اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

سامانه اطلاعات مکانی توصیه گر در پرنده های بدون سرنشین

زهرا بهاری سجهرودی[1*]، رضا آقا طاهر[2]، محسن جعفری[3]

۱- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده عمران و نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی
۲- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده فنی دانشگاه تهران
۳- کارشناس ارشد سیستم اطلاعات مکانی، دانشکده عمران و نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی

چکیده :

در پرنده های بدون سر نشین به هنگام پروازهای طولانی مدت، به دلیل خطاهای جمع شونده سامانه ناوبری اینرسی، وجود یک سامانه کمک ناوبری جهت بهبود دقت ناوبری در مقاطع خاصی از زمان ضروری است. سامانه کمک ناوبری ترکام از جمله این سامانه های کمک ناوبری می باشد که در آن انتخاب مدل ارتفاعی زمین از نظر نوع و کیفیت مناسب در نرم افزار طراحی مسیر پرنده امری ضروری است. در نتیجه انتخاب قسمت هایی مناسبی از مدل ارتفاعی رقومی جهت ورود به این سامانه یکی از پارامترهایی می باشد که در طراحی مسیر پرنده بایستی لحاظ گردد. بررسی کیفی پچ ها با در نظر گرفتن تمامی جوانب در نرم افزار طراحی مسیر پرنده امکان پذیر نیست واز طرف دیگر حجم این پردازش بسیار بالا و زمان بر می باشد. به همین دلیل در این مقاله با به کارگیری انواعی از تحلیل های مکانی و مدل تصمیم گیری تاپسیس، سامانه ای جهت فراهم نمودن پچ های مناسب جهت ورود به این الگوریتم ایجاد شده است. نتایج به دست امده نشان می دهد که این سامانه کمک زیادی به انتخاب پچ های مناسب می کند .

واژه‌های کلیدی : پرنده های بدون سر نشین، تحلیل های مکانی، تاپسیس، سامانه کمک ناوبری

نویسنده مکاتبه کننده : زهرا بهاری سجهرودی
آدرس پستی : خیابان ستارخان، روبروی تهران ویلا، کوچه آقارحیمی، پلاک ۶۳، طبقه ۴
تلفن : ۰۹۱۲۶۷۶۱۱۴۰
آدرس پست الکترونیک : z.bahari87@gmail.com

۱- مقدمه

امروزه، هواپیماهای بدون سرنشین در طیف گسترده‌ای از مأموریت‌ها به خصوص کاربردهای شهری، جایگزین نمونه‌های سرنشین دار شده‌اند. دلایل اصلی به کارگیری این وسایل، قابلیت استفاده از آن‌ها در مناطق خطرناک و صرفه جویی در هزینه‌های مربوط به تجهیزات مالی و نیروی انسانی است. اما همچون سایر فناوری‌های نوین، هواپیماهای بدون سرنشین نیز با چالش‌هایی روبرو هستند که مهم‌ترین آن‌ها، مسئله ناوبری است[1].

بنابراین کمک به عملکرد مستقل هواپیما از طریق بهبود ناوبری، باید مورد توجه قرار گیرد. راه کارهای متفاوتی جهت جلوگیری از رشد خطای سیستم ناوبری اینرسی موجود می باشد. از جمله تلفیق بهینه اطلاعات سیستم ناوبری اینرسی با اطلاعات موقعیتی GPS برای ناوبری یک جسم پرنده با استفاده از فیلتر کالمن انجام شده است [2].

ماموریت هایی که به اهداف نقطه ای یا نواحی خاص منتهی می شوند، معمولا نیازمند طراحی مسیر بهینه برای رسیدن به هدف هستند. مساله طراحی مسیر به لحاظ کاربردهای متعدد آن در سیستم های هوشمند نقل و انتقال[10,15] ،روباتیک[7]، سیستم های هدایت و ناوبری خودگردان[3,9] بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. ملزومات این مسئله باعث شده است در رده مسائل پیچیده قرار گیرد. روشهای متعددی برای طراحی مسیر بهینه مورد بررسی قرار گرفته است از جمله الگوریتم های طراحی مسیر، الگوریتم های تکاملی [14] ، همچنین سیستم ها ی نیز ارائه شده اند که می توان به سیستم های CLOAR و ARMS اشاره کرد[4]. این روشها هر کدام معایبی دارند از جمله اینکه بعضی از انها قابلیت استفاده در سیستم های بلادرنگ را ندارند ، بعضی بسیار زمان بر هستند و بعضی جواب بهینه تولید نمی کنند.

