

# طراحی جعبه‌ابزار (toolbox) جهت ارزیابی کمی نتایج ناحیه‌بندی تصویر در محیط نرم‌افزار Matlab

حنانه ثنائی<sup>۱</sup>

سامان پروانه<sup>۱</sup>

حسین کریمی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> دانشگاه آزاد - واحد علوم و تحقیقات تهران

[hanane.sanaei@gmail.com](mailto:hanane.sanaei@gmail.com)

[saman.parvaneh@gmail.com](mailto:saman.parvaneh@gmail.com)

[h.vivaldi@gmail.com](mailto:h.vivaldi@gmail.com)

چکیده - در این پروژه برخی از الگوریتم‌های ارزیابی ناحیه‌بندی در محیط نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی و بررسی شده‌اند. این الگوریتم‌ها شامل الگوریتم‌های ارزیابی مبتنی بر درستی و الگوریتم‌های ارزیابی مبتنی بر ناهمخوانی می‌باشند. الگوریتم‌های پیاده‌سازی شده عبارتند از معیار همسانی سطح خاکستری، معیار کنتراست سطح خاکستری، معیار آنتروپی مرتبه دوم، معیار شکل، معیار فاصله پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده، معیار احتمال خطا و معیار صحت سنجش نسبی برای ارزیابی الگوریتم‌های فوق از چهار تصویر که شامل دو تصویر آزمون ساختگی و دو تصویر آزمون واقعی می‌باشد، استفاده شده‌است. این تصاویر با ۱۰ سطح آستانه، ناحیه‌بندی شده‌اند. تمامی این الگوریتم‌ها بر روی این چهار تصویر پیاده‌سازی شده و نتایج بدست‌آمده در جداول ثبت شده‌اند. در نهایت با استفاده از محیط GUIDE در نرم‌افزار MATLAB، جعبه ابزاری برای استفاده ساده کاربر از الگوریتم‌های ارزیابی ناحیه‌بندی طراحی شده‌است. با استفاده از این جعبه ابزار، کاربر می‌تواند با انتخاب سطح آستانه مورد نظر خود و انتخاب الگوریتم ارزیابی دلخواه، نتیجه کمی ارزیابی را دریافت کند.

کلید واژه - ناحیه‌بندی تصویر دیجیتال، آستانه‌گذاری تصویر، ارزیابی ناحیه‌بندی، ارزیابی مبتنی بر درستی، ارزیابی مبتنی بر ناهمخوانی

## ۱- مقدمه

### ۱-۲- یک مدل ساده تصویر

عبارت تصویر به تابع دوبعدی شدت نور که به صورت  $f(x,y)$  نوشته می‌شود، اشاره دارد که مقدار یا دامنه  $f$  در مختصات مکانی  $(x,y)$  شدت روشایی تصویر در آن نقطه می‌باشد. چون نور صورتی از انرژی است،  $f(x,y)$  باید بزرگتر از صفر و متناهی باشد، یعنی

$$0 < f(x,y) < \infty \quad (1)$$

تصاویر دریافتی در فعالیت‌های روزانه معمولاً نور منعکس شده از اشیاست.

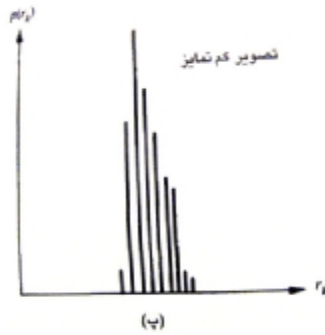
ناحیه بندی تصویر، یک مرحله بحرانی در آنالیز تصویر است و ارزیابی ناحیه بندی، یک فرایند موثر برای مطالعه بازده تکنیک‌های ناحیه بندی محسوب می شود که در آن سنجش‌های تجربی، نقش مهمی را ایفا می نمایند. روش‌های ارزیابی ناحیه‌بندی، مدت هاست که مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته اند. از آنجائیکه یک تئوری کلی برای ناحیه بندی وجود ندارد، بنابراین اغلب مطالعات ارزیابی، تجربی هستند. در این مقاله، یک دسته از سنجش‌های تجربی، برای ارزیابی ناحیه بندی و مقایسه بازده آنها، پیاده سازی شده‌اند.

## ۲- تعاریف پایه

### ۲-۲- هیستوگرام تصویر دیجیتال

هیستوگرام تصویر دیجیتال با سطوح خاکستری در محدوده

در این بخش تعریفی از تصویر و هیستوگرام تصویر دیجیتال ارائه شده است.



شکل ۱: هیستوگرام‌های متناظر با سه نوع پایه‌ای تصویر

### ۳-۱- ناحیه‌بندی تصویر دیجیتال و روش آستانه‌گیری

در بخش ۳-۱ شرح مختصری از ناحیه‌بندی و اهمیت آن در پردازش تصویر آمده است. در بخش ۳-۲ به بررسی ناحیه‌بندی به روش آستانه‌گذاری پرداخته شده است.

