

یک روش ترکیبی برای واضح سازی تصاویر (مدل پخش گاز + اتوماتای یادگیر سلولی)

فرشاد مارچینی محمدرضا میبدی وحید سلیمانی

آزمایشگاه محاسبات نرم

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فن آوری اطلاعات

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تهران ایران

(marchini, meybodi, soleymani)@ce.aut.ac.ir

تکنیکهای پردازش تصویر و شناسایی الگو کاربردهای فراوانی در پزشکی، صنعت، بینایی ماشین و کنترل دارد. در بینایی ماشین و پردازش تصویر با استفاده از بعضی عملیات ریاضی نظیر تشخیص لبه بوسیله گرادیان و یا اعمال فیلترهای مناسب ویژگیهای تصویر نظیر لبه ها و خطوط، انحناها، گوشه ها و مرزها را می توان استخراج کرد. استخراج این ویژگیها، نمایش و تحلیل صحنه های تصویر را آسان تر می سازد [16-19][8][4][1]. یکی از عملیاتی که همواره در تصاویر مورد نظر بوده است عمل واضح سازی تصویر می باشد. عمل واضح سازی برخلاف هموار سازی تصاویر که در آن هدف هموار کردن تغییرات سطوح خاکستری می باشد باعث ناهموار تر کردن تغییرات سطوح خاکستری می باشد. در حقیقت عمل هموارسازی تصاویر سعی در تضعیف فرکانسهای بالا و عمل واضح سازی سعی در تقویت فرکانسهای بالا دارد. یکی از مهمترین نکاتی که در عمل واضح سازی تصاویر باید رعایت شود این است که تصویری که باید این عمل بر روی آن انجام شود عاری از نویز باشد چرا که نویز خود یک پدیده فرکانس بالا می باشد و بالطبع پس از عمل واضح سازی نویز قوی تر شده و باعث خرابی تصویر حاصله میگردد. در واقع عمل واضح سازی تصاویر به منظور مشخص کردن جزئیات تصاویر و یا بهبود جزئیاتی که بر اثر هموار سازی یا بر اساس خطا و یا بر اثر استفاده از برخی از روشها از دست رفته اند می باشد. از واضح سازی تصویر معمولاً به عنوان ابزاری برای شناسایی لبه ها بهره می جویند. از کاربردهای واضح سازی تصاویر میتوان به چاپ تصاویر بردهای الکترونیکی، تصویر برداری پزشکی، بررسی های صنعتی و تشخیص اهداف خودکار توسط سلاح های هوشمند اشاره کرد. روشهای بسیاری از جمله، واضح سازی با استفاده از مشتق گیری، واضح سازی با استفاده از گرادیان گیری، واضح سازی با استفاده از لاپلاسین گیری، واضح سازی با استفاده از مدل پخش گاز و واضح سازی با استفاده از فیلتر Butherworth برای انجام عمل

چکیده: یکی از عملیات مهم در پردازش تصاویر عمل واضح سازی^۱ می باشد. یکی از روشهای واضح سازی مبتنی بر مدل پخش گاز میباشد. یکی از مشکلات این روش تعیین مقدار مناسب برای پارامتر α برای هر پیکسل در تصویر میباشد. معمولاً مقدار پارامتر α برای کلیه پیکسلهای تصویر اعم از لبه و یا غیر لبه و همچنین پیکسلهایی با تغییرات هموار و یا غیر هموار، یکسان در نظر گرفته میشود و بهمین دلیل تمام قسمتهای تصویر بطور یکسان واضح سازی میشوند. این روش دارای کارایی بالاتری خواهد اگر برای تغییرات ناگهانی فرکانس از مقادیر بالا و در غیر این صورت از مقادیر پایین برای پارامتر α استفاده گردد. در این مقاله یک روش واضح سازی که از ترکیب روش واضح سازی مبتنی بر پخش گاز و اتوماتای یادگیر سلولی حاصل شده است پیشنهاد میگردد. در این روش ترکیبی، اتوماتای یادگیر سلولی عهده دار تعیین مقادیر مناسب پارامتر α برای پیکسلهای تصویر میباشد. اتوماتای یادگیر در هر سلول اتوماتای یادگیر سلولی مقدار مناسب پارامتر α پیکسل متناظر با آن سلول را تعیین کند. یکی از خصوصیات بارز الگوریتم پیشنهادی در این است که عمل واضح سازی میتواند بر روی تصاویر نویزی نیز انجام گردد و نیازی به حذف نویز قبل از فرایند واضح سازی نمیباشد. به بیان دیگر الگوریتم پیشنهادی در حین واضح سازی، نویز موجود در تصویر را نیز حذف مینماید. همچنین روش پیشنهادی متکی بر عملیات محلی در همسایگی هر پیکسل می باشد که پیاده سازی آنها را ساده می سازد. از طریق شبیه سازی کارایی روش ترکیبی نشان داده شده است.