در این مقاله یک روش نو با استفاده از سامانه اطلاعات مکانی و تصمیم گیری پیشنهاد شده است. هدف اصلی این تحقیق پیاده سازی یک سامانه توصیه گری برای آماده سازی اطلاعات مورد نیاز سامانه های کمک ناوبری بر مبنای عوارض زمین از جمله ترکام، می باشد . به طوریکه بتوان از طریق این سامانه مدت زمان لازم جهت پردازش را کاهش داده و همچنین داده های لازم از جوانب مختلف کیفی بررسی شوند.

۲- مواد و روشها

سیستم ناوبری موقعیت، سرعت و وضعیت وسیله پرنده را نسبت به یک دستگاه مرجع محاسبه می کند و در اختیار سیتم هدایت قرار می دهد. سیستم های ناوبری وسایل پرنده دارای تنوع فراوانی هستند. مهمترین سیستم های ناوبری عبارتند از : ناوبری اینرسی[1]، ناوبری رادیویی، ناوبری تصویری، ناوبری سماوی، ناوبری مغناطیسی.

یکی از مهمترین سیستم های ناوبری، سیستم ناوبری اینرسی است. در یک سیستم ناوبری اینرسی از حسگرهای اینرسی (شامل شتاب سنج و ژیرسکوپ ها)، برای اندازه گیری شتاب ها و سرعت های زاویه ای پرنده نسبت به فضای اینرسی می کند. به مجموعه شتاب سنج ها و ژیرسکوپ ها IMU گفته می شود. اطلاعات خروجی از IMU وارد کامپیوتر سیستم ناوبری شده و در آنجا با انجام محاسبات ناوبری شده و در آنجا با انجام محاسبات ناوبری، سرعت، موقعیت و وضعیت وسیله پرنده نسبت به دستگاه مرجع در هر لحظه از پرواز محاسبه می شود. ناوبری اینرسی دارای مزایایی است که آن را از سایر سیستم های ناوبری متمایز می کند که عبارتند از: بی نیاز بودن از تجهیزات نظامی، عدم تاثیر پذیری از عوامل خارجی همچون اختلالات رادیویی و راداری، امکان استفاده در بردهای زیاد. از جمله معایب سیستم ناوبری اینرسی می توان به هزینه ساخت، نیاز به تراز کردن اولیه، افزایش خطای ناوبری با گذشت زمان اشاره کرد.

[1] Inertial navigation

یکی از این راه کارها ذخیره کردن نقشه عوارض جغرافیایی در حافظه پرنده و مقایسه مقادیر اندازه گیری شده ارتفاع پرنده از سطح زمین و سطح دریا با مقادیری است که بر اساس خروجی سیستم ناوبری اینرسی و نقشه های موجود در حافظه پرنده، پیش بینی می شود. مقایسه این مقادیر امکان تخمین مقدار لحظه ای خطای سیستم ناوبری اینرسی و حذف این خطا را فراهم می کند. به هر روش ناوبری که از عوارض زمین به عنوان یک وسیله کمک ناوبری استفاده کند TAN[۲] گفته می شود. سیستم TERCOM[۳] نمونه ای از یک سیستم ناوبری اینرسی مبتنی بر عوارض است. در این سیستم از یک ارتفاع سنج بارومتریک برای اندازه گیری ارتفاع از سطح دریا در نقاط معینی از مسیر استفاده می‌شود.

ارتفاع سنج بارومتریک برای اندازه گیری ارتفاع از سطح دریا در نقاط معینی از مسیر استفاده می شود. به این ترتیب ارتفاع مورد نظر از سطح دریا بدست می آید و با محتوای نقشه ها مطابقت داده می شود. به این ترتیب هر گونه انحراف از مسیر قابل تشخیص و تصحیح خواهد بود. در اوایل مسیر، بازبینی های اصلاحی TERCOM ممکن است هرچند دقیقه یکبار انجام شودو با نزدیک شدن پرنده به هدف، بازبینی ها بیشتر خواهد شد.

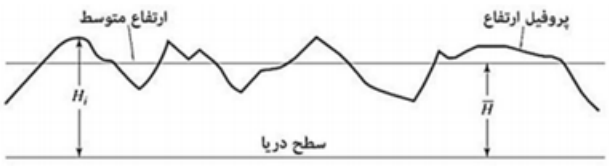
در سیستم های ناوبری مبتنی بر عواض، نیاز به اندازه گیری فاصله(ارتفاع) از سطح عوارض می باشد. این کار معمولا توسط ارتفاع سنج های رادری یا لیزری انجام می شود. از این ارتفاع ستج ها در فرود و برخاست اتوماتیک وسایل پرنده نیز استفاده می شود[2]. برای اندازه گیری فاصله های بسیار کم (در حد چند متر) می توان از سنسورهای التراسونیک نیز استفاده کرد. در این سنسور از اختلاف زمانی بین ارسال و دریافت امواج صوتی برای تعیین فاصله (مثلا ارتفاع از سطح زمین)استفاده می شود[16].

