



Dear

Mr. M. Saadatmand Tarzjan, Mr. H. Abrishami Moghadam

Thank you for selecting CIS2004 for submission of your paper. We are pleased to inform you that your submitted paper with the title

" روشی جدید برای استخراج مرز پایه سیستم نگاشت هم شباهت "

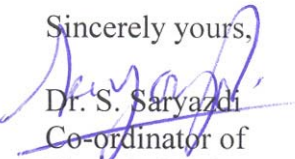
has been accepted for an oral presentation at the 6th Conference on Intelligent Systems (CIS 2004), which to be held in Kerman on 24th -25th Nov. 2004.

You should note that your attendance and presentation at the conference is important, otherwise based on the decision made by permanent committee of CIS, your paper will not be published in the proceeding.

Please visit www.cis2004.info for the latest updates.

Looking forward to meeting you in Kerman.

Sincerely yours,


Dr. S. Saryazdi
Co-ordinator of
The 6th Conference
on Intelligent Systems (CIS)

روشی جدید برای استخراج مرز برپایه سیستم نگاشت هم‌شابهت

مهدی سعادت‌مند طرزجان

811301003@ee.kntu.ac.ir

حمید ابریشمی مقدم

moghadam@eetd.kntu.ac.ir

دانشکده برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران

چکیده: در این مقاله الگوریتم جدیدی با نام CAM برای آشکارسازی مرز اشیا ارائه شده است. الگوریتم پیشنهادی همانند مدل مارها مرز را به صورت رشته‌ای از نقاط متوالی تعریف می‌کند. اما برای تطبیق رشته نقاط بر مرز بجای کمینه‌سازی یک تابع انرژی از روش نگاشت هم‌شابهت استفاده شده است که از این لحاظ شبیه روش سیستم نگاشت هم‌شابهت می‌باشد. الگوریتم پیشنهادی با در نظر گرفتن خصوصیات مکان‌شناسی مرز، عملاً از اشکالات روش سیستم نگاشت هم‌شابهت اجتناب می‌کند. به طوری که در روش پیشنهادی برخلاف سیستم نگاشت هم‌شابهت، مرز تحت هیچ شرایطی شکل خود را از دست نمی‌دهد. شبیه‌سازی‌ها بیانگر کارایی روش پیشنهادی در مقایسه با سایر روش‌های مشابه است. CAM حتی در مواردی که مرز اولیه فاصله قابل توجهی از مرز شی دارد و یا مرز شی دارای کنتراست کمی است، عملکرد قابل قبولی دارد.

کلمات کلیدی: استخراج مرز، مدل مارها، سیستم نگاشت هم‌شابهت

۱- مقدمه

امروزه استخراج مرز به جهت اهمیت فراوان آن در کاربردهایی چون ویرایش (image editing)، جستجو (image searching) و تشخیص تصاویر (image recognition) یکی از فعالترین زمینه‌های تحقیقاتی است. پس از استخراج مرز یک شی، می‌توان تصویری دیگر را جایگزین پس‌زمینه آن نمود. همچنین کدگذاری شکل اشیا، بخشی اختیاری در استاندارد جهانی کدگذاری شکل (MPEG) می‌باشد [۱] که می‌تواند در ترکیب و تصنیف تصاویر برپایه اشیا (object-based composition) بکار رود. بعلاوه، استخراج اشیا خواسته‌های اساسی در مخابره و ذخیره‌سازی تصاویر است [۲]. ترسیم دقیق مرز با دست نیازمند تلاش و صرف زمان زیادی است. راه حلی که معمولاً برای غلبه بر این مشکل مورد استفاده قرار می‌گیرد بدین شرح است که در آغاز یک مرز تقریبی برای شی مورد نظر رسم می‌شود. سپس مرز مذکور با استفاده از یک الگوریتم خودکار، بر مرز شی مورد نظر منطبق می‌گردد. مرز اولیه را می‌توان به صورت دستی یا با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویری که از اطلاعات سطح پایین استفاده می‌کنند مانند الگوریتم‌های تحلیل لبه، ناحیه‌بندی و تحلیل هیستوگرام نیز بدست آورد. مدل مارها، مدلی فعال است که به شکلی گسترده در تطبیق مرز مورد استفاده قرار گرفته است [۳]-[۵]. در روش مارها، یک تابع انرژی براساس پیوستگی و میزان نرمی مرز و ویژگی‌های تصویر تعریف می‌شود که با کمینه‌سازی آن می‌توان مرز شی را استخراج نمود. الگوریتم در حالت ایده‌آل

¹ Self Affine Mapping System (SAMS)