کلمات کلیدی: اتوماتای یادگیر، اتوماتای یادگیر سلولی، پردازش تصویر، واضح سازی تصویر

۱- مقدمه

¹ Image Sharpening

واضح سازی تصاویر تا کنون معرفی شده اند که هر کدام معایب و مزایای خاص خود را دارند [5][6][7][8].

اتوماتای یادگیر سلولی که اخیراً پیشنهاد شده است [20]، مدلی برای سیستمهایی است که از اجزاء ساده ای تشکیل شده اند و رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگانش و نیز تجربیات گذشته اش تعیین و اصلاح می شود. اجزاء ساده تشکیل دهنده این مدل، از طریق تعامل با یکدیگر می توانند رفتار پیچیده ای از خود نشان دهند. یک اتوماتای یادگیر سلولی، از یک اتوماتای سلولی تشکیل شده است که هر سلول آن به یک یا چند اتوماتای یادگیر مجهز می باشد که وضعیت این سلول را مشخص می سازد. مانند اتوماتای سلولی [18]، یک قانون محلی در محیط حاکم است و این قانون تعیین می کند که آیا عمل انتخاب شده توسط یک آتاماتا در یک سلول بایستی پاداش داده شود و یا جریمه شود. عمل دادن پاداش و یا جریمه منجر به بروز در آوردن ساختار اتوماتای یادگیر سلولی به منظور نیل به یک هدف خاص می گردد.

یکی از روشهای واضح سازی^۲ مبتنی بر مدل بخش گاز میباشد. یکی از مشکلات این روش تعیین مقدار مناسب یکی از پارامترهای این روش به نام α برای هر پیکسل میباشد. معمولاً مقدار پارامتر α برای کلیه پیکسلهای تصویر اعم از لبه و یا غیر لبه و همچنین پیکسلهایی با تغییرات هموار و یا غیر هموار، یکسان در نظر گرفته میشود و بهمین دلیل تمام قسمتهای تصویر بطور یکسان واضح سازی میشود. این روش دارای کارایی بالاتری است اگر برای تغییرات ناگهانی فرکانس از مقادیر بالا و در غیر این صورت از مقادیر پایین برای α استفاده گردد. در این مقاله یک روش واضح سازی که از ترکیب روش پخش گاز و اتوماتای یادگیر سلولی حاصل شده است پیشنهاد میگردد. در این روش ترکیبی، اتوماتای یادگیر سلولی عهده دار تعیین مقدار مناسب پارامتر α برای پیکسلهای تصویر میباشد. اتوماتای یادگیر در هر سلول اتوماتای یادگیر سلولی پارامتر α پیکسل متناظر با آن سلول را تعیین کند. یکی از خصوصیات بارز الگوریتم پیشنهادی این است که عمل واضح سازی میتواند بر روی تصاویر نویزی نیز انجام گردد و نیازی به حذف نویز قبل از واضح سازی نمیشود. به بیان دیگر الگوریتم پیشنهادی در حین واضح سازی، نویز موجود در تصویر را نیز حذف مینماید از مشخصه های دیگر روش پیشنهادی توزیعی بودن آن است. همچنین این روشها متکی بر عملیات محلی در همسایگی هر پیکسل می باشد که پیاده سازی آنها را به صورت نرم افزاری و یا سخت افزاری ساده تر می سازد. نتایج بدست آمده از شبیه سازیها کارایی بالای این روش ترکیبی را نشان میدهد.

