آشکارسازی نواحی سایه در تصاویر هوایی شهری با استفاده از نقشه نسبت بهینه

جواد عباسی آقاملکی'، استادیار؛ سید علیرضا میراسماعیلی'، کارشناسی ارشد

i.a.aghamaleki@du.ac.ir – دانشگاه دامغان – دامغان – ایران – samiresmaili@gmail.com – ۲ ۲– دانشکده فنی مهندسی – دانشگاه شاهد – تهران – ایران – ایران – ۲

چکیده: در پردازش تصویر الگوریتمهای زیادی به خاطر وجود سایه دچار اختلال میشوند. درصورتی که محل سایهها مشخص باشد میتوان از بروز خطا در این الگوریتمها جلوگیری کرد. در این مقاله روشی بهینه برای آشکارسازی سایه در تصاویر هوایی ارائه شده است. در این پژوهش دو فضای رنگی RGB و YCbCr با هم ترکیب شده و نقشه نسبتی منا سبتر از نقشه نسبتهای مشابه به وجود آمده است. علاوه بر این در اقدامی جدید، تأثیر رنگ آبی آ سمان در هنگام ایجاد سایه در نقشه نسبت ارائه شده، در نظر گرفته شده است که این امر خود باعث افزایش میزان تفکیک پذیری نقشه نسبت شده است. در روش پیشنهادی از الگوریتم آستانه گذاری آتسو جهت تفکیک به دو ناحیه سایه و غیر سایه استاده شده از این روش منجر به آستانه گذاری کلی شده و نیازی به بررسی محلی و ناحیه به ناحیه تصویر وجود ندارد. این امر باعث کاهش چشهگیر بار محاسباتی و امکان استفاده در کاربردهای بلادرنگ شده است. نتایج تجربی نشان می دهد روش ارائه شده نسبت به روشهای مشابه کارایی بالاتری در آشکارسازی سایه و هزینه محاسباتی دارد.

واژههای کلیدی: آشکارسازی سایه، تصاویر هوایی رنگی، نقشه نسبت ترکیبی، فضای رنگی RGB، فضای رنگی YCbCr، رابطه میرایی رنگ.

Shadow Detection in Arial Image Using Optimized Ratio Map

J. Abbasi Aghamaleki¹, Assistant Professor; S. A. Miresmaili², MSc

1- Faculty of Engineering, University of Damghan, Damghan, Iran, Email: j.a.aghamaleki@du.ac.ir 2- Faculty of Engineering, Shahed University, Tehran, Iran, Email: samiresmaili@gmail.com

Abstract: In image processing many algorithms get disturbed because of shadow. These problems can be avoided if the location of shadows is clear. This article presents a new optimized algorithm for extracting shadows from a single color aerial image. Most of similar works do this by using a suite color space. In this work two RGB and YCbCr color spaces are combined and a powerful ratio map has been created. Furthermore, in a new method, effect of sky blue color is determined that improves the ratio map. Candidate shadow and non-shadow regions are separated by applying Otsu's thresholding method. Because of ratio map performance it is not necessary to analyze region by region and leads to decrease computation cost. So it can be used in online application. The experimental results demonstrate the advantage of the proposed algorithm.

Keywords: Shadow Detection, Color aerial image, Combined ratio map, RGB color space, YCbCr color space, Color attenuation relationship.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۷ تاریخ اصلاح مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۳ نام نویسنده مسئول: جواد عباسی آقاملکی نشانی نویسنده مسئول: ایران – دامغان – میدان دانشگاه – دانشگاه دامغان – دانشکده فنی مهندسی – گروه برق.

۱– مقدمه

با توسعه سریع فناوریهای مربوط به مشاهده زمین، حجم بسیار زیادی از دادههای سنجش از راه دور که دارای وضوح بالایی نیز هستند، در دسترس است و تفسیر و پردازش این تصاویر روندی رو به رشد داشته و در حوزههای مختلف ازجمله حوزههای نظامی نیز پرکاربرد است [۱]. بااینحال، از آنجا که افزایش و ضوح، جزییات و پیچیدگیهای بیشتری را از زمین نشان میدهد، اثرگذاری سایه در نتایج پردازشها بیشتر شـده است. این اثرگذاری هم دارای جوانب مثبت و هم دارای جوانب منفی ا ست. اما معمولاً باعث می شود تصاویر به سختی به طور خودکار تفسیر شوند [۲].

از فواید حضور سایه میتوان به دربردا شتن اطلاعاتی درباره محل قرارگیری جسم، شکل و هندسه آن، تعداد و نوع منابع نوری و محل قرارگیری آنها اشاره کرد. لذا برخی، از سایه برای کالیبراسیون دوربین [۳] و برخی نیز برای باز سازی سهبعدی صحنهها [۴] و تخمین ارتفاع ساختمانها [۵ و ۶] بهره بردهاند؛ از مضرات سایه نیز میتوان به اعوجاج شکل، یکی دیده شدن چند جسم، ایجاد خطا در انتخاب جسم، ایجاد خطا در تقسیم بندی تصویر، ایجاد خطا در تعیین میزان روشنایی و رنگ نواحی تحت سایه تصویر، ایجاد خطا در تعیین شکل دقیق اجسام و به طورکلی ایجاد اختلال در الگوریتم هایی مانند ناحیه بندی، آ شکار سازی ^۲ جسم، آنالیز صحنه، بینایی استریو^۲، ردیابی^۳ و ... ا شاره نمود [۲-۱].

مسئلهای که این عیبها را پررنگ تر می کند این است که سایه همهجا هست. هر کجا که منبعی از نور باشد و جسمی در معرض آن قرار گیرد، حتماً در آنجا سایه حضور دارد. با توجه به این مسائل، تشخیص صحیح سایه بهعنوان یک امر پیش پردازشی، ضروری است. از این و همواره محققان و دانشمندان به دنبال ارائه راهکارهای بهینه و کارآمد برای آشکارسازی سایه و حذف آن بودهاند؛ اما با توجه به پیچیدگی مو ضوع، معمولاً روشهای ارائه شده فقط در شرایط خاصی کاربرد دارد. برای نمو نه بعضی از روش ها فقط از تصاویر هوایی گرفته شده از زمین، سایه را حذف می کنند. برخی دیگر در تصاویر ترافیکی کاربرد دارند. برخی برای زمینه هایی با بافت یکنواخت جواب می دهند و برخی دیگر فقط سایه های متصل به جسم را پیدا می کنند. در این مقاله آشکارسازی بهینه سایه در تصاویر هوایی شهری بدون ابر مورد پژوهش قرار گرفته است.

برای آشکارسازی سایه روشها و پارامترهای مختلفی وجود دارد که باعث شده دستهبندیهای متفاوتی برای این منظور ارائه شود. با مرور مقالات این حوزه در یک دستهبندی، این روش ها را میتوان بهصورت زیر تقسیم نمود:

- روش هایی که بر تصاویر ویدئویی اعمال می شوند و از اطلاعات فریم های مختلف نیز استفاده می نمایند.
- روشهایی که فقط از ویژگیهای خود تصویر کمک می گیرند
 و بر یک فریم اعمال می شوند.

گروه اول برای استخراج سایههایی مانند سایههای موجود در صحنههای ترافیکی یا امنیتی کاربرد دارند؛ اما از آنجا که تصاویر هوایی دارای سایههایی ثابت هستند در گروه دوم قرار می گیرند. روشهای آ شکار سازی سایه در این گروه، خود به سه د سته تقسیم می شوند [11].

- روشهای مبتنی بر مدل
- روشهای مبتنی بر آموزش با سرپرست
 - روشهای مبتنی بر ویژگی

روشهای مبتنی بر مدل به اطلاعات خاصی درباره صحنه نیاز دارند. اطلاعاتی مانند ارتفاع خور شید، ابعاد جسم، شکل جسم و غیره. لذا این روشها کاربردهای خاصی دارند؛ چرا که ا ستح صال این موارد همواره کار راحتی نیست. کارهای Makarau و همکارانش [۱۲] و Tial و همکارانش [۱۳] برای آشکارسازی سایه در این گروه قرار دارند. آنها به اطلاعات دقیقی درباره دمای رنگ یا طول موج هر رنگ نیاز دارند. و همکارانش در [۱۴–۱۷] نیز برای آشکارسازی سایه در تصاویر رنگی یک مدل معرفی می کنند. البته از آنجا که شرایط ایشان مانند استفاده از دوربینهای باند باریک معمولاً در تصاویر هوایی محقق نمی شود، مدل ایشان برای تصاویر هوایی جواب خوبی نمی دهد [۱۸].