(که مرز از لبه‌هایی مجزا و قابل تشخیص تشکیل شده و پس‌زمینه تقریباً ساده و یکنواخت است) قادر است، حتی خطوطی که با دقت کم و با فاصله نسبتاً زیاد رسم شده‌اند را نیز بر مرز شی منطبق نماید. با وجود این، نرم شدن مرز یا وجود بافت در پس‌زمینه می‌تواند سبب بروز خطا در عملکرد الگوریتم و عدم تطبیق صحیح گردد. همچنین در این روش استخراج دقیق گوشه‌های تند، بدلیل وجود بخش نرم‌کننده در تابع انرژی امری دشوار است. اخیراً Ida و Sambonsugi در [۶] الگوریتمی جدید برای استخراج مرز برپایه استفاده از سیستم نگاشت هم‌شبهات (SAMS) ارائه نموده‌اند (از این پس این الگوریتم را با نام الگوریتم Ida می‌شناسیم). اندیشه اصلی این الگوریتم کاملاً با آنچه در روش مارها مورد استفاده قرار گرفته است، متفاوت می‌باشد. الگوریتم Ida به جای کمینه‌سازی یک تابع انرژی، از روش SAMS سود می‌برد. در این روش شبهات محلی بلاک‌های تصویر مد نظر قرار می‌گیرد. به بیان دیگر، در این روش مرز به عنوان یک منحنی هم‌شبهات تعریف می‌شود. برخلاف مدل مارها که به مرز به دیده یک منحنی نرم (smoothed curve) می‌نگرد. مهمترین مزیت الگوریتم Ida، توانایی آن در آشکارسازی گوشه‌ها است. اما عیب بزرگ آن نادیده گرفتن خصوصیات مکان‌شناسی (topological properties) مرز است که در نتیجه آن گاهی مرز پیشنهادی الگوریتم، شکل خود را از دست داده و نمی‌تواند بر مرز شی مورد نظر منطبق گردد.

در این مقاله، روشی جدید برپایه نگاشت‌های هم‌شبهات، برای استخراج مرز ارائه شده است. در روش پیشنهادی با تعریف مرز به عنوان زنجیره‌ای از نقاط متوالی، عملاً خصوصیات مکان‌شناسی آن مورد توجه قرار گرفته است. مسأله افزایش نمایی نقاط در اثر اعمال نگاشت‌های هم‌شبهات متوالی نیز (که در بخش‌های بعدی به تفصیل شرح داده خواهد شد)، با استفاده از یک الگوریتم نمونه‌برداری و بازآرایی حل گردیده است. این فرآیند نه تنها سبب حذف نقاط اضافی در هر تکرار می‌شود، بلکه یکپارچگی و یکنواختی مرز را نیز تضمین می‌کند. شبیه‌سازی‌ها انجام شده بیانگر آن است که الگوریتم پیشنهادی قادر است حتی مرزهایی با کنتراست پایین را نیز استخراج نماید. بعلاوه، نشان داده شده است که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند حتی زمانی که فاصله زیادی بین مرز اولیه و مرز شی وجود دارد، با انتخاب مناسب اندازه بلاک‌های هم‌شبهات، بخوبی مرز شی را استخراج نماید. در ادامه، در بخش بعدی سیستم نگاشت هم‌شبهات معرفی می‌شود. در بخش سوم، روش استخراج مرز برپایه نگاشت‌های هم‌شبهات شرح داده شده است. بخش چهارم به معرفی روش پیشنهادی می‌پردازد و در نهایت بخش‌های پنجم و ششم به ترتیب به شبیه‌سازی‌ها و نتیجه‌گیری اختصاص یافته‌اند.

۲- سیستم نگاشت هم‌شبهات (SAMS)

نگاشت‌های هم‌شبهات معمولاً در تولید تصاویر فراکتال و کدگذاری آنها استفاده می‌شوند [۷]، [۸]، [۹]. پارامترهای این نگاشت‌ها با استفاده از تحلیل شبهات بین بلاک‌های تصویر، محاسبه می‌شوند. در ادامه این بخش SAMS به صورت اجمالی شرح داده می‌شود. برای مطالعه بیشتر در این زمینه به [۷] مراجعه شود.

۲-۱- نگاشت هم‌شبهات

تصویری با دامنه تعریف $G \subset R^n$ و سطوح خاکستری $g(\bar{x}) \forall \bar{x} \in G$ مفروض است. نگاشت‌های شبهات (affine

maps) $\omega_i: W_i \rightarrow R^n$ و $v_i: R^1 \rightarrow R^1$ برای ناحیه $W_i \subset G$ وجود دارد اگر و تنها اگر،

$$\forall x \in W_i, g(\bar{x}) = v_i(g(\omega_i(\bar{x}))), i = 1, 2, \dots, I. \quad (1)$$

که در آن I تعداد نواحی W_i است. در این صورت می‌گوییم، بافت موجود در W_i مشابه با بافت $\omega_i(W_i)$ است و تصویر به صورت بلاکی در W_i و $\omega_i(W_i)$ مشابه است. مجموعه $\{W_i, \omega_i, v_i | i = 1, 2, \dots, I\}$ را مدل هم‌شبهات تصویر می‌نامند.

