تشخيص لبه در تصاوير با استفاده از اتوماتاي يادگير سلولي

سيد ميثم حسيني سدهي   محمدرضا ميبدي
دانشكده مهندسي كامپيوتر و فناوري اطلاعات
دانشگاه صنعتي اميركبير
تهران   ايران
sehrestan@hotmail.com, mmeybodi@aut.ac.ir

چكيده: اتوماتاي يادگير سلولي در زمينه‌هاي متعددي از پردازش تصاوير مانند حذف نويز، بهسازي، هموار سازي، بازيابي تصوير، تقطيع تصوير و استخراج ويژگي‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. در اين مقاله ابتدا روش‌هاي لبه‌يابي گزارش شده مبتني بر اتاماتاي يادگير سلولي و مشكلات آنها بررسي و سپس روش لبه‌يابي جديدي مبتني بر اتوماتاي يادگير سلولي پيشنهاد مي‌شود. به منظور ارزيابي، روش پيشنهادي با دو روش كني و سوبل مقايسه گرديده است. نتايج آزمايش‌ها نشان داده كه روش مبتني بر اتوماتاي يادگير سلولي در مقايسه با روش‌هاي موجود از كارايي مطلوبي در تشخيص لبه‌هاي تصوير برخوردار است.

كلمات كليدي: اتوماتاهاي يادگير، اتوماتاي يادگيرسلولي، پردازش تصاوير، لبه‌يابي، اپراتورهاي لبه‌يابي

Edge Detection in Image using Cellular Learning Automata

M. Hosseini Sedehi   M. R. Meybodi

Computer Engineering and Information Technology Department
Amirkabir University of Technology
Tehran   Iran
sehrestan@hotmail.com, mmeybodi@aut.ac.ir

Abstract: Cellular learning automata has been used for implementation of several image processing operations such as feature extraction, segmentation, noise removal, smoothing and edge detection. In this paper at first existing cellular learning automata based edge detection algorithms are studied and then a new edge detection algorithm based on cellular learning automata is proposed. To show the performance of the proposed method, it is compared with two existing edge detection methods, Canny and Sobel. The result of comparison shows the superiority of the proposed method.

Keywords: Learning Automata, Cellular Learning Automata, Image Processing, Edge Detection

۱- مقدمه

گستره وسيع پردازش تصوير در كاربردهاي نظامي، فضايي، پزشكي، سينمايي و علوم مهندسي موجب گسترش تكنيك‌هاي استخراج ويژگي تصوير شده است. استخراج ويژگي‌هاي تصوير، نمايش و تحليل صحنه‌هاي تصويري را آسان‌تر مي‌سازد. يكي از اين ويژگي‌ها كه بسيار مورد توجه مي‌باشد، تشخيص لبه‌هاي تصوير مي‌باشد [2-20]. در بينائي ماشين و پردازش تصوير راهكارهاي مختلفي براي استخراج لبه تصوير مورد استفاده قرار گرفته كه از آن جمله مي‌توان به اپراتورهاي گراديان، لاپلاسين، لبه‌يابي بر اساس تقطيع، روش‌هاي تركيبي لبه‌يابي [1,4]، لبه‌يابي بر اساس ريخت‌شناسي و فيزيک الگويي [2-3]، اتوماتاي سلولي [5-9] و اتوماتاي يادگير سلولي اشاره نمود [18-19].

اتوماتاي يادگير سلولي[۱] تركيبي از اتوماتاي يادگير[۲] و اتوماتاي سلولي[۳] مي‌باشد. هر اتوماتاي يادگير سلولي، از يك اتوماتاي سلولي تشكيل شده كه هر سلول آن به يك يا چند اتوماتاي يادگير كه وضعيت سلول‌ها را مشخص مي‌سازند، مجهز مي‌باشد [23-24]. مانند اتوماتاي سلولي [21]، قانون محلي در محيط حاكم بوده و اين قانون بر اساس محتواي همسايگي كه شامل اعمال انتخابي همسايگان مي‌باشد، جريمه و يا پاداش عمل انتخابي يک سلول را تعيين مي‌نمايد. دريافت پاداش و يا جريمه موجب بروز درآمدن ساختار اتوماتاي يادگير سلولي بمنظور نيل به يك هدف خاص مي‌گردد. بروزرساني ساختار هر اتوماتاي يادگير موجود در هر سلول بر اساس الگوريتم يادگيري متناظر با آن سلول صورت مي‌پذيرد.

اولين مرحله در بينايي ماشين، يافتن مرزهاي اشياء در صحنه است. مرز اشياء در يك صحنه توسط لبه‌ها مشخص مي‌شود. بيشتر الگوريتم‌هاي تشخيص لبه داراي تعدادي پارامتر هستند كه معمولا بايستي آنها را براي هر تصوير و يا براي هر حوزه كاري بدست آورد. لبه‌يابي با استفاده از اتوماتاي يادگير سلولي در [18] و [19] گزارش

شده است. در روش لبه‌يابي معرفي شده توسط خوارزمي و ميبدي [18]، براي لبه‌يابي از اتوماتاي يادگير سلولي ساختار ثابت كرايلوف با عمق حافظه دو استفاده شده است. در اين روش براي پيدا كردن لبه‌هاي اوليه از مفهوم تعداد سلول با شدت روشنايي متفاوت در همسايگي، استفاده شده است. در [19] روش لبه‌يابي توسط مارچيني و ميبدي بر اساس اتوماتاي يادگير سلولي ساختار متغير معرفي شده است. در اين روش براي هر پيكسل احتمال تعلق به لبه و يا عدم تعلق به لبه بررسي مي‌شود.