در گروه دیگر روشهایی قرار دارند که برای آشکارسازی سایه از طبقهبند استفاده میکنند. در این میان Gue و همکارانش از طبقهبند آموزشدیده SVM خود با هسته RBF استفاده میکنند [۱۹]. Tatar و همکارانش برای آ شکار سازی سایه همراه با تشخیص مناطق دارای آب علاوه بر استفاده از ویژگیهای سایه از طبقهبند آموزشدیده SVM و KNN استفاده نموده است [۲۰].

در گروه دیگر روشهایی قرار دارند که با استخراج ویژگی، سایه را آشکار می کنند. این روش در بسیاری از زمینههای پردازش تصویر اســتفاده میشـود [۲۱]. روشهایی که برای آشـکارسـازی سـایه از ویژگیها استفاده میکنند؛ با اطلاعات شدت روشنایی، اطلاعات رنگ و غیره سروکار دارند. برای مثال در یک تصویر سطح خاکستری (غیر رنگی)، اگر شدت روشنایی یک ناحیه از شدت روشنایی اطراف آن كمتر باشد احتمالاً آن ناحيه سايه است. الكوريتمهاى منابع [۲۴-۲۲] برای این نوع از تصاویر ارائه شدهاند. در این روش برخی نواحی غیر سایه که دارای رنگ تیره هستند؛ بهاشتباه بهعنوان سایه شناخته می شوند. لذا در تصاویر رنگی علاوه بر اطلاعات شدت رو شنایی باید از اطلاعات رنگی نیز بهره برد. در اکثر الگوریتمها با استفاده از فضاهای رنگی مختلف، شرایطی را به وجود می آورند که آشکارسازی سایه در آن راحت تر باشد. فضاهای رنگی HSI ،HSV و YCbCr قابلیت خوبی برای این کار دارند [۲۵]. از این موارد می توان به روش ارائه شده توسط Murali و Govindon [۲۶] اشاره کرد. برخی نیز با تعریف ویژگیهای مختلف مانند اختلاف شـدت روشـنایی در دو طرف یک مرز به آشکارسازی مرز سایه می پردازند. الگوریتم Lalonde و همکارانش [۲۷] در این دسته از روشهاست. همچنین Tian و همکارانش با تعریف چند

ویژگی جدید و با استفاده از برخی ویژگیهای طیفی نور خورشید مرزهای سایه را در تصویر با سرعت خوبی استخراج میکنند [۲۸]. در بین کاربردهای مختلف Tsai [۲۵]، Huang و همکارانش [۲۹]، Chung و همکارانش [۸] و Shi و همکارانش [۱۸] بهطور ویژه بر روی تصاویر هوایی کار کردهاند.

Tsai برای آشکارسازی سایه الگوریتمی ارائه میدهد که مبنای کاری آن انتقال تصویر به فضای رنگی متفاوت است. تسای تصویر را از فضای رنگی RGB به فضاهای رنگی HSV ، YCbCr ، HSV ، YCbCr و YIQ میبرد و در آنجا با محاسبه نسبت ته رنگ[†] بر روی شدت روشنایی یک نقشه نسبت می سازد و به کمک آستانه گیری بر روی آن، سایه را آشکار سازی کرده و ناحیهبندی می کند [۲۵]؛ اما روش او برای برخی تصاویر که نواحی سایه و نواحی تیره اختلاف کمی دارند نتیجه مناسبی نمی دهد.

Chung و همکارانش برای حل مشکلات روش Tsai برای تمایز بیشتر نقشه نسبت او را با انتقال به فضای نمایی کمی بهبود میدهند و بهجای استفاده از آستانه عمومی به صورت محلی نواحی را بررسی میکنند [۸]. اما روش Chung و همکارانش برای پیکسل هایی که دارای شدت روشنایی برابر در کانال های قرمز، سبز و آبی هستند جواب خوبی نمی دهد [۱۸].

Shi و همکارانش برای رفع م شکل روش Chung و همکارانش ابتدا پیک سلهایی که روش آنها جوابی برای آنها ندا شت کنار میگذارد و برای ارتقای نتایج از دو نقشه نسبت استفاده میکنند و سایه بودن هر ناحیه را به کمک چند ویژگی بهدقت برر سی میکنند. همچنین از یک مدل در ویژگیهایشان استفاده میکنند. مدلی که بیان میکند ایجاد سایه در فضای باز، بیش از اینکه باعث افت میزان رنگ آبی شود رنگ قرمز را کاهش میدهد. درنهایت پیکسلهای کنار گذاشته شده در روش آنها به کمک همسایههایشان برچسب میخورند.

این مقاله برای ارائه روشیی قدرتمند از مقالات Tsai، Chung و همکارانش و Shi و همکارانش بهره برده است. در این مقاله اثبات می شود یکی از نقشه نسبتهایی که Shi و همکارانش برای ارتقای نتایج Chung و همکارانش استفاده می کنند؛ دارای یک ایراد منطقی بزرگ است که باعث می شود نواحی زیادی که مستعد سایه بودن هستند بهعنوان نواحی غیر سایه معرفی شوند. لذا آن نقشه نسبت را در مرحله اول اصلاح می کند. همچنین با بهره گیری از مدل ارائه شده ا مرحله اول اصلاح می کند. همچنین با بهره گیری از مدل ارائه شده زنگی ایجاد می کند؛ ضرایبی استخراج شده است که می تواند نقشه زنگی ایجاد می کند؛ ضرایبی استخراج شده است که می تواند نقشه بالایی در تشخیص سایه های تصاویر هوایی دارد برای افزایش سرعت و امکان استفاده در کاربردهای بلادرنگ از بررسی برخی ویژ گی های نواحی به صورت تک تک صرفنظر می کند.

معمولاً پس از آشــکارســازی ســایه، الگوریتمهای حذف آن مورد اســتفاده قرار میگیرند. روشهایی که از یک تصـویر، سـایهها را حذف

میکنند در منابع [۱۰، ۳۲–۳۰] آورده شدهاند. در این پژوهش، تمرکز صرفاً بر روی آشکارسازی سایه است.

ساختار مقاله به این صورت است که در بخش دوم مفاهیم اولیه سایه و الگوریتم آ شکار سازی آن ارائه می شود. در بخش سوم الگوریتم پیشنهادی برای ساخت نق شه نسبت و ضرایب بهبود دهنده آن ارائه می شود. در بخش چهارم نتایج تجربی عملکرد روش پیشنهادی و مقایسه آن با روشهای موجود ارائه می شود و در انتها مقاله با بخش نتیجه گیری پایان می پذیرد.

۲- مفاهیم اولیه سایه و روشهای آشکارسازی آن

برای آشـکارسـازی مؤثر سـایه ابتدا باید سـایه و انواع آن را بهخوبی شناخت. در ادامه تو ضیحاتی درباره ا صطلاحات متداول در این زمینه ارائه می شود:

یک سایه زمانی رخ می دهد که قسمتی از یک شیء یا کل شیء در مسیر مستقیم یک منبع نور قرار بگیرد. سایه به دو بخش تقسیم می شود: بخشی از زمینه که نور مستقیم منبع در رسیدن به آن به طور کامل مسدود می شود را سایه و بخش بیرونی آن را نیم سایه می نامند. به طور کلی هم سایه و هم نیم سایه شدت رو شنایی و رنگ را در تصویر تغییر می دهند ولی در شرایطی خاص، از قبیل این که نور منبع کاملاً سفید با شد، محیط سایه و غیر سایه از نظر رنگ برابر هستند و فقط شدت روشنایی بین آن ها تغییر می کند. در دسته بندی دیگری، به سایه ای که روی خود شیء ایجاد می شود سایه ضمیمه ای یا خود سایه و به قسمتی از زمینه که تو سط سایه و نیم سایه پو شانده شده است، تصویر سایه ³ گفته می شود. در شکل ۱ انواع سایه نشان داده شده است.



شكل ١: نمايش انواع سايه [٣٣].

