نشریه علمی- پژوهشی مهندسی هوانوردی
سال هجدهم، شماره اول، بهار و تابستان ۹۵

شبیه‌سازی عملکرد سامانه پیشرفته کنترل و هدایت حرکت در سطح (A-SMGCS) مطالعه موردی: فرودگاه بین‌المللی مهرآباد

موسوی،سیده ندا [۱] ، پرستاری،جواد [۲*]

۱- کارشناس ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم وتحقیقات، گروه مهندسی کامپیوتر گرایش مکاترونیک، تهران، ایران

۲- استادیار دانشکده صنعت هواپیمایی کشوری، فرودگاه مهرآباد، تهران ، ایران

(دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۳۱)

چکیده

این مقاله شبیه‌سازی از سیستم پیشرفته کنترل و هدایت حرکت در سطح (A-SMGCS) ارائه می دهد. مراحل این شبیه‌سازی که بر روی طرح فرودگاه بین المللی مهرآباد انجام شده شامل پردازش تصویر ، تعریف و ایجاد پایگاه قوانین و مواردی از ایجاد هشدار است که در محیط نرم‌افزار متلب اجرا شده است. نتایج این شبیه‌سازی که برطبق اسناد مربوط به این سیستم انجام شده کاملا با نحوه کار این سیستم مطابقت دارد و تصویر و اطلاعاتی از چگونگی عملکرد آن در اختیار مخاطبان قرار می‌دهد. همچنین این مقاله با بررسی این سیستم به پوشش مفهوم سیستم ، پیشینه، تحولات جاری و فن آوری ها وابسته می‌پردازد

واژه‌های کلیدی: *A-SMGCS ، شبیه سازی، فرودگاه، متلب*

* نویسنده پاسخگو، پست الکترونیک: parastari@catc.ac.ir

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

مقدمه

خلبان به کمک راهبردهای هدایتی که از کنترلرهای زمینی از طریق کانال رادیویی دریافت می‌کند و برگه جدول مسیریابی فرودگاه مسیر حرکات سطحی را طی می‌کند. خلبانان و رانندگان وسایل نقلیه ترافیک سطح باند را بر اساس سیگنال‌های دیداری، مانند نشانه‌های سطح فرودگاه (به عنوان مثال، خطوط مرکزی رنگین)، نورها و علامت‌ها تشخیص می‌دهند. در نتیجه شرایط آب و هوایی می‌تواند به نحو چشمگیر و معناداری بر توانایی آن‌ها در "دیدن و دیده شدن" تاثیرگذار باشد. در عین حال، کنترلرها بر گزارش خلبانان و رادار سطحی برای نظارت بر سطح باند تکیه می‌کنند و حداقل سطح جدایی برای خلبانان، رانندگان وسایل نقلیه و کنترلرها وجود نداشته و آن‌ها باید مسئولیت‌های مربوط به جلوگیری از بروز تصادفات سطحی را با هم تقسیم کنند.

کنترلرها از کارهای ناوبری بیش از حد در زمینه جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تحرکات و تنظیم مسیرها خسته می‌شوند. در ضمن، به دلیل محدودیت باند ارتباطات صوتی و سرعت انتقال صدا، تراکم انتقال اطلاعات منجر به تاثیرات منفی بر ارائه مسیرهای کنترل یا اصلاح آن‌ها می‌شود.

روش عملیاتی سیستم کنترل و هدایت حرکت در سطح (SMGCS)[۱] این فرصت را به عناصر بسیاری می‌دهد تا تاثیر منفی بر ترافیک فرودگاه داشته باشند. شرایط آب و هوایی، مانند باران، مه و تاریکی، ممکن است منجر به تاخیر در تحرکات هواپیما یا تصادفات شده و متعاقبا به صورت جدی بر کارآیی و ایمنی تحرکات سطحی فرودگاه تاثیر بگذارد.

با توجه به فاکتور انسانی، حجم بیش از حد اطلاعات برای خلبان و کنترلر زمینی با رشد ترافیک افزایش پیدا می‌کند که می‌تواند به افزایش عامل خطای انسانی مربوط به تصادفات و تجاوز به باند فرودگاه منجر شود.

با توجه به توانایی ارتباطات رادیویی، نیاز به انتقال مسیر ناوبری آنی می‌تواند به دلیل تراکم فرکانس باند یا کیفیت سیگنال ناپایدار دشوار باشد.

مشکل مورد اشاره نه تنها باعث کاهش کارآیی تحرکات سطحی می‌شود، بلکه در عین حال منجر به رویدادها و تصادفات جدی نیز می‌گردد. به منظور بهبود توانایی‌های عملیاتی سطح فرودگاه ، ناسا (NASA)[۲] و شرکایش سیستم پیشرفته کنترل و هدایت حرکت در سطح (A-SMGCS)[۳]را ایجاد کرده‌اند.

بر اساس تعاریف ایکائو [۱] (ICAO)[۴]، عملکرد A-SMGCS شامل چهار بخش می‌شود که عبارتند از هدایت، نظارت، کنترل و مسیریابی. هدایت عملکردی است که اطلاعات ناوبری را در سطح فرودگاه در اختیارهواپیما قرار می‌دهد. عملکرد نظارت گزارش موقعیت همه هواپیماهای درون محوطه حرکت را ارائه می‌کند. عملکرد کنترل تجزیه و تحلیل امکان برخوردها را ارائه می‌کند. عملکرد مسیریابی مسیر را برای هر هواپیما یا وسیله نقلیه در محوطه حرکت مشخص می‌کند [۲].

اسناد ایکائو توضیحاتی راجع به تکنولوژی شامل پیش زمینه، پیشرفت، موارد مورد نیاز اختصاصی و مشکلات و مسائل اجرا و بکارگیری ارائه می‌کند. برای بهبود SMGCS ، A-SMGCS از تکنولوژی‌های نظارتی پیشرفته، مانند نظارت وابسته اتوماتیک (ADS-B)[۵] و سیستم موقعیت‌یاب جهانی (GPS)[۶] استفاده می‌کند. این امر شناسایی حرکت هواپیما و شناسایی میزان نزدیکی بر روی نقشه تحرکات فرودگاه (AMM)[۷]، را در موقعیت های آب و هوایی مختلف میسر می‌سازد. A-SMGCS ورای کنترل ترافیک صوتی، عملکردهای کنترلی را برای کنترلرها و خلبانان بر روی AMM اجرا می‌کند، که شامل آگاهی از ترافیک سطحی، راهنمایی هدایت و مسیریابی جهت می‌شود.

A-SMGCS سطح ۱ باعث می‌شود خلبانان و کنترلرهای زمینی از موقعیت و مکان هواپیماها و وسایل نقلیه، حرکات و شرایط ترافیک مشترک آگاه باشند. سطح ۲ سیستم توانایی های سطح ۱ را پوشش داده، و از پایگاه داده نظارتی برای تولید اخطار و آماده باش خودکار استفاده می‌کند. این اخطار در صورتی ارائه می‌شود که موقعیت متحرک مورد نظر از مجموعه قوانین پایگاه تخطی کرده باشد.

تجزیه و تحلیل تاثیرA-SMGCS

در سال ۲۰۰۴ ایکائو راهنمای A-SMGCS را تحت عنوان سند ۹۸۳۰ [۱] منتشر کرد پس از آن در ۱۲ سال اخیر پروژه های زیادی در اروپا تحت حمایت EUROCONTROL[۸] برای پیاده‌سازی این سیستم انجام شده است. از مهم‌ترین این پروژه‌ها می‌توان BETA, EVA,

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

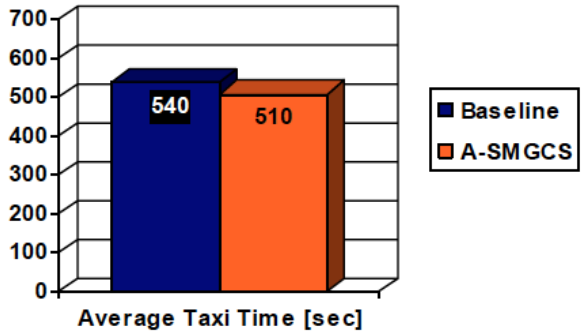
EMMA, EMMA2 [۹] را نام برد. در این بخش به برخی از نتایج حاصل از پروژه‌های EMMA و EMMA2 می‌پردازیم.

۱. بازدهی سیستم

با توجه به مفهوم A-SMGCS یکی از مزایای اصلی مورد انتظار از اجرای این سیستم نگهداری از توان عملیاتی فرودگاه در شرایط کاهش دید و در شب خواهد بود.

