



## تشخیص لبه در تصاویر با استفاده از اتوماتای یادگیر سلوالی

محمد رضا میبدی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران، ایران

[mmeybodi@aut.ac.ir](mailto:mmeybodi@aut.ac.ir)

سید میثم حسینی سدهی

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران، ایران

[sehrestan@Hotmail.com](mailto:sehrestan@Hotmail.com)

می باشد. دریافت پاداش و یا جریمه موجب بروز درآمدن ساختار اتوماتای یادگیر سلوالی بمنظور نیل به یک هدف خاص می گردد. بروزرسانی ساختار هر اتوماتای یادگیر موجود در هر سلوال بر اساس الگوریتم یادگیری متناظر با آن سلوال صورت می پذیرد.

اولین مرحله در بینایی ماشین، یافتن مزهای اشیاء موجود در صحنه است. مز اشیاء در یک صحنه توسط لبه ها مشخص می شود. بیشتر الگوریتم های تشخیص لبه دارای تعدادی پارامتر هستند که عوامل ایستی آنها را برای هر تصویر و یا برای هر حوزه کاریبه صورت مجزا بدست آورد. لبه یابی با استفاده از اتوماتای یادگیر سلوالی در [12] و [13] گزارش شده است. در روش لبه یابی معرفی شده توسط خوارزمی و میبدی در [12]، برای لبه یابی از اتوماتای یادگیر سلوالی ساختار ثابت کرایلوف با عمق حافظه دو استفاده شده است. در این روش برای پیدا کردن لبه های اولیه از مفهوم تعداد سلوال باشد روش نسبی متغیر در همسایگی، استفاده شده است. در [13] روش لبه یابی توسط مارچینی و میبدی بر اساس اتوماتای یادگیر سلوالی ساختار متغیر معرفی شده است. در این روش بر اساس قانون محلی حاکم، برای هر سلوال احتمال تعلق و یا عدم تعلق به لبه بررسی می شود.

در این مقاله روشی مبتنی بر اتوماتای یادگیر سلوالی برای لبه یابی در تصاویر پیشنهاد شده است. در روش پیشنهادی از یک اتوماتای یادگیر سلوالی ساختار ثابت با عمق حافظه N استفاده شده است. هر یک از این N عمق، متناظر با یک بازه شدت روش نایابی می باشد. هر پیکسل متناظر با یک اتوماتاهای یادگیر بوده که از طریق تعامل با همسایگان و بر اساس عمل انتخابی شان سعی در تشخیص لبه های تصویر دارد. در روش پیشنهادی ابتدا لبه های با شدت روش نایابی کمتر و سپس لبه های با شدت روش نایابی بیشتر تشخیص داده می شوند. لبه های بدست آمده از روش پیشنهادی، باریک می باشند و همچنین در این روش لبه های اضافی ایجاد نمی شوند. در روش پیشنهادی علاوه بر لبه یابی امکان کاهش نویز نمک فلفلی وجود دارد. این روش ممکن است عملیات محلی در همسایگی هر پیکسل می باشد که موجب توزیعی و موازی بودن پردازش می شود. از روش لبه یابی سوبیل و روش لبه یابی کنی برای مقایسه عملکرد روش پیشنهادی استفاده شده است.

**چکیده:** اتوماتای یادگیر سلوالی در زمینه های متعددی از پردازش تصاویر مانند حذف نویز، بهسازی، هموار سازی، بازیابی، تقطیع و استخراج ویژگی های تصویر مورد استفاده قرار گرفته است. در این مقاله ابتدا روش های لبه یابی گزارش شده مبتنی بر اتوماتای یادگیر سلوالی و مشکلات آنها بررسی و سپس روش لبه یابی جدیدی مبتنی بر اتوماتای یادگیر سلوالی پیشنهاد می شود. به منظور ارزیابی، روش پیشنهادی با دو روش کنی و سوبیل مقایسه گردیده است. نتایج آزمایش ها نشان داده که روش مبتنی بر اتوماتای یادگیر سلوالی در مقایسه با روش های موجود از کارایی مطلوبی در تشخیص لبه های تصویر برخوردار است.

**واژه های کلیدی:** اتوماتاهای یادگیر، اتوماتای یادگیر سلوالی، پردازش تصاویر، لبه یابی، اپراتور های لبه یابی

### ۱- مقدمه

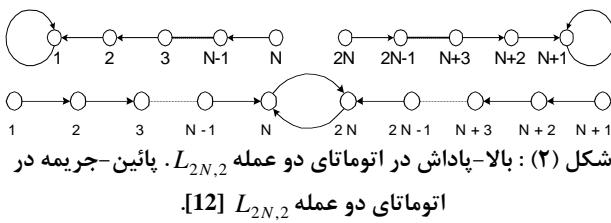
گستره وسیع پردازش تصاویر در کاربردهای نظامی، پژوهشی، سینمایی و علوم مهندسی موجب گسترش تکنیک های استخراج ویژگی تصویر شده است. استخراج ویژگی های تصویر، نمایش و تحلیل صحنه های تصویری را آسان تر می سازد. یکی از این ویژگی ها که بسیار مورد توجه می باشد، تشخیص لبه های تصویر می باشد. در بینایی ماشین و پردازش تصویر راهکارهای مختلفی برای استخراج لبه تصویر مورد استفاده قرار گرفته که از آن جمله می توان به اپراتور های گرادیان، لاپلاسین، لبه یابی بر اساس تقطیع، روش های ترکیبی لبه یابی [1,18]، لبه یابی بر اساس ریخت شناسی و فیزیک الگویی [2,3]، اتوماتای سلوالی [4-8] و اتوماتای یادگیر سلوالی اشاره نمود [12, 13].