ادامه مقاله به شرح زیر سازماندهی شده است. در بخش ۲ اتوماتای یادگیر و در بخش ۳ و اتوماتای یادگیر سلولی مختصراً شرح داده

میشود. در بخش ۴ الگوریتم ترکیبی و نتایج آزمایشها ارائه میگردد. بخش ۵ مقاله نتیجه گیری میباشد.

۲- اتوماتاهای یادگیر

اتوماتای یادگیر یک ماشین با حالات محدود^۳ است که میتواند تعداد محدودی عمل را انجام دهد. هر عمل انتخاب شده توسط محیطی احتمالی ارزیابی می گردد و پاسخی به اتوماتای یادگیر داده می شود. اتوماتای یادگیر از این پاسخ استفاده نموده و عمل بعدی خود را انتخاب می کند. در طی این فرایند، اتوماتای یادگیر یاد می گیرد که چگونه بهترین عمل را از بی ن اعمال مجاز خود انتخاب نماید. محیط را می توان توسط سه تایی $E \equiv \{\alpha, \beta, c\}$ نشان داد که در آن $\alpha = \{\alpha_1, \dots, \alpha_r\}$ مجموعه ورودیها، $\beta = \{\beta_1, \dots, \beta_m\}$ مجموعه خروجیها و $c = \{c_1, \dots, c_r\}$ مجموعه احتمالات جریمه می باشد. هرگاه β مجموعه دو عضوی باشد محیط از نوع P می باشد. در چنین محیطی $\beta_1 = 1$ به عنوان جریمه و $\beta_2 = 0$ به عنوان پاداش در نظر گرفته می شود. در محیط $Q, \beta(n)$ می تواند به طور گسسته یک مقدار از مقادیر محدود در فاصله $[0,1]$ و در محیط از نوع S، $\beta(n)$ هر مقدار در فاصله $[0,1]$ را اختیار کند. c_i احتمال اینکه عمل α_i نتیجه نا مطلوب داشته باشد، می باشد. در محیط ایستا مقادیر c_i در طی زمان بدون تغییر می مانند، حال آنکه در محیط غیر ایستا این مقادیر در طی زمان تغییر می کنند. اتوماتای یادگیر به دو گروه اتوماتاهای یادگیر با ساختار ثابت و اتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر تقسیم می شوند. در این مقاله از اتوماتاهای یادگیر با ساختار متغیر استفاده شده است، در برای اطلاعات بیشتر در باره اتوماتاهای یادگیر می توان به [37][39][14][12][10] مراجعه نمود.

۳- اتوماتای یادگیر سلولی

اتوماتای یادگیر سلولی (CLA)، مجموعه ای از اجزای ساده ای است بطوریکه رفتار هر جزء بر اساس رفتار همسایگانش و تجربیات گذشته اش تعیین و اصلاح می شود. اجزاء ساده تشکیل دهنده این مدل، از طریق کنش و واکنش با یکدیگر رفتار پیچیده ای از خود نشان می دهند، بنابراین از آن می توان در مدل کردن بسیاری از سیستمها بهره برد. هر اتوماتای یادگیر سلولی، از یک اتوماتای سلولی تشکیل شده است که هر سلول آن به یک یا چند اتوماتای یادگیر مجهز می باشد که حالت این سلول را مشخص می سازد. مانند اتوماتای سلولی، قانون محلی در محیط حاکم است و این قانون تعیین می کند که آیا عمل انتخاب شده توسط یک اتوماتا در سلول باید پاداش داده شود و یا اینکه جریمه شود. دادن پاداش و یا جریمه باعث بروز شدن ساختار اتوماتای یادگیر سلولی بمنظور نیل به یک هدف مشخص می گردد. ایده اصلی اتوماتای یادگیر سلولی، که می توان آن را زیر مجموعه ای از اتوماتاهای یادگیر سلولی تصادفی در نظر گرفت، استفاده از اتوماتاهای یادگیر برای محاسبه احتمال انتقال حالت در اتوماتای سلولی تصادفی می