۱,۱. کاهش زمان تاکسی

در پروژه EMMA و EMMA2 زمان تاکسی به صورت اتوماتیک اندازه‌گیری شده است این زمان برای هر هواپیما از شروع حرکت آن در پارکینگ تا زمان جدا شدن چرخ‌ها از زمین، برای پروازهای خروجی و یا از قرار گرفتن چرخ‌ها بر روی زمین تا رسیدن به پارکینگ (سرعت صفر) برای پروازهای ورودی در نظر گرفته می شود. در پروژه EMMA زمان تاکسی در هر دو حالت با A-SMGCS و بدون آن اندازه‌گیری شد و نتایج زیر بدست آمد:



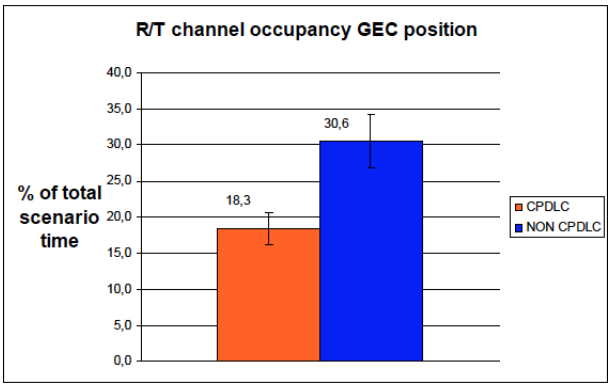
شکل ۱- کاهش زمان تاکسی [۶]

تحقیقات نشان می‌دهند که زمان تاکسی با اجرای A-SMGCS سطح ۱ و ۲، ۱۵٪ کاهش می‌یابد [۵-۳]. همچنین انتظار می‌رفت که با اجرای سطح‌های بالاتر A-SMGCS این زمان کاهش بیشتری پیدا کند. در پروژه موسوم به TARMAC خلبانان توانستند به کمک نقشه حرکت الکترونیکی (EMM)[۱۰] تصویر واضحی از موقعیت خودشان در مسیر تاکسی در شرایط آب و هوایی بد داشته باشند و در نتیجه با سرعت بیشتری حرکت کنند. سرعت خلبانان به کمک EMM به ۱۴/۲ نات می‌رسید در صورتی‌که در شرایط مشابه آب و هوایی بدون این سیستم بیشترین سرعت آن‌ها ۱۲/۱ نات بوده است [۴].

در پروژه EMMA2 تاثیر DMAN[۱۱] بر کاهش زمان توقف در مسیر تاکسی بررسی شد. نتایج نشان دادند که زمان توقف با وجود این سیستم ۲۶٪ کاهش می‌یابد [۵].

۲,۱. حجم ترافیک رادیویی

آگاهی کنترلرها از موقعیت هواپیماها به‌وسیله سیستم-های جدید باعث کاهش نیاز به برقراری ارتباط بین کنترلرها و خلبانان می‌شود. TAXI-CPDLC[۱۲]، به عنوان یک سرویس از A-SMGCS سطح بالا، در مقایسه با ارتباط رادیویی بسیار سریع تر عمل می‌کند و همین امر باعث کاهش زمان مورد نیاز برای برقراری ارتباط بین کنترلر و خلبان خصوصا در زمان اوج ترافیک می‌شود. در هر دو پروژه EMMA و EMMA2 این مورد ارزیابی شده است. نتایج در پروژه EMMA نشان می‌دهد استفاده از این روش زمان مکالمات را ۱۲/۵٪ کاهش می‌دهد که این میزان در پروژه EMMA2 به ۴۰٪ می‌رسد [۶].



شکل ۲- کاهش زمان برقراری ارتباط [۶]

۲. امنیت

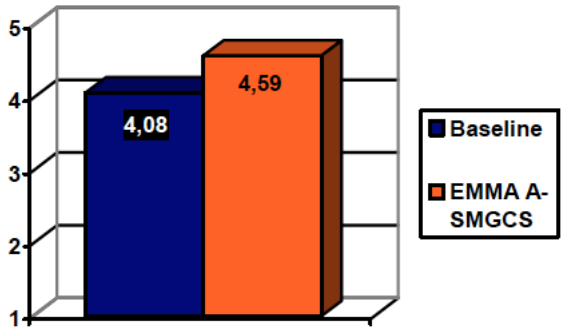
به طور کلی مزیت ایمنی A-SMGCS در افزایش آگاهی موقعیتی کنترلرها می‌باشد. کنترلرها به کمک این سیستم قادر به پیش‌بینی بهتر و تصمیم‌گیری بهتر خصوصا در شرایط پیچیده ترافیکی خواهند بود که این امر موجب کاهش احتمال تصادفات می‌شود.

۱,۲. آگاهی از موقعیت

میزان آگاهی کنترلرها از موقعیت در دو حالت وجود A-SMGCS و بدون آن اندازه‌گیری شده و نتایج نشان می‌دهد

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

که میزان این آگاهی به کمک A-SMGCS افزایش می‌یابد [۶].

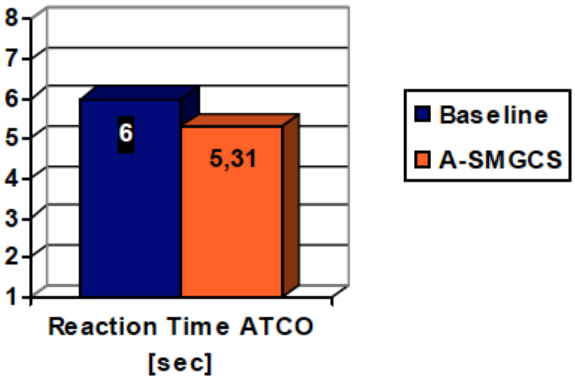


شکل ۳- افزایش میزان آگاهی از موقعیت [۶]

۲،۲. تشخیص برخورد

در پروژه EMMA زمان بین بروز یک حادثه و عکس العمل یک کنترلر اندازه‌گیری شده است. عکس العمل به زمان مورد نیاز یک کنترلر برای تماس با خلبان و حل مشکل گفته می‌شود. نتایج نشان می‌دهد به کمک A-SMGCS زمان عکس العمل کنترلرها ۱۱/۵٪ کاهش پیدا می‌کند [۶].

در پروژه EUROCONTROL A-SMGCS کنترلرها در شرایط بدون A-SMGCS توانستند ۳۰٪ حوادث را تشخیص بدهند در صورتیکه با A-SMGCS سطح۱ ۴۰٪ و با سطح۲ ۸۰٪ از حوادث توسط کنترلرها شناسایی شد [۳].



شکل ۴- کاهش زمان عکس العمل کنترلرها [۶]

۳. مزایای زیست محیطی

کاهش زمان تاکسی تنها باعث افزایش بهره‌وری از زمان و فضای فرودگاه نمی‌شود. سوزاندن سوخت هواپیما باعث انتشار دی اکسید کربن، اکسید نیتروژن، اکسید گوگرد، بخار آب، هیدروکربن‌ها، ذرات و دوده (ذرات عمدتا سولفات از اکسیدهای گوگرد هستند) می‌شود. در نتیجه کاهش زمان سوزاندن سوخت هواپیما اثرات زیست محیطی در پی دارد. بر اساس یک نوع هواپیمای متوسط مانند بویینگ ۴۰۰- ۷۳۷ و با در نظر گرفتن میانگین ۵٪ کاهش زمان تاکسی، به ازای هر ۳۵۰،۰۰۰ حرکت میزان کاهش آلاینده ها به صورت زیر خواهد بود[۷]:

-kg fuel burn۱،۴۷۰،۰۰۰
-kg CO2۴،۶۳۰،۰۰۰
-kg SO2۱،۲۳۰،۰۰۰

۴. جنبه های اقتصادی A-SMGCS

در بحث صرفه‌جویی اقتصادی A-SMGCS باید به هزینه تجهیزات مورد نیاز با در نظر گرفتن ویژگی‌های هر فرودگاه و هزینه نگهداری از آن‌ها توجه کرد. به همین دلیل برای هر فرودگاهی با توجه مقادیر دقیق محلی آن باید تجزیه و تحلیل جداگانه‌ای صورت بگیرد. در این‌جا دو نوع فرودگاه معمولی با هزینه‌های متوسط به صورت کلی به عنوان نمونه بررسی می‌شوند. این دو فرودگاه در اروپا و در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۶ مورد مطالعه قرار گرفته اند[۸-۱۰]. سیستم مورد مطالعه در این تحقیقات A-SMGCS سطح ۱ و ۲ می‌باشد و سطح‌های بالاتر آن در نظر گرفته نشده است.

۱،۴. مدل فرودگاه:

برای این آنالیز دو مدل فرودگاه انتخاب شده‌اند. مدل A یک فرودگاه متوسط است مانند فرودگاه مالپنسا در میلان با سالانه حداقل ۱۷۵،۰۰۰ جابه‌جایی و ۵۰،۰۰۰ دقیقه تاخیر به‌دلیل شرایط بد آب و هوایی. مدل B یک فرودگاه بزرگ است مانند فرودگاه بین المللی فرانکفورت با سالانه حداقل ۳۵۰،۰۰۰ جابه‌جایی و ۱۰۰،۰۰۰ دقیقه تاخیر به‌دلیل شرایط آب و هوایی.