اتوماتای یادگیر سلوالی<sup>۱</sup> ترکیبی از اتوماتای یادگیر<sup>۲</sup> و اتوماتای سلوالی<sup>۳</sup> بوده که در کاربردهای مختلفی از پردازش تصاویر مورد استفاده قرار گرفته است [13-19]. هر اتوماتای یادگیر سلوالی، از یک اتوماتای سلوالی تشکیل شده که هر سلوال آن به یک یا چند اتوماتای یادگیر که وضعیت سلوال ها را مشخص می سازند، مجهز می باشد [16,17]. مانند اتوماتای سلوالی [14]، قانون محلی در محیط حاکم بوده و این قانون بر اساس محتوا های همسایگی که شامل اعمال انتخابی همسایگان می باشد، تعیین کننده جریمه و یا پاداش عمل انتخابی سلوال ها

افزایش (کاهش) یافته و سایر احتمال‌ها کاهش (افزایش) می‌باشد. تغییرات بنحوی صورت می‌گیرد که حاصل جمع  $(n)_p$  ها همواره ثابت و مساوی یک باقی بماند.

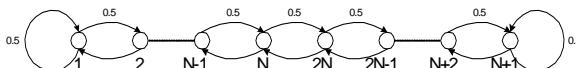
اتوماتای یادگیر با ساختار ثابت: اтомاتای یادگیر با ساختار ثابت توسط پنچتایی  $\{\phi, \beta, F, G, \alpha\}$  نشان داده می‌شود که در آن  $\{\alpha, \phi, \beta\} = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m\}$  مجموعه ورودی‌های اتماتا، اتماتا،  $\{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\}$  مجموعه ورودی‌های داخلی اتماتا،  $\{\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_s\}$  مجموعه وضعیت‌های اتماتا،  $F: \phi \times \beta \rightarrow \alpha$  تابع تولید وضعیت جدید اتماتا و  $G: \alpha \rightarrow \phi$  تابع خروجی می‌باشد که وضعیت کنونی اتماتا را به خروجی بعدی می‌نگارد. دو نمونه از اتماتاهای یادگیر با ساختار ثابت، اتماتای  $L_{2N,2}$  و اتماتای کرایلف می‌باشند.

- اتماتای یادگیر  $L_{2N,2}$ : در این اتماتای دو عمله، تعداد جرایم و پاداش دریافتی برای هر عمل در یک حافظه با عمق  $N$  نگهداری می‌شود. زمانی که تعداد جریمه‌ها از تعداد پاداش بیشتر شود و یا بر عکس عمل اتماتای یادگیر تغییر می‌نماید. شکل (۲) نحوه تغییر وضعیت در این اتماتا را نشان می‌دهد.



شکل (۲): بالا-پاداش در اتماتای دو عمله  $L_{2N,2}$ . پائین-جریمه در اتماتای دو عمله  $L_{2N,2}$ . [12]

- اتماتای یادگیر کرایلف: وضعیت پاداش در این اتماتای دو عمله همانند پاداش در اتماتای  $L_{2N,2}$  بوده ولی هنگام جریمه هر وضعیت  $(i, \phi)$  با احتمال  $0.5$  به وضعیت  $(i+1, \phi)$  مطابق شکل (۳) منتقل می‌شود.



شکل (۳): پاداش و جریمه در اتماتای دو عمله کرایلف [12].

## ۲- اتماتای یادگیر سلولی

اتوماتای یادگیر سلولی (CLA)، مجموعه‌ای از اجزای ساده بوده که رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگانش و تجربیات گذشته‌اش تعیین و اصلاح می‌شود [16, 17]. هر اتماتای یادگیر سلولی، از یک اتماتای سلولی تشکیل شده که هر سلول آن به یک یا چند اتماتای یادگیر مجهز می‌باشد. همانند اتماتای سلولی یک قانون محلی در محیط

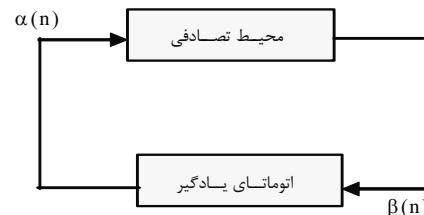
ادامه مقاله بدین صورت سازماندهی شده است. در بخش ۲ اتماتای یادگیر و اتماتای یادگیر سلولی و در بخش ۳ دو روش تشخیص لبه بر اساس اتماتای یادگیر سلولی و روش‌های تشخیص لبه سوبول و کنی به اختصار شرح داده می‌شود. در بخش ۴ روش پیشنهادی لبه‌یابی مبتنی بر اتماتای یادگیر سلولی معرفی می‌شود. بخش ۵ نتایج آزمایش‌ها و بخش ۶ نتیجه‌گیری می‌باشد.

## ۲- اتماتاهای یادگیر و اتماتای یادگیر سلولی

در این بخش اتماتاهای یادگیر و اتماتای یادگیر سلولی به اختصار بررسی می‌شوند.

