

استفاده از مشخصه های آماری برای قطعه بندی تصویر

احسان نادرزاد

عضو هیئت علمی گروه کامپیوتر
موسسه آموزش عالی صنعتی مازندران

ehsan_nader@yahoo.com

حمید حسن پور

عضو هیئت علمی دانشکده برق و کامپیوتر
دانشگاه صنعتی بابل

h.hassanpour@ieee.org

مجتبی منصورى

عضو هیئت علمی دانشکده برق و کامپیوتر
دانشگاه صنعتی بابل

mansoori@nit.ac.ir

کند. بدین معنی که اشیاء مختلف موجود در تصویر، با توجه به کاربرد مورد نظر، از هم جدا میشوند تا تحلیل تصویر در مراحل بعدی راحتتر انجام میگردد. بعنوان مثال، در کاربردهای رهگیری وسیله نقلیه از هوا، قبل از هر چیز شناسایی جاده و سپس تشخیص وسیله نقلیه مورد علاقه است. براین اساس در چنین کاربردی ابتدا جاده از تصویر جدا میشود. سپس جاده به اجزایی تقریباً به بزرگی هدف مورد علاقه تقسیم می شود تا بتوان وسیله نقلیه مورد نظر را در تصویر پیدا نمود (شکل ۱). به طور کلی قطعه بندی یکی از مشکل ترین مباحث در پردازش تصویر است که در موفقیت عمل تحلیل تصویر بسیار موثر است. این تکنیک در موضوعات مختلف مبحث بینایی ماشین نظیر رهگیری خودکار هدف و جدا سازی اشیاء مورد نظر در تصویر کاربرد دارد [1,2,3].

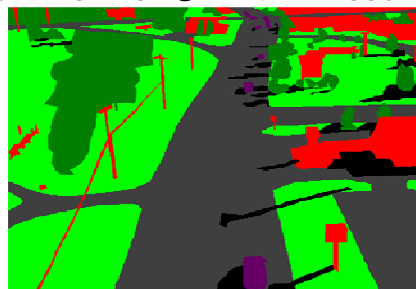
برای قطعه بندی تصویر روشهای مختلفی وجود دارد که می توان آنها را به دو دسته روشهای مبتنی بر هیستوگرام (Histogram-based) [4,5] و روشهای مبتنی بر خوشه بندی (Clustering-Based) [6,7] تقسیم کرد. در روشهای مبتنی بر هیستوگرام، تقسیم بندی تصاویر بر اساس توزیع پیکسلها صورت می گیرد. قدم اصلی در این روشها یافتن سطح آستانه ای مناسب برای اعمال به تصویر میباشد.

چکیده: در این مقاله روش جدیدی برای قطعه بندی تصاویر با استفاده از کلاسیفایر $Fuzzy\ C\text{-}mean$ بر اساس مشخصات آماری داده ها ارائه شده است. در این روش ابتدا تصویر به بلوکهای مربعی تقسیم می شود. سپس پردازش بر روی این بلوکها انجام می گیرد. در این پردازش با توجه به مقدار میانگین پیکسلها در بلوکها و ضریب تغییرات آنها، بلوکهای مجاور در هم ادغام و یا یک بلوک به بلوکهای کوچکتر تقسیم میشود. در این روش اندازه اولیه بلوکها باتوجه به ویژگیهای تصویر انتخاب میشود، بگونه ای که برای تصاویری که دارای شدت تغییرات کمی باشند از بلوکهایی با اندازه بزرگتر، و برای تصاویری که دارای شدت تغییرات زیادی می باشند از بلوکهایی با اندازه کوچکتر استفاده می شود. نتایج نشان میدهند که روش پیشنهاد شده در این مقاله عملکرد مناسب تری در مقایسه با روش پایه در قطعه بندی تصاویر دارد.