۲-۱- سامانه کمک ناوبری ترکام

الگوریتم ترکام با استفاده از تطبیق داده های عوارض زمینی و ارتفاع سنج راداری برای یافتن موقعیت دقیق پرنده و در نتیجه به عنوان سیستم کمک ناوبری استفاده می شود.

الگوریتم ترکام روی هر نوع عوارضی کار نمی کند. مثلا هر چقد عوارض ناهموارتر باشد، ترکام بهتر کار می کند . اما عوارض خوب باید ویژگی دیگری نیز به جز ناهمواری داشته باشد. عوارض باید یکتا باشد(به عبارت دیگر یک پروفیل خارج از نقشه ترکام نباید مشابه هیچ نقشه دیگری باشد). ناهمواری عوارض به صورت انحراف استاندارد نمونه های ارتفاع عوارض تعریف می شود. این مقدار را با σ_t نمایش می دهند که با رابطه ۱ تعریف می شود [5]

$$\sigma_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(H_i - \bar{H}\right)^2}{N}}$$



شکل ۱: انحراف استاندارد عوارض (σ_T)

[2] Terrain-aided Navigation
[3] Terrain Contour Matching

در رابطه $\overline{H} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} H_i$، به عبارت دیگر σ_t معیاری برای میزان تغییر ارتفاع عوارض حول ارتفاع نتوسط است. توجه شود که کمترین مقدار σ_t مورد نیاز برای پشتیبانی از عملیات ترکام تقریبا ۷.۶۲ متر است. نواحی که در ان σ_t دارای مقادیر ۵۰ فوت یا بیشتر باشد، معمولا کاندیدای خوبی برای نواحی تصحیح ترکام در نظر گرفته می شوند. دریاچه ها و نواحی هموار یا خیلی مسطح مقدار σ_t خیلی کمی دارند و لذا نواحی تصحیح مناسبی نیستند. اما σ_t تنها شرط تعیین مناسب بودن یک ناحیه برای عملیات ترکام نیست. بطور خاص سه پارامتر برای توصیف عوارض مربوط به ترکام مورد استفاده قرار می گیرند و مقادیر آنها شاخصی برای توانایی عوارض برای پشتیبانی موفق از تصحیح ترکام است. این پارامترها عبارتند از: σ_t ، σ_z و طول همبستگی عوارض X_t . این طول، فاصله جداسازی بین دو سطر یا ستون ماتریس ارتفاعی عوارض است که برای کاهش خود همبستگی نرمال آنها له مقدار e^{-1} مورد نیاز است. معمولا فرض می شود که دو پروفیل ارتفاع عوارض موازی که با فاصله بزرگت تر از X_t از هم جدا می شوند از یکدیگر مستقل هستند.

σ_z انحراف استاندارد تغییرات نقطه به نقطه در ارتفاع عوارض است و به صورت شکل ۱ تعریف می شود. همانند σ_t مقادیر σ_z نمایش مستقیمی از ناهمواری عوارض است. عبارت σ_z با فرض تابع خود همبستگی گوسی از ناهمواری عوارض است. عبارت σ_z با فرض تابع خود همبستگی گوسی از معادله ۲ بدست می آید:

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(D_i - D)^2}{N-1}}$$

که در آن $D = H_i - H_{i+1}$ و $D = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N-1} D_i$:

شکل ۲: تعریف (σ_z)

σ_t و σ_z طبق رابطه زیر با پارمتر X_t مرتبط می شود، که dاندازه سلول یا فاصله بین نمونه های ارتفاع است.

$$\sigma_z^2 = 2\sigma_T^2\left(1 - e^{\left(-\frac{d}{X_T}\right)^2}\right) \quad [11]$$

TOPSIS -۲-۲

در رتبه بندی پچ ها مطابق با علایق کاربر، نیاز به یک سامانه تصمیم گیری چند معیاری می باشد. از میان مدل های تصمیم گیری چند معیاری مدل تصمیم گیری چند شاخصه یا چند صفتی (MADM [۴]) انتخاب شد. مدلهای چند شاخصه به منظور انتخاب گزینه برتر از میان چندین گزینه ممکن، با در نظر گرفتن معیارهای مؤثر در مسأله تصمیم گیری استفاده می گردند [8]. از آنجائیکه در این مرحله از پژوهش، هدف رتبه بندی پچ ها مطابق با علایق کاربر می باشد، لذا با تعدادی گزینه روبرو هستیم که می بایست مطابق با علایق کاربر (معیارها) رتبه بندی شوند. در این قسمت از بین روشهای موجود در تصمیم گیری چند شاخصه، روش Topsis به دلایلی انتخاب شد، این دلایل عبارتند از: توانایی تعیین بردار ایده آل مثبت و منفی و همچنین قابلیت انتخاب گزینه بهتر با در نظر گرفتن Trade-off بین

[4] Multi Attribute Decision Making

معیارها را دارا می باشد، سرعت تحلیل این روش نسبتاً بالا می باشد، این روش جهت اجـرا بـه اطلاعـات کمتـری نیـاز دارد.