### ۳-۱-۱- ناحیه‌بندی

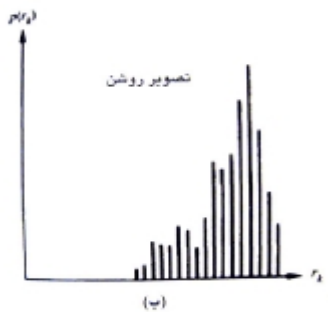
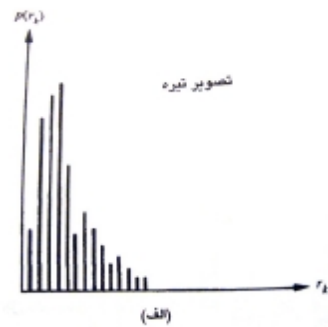
علاقه به روش‌های پردازش تصویر دیجیتال از دو محدوده کاربردی اصلی، نشأت می‌گیرد که عبارتند از: بهبود اطلاعات تصویری به منظور تعبیر انسانی، و پردازش داده‌های صحنه برای ادراک ماشینی مستقل. درمباحث مطرح شده بعدی، پردازش تصویر به تجزیه و تحلیل تصاویر توسط رایانه با هدف یافتن شیء ارائه شده در تصویر، باز می‌گردد. در این مورد، شیوه‌های استخراج اطلاعات از تصویر بطوریکه برای پردازش رایانه‌ای مناسب باشد، مورد توجه قرار می‌گیرد. غالباً این اطلاعات، به ویژگی‌های دیداری که انسان‌ها برای تعبیر محتوای تصویر استفاده می‌کنند، شباهت کمی دارند. مثال‌هایی از نوع اطلاعات مورد استفاده در ادراک ماشینی عبارتند از: گشتاورهای آماری، ضرایب تبدیل فوریه و سنج‌های فاصله چند بعدی [1].

معمولاً اولین مرحله در تحلیل تصویر، ناحیه‌بندی است. با عمل ناحیه‌بندی، تصویر به قسمت‌های تشکیل دهنده‌اش تقسیم می‌شود. به بیان دیگر، ناحیه‌بندی شامل تقسیم کردن تصویر به اجزای اصلی سازنده آن و استخراج این اجزای مورد نظر از تصویر می‌باشد. به طور کلاسیک، ناحیه‌بندی تصویر به صورت جزءبندی یک تصویر به نواحی سازنده و بدون هم‌پوشانی که نسبت به ویژگی خاصی از جمله شدت یا بافت مشابه هستند، تعریف می‌شود. اگر

$[0, L-1]$ ، تابع گسسته  $p(r_k) = n_k / n$  می‌باشد که  $r_k$ ،  $k$  امین سطح روشنایی،  $n_k$  تعداد پیکسل‌های تصویر با آن سطح روشنایی و  $n$  مجموع پیکسل‌های تصویر است.  $k = 0, 1, 2, \dots, L-1$  مقادیر می‌پذیرد.

$p(r_k)$  تخمینی از احتمال وقوع سطح خاکستری  $r_k$  را نشان می‌دهد. ترسیم این تابع برای تمام مقادیر  $k$ ، توصیفی کلی در مورد ظاهر تصویر فراهم می‌آورد. مثلاً شکل ۱ هیستوگرام‌های سه نوع از تصاویر را نمایش می‌دهد. هیستوگرام شکل (الف) نشان می‌دهد که سطوح خاکستری به سمت انتهای تیره محدوده خاکستری متمرکز شده‌اند. بنابراین این هیستوگرام متناظر با تصویری با مشخصات غالباً تیره می‌باشد. در شکل (ب) دقیقاً عکس مطلب فوق صدق می‌کند. هیستوگرام شکل (پ) باریک است که نشانه محدوده دینامیکی کوچک می‌باشد و بنابراین مربوط به تصویری با تمایز پایین است.

گرچه خواصی که اخیراً بیان شد، توصیفاتی کلی هستند که چیز خاصی در مورد محتوای تصویر نمی‌گویند، شکل هیستوگرام تصویر اطلاعات مفیدی در مورد امکان ارتقای تمایز بدست می‌دهد. [7]

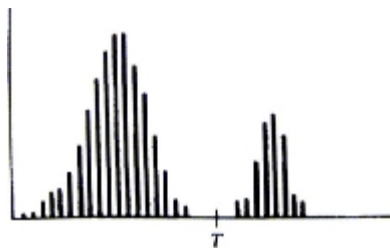


در گروه زمینه قرار می‌دهد. این نوع از آستانه‌گیری چندسطحی عموماً نامطمئن‌تر از شکل تک‌آستانه‌ای آن است. دلیل آن مشکل بودن تعیین چند آستانه، طوریکه به‌خوبی بتوانند نواحی مورد نظر را از هم جدا کنند، بویژه وقتی که تعداد مدهای هیستوگرام مربوطه زیاد است. در حل چنین مسائلی با آستانه‌گیری، معمولاً کاربرد آستانه متغیر عملی‌تر است.