در اين مقاله روشي مبتني بر اتوماتاي يادگير سلولي براي لبه‌يابي در تصاوير پيشنهاد شده است. در روش پيشنهادي از يك اتوماتاي يادگير سلولي ساختار ثابت با عمق حافظه N استفاده شده است. هر يک از اين N عمق، متناظر با یک بازه شدت روشنايي مي‌باشد. اتوماتاهاي يادگير از طريق تعامل با همسايگان و بر اساس عمل انتخابيشان سعي در تشخيص لبه‌هاي تصوير دارند. در روش پيشنهادي ابتدا لبه‌هاي با شدت روشنايي كمتر و سپس لبه‌هاي با شدت روشنايي بيشتر بدست مي‌آيند. لبه‌هاي بدست آمده از روش پيشنهادي، باريک مي‌باشند و همچنين در اين روش لبه‌هاي اضافي ايجاد نمي‌شوند. در روش پيشنهادي علاوه بر لبه‌يابي امكان كاهش نويز نمک فلفلي وجود دارد. اين روش متكي بر عمليات محلي در همسايگي هر پيكسل مي‌باشد كه موجب توزيعي و موازي بودن پردازش مي‌شود. از روش لبه‌يابي سوبل و روش لبه‌يابي كني براي مقايسه عملكرد روش پيشنهادي استفاده شده است.

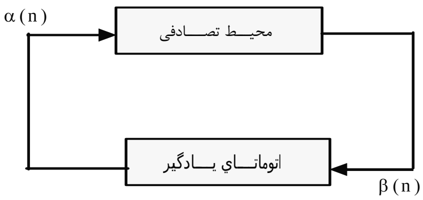
ادامه مقاله بدين صورت سازماندهي شده. در بخش ۲ اتوماتاي يادگير و اتوماتاي يادگير سلولي و در بخش ۳ دو روش تشخيص لبه بر اساس اتوماتاي يادگير سلولي و روش‌هاي تشخيص لبه سوبل و كني به اختصار شرح داده ميشود. در بخش ۴ روش پيشنهادي لبه‌يابي مبتني بر اتوماتاي يادگير سلولي معرفي مي‌شود. بخش ۵ نتايج آزمايشها و بخش ۶ نتيجه‌گيري مي‌باشد.

۲- اتوماتاهاي يادگير و اتوماتاي يادگير سلولي

در اين بخش اتوماتاهاي يادگير و اتوماتاي يادگير سلولي به اختصار بررسي مي‌شوند.

۲-۱- اتوماتاهاي يادگير

یک اتوماتاي يادگير (LA) يك ماشين با حالات محدود بوده كه مي‌تواند تعداد محدودي عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محيطي احتمالي ارزيابي شده و پاسخي به اتوماتاي يادگير داده مي‌شود. اتوماتاي يادگير از اين پاسخ براي بروزرساني وضعيت داخلي خود و انتخاب عمل بعدي استفاده مي‌نمايد [22]. در طي اين فرايند، اتوماتاي يادگير، نحوه انتخاب بهترين عمل از بين اعمال مجاز خود را ياد مي‌گيرد. شكل (۱) ارتباط بين اتوماتاي يادگير و محيط را نشان مي‌دهد. $\alpha = \{\alpha_1,..., \alpha_r\}$ مجموعه ورودي‌ها و $\beta = \{\beta_1,..., \beta_m\}$ مجموعه خروجي‌هاي محيط مي‌باشد. اگر β مجموعه دو عضوي باشد محيط از نوع P ناميده مي‌شود. در چنين محيطي $\beta_1 = 1$ جريمه و $\beta_2 = 0$ پاداش تعريف شده است. اتوماتاهاي يادگير به دو گروه اتوماتاي يادگير با ساختار ثابت و اتوماتاي يادگير با ساختار متغير تقسيم مي‌شوند.

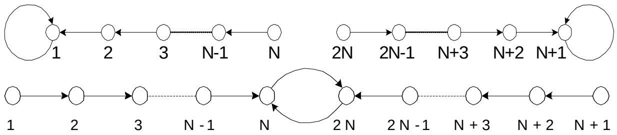


شكل (۱): ارتباط بين اتوماتاي يادگير و محيط **[18]**.