اولین گام در اجرای این روش تشکیل ماتریس تصمیم گیری می باشد که بـا اسـتفاده از اطلاعـات توصـیفی کـه بـرای هر پچ استخراج گردید، تعیین می شود.

در این لایه، ابتدا سیستم از طریق دریافت اطلاعات ذخیـره شـده در پایگـاه داده(a_i^j) ، مـاتریس تصـمیم گیـری r و ماتریس نرمالیزه (بی مقیاس) شده تصمیم گیری N_d را مطابق با روابط ۱و۲ تشکیل می دهد. اعضای ماتریس N_d بـا n_{ij} و اعضای ماتریس r با r_{ij} نشان داده شده است.

$$r = \begin{bmatrix} a_1^1 & \cdots & a_1^7 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_n^1 & \cdots & a_n^7 \end{bmatrix} \qquad (۱)$$

$$n_{ij} = \frac{r_{ij}}{(\sum_{i=1}^{n} {r_{ij}}^2)^{\frac{1}{2}}} \quad , \quad (i=1,...,n)\,,\,(j=1,...,7)$$
$$N_d = [n_{ij}] \qquad (۲)$$

سپس ماتریس وزن از طریق فرمی که توسط کاربر تکمیل می شود، به دست می آید. در فرم مربوطه ۷ معیـار در نظـر گرفته شد .این مقادیر کمی، عناصر ماتریس C (c_i) را تشکیل می دهند. مجموع عناصر مـاتریس وزن، ۱ مـی باشـد در نتیجه جهت به دست آوردن ماتریس وزن (W') مطابق رابطه ۴، ابتدا هر عنصر به مجموع عناصر تقسیم می شود.

$$c = [C_1 \quad C_2 \quad C_3 \quad C_4 \quad C_5 \quad C_6 \quad C_7] \qquad (۳)$$

$$W'_i = C_i \Big/ \sum_{i=1}^{7} C_i \quad \forall i = 1,...,7 \qquad (۴)$$

سپس ماتریس قطری W تشکیل می شود. عناصر قطر اصلی ماتریس W، عناصر ماتریس W' می باشد.

پس از به دست آوردن دو ماتریس ذکر شده در بالا، این دو ماتریس (ماتریس N_d و ماتریس W) در هم ضرب مـی شـود و ماتریس بی مقیاس وزندار V با استفاده از رابطه (۵) به دست می آید.