واژه های کلیدی: پردازش تصاویر دیجیتال، قطعه بندی تصاویر، خوشه بندی، $Fuzzy\ C\text{-}mean$

۱- مقدمه

اولین مرحله در تحلیل تصاویر قطعه بندی می باشد. قطعه بندی فرآیندی است که تصویر را به قسمتهای اصلی سازنده اش تقسیم می



شکل ۱) نمونه ای از استفاده از قطعه بندی تصویر برای تشخیص اتومبیل در تصاویر هوایی.

دارای جزییات بیشتری هستند به کمک روش مبتنی بر خوشه بندی عمل جدا سازی اشیاء (قطعه بندی) در آنها بهتر انجام گیرد. در این مقاله با استفاده از کلاسیفایر $Fuzzy\ C\text{-}mean$ که یکی از روشهای خوشه بندی داده های می باشد [8] تصویر را به بلوکهایی

در روشهای مبتنی بر خوشه بندی برای گروه بندی کردن داده ها از شباهتها و روابط موجود بین آنها استفاده می شود. در این روشها داده ها به نحوی گروه بندی می شوند تا آنها بیکه در داخل یک بخش قرار می گیرند دارای بیشترین شباهت به هم باشند. بطور کلی تصاویری که

$$\mu_k^p(x_i) = \frac{1}{d^2(x_i, V_k^p)} \frac{2}{m-1} \left\{ \begin{matrix} i=1,2,\dots,N \\ k=1,2,\dots,K \end{matrix} \right. \quad (1)$$

مرحله ۴) محاسبه مرکز فازی جدید ($V_k, k=1,2,\dots,K$):

$$V_k^{p+1} = \frac{\sum_{i=1}^N \mu_k^p(x_i)^m x_i}{\sum_{i=1}^N \mu_k^p(x_i)^m} \quad (2)$$

مرحله ۵) اگر $\mu^p = \mu^{p+1}$ توقف در غیر این صورت $p=p+1$ و ادامه از مرحله ۳.

در الگوریتم فوق x بیانگر محتوی هر پیکسل و N تعداد پیکسلهای تصویر، $\mu_k(x_i)$ تابع وابستگی فازی، m ضریب فازی سازی است که یک عدد ثابت می باشد، و $d(x,y)$ فاصله اقلیدسی می باشد که به صورت زیر تعریف می شود [15]:

$$d(x,y) = \|x-y\| = \sqrt{(x-y)^T(x-y)} = \sum_{i=1}^N [(x_i - y_i)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

لازم به ذکر است که انتخاب یک مقدار بزرگ برای m سبب وابستگی فازی بیشتر یک پیکسل به کلاستر مربوطه می شود. البته انتخاب مقادیر بزرگ m زمان محاسبات را افزایش میدهد.

۳- روش پیشنهادی

در این روش قبل از هر چیز تصویر موجود به بلوکهایی کوچک تفکیک می شود. این بلوکها، با توجه به تصویر، می تواند 2×2 ، 3×3 یا بالاتر باشند. شکل ۲- نمونه ای از این تقسیم بندی را نشان می دهد. سپس بلوکها با توجه به تعداد کلاسهها که از قبل مشخص می باشد کلاسه بندی می شوند. بدین صورت که با استفاده از مشخصات آماری هر بلوک تصمیم گرفته میشود که هر یک مربوط به چه کلاسی میباشد.



شکل ۲- بلوک بندی اولیه یک تصویر جهت تحلیل آماری

مقادیر پیکسلها برای قطعه بندی تصویر.

تقسیم می کنیم. سپس با استفاده از دو ویژگی میانگین و ضریب تغییرات سطوح خاکستری پیکسلها، تصویر را قطعه بندی می نماییم. نتایج حاصل از این روش بر روی تصاویر مختلف نشان می دهد که روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش پایه مبتنی بر خوشه بندی دارای عملکرد مناسب تری است.