اتوماتاي يادگير با ساختار متغير: اتوماتاي يادگير با ساختار متغير توسط چهارتايي $\{\alpha, \beta, p, T\}$ نشان داده مي‌شود كه $\alpha = \{\alpha_1,..., \alpha_r\}$ مجموعه عمل‌هاي اتوماتا، $\beta = \{\beta_1,..., \beta_m\}$ مجموعه ورودي‌هاي اتوماتا، $p = \{p_1,.., p_r\}$ بردار احتمال انتخاب هريک از اعمال و $p_{n+1} = T[\alpha_n, \beta_n, p_n]$ الگوريتم يادگيري مي‌باشد. در اين نوع از اتوماتاها، اگر عمل α_i در مرحله n_ام انتخاب و پاسخ مطلوب (نامطلوب) از محيط دريافت نمايد، احتمال $p_i(n)$ افزايش (كاهش) يافته و ساير احتمال‌ها كاهش (افزايش) مي‌يابند. تغييرات بنحوي صورت مي‌گيرد كه حاصل جمع $p_i(n)$ ها همواره ثابت و مساوي يك باقي بماند.

اتوماتاي يادگير با ساختار ثابت: اتوماتاي يادگير با ساختار ثابت توسط پنج‌تايي $\{\alpha, \beta, F, G, \phi\}$ نشان داده مي‌شود كه در آن $\alpha \equiv \{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_r\}$ مجموعه اعمال اتوماتا، $\beta \equiv \{\beta_1, \beta_2, \cdots, \beta_m\}$ مجموعه ورودي‌هاي اتوماتا، $\phi \equiv \{\phi_1, \phi_2, \cdots, \phi_s\}$ مجموعه وضعيت‌هاي داخلي اتوماتا، $F: \phi \times \beta \to \phi$ تابع توليد وضعيت جديد اتوماتا و $G: \phi \to \alpha$ تابع خروجي مي‌باشد كه وضعيت كنوني اتوماتا را به خروجي بعدي مي‌نگارد. دو نمونه از اتوماتاهاي يادگير با سختار ثابت، اتوماتاي $L_{2N,2}$ و اتوماتاي كرايلف مي باشند.

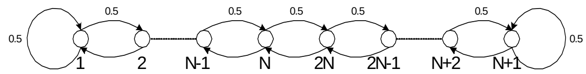
- اتوماتاي يادگير $L_{2N,2}$: در اين اتوماتاي دو عمله، تعداد جرايم و پاداش دريافتي براي هر عمل در یک حافظه با عمق N نگهداري مي شود. زماني كه تعداد جريمه ها از تعداد پاداش بيشتر شود و يا برعكس عمل اتوماتاي يادگير تغيير مي‌نمايد. شكل (۲) نحوه تغيير وضعيت در اين اتوماتا را نشان مي‌دهد.



شكل (۲) : بالا-پاداش در اتوماتاي دو عمله $L_{2N,2}$. پائين-جريمه در اتوماتاي دو عمله $L_{2N,2}$ **[19]**.

- اتوماتاي يادگير كرايلف: وضعيت پاداش در اين اتوماتاي دو عمله همانند پاداش در اتوماتاي $L_{2N,2}$ بوده ولي هنگام جريمه هر

وضـعیت $\phi_i\,(i \neq 1, N, N+1, 2N)$ بـا احتمـال ۰/۵ بـه وضعیت ϕ_{i+1} و با احتمال ۰/۵ به وضعیت ϕ_{i-1} مطابق شـکل (۳) منتقل مي شود.



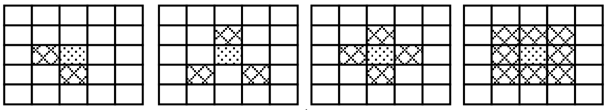
شکل (۳): پاداش و جريمه در اتوماتاي دو عمله کرايلف **[19]**.

۲-۲- اتوماتاي يادگير سلولي

اتوماتاي يادگير سلولي (CLA)، مجموعه‌اي از اجزاي ساده‌اي است که رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسايگانش و تجربيات گذشته‌اش تعيين و اصلاح مي‌شود [24-23]. هر اتوماتاي يادگير سلولي، از یک اتوماتـاي سلولي تشکيل شده که هر سلول آن به یک يـا چنـد اتوماتـاي يـادگير مجهز مي‌باشد. مانند اتوماتاي سلولي یک قانون محلي در محيط حاکم است که تعيين مي‌کند که آيا عمل انتخاب شده توسط یـک اتوماتـاي يادگير در یک سلول بايد پاداش داده شود و يا اينکه جريمه شود.

اتوماتاي يادگير سلولي یک پنج‌تايي $CLA = (Z^d, \phi, A, N, F)$ است که در آن Z^d يك شبكه از d-تايي‌هاي مرتب از اعـداد صـحيح، ϕ مجموعه متناهي از حالـت‌هـا، A مجموعـه‌اي از اتوماتاهـاي يـادگير منتسب به سلول‌ها، $N = \{\bar{x}_1, ..., \bar{x}_{\bar{m}}\}$ بردار همسايگي از سـلول‌هـا، $F : \underline{\phi}^{\bar{m}} \rightarrow \underline{\beta}$ قانون محلي اتوماتـاي يـادگير سـلولي کـه در آن $\underline{\beta}$ مجموعه مقادير سيگنال تقويتي مي‌باشد.