³ Finite State Machine

² Image Sharpening

باشد. اتوماتاهای یادگیر سلولی را می توان به دو دسته آسنکرون و سنکرون آنتروپی به عنوان معیاری برای سنجش میزان کارایی و بررسی سیستم تقسیم کرد. در مدل سنکرون تمام سلولها با یک ساعت سراسری هماهنگ مورد استفاده قرار گرفته است. بدین صورت که وقتی اتوماتاهای محیط شده و به طور همزمان اجرا می شوند.

در اتوماتای یادگیر سلولی می توان از ساختارهای مختلفی برای همسایگی استفاده نمود. در حالت کلی هر مجموعه مرتب از سلولها را می توان به عنوان همسایه در نظر گرفت اما معمولترین آنها همسایگی ون نیومن^۴ و مور^۵ می باشند که به نزدیکترین همسایگان مشهور می باشند.

در اتوماتای یادگیر سلولی می توان از ساختارهای مختلفی برای همسایگی استفاده نمود. در حالت کلی هر مجموعه مرتب از سلولها را می توان به عنوان همسایه در نظر گرفت اما معمولترین آنها همسایگی ون نیومن^۴ و مور^۵ می باشند که به نزدیکترین همسایگان مشهور می باشند.

$$E_{ij} = -\sum_{k=1}^r P(a_k) \log(P(a_k))$$

که در رابطه بالا $P(a_i)$ احتمال انتخاب عمل a_i توسط اتوماتای یادگیر میباشد. آنتروپی CLA به صورت زیر تعریف میشود.

$$E = \sum_i \sum_j E_{ij}$$

برای اطلاعات بیشتر در باره اتوماتای یادگیر سلولی و کاربرد های آن میتوان به [11][40-38][21-36] مراجعه نمود.

۴- روش پیشنهادی برای واضح سازی تصویر

در این بخش از مقاله ابتدا روش واضح سازی مبتنی بر مدل بخش گاز شرح داده میشود و سپس یک روش ترکیبی که از ترکیب اتوماتای یادگیر سلولی و روش واضح سازی مبتنی بر مدل پخش گاز حاصل شده است برای واضح سازی تصاویر پیشنهاد میگردد. در خاتمه این بخش نتایج آزمایشها گزارش شده است.

۴-۱- واضح سازی با استفاده از مدل پخش گاز

فرض کنید که $g(x,y)$ تصویر اصلی و $f(x,y)$ تصویر تار شده باشد. فرایند تار شدن یک تصویر را میتوان توسط فرایند پخش شدن گاز مدل کرد. فرض کنید $f(x,y,t)$ تصویر تار شده در زمان t باشد. از لحظه $t=0$ تار تصویر (پخش گاز) آغاز می شود و در زمان $t = \tau$ تصویر تار شده، $f(x,y)$ را خواهیم داشت و در این صورت

$$f(x, y, \tau) = f(x, y) \quad (۶)$$

$$f(x, y, 0) = g(x, y) \quad (۷)$$

همچنین داریم

$$\partial f / \partial t = K \nabla^2 f \quad K > 0$$

(۸)

تابع $f(x,y,t)$ را با استفاده از بسط تیلور، حول نقطه $t = \tau$ بسط می دهیم و با صرف نظر کردن از جملات با درجه بالاتر از ۱، به عبارت زیر خواهیم رسید.

$$f(x, y, 0) \approx f(x, y, \tau) - \tau \frac{\partial f(x, y, \tau)}{\partial t} \quad (۹)$$

با استفاده از روابط (۶)، (۷)، (۸) و (۹) خواهیم داشت:

$$g(x, y) = f(x, y) - K \tau \nabla^2 f(x, y) \quad (۱۰)$$

از طرفی $\nabla^2 f$ را می توان به صورت زیر محاسبه کرد.