$$V = N_d \times W_{n*n} \qquad (۵)$$

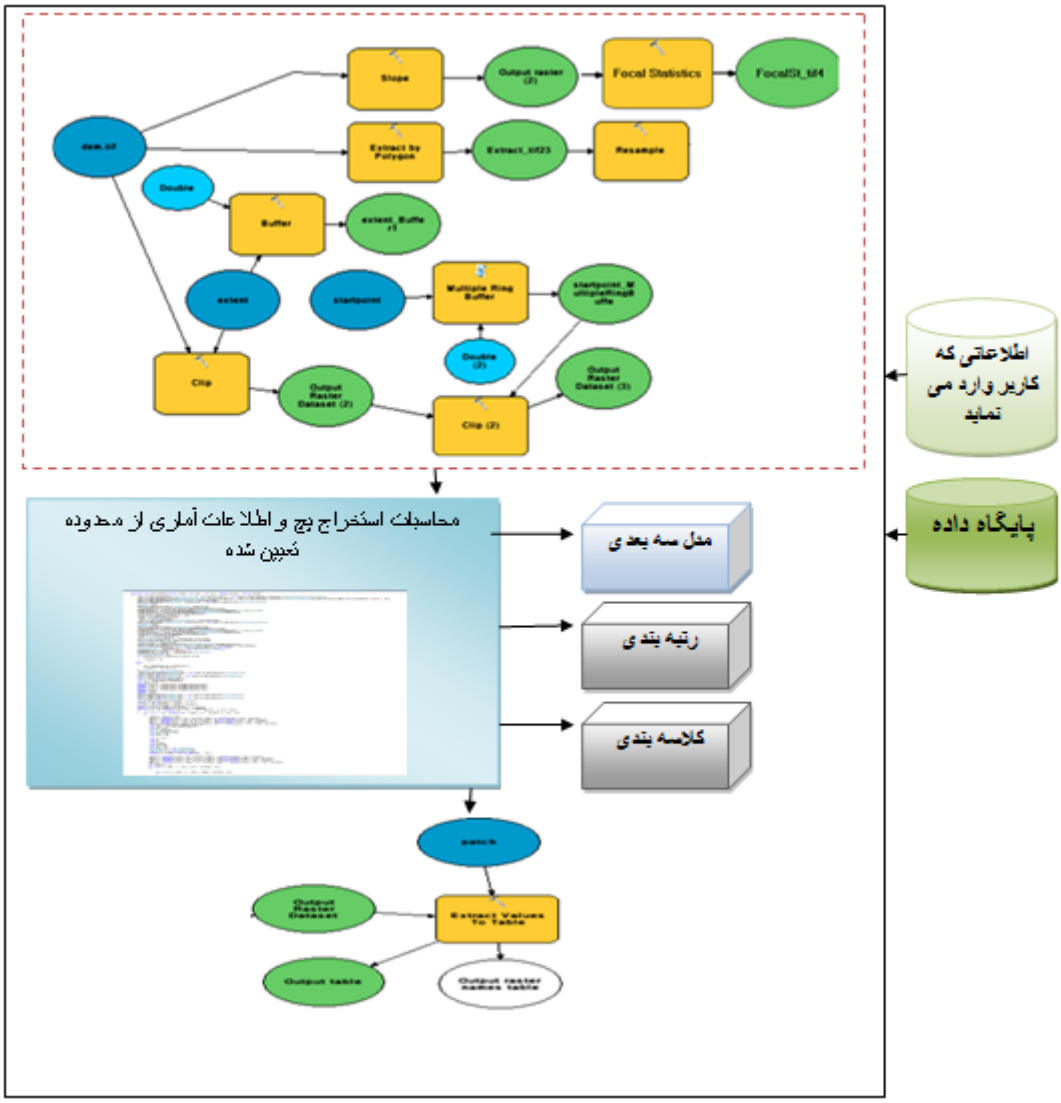
پس از محاسبه ماتریس V ، فاصله هر گزینه تا ایده آل های مثبت (d^+) و منفی (d^-) محاسبه می شود. در این پـژوهش راه حل ایده آل مثبت بزرگترین مقدار مربوط به پچ ها و راه حل ایده ال منفی، کوچکترین مقدار مربوط بـه پـچ هـا در نظر گرفته شده است. در نهایت شاخص نزدیکی نسبی (CL) با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می شود. هر گزینه ای که CL آن بزرگ تر باشد، بهتر است.

$$CL_i^* = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \qquad (۶)$$

۳- مدل پیشنهادی

در پژوهش حاضر یک سامانه اطلاعات مکانی توصیه گر جهت آماده سازی اطلاعات مورد نیاز سامانه های کمک ناوبری بر مبنای عوارض زمین از جمله ترکام، طراحی و پیاده سازی گردید. نمونه اولیه این سامانه با استفاده از C# و در محیط visual studio و به کمک کتابخانه arcengine پیاده سازی شد. داده های مورد استفاده شده مدل ارتفاعی رقومی مختلف ایران می باشد.

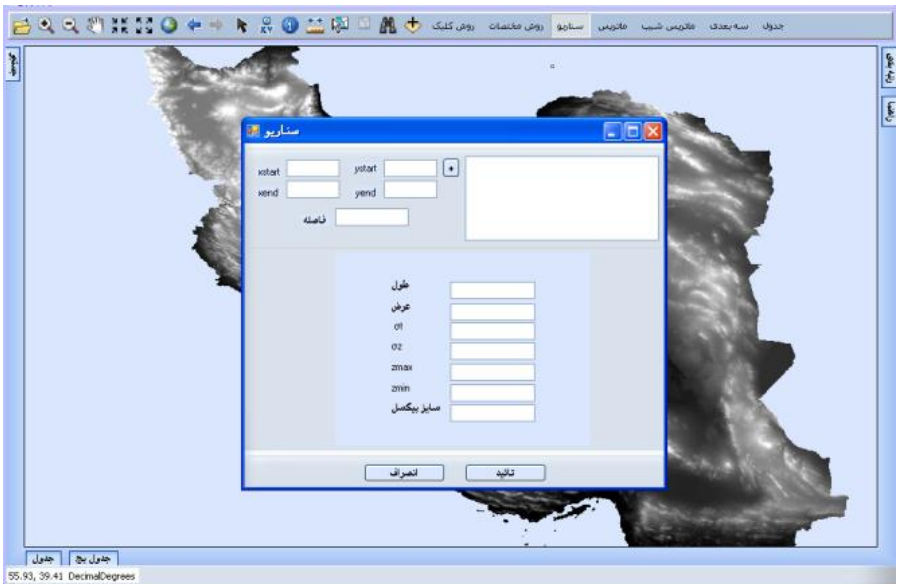
سامانه طراحی شده شامل ۴ بخش اصلی است، که در هر یک روش مناسب آن به کار گرفته شده است. بخش اول مربوط به استخراج محیطی است که پرنده قصد پرواز در آن را دارد. در بخش دوم اطلاعات مکانی و توصیفی پچ های داخلی محدوده تعیین شده استخراج می شود. بخش سوم مربوط به رتبه بندی پچ های خروجی می باشد و در نهایت امکان تفکر بصری از طریق کلاسه بندی و مدل سه بعدی فراهم گردید. مدل این سامانه در شکل 3 نمایش داده شده است.