در اتوماتاي يادگير سلولي مي‌توان از سـاختارهاي مختلفـي بـراي همسايگي استفاده نمود. در حالت کلي هر مجموعه مرتب از سلول‌ها را مي‌توان به عنوان همسايه در نظر گرفت اما معمولترين آنها همـسايگي ون نيومن، مور، اسميت و کول مي باشند که به نزديکترين همـسايگان مشهور مي باشند (شکل ۴).



شکل **(۴)**: از راست به چپ همسايگي مور، ون نيومن، کول و اسميت.

قوانين در اتوماتاي يادگير سلولي به سه دسـته عمـومي ، کلـي[۴] و کلي بيروني[۵] تقسيم مي‌گردند. در قوانين عمومي مقدار يـك سـلول در مرحله بعدي به مقادير همسايه‌هاي آن سلول بـستگي دارد. در قـوانين کلي مقدار يك سلول تنها به مجموع همـسايه‌هـاي آن سـلول بـستگي داشته و در قوانين کلي بيروني مقدار يك سلول در مرحله بعدي هم به مقادير همسايه‌هاي آن سلول و هم به خود سلول بستگي دارد.

در هر لحظه هر اتوماتاي يادگير در اتوماتاي يـادگير سـلولي يـك عمل از مجموعه اعمال خود را انتخاب مي‌کند. عمـل انتخـاب شـده بـا توجه به اعمال انتخاب شـده سـلول‌هـاي همـسايه و قـانون حـاکم بـر اتوماتاي يادگير سلولي، پاداش و يا جريمه داده مي‌شـود. بـا توجـه بـه پاداش و يا جريمه دريافتي، اتوماتاي يادگير رفتار خود را تصحيح کرده و از اين طريق ساختار داخلي خود را بهنگام مي‌کند. معمولاً عمل بـه روز در آوردن تمام اتوماتاهاي يادگير به صورت همزمان انجام مي‌شـود. فرايند انتخاب عمل و دادن پاداش و يا جريمه تا زمانيکـه سيـستم بـه حالت پايدار برسد و يا يك معيار از قبل تعريف شـده‌اي بـر قـرار شـود ادامه مي‌يابد. عمل بهنگام سازي ساختار اتوماتاهاي موجود در اتوماتاي يادگير سلولي توسط الگوريتم يادگيري انجام مي‌شود [24-23].

۳- روش‌هاي تشخيص لبه

روش‌هاي مختلفي براي تشخيص لبه معرفي شده‌اند. برخي از روش‌هـا وابسته به کليشه‌هاي گراديـان و يـا لاپلاسـين بـوده و برخـي ديگـر از ساختار همسايگي و اتوماتاي سلولي استفاده مي‌نماينـد. در روش‌هـاي اتوماتاي سلولي محتواي همـسايگي در تعيـين وضـعيت بعـدي سـلول تأثير گذار مي‌باشند. در ايـن روش هـا عمومـاً ترکيبـي از کليـشه‌هـاي گراديانی و ساختار همسايگي مي‌باشند [9-5]. در ايـن بخـش دو روش موجود تشخيص لبه مبتني بـر اتوماتـاي يـادگير سـلولي و چنـد روش تشخيص لبه ديگر به اختصار شرح داده مي‌شود.

روش خوارزمي و ميبدي: در روش خـوارزمي و ميبـدي کـه در [18] معرفي شده، از اتوماتاي يادگير سلولي براي تشخيص لبه تـصوير استفاده شده است. اتوماتاي يادگير بکار رفته در ايـن اتوماتـاي يـادگير سلولي از نوع اتوماتاي يادگير با ساختار ثابت مي‌باشد.

اتوماتاي يادگير استفاده شده در روش خوارزمي و ميبـدي از نـوع کرايلف دو عمله با عمق حافظه دو مي‌باشد. عمل اول تعلق پيکسل بـه لبه و عمل دوم، عدم تعلق پيکسل به لبه در نظر گرفته شده اسـت. در ابتدا هر یک از اتوماتاهـا يکـي از اعمـال خـود را بـه صـورت تـصادفي انتخاب مي‌کنند. قـانون محلـي حـاکم بـراي جريمـه و پـاداش اعمـال انتخابي به صورت زير مي‌باشـد. اگـر يـک سـلول در اتوماتـاي يـادگير سـلولي عمـل اول خـود را انتخـاب نمايـد (لبـه) و تعـداد همـسايگان هشتتايي سلول که عمل اول خود را انتخاب نموده باشند بـين ۲ تـا ۴ باشد، سلول مذکور پاداش دريافت نموده و در غير اين صـورت جريمـه مي‌شود. و اگر سلولي عمل دوم (غير لبه) خود را انتخاب نموده باشـد و در همسايگي هـشتايي آن ۱ يـا بـيش از ۴ سـلول عمـل دوم خـود را انتخاب نموده باشند، سلول مذکور پاداش و در غير اين صورت جريمـه دريافت مي‌نمايد. عمليات فوق تا پايداري سيستم ادامه مي‌يابد.