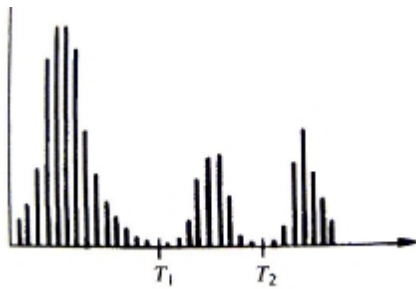
تصویر آستانه‌گیری شده  $g(x,y)$  به صورت

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & f(x,y) > T \\ 0 & f(x,y) \leq T \end{cases} \quad (3)$$

تعریف می‌شود. بنابراین پیکسل‌های با برچسب ۱ (یا هر سطح شدت مناسب دیگر) متناظر با اشیاء هستند، درحالی‌که پیکسل‌های با برچسب ۰ متناظر با زمینه هستند. [7]



(الف)



(ب)

شکل ۲: هیستوگرام‌های سطح خاکستری که می‌توان آنها در شکل (الف) با یک آستانه و در شکل (ب) با چند آستانه ناحیه‌بندی کرد

#### ۴- ارزیابی روش‌های ناحیه‌بندی و اهمیت آن

همان‌طور که گفته شد ناحیه‌بندی تصویر یکی از مهم‌ترین و

دامنه تصویر به‌وسیله  $I$  بیان شود، مساله ناحیه‌بندی، تعیین کردن مجموعه‌های  $S_i$  ها به گونه‌ای است که اجتماع آنها برابر با کل تصویر یعنی  $I$  باشد. بنابراین مجموعه‌هایی که ناحیه‌بندی را می‌سازند باید در رابطه زیر صدق کنند:

$$I = \bigcup_{i=1}^k S_i \quad (2)$$

به گونه‌ای که برای هر  $k = j$  ،  $I = \bigcup_{i=1}^j S_i$  باشد و هر  $S_i$  ای متصل باشد. یک روش ناحیه‌بندی، به طور ایده‌آل، آن مجموعه‌هایی را که متناظر با ساختارهای آناتومیک مجزا یا نواحی مورد علاقه در تصویر هستند، می‌یابد. [8]

به طور کلی، ناحیه‌بندی یکی از مشکل‌ترین و مهم‌ترین کارها در پردازش تصویر است. این مرحله است که موفقیت و شکست احتمالی تحلیل تصویر را تعیین می‌کند. در واقع با ناحیه‌بندی مؤثر در بیشتر موارد، به یک جواب قابل قبول می‌رسیم. بنابراین باید توجه زیادی به افزایش احتمال دستیابی به ناحیه‌بندی قابل اعتماد، معطوف شود.

#### ۳-۲- ناحیه بندی به روش آستانه گذاری

آستانه‌گیری یکی از مهم‌ترین راه‌های ناحیه بندی تصویر است و از آنجایی که در این مقاله به ارزیابی تصاویر ناحیه‌بندی شده به روش آستانه‌گذاری پرداخته شده، این روش از اهمیت خاصی برخوردار است.

فرض کنید که هیستوگرام سطح خاکستری شکل ۲ (الف) متناظر با تصویر  $f(x,y)$  است که متشکل از اشیای روشن، روی زمینه تیره می‌باشد. به طوریکه سطوح خاکستری پیکسل‌های شیء و زمینه در دو مد غالب، گروه‌بندی شده‌اند. یک راه واضح برای استخراج اشیاء و زمینه، انتخاب یک مقدار آستانه  $T$  است به نحوی که این دو مد را جدا کند. آنگاه هر پیکسل  $(x,y)$  که برای آن  $f(x,y) > T$  یک پیکسل شیء و در غیر این‌صورت یک پیکسل زمینه خوانده می‌شود. شکل ۲(ب) یک مورد کمی عمومی‌تر از این رهیافت را نمایش می‌دهد. در اینجا سه مد غالب هیستوگرام، تصویر را توصیف می‌کنند (مثلاً دو نوع شیء روشن روی یک زمینه تیره). همان رهیافت پایه پیکسل  $(x,y)$  را اگر  $T_1 < f(x,y) \leq T_2$  در یک گروه از اشیاء قرار می‌دهد، اگر  $f(x,y) > T_2$  در گروه دیگر قرار می‌دهد، و اگر  $f(x,y) \leq T_1$

دسته‌بندی کرد. [2]

#### ۴-۲- روش‌های مبتنی بر درستی

در روش‌های تجربی مبتنی بر درستی، برخی ویژگی‌های مطلوب در تصویر ناحیه‌بندی شده، توسط معیارهای درستی اندازه‌گیری می‌شود.

روش‌های این گروه، عملکرد و بازده الگوریتم‌ها را با قضاوت کیفیت تصاویر ناحیه‌بندی شده، ارزیابی می‌نمایند. برای انجام این عمل، می‌بایست سنجش کیفی معینی تعریف شود. به عبارت دیگر، کیفیت تصاویر ناحیه‌بندی شده، توسط تعدادی سنجش مبتنی بر درستی، مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این روش‌ها، الگوریتم‌های ناحیه‌بندی مختلف را به سادگی با محاسبه سنجش‌های مبتنی بر درستی، تعیین خصوصیت می‌نمایند که این سنجش‌ها مبتنی بر تصویر ناحیه‌بندی شده و بدون وجود یک دانش اولیه از ناحیه‌بندی صحیح، هستند. مزیت این نوع روش‌های ارزیابی، بی‌نیازی از تصاویر مرجع می‌باشد. به طوریکه می‌توان از آنها برای ارزیابی online بهره جست. [6]