۲- قطعه بندی تصویر

۲-۱ خوشه بندی داده ها

دسته بندی داده ها (خوشه بندی) یکی از با اهمیت ترین موضوعات در مبحث شناسایی الگو می باشد. الگوریتمهای زیادی جهت خوشه بندی معرفی شده است. الگوریتمهای موجود را می توان به دو گروه سلسله مراتبی و تقسیمی دسته بندی نمود. روشهای سلسله مراتبی بیشتر بر اساس تئوری گراف استوار است. در این روش هر داده را بطور مستقل به عنوان یک کلاستر در نظر می گیریم. سپس با تعریف یک معیار شباهت (بعنوان مثال فاصله اقلیدسی)، دو یا چند کلاستر در هم ادغام شده و تشکیل یک کلاستر بزرگتر را می دهند. این روند ادامه می یابد تا شرط پایانی الگوریتم که معمولا تعداد کلاسترها است، تحقق پذیرد [9,10].

در روشهای تقسیمی، داده ها بر اساس معیار تشابه، به تعدادی کلاستر (خوشه) تقسیم می شوند. تکنیکهای بکار رفته در این روشها بر این فرض استوار هستند که هر داده تنها به یک کلاستر تعلق دارد. معروفترین الگوریتمها در این گروه، الگوریتم K-mean [11] و Fuzzy c-mean [12] می باشند که داده ها را به K خوشه مستقل تقسیم می کنند.

در الگوریتم k-mean جهت قطعه بندی تصاویر، بر اساس تعداد کلاسههای موجود، پیکسلهای یک کلاس با توجه به معیار شباهت تنها به یک کلاس تعلق خواهند داشت. بدین معنی که احتمال عضویت یک پیکسل به یک کلاس قطعی بوده و نمیتواند به کلاس دیگری غیر از کلاسی که به آن تعلق دارد وابسته باشد. اما در الگوریتم Fuzzy هر پیکسل دارای وابستگی قطعی به یک کلاس نمی باشد و معیار عضویت فازی برای آن تعریف میشود. این معیار احتمال عضویت یک پیکسل به یک کلاس خاص را مشخص میکند.

۲-۲ استفاده از الگوریتم فازی برای قطعه بندی

جهت قطعه بندی یک تصویر الگوریتم فازی را می توان بصورت زیر پیاده سازی نمود [13,14]:

مرحله ۱) انتخاب اولیه تعداد کلاستر (K) و بطور تصادفی در نظر گرفتن مراکز برای این کلاسترها، $V_1 \dots V_k$.

مرحله ۲) در نظر گرفتن $p=1$ ، که p اندیس تکرار می باشد.

مرحله ۳) محاسبه تابع وابستگی فازی ($\mu_k(x_i)$) در هر مرحله:

۲- به صورت تصادفی ماتریس عضویت اولیه بلوکها را تشکیل می دهیم. البته با این شرط که مجموع درایه‌های هر ستون ماتریس یک باشد.

۳- مراکز **I** کلاس را به صورت زیر محاسبه می کنیم:

$$V_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (8)$$

۴- حال باید ماتریس عضویت بلوکها به صورت زیر تغییر یابد (**m** ضریب فازی سازی است):

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^l \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}}\right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (9)$$

حال به مرحله ۳ برمی گردیم و مراحل ۳ و ۴ را آنقدر تکرار می کنیم تا خطایی که به صورت زیر تعریف می شود از یک حد آستانه کمتر شود.

$$error = \|U_{new} - U_{old}\| \quad (10)$$

در مرحله آخر از روی آخرین ماتریس عضویت بلوکها به کلاسهای مختلف، به صورت قطعی اظهار نظر کنیم که هر بلوک به کدام کلاس تعلق دارد. برای این منظور می دانیم که هر ستون بیانگر میزان عضویت یک بلوک به کلاسهای مختلف میباشد. برای اینکه نتیجه حاصل از حالت فازی خارج شود بلوک متناظر با یک ستون به کلاسی اختصاص داده می شود که درایه مقابل آن کلاس در آن ستون بیشترین مقدار را داشته باشد.