در اين روش براي مقداردهي اوليه اتوماتاهـاي يـادگير موجـود در اتوماتاي يادگير سلولي از نوعي آستانه‌گيري استفاده شده که در نهايت موجب باينري شدن تصوير و از بين رفـتن جزئيـات تـصوير مـي‌شـود. قانون استفاده شـده در ايـن روش جـزء قـوانين کلـي بـوده کـه در آن جايگاه اعمال انتخابي در همسايگي فاقد اهميت مي‌باشد و تنهـا تعـداد اعمال مشابه در همسايگي اهميت دارد. قـوانين کلـي از توزيـع اعمـال استفاده مي‌نمايند که در اين صورت امکان تشخيص لبه‌هـاي اضـافي و يا حذف برخي از لبه‌ها بدليل عدم آگاهي از جايگاه همـسايگان وجـود دارد. همچنين لبه‌هاي يافت شده توسط ايـن روش، لبـه‌هـايي پهـن و متخلخل مي‌باشند.

روش مارچيني و ميبدي: روش مارچيني و ميبدي كه در [19] معرفي شده، از اتوماتاي يـادگير سـلولي شـامل اتوماتاهـاي يـادگير بـا ساختار متغيير براي تشخيص لبه استفاده نموده است.

در اين روش به ازاي هر پيكسل يـک اتوماتـاي دو عملـه در نظـر گرفته شده كه اقدام اول، تعلق پيكسل به لبه و اقـدام دوم عـدم تعلـق پيكسل به پيكسل‌هاي لبه تعريف شده‌اند. در ابتدا براي هر پيكـسل بـا توجه به نوعي آستانه‌گيري نسبت به پيكسل‌هاي همسايه احتمال تعلق داشتن و يا تعلق نداشتن به لبه به انـدازه گيـري مـي‌شـود. آسـتانه طـي آزمايش‌هاي مختلف تعيين مي‌گردد (پيكسلي متعلق به لبه است كه از حداقل ۳ همسايه‌اش مقدار سطح خاكـستري بـالاتر از آسـتانه داشـته باشد). به هر يـک از دو عمـل هـر پيكـسل متنـاظر بـا آسـتانه‌گيـري، احتمالي متناظر مي‌شود. در هر مرحله از تكرار، هر اتوماتا در اتوماتـاي يادگير سلولي يك عمل از مجموعه دو عمل ممكن خـود را بـر اسـاس بردار احتمال اعمال به طور تصادفي انتخاب كرده و با توجـه بـه اقـدام همسايگان خود و قانون محلي در نظر گرفته شده جريمه و يـا پـاداش مي‌دهد.

قانون محلي استفاده شده به اين صورت بوده كه اگـر پيكـسل بـه عنوان لبه در نظر گرفته شود و تمامي همسايه‌هـاي آن پيكـسل عمـل لبه بودن را انتخاب نموده باشند، احتمال لبـه بـودن پيكـسل مركـزي كاهش پيدا مي‌كند در غير اين صورت احتمال لبه يـا غيـر لبـه بـودن پيكسل مركزي تغييري داده نمي‌شود.

بـردار احتمـال اوليـه از بـاينري سـازي تـصوير بـر اسـاس روش آستانه‌گيري بدست مي‌آيد كه به موجـب آن لبـه‌هـاي باريـک از بـين مي‌روند. بر اساس قانون تعريف شـده در روش فـوق، تنهـا يـک حالـت همسايگي جريمه دريافت نموده و حالت‌هاي مختلف همـسايگي ديگـر تأثيري در جريمه يا پاداش عمل انتخابي ندارند. بر اسـاس ايـن قـانون لبه‌هاي بدست آمده پهن مي‌باشند چـرا كـه لبـه‌هـاي بـا ضـخامت دو پيكسل جريمه‌اي دريافت نمي‌نمايند.

روش سوبل: تشخيص لبه به روش سوبل جزء روش‌هـاي مبتنـي بر كليشه مي‌باشـد. در روش‌هـاي برپايـه كليـشه، از مفهـوم گراديـان، لاپلايسن و يا تركيب ايـن دو بـراي تـشخيص اوليـه لبـه‌هـاي تـصوير استفاده مي‌شـود. از آنجـايي كـه لبـه، يـك تغييـر ناگهـاني در شـدت روشنايي تصوير است، براي بدست آوردن احتمال لبه بودن يـك نقطـه مي‌توان از بزرگي گراديان تصوير استفاده نمود [1,4].

در روش سوبل نتايج حاصل از بزرگي گراديان تصوير آستانه‌سازي مي‌شود. بدين ترتيب كه يك مقدار آستانه‌اي تعيين شده و سپس تمام احتمال‌هايي كه بيشتر از آن مقدار آستانه‌اي باشند بعنوان لبه انتخـاب مي‌شوند. لبه‌هاي بدست آمده از اپراتور سـوبل ضـخامتي بـيش از يـک نقطه دارند كه مطلوب نمي‌باشند. همچنين اين اپراتور به نويز حـساس مي‌باشد.