از معادله (۱)، می‌توان نتیجه گرفت:

$$\forall \bar{x} \in \omega_i(W_i), g(\bar{x}) = v_i^{-1}(g(\omega_i^{-1}(\bar{x}))), i = 1, 2, \dots, I. \quad (2)$$

بنابراین مستقیماً از $\{W_i, \omega_i, v_i | i=1, 2, \dots, I\}$ مدل هم‌شبهات دیگری با معادله $\{M_i, m_i, u_i | i=1, 2, \dots, I\}$ بدست می‌آید که در آن $M_i = \omega_i(W_i)$ ، $m_i = \omega_i^{-1}$ و $u_i = v_i^{-1}$ است. فرض کنید مجموعه Ω شامل همه زیرمجموعه‌های G باشد؛ در این صورت نگاشت هم‌شبهات $S: \Omega \rightarrow \Omega$ مطابق معادله ذیل تعریف می‌شود،

$$S(X) = \left\{ \bigcup_{i=1}^I \omega_i(W_i \cap X) \right\} \cup C \quad (3)$$

که در آن C مجموعه‌ای ثابت تحت عنوان مجموعه چگالش (condensation) است. هدف این مقاله، استفاده از نگاشت‌های هم‌شبهات در تصویر است لذا $n=2$ است. نواحی W_i به صورت بلاک‌های مربعی با ابعاد $e \times e$ و نگاشت‌های ω_i و v_i به ترتیب مطابق معادله‌های (4) و (6) تعریف می‌شوند.

$$\omega_i(\bar{x}) = r_i(\bar{x} - \bar{x}_i) + (\bar{c} - \bar{x}_i), \quad r_i > 1 \quad (4)$$

$$v_i(z) = p_i z + q_i, \quad 0 \leq p_i \leq 1. \quad (5)$$

که در آن \bar{x}_i نقطه مرکزی، \bar{c} بردار انتقال و r_i ضریب توسعه W_i است. با تعاریف فوق، یک مدل هم‌شبهات توسط پارامترهای r_i ، $\bar{c} = (t_i, s_i)$ ، p_i و q_i تعیین می‌شود. با توجه به اینکه $r_i > 1$ است، بنابراین ω_i یک نگاشت توسعه دهنده (expanding map) می‌باشد. در کاربردهای مختلف، معمولاً v_i را یک نگاشت همانی (identity map) با $p_i = 1$ و $q_i = 0$ در نظر می‌گیرند. نگاشت معکوس ω_i یعنی m_i را که در آن $r_i < 1$ است، نگاشت محدود کننده می‌نامند.

۲-۲- استخراج مدل هم‌شبهات

برای استخراج مقادیر پارامترهای مدل هم‌شبهات در یک تصویر، در ابتدا بلاک‌های W_i به شیوه‌ای مناسب انتخاب می‌شوند. روش انتخاب بلاک‌ها به کاربرد مدل بستگی دارد. سپس با استفاده از یک الگوریتم جستجو، مقادیر پارامترهای مدل در هر W_i ، چنان انتخاب می‌شود که اختلاف بین عبارات‌های سمت چپ و راست معادله (1) کمینه گردد. در این مقاله، برای تعیین مقادیر پارامترهای مدل هم‌شبهات، از روش تطبیق بلاک استفاده شده است. این روش، یکی از متداولترین روش‌ها در این زمینه می‌باشد [8]، [9]. در شکل (1)، نمونه‌ای از یک مدل هم‌شبهات با $I=5$ نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید، بافت هر بلاک کوچکتر تقریباً مشابه بافت بلاک بزرگتر متناظر است.

۳- استخراج مرز بر پایه SAMS

در [10] نشان داده شده که نقاط یک تصویر طی نگاشت‌های متوالی یک تبدیل هم‌شبهات محدود کننده، به سمت لبه‌ها جذب می‌شوند. این مشاهده مبنای الگوریتم پیشنهادی Ida و همکارانش برای استخراج مرز (بر پایه نگاشت‌های هم‌شبهات) است [6]. در این روش، از یک تصویر باینری تحت عنوان ماسک آلفا برای بیان مرز استفاده شده است؛ به طوری که در هر مرحله از اجرای الگوریتم، پیکسل‌های پیش‌زمینه ماسک، بیانگر مرز در آن مرحله هستند. در آغاز کار، ماسک آلفا با استفاده از مرز اولیه مقداردهی می‌شود. به عبارت دیگر، مرز اولیه پیکسل‌های پیش‌زمینه ماسک را تعیین می‌کند. بلاک‌های W_i چنان انتخاب می‌شوند که تمام سطح پیش‌زمینه ماسک را بپوشانند. سپس مدل هم‌شبهات مربوط به هر بلاک، با استفاده از الگوریتم تطبیق بلاک محاسبه می‌شود. و در نهایت با اعمال نگاشت‌های هم‌شبهات بر تصویر ماسک به دفعات مشخص، مرز معرفی شده توسط ماسک به تدریج بر مرز شی منطبق می‌گردد. ابعاد بلاک‌های W_i علاوه بر اینکه بر دقت نهایی الگوریتم تأثیر بسزایی دارند، تعیین کننده تعداد دفعات تکرار نگاشت‌ها نیز است. در [6] نشان داده شده است که برای بلاک‌هایی با ابعاد $e \times e$ تعداد تکرارهای نگاشت هم‌شبهات (η) باید در رابطه ذیل صدق نماید:

$$\eta > \log(e/2) / \log r \quad (6)$$

هرچه ابعاد بلاک‌ها کوچکتر باشد، فاصله مرز پیشنهادی الگوریتم تا مرز شی کمتر است. اما چنانچه فاصله مرز اولیه تا مرز شی زیاد باشد، به بلاک‌های بزرگتری نیاز است. برای این منظور Ida و همکارانش از یک الگوریتم خودکار برای تنظیم اندازه بلاک‌ها، استفاده کرده‌اند. در این الگوریتم، پردازش ابتدا با بلاک‌های بزرگ شروع می‌شود و سپس در هر مرحله اندازه بلاک‌ها نصف می‌شود تا در نهایت $L = 4$ گردد. برای مطالعه جزئیات این الگوریتم به [۶]، [۹] و [۱۰] مراجعه شود. مهمترین مزیت الگوریتم Ida، توانایی آن در استخراج گوشه است. زیرا معمولاً گوشه‌ها در تصویر ساختارهایی هم‌شبهت، بوجود می‌آورند. همچنین این الگوریتم در مقایسه با مدل مارها، نیازی به تنظیم پارامترهای تابع انرژی ندارد. بعلاوه بدلیل استفاده از پردازش بلاکی، انتظار می‌رود این الگوریتم در مقایسه با سایر الگوریتم‌های مشابه در برابر نویز مقاومتر باشد. اما با وجود این مزایا، الگوریتم Ida دارای یک ضعف عمده نیز است. همانطور که گفته شد در این روش، مرز با استفاده از یک ماسک بیان می‌شود. استفاده از ماسک آلفا در حقیقت، برای مقابله با افزایش نمایی تعداد پیکسل‌ها، در اثر تکرار نگاشت‌های هم‌شبهت است [۶]. ماسک آلفا تنها اطلاعات مربوط به محل پیکسل‌های مرز را در خود نگاه می‌دارد و توجهی به شکل مرز و ارتباط منطقی اجزای آن با یکدیگر ندارد. بنابراین هیچگونه نظارتی بر شکل مرز و ساختار و پیوستگی آن اعمال نمی‌شود. لذا، همانطور که در شبیه‌سازی‌ها نیز مشاهده گردید، با این روش ممکن است، مرز شکل اصلی خود را از دست داده و رفتارهای فراکتالی از خود نشان می‌دهد. در شکل (۲)، این موضوع برای یک تصویر مصنوعی نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید بدلیل تداخل بلاک‌های هم‌شبهت در مرز اولیه داخلی (شکل ۲-ج)، مرز نهایی دو شاخه شده است (شکل ۲-د). در شکل (۳) نیز همین اشکال در یک تصویر حقیقی (تصویر گل) نشان داده شده است.

۴- روش پیشنهادی

در الگوریتم پیشنهادی همانند مدل مارها از یک رشته نقاط برای تعریف مرز استفاده شده است. اما بجای تابع انرژی، برای تطبیق رشته نقاط بر مرز از روش نگاشت هم‌شبهت استفاده شده است. در حقیقت روش پیشنهادی را می‌توان ترکیبی از مدل مارها و روش نگاشت هم‌شبهت دانست. در روش پیشنهادی مسأله افزایش نمایی تعداد نقاط، در هر نگاشت هم‌شبهت، نیز با استفاده از یک الگوریتم نمونه‌برداری و بازآرایی مرز حل شده است. این فرآیند نه تنها سبب حذف نقاط اضافی در هر تکرار می‌شود، بلکه یکپارچگی و یکنواختی مرز را نیز تضمین می‌کند. در حقیقت مدل پیشنهادی با توصیف مرز به صورت رشته‌ای یکپارچه و یکنواخت از نقاط متوالی، نه تنها خصوصیات مکان‌شناسی آن را در بر می‌گیرد بلکه مانع از هم‌گسیختگی مرز نیز می‌شود. در مدل پیشنهادی برخلاف مدل ماسک آلفا که به هر نقطه به عنوان یک عنصر مجزا نگریسته می‌شود، نقاط مرز در تقابل بایکدیگر هستند. این ویژگی سبب افزایش انعطاف و قابلیت اعتماد الگوریتم گردیده است. فرض کنید،

$$X^k = [\bar{X}_1^k \quad \bar{X}_2^k \quad \dots \quad \bar{X}_{N_k}^k]_{N_k \times 1}^T \quad (7)$$

رشته نقاط مشخص کننده مرز در مرحله k باشد که در آن،

$$\bar{X}_i^k = (\bar{X}_i^k(1), \bar{X}_i^k(2)) = (x_i^k, y_i^k), \quad i = 1, 2, \dots, N_k, \quad (8)$$