۴- بررسی عملکرد روش پیشنهادی

برای ارزیابی الگوریتم پیشنهادی آزمایشات مختلفی بر روی برخی تصاویر استاندارد؛ نظیر لنا، مرد فیلمبردار، بابون و طبیعت که به طور معمول در ارزیابی تکنیکهای پردازش تصویر مورد استفاده قرار می گیرد، انجام شده است [16] که برای نمونه نتایج یکی از آزمایشات در جدول ۱- آمده است. این جدول نشان می دهد که در روش پیشنهادی کلاسهای حاصل دارای واریانس و ضریب تغییرات کمتری نسبت به روش پایه میباشند. [17] بنابراین در این روش جزئیات اضافی تصویر بهتر از روش قبلی حذف می شوند، و به موجب آن تصویر برای پردازش های بعدی به خوبی قطعه بندی می شود. برای مقایسه بیشتر از نگاه چشم انسان تصویر مربوط به نتایج جدول-۱ در شکل-۳ نشان داده شده است.

در ارزیابی این دو روش تستهای مختلفی با تعداد کلاسهای متفاوت بر روی تصاویر مذکور انجام گرفته است. اما جهت سادگی قضاوت در شکل-۳ نتایج حاصل برای قطعه بندی به سه کلاس نشان شده است. لازم به ذکر است که در این آزمایشات ضریب فازی سازی (**m**) و

در این روش مجموعه بلوکهای تصویر **X** را با $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ بیان می کنیم. هر یک از x_i ها ماتریس مربعی از پیکسلها می باشند. دو ویژگی از این بلوکها جهت بررسی میزان وابستگی آنها به هر کلاس استخراج می کنیم. بررسی های ما نشان میدهد با انتخاب ضریب تغییرات و میانگین سطوح خاکستری پیکسلهای موجود در هر بلوک میتوان عمل قطعه بندی را بخوبی انجام داد. در این روش ضریب تغییرات از روی میانگین و انحراف معیار (جذر واریانس) بصورت زیر بدست می آید.

$$V_i = \frac{\sigma_i}{m_i} \quad (4)$$

استفاده از دو ویژگی فوق باعث می شود که داده های موجود در یک کلاس بیشترین شباهت را با یکدیگر داشته و همچنین باعث کاهش محاسبات می شود.

برای اینکه با کلاسیفایر فازی این کار را انجام دهیم از ماتریسی به نام ماتریس عضویت بلوکها به کلاسها استفاده می شود که به صورت زیر تعریف می شود.

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2n} \\ u_{31} & u_{32} & \dots & u_{3n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ u_{m1} & u_{m2} & \dots & u_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

در این ماتریس u_{ij} میزان تعلق بلوک **j** ام را به کلاس **i** ام بیان می کند. به عبارت دیگر u_{ij} بیانگر احتمال تعلق بلوک **j** ام به کلاس **i** ام میباشد. لذا بدیهی است که باید :

$$\sum_{i=1}^m u_{ik} = 1 \quad (6)$$

رابطه ۶ بیانگر آن است که مجموع احتمال تعلق بلوک **k** ام به کلاس **m** برابر یک است که امری بدهی است.

در این روش میزان پراکندگی فازی کلاسها به عنوان تابع هدف در نظر گرفته می شود که باید کمینه شود. این تابع هدف به صورت زیر تعریف می شود (در اینجا ماتریس $n \times l$ می باشد)

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^l u_{ij}^m \|x_k - V_j\|^2 \quad (7)$$

(V_j مرکز کلاس **j** ام است)

روش پیشنهادی را میتوان بصورت الگوریتم زیر بیان کرد:

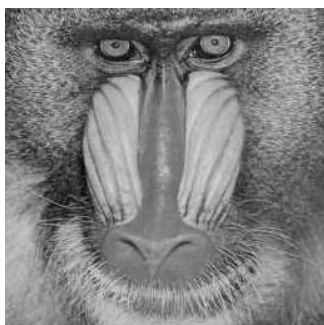
۱- بلوکهای اولیه را ایجاد می کنیم .