شکل ۳: مدل سامانه

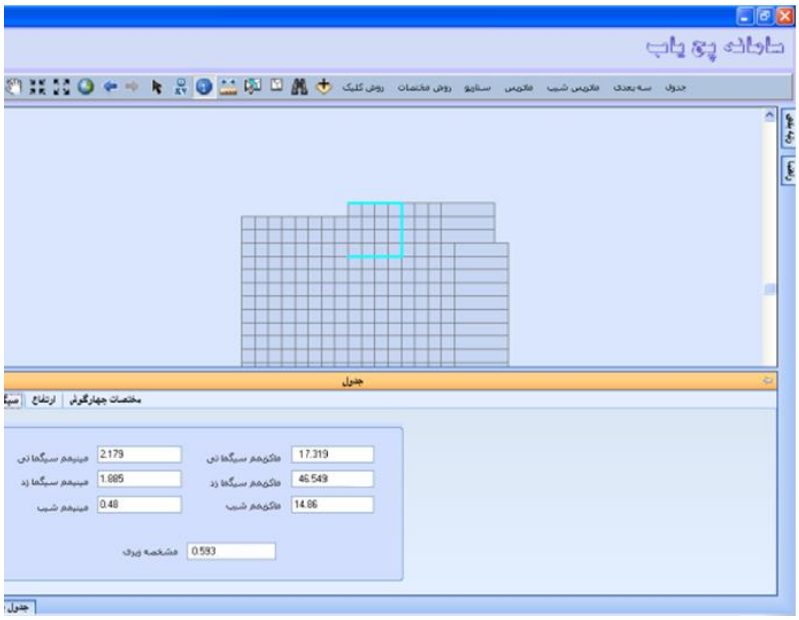
در ادامه قسمت های مختلف آن به اختصار توضیح داده می شود.

ابتدا منطقه مورد نظر با در نظر گرفتن ورودی های کاربر از جمله نقطه ابتدا و انتها، مناطق ممنوعه و فواصل با استفاده از تحلیل های مختلف مکانی از جمله کلیپ، نمونه برداری، بافر، مولتی رینگ بافر استخراج می شود.



شکل ۴: سامانه پیاده سازی شده

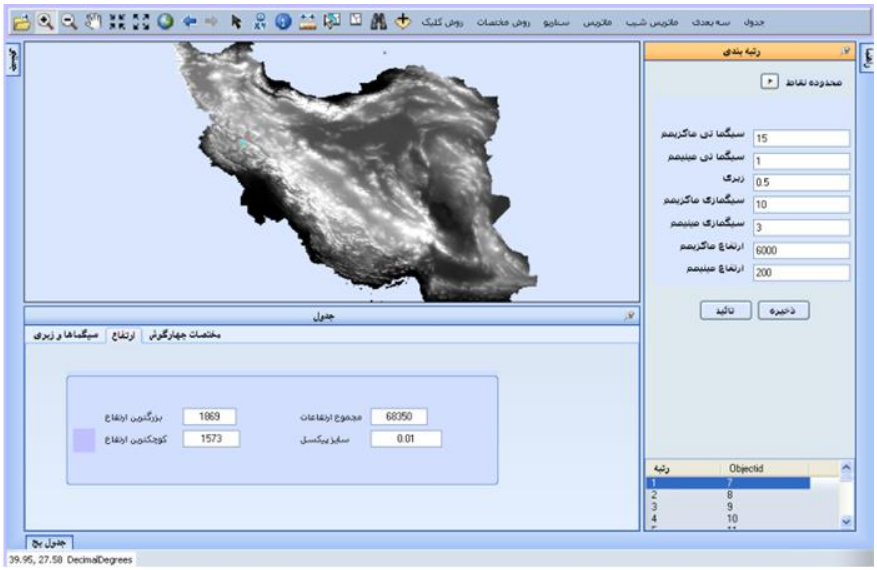
در مرحله بعد اطلاعات مکانی و توصیفی پچ ها از طریق ورودی های کاربر از جمله طول و عرض پچ، و مشخصات کیفی پچ های مطلوب از جمله سیگا زد، سیگما تی، زبری (از طریق محاسبه ی انحراف معیار شیب) با استفاده از کوچک‌ترین مستطیل دربرگیرنده[5] و فرمول های متفاوت مربوط به این پارامترهای کیفی تعیین می شود.