#### ۴-۳- روش‌های مبتنی بر ناهمخوانی

برای به‌کارگیری روش‌های مبتنی بر ناهمخوانی، تصاویر مرجع ضروری هستند. این تصاویر می‌توانند به صورت دستی یا خودکار از تصویر ورودی، بدست آیند. اختلاف بین یک تصویر ناحیه‌بندی شده واقعی و تصویر ناحیه‌بندی شده ایده‌آل (تصویر مرجع) که بهترین نتایج را مورد انتظار را می‌دهد، می‌تواند برای ارزیابی عملکرد الگوریتم‌ها مورد استفاده قرار گیرد. هر دو تصویر (تصویر ناحیه‌بندی شده واقعی و مرجع) از تصویر ورودی یکسان بدست می‌آیند. در مواردی که تصاویر تست، تصاویر ساختگی هستند، تصاویر مرجع می‌توانند به سادگی از فرآیند تولید تصویر، بدست آیند. اما در مواردی که تصاویر تست، تصاویر واقعی هستند، تصاویر ناحیه‌بندی شده دستی (به کمک نظارت بصری)، اغلب به عنوان تصویر مرجع استفاده می‌شوند. روش‌های این گروه، میزان اختلاف (اندازه‌گیری شده توسط پارامترهای مختلف ناهمخوانی) بین تصویر ناحیه‌بندی شده واقعی و تصاویر مرجع را تفسیر می‌کند. مقدار بزرگ اندازه

بحرانی‌ترین اعمالی است که در آنالیز خودکار تصویر انجام می‌پذیرد. زیرا نتایج ناحیه‌بندی به صورت مستقیم بر مراحل و اعمال بعدی، مانند استخراج ویژگی و طبقه‌بندی شیء اثر می‌گذارد. ارزیابی ناحیه‌بندی، یک فرایند موثر برای مطالعه بازده تکنیک‌های ناحیه‌بندی است. اگرچه بیش از چند هزار الگوریتم ناحیه‌بندی با قواعد و اصول علمی مختلف در سال‌های اخیر توسعه یافته‌اند، الگوریتم واحدی که به طور عمومی برای تمام تصاویر کارآمد باشد، وجود ندارد. از سوی دیگر، به طور کلی با داشتن یک کاربرد پردازش تصویر به‌خصوص، روش قابل قبولی برای انتخاب یک الگوریتم ناحیه‌بندی مناسب وجود ندارد. بنابراین ضروری است که برای حل این مشکلات از ارزیابی کارایی درمورد الگوریتم‌های ناحیه‌بندی بهره گرفته شود. ارزیابی بازده نه‌تنها قادر به آشکارسازی رفتار الگوریتم ناحیه‌بندی و در نتیجه کمک به انتخاب الگوریتم موثر در ارتباط با کاربرد واقعی است، بلکه بازده الگوریتم جاری را برای برآورده ساختن احتیاجات مراحل مختلف ناحیه‌بندی، ارتقا می‌بخشد. علاوه بر این، ارزیابی ناحیه‌بندی می‌تواند ما را برای ارتقای یک الگوریتم جدید، راهنمایی و حتی این الگوریتم جدید را پایه‌گذاری کند. [2]

#### ۴-۱- طبقه‌بندی روش‌های ارزیابی ناحیه‌بندی

هدف ارزیابی برای یک الگوریتم مشخص ناحیه‌بندی تصویر، تشخیص کمی رفتار آن در رای دادن به تصاویر متفاوت، و/یا کمک به تعیین مناسب پارامترهای آن در خصوص موارد استفاده متفاوت برای دستیابی به بهترین عملکرد از آن الگوریتم می‌باشد. الگوریتم‌های ناحیه‌بندی می‌توانند به صورت تحلیلی یا تجربی مورد ارزیابی قرار گیرند. بنابراین روش‌های ارزیابی می‌توانند به دو گروه روش‌های تحلیلی و روش‌های تجربی، طبقه‌بندی شوند. روش‌های تحلیلی به‌خودی‌خود الگوریتم‌های ناحیه‌بندی را با تجزیه و تحلیل اصول علمی و ویژگی‌های آنها، مورد سنجش قرار می‌دهند. روش‌های تجربی به صورت غیر مستقیم الگوریتم‌های ناحیه‌بندی را با اعمال آنها به تصاویر آزمون و اندازه‌گیری کیفیت نتایج ناحیه‌بندی، مورد قضاوت و بررسی قرار می‌دهند. روش‌های تجربی را می‌توان به دو دسته روش‌های مبتنی بر درستی و روش‌های مبتنی بر ناهمخوانی،

خاکستری  $f(x,y)$  شامل یک شیء با میانگین سطح خاکستری  $f_0$  و پس زمینه‌ای با میانگین سطح خاکستری  $f_b$  باشد، معیار کنتراست سطح خاکستری (GC) به صورت زیر محاسبه می‌شود [6]:

$$GC = \frac{|f_0 - f_b|}{f_0 + f_b} \quad (6)$$

### ۵-۳- روش مبتنی بر شکل ناحیه

علاوه بر سطح خاکستری، شکل قسمت ناحیه‌بندی شده می‌تواند برای طراحی معیارهای ارزیابی مبتنی بر درستی برای برآورده ساختن شهود انسانی در مورد یک ناحیه‌بندی ایده‌آل، در نظر گرفته شود. معیار شکلی (SM) برای ارزیابی الگوریتم انتخاب آستانه به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$1/C \{ \sum_{(x,y)} Sng[f(x,y)-f_N(x,y)] g(x,y) Sng[f(x,y)-T] \} \quad (7)$$

که در آن  $f_N(x,y)$  میانگین میزان سطح خاکستری همسایه  $N(x,y)$  از یک پیکسل است که این پیکسل در مختصات  $(x,y)$  قرار دارد و دارای سطح خاکستری  $f(x,y)$  و مقدار گرادیان  $g(x,y)$  است.  $T$  مقدار آستانه انتخابی برای ناحیه بندی و  $C$  فاکتور نرمالیزه کردن است و تابع  $Sgn(\cdot)$  تابع پله واحد می‌باشد.