لازم به ذکر است که با افزایش ابعاد بلوک ها، تصویر از حالت طبیعی خارج می شود و لبه های موجود در آن جابه جا می شود که این از نقاط ضعف الگوریتم می باشد. برای بهبود این نقیصه می توان معیاری را برای انتخاب نوع بلوک برای بلوک بندی تصویر ارائه نمود تا بتوان بهترین بلوک را برای یک تصویر انتخاب نمود این معیار را می توان بر اساس پیشروی پیکسلهای موجود در تصویر در جهت های مختلف انتخاب نمود که می توان در کارهای آینده ارائه می شود.

تلرانس (*error*) بترتیب برابر ۱،۲۵ و 10^{-14} در نظر گرفته شده است، که البته که با افزایش *m* زمان اجرای برنامه افزایش می یابد. نتایج جدول-۱ نشان می دهد که روش پیشنهادی علاوه بر مزایای فوق دارای زمان اجرای کمتری نسبت به روش پایه می باشد. این ویژگی سبب میشود که روش پیشنهادی برای کاربرهای بلادرنگ مناسب تر باشد.

جدول ۱- نتایج اعمال الگوریتمهای مختلف (اندازه تصاویر 256×256)

نتایج اعمال الگوریتمهای مختلف (اندازه تصاویر 256×256)						روش استفاده شده	تصویر	
				کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	فازی بدون بلاک بندی	تصویر بابون
	تکرار	زمان اجرا (s)	میانگین	۱۲۴،۸۵	۱۶۷،۴۵	۸۱		
	۳۲	۳۸،۲۷	واریانس	۲۰،۹۷	۱۹،۱	۲۴،۹۸		
			$\% V_i$	$\% ۱۲،۵۲$	$\% ۱۱،۳۹$	$\% ۱۴،۹$		
N_C			۳۰۶۴۷	۲۰۰۸۸	۱۴۸۰۱			
				کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	بلوک های 2×2	فازی بلاک بندی شده
	تکرار	زمان اجرا (s)	میانگین	۱۲۴،۷۲	۱۶۸،۳۶	۷۹،۸		
	۲۹	۸،۸۵	واریانس	۱۹،۴۵	۱۷،۷۷	۲۳،۷۷		
			$\% V_i$	$\% ۱۱،۵۶$	$\% ۱۰،۵۶$	$\% ۱۴،۱۲$		
N_C			۳۰۴۷۲	۲۰۲۴۸	۱۴۸۱۶			
				کلاس ۱	کلاس ۲	کلاس ۳	بلوک های 3×3	فازی بلاک بندی شده
	تکرار	زمان اجرا (s)	میانگین کلاسها	۱۲۴،۳۸	۱۶۷،۹۲	۷۹،۹۱		
	۳۰	۴،۱	واریانس کلاسها	۲۰،۰۷	۱۸،۳۶	۲۴،۲۲		
			$\% V_i$	$\% ۱۱،۹۵$	$\% ۱۰،۹۴$	$\% ۱۴،۴۲$		
N_C			۳۰۷۴۱	۲۰۳۱۹	۱۴۴۷۶			



(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

شکل-۳: نمونه ای از قطعه بندی تصویر با سه کلاس ($m=1.25$): الف: شکل اصلی، نتایج قطعه بندی به روش پایه (ب)، روش بلاک بندی شده با بلوک ۲ تایی (پ)، و روش بلاک بندی با بلوک ۳ تایی (ت).

۵- نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتم جدیدی مبتنی بر روش خوشه بندی Fuzzy c-mean برای قطعه بندی تصاویر ارائه شده است. در این الگوریتم ابتدا تصویر به بلوکهای مربعی با اندازه های متفاوت تقسیم می شود. سپس تصمیم گیری برای قطعه بندی در سطح بلوکها انجام می گیرد. در این تصمیم گیری با توجه به دو ویژگی میانگین و ضریب تغییرات پیکسلهای داخل هر بلوک کلاسبندی انجام می گیرد. نتایج حاصل از اعمال این الگوریتم بر روی برخی تصاویر استاندارد نشان میدهد که روش پیشنهادی عملکرد مناسب تری در مقایسه با روش پایه در قطعه بندی تصاویر دارد.