به سایههایی که ناشی از اجسام ثابت تصویر باشند، سایه ثابت^۷ و به سایههایی که بر اثر اجسام متحرک رخ دادهاند؛ سایه متغیر[^] اطلاق می شود. بهعنوان نمونه سایه ساختمانها، درختها، خودروهای پارک

شده و ... نمونههایی از سایه ثابت و سایه ماشینها و انسانهای در حال حرکت نمونههایی از سایه متغیر به حساب می آیند. در روشهایی که با استخراج عنا صر متحرک تصویر، آ شکار سازی سایه صورت می گیرد، سایه ثابت جزئی از تصویر پس زمینه به حساب می آید و سایه ای که مخرب است و نیاز به آشکار سازی و حذف دارد؛ سایه متغیر است. همچنین سایه ها ممکن است به ج سم چ سبیده با شند یا از آن جدا با شند [۳۴]. در تصاویر هوایی سایه هایی که تولید می شوند سایه هایی چسبیده به جسم و ثابت هستند.

۲-۱- روشهای آشکارسازی سایه

از نظر Tsai فضای رنگی HSI مناسب ترین فضا برای آشکار سازی سایه ۱ ست [۲۵]. لذا مرجع [۸] برای آ شکار سازی سایه در تصاویر هوایی، تصاویر را از فضای رنگی RGB به این فضا میبرد و روابط (۱) تا (۳) را ارائه میدهد:

$$\begin{bmatrix} I \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ -\frac{\sqrt{6}}{6} & -\frac{\sqrt{6}}{6} & \frac{\sqrt{6}}{3} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{2}{\sqrt{6}} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
(1)

$$S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}$$
 (Y)

$$H = (tgn^{-1}(\frac{V_1}{V_2}) + \pi) \times \frac{255}{2\pi}$$
(°)

در این روابط بازه I و H در محدوده [۰-۲۵۵] خواهد بود. ســـپس نقشه نسبت بهصورت زیر تعریف میشود.

$$RM_{(x,y)} = round(\frac{H_{(x,y)}}{I_{(x,y)} + 1})$$
(*)

در این رابطه برای اجتناب از ایجاد مقدار صفر در مخرج، عدد ۱ به آن اضافه شده است. سپس برای افزایش فاصله بین نواحی سایه و غیر سایه، نقشه نسبت در رابطه (۵) قرار داده می شود.

$$RM'_{(x,y)} = \begin{cases} e^{\frac{(RM_{(x,y)} - T_s)^2}{4\sigma^2} \times 255, & RM_{(x,y)} < T_s \\ 255, & Otherwise \end{cases}$$
(\$\Delta)

در پیادهسازی های مرجع $[\Lambda]_{s} \ T_{s} \ \dots T_{s}$ شرایطی است که در آن $T_{s} \ P(i) = P_{s}$ شود، به طوری که P(i) به احتمال مقدار i در RM اختصاص دارد و Ps به صورت تجربی ۹۵/۰ در نظر گرفته شده است. همچنین سیگما (σ) از رابطه $\sum_{i=1}^{T_{s}-1} P(i)P(i-T_{s})$ به دست میآید. سپس برای نقشه نسبت آماده شده توسط الگوریتم آتسو، یک آستانه عمومی پیدا می شود که باعث می شود برخی نواحی برای سایه آستانه گیری عمومی بر روی این نقشه نسبت نتیجه کاندید شود. اما آست نتیجه روی این نقشه نسبت نتیجه در عین حال دارای نسبت به بخش دیگر تصویر که سایه نیست، مقدار در عندار در عنداری این معدار در بخی نواحی محمد می مود برخی نواحی ای مای مای کاندید شوند. اما آستانه گیری عمومی بر روی این نقشه نسبت نتیجه کاندید شوند. اما آستانه بخش دیگر تصویر که سایه نیست، مقدار در عین حال دارای نسبت به بخش دیگر تصویر که سایه نیست، مقدار

بیشتری داشته باشد. لذا برای حل این مشکل نواحی کاندید شده مورد آنالیز اجزای متصل قرار می گیرند و تکههای کوچک که بر اثر نویز وارد این گروه شدهاند حذف می شوند. به این ترتیب طی فرآیند تعیین دقیق محل سایه بخشهای کاندید شده به دو دسته سایههای قطعی و غیر سایهها تقسیم می شوند. نتیجه پیاده سازی این الگوریتم بر یک تصویر هوایی نمونه در شکل ۲ قابل ملاحظه است.



شکل ۲: اعمال الگوریتم Chung و همکارانش بر روی تصویری از مسجدالنبی و نتیجه آن. (الف) تصویر ورودی، (ب) نقشه نسبت Chung و همکارانش. (پ) نتیجه

Shi و همکارانش در مرجع [۱۸] اد عا می کند روش مرجع [۸] برای برخی تصاویر که دارای بافت سبز تیره هستند جواب نمی دهد. برای برخی تصاویر که دارای بافت سبز تیره هستند جواب نمی دهد. علت آن این است که اگر در تصویری G، G و G دارای مقدار برابر با شند یا مجموع آنها به صفر نزدیک با شد؛ طبق رابطه (۱) مقدار V_1 مقدار برات برابر یا نزدیک به صفر شده و بر اساس رابطه (۳) باعث بروز تغییرات شدید در H می شود. حال آن که برابر بودن R G و G در محیطهای سایه اتفاق نادری نیست. به عبارت دیگر این نقطه ضعف باعث نویز پذیری شدید نقشه نسبت و غیرقابل اتکا بودن آن می شود. آنها برای اثبات ادعای خود تصویری را مثال میزنند که در شکل ۳ آمده است. در تصویر نتیجه این شکل سایه های بالا سمت را ست آ شکار سازی نشده اند چراکه مقادیر G، G و R برابر داشته اند.



شکل ۳: نتیجه آشکارسازی نامطلوب الگوریتم Chung و همکارانش. (الف) تصویر ورودی. (ب) نقشه نسبت Chung و همکارانش. (پ) نتیجه آشکارسازی [۱۸].

و همکارانش در اصلاح و تکمیل الگوریتم مرجع [۸] برای انتقال تصویر از فضای RGB به فضای HSI از رابطه متداول Gonzalez

[۳۵] استفاده می کنند. چگونگی این انتقال در روابط (۶) تا (۹) آمده است.

$$\theta = \arccos\left(\frac{\frac{1}{2}[(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-G)(G-B)}}\right)$$
(?)

$$H = \begin{cases} \theta, & B \le G \\ 360 - \theta, & B > G \end{cases}$$
(Y)

$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)] \tag{A}$$

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \tag{9}$$

R = G = B مرجع [۱۸] ابتدا پیکسل هایی را که در آن ها R = G = B یا R = G = B است، استخراج می کند تا آنها را در انتها به $R + G + B < T_{sum}$ یا ممک همسایه هایشان برچسبزنی کند (T_{sum} به طور تجربی برابر ۳ است). سپس H و S را به بازه [۰-۲۵۵] مقیاس می کند. طبق مرجع [۳۵] در نواحی سایه اشباع رنگ بیشتر از نواحی غیر سایه است. لذا در مرجع [۱۸] دو نقشه نسبت (۱۰) و (۱۱) برای آ شکار سازی سایه ارائه شده است.

جدول ۱: مقایسه اندازه نقشه نسبت Shi و همکارانش برای دو رنگ مختلف

رنگ ۲	رنگ ۱	
٧۴	200	R
٨۵	•	G
٨۶	•	В
١	141/22	انحراف استاندارد
٨۵	٨۵	Ι
• /٣٣	۰/۳۳	Ie
•/• \	١	S
٣	200	Se
2/20	191/80	RMs
7.1.4.4	7.2.2	احتمال سايه
	·· • ω	بودن

$$RM_{H}(x, y) = round(\frac{H_{e}(x, y)}{I_{e}(x, y) + 1})$$
(1.)

$$RM_{s}(x, y) = round(\frac{S_{e}(x, y)}{I_{e}(x, y) + 1})$$
(11)

تمایز هرکدام از نقشـه نسـبتهای $RM_{H}(x,y)$ و $RM_{H}(x,y)$ به کمک معادله (۵) زیاد میشـود و نقشـه نسـبتهای $RM'_{H}(x,y)$ و $RM'_{H}(x,y)$ تولید می شوند. سپس هرکدام از نقشه نسبتها به کمک روش آتسو آستانه گذاری شده و به دو تصویر باینری تبدیل می شوند.