شکل ۵: سامانه پیاده سازی شده

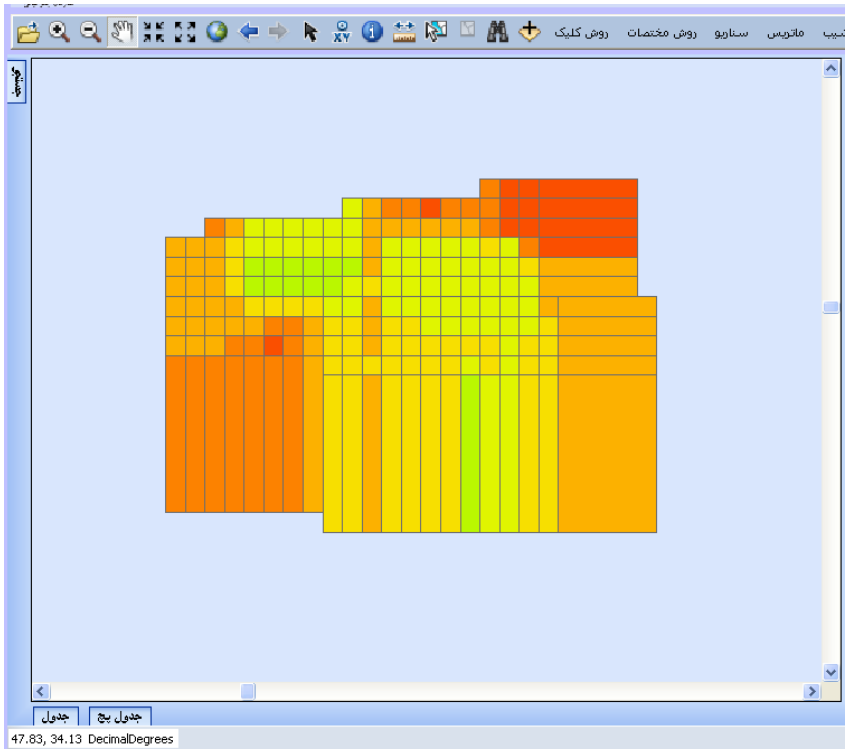
[5] Minimum bounding box

پس از تعیین پچ ها با دریافت نیازهای کاربر و در نظر گرفتن معیارهای ارتفاع،شاخص زبری، سیگما تی، سیگما زد (در بخش روشها توضیح داده شد) رتبه بندی پچ ها انجام می شود.



شکل ۶: سامانه پیاده سازی شده

و در نهایت با استفاده از روش کلاسه بندی رتبه های تعیین شده و استفاده از نمایش سه بعدی، تفکر بصری تصمیم گیرنده را افزایش می دهد.



شکل ۷: سامانه پیاده سازی شده

۴- نتایج و پیشنهادها

پرواز در ارتفاع پایین همراه با حفظ امنیت پرواز یکی از نیازهای اساسی در ماموریت های هواپیماهای جنگنده، هواپیماهای بدون سرنشین می باشد. این امر به پرنده امکان مخفی شدن در پوشش ناهمواری ها و عوارض زمین را می

دهد تا بدین وسیله از آشکار شدن توسط سیستم های دفاعی دشمن در امان باشد. در بعد غیر نظامی این مسأله نیز حائز اهمیت است. برخورد با موانع زمینی و پستی و بلندی ها در نزدیکی فرودگاه ها، همواره یکی از مهمترین موارد سوانح هوایی بوده است. هم چنین هواپیماهای بدون سرنشین که مأموریت های شهری مثل گشت زنی، جستجو و نجات و یا کنترل ترافیک را دارند و یا حرکت در میان عوارض مواجه خواهند شد.

سامانه اطلاعات مکانی پچ یاب در راستای مکانیزه نمودن و بهبود روند تصمیم گیری انتخاب پچ ها و استخراج اطلاعات آماری مربوط به هر پچ طراحی گردید .این نرم افزار اطلاعات آماری مربوط به پچ های متعدد در محدوده تعیین شده از مدل ارتفاعی رقومی(Dem) موردنظر را استخراج می کند و با رتبه بندی و کلاسه بندی پچ ها بر اساس معیارهای تعیین شده، به انتخاب پچ های مورد نظرکمک شایانی می کند. در واقع این سامانه ترکیبی از سامانه اطلاعات مکانی و سامانه تصمیم گیری مکانی می باشد و در طراحی آن از مدلهای متفاوت مکانی و تصمیم گیری استفاده شده است.