۶- مراجع

- classification", Pattern Recognition, Vol.39,(March 2006), 491-494.
- [7] Yen J. and Langari R., *Fuzzy logic, intelligence, control and information*, Prentice Hall, 2000, New York.
- [8] Sueli A. Mingoti and Joab O. Lima, "Comparing SOM neural network with Fuzzy c-means, K-means and traditional hierarchical clustering algorithms", European Journal of Operational Research, Vol.174, (November 2006), 1742-1759.
- [9] Inn Inn Er and Winston K.G. Seah, "Clustering overhead and convergence time analysis of the mobility-based multi-hop clustering algorithm for mobile ad hoc networks", Journal of Computer and System Sciences, Vol.72,(November2006),1144-1155.
- [10] Georgios P. Papamichail and Dimitrios P. Papamichail, "The k-means range algorithm for personalized data clustering in e-commerce", European Journal of Operational Research, Vol.177, (March 2007), 1400-1408.
- [12] K.P. Detroja, R.D. Gudi and S.C. Patwardhan, "A possibilistic clustering approach to novel fault detection and isolation", Journal of Process Control, Vol.16, (December 2006),1055-1073.
- [13] Francisco de A.T. de Carvalho, "Fuzzy c-means clustering methods for symbolic interval data", Pattern Recognition Letters, Vol.28,(March 2007), 423-437.
- [14] Miin-Shen Yang, Wen-Liang Hung and Fu-Chou Cheng, "Mixed-variable fuzzy clustering approach to part family and machine cell formation for GT applications", International Journal of Production Economics, Vol.103,(September 2006),185-198.
- [15] Robert Jenssen, Deniz Erdogmus, Kenneth E. Hild II, Jose C. Principe and Torbjørn Eltoft, "Information cut for clustering using a gradient descent approach", Pattern Recognition, Vol.40,(March 2007), 796-80.
- [16] DIPimage Databases, http://imageprocessingplace.com/DIP/dip_image_databases/image_databases.htm.
- [17] Keh-Shih Chuang, Hong-Long Tzeng, Sharon Chen, Jay Wu and Tzong-Jer Chen, "Fuzzy c-means clustering with spatial information for image segmentation", Computerized Medical Imaging and Graphics, Vol.30,(January 2006), 9-15.
- [1] Mao, K.Z.; Peng Zhao; Puay-Hoon Tan, "Supervised learning-based cell image segmentation for P53 immunohistochemistry", Biomedical Engineering, IEEE Transactions on Vol.1,(June 2006),1153 – 1163
- [2] J. Blasco, N. Alexios and E. Moltó; "Computer vision detection of peel defects in citrus by means of a region oriented segmentation algorithm". Journal of Food Engineering, In Press, Accepted Manuscript, Available online (December 2006).
- [3] A.I. Timchenko, A.A. Mardon and J.A. Greenspon; "New approach in the problem of subsurface objects detection using remote sensing technique". Advances in Space Research, Vol.38,(2006), 2218-2222.
- [4] Dinggang Shen. "Image registration by local histogram matching" Pattern Recognition, Vol.40, (April 2007),1161-1172.
- [4] N. Bonnet, J. Cutrona and M. Herbin. "A 'no-threshold' histogram-based image segmentation method" Pattern Recognition, Vol.35,(October 2002), 2319-2322.
- [5] Li Peihua. "A clustering-based color model and integral images for fast object tracking" Signal Processing: Image Communication, Vol.21, (September 2006), 676-687.
- [6] Bo Ma and Hau-San Wong. "2D clustering based discriminant analysis for 3D head model