از اشتراک این دو تصویر باینری پیکسلهای کاندید برای سایه استخراج می شود. با آنالیز پیکسلهای کاندید شده، نواحی کاندید شده به دست میآیند. سـپس برای هر ناحیه کاندید شـده چند قاعده در نظر گرفته می شود و هر ناحیه که دارای قواعد در نظر گرفته شده با شد بهعنوان سایه برچسب می خورد.

قواعد مرجع [1٨] بهطور خلاصه موارد زیر هستند:

- یک ناحیه سایه معمولاً نسبت به همسایههای خود دارای شدت رو شنایی کمتری ا ست. این اختلاف حداقل برابر ۴۰ است.
- ۲. ته رنگ یک ناحیه سایه و همسایههای آن معمولاً برابر است و حداکثر اختلاف آنها برابر ۱۲ است.
- ۳. انحراف اســــتاندارد ته رنگ یک ناحیه ســـایه، کمتر از همسایههایش است و این مقدار حداکثر برابر ۸ است.
- ۴. نسبت اختلاف رنگ قرمز یک ناحیه سایه و همسایهاش به اختلاف رنگ آبیشان حدود ۱/۷ است.

اگر در یک ناحیه شرایط فوق محقق شد آن ناحیه سایه است. اگر محقق نشد انحراف استاندارد مقادیر پیکسلهای ناحیه، محاسبه می شود. اگر مقدار آن کمتر از ۵ بود آن ناحیه غیر سایه است. در غیر این صورت آن ناحیه دوباره به نواحی کوچکتری شکسته می شود و قواعد فوق برای تمامی زیر نواحی آن بررسی می شود. این چرخه آن قدر ادامه می یابد تا به تمامی پیکسلهای تصویر، برچسب سایه یا غیر سایه زده شود. درنهایت پیکسلهایی که در اولین گام استخراج شده بودند طبق برچسب غالب همسایگی شان برچسب شده می شوند.

۲-۲- مشکل نقشه نسبت Shi و همکارانش

در نقشه نسبت Shi و همکارانش S بر روی I قرار گرفته است. اساس این تصمیم گیری از آنجا ناشی شده است که در فرآیند تشکیل سایه، شدت روشنایی کمتر و اشباع بیشتر میشود [۳۶]. پس مقدار این کسر در نواحی سایه عدد بزرگی می شود. تعریف S در رابطه (۸) آمده است. طبق برر سیهای انجام شده، این معادله برای پیک سلهای تصویر که دارای انحراف استاندارد زیاد بین مقادیر لایههای RGB خود هستند مقدار زیادی را برای نقشه نسبت فراهم می کند، اما برای آنهایی که دارای انحراف استاندارد کم هستند مقدار بسیار کمی را ایجاد می کند. در جدول ۱ دو رنگ مختلف با مجموع RGB برابر و انحراف استاندارد متفاوت بررسی شده است.

همان طور که در جدول ۱ دیده می شود با این که به صورت بصری توقع داریم رنگ خاک ستری احتمال بی شتری برای سایه بودن دا شته با شد رنگ قرمز خالص احتمال بسیار بی شتری دارد. این مسئله به طور جامع تری با تصویر ورودی شکل ۴ ارزیابی شده است. در این شکل سعی شده طیف و سیعی از رنگ های مختلف وجود دا شته با شد. لذا با افزایش سطرها از بالا به پایین رنگ قرمز از صفر تا ۲۵۵ افزایش می یابد و با افزایش ستون ها از چپ به راست رنگ سبز از صفر تا ۲۵۵ افزایش

دارد. رنگ آبی نیز همواره برابر میانگین رنگ قرمز و سبز است. لذا قطر این تصویر دارای مقادیر برابر برای لایههای RGB است که از گوشه بالا ســمت چپ تا گوشــه پایین ســمت راســت به ترتیب از [۰،۰،۰] تا [۲۵۵٬۲۵۵٬۲۵۵] افزایش مییابد.



شکل ۴: تشکیل نقشه نسبت Shi و همکارانش برای یک تصویر نمونه. (الف) تصویر ورودی با طیف رنگی گسترده. افزایش قرمز از بالا به پایین و افزایش سبز از چپ به راست و آبی میانگین قرمز و سبز (ب) احتمال سایه بودن پیکسلهای (الف) در نقشه نسبت ارائهشده توسط Shi

رابطه (۱۱) برای هر نقطه از شکل ۴ – الف محا سبه شده و نتیجه آن شکل ۴ – ب را تشکیل داده است. همان طور که در شکل ۴ – ب دیده می شود گوشه پایین سمت راست، مقادیر کمی دارد و سیاه است و با فا صله گرفتن از رنگ سفید در دو گو شه مجاور آن، احتمال سایه بودن بیشـتر می شـود و این از نظر منطقی مورد انتظار اسـت. چرا که هرچه شدت روشنایی بیشتر می شود باید احتمال سایه بودن نیز کمتر شود؛ اما احتمال سایه بودن پیکسل هایی که مقادیر RGB کم یا مقادیر لایه های RGB به هم نزدیک دارند، کم ا ست (گو شه بالا سمت چپ و اطراف قطر اصلی). این نکته نشان می دهد این نقشه نسبت قابل اعتماد نیسـت. چرا که احتمال سـایه بودن وابسـتگی شـدیدی به انحراف نود پیکسل هایی را که در آن ها B = B = R یا E > B + R باشد را اسـتاندارد مقادیر پیکسـل ها دارد. البته int و همکارانش در الگوریتم کند. اما این استخراج می کند تا در انتها به کمک همسایه هایشان برچسـبزنی کند. اما این استخراج صرفاً قطر اصلی و چند پیک سل خاص (مجموعاً



شکل ۵: (الف) تصویر ورودی و انتخاب یک ناحیه از آن، جهت بررسی. (ب) بخش مورد بررسی از تصویر ورودی

حال آنکه هزاران پیکسل در اطراف این نواحی، در این نقشه نسبت دچار خطا شدهاند. نمونه واقعی این خطا با ورودی دیگری که در شکل ۵ نشان داده شده است؛ بررسی میشود.

در شکل ۵ – الف ناحیهای مشخص شده است که در آن، یک ماشین سایهدار قرار دارد. در این ناحیه دو پیکسل با مختصات [۲۲۳،۲۹۱] و [۲۲۴،۲۹۱] که در کنار هم و هر دو در ناحیه سایه ماشین قرار دارند، در نظر گرفته شده است. مقادیر RGB این دو پیکسل به ترتیب برابر [۲،۵،۴] و [۲،۴۰۰] است که نشان دهنده اختلاف بسیار کمی است؛ اما نقشه نسبت مرجع [۱۸] برای احتمال سایه بودن این دو پیکسل به ترتیب مقادیر ۱۱۴/۶۸ و ۱۸۳/۲ یعنی ۴۵٪ و ۹۹٪ را در نظر می گیرد. این اختلاف زیاد باعث ایجاد خطا در آشکارسازی می شود. همین مو ضوع در بسیاری از پیک سلها اتفاق می افتد. نتیجه اعمال این نقشه نسبت برای کل تصویر در شکل ۶ آمده است



شکل ۶: نتیجه اعمال نقشه نسبت مرجع [۱۸] بر شکل ۵ – الف. (الف) نقشه نسبت مرجع [۱۸] برای تصویر ورودی. (ب) اختلاف زیاد در نقشه نسبت در ناحیه سایه. (پ) خروجی نهایی نقشه نسبت مرجع [۱۸] که نواحی سایه را به رنگ سفید نشان میدهد.

همان طور که دیده می شود برخی نواحی سایهها در شکل ۶ – ب، دارای احتمال کمی برای سایه بودن هستند که منجر می شود در نتیجه نهایی نقشه نسبت، خطا ایجاد شود.

برای حل این مشکل سعی شده صورت کسر رابطه (۸)، از حالت غیرخطی خارج شود و درعین حال مقداری با شد که با ایجاد سایه، کم شود. در این صورت مقدار S در نواحی سایه، مقدار بزرگی می شود. با توجه به اینکه فضای رنگی YCbCr در آشکار سازی سایه دارای مزایای زیادی است [۳۷]، در مرحله اول برای بهبود صورت کسر از این فضای رنگی کمک گرفته می شود. همچنین برای بهبود مخرج آن از ضرایب ویژه بهدست آمده برای سایه که در ادامه توضیح داده می شود؛ استفاده شده است.