### ۱- اتماتاهای یادگیر

یک اتماتای یادگیر (LA) یک ماشین با حالات محدود بوده که می‌تواند تعداد محدودی عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی شده و پاسخی به اتماتای یادگیر داده می‌شود. اتماتای یادگیر از این پاسخ برای بروزرسانی وضعیت داخلی خود و انتخاب عمل بعدی استفاده می‌نماید [15]. در طی فرایند، اتماتای یادگیر، نحوه انتخاب بهترین عمل از بین اعمال مجاز خود را یاد می‌گیرد. شکل (۱) ارتباط بین اتماتای یادگیر و محیط را نشان می‌دهد.  $\{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$  مجموعه ورودی‌ها و  $\{\beta_1, \dots, \beta_n\}$  مجموعه خروجی‌های محیط می‌باشد. اگر  $\beta$  مجموعه دو عضوی باشد محیط از نوع P نامیده می‌شود. در چنین محیطی  $\beta_1 = 1$  و  $\beta_2 = 0$  پاداش تعریف شده است. اتماتاهای یادگیر به دو گروه اتماتای یادگیر با ساختار ثابت و اتماتای یادگیر با ساختار متغیر تقسیم می‌شوند.



شکل (۱): ارتباط بین اتماتای یادگیر و محیط [12].

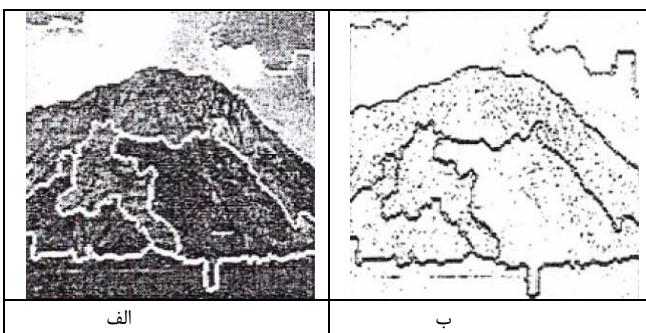
اتوماتای یادگیر با ساختار متغیر: اتماتای یادگیر با ساختار متغیر توسط چهارتایی  $\{\alpha, \beta, p, T\}$  نشان داده می‌شود که  $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$  مجموعه عمل‌های اتماتا،  $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_n\}$  مجموعه ورودی‌های اتماتا،  $p = \{p_1, \dots, p_r\}$  بردار احتمال انتخاب هریک از اعمال و  $T[\alpha_n, \beta_n, p_n] = p_{n+1}$  الگوریتم یادگیری می‌باشد. در این نوع از اتماتاهای، اگر عمل  $\alpha$  در مرحله  $n$ -ام انتخاب و پاسخ مطلوب (نامطلوب) از محیط دریافت نماید، احتمال  $(n)_p$

ساختار همسایگی می‌باشدند [4-8]. در این بخش دو روش موجود تشخیص لبه مبتنی بر اتماتاتی یادگیر سلولی و چند روش تشخیص لبه دیگر به اختصار شرح داده می‌شود.

**روش خوارزمی و مبتدی:** در روش خوارزمی و مبتدی که در [12] معرفی شده، از اتماتاتی یادگیر سلولی برای تشخیص لبه تصویر استفاده شده است. اتماتاتی یادگیر بکار رفته در این اتماتاتی یادگیر سلولی از نوع اتماتاتی یادگیر با ساختار ثابت می‌باشد.

اتماتاتی یادگیر با ساختار ثابت در روش خوارزمی و مبتدی از نوع کرایف دو عمله با عمق حافظه دو می‌باشد. عمل اول تعلق پیکسل به لبه و عمل دوم، عدم تعلق پیکسل به لبه در نظر گرفته شده است. در ابتدا هر یک از اتماتاتها یکی از اعمال خود را به صورت تصادفی انتخاب می‌کنند. قانون محلی حاکم برای جریمه و پاداش اعمال انتخابی به صورت زیر می‌باشد. اگر یک سلول در اتماتاتی یادگیر سلولی عمل اول خود را انتخاب نماید (لبه) و تعداد همسایگان هشتتایی این سلول که عمل اول خود را انتخاب نموده باشد بین ۲ تا ۴ باشد، سلول مذکور پاداش دریافت نموده و در غیر این صورت جریمه می‌شود. و اگر سلولی عمل دوم (غیر لبه) خود را انتخاب نموده باشد و در همسایگی هشتتایی آن ۱ یا بیش از ۴ سلول عمل دوم خود را انتخاب نموده باشدند، سلول مذکور پاداش و در غیر این صورت جریمه دریافت می‌نماید. عملیات فوق تا پایداری سیستم ادامه می‌یابد.

در این روش برای مقداردهی اولیه اتماتاتاهای یادگیر موجود در اتماتاتی یادگیر سلولی از نوعی آستانه‌گیری استفاده شده که در نهایت موجب باینری شدن تصویر و از بین رفتن جزئیات تصویر می‌شود. قانون استفاده شده در این روش جزو قوانین کلی بوده که در آن جایگاه اعمال انتخابی در همسایگی فاقد اهمیت می‌باشد و تنها تعداد اعمال مشابه در همسایگی اهمیت دارد. قوانین کلی از توزیع اعمال استفاده می‌نمایند که در این صورت امکان تشخیص لبه‌های اضافی و یا حذف برخی از لبه‌ها بدلیل عدم آگاهی از جایگاه همسایگان وجود دارد. لبه‌های یافت شده توسط این روش، لبه‌هایی پهن و متخلخل می‌باشند. نمونه‌ای از تشخیص لبه روش خوارزمی و مبتدی در شکل (۵) نشان داده شده است.