### ۵-۴- معیار آنتروپی مرتبه دوم

همسانی درون ناحیه‌ای همچنین می‌تواند با آنتروپی محلی مرتبه دوم بر مبنای تئوری اطلاعات، محاسبه گردد. روش آستانه‌ای ارائه شده که آنتروپی محلی مرتبه دوم  $H^2$  برای سطح آستانه مفروض  $T$  در مورد اشیاء و نواحی پس زمینه را ماکزیمم می‌نماید، توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$H^2(T) = - \sum_{i=0}^T \sum_{j=0}^T p_{ij} \ln p_{ij} \quad (8)$$

که در آن  $p_{ij}$  احتمال رخداد جفت  $(i,j)$  درون شیء/پس-زمینه است. [5]

ناهمخوانی دلالت بر خطای بزرگ در تصویر ناحیه‌بندی شده واقعی نسبت به تصویر مرجع دارد و کارائی پائین الگوریتم ناحیه‌بندی بکار رفته را نشان می‌دهد. [3]

### ۵- شرح برخی از روشهای تجربی ارزیابی مبتنی بر درستی

در این بخش به شرحی از شیوه های مهم و متداول در ارزیابی ناحیه‌بندی به روش مبتنی بر درستی که در این مقاله نیز در محیط MATLAB7.1 پیاده سازی شده اند، پرداخته شده است.

#### ۵-۱- ارزیابی مبتنی بر همسانی درون ناحیه‌ای

ناحیه‌بندی مناسب باید تصاویری با همسانی درون ناحیه‌ای بالاتر ایجاد نماید، که این همسانی به تشابه خصوصیت در مورد المان‌های یک ناحیه بر می‌گردد. همسانی یک ویژگی در یک ناحیه می‌تواند بر پایه واریانس آن ویژگی که در هر پیکسل متعلق به آن ناحیه ارزیابی می‌شود، محاسبه گردد. خصوصاً در مورد تصاویر سطح خاکستری، اگر  $R_i$ ، آمین ناحیه ناحیه‌بندی شده باشد و  $A_i$  مساحت  $R_i$  نامیده شود، بنابراین معیار همسانی سطح خاکستری در مورد  $f(x,y)$  از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$GU = \sum_i \sum_{(x,y) \in R_i} \left[ f(x,y) - \frac{1}{A_i} \sum_{(x,y) \in R_i} f(x,y) \right]^2 \quad (4)$$

همچنین معیار همسانی نرمالیزه شده (NU) به صورت زیر می‌باشد.

$$NU = 1 - GU/C \quad (5)$$

که در آن  $C$  فاکتور نرمالیزاسیون است. [6]

#### ۵-۲- روش مبتنی بر کنتراست میان ناحیه‌ای

علاوه بر همسانی درون ناحیه‌ای، یک ناحیه‌بندی مناسب همچنین باید تصاویری با کنتراست بالا در میان نواحی مجاور، ایجاد نماید. در یک مورد ساده که یک تصویر

## ۶- شرح برخی از روش‌های ارزیابی تجربی مبتنی بر ناهمخوانی

همان‌طور که در قسمت‌های قبل گفته شد، میزان اختلاف اندازه‌گیری شده توسط پارامترهای مختلف ناهمخوانی، بین تصویر ناحیه‌بندی شده واقعی و تصاویر مرجع می‌تواند معیاری برای ارزیابی الگوریتم‌های ناحیه‌بندی، به‌شمار رود. در این بخش به شرحی از شیوه‌های مهم و متداول در ارزیابی ناحیه‌بندی به روش مبتنی بر ناهمخوانی که در این پروژه نیز در محیط Matlab پیاده‌سازی شده‌اند، پرداخته شده است.

### ۶-۱- ناهمخوانی مبتنی بر تعداد پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده

با ملاحظه ناحیه‌بندی تصویر به عنوان یک فرآیند طبقه‌بندی پیکسل، درصد پیکسل‌های به اشتباه ناحیه‌بندی شده، آسان‌ترین معیار ناهمخوانی است که به ذهن می‌رسد. با این فرض که تصویر شامل اشیاء و زمینه است که هرکدام توزیع سطح خاکستری معینی دارند، می‌توان برای هر مقدار آستانه، احتمال اشتباه طبقه‌بندی شدن یک پیکسل شیء به عنوان زمینه یا بالعکس را محاسبه کرد. این احتمال به طور معکوس، شاخصی از نتایج ناحیه‌بندی، فراهم می‌کند که می‌تواند برای ارزیابی الگوریتم‌های انتخابی آستانه‌گذاری، بکار رود. این احتمال را می‌توان در فرآیند خودکار انتخاب آستانه مناسب، به حداقل رساند. معیار ناهمخوانی مبنی بر همان اصل که احتمال خطا (PE) نامیده شده، توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$PE = P(O) \times P(B|O) + P(B) \times P(O|B) \quad (9)$$

که در آن  $P(B|O)$  احتمال خطای طبقه‌بندی شیء‌ها به عنوان زمینه،  $P(O|B)$  احتمال خطای طبقه‌بندی زمینه به عنوان شیء،  $P(O)$  و  $P(B)$  احتمالات از پیش تعیین شده پیکسل‌های شیء و زمینه در تصاویر است. [6]

