای تصمیم‌گیرندگان فرودگاه‌ها ارایه شده است. از این مدل‌ها برای بهبود کارایی استراتژی‌های کنترل فرودگاه‌ها استفاده می‌شود [۴۴]. تمام روش‌های کمی برای پیش‌بینی و بهبود عملیات فرودگاهی می‌بایست بر اساس مدل‌های ریاضی بنا شوند. اکثر مدل‌های با جزئیات بیشتر از عملیات فرودگاهی مانند SIMMOD و TAAM بر اساس یک مدلسازی پیچیده فیزیکی از عملیات

[1] Center TRACON Automation System

[2] Federal Aviation Administration

[3] Single European Sky ATM Research