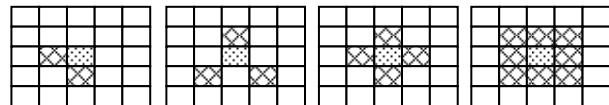


شکل (۵): а) تصویر اصلی. б) تشخیص لبه روش خوارزمی و مبتدی [12].

حاکم بوده که تعیین کنند دریافت پاداش و یا جریمه اعمال انتخابی اتماتاتاهای یادگیر موجود در یک سلول می‌شود.

اتماتاتی یادگیر سلولی یک پنج تایی ( $CLA = (Z^d, \phi, A, N, F)$ ) است که در آن  $Z^d$  یک شبکه از  $d$ -تایی‌های مرتب از اعداد صحیح،  $\phi$  مجموعه متناهی از حالت‌ها،  $A$  مجموعه‌ای از اتماتاتاهای یادگیر مناسب به سلول‌ها،  $\{ \bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m \}$  بردار همسایگی از سلول‌ها،  $F$  قانون محلی اتماتاتی یادگیر سلولی که در آن  $\beta^{\bar{m}}$  مجموعه مقادیر سیگنال تقویتی می‌باشد.

در اتماتاتی یادگیر سلولی می‌توان از ساختارهای مختلفی برای همسایگی استفاده نمود. در حالت کلی هر مجموعه مرتب از سلول‌ها را می‌توان به عنوان همسایه در نظر گرفت. همسایگی از نوع ون نیومون، مور، اسمیت و کول دو بعدی در شکل (۴) نشان داده شده است.



شکل (۴): از راست به چپ همسایگی مور، ون نیومون، کول و اسمیت.

قوانین در اتماتاتی یادگیر سلولی به سه دسته عمومی، کلی<sup>۱</sup> و کلی بیرونی<sup>۲</sup> تقسیم می‌گردد. در قوانین عمومی مقدار یک سلول در مرحله بعدی به مقادیر همسایه‌های آن سلول بستگی دارد. در قوانین کلی مقدار یک سلول تنها به مجموع همسایه‌های آن سلول بستگی داشته و در قوانین کلی بیرونی مقدار یک سلول در مرحله بعدی هم به مقادیر همسایه‌های آن سلول و هم به خود سلول بستگی دارد.

در هر لحظه هر اتماتاتی یادگیر در اتماتاتی یادگیر سلولی یک عمل از مجموعه اعمال خود را انتخاب می‌کند. عمل انتخاب شده با توجه به اعمال انتخاب شده سلول‌های همسایه و قانون حاکم بر اتماتاتی یادگیر سلولی، پاداش و یا جریمه داده می‌شود. با توجه به پاداش و یا جریمه دریافتی، اتماتاتی یادگیر رفتار خود را تصحیح کرده و از این طریق ساختار داخلی خود را بهینگام می‌کند. فرایند انتخاب عمل و دادن پاداش و یا جریمه تا زمانیکه سیستم به حالت پایدار برسد و یک معیار از قبل تعریف شده‌ای برقرار شود ادامه می‌یابد. عمل بهینگام سازی ساختار اتماتاتاهای موجود در اتماتاتی یادگیر سلولی توسط الگوریتم یادگیری انجام می‌شود [16,17].

### ۳- روش‌های تشخیص لبه

روش‌های مختلفی برای تشخیص لبه معرفی شده‌اند. برخی از روش‌ها وابسته به کلیشه‌های گردیان و یا لاپلاسین بوده و برخی دیگر از ساختار همسایگی و اتماتاتی سلولی استفاده می‌نمایند. در روش‌های اتماتاتی سلولی محتواهای همسایگی در تعیین وضعیت بعدی سلول تأثیر گذار می‌باشند. این روش‌ها عموماً ترکیبی از کلیشه‌های گردیانی و

**روش سوبل:** تشخیص لبه به روش سوبل جزء روش‌های مبتنی بر کلیشه می‌باشد. در روش‌های برپایه کلیشه، از مفهوم گرادیان، لاپلاس و یا ترکیب این دو برای تشخیص اولیه لبه‌های تصویر استفاده می‌شود. از آنجایی که لبه، یک تغییر ناگهانی در شدت روشنای تصویر است، برای بدست آوردن احتمال لبه بودن یک نقطه می‌توان از بزرگی گرادیان تصویر استفاده نمود [1,18].

در روش سوبل نتایج حاصل از بزرگی گرادیان تصویر آستانه‌سازی می‌شود. بدین ترتیب که یک مقدار آستانه‌ای تعیین شده و سپس تمام احتمال‌هایی که بیشتر از آن مقدار آستانه‌ای باشند بعنوان لبه انتخاب می‌شوند. لبه‌های بدست آمده از اپراتور سوبل ضخامتی بیش از یک نقطه دارند که مطلوب نمی‌باشند. همچنین این اپراتور به نویز حساس می‌باشد.

**روش کنی:** روش تشخیص لبه کنی دارای سه مرحله است: ۱- هموارسازی برای از بین بردن نویزها، ۲- آستانه‌ای نمودن پسماندی برای تشخیص بهتر لبه‌ها، ۳- نازک سازی لبه‌ها برای تولید لبه‌های با ضخامت یک نقطه. در این روش برای هموار سازی تصویر از توزیع گاووسین استفاده می‌شود [19].