۲،۴. هزینه:

تمامی هزینه‌ها بر اساس گزارش EUROCONTROL در نظر گرفته شده است [۸]. فرض می‌شود که SMR [۱۳] در فرودگاه‌های مورد نظر وجود داشته است. تجهیزات مورد نیاز و هزینه‌های آن‌ها در شکل ۵ مشخص شده است.

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

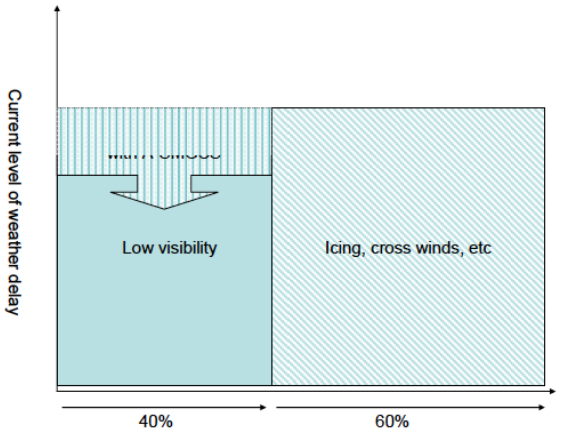
	Stakeholder	one-off capital costs	one-off implementation costs	TOTAL one off costs	operating costs per annum
Airport A	ANSPs (10 receivers + 2 transmitter, 5 CWP)	2.6M€	0.593M€	3.3M€	0.274M€
	Airports (75 vehicles)	0.150M€	0.019M€	0.169M€	0.019M€
Airport B	ANSPs (20 receivers + 3 transmitters, 10 CWPs)	3.4M€	0.653M€	4.2M€	0.342M€
	Airports (150 vehicles)	0.3 M€	0.038 M€	0.338 M€	0.038 M€
	Airlines	Costs for airlines derive entirely from the service charge passed on by ANSPs and Airport Operators.			

شکل ۵- هزینه تجهیزات در دو مدل فرودگاه متوسط و بزرگ [۶]

۳,۴. صرفه اقتصادی:

۱,۳,۴. توان عملیاتی و ظرفیت:

همان‌طور که پیش‌تر گفته‌شد A-SMGCS سطح ۱ و ۲، ۵٪ توان عملیاتی را افزایش می‌دهند. با توجه به تحقیقات تجاری انجام شده [۱۱] ۵٪ افزایش در توان عملیاتی میزان تاخیرها ۲۵٪ را کاهش می‌دهد. با این فرض که حدودا ۶۰٪ تاخیرها به دلیل شرایط آب و هوایی بد (مانند برف، طوفان، دید کم و ..) رخ می‌دهد. ۴۰٪ از این نوع تاخیرات به‌دلیل شرایط دید کم رخ می‌دهد یعنی دقیقا شرایطی که A-SMGCS سطح ۱و ۲ قادر به غلبه بر آن هستند. در نتیجه ۲۵٪ کاهش در ۴۰٪ تاخیرات ناشی از دید کم، منجر به ۱۰٪ کاهش در کل تاخیرات مربوط به شرایط آب و هوایی می‌شود [۶].



شکل ۶- کاهش تاخیرات مربوط به شرایط آب و هوایی [۶]

با توجه به تحقیقات EUROCONTROL در تاخیرات بیش از ۱۵ دقیقه، به ازای هر دقیقه، سالانه ۷۲ یورو هزینه می‌شود [۱۲]. برای مدل فرودگاه متوسط با سالانه ۵۰,۰۰۰ دقیقه تاخیر به دلیل شرایط آب و هوایی، میزان صرفه‌جویی اقتصادی برابر است با (۱۰٪×۵۰,۰۰۰×۷۲) ۳۶۰,۰۰۰ یورو در سال. و برای فرودگاه بزرگتر با ۱۰۰,۰۰۰ دقیقه تاخیر این مبلغ به ۷۲۰,۰۰۰ یورو در سال می‌رسد.

۲,۳,۴. بازده:

گزارش وست مینستر [۱۳] نشان می‌دهد که درتاخیرهای کمتر از ۱۵ دقیقه در مسیر تاکسی به ازای هر دقیقه ۵ یورو هزینه می‌شود. پیشتر مشخص شد که استفاده از A-SMGCS زمان تاکسی را ۵٪ کاهش می‌دهد در نتیجه میزان کاهش هزینه برابر است با (۵٪ × ۱۳ (دقیقه- میانگین زمان تاکسی) × ۸۷,۵۰۰ (جابه جایی) × ۵یورو) ۲۸۴,۰۰۰ یورو در سال. برای مدل فرودگاه بزرگ‌تر این عدد به ۵۶۹,۰۰۰ یورو در سال می‌رسد.

۳,۳,۴. امنیت

بر اساس تحقیقات انجام شده [۱۳] در هر ۳۵۰,۰۰۰ جابه‌جایی یک تعدی در سطح باند رخ می‌دهد این بدان معناست که در مدل فرودگاه‌های بزرگ سالانه یک تعدی در سطح باند رخ می‌دهد. از هر ۱۰۰ مورد تعدی به سطح باند یک مورد منجر به تصادف شدید در سطح باند می‌شود در نتیجه در فرودگاه‌های بزرگ هر صد سال یکبار یک تصادف شدید رخ می‌دهد. هزینه تصادف حدودا ۱۰۴ میلیون یورو برآورد می‌شود. پیشتر بیان شد که استفاده از A-SMGCS تصادفات سطح باند را ۵۰٪ کاهش می‌دهد پس می‌توان گفت که A-SMGCS در این مورد سالانه نیم میلیون یورو صرفه جویی اقتصادی به همراه دارد. در شکل ۷ و ۸ می‌توان خلاصه‌ای از صرفه اقتصادی A-SMGCS را مشاهده کرد [۶].

AIRLINE OPERATORS	Airport A (175K movements) € per annum	Airport B (350K movements) € per annum
Weather delays	0.360M	0.720M
Flight efficiency (all visibilities)	0.284M	0.569M
Safety	0.260M	0.520M
TOTAL	0.904M	1.809M

شکل ۸- مجموع صرفه جویی اقتصادی سیستم A-SMGCS [۶]

	Airport A (175K movements)	Airport B (350K movements)
Total Costs	3.47M (+ 0.29M yearly operating costs)	4.59M (+ 0.38M yearly operating costs)
Total Savings	0.904M	1.81M
Payback Years	5 years	3 years

شکل ۹- محاسبه برگشت هزینه‌های نصب سیستم A-SMGCS [۶]

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

تکنولوژی‌های اصلی پشتیبانA-SMGCS

برای ارائه رویکردهایی در راستای عملیات‌های فرودگاهی خودکار و قابل کنترل‌تر، A-SMGCS با سیستم‌های جانبی و تکنولوژی‌های یکپارچه شده کار می‌کند. تکنولوژی‌های استفاده شده در A-SMGCS شامل :

۱. GPS
۲. ADS-B (تنها برای هواپیماهایی موجود است که به ADS-B مجهزند)
۳. رادار نظارت اولیه (PSR) [۱۴] در بیشتر فرودگاه‌ها.
۴. رادار نظارت ثانویه (SSR) [۱۵]
۵. صفحه نمایش AMM، کار کردن با پایگاه داده نقشه برداری فرودگاه(AMDB) [۱۶]، که در ایستگاه‌های زمینی و کابین خلبان به عنوان جزیی از واحد HMI[۱۷] تعبیه شده است.
۶. باندهای ارتباطی لینک داده‌ها، مانند ارتباط لینک داده آزمایشی (CPDLC) [۱۸] و خدمات پخش اطلاعات ترافیک سطحی (STIS-B) [۱۹]، که انتقال سیگنال دیجیتال را بین وسایل نقلیه سطحی یا وسایل نقلیه و ایستگاه‌های زمینی میسر می‌سازد.

جدول ۱- تکنولوژی‌های اصلی پشتیبان A-SMGCS [۱۴]

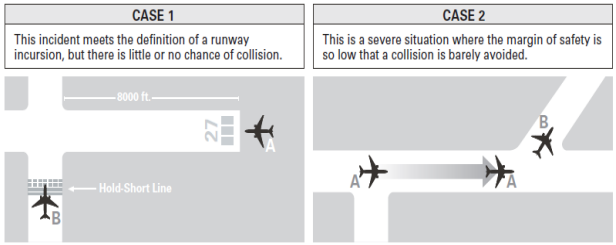
Airport Technologies	Aircraft Technologies	Function
---	GPS, AMDB, Display	Ownship Position Awareness
AMDB, Display ADS-B, STIS-B, Radar	GPS, AMDB, Display ADS-B, STIS-B	Traffic Position Awareness
AMDB, Display CPDLC	AMDB, Display CPDLC	Route Awareness
Display CPDLC	GPS, AMDB, Display CPDLC	Route Deviation Detection
AMDB, Display ADS-B, STIS-B, Radar	GPS, AMDB, Display ADS-B, STIS-B	Runway Incursion Detection

تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی تصادفات

طبق گزارش ایمنی باند منتشر شده از آژانس هوانوردی فدرال FAA [۱۶] [۲۰]، تعریف زیر به مسئله ایمنی ترافیک در سطح مربوط می‌باشد:

- خطر برخورد: به هر گونه شرایط، رویداد یا موقعیتی می‌گویند که می‌تواند منجر به تصادف یا حادثه‌ای در سطح بشود.
- از بین رفتن فاصله: رویداد یا عملیاتی است که منجر به ایجاد فاصله‌ای کمتر از فاصله توصیه شده بین هواپیماها، یا بین هواپیما و وسیله نقلیه، فرد پیاده یا شی می‌شود.
- تصادف در سطح: هرگونه رویدادی است که بر اثر تحرکات بی اجازه یا تایید نشده‌ای در محدوده حرکت رخ دهد یا رویدادی است در محدوده حرکت و همراه با عملیات یک هواپیما که بر ایمنی پرواز تاثیر گذاشته یا می‌تواند تاثیرگذار باشد.