روش كني: روش تشخيص لبه بـه‌روش كنـي داراي سـه مرحلـه است: ۱- هموارسازي براي از بين بردن نويزهـا، ۲- آسـتانه‌اي نمـودن پسماندي براي تشخيص بهتر لبه‌ها ، ۳- نازک سازي لبه‌ها براي بدست آوردن ضخامت يک نقطه. در اين روش بـراي همـوار سـازي تـصوير از توزيع گاوسين استفاده مي‌شود [20].

در قسمت زدودن نقاط غيربيشنه براي نازک كـردن لبـه‌هـا يـك نقطه با نقاط همسايه آن مقايسه مي‌شود. با توجه بـه جهـت بيـشترين تغييرات در هر نقطه كه توسط كليشه‌هاي گراديان مشخص مـي‌شـود، نقاط با گراديان بيشينه باقي مي‌مانند و بقيه نقاط حذف مـي‌شـوند. در آستانه‌اي نمودن پسماندي دو آستانه به نام‌هاي آسـتانة بـالا و آسـتانة پايين انتخاب مي‌شوند. تمامي نقاط كه بيشتر از آستانه بالا باشند و يـا بين اين دو آستانه باشند و در همسايگي آنهـا يـک لبـه وجـود داشـته باشد نيز بعنوان لبه انتخاب مي‌شوند. بدين ترتيب نقاط با بزرگي كمتر گراديان كه متصل به نقاط با بزرگي گراديان بالا هستند، نيز بعنوان لبه انتخاب مي‌شوند. در روش كني لبه‌هاي با ضخامت يـک نقطـه انتخـاب مي‌شوند و حساسيت به نويز نـسبت بـه روش سـوبل كمتـر مـي‌باشـد. همچنين در اين روش امكان ايجاد لبه‌هاي اضافي وجود دارد.

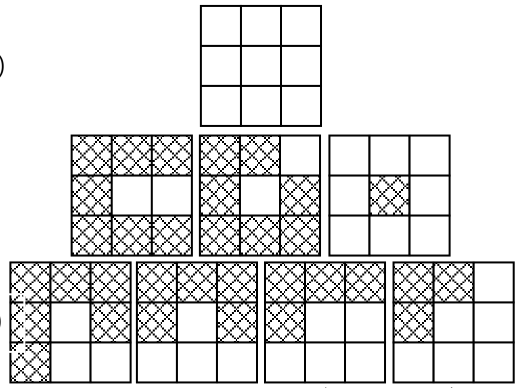
۴- روش پيشنهادي

در اين بخش روشي مبتني بر اتوماتاي يادگير سـلولي بـراي تـشخيص لبه تصاوير سطح خاكستري پيشنهاد مي‌شود. اتوماتاي يادگير اسـتفاده شده در اتوماتاي يادگير سلولي ايـن روش از نـوع اتوماتـاي يـادگير بـا ساختار ثابت مي‌باشد.

براي يافتن لبه در يک تصوير با ابعاد CxR از يک اتوماتاي يادگير سلولي دو بعدي با R سطر و C ستون استفاده شده كه هـر سـلول آن به يک پيكسل تصوير نگاشت مي‌شود. در هـر سـلول اتوماتـاي يـادگير سلولي يک اتوماتاي يادگير با ساختار ثابت از نوع $L_{2N,2}$ قـرار داشـته كه شامل دو عمل تعلق پيكسل به لبـه و عـدم تعلـق پيكـسل بـه لبـه مي‌باشد. عمق حافظه مورد استفاده بر اساس تفاوت سـطح خاكـستري مورد نياز در لبه‌يابي معين مي‌شود. اگر تغييرات شدت روشنايي تصوير در رنج تغييرات [۲۵۵-۰] باشد و لبه‌هايي با تفاوت شدت روشـناي d مورد نظر باشند، از حافظه اي به عمق $\lceil 256/d \rceil$ استفاده مي‌نماييم. مقدار اوليه هر سلول را برابر $\lceil 256/d \rceil$ قرار داده كه متناظر با شدت روشنايي پيكسل متناظر با سلول مي‌باشد.

در ابتدا تمامي سلول‌هاي اتوماتاي يادگير سلولي عمـل اول خـود كه همان متعلق بودن پيكسل به لبه مي‌باشد، را انتخاب مي‌نماينـد در مراحل اوليه خروجي اتوماتاي سلولي يک تصوير كاملاً سفيد مـي‌باشـد چراكه تمام پيكسل‌ها به عنوان لبه در نظر گرفته شده‌اند. با روند تكرار اجرايي اتوماتاي يادگير سلولي لبه‌هاي تصوير به مرور آشكار مي‌شـوند. همسايگي مورد استفاده در قوانين اين اتوماتا از نوع مور با شـعاع يـک مي‌باشد. در اشكال شكل (۶)، همسايگي‌هـايي كـه منجـر بـه دريافـت جريمه مي‌شوند نشان داده شده است. در اين اشكال سلول لبه روشن و سلول غير لبه تيره مي‌باشند. اين همسايگي‌ها باعث پهن شدن لبـه‌هـا، ايجاد نويز و يا ايجاد لبه‌هاي اضافي مي‌نماينـد. برخـي الگوهـاي نـشان