بیانگر مختصات نقطه i -ام است. بلاک‌های $W_i (i = 1, 2, \dots, I)$ و مدل هم‌شبهت مشابه آنچه قبلاً در بخش ۲-۱ بیان گردید، تعریف می‌شوند. اما در اینجا، اولاً در هر بلاک، از نقاط مرز فعلی، تنها آن بخشی نگاشت داده می‌شوند که درون بلاک W_i قرار گرفته‌اند و ثانیاً هر نقطه تنها توسط یک تبدیل، نگاشت می‌یابد. با تمهیدات فوق تعداد نقاط رشته ثابت می‌ماند. اما در این حالت، مشکل دیگری رخ می‌نماید. با توجه به اینکه با هر بار نگاشت، فاصله بین نقاط نگاشت یافته با ضریب $1/r$ کاهش می‌یابد، در نتیجه به سرعت طی چند نگاشت متوالی، نقاط مرز پراکندگی و یکنواختی خود را در طول مرز از دست می‌دهند. برای رفع این نقص، ما از یک الگوریتم نمونه‌برداری و بازآرایی (sampling and rearranging method) برای حفظ پراکندگی نقاط در رشته استفاده نموده‌ایم. روش کار چنین است که در ابتدا

الگوریتم نمونه‌برداری، تمام نقاط متوالی که فاصله آنها بیش از گام نمونه‌برداری (که با s نشان داده می‌شود) است را استخراج می‌نمایند. سپس در مرحله بازآرایی، معادله خطوطی که این نقاط متوالی را به یکدیگر متصل می‌کنند محاسبه می‌شود. در نهایت با حرکت در راستای خطوط مذکور با گام s نقاط رشته جدید تخمین زده می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی، در هر مرحله، پس از تکرار مدل هم‌شبهت به تعداد کافی (تعداد تکرارها باید در نامعادله ۶ صدق کند)، e نصف و s دوبرابر می‌شود. به عبارت دیگر هرچه اندازه بلاک‌های شبهت کوچکتر می‌شود، به همان نسبت تعداد نقاط مرز افزایش می‌یابد. با این شیوه می‌توان به میزان قابل ملاحظه‌ای از حجم محاسباتی الگوریتم کاست. زیرا هنگامی که e بزرگ است، تنها فاصله رشته نقاط تا مرز کاسته می‌شود و جزئیات مرز لحاظ نمی‌شود. در چنین حالتی، می‌توان بدون بروز هیچ مشکلی تعداد نقاط رشته را کاهش داد. برعکس زمانی که e بزرگ است، الگوریتم سعی دارد، رشته نقاط را به طور کامل بر مرز شی منطبق نماید، در این وضعیت باید تعداد نقاط رشته به حد کافی زیاد باشد تا رشته بتواند تمام جزئیات مرز را در بر بگیرد. در روش پیشنهادی نیز برای استخراج مدل هم‌شبهت در هر بلاک W_i ، از روش تطبیق بلوک که در بخش ۲-۲ معرفی گردید، استفاده شده است. در شکل (۴) نمودار بلاکی الگوریتم پیشنهادی که CAM (Chain fitting using self-Affine Map system) نامیده می‌شود، نشان داده شده است.

۵- شبیه‌سازی

ما الگوریتم CAM را شبیه‌سازی نموده و با Ida مقایسه نموده‌ایم. طی مشاهدات تجربی فراوان، مقادیر $e_{\min} = 4, c = 4, r = 2$ برای پارامترهای الگوریتم بدست آمد. در انتخاب این مقادیر حجم محاسباتی الگوریتم و کیفیت پاسخ‌های آن مد نظر بوده است. مقدار پارامتر e_{\max} بستگی به فاصله مرز اولیه تا مرز شی دارد. هرچه فاصله مذکور بیشتر شود، e_{\max} نیز باید بزرگتر انتخاب گردد. شبیه‌سازی‌ها نشان داد که معمولاً انتخاب e_{\max} در محدوده ۴ تا ۳۲ کافی به نظر می‌رسد. در شکل (۵) تغییرات مرز در تصویر گل طی مراحل مختلف الگوریتم پیشنهادی نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌کنید، برخلاف روش Ida (به شکل ۳ مراجعه شود)، مرز دو شاخه نشده و شکل خود را حفظ نموده است. در شکل (۵)، در بخش راست-پایین، مرز به اشتباه بر گل‌های سفید منطبق گردیده است؛ زیرا اولاً کنتراست این لبه‌ها بالاست و ثانیاً به مرز اولیه نزدیکترند. همچنین الگوریتم پیشنهادی برخلاف Ida نتوانسته است در گوشه‌ها با دقت کافی، مرز را بر شی منطبق نماید. به عبارت دیگر، به ازای لحاظ نمودن شکل مکان‌شناسی مرز در مدل پیشنهادی، کمی از قابلیت انعطاف مدل کاسته شده است. در شکل (۶)، پاسخ الگوریتم به تصویر مصنوعی شکل (۳) نشان داده شده است. مرزهای اولیه همانند قبل هستند. از مقایسه تصاویر (۶-ب) و (۳-د)، بروشنی می‌توان مشاهده نمود که پاسخ الگوریتم پیشنهادی نه تنها همانند پاسخ Ida دچار اعوجاج نشده است، بلکه نسبت به آن در انطباق بر مرز شی از دقت بیشتری نیز برخوردار است. در شکل (۷) پاسخ‌های الگوریتم پیشنهادی برای چند تصویر نمونه نشان داده شده است. در این شکل، در ستون‌های اول و سوم مرزهای اولیه و در ستون‌های به ترتیب دوم و سوم پاسخ نهایی الگوریتم پیشنهادی به آنها نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌کنید، الگوریتم پیشنهادی توانسته است حتی در مواردی که مرز اولیه با شی فاصله قابل توجهی دارد (مانند تصاویر جنگل، مرد فیلمبردار و توپ فوتبال) و یا مرز شی دارای کنتراست کمی است (مانند تصاویر ابر و هواپیما)، بخوبی مرز شی را استخراج نماید که این خود بیانگر کارایی روش پیشنهادی است.