تصادف در سطح می‌تواند در هر نقطه‌ای از سطح فرودگاه روی دهد. همه تصادفات روی باند رویدادهایی محسوب می‌شوند که در سطح رخ داده‌اند، اما همه رویدادهای سطحی در باند فرودگاه اتفاق نمی‌افتند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ -تصادفات باند فرودگاه و خارج از باند فرودگاه

با توجه به خطاهای انسانی (حواس‌پرتی، فراموشی یا برداشت اشتباه) فاکتورهای رایجی در زمینه بروز حادثه نقش دارند:

- انحراف خلبان.
- فراموش کردن بخشی از دستورالعمل‌های مربوط به تاکسی‌ها.
- چرخش و تغییر جهت اشتباه.
- جلو زدن از نقطه توقف مشخص شده.
- خطاهای عملیاتی.
- شکست و عدم موفقیت در بررسی / اصلاح پیام یا پاسخ اشتباه از راننده / خلبان.
- انحراف وسیله نقلیه یا فرد پیاده.

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

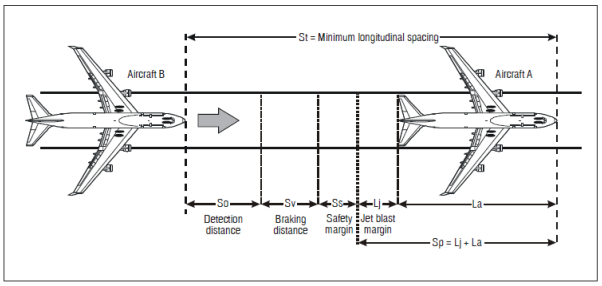
در کنار تاثیرات خطای انسانی، شکاف ارتباطی نیز بر اساس دلایل زیر بر ایمنی حرکات سطحی تاثیر می‌گذارد:

- تراکم فرکانس.
- توالی طولانی تاکسی‌ها در طی فاز فرود آمدن.
- اصطلاحات فنی غیر استاندارد.

تعریف و تعیین حداقل فاصله‌ها

در طی حرکت، فاصله طولی مورد نیاز به عناصر مختلف مرتبط با حرکت وسیله نقلیه هدف بستگی دارد. شکل ۱۱ نشان می‌دهد که پارامترهای زیر باید برای محاسبه فضای طولی مورد نیاز مورد توجه قرار گیرند:

- Sd[۲۱] (فاصله تشخیص): فاصله‌ای که در صورت ایجاد تغییر در حرکت هواپیماهای دیگر زمان لازم برای ایجاد عکس-العمل وجود داشته باشد.
- Sv[۲۲] (فاصله ترمز): فاصله مورد نیاز برای توقف یک هواپیما
- Ss [۲۳] (حاشیه امن): حداقل فاصله‌ای که باید همواره بین دو هواپیما باشد البته غیر از زمان احتراق موتور
- Lj[۲۴] (مرز احتراق موتور جت): فاصله‌ای از پشت هواپیما که باید خالی نگاه داشته شود تا از تاثیرات احتراق موتور جت پرهیز شود
- La[۲۵] (طول هواپیما)
- St[۲۶] (حداقل فضا دهی طولی)



شکل ۱۱- پارامترهای فاصله‌گذاری و فضادهی طولی [۱]

بر اساس یکی از قواعد اخطار تصادفA-SMGCS ، فضایSt ، که به عنوان حداقل فضای طولی بین دو هواپیما در طی حرکات فرودگاهی" هندسه دنبال کردن هم "مطرح می-شود[۱۶]، باید برای پرهیز از تصادف همواره حفظ شود (معادله ۱) و فضادهی Sp فضایی است که یکی از هواپیماها را از تاثیر احتراق موتور جت هواپیمای در حال کار در پشت آن در مسیر یکسان حفظ می‌کند (معادله ۲).

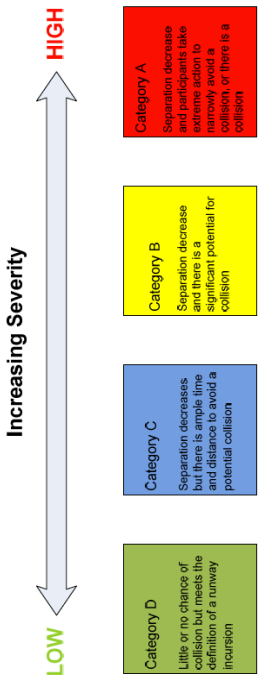
$$St = Sd + Sv + Ss + Lj + La \quad (۱)$$

$$Sp = Lj + La \quad (۲)$$

بر اساس قواعد مختلف برای ارزیابی تاثیر تصادف، راه های مختلفی برای تضمین مسئله ایمنی فرودگاه در دسته-بندی‌های مختلف وجود دارد. تصادفات را با توجه به عامل ایجاد آن‌ها به سه نوع تقسیم بندی می‌کنند [۱۶]:

- خطاهایا انحراف‌های عملیاتی
- خطا یا انحرافات خلبان، و انحراف وسیله نقلیه
- خطا یا انحراف عابر پیاده

در زمینه بررسی سطح شدت تصادف، انواعی از تصادف با سطح مشخص و معناداری از کمترین تا بیشترین وجود دارند، که در شکل۱۲ نشان داده شده‌اند.



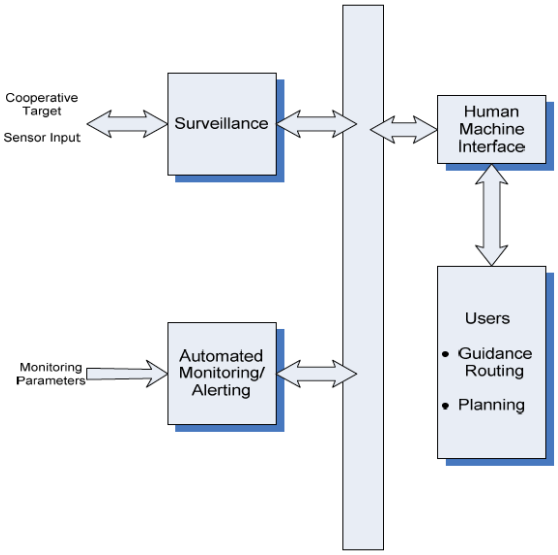
شکل ۱۲- دسته‌بندی تصادفات فرودگاهی براساس افزایش شدت [۱۶]

سازه‌ها و پیکربندی عملکرد سیستم

مفهوم A-SMGCS شامل عناصر نظارتی فراگیر، واحد پردازش داده، ارتباط داده و HMI مربوط به آن‌ها می‌شود.

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

این سیستم می‌تواند هواپیما و وسایل نقلیه را در درون محدوده مورد نظر شناسایی و کد شناسایی(ID) منحصر به فرد هواپیما را مشخص نماید .واحد پردازش داده مجموعه‌ای از قوانین است که در هنگام تضاد داده‌ها اخطار تصادف یا برخورد ایجاد می‌کند.



شکل ۱۳- عملکرد A-SMGCS [۱۷]

توصیف عملکرد سیستم

با توجه به مفهومA-SMGCS ، این سیستم به تمامی داده‌های نظارتی همه هواپیماها و وسایل نقلیه موجود در محدوده حرکتی فرودگاه احتیاج داشته و به روز رسانی دوره‌ای یک تصویر شبیه سازی شده و بازتاب دهنده شرایط ترافیک موجود را در اختیار اپراتورها قرار می‌دهد.

بر اساس کتابچه راهنمایA-SMGCS ایکائو[۱] ، یک A-SMGCS باید بتواند در شرایط دید متفاوت و نرخ مشخصی از حرکات در سطح به کار خود ادامه دهد . وقتی شرایط دید تا حد کمتر از AVOL [۲۷] کاهش پیدا کند، یک A-SMGCS باید قادر باشد حرکات سطحی هواپیماها و وسایل نقلیه را به درستی هدایت کند.