داده شده در شکل (۶) به صورت نماينده الگو بـوده و الگوهـايي مـشابه الگو که از چرخش الگو بدست مي آيند نيز جريمه دريافت مـي‌نماينـد. الگوهاي همسايگي که در شکل (۶) موجود نمي‌باشند پـاداش دريافـت مي‌کنند. براي شرط خاتمه الگوريتم مي‌توان تعداد تکرار مشخص، ثابت ماندن وضعيت حافظه يادگير هر سلول از اتوماتاي يادگير سـلولي و يـا ارضاء شرايط از پيش تعيين شده مانند کمتر شدن آنتروپي از يک حـد آستانه از پيش تعريف شده را در نظر گرفت.

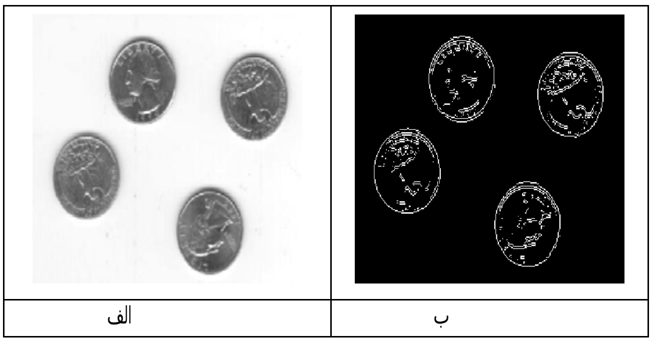


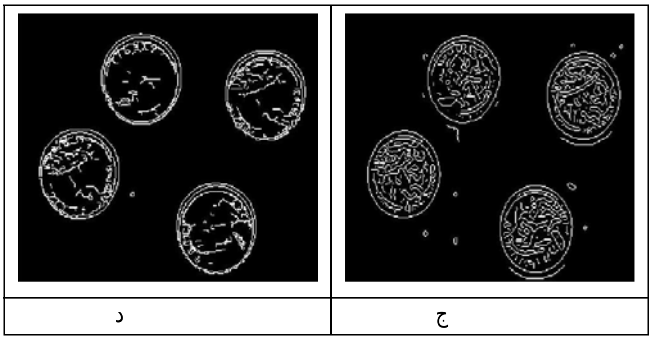
شکل (۶): الگوهاي همسايگي که جريمه دريافت مي‌دارند. سلول لبه روشن و سلول غير لبه تيره نشان داده شده است. ۱)- لبه پهن. ۲)- نويز. ۳)- لبه هاي اضافي.

۵- نتايج آزمايشها

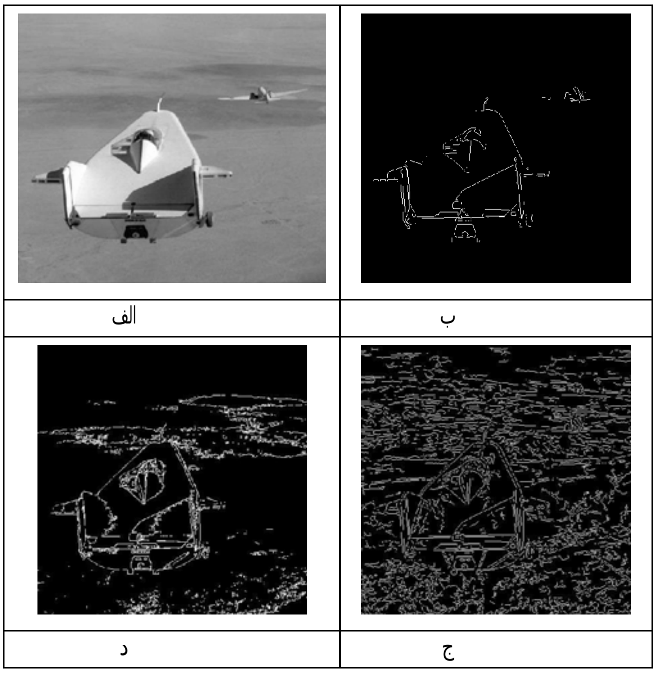
به منظور ارزيابي روش پيشنهادي آزمايش‌هايي انجـام و نتـايج بدسـت آمده با نتايج بدست آمده از روش کني و روش سوبل مقايسه گرديدند. در اشکال (۷) و (۸) لبه‌هاي بدست آمده با استفاده از روش پيشنهادي نشان داده شده است. چنانچه در اين اشکال ديده مي‌شود لبـه بدسـت آمده از روش پيشنهادي باريـک و در عـين حـال از دقـت مطلـوبي بـر خوردار مي‌باشد.