### ۶-۲- ناهمخوانی مبتنی بر موقعیت پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده

اندازه‌گیری‌های ناهمخوانی که فقط مبتنی بر تعداد پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده هستند، اطلاعات فضایی این پیکسل‌ها را در نظر نمی‌گیرند. همچنین اگر سنجش تنها بر اساس شمارش تعداد پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده باشد، ممکن است تصویری که به‌طریق دیگری ناحیه‌بندی شده دارای مقدار سنجش ناهمخوانی یکسانی باشد. برای رفع این مشکل، برخی معیارهای ناهمخوانی مبتنی بر خطای موقعیت پیکسل، پیشنهاد شده‌اند. یک راه، استفاده از فاصله پیکسل‌های ناحیه‌بندی شده و نزدیکترین پیکسلی است که در حقیقت به دسته پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده تعلق دارد.  $N$  تعداد پیکسل‌های اشتباه ناحیه‌بندی شده برای تمام تصویر و  $d(i)$  فاصله متریک آمین پیکسل اشتباه ناحیه‌بندی شده و نزدیکترین پیکسلی است که حقیقتاً از دسته اشتباه ناحیه‌بندی شده است. سنجش ناهمخوانی ( $D$ ) بر پایه این فاصله، به صورت زیر بدست آمده است:

$$D = \sum_{i=1}^N d^2(i) \quad (10)$$

در رابطه (۱۲)، هر فاصله به صورت مربع آمده است. این سنجش در ادامه برای مستثنی کردن تاثیر نویز و ارائه یک محدوده مقدار مناسب، نرمالیزه شده است (ND):

$$ND = 100 \times \sqrt{D/A} \quad (11)$$

که در آن  $A$  مجموع تعداد پیکسل‌ها در تصویر است. [6]

### ۶-۳- ناهمخوانی مبتنی بر مقادیر ویژگی شیء‌های ناحیه‌بندی شده

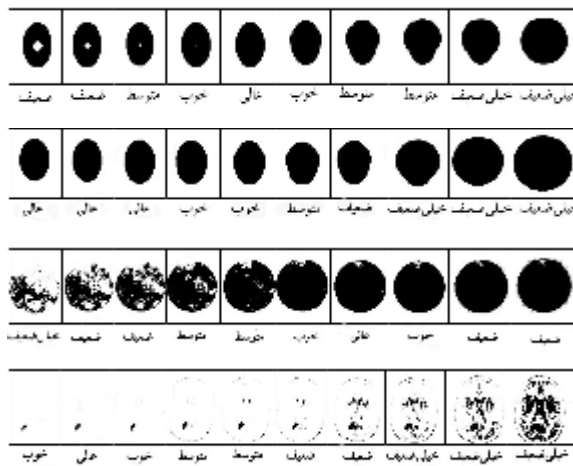
تحلیل تصویر به استخراج اطلاعات از تصویر بستگی دارد که در آن داده‌ها، مقادیر اندازه‌گیری ویژگی‌های شیء بدست آمده از تصویر ناحیه‌بندی شده است. یک سوال اساسی در تحلیل تصویر این است که آیا یک معیار بدست آمده از شیء‌های تصویر ناحیه‌بندی شده به درستی معیاری که از تصویر مرجع بدست آمده می‌باشد؟ بر طبق این سنجش، یک تصویر ناحیه‌بندی شده کیفیت بالایی دارد اگر ویژگی‌های استخراج شده از آن بدقت با ویژگی‌های تصویر مرجع مطابق باشد. هدف نهایی ناحیه‌بندی تصویر در مفهوم



شکل ۳: تصاویر آزمون (مطابق با توضیحات متن)

## ۸- نتایج ناحیه‌بندی تصاویر آزمون و نمره‌دهی چشمی به این نتایج

تصاویر آزمون با آستانه‌های مختلفی که بسته به نوع تصویر مختلف هستند، ناحیه‌بندی شده‌اند. تصاویر ناحیه‌بندی شده در اثر این آستانه‌گذاری و همچنین نتایج ارزیابی چشمی در شکل ۴ آمده‌است. این ارزیابی با توجه به قضاوت چشمی در مورد تصاویر ناحیه‌بندی شده و امتیازدهی متناسب با میزان اختلاف تصویر ناحیه‌بندی شده با تصویر مورد انتظار فرد، انجام شده است.



شکل ۴: نتایج ناحیه‌بندی تصاویر آزمون و ارزیابی چشمی

## ۹- ایجاد جعبه ابزار ارزیابی با استفاده از محیط GUIDE

GUIDE، محیط توسعه یافته واسط گرافیکی MATLAB می‌باشد که مجموعه‌ای از ابزار را برای ایجاد واسط‌های گرافیکی کاربر، فراهم می‌آورد.

### ۹-۱- معرفی محیط واسط گرافیکی نرم‌افزار

در شکل ۵ طرح کلی واسط گرافیکی طراحی شده، نشان داده شده‌است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، GUI دارای دو پنل است که یکی مربوط به الگوریتم‌های ارزیابی با روش‌های ارزیابی مبتنی بر درستی می‌باشد.