عملیات خلبانان در فرودگاه را می‌توان از طریق دادن اطلاعات زیر بهبود داد :

- موقعیت نسبت به لبه یا مرز باند /باند تاکسی.
- در لحظه در کدام باند یا باند تاکسی هستند و قصد دارند به کدام مسیر بروند.
- نزدیکی و محل تقاطع بالقوه از سایر اهداف، که می‌توان آن‌ها را به عنوان متجاوز شناسایی کرد.
- کد شناسایی متجاوز.
- اخطارهای بصری درباره ریسک احتمالی تصادف.

مراحل شبیه‌سازی

- ارائه و فیلتر نقشه دیجیتال:
  - آماده‌سازی تصویر
  - فیلتر تصویر
  - بهبود و اصلاح تصویر
- تنظیمات ردیابی (محل و زمان)
- به روز رسانی و گردش موقعیت
- به روز رسانی و گردش نقشه
- طراحی سناریوی اخطار

این مدل، محاسبات زیر را اجرا می‌کند:

- تعیین موقعیت مختصات باند اصلی و نقاط توقف
- پردازش داده‌های ردیابی هدف
- محاسبات موقعیت
- پردازش سناریو های خطا
- نمایش AMM

قواعد و وظایف

این پروژه با یک مدل شبیه‌سازی A-SMGCS اولیه سر و کار داشته و تلاش می‌کند تا یک نمایشگر AMM را برای بررسی ترافیک در سطح به اجرا در آورد. دستورالعمل ایکائو چهار عنصر عملکردی اصلی را به عنوان: نظارت، مسیریابی، راهنمایی و کنترل تعریف می‌کند.

عملکرد نظارت عموما شامل ارائه موقعیت‌های هدف و شناسایی اهداف می‌شود. بر این اساس، شبیه‌سازی به روز رسانی موقعیت هدف محرک را پشتیبانی می‌کند.

عملکرد مسیریابی شامل تعیین مسیرهای حرکت و تغییر مسیرها می‌شود.

در تعریف عملکرد راهنمایی و کنترل، A-SMGCS باید اخطار دهی نسبت به حرکت غیرمجاز و اشغال بودن باند فرودگاه را پشتیبانی نماید. این عملکرد در شبیه‌سازی به اجرا درآمده و اخطارها در حالت‌های مختلف طراحی شده‌اند.

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

بر اساس قواعد مورد اشاره در بالا، مدل سیستم برای فعالیت‌های زیر طراحی شده است:

- جمع‌آوری داده‌ها مربوط به موقعیت
- پردازش داده‌ها
- ارائه اخطار

در این مدل هر متحرک با یک آرایه معرفی می‌شود. این آرایه شامل موارد زیر است:

- مختصات x-y متحرک
- کد شناسایی فرد یا کد شناسایی نوع وسیله نقلیه
- کد وضعیت: این کد مختص هواپیماها است و شامل سه وضعیت در حال آماده شدن برای پرواز یا فرود، سوار یا پیاده کردن مسافرین و حرکت در مسیر تاکسی است.
- کد ماموریت : این کد در تعیین فاصله مجاز وسایل نقلیه از یکدیگر و همچنین سرعت مجاز آن‌ها استفاده می‌شود

براساس اطلاعات فوق یک کد اولویت به هر متحرکی داده می شود و در درایه پنجم آرایه قرار می‌گیرد. به صورت پیش-فرض اولویت هواپیما از سایر متحرک ها بالاتر است، زیرا سرعت عکس‌العمل و قدرت مانور افراد یا وسایل نقلیه‌ای که روی باند حضور دارند بیشتر از هواپیما است. در هر بار به روز رسانی تصویر کدشناسایی در کنار متحرک‌ها به نمایش در می-آید.

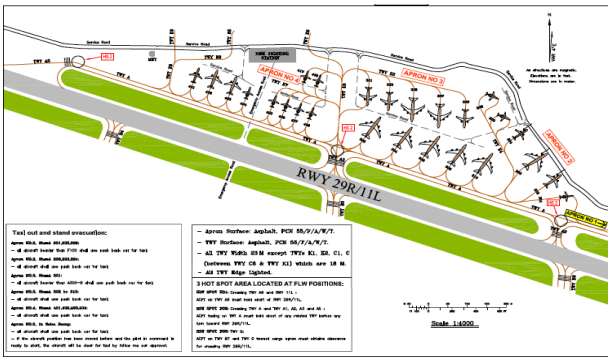
انتخاب فرودگاه

فرودگاهی که دارای حداقل یک ویژگی از شرایط زیر باشد به A-SMGCS نیاز دارد[۱]:

- شرایط آب و هوایی تاثیر گذار بر کاهش دید
- حجم ترافیک بالا
- پیچیدگی طراحی

طراحی فرودگاهی پیچیده محسوب می‌شود که بیش از یک باند، بیش از یک اپرون و چندین مسیر تاکسی داشته باشد [۱].

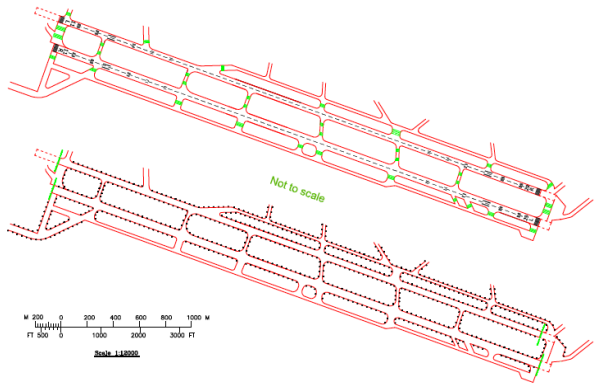
فرودگاه انتخابی در این مدل، فرودگاه بین‌المللی مهرآباد در غرب شهر تهران می‌باشد. فرودگاه مهرآباد پرترافیک‌ترین فرودگاه ایران است و با داشتن دو باند و پنج اپرون[۲۸] فرودگاه پیچیده‌ای محسوب می‌شود. برطبق تعاریف بالا برای بهینه-سازی عملکرد فرودگاه بین‌المللی مهرآباد به A-SMGCS نیازمندیم از همین رو این فرودگاه برای انجام این شبیه‌سازی انتخاب شده است.



شکل ۱۴- طرح فرودگاه بین المللی مهرآباد

آماده‌سازی تصویر

نقشه دیجیتال فرودگاه ابتدا به وسیله توابع نرم افزار متلب از تصویری در قالب bmp به یک تصویر دیجیتالی تبدیل می‌شود. در این فاز یک تصویر RGB [۲۹] ساخته می‌شود و همان‌گونه که در شکل ۱۵ نشان داده شده است، ذخیره می-گردد.



شکل ۱۵- نقشه دیجیتال در RGB

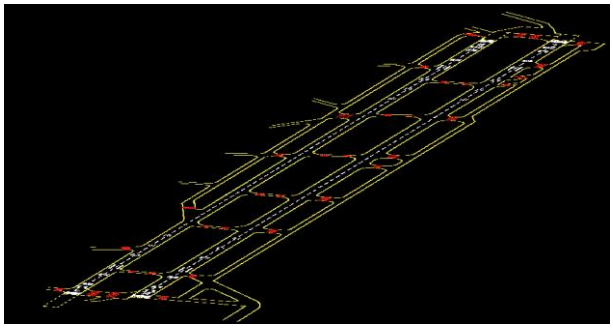
فیلتر تصویر

شرایط فیلتر تصویر بر اساس موارد مورد نیاز برای پرهیز از تحمیل بار بیش از حد بر حافظه نرم افزار متلب می‌باشد. فیلتر تصویر منجر به کاهش حافظه مصرفی برای ورود تصویر و در عین حال حفظ طرح اصلی فرودگاه به صورت اولیه می‌شود. در این فاز، تفاوت‌های رنگی به عنوان قواعد فیلترگذاری در نظر گرفته می‌شوند. الگوریتم فیلترگذاری به شرح زیر توصیف شده-اند:

- حذف اطلاعات غیرضروری به منظور کاهش حجم تصویر

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

- ایجاد تغییر در رنگ‌بندی تصویر برای وضوح بهتر که به روش زیر اجرا شده است
  - انتخاب نقطه‌ای از یک منطقه رنگی منحصر به فرد، به عنوان نقطه مرجع
  - اندازه‌گیری مختصات X-Y نقطه مرجع و مشخص نمودن عدد RGB نقطه
  - انتخاب نقاطی که RGB مشابه RGB مرجع دارند
  - تنظیم همه نقاط انتخابی با یک رنگ مشخص

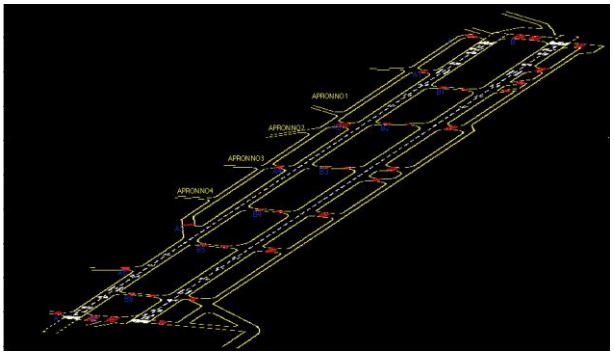


شکل ۱۶- تصویر پس از انجام فیلترینگ

بهبود تصویر

پس از انجام مراحل پردازش تصویر باید اطلاعاتی به تصویر اضافه شود تا بتوانیم موقعیت‌یابی را به درستی انجام دهیم و محدوده باندها و مسیرهای تاکسی و سایر مکان‌ها را مشخص کنیم. همچنین این کار برای مشخص کردن محدوده خطر الزامی است.