۲-۳- ضرایب ویژه میرایی رنگ در ناحیه سایه

درباره سایه دو نکته مطرح است. نکته اول این است که شدت روشنایی در نواحی سایه کمتر از نواحی غیر سایه است. نکته دیگر اینکه رنگ ناحیه سایه و ناحیه غیر سایه به هم نزدیک است. با این وجود اتکا به همین دو ویژگی برای آ شکار سازی سایه کافی نیست و ممکن است باعث خطا در طبقهبندی شود.

در این کار میرایی رنگهای G ،R و B هنگامی که یک ناحیه تحت سایه قرار می گیرد بررسی شده است. زمانی که نور خورشید وارد اتمسفر می شود در فرآیند جذب قرار می گیرد و در هوا پخش می شود؛ اما با توجه به طولموج کمتر رنگ آبی، میزان پخش آن بیشــتر از رنگهای دیگر است و همین امر باعث می شود آ سمان آبی دیده شود [۱۳]. پس در طول روز، یک منبع متمرکز نور سفید و یک منبع غیرمتمرکز نور آبی در آ سمان وجود دارد. در حالت عادی به یک ناحیه از تصویر، هم نور سفید خورشید و هم نور آبی آسمان می تابد؛ اما تأثیر نور آبی آسمان در روشن کردن آن ناحیه، بسیار کمتر از نور خورشید و قابل چشمپوشی است. زمانی که جسمی از رسیدن نور خورشید به یک ناحیه ممانعت میکند در آن ناحیه سایه شکل میگیرد و اثر نور خوشید در روشن کردن آن ناحیه بسیار کم می شود. لذا مقادیر RGB آن ناحیه کم می شود. در این حالت سهم نور آبی آسمان در شدت روشنایی آن ناحیه بیشتر است و آن ناحیه از نظر رنگی، کمی آبی تر می شود. لذا در مجموع می توان این گونه بیان کرد که با ایجاد سایه در یک ناحیه، شدت رنگ قرمز نسبت به رنگ آبی افت بیشتری دارد. طی یک برر سی بر روی ۵۱ جفت ت صویر از پایگاه دادهای که برای برر سی موضوع سایه در اختیار عموم قرار گرفته است^۹؛ این نتیجه حاصل شد که افت رنگ قرمز بیشتر از رنگ سبز و افت رنگ سبز بیشتر از رنگ آبی است. در شکل ۷ - الف یک جفت از تصاویر این پایگاه داده بهعنوان نمونه نمایش داده شده است. در شکل ۷ - ب اختلاف رنگ مجموع پیکسلهای سایه و پیکسلهای متناظر آنها در شرایط بدون سایه در تمامی ۵۱ جفت تصویر نمایش داده شده است. همانطور که انتظار میرود تغییرات رنگ آبی ناشی از ایجاد سایه کمتر از دو رنگ دیگر است. در شکل ۷ - پ نسبت افت رنگ قرمز و افت رنگ سبز به افت رنگ آبی نمایش داده شده است. ملاحظه می شود، غالباً افت قرمز در ناحیه سایه بیشتر از افت سبز است. ملاحظه می شود نسبت افت رنگ قرمز به آبی بیشتر از نسبت افت رنگ سبز به آبی است. بهطور میانگین برای تمامی تصاویر پایگاه داده، این نسبت برای افت قرمز بر آبی برابر ۱/۵۸ و برای افت سبز بر آبی برابر ۱/۳۴ است. در شکل ۷ -ت میانگین انحراف استاندارد مقادیر G،R و B در مجموع پیکسلهای ناحیهای که روی آن سایه میافتد؛ برر سی شده است. این مقدار هم برای تصویر بی سایه و هم برای تصویر سایهدار اندازه گیری شده است. شکل ۲ – ت نشان می دهد انحراف ا ستاندارد سه مقدار R، G و B در مجموع پیکسلهای یک ناحیه سایه کمتر از حالتی است که در آن ناحیه سایه نباشد. میانگین این مقدار برای تصاویر بدون سایه برابر

۰/۰۹ و برای تصاویر سایهدار برابر ۰/۰۳ است که نشان از کاهش حدوداً ۶۶ درصدی دارد.

با توجه به این نتیجه که ایجاد سایه در یک ناحیه از تصویر باعث کاهش انحراف ا ستاندارد مقادیر RGB آن ناحیه از تصویر می شود می توان با تخصیص ضرایبی به مقادیر R، G و B در مخرج کسر نقشه نسبت رابطه (۸)، شرایطی را ایجاد کرد که باعث شود نقشه نسبت برای پیک سلهای سایه مقدار بی شتری بدهد. این ضرایب همان مقادیر افت سه رنگ RGB هستند که نرمالیزه شده و مجموع آنها برابر یک است.



شکل ۷: بررسی میزان افت هر کانال رنگی در ناحیه سایه برای تمامی ۵۱ جفت تصویر پایگاه داده. (الف) یک جفت از تصاویر مورد بررسی. (ب) میزان افت هر کانال رنگی ناشی از ایجاد سایه برای هر جفت از تصاویر پایگاه داده. (پ) نسبت افت رنگ قرمز و سبز به افت رنگ آبی ناشی از ایجاد سایه برای هر جفت از تصاویر پایگاه داده. (ت) انحراف استاندارد لایههای RGB نواحی سایه در دو حالت بدون سایه و سایهدار برای هر جفت از تصاویر پایگاه داده.

۳- الگوریتم پیشنهادی

همان طور که ذکر شد Shi و همکارانش برای تولید دو نقشه نسبت خود از معادلههای (۶) تا (۱۱) استفاده می کنند و شروع کار خود را با اشتراک گیری از نتایج این دو نقشه نسبت قرار می دهد. در بخش گذشته به برر سی عملکرد نق شه نسبت مبتنی بر ا شباع که در رابطه (۱۱) آمده است؛ پرداخته و برخی معایب آن مطرح شد. در این بخش نقشه نسبتی مبتنی بر دو فضای رنگی RGB و YCbCr تولید می شود که معایب نق شه نسبت Shi و همکارانش را ندارد. همچنین با توجه به رابطه میرایی رنگها در هنگام ایجاد سایه که از قانون پلانک نشات گرفته و نتیجه آن نسبت میرایی رنگها است [۲۸] در دومین مرحله از ساخت نقشه نسبت، از این رابطه بهره گرفته می شود.

۳-۱- نقشه نسبت پیشنهادی

در این کار نقشه نسبت جدیدی با دو اصلاح در صورت و مخرج روش ارائه شده در مرجع [۱۸] پی شنهاد شده است. در این نق شه نسبت ایرادات منطقی نقشه نسبت Shi و همکارانش برطرف شده و به صورت زیر تغییر کرده است.

$$S = 1 - \frac{2Y}{0.26R + 0.3G + 0.4B + 1} \tag{11}$$

در رابطه (۱۲) برای اجتناب از صفر شدن، مخرج با یک جمع می شود. همچنین با توجه به این که ضرایب نرمالیزه شدهاند و مجموع آنها برابر یک است، حداکثر مقدار مخرج برابر ۲ خواهد شد. پس ضریب صورت هم از ۳ به ۲ کاهش یافته است؛ بنابراین S در بازه [۱-۰] خواهد بود. در شکل ۴ تصاویری از مجموعه رنگها و احتمال سایه بودن آنها در نقشه نسبت مرجع [۱۸] به نمایش درآمده است. محا سبه نق شه نسبت پیشنهادی برای شکل ۴ – الف، منجر به تولید شکل ۸ می شود.



شكل ٨: نتيجه اعمال نقشه نسبت ارائهشده بر تصوير شكل ٤ - الف.

همان طور که ملاحظه می شود برخلاف شکل ۴ – ب، انحراف استاندارد کم بین مقادیر RGB (اطراف قطر اصلی) عاملی برای کاهش احتمال سایه بودن نیست؛ یعنی آنچه رو شن تر است بدون هیچ قیدی برای سایه بودن احتمال کمتری دارد و بالعکس. همچنین برخلاف نتیجه جدول ۱، رنگهای خالص نیز برای سایه بودن احتمال کمتری نسبت به رنگهای تیره نزدیک به خاکستری دارند.