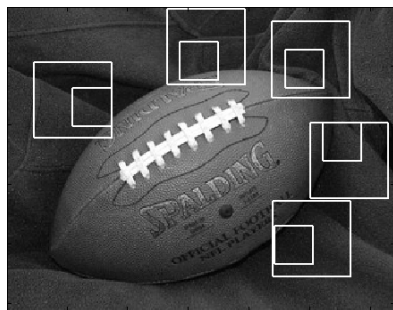
۶- نتیجه‌گیری

در این مقاله روش جدیدی برای استخراج مرز اشیا معرفی گردید. در این روش همانند مدل مارها و روش سیستم نگاشت هم‌شبهت، در ابتدا یک مرز اولیه برای شی مورد نظر مشخص می‌شود و سپس، الگوریتم به صورت خودکار مرز اولیه را بر مرز شی تطبیق می‌دهد. روش پیشنهادی از یک رشته نقاط برای بیان مرز استفاده می‌کند و از این حیث

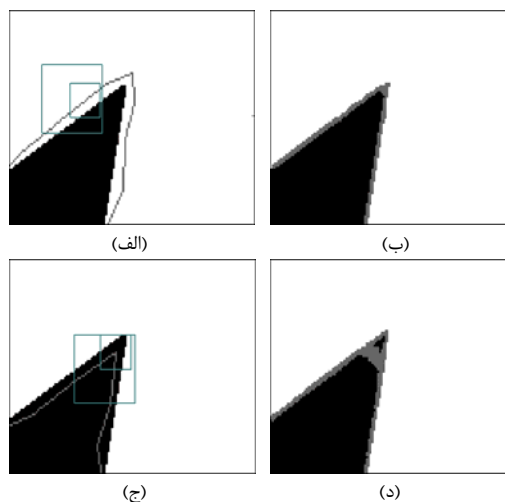
شبهه مدل مارها است اما برای تطبیق رشته مذکور بر مرز، از روش نگاشت هم‌شبهات استفاده گردیده که از این لحاظ همانند روش سیستم نگاشت هم‌شبهات می‌باشد. در حقیقت الگوریتم پیشنهادی ترکیبی از مدل مارها و الگوریتم Ida است. شبهه‌سازی‌ها بیانگر عملکرد قابل قبول الگوریتم در مقایسه با سیستم نگاشت هم‌شبهات است. بطوری که در روش پیشنهادی نه تنها مرز شکل خود را از دست نمی‌دهد، بلکه با دقت و کیفیت مناسبتری بر مرز شی منطبق می‌گردد. البته در قبال این بهبود، کمی از قابلیت انعطاف الگوریتم در انطباق بر گوشه‌ها کاسته شده است. الگوریتم پیشنهادی حتی در مواردی که مرز اولیه با مرز شی فاصله قابل ملاحظه‌ای دارد و یا مرز شی از کنتراست کمی برخوردار است نیز بخوبی قادر است مرز شی را استخراج نماید.

مراجع

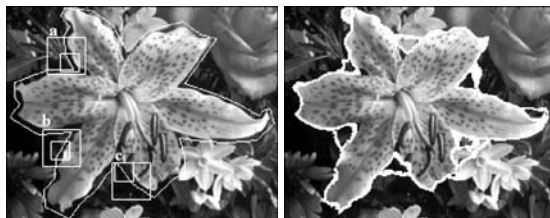
- [1] N. Brady, "MPEG-4 standard methods for compression of arbitrarily shaped video objects," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, 9:1170-1189, 1999.
- [2] "Special issue on segmentation, description, and retrieval of video contents," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 8, 1998.
- [3] M. Kass, A. Witkin, and D. Terzopoulos, "Snake: Active contour models," *Int. J. Comput. Vis.*, 1(4):321-331, 1988.
- [4] A. Amini, T. Weymouth, and R. Jain, "Using dynamic programming for solving variational problems in vision," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel.*, 12:855-867, 1990.
- [5] L. Cohen and I. Cohen, "Finite-element methods for active contour models and balloons for 2-D and 3-D images," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel.*, 15:1131-1147, 1993.
- [6] T. Ida, Y. Sambonsugi, "Self-affine mapping system and its application to object contour extraction," *IEEE Trans. Image Proc.*, 9(11):1926-1936, 2000.
- [7] B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*: W. H. Freeman and Company, 1982.
- [8] M. Barnsley and L. Hurt, *Fractal Image Compression*. Wellesley, MA: Peters, 1993.
- [9] T. Ida and Y. Sambonsugi, "Image segmentation and contour detection using fractal coding," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, 8:968-975, 1998.
- [10] T. Ida, Y. Sambonsugi, and T. Watanabe, "Boundary fitting of extracted objects using LIFS" (in Japanese), *Trans. Inst. Electron., Inform., Commun. Eng. D-II*, J82-D-II:1282-1289, 1999.