- برای مشخص کردن محدوده باند اصلی از معادله ده خط موازی با خطوط باند اصلی استفاده شده و مختصات X -Y تمام نقاط روی این ده خط در پایگاه داده به عنوان مختصات باند اصلی ذخیره شده است.
- برای مشخص کردن نقاط توقف[۳۰] بین مسیرهای تاکسی و باند اصلی نیز محدوده‌هایی در پایگاه داده ذخیره شده است. برای هر کدام از نقاط توقف آرایه‌ای تعریف شده که شامل چهار عدد است که به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار X و کمترین و بیشترین مقدار Yدر محدوده مورد نظر هستند. تمام نقاطی که در این فاصله قرار بگیرند به عنوان نقطه توقف تلقی می‌شوند.
- فرودگاه مهرآباد دارای پنج اپرون است که چهار اپرون در تصویر مشخص شده است.



شکل ۱۷- تصویر اصلاح شده

نمادها

- مثلث سفید برای نمایش تمامی وسایل نقلیه و افرادی که روی سطح باند در حالت ایمن در حرکت هستند.
- مثلث قرمز برای نمایش وسیله نقلیه یا افرادی با الویت کمتر که فاصله ایمن با دیگر وسایل نقلیه ندارند یا باید سطح باند اصلی را ترک کنند.
- مثلث زرد برای نمایش وسیله نقلیه یا فردی که از مسیری که برای آن تعیین شده منحرف شود.
- دایره سبز برای نمایش محدوده ایمن حرکتی در اطراف یک فرد یا وسیله نقلیه
- دایره قرمز برای نمایش عدم محدوده ایمن برای حرکت
- دایره زرد برای نمایش عدم فاصله ایمن از لبه‌های باند یا مسیر تاکسی
- خطوط سفید در محدوده باند برای نمایش عدم حضور فرد یا وسیله نقلیه در سطح باند اصلی
- خطوط سبز در محدوده باند برای نمایش ایمن بودن باند برای حرکت
- خطوط قرمز در محدوده باند برای عدم ایمن بودن باند برای حرکت

تولید اخطار تصادف

قواعد و مدل

در این مدل برای موارد زیر اخطار ایجاد خواهد شد :

- فرد یا وسیله نقلیه در حال نزدیک شدن به لبه باند یا مسیر تاکسی باشد
- فاصله بین یک فرد و وسیله نقلیه یا دو وسیله نقلیه کمتر از حد مجاز باشد
- دو یا چند وسیله همزمان روی باند اصلی قرار بگیرند

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

- وسیله‌ای روی باند اصلی قرار گرفته باشد و دو یا چند وسیله دیگر در حال نزدیک شدن به باند اصلی باشد
- وسیله‌ای روی باند اصلی قرار نگرفته و دو یا چند وسیله همزمان در حال نزدیک شدن به باند اصلی باشند
- وسیله یا فردی از مسیری که برای آن مشخص شده منحرف شود.

پردازش اخطار

تمامی سناریوهای ارایه اخطار در هر بار به روز رسانی برای تمامی متحرک‌ها با هر اولویتی بررسی و تکرار می‌شود.

اخطار خروج از لبه باند اصلی یا مسیر تاکسی: محدوده باندهای اصلی و مسیر تاکسی‌ها در تصویر با خطوط زرد رنگ مشخص شده است. در صورتی‌که مختصات y-x متحرک به فاصله مشخصی از x-y هایی برسد که RGB آن‌ها نشان دهنده رنگ زرد باشد دایره‌ای زرد رنگ اطراف متحرک به نمایش در می‌آید که بیانگر محدوده نا امن و نزدیک شدن به لبه باند یا مسیر تاکسی است و متحرک باید متوقف شده و میزان انحراف خود از مسیر را اصلاح نماید.

اخطار نزدیک شدن دو متحرک به یکدیگر: پس از تعیین موقعیت متحرک‌ها روی تصویر فواصل بین آن‌ها دو به دو اندازه‌گیری می‌شود چنانچه فاصله بین آن‌ها از حد مجاز کمتر شود وسیله‌ای که اولویت کمتری دارد و باید سرعت خود را کاهش دهد یا متوقف شود با رنگ قرمز نمایش داده خواهد شد و در اطراف هر دو متحرک دایره قرمز رنگ به نمایش در می‌آید که بیانگر محدوده نا امن برای ادامه حرکت است. چنان‌چه دو متحرک الویت یکسانی داشته باشند هر دو با مثلث قرمز نمایش داده خواهند شد. فاصله بین دو متحرک از طریق معادله (۳) محاسبه می‌شود.

- [Xac Yac] : بردار موقعیت هدف؛
- [IntrX IntrY]: بردار موقعیت متعدی.

$$Distance = \sqrt{(IntrX-Xac)^2+(IntrY-Yac)^2} \qquad (۳)$$

اخطار حضور دو یا چند وسیله به طور همزمان روی باند اصلی: همان‌طور که پیش‌تر توضیح داده شد محدوده باند به وسیله معادله ده خط موازی با خطوط لبه باند مشخص می‌شود و تمام x-y هایی که در روی این ده خط (x-y ها به محدوده‌ای از تصویر که باند در آن قرار دارد محدود می‌شوند) قرار دارند جزو باند اصلی محسوب می‌شوند. پس از تعیین موقعیت متحرک‌ها در تصویر چنان‌چه مختصات x-y دو یا چند متحرک در این محدوده قرار بگیرد خطوط سطح باند قرمز رنگ می‌شود که بیانگر عدم ایمنی باند برای حرکت است و متحرک‌هایی که الویت کمتری دارند و باید باند را ترک کنند با رنگ قرمز نمایش داده می‌شوند.

اخطار اشغال بودن باند اصلی: چنان‌چه مختصات متحرکی در محدوده باند اصلی قرار بگیرد و متحرک‌های دیگر از مسیرهای تاکسی در حال نزدیک شدن به باند اصلی باشند به محض اینکه این مختصات این متحرک‌ها در محدوده هرکدام از نقاط توقف قرار بگیرند خطوط سطح باند به نشانه عدم ایمن بودن باند برای حرکت قرمز رنگ خواهد شد.

اخطار ورود همزمان به باند اصلی: در صورتی‌که متحرکی روی باند اصلی نباشد و مختصات دو یا چند متحرک به طور همزمان در محدوده نقاط توقف باشد متحرک‌هایی که الویت کمتری دارند و باید متوقف شوند با مثلث‌های قرمز نمایش داده می‌شوند. خطوط باند اصلی به نشانه هشدار اشغال باند به رنگ قرمز نمایش داده می‌شوند.

اخطار انحراف از مسیر: چنان‌چه متحرکی از مسیری که برای آن مشخص شده منحرف شود با مثلث زرد نمایش داده خواهد شد. مسیری که متحرک باید طی کند با خطوط سبز نمایش داده می‌شود.

نتایج شبیه‌سازی:

خروجی این شبیه‌سازی موارد زیر را پوشش می‌دهد:

- یک AMM با طرح فرودگاه مهرآباد
- نمایش محدوده باند اصلی، نقاط توقف و اپرون‌ها
- چندین متحرک (محدودیتی در تعداد متحرک‌ها وجود ندارد) با نماد مشخص که موقعیت آن‌ها در سطح فرودگاه به روز رسانی می‌شود.
- نمایش مسیر حرکت در صورت لزوم
- نمایش اخطار در صورت لزوم
- نمایش هشدارهای مربوط به اشغال بودن باند

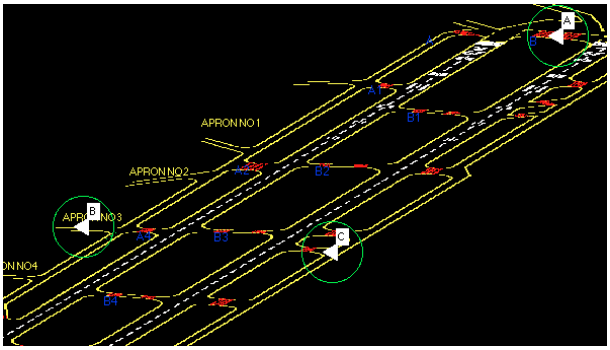
در هر بار به روز رسانی موقعیت متحرک‌ها، تمامی حالت‌هایی که منجر به بروز اخطار می‌شود مورد بررسی قرار می‌گیرد و هیچ حالتی الویت نداشته و بروز هیچ هشداری مانع از هشدارهای دیگر نمی‌شود. این موضوع در شکل‌هایی که چندین

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020

اخطار را هم‌زمان برای یک متحرک نشان می‌دهند، مشخص شده است.