در قسمت زدودن نقاط غیریشنه برای نازک کردن لبه‌ها یک نقطه با نقاط همسایه آن مقایسه می‌شود. با توجه به جهت بیشترین تغییرات در هر نقطه که توسط کلیشه‌های گرادیان مشخص می‌شود، نقاط با گرادیان بیشینه باقی می‌مانند و بقیه نقاط حذف می‌شوند. در آستانه‌ای نمودن پسماندی دو آستانه به نام‌های آستانه بالا و آستانه پایین انتخاب می‌شوند. تمامی نقاط که بیشتر از آستانه بالا و یا بین این دو آستانه باشند و در همسایگی آنها یک لبه وجود داشته باشد نیز بعنوان لبه انتخاب می‌شوند. بدین ترتیب نقاط با بزرگی گرادیان کم که متصل به نقاط با بزرگی گرادیان زیاد باشند نیز بعنوان لبه انتخاب می‌شوند. در روش کنی لبه‌های با ضخامت یک نقطه تولید شده و حساسیت به نویز نسبت به روش سوبل کمتر می‌باشد. در روش کنی امکان ایجاد لبه‌های اضافی وجود دارد.

#### ۴- روش پیشنهادی

در این بخش روش جدیدی مبتنی بر اتماتای یادگیر سلوی برای تشخیص لبه تصاویر سطح خاکستری پیشنهاد می‌شود. اتماتای یادگیر استفاده شده در اتماتای یادگیر سلوی این روش از نوع اتماتای یادگیر با ساختار ثابت می‌باشد.

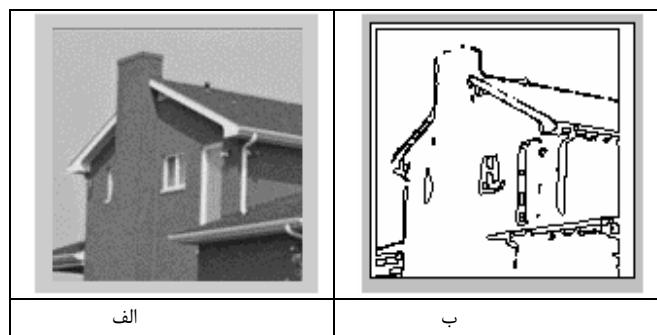
برای یافتن لبه در یک تصویر با ابعاد  $C \times R$  از یک اتماتای یادگیر سلوی دو بعدی با  $R$  سطر و  $C$  ستون استفاده شده که هر سلوول آن به یک پیکسل تصویر نگاشت می‌شود. در هر سلوول اتماتای یادگیر سلوی، یک اتماتای یادگیر با ساختار ثابت از نوع  $L_{2N,2}$  قرار داشته که شامل دو عمل تعلق پیکسل به لبه و عدم تعلق پیکسل به لبه می‌باشد. عمق حافظه مورد استفاده بر اساس تفاوت سطح خاکستری مورد نیاز در

**روش مارچینی و مببدی:** روش مارچینی و مببدی که در [13] معرفی شده، از اتماتای یادگیر سلوی شامل اتماتاهای یادگیر با ساختار متغیر برای تشخیص لبه استفاده نموده است.

در این روش به ازای هر پیکسل یک اتماتای دو عمله در نظر گرفته شده که اقدام اول، تعلق پیکسل به لبه و اقدام دوم عدم تعلق پیکسل به پیکسل‌های لبه تعریف شده‌اند. در ابتدا برای هر پیکسل با توجه به نوعی آستانه‌گیری نسبت به پیکسل‌های همسایه احتمال تعلق داشتن و یا تعلق نداشتن به لبه اندازه گیری می‌شود. آستانه طی آزمایش‌های مختلف تعیین می‌گردد (پیکسلی متعلق به لبه است که از حداقل ۳ همسایه‌اش مقدار سطح خاکستری بالاتر از آستانه داشته باشد)، به هر یک از دو عمل هر پیکسل متناظر با آستانه گیری، احتمالی متناظر می‌شود. در هر مرحله از تکرار، هر اتماتای یادگیر سلوی یک عمل از مجموعه دو عمل ممکن خود را بر اساس بردار احتمال اعمال به طور تصادفی انتخاب کرده و با توجه به اقدام همسایگان خود و قانون محلی در نظر گرفته شده جرمیه و یا پاداش می‌دهد.

قانون محلی استفاده شده به این صورت بوده که اگر پیکسل به عنوان لبه در نظر گرفته شود و تمامی همسایه‌های آن پیکسل عمل لبه بودن را انتخاب نموده باشند، احتمال لبه بودن پیکسل مرکزی کاهش پیدا می‌کند در غیر این صورت احتمال لبه یا غیر لبه بودن پیکسل مرکزی تغییری داده نمی‌شود.

بردار احتمال اولیه از باینری سازی تصویر بر اساس روش آستانه‌گیری بدست می‌آید که به موجب آن لبه‌های باریک از بین می‌روند. بر اساس قانون تعریف شده در روش فوق، تنها یک حالت همسایگی جرمیه دریافت نموده و حالت‌های مختلف همسایگی دیگر تأثیری در جرمیه یا پاداش عمل انتخابی ندارند. در این روش تنها همسایگی‌هایی که تماماً لبه باشند، جرمیه دریافت می‌نمایند. بر اساس این قانون لبه‌های بدست آمده پهن می‌باشند چرا که لبه‌های با ضخامت دو پیکسل جرمیه‌ای دریافت نمی‌نمایند. نمونه‌ای از تشخیص لبه روش خوارزمی و مببدی در شکل (۶) نشان داده شده است.