بررسی کیفی پچ ها با در نظر گرفتن تمامی جوانب در نرم افزار طراحی مسیر پرنده امکان پذیر نیست واز طرف دیگر حجم این پردازش بسیار بالا و زمان بر می باشد به گونه ای که در ماموریت های بلادرنگ با مشکل روبرو می شود . در نتیجه این سامانه با آماده نمودن پچ های مطلوب قبل از پرواز این مشکلات را برطرف می نماید.

مراجع

[1] Alah bakhshi," Improved navigation unpiloted aerial vehicle using spatial analysis",MSc Thesis , Faculty of Geomatics Engineering at K.N. Toosi University of Technology,2013

[۲] A.R. Babaei and J. Karimi, Designing Optimal Trajectory in presence of Terrain and Threat for Unmanned Aerial Vehicles, Aerospace Mechanics Journal,2011.

[۳] C. Bodenhorn, P. Galkowski, P. Stiles, R. Szczerba and I. Glickstein, Personalizing onboard route re-planning for recon, attack, and special operations missions, American Helicopter Society Conference (Avionics and Crew Systems Technical Specialists Conference), 1997.

[٤] F. E. Mitchel, The use of Preprocessed Cruise Missile Data for Strategic Planning, Department of Defense, United States Strategic Command, 1996

[٥] G.M. Siouris, Missile Guidance and control system, published by springer , 2003

[٦] Grohmann, C.H. , Smith, M.J. and Riccomini, C. (2011), Multiscale Analysis of Topographic Surface Roughness in the Midland Valley, Scotland, IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING

[۷] J. Latombe, Robot motion planning. Boston, MA: Kluwer, 1991.

[۸] Karbasian, M., Khobushani, A., Javanmardi, M., Zanjirchi, M., 2011, Usage Model (ISM) index for the level selection and ranking of speedy suppliers suppliers using fuzzy TOPSIS-AHP. Production and Operation Managment. 2, 107-22

[۹] p. Stiles and I. Glickstein, Highly parallelizable route planner based on cellular automata algorithms, IBM Journal of Research and Development, Vol. 38, No. 2, pp. 167-181, 1994.

[۱۰] R. Szczerba, New cell decomposition techniques for planning optimal paths,Doctoral dissertation, University of Notre Dame, Notre Dame, IN, 1996

[11] R. Zardashti , Considering Navigation Error in the Constraint Optimal Trajectory Design over Terrains for Unmanned Aerial Vehicles,Modares Mechanical Engineering, 1393

[12] Sakude, M. T., G. A. Schiavone, H. Morelos-Borja, G. Martin, and A. Cortes,1998, Recent Advances on Terrain Database Correlation Testing, Proceedings of SPIE, 364-376

[13] S.brujeni, The optimal combination of information of inertial navigation system with GPS location information for an aircraft navigation using Kalman filter,Iranian student Conference on Electrical Engineering ,Tarbiat Modares University,2000

[14] W. M.Carlyle, J. O. Royset, R. K. Wood, Three-Dimensional Offline Path Planning for UAVs using

Multiobjective Evolutionary Algorithms, IEEE Congress on Evolutionary Computation, 2007

[1٥] Y. Hwang and N. Ahuja, Gross motion planning-a survey, ACM Computing Surveys, Vol. 24, No. 3, pp. 219-291, 1992

[1٦] H.Nobahari and A.sharifi, Introduction to guide the flying craft, Sharif University of Technology, 2012

Recommender's GIS in unpiloted aerial vehicle

bahari sojahrood, Z. *[1], Aghataher, S. [2]

1-Ms.c student of remote sensing in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

2- Assisstant professor in Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran

Abstract

because of the cumulative errors inertial navigation system in The unpiloted aerial vehicle on long flights, a navigation system is essential to help improve the accuracy of navigation in certain periods of time. One of these navigation systems is Tercom navigation assistance system in which choice of land Elevation Model is essential in terms of type and appropriate quality in The design of the aerial vehicle's rout software. As a result, the choice of suitable patchs of land Elevation Model for entry into the system is one of the parameters that should be considered in The design of the aerial vehicle's rout. Patchs qualitative evaluation with regard to all aspects of design software in the vehicle's rout is not possible. from the other side , this process is very high and Time consuming. For this reason in this article, a system, using a variety of spatial analysis and decision model, is created that is providing patches for entering to the algorithm. The results show that the system will help to choose the appropriate patchs.

Keywords: unpiloted aerial vehicle, spatial analysis, Topsis, navigation assistance system.