در ابتدا هر یک از موارد اخطار به صورت جداگانه و سپس ترکیبی از آن‌ها مورد بررسی قرار خواهد گرفت. حالت‌های مختلفی که در این مدل بررسی شده‌اند شامل موارد زیر هستند:

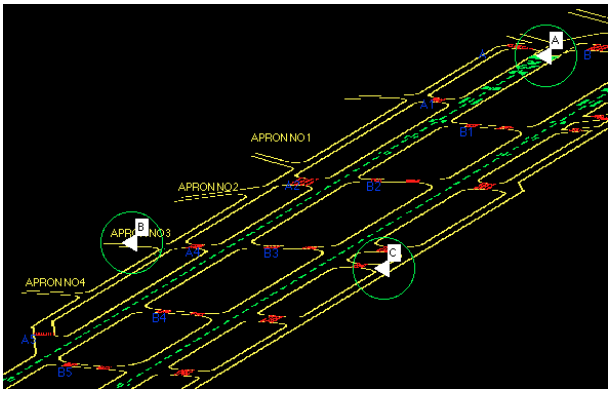
حالت اول: هیچ متحرکی روی سطح باند اصلی قرار ندارد. فاصله ایمن بین متحرک‌ها و فاصله ایمن بین متحرک‌ها و لبه مسیر تاکسی‌ها رعایت شده است. هیچ متحرکی از مسیر خود منحرف نشده است. هیچ متحرکی در حال نزدیک شدن به باند اصلی نیست. در این حالت اخطاری ایجاد نمی‌شود و هشدار اشغال بودن باند نیز غیرفعال است. خطوط سطح باند سفید هستند به نشانه عدم حضور متحرکی روی باند. دایره اطراف همه متحرک‌ها به نشانه ایمن بودن فاصله از سایرین به رنگ سبز است (شکل ۱۸) .



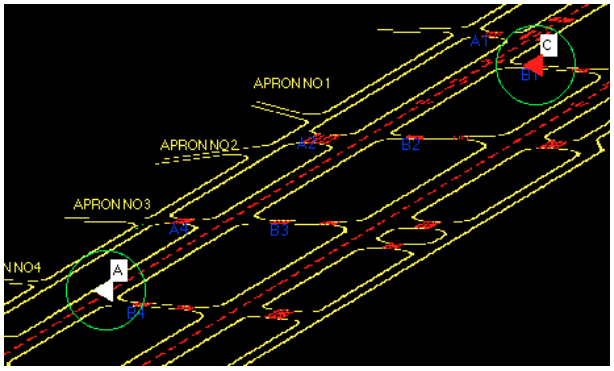
شکل ۱۸- نمایش AMM بدون هشدار بروز تصادف

حالت دوم: تنها یک متحرک روی باند اصلی قرار دارد. فاصله ایمن بین متحرک‌ها و فاصله ایمن بین متحرک‌ها و لبه مسیر تاکسی‌ها رعایت شده است. هیچ متحرکی از مسیر خود منحرف نشده است. هیچ متحرکی در حال نزدیک شدن به باند اصلی نیست. در این حالت اخطاری ایجاد نمی‌شود. هشدار اشغال بودن باند فعال است خطوط سطح باند به نشانه ایمن بودن باند برای ادامه حرکت سبز رنگ می‌شوند . دایره اطراف همه متحرک‌ها به نشانه ایمن بودن فاصله از سایرین به رنگ سبز است (شکل۱۹) .

حالت سوم: تنها یک متحرک روی باند اصلی قرار دارد. یک متحرک (یا چند متحرک) در حال نزدیک شدن به باند اصلی است و در محدوده نقطه توقف قرار گرفته است. فاصله ایمن بین متحرک‌ها و فاصله ایمن بین متحرک‌ها و لبه مسیر تاکسی‌ها رعایت شده است. هیچ متحرکی از مسیر خود منحرف نشده است. در این حالت اخطار اشغال بودن باند ایجاد می‌شود. خطوط سطح باند به نشانه عدم ایمن بودن باند برای ادامه حرکت قرمز رنگ می‌شوند و متحرکی که به باند نزدیک می‌شود با مثلث قرمز نمایش داده می‌شود. دایره اطراف همه متحرک‌ها به نشانه ایمن بودن فاصله از سایرین به رنگ سبز است (شکل ۲۰) .



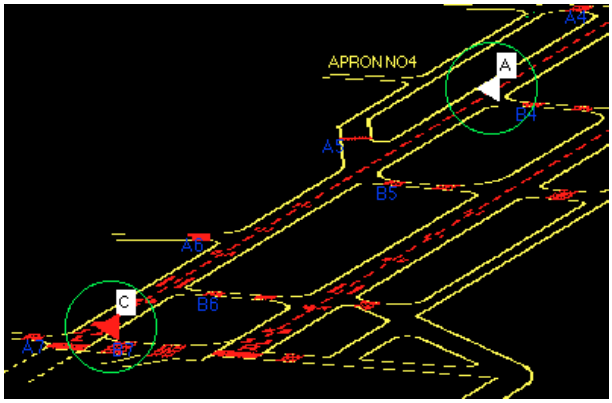
شکل ۱۹- نمایش AMM حضور یک متحرک روی باند اصلی و ایمن بودن باند اصلی



شکل ۲۰- نمایش AMM هشدار اشغال بودن باند

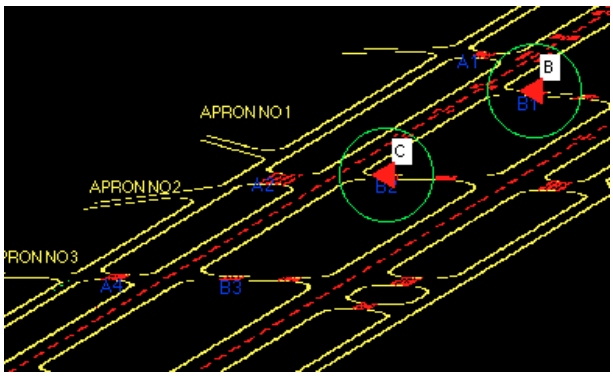
حالت چهارم: دو یا چند متحرک به طور هم‌زمان روی باند اصلی قرار دارند. خطوط سطح باند به نشانه عدم ایمن بودن باند برای ادامه حرکت به رنگ قرمز نمایش داده می‌شود و متحرکی که اولویت بالاتری دارد به رنگ سفید و سایر متحرک‌ها با مثلث قرمز نمایش داده می‌شوند. در صورتی‌که اولویت متحرک‌ها یکسان باشد همه آن‌ها با مثلث قرمز نمایش داده می‌شوند (شکل۲۱) .

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020



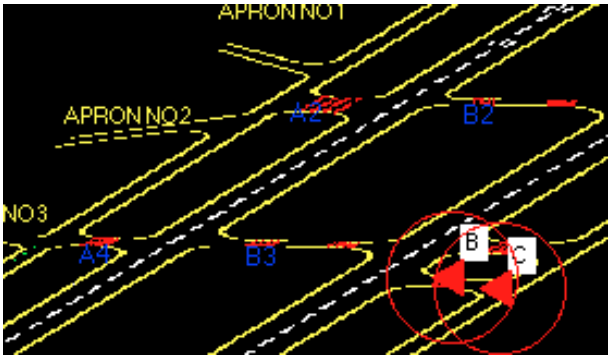
شکل ۲۱- نمایش AMM هشدار اشغال بودن باند

حالت پنجم: هیچ متحرکی روی سطح باند اصلی قرار ندارد و دو یا چند متحرک در حال نزدیک شدن به باند اصلی هستند و به نقطه توقف رسیده‌اند. فاصله ایمن بین متحرک‌ها و فاصله ایمن بین متحرک‌ها و لبه مسیر تاکسی‌ها رعایت شده است. هیچ متحرکی از مسیر خود منحرف نشده است. خطوط سطح باند قرمز رنگ می‌شوند. متحرکی که اولویت بالاتری برای ورود به باند دارد با مثلث سفید و سایر متحرک‌ها با مثلث قرمز نمایش داده می‌شوند. دایره اطراف همه متحرک‌ها به نشانه ایمن بودن فاصله از سایرین به رنگ سبز است (شکل۲۲).