تحلیل تصویر، فراهم کردن معیارهایی از ویژگی‌های تصویر است. صحت این معیارهای بدست‌آمده از تصویر ناحیه‌بندی شده با مراجعه به تصویر مرجع، معیار ناهمخوانی مفیدی را مهیا می‌کند. این معیار می‌تواند صحت سنجش نهایی (UMA) نامیده شود که به هدف نهایی ناحیه‌بندی برمی‌گردد. UMA یک ویژگی وابسته است و بنابراین می‌تواند با  $UMA_f$  مشخص شود.  $R_f$  نشان دهنده مقدار ویژگی بدست آمده از تصویر مرجع و  $S_f$  نشان دهنده مقدار ویژگی اندازه‌گیری شده از تصویر ناحیه‌بندی شده می‌باشد. قدرمطلق  $UMA_f$  ( $AUMA_f$ ) و  $UMA_f$  نسبی ( $RUMA_f$ ) به صورت زیر بدست می‌آیند:

$$AUMA_f = |R_f - S_f| \quad (12)$$

$$RUMA_f = \frac{|R_f - S_f|}{R_f} \times 100\% \quad (13)$$

ویژگی‌ها می‌توانند، خصوصیات دنسیتومتریکی، استاتیک یا ژئومتریکی باشند. چند مثال از ویژگی‌های ژئومتریکی، ناحیه، لنگی، فاکتور شکل، میانگین انحنای مطلق نرمالیزه شده (normalized mean absolute curvature) محیط و کرویت شیء‌ها می‌باشد. در اینجا از فاکتور میانگین سطح خاکستری، به عنوان ویژگی مورد نظر، استفاده شده است. [2]

## ۷- تصاویر آزمون

در اینجا الگوریتم‌های ارزیابی ناحیه‌بندی بر روی دو نوع تصویر آزمون ساختگی و واقعی انجام شده است. برای هر یک از این دو نوع تصویر دو مثال آورده شده که در یکی از آنها شیء دارای جزئیات و در دیگری شیء بدون جزئیات می‌باشد. این تصاویر آزمون در شکل ۳ آمده است.

تصویر آزمون (الف)، تصویر ساختگی با شیء دارای جزئیات است. تصویر آزمون (ب)، تصویر ساختگی با شیء بدون جزئیات است و تصویر آزمون (ج) و (د) بترتیب تصویر واقعی با شیء دارای جزئیات و تصویر واقعی با شیء بدون جزئیات (شیء مورد نظر، تومور سیاه رنگ در تصویر است) هستند.

دهنده مناسب بودن و نامناسب بودن ناحیه بندی، با توجه به ارزیابی چشمی می باشد.

T	5	26	46	56	72	102	115
RUMA	82	38	72	115	720	1202	1440
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

T	5	26	46	56	72	102	115
PE	2e-5	2e-4	0.002	0.003	0.06	0.17	0.28
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

T	5	26	46	56	72	102	115
ND	0.20	0.06	338	8154	14122	33123	51729
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

T	5	26	46	56	72	102	115
GC	0.99	0.96	0.91	0.72	0.64	0.49	0.43
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

T	5	26	46	56	72	102	115
NU	1.0	0.9999	0.9993	0.995	0.992	0.97	0.96
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

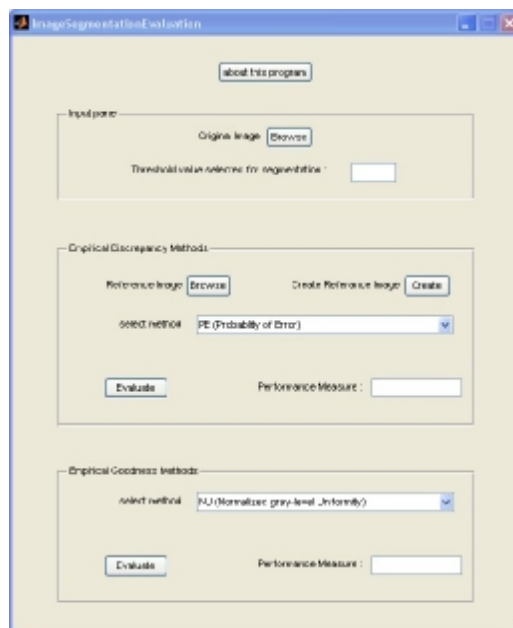
T	5	26	46	56	72	102	115
H <sup>2</sup>	0.59	0.37	0.13	0.07	0.04	0.03	0.02
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

T	5	26	46	56	72	102	115
SM	0.98	0.74	0.59	0.47	0.25	0.22	0.15
ارزیابی چشمی	++	+++	++	+	-	-	---

جدول 1: نتایج اعمال الگوریتمهای ارزیابی بر روی تصویر آزمون ۴

همانطور که مشاهده می شود اعمال الگوریتمهای ارزیابی مبتنی بر ناهمخوانی بر روی تصویر آزمون ۴، نتایج مطلوبی را بدست می دهد و با تمامی معیارهای چشمی عالی، خوب، متوسط و ضعیف با دقت قابل قبولی، همخوانی دارد. بهترین نتیجه یا کمترین احتمال خطا در ناحیه بندی با آستانه ۲۶ بدست آمده است. نمودار RUMA برحسب T، در شکل ۶