در شکل (۹) تصوير آغشته شده به نـويز نمـک فلفلـي بـا توزيـع ۰,۰۲ نشان داده شده است. چنانچه در شکل (۹) مشاهده مي شود بـه دليل استفاده از ساختار همسايگي همچنين استفاده از شدت روشنايي تصوير به جاي بزرگي گراديان, تأثير نويز بر روي لبه‌ها کمتر مي‌باشـد. همچنين با استفاده از روش پيشنهادي نويز نمک فلفلي به ميزان قابـل ملاحظه‌اي حذف شده است.

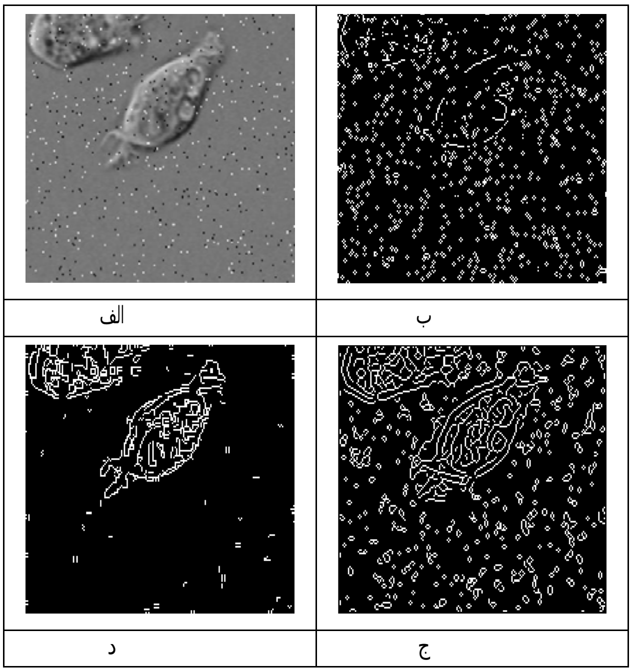




شکل (۷): الف- تصوير اصلي. ب-روش سوبل، ج-روش کني، د-روش پيشنهادي با اتوماتاي يادگير سلولي



شکل (۸): الف- تصوير اصلي. ب-روش سوبل، ج-روش کني، د-روش پيشنهادي با اتوماتاي يادگير سلولي



شكل (٨): الف- تصوير با نويز نمک فلفلي ۰٫۰۲. ب-روش سوبل، ج-روش كني، د-روش پشنهادي با اتوماتاي يادگير سلولي

۶- نتيجه‌گيري

در اين مقاله روشي مبتني بـر اتوماتـاي يـادگير سـلولي بـراي يـافتن لبه‌هاي تـصوير پيـشنهاد و بـا دو روش تـشخيص لبـه كنـي و سـوبل مقايسه‌گرديد. روش پيشنهادي به نويز نمک فلفلي به دليل اسـتفاده از الگوهاي همسايگي حساسيت كمي دارد. همچنين لبه‌هـايي بـا پهنـاي يك نقطه را تشخيص و لبه‌هـاي توليـدي باريـک مـي‌باشـند. در روش پيشنهادي، لبه‌هـا بـا تـصوير مطابقـت بيـشتري دارنـد چراكـه در هـر همسايگي از شدت روشنايي سـلول‌هـاي موجـود در همـسايگي بـراي تعيين لبه استفاده شـده اسـت. نتـايج آزمايـشها نـشان داد كـه روش مبتني بر اتوماتاي سلولي يادگير داراي كارايي خوبي در مقايـسه بـا دو روش تشخيص لبه كني و سوبل مي‌باشد.

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] McCane, B., "Edge Detection Notes", Department of Computer Science, University of Otago, Note COSC453, Feb 2001.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] Popovici, A. and Popovici, D., "Cellular automata in image processing", Proceedings of the 15th International Symposium on the Mathematical Theory of Networks and Systems, Romania 2002.

[9] 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.

[10] Yang, Jianhua and Wang, Guangyu, "Image edge detecting by using the bacteriorhodopsin-based artificial ganglion cell receptive field", Thin Solid Films 324_1998.281–284, Elsevier December 1997.

[11] Lim, Dong Hoon, "Robust edge detection in noisy images", Computational Statistics & Data Analysis 50, pp. 803–812, Elsevier Science 2004.

[12] Barzohar, M. and Cooper, D. B., "Automatic finding of main roads in aerial images by using geometric stochastic models and estimation", IEEE Transactions on Image Processing, 2002.

[13] Liow, Y., "A contour tracing algorithm that preserve common boundaries between regions", CVGIP-Image understanding, 1991.

[14] Kim, Y. and Lee, S., "Direct extraction of topographic features for gray scale character recognition", IEEE Trans. Patt. Analysis and Machine Int. Vol. 17, No. 7, 1995.

[15] 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.

[16] 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.

[17] 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.

[18] 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.

[19] 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.

[20] Canny, J., "A computational approach to edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, Nov. 1986.

[21] Wolfram, S., Cellular Automata, Los Alamos Science, vol. 9, pp. 2-21, Fall 1983.

[22] 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.

[23] 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.

[24] 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.

زيرنويس‌ها

[1] Cellular Learning Automata (CLA)

[2] Learning Automata (LA)

[3] Cellular Automata (CA)

[4] Totalistic

[5] Outer Totalistic