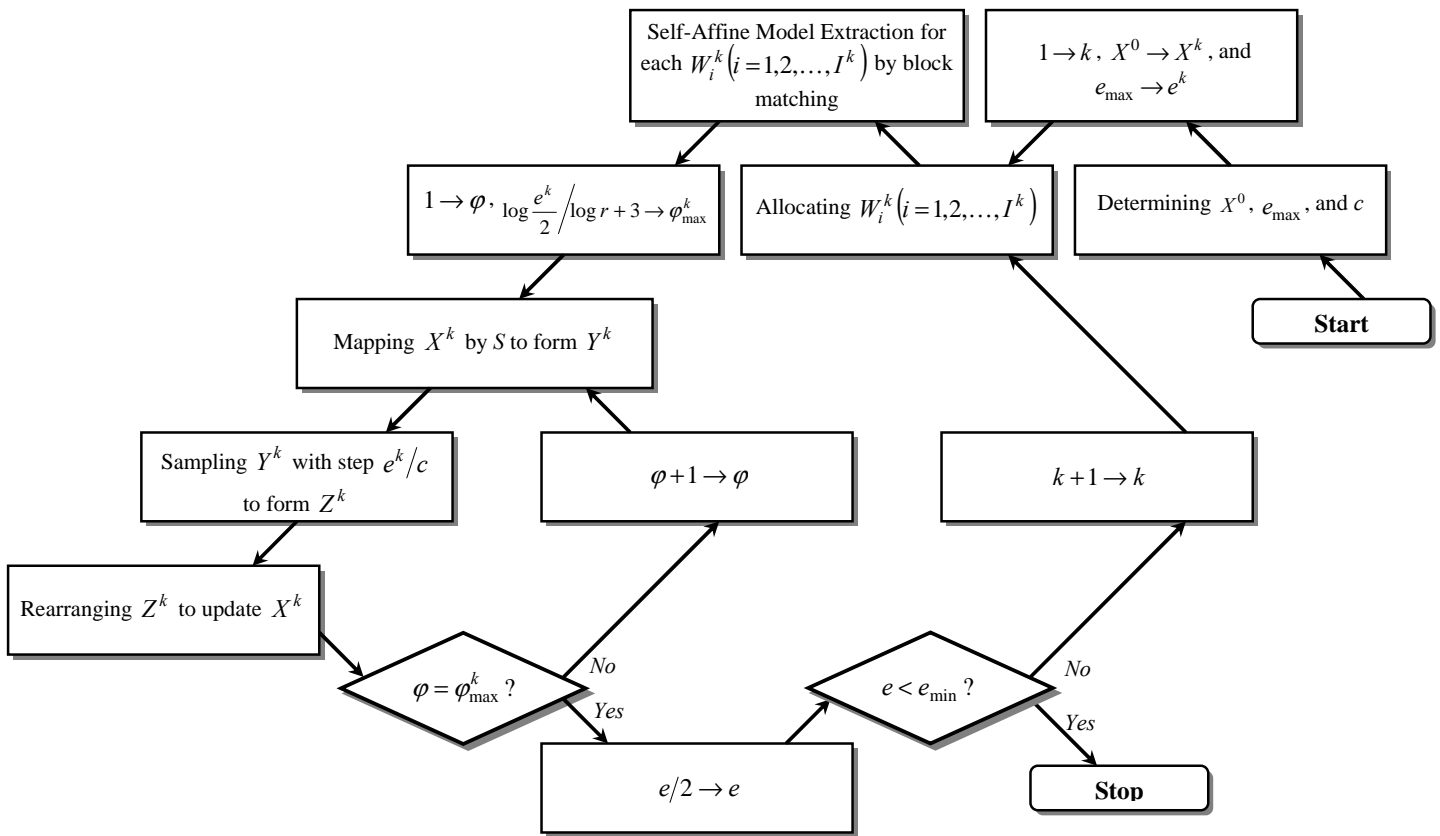
شکل ۱: بافت موجود در هر بلاک کوچکتر تقریباً مشابه با بافت بلاک بزرگتری است که آن را دربر گرفته است.