۲ نتیجه اعمال نقشه نسبت پیشنهادی به شکل ۵ – الف، در شکل ۹ نمایش داده شده است. همان طور که ملاحظه می شود برخلاف شکل ۶ – ب در نواحی سایه، یکنواختی نقشه نسبت کاملاً به چشم میخورد.
۹ ب در نواحی سایه، یکنواختی نقشه نسبت کاملاً به چشم میخورد.
۹ ب و شکل ۹ – ب و شکل ۹ – پ و شکل ۹ – پ افزایش دقت می شود. با مقایسه شکل ۶ – پ و شکل ۹ این امر موجب افزایش دقت می شود. با مقایسه شکل ۶ – پ و شکل ۹ نواحی سایه از نواحی غیر سایه از رابطه (۵) کمک گرفته می شود. سپس نقشه نسبت حاصل شده تحت فیلتر ناهمسانگرد و فرآیندهای ریخت شناسی قرار می گیرد تا نویزهای احتمالی آن برطرف شود. سپس آستانه گذار آتسو نقشه نسبت حاصله را به دو دسته سایه و غیر سایه تقسیم می کند و از مجموع این مقادیر نقشه سایه نهایی به دست می آید.

با توجه به افزایش کیفیت عملکرد نقشه نسبت و نتایج قابلقبول آن، می توان از بررسی محلی نواحی صرفنظر کرد. در این صورت بار محاسباتی بسیار کمتر و سرعت الگوریتم بسیار زیاد می شود. لذا می توان برای کاربردهای بلادرنگ از آن استفاده کرد.



شکل ۹: نتیجه اعمال نقشه نسبت ارائه شده بر شکل ۵ – الف. (الف) نقشه نسبت ارائهشده برای تصویر ورودی. (ب) یکنواختی در نقشه نسبت در ناحیه سایه. (پ) خروجی نهایی نقشه نسبت ارائهشده.

۴- نتایج تجربی و مقایسه با سایر روشها

در این بخش نتایج الگوریتم پیشنهادی ارائه می شود. در شکل ۱۱ تصاویر مورد استفاده در این آزمایش ها نشان داده شده است. از آنجا که در این زمینه پایگاه داده مناسبی بهعنوان مرجع وجود ندارد، محققان از تصاویر مختلفی برای ارزیابی روش خود استفاده می کنند و روش دیگران را با تصاویر خود می سنجند. در این مقاله سعی شده هم از تصاویر موجود در مقالات قبلی و هم از تصاویر جدید استفاده شود. همچنین برای مقایسه عملکرد روش ارائه شده از نقشه نسبتهای موجود در مراجع [۸]، [۱۸] و [۳۸] استفاده شده است.





شکل ۱۰: فلوچارت روش پیشنهادی

در این مقاله برای ارزیابی روش ارائه شده از معیار صحت سازنده که دارای دو پارامتر TPR و TNR است استفاده می شود. این دو پارامتر در رابطههای (۱۳) و (۱۴) معرفی شدهاند.

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN} \tag{17}$$

$$TNR = \frac{TN}{FP + TN} \tag{14}$$

که در آن TP برابر با تعداد پیکسلهای سایه است که درست تشخیص شدهاند. FN معادل تعداد پیکسلهای سایهای است که بهغلط غیر سایه تشخیص داده شدهاند. همچنین FP برابر با تعداد پیکسلهای غیر سایه است که بهغلط سایه تشخیص دادهشدهاند و TN برابر با تعداد پیکسلهای غیر سایهای است که بهدر ستی غیر سایه تشخیص داده شدهاند. TPR نسبت پیکسلهای سایه در ست تشخیص داده شده بر روی کل پیکسلهای سایه و TNR نسبت پیکسلهای غیر سایه است.



شکل ۱۱: تصاویر استفاده شده برای ارزیابی

جدول ۲: مقایسه نتایج نقشه نسبت ارائه شده با نقشه نسبت دیگر روشها برای تصاویر پایگاه داده موجود 												
مجموع	١٠	٩	٨	۷	۶	۵	۴	٣	٢	١	تصوير	
٨٣/٩٧	۳٩/۴۶	74/87	37/27	27/21	18/40	۶۴/۹۸	۴۷/۶۹	۳۰/۸۲	۲ ۱/۴۶	۲۸/۶۹	TPR	نقشه
۳۸/۴۰	۹۸/۱۵	१९/••	۶٦/۰۲	V7/2V	۶۰/۷۹	۹۲/۰۲	٨۶/•۵	۷١/٩٢	አ۹/ዮአ	۹۵/۹۵	TNR	, inni-1
۶١/١٩	۶٨/٨٠	۶١/٩٣	۵۲/۸۲	۵۰/۰۴	۳۸/۷۴	۷۸/۵۰	99/AV	۵١/٣٧	۵۵/۴۷	۸۷/۳۲	Average	مرجن
۷۷/۰۳	٨۶/٠١	۹ ۱/۲۸	80/22	۶۷/۹۷	۶۱/۱۱	۹۸/۰۲	۸۰/۸۲	۵۰/۹۰	٧۶/٠٠	٩٢/٧٠	Accuracy	[Y]
۵۰/۳۳	۴۶/۷۱	۴۲/۱۸	۸۸/۱۱	57/88	۵۷/۵۰	۱۷/۱۹	21/41	۳۲/۹۲	۵۸/۶۴	۲۸/۹۹	TPR	نقشه
٨۶/۴۵	٨۶/۴۶	۷۶/۵۵	93/26	۸۲/۶۹	94/87	۷۳/۵۰	۸۳/۴۴	λ٧/۲۲	۹٠/٧٣	٩۶/•۲	TNR	
۶۸/۳۹	88/DN	۵٩/۳۷	۹ • /۶۸	8V/88	٧۶/•۶	40/24	۵۵/۹۵	۶۰/۰۷	76/88	۸۷/۵۱	Average	مرجع
۸۱/۳۱	۸۲/۶۸	۸۸/۱۲	97/88	λ ۲/ • ۲	۹ ۱/۶۰	۷۲/۰ ۱	٧٠/٢١	58/81	۸۲/۴۶	٩۴/٧٧	Accuracy	[۲۸]
84/21	53/196	89/14	۸۹/۳۳	V F/V I	۳۵/۹۵	۲۹/۱۶	56/08	۶۴/۷۵	۵۰/۵۷	۲۱/۹۹	TPR	نقشه
۹۸/۵۶	१९/४•	۹ <i>۹/۵۳</i>	٩۶/۰۸	٩٨/٠۶	१९/४४	94/40	१९/४१	٩٩/١٧	१ ९/११	<i>९९/۶۶</i>	TNR	mininininininininininininininininininin
۸۱/۵۳	<i>۲۶/۵</i> ۷	۲۴/۳۴	۹۲/۷۰	٨۶/٣٩	۶۷/۸۴	٨۶/٧٨	VV/89	٨١/٩۶	۷۵/۲۸	۸۵/۸۲	Average	مرجع
10/20	۸۵/۰۱	۹٣/۲۱	۹۷/۷۸	۹۰/۴۵	٨٩/٢۵	۹۷/۷۸	۷۸/۳۵	۵۸/۳۹	۷۴/۷۰	٨٧/•٧	Accuracy	[r^]