قوانین: قوانین در اتوماتای یادگیر سلولی به سه دسته *general*، *totalistic* و *outer totalistic* تقسیم می گردند [13][18]. در قوانین *general* مقدار یک سلول در مرحله بعدی به مقادیر همسایه های آن سلول بستگی دارد. در قوانین *totalistic* مقدار یک سلول تنها به مجموع همسایه های آن سلول بستگی دارد در قوانین *totalistic* *outer* مقدار یک سلول در مرحله بعدی هم به مقادیر همسایه های آن سلول و هم به خود سلول بستگی دارد.

عملکرد اتوماتای یادگیر سلولی: عملکرد اتوماتای یادگیر سلولی را می توان به شرح زیر بیان کرد. در هر لحظه هر اتوماتای یادگیر در اتوماتای یادگیر سلولی یک عمل از مجموعه اعمال خود را انتخاب می کند این عمل می تواند بر اساس مشاهدات قبلی و یا به صورت تصادفی انتخاب شود. عمل انتخاب شده با توجه به اعمال انتخاب شده توسط سلولهای همسایه و قانون حاکم بر اتوماتای یادگیر سلولی پاداش داده و یا جریمه می شود. با توجه به اینکه عمل انتخاب شده پاداش گرفته و یا جریمه شده است آتاماتا رفتار خود را تصحیح کرده و ساختار داخلی آتاماتا بهنگام می گردد. معمولاً عمل به روز در آوردن تمام آتاماتاها به صورت همزمان انجام می شود. بعد از به روز در آوردن، هر آتاماتا در اتوماتای یادگیر سلولی دوباره یک عمل از مجموعه اعمال خود را انتخاب کرده و انجام می دهد. فرایند انتخاب عمل و دادن پاداش و یا جریمه تا زمانیکه سیستم به حالت پایدار برسد و یا یک معیار از قبل تعریف شده ای بر قرار شود ادامه می یابد. عمل بهنگام سازی ساختار آتاماتاهای موجود در اتوماتای یادگیر سلولی توسط الگوریتم یادگیری انجام می شود. در حاکت کلی در یک اتوماتای یادگیر سلولی اگر همه حالتها با هم تغییر کنند آن را همزمان گویند و اگر در هر لحظه یک حالت تغییر کند آن را سریال و اگر حالتها به صورت تصادفی یکنواخت تغییر کنند آن را غیر همزمان می نامند.

آنتروپی برای اتوماتای یادگیر سلولی: آنتروپی معیاری است برای اندازه گیری میزان اطلاعاتی که توسط یک منبع تولید میشود و یا توسط فرد شاهد دریافت میگردد. در مدل اتوماتای یادگیر سلولی،

⁴Von Neuman

⁵ Moore

$$\nabla^2 f(x, y) = f(x+1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) + f(x-1, y) + f(x, y-1) - 4f(x, y) \quad (11)$$

معادله (۱۰) را می توان با استفاده از تعریف لاپلاسیان در تصویر به فرم (۱۱) به صورت زیر برای از بین بردن تاری تصویر استفاده کرد.

$$g(x, y) = (1 + 4\alpha)f(x, y) - \alpha(f(x+1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1) + f(x-1, y)) \quad (12)$$

که $\alpha = K\tau$ می باشد.

یکی از مشکلات این روش این است که برای کلیه پیکسلهای تصویر اعم از لبه و یا غیر لبه و پیکسلهای با تغییرات هموار و یا غیر هموار پارامتر α یکسان در نظر گرفته میشود و بهمین دلیل همه قسمتهای تصویر به یک نحو واضح سازی میشود.