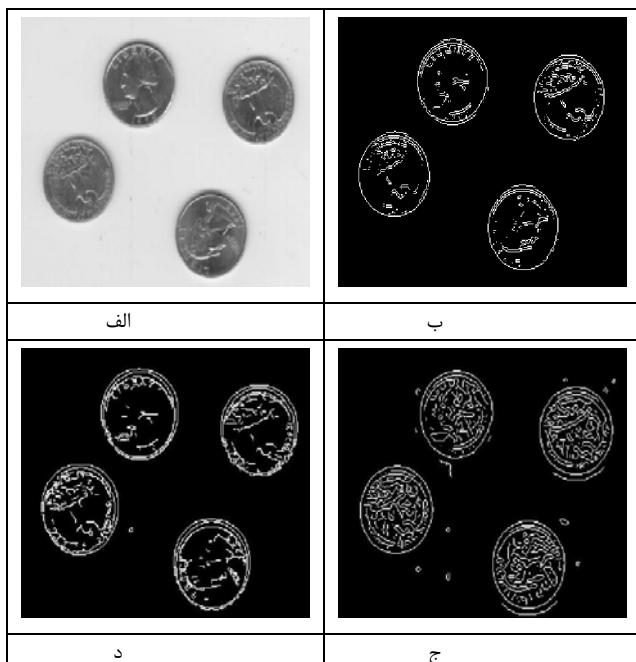


شکل (۶): الف- تصویر اصلی. ب- تشخیص لبه روش مارچینی و مببدی [13].

- ثابت از نوع  $L_{2N,2}$  دو عمله و با عمق حافظه  $\lceil d / 256 \rceil * 2$ .
۳. مقدار اولیه هر سلول را برابر  $\lceil i / d \rceil$  قرار داده که  $i$  مقدار شدت روشنایی پیکسل متناظر با سلول می‌باشد. این مقدار متناظر با عمق حافظه عمل اول (متعلق بودن پیکسل به لبه) در نظر گرفته می‌شود.
  ۴. برای تمامی سلول‌ها به صورت موازی، مراحل زیر تا رسیدن به شرط خاتمه تکرار می‌شود:
    ۱. الگوهای همسایگی که متناظر با شکل (۷) می‌باشند، جریمه دریافت می‌نمایند.
    ۲. الگوهای دیگر همسایگی پاداش دریافت می‌نمایند.

## ۵- نتایج آزمایشها

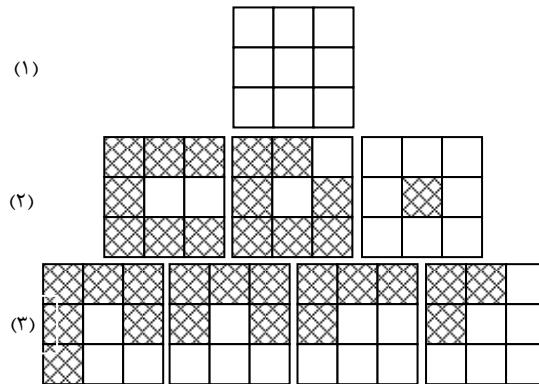
به منظور ارزیابی روش پیشنهادی آزمایش‌هایی انجام و نتایج بدست آمده با نتایج بدست آمده از روش کنی و روش سوبول مقایسه شده‌اند. در اشکال (۸) و (۹) لبه‌های بدست آمده با استفاده از روش پیشنهادی نشان داده شده است. چنانچه در اشکال (۸) و (۹) دیده می‌شود، لبه‌های بدست آمده از روش پیشنهادی باریک و در عین حال از دقت مطلوبی برخوردار می‌باشند. در شکل (۱۰) تصویر آغشته شده به نویز نمک فلکی با توزیع  $0,2^{\circ}$  و لبه‌های بدست آمده از روش پیشنهادی نشان داده شده است.



شکل (۸): (۱)-تصویر اصلی. (۲)-روش سوبول، (۳)-روش کنی، (۴)-روش تشخیص لبه پیشنهادی با اتماتای یادگیر سلولی

لبه‌یابی تعیین می‌شود. اگر تغییرات شدت روشنایی تصویر در رنج تغییرات [۰-۲۵۵] باشد و لبه‌هایی با تفاوت شدت روشنایی  $d$  مورد نظر باشند، از حافظه ای به عمق  $\lceil d / 256 \rceil * 2$  استفاده می‌نماییم. مقدار اولیه هر سلول را برابر  $\lceil i / d \rceil$  قرار داده که  $i$  مقدار شدت روشنایی پیکسل متناظر با سلول می‌باشد.