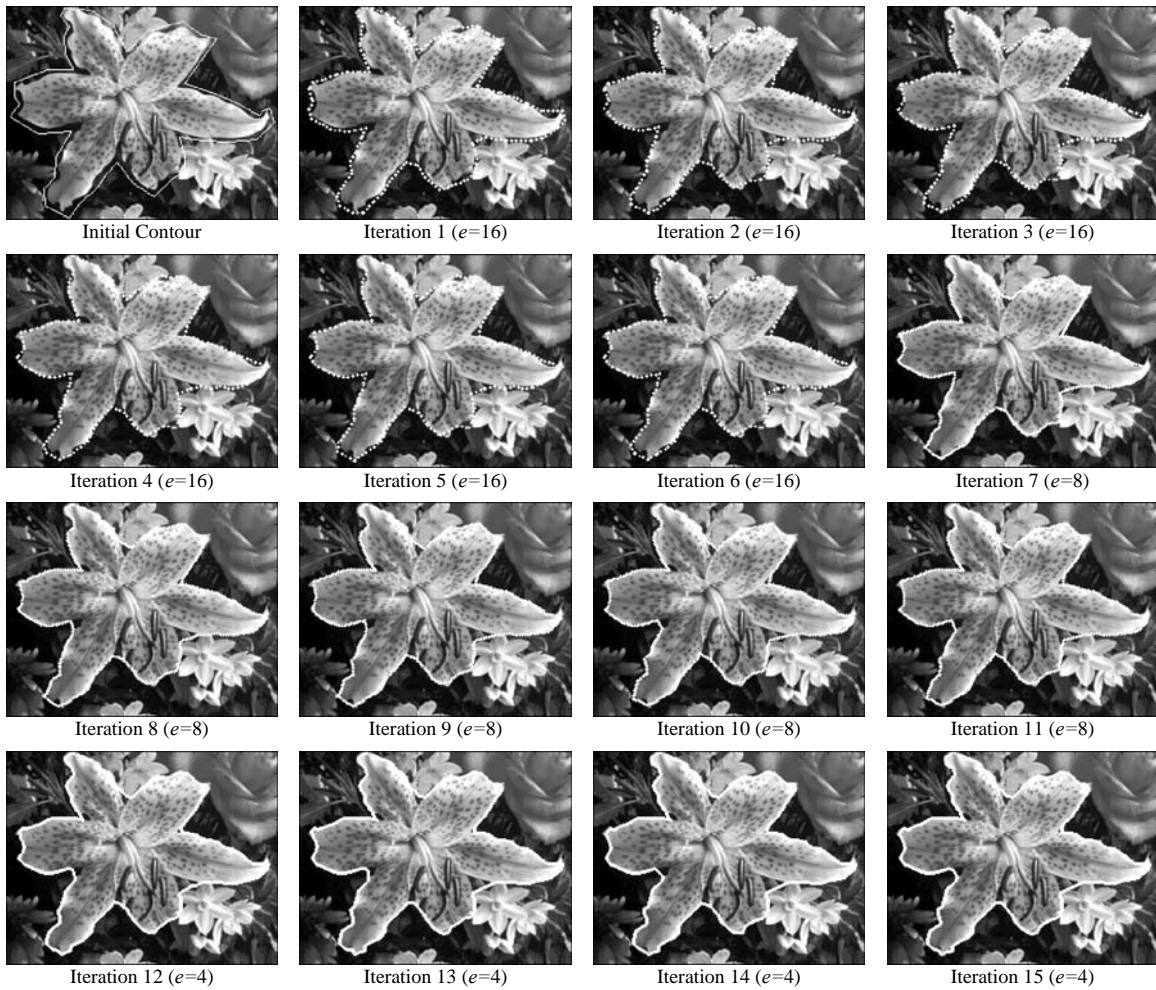
شکل ۲: عملکرد الگوریتم Ida بر روی یک تصویر مصنوعی. (الف) مرز اولیه در خارج شی و (ب) مرز نهایی منتظر با آن؛ و (ج) مرز اولیه در داخل شی و (د) مرز نهایی منتظر با آن.



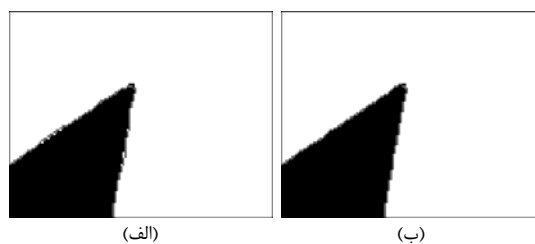
شکل ۳: در تصویر گل، در اثر تداخل بلاک‌های هم‌شبهات، مرز در گوشه‌ها دو شاخه شده است.



شکل ۴: نمودار بلوکی الگوریتم پیشنهادی.



شکل ۵: نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی بر روی تصویر گل با $e_{\max} = 16$ (توضیحات در متن آورده شده است).



شکل ۶: نتایج حاصل از اجرای الگوریتم پیشنهادی بر روی یک تصویر مصنوعی با $e_{\max} = 32$. مرز اولیه تصویر (الف) همان مرز شکل (۳-الف) و مرز اولیه تصویر (ب) همان مرز شکل (۳-ب) است.



شکل (۷): نتایج حاصل از اجرای الگوریتم CAM بر روی تعدادی تصویر نمونه. در ستون‌های اول و سوم مرزهای اولیه و در ستون‌های دوم و چهارم مرزهای متناظر با آنها نشان داده شده است. بدلیل کوچک شدن تصاویر ممکن است بعضی جزئیات قابل مشاهده نباشد.