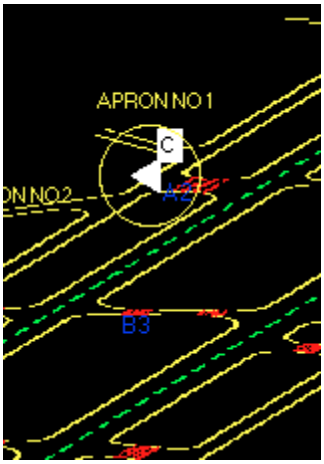
شکل ۲۲- نمایش AMM –دو متحرک همزمان روی نقاط توقف

حالت ششم: دو متحرک در مسیر تاکسی بیش از حد مجاز به یکدیگر نزدیک شده‌اند. دایره اطراف هر دو متحرک به نشانه عدم فاصله ایمن برای ادامه مسیر قرمز رنگ می‌شود و متحرک با اولویت پایین‌تر که باید متوقف شود یا سرعت خود را کاهش دهد با مثلث قرمز به نمایش در می‌آید. در صورتی‌که الویت هر دو متحرک یکسان باشد هردو به رنگ قرمز نمایش داده خواهند شد (شکل۲۳).

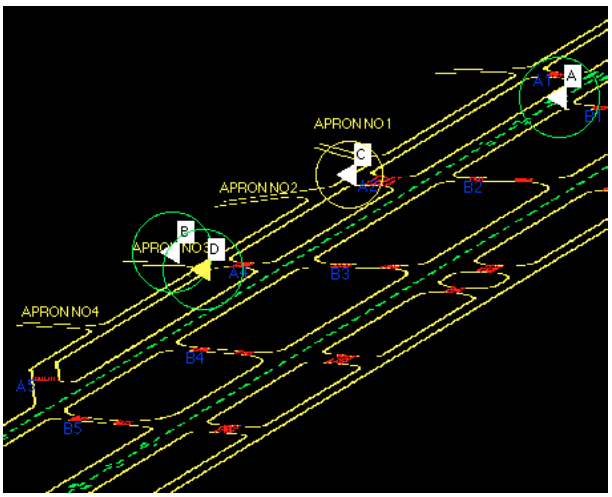


شکل ۲۳- نمایش AMM- اخطارعدم فاصله ایمن بین دو متحرک

حالت هفتم: متحرک به لبه باند یا مسیر تاکسی بیش از حد مجاز نزدیک می‌شود. در این حال متحرک با مثلث سفید و دایره اطراف آن به نشانه عدم ایمن بودن فاصله برای ادامه مسیر به رنگ زرد خواهد بود (شکل۲۴).

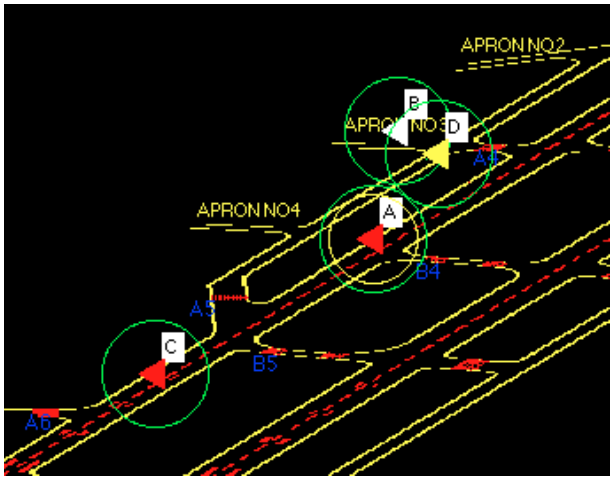


شکل ۲۴- نمایش AMM نزدیک شدن بیش از حد مجاز متحرک به لبه مسیر تاکسی



شکل ۲۵

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020



شکل ۲۶

شکل‌های ۲۵ و ۲۶ حالت‌هایی را نمایش می‌دهند که چند اخطار به طور هم‌زمان برای یک متحرک ایجاد می‌شود و عدم هم‌پوشانی در ایجاد اخطار در طراحی این مدل را نشان می‌دهند.

بحث و نتیجه گیری

در این شبیه‌سازی پایگاه داده ایجاد هشدار کاملا بر اساس اسناد مربوط به این سیستم طراحی شده است و نتایج نشان می‌دهد که شبیه‌سازی مطابقت خوبی با نحوه عملکرد این سیستم دارد. حالت‌های مختلفی که بررسی شد بیانگر توانایی سیستم در تشخیص درست خطا و ایجاد هشدار لازم است. این نتایج می‌تواند اطلاعات مناسبی در اختیار متخصصان این امر قرار بدهد.

همان‌طور که در بخش تجزیه و تحلیل تاثیرA-SMGCS بررسی شد این سیستم در تامین امنیت و کاهش تاخیرات نقش بسزایی دارد، همچنین با توجه به تاثیر این سیستم در کاهش هزینه‌های فرودگاه می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که هزینه‌های پیاده‌سازی این سیستم مقرون به صرفه و برگشت-پذیر است (همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است).

با پیشرفته‌تر شدن صنعت هوانوردی و پیچیده‌تر شدن شرایط کنترلی وجود این سیستم برای بهبود عملکرد هر فرودگاهی الزامی است و فرودگاه‌های کشور ما نیز در صورتی که مایل به توسعه و پیشرفت همگام با سایر جهان باشند از این قاعده مستثنی نخواهند بود، خصوصا فرودگاه‌هایی مانند فرودگاه مهرآباد که از ساختار پیچیده و ترافیک بالایی برخوردارند.

پی نوشت :

1- Surface Movement Guidance and Control System
2- National Aeronautics and Space Administration
3- Advanced Surface Movement Guidance and Control System
4- International Civil Aviation Organization
5- Automatic Dependant Surveillance-Broadcast
6- Global Position Satellite
7- Airport Moving Map
8- European Organization for the safety of air navigation
9- European Airport Management by A-SMGCS
10- Electronic Moving Map
11- Departure Manager
12- Controller Pilot Data Link Communication with Taxi operations
13- surface movement radar
14- Primary Surveillance Radar
15- Secondary Surveillance Radar
16- Airport Mapping Database
17- Human Machine Interface
18- Controller Pilot Data Link Communication
19- Surface Traffic Information Service-Broadcast
20- Federal Aviation Administration
21- Detection Distance
22- Braking Distance
23- Safety Margin
24- Jet Blast Margin
25- Aircraft Length
26- Minimum longitudinal Spacing
27- Aerodrome Visibility Operational Level
28- Apron
29- Red , Green and Blue
30- Holding Point

مراجع

1. ICAO, *Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual*, Doc 9830 AN/452, First Edition 2004.
2. Cassell, R. and Smith, A. *Development of Required Navigation Performance Requirements for Airport Surface Movement Guidance and Control*. Proceedings of the 14th Digital Avionics Systems Conference. November, 1995.
3. EUROCONTROL, *A-SMGCS Simulations Level I & II - VALIDATION REPORT*, March 2005
4. Jakobi, J., Lorenz, B., & Biella, M. (2004). *Evaluation of an Onboard Taxi Guidance System*. Presented at the Human performance, situation awareness and automation technology conference, HPSAA II, Daytona Beach, 22.-25.03.2004, Embry-Riddle Aeronautical University, FL.
5. Jakobi, J. *A-SMGCS Test Results*, EMMA2, 2008, Prague, Version1.0, 2-D6.3.1, EMMA2, www.dlr.de/emma2.

6. Joern Jakobi, Michael Roeder, Marcus Biella (DLR), Jürgen Teutsch (NLR) *Economic Aspects of Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS)*
7. ICAO Emissions Database
8. EUROCONTROL, 2006, *Final Report on the Generic Cost Benefit Analysis of A-SMGCS*, Version 1.0,13 Oct 2006.
9. EUROCONTROL, Safety Regulation Commission, 2005, *SRC Document 2 ATM Contribution to Aircraft Accidents/Incidents and ATM contribution: Review and Analysis of Historical Data*, Edition 4.0, 31 May 2005.
10. Jakobi, J., *A-SMGCS Services, Procedures and Operational Requirements (SPOR)*, EMMA2, 2008 Version 1.0, Project in FP6 of the European Commission, DG-TREN, www.dlr.de/emma2.
11. EUROCONTROL, *Airport Operations Programme Business Case Assessment*, February 2004.
12. EUROCONTROL, *Standard Inputs for Eurocontrol Cost Benefit Analyses*, 2005.
13. University of Westminster for PRC, *Evaluating The True Cost To Airlines Of One Minute Of Airborne Or Ground Delay*, , May 2004
14. EUROCONTROL, *Airport Capacity Modeling Task Force*. ACAM/15. January, 2003.
15. ICAO ,*The Human Factors Case: Guidance for Human Factors Integration.* Document Identifier: HRS/HSP-003-GUI-01. EATM Info centre Reference: 040201-08. Edition Number: 1.0.HRS/HSP-003-GUI-01. Edition Date: 27th February, 2008.
16. FAA Runway Safety Report. *Runway Incursion Trends and Initiatives at Towered Airports in the United States*. FY 2000 – FY 2003. August, 2004.
17. Ervin F Lyon. *The application of automatic surface lights to improve airport safety*. IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference. 11th, Seattle, WA. 91-96, 1992.

Downloaded from joae.ir at 10:37 +0330 on Tuesday December 29th 2020