در ابتدا تمامی سلول‌های اتماتای یادگیر سلولی عمل اول خود که همان متعلق بودن پیکسل به لبه می‌باشد، را انتخاب می‌نماییم. در مراحل اولیه خروجی اتماتای سلولی یک تصویر کاملاً سفید می‌باشد چراکه تمام پیکسل‌ها به عنوان لبه در نظر گرفته شده‌اند. با روند تکرار همسایگی مورد استفاده در قوانین این اتماتاً از نوع مور با شاعر یک می‌باشد. در الگوهای شکل (۷)، همسایگی‌هایی که منجر به دریافت جریمه می‌شوند نشان داده شده است. در این الگوها سلول لبه روشن و سلول غیر لبه تیره می‌باشند. این الگوها باعث پهن شدن لبه‌ها، ایجاد نویز و یا ایجاد لبه‌های اضافی می‌نمایند. برخی الگوهای نشان داده شده در شکل (۷) به صورت نماینده الگو بوده و الگوهای مشابه الگو که از چرخش الگو بدست می‌آیند نیز جریمه دریافت می‌نمایند. الگوهای همسایگی که در شکل (۷) موجود نمی‌باشند پاداش دریافت می‌کنند. برای شرط خاتمه الگوریتم می‌توان تعداد تکرار مشخص، ثابت ماندن وضعیت حافظه یادگیر هر سلول از اتماتای یادگیر سلولی و یا ارضا شرایط از پیش تعیین شده مانند کمتر شدن آتروبی از یک حد آستانه از پیش تعریف شده را در نظر گرفت.



شکل (۷): الگوهای همسایگی که جریمه دریافت می‌دارند. سلول لبه روشن و سلول غیر لبه تیره نشان داده شده است. (۱)- لبه پهن. (۲)- نویز. (۳)- لبه‌های اضافی.

روش پیشنهادی تشخیص لبه تصاویر سطح خاکستری مبتنی بر اتماتای یادگیر سلولی شامل مراحل زیر می‌باشد:

۱. تعیین مقدار  $d$  یا تفاوت شدت روشنایی مطلوب در تشخیص لبه.

۲. متناظر نمودن هر پیکسل تصویر به یک سلول اتماتای یادگیری سلولی شامل یک اتماتای یادگیر با ساختار

گرadian، تأثیر نویز بر روی لبه‌ها کمتر می‌باشد. با استفاده از روش پیشنهادی نویز نمک فلفلی به میزان قابل ملاحظه‌ای حذف شده است.

## ۶- نتیجه

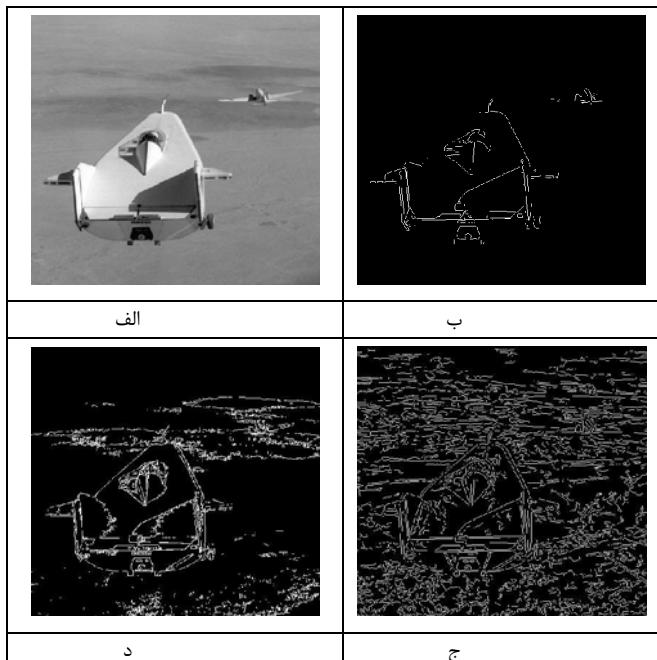
در این مقاله روشی مبتنی بر اتماتای یادگیر سلوی برای یافتن لبه‌ای تصویر پیشنهاد و با دو روش تشخیص لبه کنی و سوبل مقایسه گردید. روش پیشنهادی به نویز نمک فلفلی به دلیل استفاده از الگوهای همسایگی حساسیت کمی دارد. همچنین لبه‌هایی با پهنای یک نقطه را تشخیص و لبه‌های تولیدی باریک می‌باشند. در روش پیشنهادی، لبه‌ها با تصویر مطابقت بیشتری دارند چراکه در هر همسایگی از شدت روش‌نایی سلوی‌های موجود در همسایگی برای تعیین لبه استفاده شده است. نتایج آزمایشها نشان داد که روش مبتنی بر اتماتای سلوی یادگیر دارای کارایی خوبی در مقایسه با دو روش تشخیص لبه کنی و سوبل می‌باشد.

## سپاسگزاری

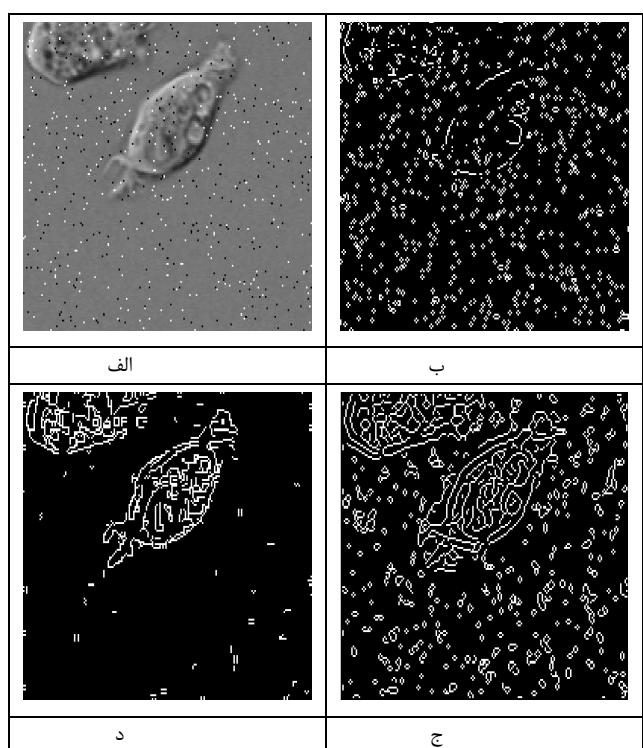
این کار تحقیقاتی توسط مرکز تحقیقات مخابرات ایران حمایت مالی شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