۴-۲- الگوریتم ترکیبی پیشنهادی برای واضح سازی تصاویر

در روش ترکیبی، از یک اتوماتای یادگیر سلولی به منظور تعیین مقادیر مناسب پارامتر α برای پیکسلهای تصویر استفاده میشود. اتوماتای یادگیر در هر سلول اتوماتای یادگیر سلولی عهده دار تعیین مقدار پارامتر α برای پیکسل متناظر با آن سلول میباشد. در واقع اتوماتای یادگیر سلولی تعیین میکند که برای کدام پیکسل مقدار پارامتر α بایستی پایین و برای کدام پیکسل مقدار پارامتر α بایستی بالا در نظر گرفته شود. برای این منظور در موقعیتهایی که تغییرات ناگهانی فرکانس وجود دارد باید از مقادیر بالا برای پارامتر α استفاده نمود و در مقابل در موقعیتهایی که تغییرات ناگهانی فرکانس وجود ندارد باید از مقادیر پایین برای پارامتر α استفاده نمود.

برای واضح سازی یک تصویر $C \times R$ از یک اتوماتای دو بعدی با R سطر و C ستون که در هر سلول آن یک اتوماتای یادگیر قرار دارد استفاده میشود. هر پیکسل تصویر به یکی از سلولهای اتوماتای یادگیر سلولی نگاشت میشود. پیکسل در سطر i و ستون C به سلول در سطر i و ستون C اتوماتای یادگیر سلولی نگاشت میشود. هر اتوماتای یادگیر دارای ۱۱ اقدام میباشد. که هر اقدام یکی از مقادیر بین ۰ و ۱ را اختیار میکنند. در آزمایشهای انجام گرفته به اقدام اول ۰، به اقدام دوم ۰،۱، به اقدام دوم ۰،۲، ... و به اقدام یازدهم مقدار ۱ نسبت داده میشود. انتخاب یک اقدام توسط یک اتوماتای یادگیر به منزله انتخاب یکی از این مقادیر میباشد. بردار احتمال انتخاب اقدامهای هر اتوماتای یادگیر $p = (p_1, p_2, \dots, p_{11})$ در ابتدا به بردار $p = (1/11, 1/11, \dots, 1/11)$ مقدار دهی میشود. این بدین معنی است که هر اتوماتای یادگیر در ابتدا یکی از ۱۱ مقدار تعیین شده برای پارامتر α را با احتمال مساوی انتخاب مینماید. پس از انتخاب اقدام (انتخاب یک مقدار برای پارامتر α) توسط یک اتوماتای یادگیر فرمول کلی مدل پخش گاز با استفاده از این مقدار ارزیابی میگردد و عدد به دست آمده برای این پیکسل برای مقایسات بعدی نگاه داشته میشود. سپس تعیین میشود که

آیا این عدد به دست آمده برای پیکسل مورد نظر صحیح میباشد و یا خیر؟ اگر پیکسل مورد نظر نسبت به همسایگانش دارای تغییرات ناگهانی است و مقدار بالایی برای پارامتر α ان پیکسل انتخاب شده باشد و یا اگر پیکسل مورد نظر نسبت به همسایگانش دارای تغییرات ناگهانی نبوده است و مقدار پایینی برای پارامتر α انتخاب شده باشد در این صورت اقدام انتخابی بر طبق الگوریتم یادگیری پاداش داده میشود و در غیر این صورت اقدام انتخابی بر طبق الگوریتم یادگیری جریمه میگردد.

الگوریتم پیشنهادی با ذکر جزئیات بیشتر در مراحل زیر خلاصه شود:

۱. هر پیکسل از تصویر به یک سلول از اتوماتای سلولی یادگیر نسبت داده میشود.