	ن ارائه شده	نقشه نسبنا		اصلاح صورت نقشه نسبت				بت				
Accuracy	Average	TNR	TPR	Accuracy	Average	TNR	TPR	Accuracy	Average	TNR	TPR	تصوير
٩٧/44	٩٢/٨١	۹۲/۹۶	٩٢/۶۵	٩٧/۴٨	٩٢/٨٩	٩٣/١٧	٩٢/۶٠	۹٧/۵۰	97/80	۹۲/۴۸	97/77	١
۹٣/٣٣	۹ ۱/۲ ۰	٩٨/٣۴	۸۴/۰۵	۹۳/۰ ۱	۹ ۱/۱۰	٩٨/۵۴	۸۳/۶۵	۹۲/۸۶	۹ • /۶۸	۹۸/۰۵	٨٣/٣١	٢
۷۴/۶۵	٨٣/١٧	۹۸/۰۹	٨٩/٢۶	۷۳/۸۹	۸۳/۱۶	۹۸/۱۶	۶۸/۶۱	۷۳/۱۸	۸۱/۵۴	۹۷/۰ ۱	۶۶/۰۸	٣
٨۵/٩۵	۸۱/۱۵	٨٧/٧١	۷۴/۵۹	٨۶/٢١	۸۱/۲۸	۸۷/۸۴	۲۴/۷۱	٨١/٩٧	۲۸/۴۹	٨۵/٧۶	۷ ۱/۲ ۲	۴
٩٧/٣٩	٨۴/٣٧	۸۵/۲۵	۸۳/۴۸	٩٧/۶٣	٨۶/٧٨	٨٩/٨٧	۸۳/۶۹	λ • /۷۷	۷۵/۰۱	۲۲/۸۳	۷۷/۱۹	۵
94/88	۲۹/۴۰	٩٧/٨٧	۶۰/۹۲	۹٣/٢٣	۷۳/۸۸	۲۹/۰۲	٩٨/٧٣	94/71	Y9/84	۲۹/۱۹	७४/• ٩	۶
۹ • /۲۳	٨٩/۶۶	λτ/۵۲	۹۶/۸۰	۹ • /۹٣	۹ • / ۱ ۱	۸۳/۶۰	٩ <i>۶</i> /۶١	٨٩/٢۶	٨٩/۶٧	۵۷/۷۵	<i>۹۶/۵۹</i>	٧
۹ • /۳۳	۹۱/۳۶	۲۷/۴۸	٩٨/٠٠	१•/११	۹ ۱/۶۴	۸۵/۴۷	٩ ٧/٨ ١	٩ • / • •	٩٠/٩۴	۸۴/۰۸	٩٧/٨١	٨
۹٧/٣٧	۹۳/۶۵	۹۵/۰۴	97/78	۹٧/۳۸	۹٣/۷۸	۹۵/۴۷	97/10	۹۵/۷۷	۹ ۱/۹۶	94/88	٨٩/٠٣	٩
٩۶/۵١	۹۳/۴۲	۹۳/۷۴	٩٣/١٠	٩۶/۵۰	٩٣/۶٧	٩۴/٩٠	97/48	۹۶/۰۲	۹ ۱/۰۵	91/84	۹١/٣۵	۱.
۹۱/۷۸	۸۸/۰۲	٩١/۶٣	۸۴/۴۱	۹۱/۷۳	۸۷/۸۳	٩ • /۶ ١	٨۵/٠۵	۸٩/۱۵	٨۶/۲٠	X9/۶۴	λτ/γγ	مجموع

جدول ۳: نتایج تأثیر بهبود مخرج نقشه نسبت، صورت آن و ترکیب هر دو آنها بر معیارهای TNR ، TPR، میانگین آنها و Accuracy

جدول ۴: مقایسه روش ارائه شده و روش ارائه شده در مرجع [۱۸] از نظر مدتزمان پردازش یک فریم برحسب ثانیه.

میانگین	١٠	٩	٨	۷	۶	۵	۴	٣	٢	١	شماره تصوير
216/19	۲۲/۷۰	۱۶/۵۸	۱۲/۳۰	22/66	۵۲/۰۲	۲/۲۶	۱۴/۵۰	۵۸/۰۵	۱۸/۶۹	۲ ۱/۳۲	روش مرجع [۱۸]
•/11	• •۶	•/•٩	•/•۴	•/\•	•/\•	•/\•	•/١١	۰/۱۳	•/14	•/١٨	روش ارائه شده

ترکیب این دو معیار صحت کل را تشکیل میدهد که با Accuracy نمایش داده میشود و طبق رابطه (۱۵) تعریف میشود.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$
(1)

در جدول ۲ مقایسهای بین نتایج نقشه نسبتهای ارائه شده در روش مراجع [۸]، [۱۸] و [۳۸] از نظر معیارهای مختلف آمده است. همانطور که ملاحظه می شود میانگین دو معیار TPR و TNR برای نقشه نسبت مرجع [۸] برابر ۶۱/۱۹ است. این مقدار برای نقشه نسبت مرجع [۱۸] به ۶۸/۳۹ و برای نقشه نسبت مرجع [۳۸] به ۸۱/۵۳ رسیده است.

با توجه به این که نقشه نسبت ارائه شده در دو مرحله بهبود یافته است، میزان تأثیر هر مرحله از بهبود، در آزمایشها اندازه گیری شده و در جدول ۳ ارائه شده است. همان طور که دیده می شود، با اصلاح ضرایب مخرج نقشه نسبت، این مقدار به ۶/۲۰ و با اصلاح صورت نقشه نسبت این مقدار به ۸۷/۸۳ می رسد. این مقدار برای نقشه نسبت ارائه شده که ترکیبی از این دو ا صلاح است به ۲۰/۸۸ ر سیده است. همچنین طبق جدول ۲ معیار Accuracy برای نقشه نسبت مرجع [۸] برابر ۲۷/۰۳ است. این مقدار برای نقشه نسبت مرجع ورا برابی نقشه نسبت مرجع (۳۸] به ۲۰/۵۸ می رسد. طبق نتایج جدول ۳. با اصلاح ضرایب مخرج نقشه نسبت این مقدار به ۵۹/۱۵ و با اصلاح

صورت نقشه نسبت این مقدار به ۹۱/۷۳ میرسد. این مقدار برای نقشه نسبت ارائهشده به ۹۱/۷۸ رسیده است.

در جدول ۴ مقای سهای بین زمان ارائه نتیجه نهایی در روش مرجع [۱۸] و روش ارائه شده در این مقاله آمده است. این جدول بر اساس اجرای کدها در رایانهای با سی پی یو Intel Core i7-2670QM و رم با ظرفیت ۸ گیگابایت در نرمافزار متلب نسخه 2017b تهیه شده است.





شکل ۱۳: نتیجه اعمال نقشه نسبتهای مختلف بر تصاویر شکل ۱۱. (الف) تصویر حقیقت مبنا^{۱۰} (ب) نتیجه نقشه نسبت مرجع [۸]. (پ) نتیجه نقشه نسبت مرجع [۱۸]. (ت) نتیجه نقشه نسبت ارائه شده.

از آنجا که در روش مرجع [۱۸] از دو نقشه نسبت استفاده می شود و پس از آماده سازی نقشه نسبت ترکیبی تک تک نواحی از جهت برخی پارامترها بررسی می شوند برای هر فریم زمان زیادی صرف می شود. میانگین زمانی ۱۱/۰ ثانیه برای هر تصویر نشان می دهد این روش قابلیت استفاده در کاربردهای بلادرنگ را دارد.در شکل ۱۱ نمودار ROC روش ارائه شده در مقایسه با دیگر نقشه نسبتها آورده شده است. این نمودار علاوه بر این که نشان از کارایی بالای این روش دارد، دید مناسبی از مزیت این روش نسبت به روش های دیگر می دهد. همان طور که می دانیم هرچه سطح زیر نمودار بیشتر باشد عملکرد بهتر است.

در شکل ۱۳ نتیجه اعمال نقشه نسبتهای مختلف، بر تصاویر شکل ۱۱ آمده است. در شکل ۱۳ – الف تصویر حقیقت مبنا مشاهده می شود که نشان دهنده نتایج ایده آل است. شکل ۱۳ – ب نتیجه اعمال نقشه نسبت مرجع [۸] به تصاویر شکل ۱۱ را نشان می دهد. موارد خطا به وضوح در این تصویر مشخص است. شکل ۱۳ – پ مربوط به نتیجه نقشه نسبت مرجع [۱۸] است. این تصویر نشان دهنده عملکردی بهتر از تصویر ب است. اما هنوز دارای خطاهای زیادی است. شکل ۱۳ – ت مربوط به نتیجه نقشه نسبت ارائه شده است. همان طور که مشاهده می شود، نقشه نسبت پیشنهادی نسبت به روشهای مورد مقایسه نتیجه بهتری ارائه می دهد.

۵- نتیجهگیری

در این مقاله یک نقشه نسبت ترکیبی جدید برای آشکارسازی سایه در تصاویر هوایی ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی از ویژگیهای مفید الگوریتم های موفق قبلی در کنار ایده های جدید بهره برده است.