در هر پنل امکان انتخاب روش مورد نظر ارزیابی با استفاده از منوی ظاهر شونده (Popup Menu)، فراهم شده است. در بالای صفحه، کادری برای گرفتن سطح آستانه از کاربر به منظور ناحیه بندی تصویر قرار داده شده است. در هر دو پنل امکان جستجو و انتخاب کردن (Browse) تصویر اصلی وجود دارد. در پنل مربوط به الگوریتمهای ارزیابی مبتنی بر ناهمخوانی علاوه بر این امکان، دکمه دیگری برای انتخاب کردن تصویر مرجع در صورتیکه از یک تصویر مرجع از پیش تعیین شده استفاده شود، وجود دارد. در صورتیکه کاربر مایل باشد تا تصویر مرجع را ایجاد کند، این امکان با کلیک کردن بر روی دکمه Create ایجاد شده و کاربر می تواند شیء مورد نظر را انتخاب کرده و از آن به عنوان تصویر مرجع در ارزیابی استفاده کند. با کلیک کردن بر روی دکمه ارزیابی (Evaluate)، معیار کمی شده ارزیابی ناحیه بندی با سطح آستانه مورد نظر کاربر در کادر پایین صفحه، نمایش داده می شود. همچنین در هر بار ارزیابی، تصویر اصلی و تصویر ناحیه بندی شده نیز نمایش داده می شوند.



شکل ۵: محیط واسط گرافیکی جعبه ابزار ارزیابی تصویر

## ۱۰- نتایج الگوریتمهای ارزیابی پیاده سازی شده بر روی تصاویر آزمون

در این بخش به عنوان نمونه نتایج اعمال الگوریتمهای ارزیابی پیاده سازی شده بر روی تصویر آزمون ۴، آورده شده است. تعداد علامتهای + و - در جدول به ترتیب نشان



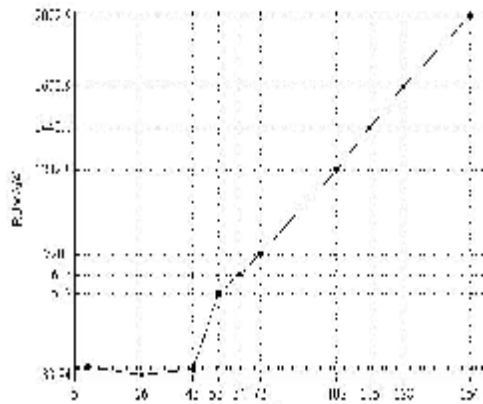
ارزیابی کامپیوتری با این روش ها، در مورد تمام تصاویر، با نتایج ارزیابی چشمی در تمام سطوح عالی، خوب، متوسط و ضعیف کاملاً همخوانی دارد. الگوریتم‌های ارزیابی مبتنی بر درستی نیز می‌توانند بازده ارزیابی را تنها برای تصاویری که شیء در آن‌ها دارای پیچیدگی نیست، به خوبی تعیین کنند ولی برای ارزیابی کیفیت ناحیه بندی در مورد تصاویر دارای شیء با پیچیدگی سطح خاکستری، قابل استفاده نمی‌باشند.

مراجع

- [1] Y. J. ZHANG, "A SURVEY ON EVALUATION METHODS FOR IMAGE SEGMENTATION", Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, 100084
- [2] ZHANG Yu Jin, "Objective Image Quality Measures and Their Applications in Segmentation Evaluation", Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, 100084
- [3] Y. J. ZHANG, "Evaluation and comparison of different segmentation algorithms", Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, China, 1997
- [4] Yu Jin ZHANG, "A REVIEW OF RECENT EVALUATION METHODS FOR IMAGE SEGMENTATION", Department of Electronic Engineering, Tsinghua
- [5] N.R.Pal, S.K.Pal, "Object-background segmentation using new definitions of entropy", IEE PROCEEDINGS, Vol.136, pt. E, No. 4, 1989
- [6] P. K. Sahoo, S. Soltani, A. K. C. Wong, Y. C. Chen, "A Survey of Thresholding Techniques", Department of Systems Design Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Canada N2L 3G1, Department of Electrical Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Canada N2L 3G1, 1987
- [7] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood, Digital Image Processing, Tom Robbins, 2002

[8] مهندس سامان پروانه، دکتر عمادالدین فاطمی زاده، تجزیه و تحلیل تصاویر پزشکی

رسم شده‌است که نتایج بدست آمده از جدول معیار RUMA را برای تصویر آزمون ۴ نمایش می‌دهد.



شکل ۶: نمودار RUMA بر حسب T برای تصویر آزمون ۴

همان‌گونه که در شکل نیز پیداست، مینیمم مقدار RUMA به ازای آستانه ۲۶ بدست آمده است که مطابق با ارزیابی چشمی با معیار عالی (+++) می‌باشد.

در مورد الگوریتم‌های ارزیابی مبتنی بر درستی، با توجه به مقادیر درج شده در جداول، مشاهده می‌شود که این الگوریتم‌ها ارزیابی برای تصاویر آزمون ۴ که دارای شیئی با سطح خاکستری بدون پیچیدگی است، به خوبی عمل کرده و نتایجی نزدیک با نتایج ارزیابی چشمی می‌دهد.

## ۱۱- نتیجه گیری

الگوریتم‌های ارزیابی مبتنی بر ناهمخوانی می‌توانند بازده ناحیه‌بندی را بر روی تمام تصاویری که ناحیه‌بندی آن‌ها از طریق آستانه‌گذاری امکان پذیر می‌باشد، اعم از تصاویر شامل شیء با جزئیات یا شیء بدون جزئیات، با دقت بسیار خوبی ارزیابی کنند. به این معنی که نتایج بدست آمده از