## مراجع

- [1] Gonzales, R. C. and Woods, R. E., "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1995.
- [2] Maragos, P. and Pessoa, L., "Morphological filtering for image enhancement and detection", Chapter for The Image and Video Processing Handbook, Acad. Press. 1, March 1999.
- [3] Elder, James H. and Sachs, Adam J., "Psychophysical receptive fields of edge detection mechanisms", Vision Research 44, pp. 795–813, Elsevier Nov. 2003.
- [4] Wongthanavasu, S. and Sadananda, R., "A CA-based edge operator and its performance evaluation", J. Vis. Commun. Image R. 14, pp. 83–96, Elsevier Science 2003.
- [5] Sahota, P., Daemi, M. F. and Elliman, D. G., "Training genetically evolving cellular automata for image processing", International Symposium on Speech. Image Processing and Neural Networks. 1994.
- [6] Yang, Chen, Ye, Hao and Wang, Guizeng, "Cellular automata modeling in edge recognition", Proceedings of the Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics, pp.128-132, Japan 2002.
- [7] Popovici, A. and Popovici, D., "Cellular automata in image processing", Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Symposium on the Mathematical Theory of Networks and Systems, Romania 2002.
- [8] Batouche, M. Meshoul, S. and Abbassene, A., "On solving edge detection by emergence", Lecture Notes in Computer Science, No. 4031, pp. 800-808, Springer – Velag, 2006.
- [9] Kharazmi, M. R. and Meybodi, M. R., "Application of cellular learning automata to image segmentation", Proceedings of Tenth Conference on Electrical Engineering (10th ICEE), University of Tabriz, Vol. 1, pp. 298-306, May 2002.



شکل (۹): а) تصویر اصلی. б-روش سوبل، ج-روش کنی، د-روش تشخیص لبه پیشنهادی با اتماتای یادگیر سلوی



شکل (۱۰): а) تصویر با نویز نمک فلفلی .б-روش سوبل، ج-روش کنی، د-روش تشخیص لبه پیشنهادی با اتماتای یادگیر سلوی.

چنانچه در شکل (۱۰) مشاهده می‌شود به دلیل استفاده از ساختار همسایگی، همچنین استفاده از شدت روش‌نایی تصویر به جای بزرگی

- [10] Meybodi, M. R. and Kharazmi, M. R., "An algorithm based on cellular learning automata for image restoration", Proceedings of The First Iranian Conference on Machine Vision & Image Processing, University of Birjand, pp. 244 -254, March 2001.
- [11] Meybodi, M. R. and Beigy, H., Taherkhani, M., "Application of cellular learning automata to image processing", Proceedings of First Conference in Mathematics and Communication, Telecommunication Research Center, Tehran, Iran, Oct. 2000.
- [12] Meybodi, M. R. and Kharazmi, M. R., "Cellular learning automata and its application to image segmentation", Proceedings of The Second Iranian Conference on Machine Vision & Image Processing, p.p. 261-270, KNU University, Tehran Iran, 2003.
- [13] Marchini F. and Meybodi, M. R., "Application of cellular learning automata to image processing: finding skeleton", Proceedings of the Third Conference on Machine Vision. Image Processing and Applications (MVIP 2005) University of Tehran, Tehran, Iran, p.p. 271-280, Feb. 2005.
- [14] Wolfram, S., "Cellular Automata, Los Alamos Science", vol. 9, pp. 2-21, Fall 1983.
- [15] Thathachar, M. A. L. and Sastry, P. S., "Varieties of learning automata: An Overview", IEEE Transaction on Systems. Man. and Cybernetics-Part B: Cybernetics, Vol. 32, No. 6, pp. 711-722, 2002.
- [16] Meybodi, M. R. Beigy, H. and Taherkhani, M., "Cellular learning automata", Proceedings of 6th Annual International Computer Society of Iran Computer Conference CSICC2001, Isfahan, Iran, pp. 153-163. 2001.
- [17] Beigy, H. and Meybodi, M. R., "A mathematical framework for cellular learning automata", Advances in Complex Systems, Vol. 7, Nos. 3-4, pp. 295-320, September/December 2004.
- [18] McCane, B., "Edge Detection Notes", Department of Computer Science, University of Otago, Note COSC453, Feb 2001.
- [19] Canny, J., "A computational approach to edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, Nov. 1986.

## زیرنویس‌ها

<sup>1</sup> Cellular Learning Automata (CLA)

<sup>2</sup> Learning Automata (LA)

<sup>3</sup> Cellular Automata (CA)

<sup>4</sup> Totalistic

<sup>5</sup> Outer Totalistic