الگوریتم جدید جهت آ شکار سازی سایه به صورت ترکیبی از فضاهای رنگی YCbCr و RGB در کنار ضرایب ویژه میرایی رنگ در ناحیه سایه ا ستفاده کرده ا ست. نتایج پیاده سازی الگوریتم بر روی تصاویر آزمون نشان میدهد روش پیشنهادی از نظر بصری و از نظر معیارهای TPR، TNR و Accuracy در مقایسه با دیگر الگوریتمهای پیشنهادی، عملکرد بهتری دارد. روش پیشنهادی برای پایگاه داده فراهم شده نواحی سایه را با دقت ۹۱/۹۸٪ آشکارسازی نموده است که نسبت به روشهای موجود افزایش قابل توجهی داشته است. برای ادامه پژوهش در این زمینه، بهبود تشخیص در نواحی کوچک و شلوغ به همراه ترکیب با روشی برای حذف نواحی سایه مورد توجه قرار گرفته است.

مراجع

- [۱] تقی زاده فانیذ، علی؛ علیرضا عندلیب و سیامک حقی پور، « شخیص عوارض مصنوعی (انسان – ساز) در تصاویر هوایی با استفاده از ویژگیهای فراکتال و پردازش ریخت شناسی»، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، دوره ۴۲، شماره ۲، صفحات ۱۳– ۱۳۹۱.
- [2] Q. Wang and L. Yan, "Anisotropic Scattering Shadow Compensation Method for Remote Sensing Image with Consideration of Terrain," International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, vol. 41, 2016.
- [3] X. Cao and H. Foroosh, "Camera calibration and light source orientation from solar shadows," Computer Vision and Image Understanding, vol. 105, pp. 60-72, 2007.
- [4] H. Kawasaki and R. Furukawa, "Shape reconstruction and camera self-calibration using cast shadows and scene geometries," International Journal of Computer Vision, vol. 83, pp. 135-148, 2009.

water bodies," Advances in Space Research, vol. 6, pp. 2787-2800, 2018.

فیلترهای چند جملهای مدوله شده با دوره محدود و کاربرد آنها

در طبقه بندی تصویر »، مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، دوره

۴۰، شماره ۱، صفحات ۵۶–۴۵، ۱۳۸۹.

- [22] J. Zhu, K. G. Samuel, S. Z. Masood, and M. F. Tappen, "Learning to recognize shadows in monochromatic natural images," in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 223-230, 2010
- [23] H.-Y. Yu, J.-G. Sun, L.-N. Liu, Y.-H. Wang, and Y.-D. Wang, "MSER based shadow detection in high resolution remote sensing image," in International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC), 2010, pp. 780-783, 2010.
- [24] C. Xing, Y. Li, and K. Zhang, "Shadow detecting using PSO and Kolmogorov test," in Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC), pp. 572-576, 2010.
- [25] V. J. Tsai, "A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models," IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol. 44, pp. 1661-1671, 2006.
- [26] S .Murali and V. Govindan, "Shadow detection and removal from a single image using LAB color space," Cybernetics and information technologies, vol. 13, pp. 95-103, 2013.
- [27] J.-F. Lalonde, A. A. Efros, and S. G. Narasimhan, "Detecting ground shadows in outdoor consumer photographs," in European conference on computer vision, pp. 322-335, 2010.
- [28] J. Tian, X. Qi, L. Qu, and Y. Tang, "New spectrum ratio properties and features for shadow detection," Pattern Recognition, vol. 51, pp. 85-96, 2016.
- [29] J. Huang, W. Xie, and L. Tang, "Detection of and compensation for shadows in colored urban aerial images," in Fifth World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), pp. 3098-3100, 2004.
- [30] Q. Liu, X. Cao, C. Deng, and X. Guo, "Identifying image composites through shadow matte consistency," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 6, pp. 1111-1122, 2011.
- [31] R. McFeely, C. Hughes, E. Jones, and M. Glavin, "Removal of non-uniform complex and compound shadows from textured surfaces using adaptive directional smoothing and the thin plate model," IET image processing, vol. 5, pp. 233-248, 2011.
- [32] E. Arbel and H. Hel-Or, "Shadow removal using intensity surfaces and texture anchor points," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 33, pp. 1202-1216, 2011.
- [33] N. Su, Y. Zhang, S. Tian, Y. Yan, and X. Miao, "Shadow detection and removal for occluded object information recovery in urban high-resolution panchromatic satellite images," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, vol. 9, pp. 2568-2582, 2016.
- [34] A. Amato, I. Huerta, M. G. Mozerov, F. X. Roca, and J. Gonzalez, "Moving cast shadows detection methods for video surveillance applications," in Wide Area Surveillance, Springer, pp. 23-47, 2014.
- [35] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, "Digital image processing using Matlab," Person Prentice Hall, Lexington, 2004.

- [5] G. Liasis and S. Stavrou, "Satellite images analysis for shadow detection and building height estimation," ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 119, pp. 437-450, 2016.
- [6] P. Raju, H. Chaudhary, and A. Jha, "Shadow analysis technique for extraction of building height using high resolution satellite single image and accuracy assessment," The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 40, p. 1185, 2014.
- [7] D. Chaudhuri, N. Kushwaha, A. Samal, and R. Agarwal, "Automatic building detection from high-resolution satellite images based on morphology and internal gray variance," IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing ,vol. 9, pp. 1767-1779, 2016.
- [8] K.-L. Chung, Y.-R. Lin, and Y.-H. Huang, "Efficient shadow detection of color aerial images based on successive thresholding scheme," IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing, vol. 47, pp. 671-682, 2009.
- [9] H. Song, B. Huang, and K. Zhang, "Shadow detection and reconstruction in high-resolution satellite images via morphological filtering and example-based learning," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 52, pp. 2545-2554, 2014.
- [10] Y.-F. Su and H. H. Chen, "A three-stage approach to shadow field estimation from partial boundary information," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 19, pp. 2749-2760, 2010.
- [11] K. Zhou and B. Gorte, "Shadow Detection from VHR Aerial Images in Urban Area by Using 3D City Models and a Decision Fusion Approach," International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, vol. 42, 2017.
- [12] A. Makarau, R. Richter, R. Muller, and P. Reinartz, "Adaptive shadow detection using a blackbody radiator model," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 49, pp. 2049-2059, 2011.
- [13] J. Tian, J. Sun, and Y. Tang, "Tricolor attenuation model for shadow detection," IEEE Transactions on image processing, vol. 18, pp. 2355-236, 2009.
- [14] G. Finlayson, C. Fredembach, and M. S. Drew, "Detecting illumination in images," IEEE 11th International Conference on Computer Vision, ICCV 2007, pp. 1-8, 2007.
- [15] G. D. Finlayson, M. S. Drew, and C. Lu, "Intrinsic images by entropy minimization," in European conference on computer vision, pp. 582-595, 2004.
- [16] G. D. Finlayson, S. D. Hordley, and M. S. Drew, "Removing shadows from images," in European conference on computer vision, pp. 823-836, 2002.
- [17] G. D. Finlayson, S. D. Hordley, C. Lu, and M. S. Drew, "On the removal of shadows from images," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 28, pp. 59-68, 2006.
- [18] W. Shi and J. Li, "Shadow detection in color aerial images based on HSI space and color attenuation relationship," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2012, p. 141, 2012.
- [19] R. Guo, Q. Dai, and D. Hoiem, "Paired regions for shadow detection and removal," IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence ,vol. 35, pp. 2956-2967, 2013.
- [20] N. Tatar, M. Saadatseresht, H. Arefi, and A. Hadavand, "A robust object-based shadow detection method for cloudfree high resolution satellite images over urban areas and

- [38] N. Tatar, M. Saadatseresht, H. Arefi, and A. Hadavand, "A new object-based framework to detect shadows in highresolution satellite imagery over urban areas," The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol. 40, p. 713, 2015.
- [36] A. M. Polidorio, F. C. Flores, N. N. Imai, A. M. Tommaselli, and C. Franco, "Automatic shadow segmentation in aerial color images," in XVI Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI), pp. 270-277, 2003.
- [37] X. Zhu, R. Chen, H. Xia, and P. Zhang, "Shadow removal based on YCbCr color space," Neurocomputing, vol. 151, pp. 252-258, 2015.

زيرنويسها

⁶ Cast-shadow

- 7 Static
- ⁸ Dynamic
- ⁹ http://cs.bath.ac.uk/~hg299/shadow_eval/eval.php
- 10 Ground Truth

¹ Detection ² Stereo Vision

³ Tracking

⁴ Hue

⁵ Self-shadow