۲. برای هر پیکسل بردار احتمال $p = (p_1, p_2, \dots, p_{11})$ را تعریف کنید. هر عضو از این بردار، احتمال انتخاب یکی از مقادیری را که پارامتر α میتواند اختیار کند و توسط اتوماتای یادگیر انتخاب میشود را مشخص مینماید. در ابتدای عملیات، این بردار به $p = (1/11, 1/11, \dots, 1/11)$ مقدار دهی میشود. این بدین معنی است که در ابتدای عملیات یکی از ۱۱ مدار تعیین شده برای پارامتر α با احتمال مساوی توسط اتوماتای یادگیر انتخاب میشود. $\alpha = (0, 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 1)$ بعنوان بردار اقدامهای هر اتوماتای یادگیر در نظر گرفته شده است. برای مقدار اولیه آنتروپی مقدار بسیار بالایی در نظر گرفته میشود.

۳. برای تمام پیکسلها قدمهای ۴ تا ۶ انجام داده شود.

۴. اتوماتای یادگیر در هر سلول یکی از اقدامهای خود را بر طبق بردار احتمال p انتخاب میکند که این به منزله انتخاب یکی از ۱۱ مقداری است که پارامتر α میتواند انتخاب کند.

۵. با استفاده از مقدار انتخاب شده برای پارامتر α فرمول کلی مدل پخش گاز یعنی $g(x, y)$ برای هر پیکسل محاسبه میشود و عدد به دست آمده برای استفاده بعدی حفظ میشود

۶. در این مرحله تعیین میشود که آیا هر پیکسل نسبت به همسایگانش دارای تغییرات ناگهانی میباشد یا خیر؟ اگر تعداد همسایگانی از پیکسل که دارای تفاوت سطح خاکستری بیشتر از یک هستند برابر یا بزرگتر از ۳ باشد در این صورت پیکسل نسبت به همسایگانش دارای تغییرات ناگهانی می باشد؟ حال اگر مقدار $g(x, y)$ که در مرحله ۵ محاسبه شد از مقدار اصلی پیکسل یعنی $f(x, y)$ کوچکتر از ۲ واحد سطح خاکستری باشد $|g(x, y) - f(x, y)| \leq 2$ اقدام انتخاب شده توسط اتوماتای یادگیر متناظر با این پیکسل بر طبق الگوریتم یادگیری پاداش داده میشود (احتمال آن افزایش مییابد) و در غیر آن صورت این اقدام بر طبق الگوریتم یادگیری جریمه میگردد (احتمال آن افزایش مییابد).

- [6] Haralich, R. M. and Shapiro, L.G., "Survey: Image Segmentation", *Compu. Vision, Graphics, Image Proc.* Vol. 29, pp. 100-123.
- [7] Haralich R. M. and Sterenberg, S. R. "Image Analysis Using Mathematical Morphology," *IEEE Trans. on PAMI.* Vol 9, 1987.
- [8] Kim, Y. and Lee, S. "Direct Extraction of Topographic Features for Gray Scale Character Recognitin" . *IEEE Trans. Patt. analysis and machine Inte.*, Vol. 17, No. 7, 1995.
- [9] Lakshmirarahan, S., "Learning Algorithms: Theory and Applications", New York, Springer Verlag, 1981.
- [10] Mars, P., Chen, J. R. and Nambir, R. "Learning Algorithms: Theory and Applications in Signal Processing, Control and Communications", CRC Press, Inc., pp. 5-24, 1996.
- [11] 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*, pp. 271-280, Feb. 2005.
- [12] Meybodi, M. R. and Lakshmirarahan, S. "On a Class of Learning Algorithms which have a Symmetric Behavior under Success and Failure", *Springer Verlag Lecture Notes in Statistics*, pp. 145-155, 1984.
- [13] Mitchell, M. "Computation in Cellular Automata: A Selected Review", Technical Report, Santa Fe Institute, Santa Fe, U.S.A., 1996.
- [14] Narendra, K. S. and Thathachar, M. A. L. "Learning Automata: An Introduction", Prentice Hall, Inc., 1989.
- [15] Preston, K. JR. "Feature Extraction by Golay Hexagonal Pattern Transformations", *IEEE Trans. Comput.*, Vol. C-20, pp. 1007-1014, 1979.
- [16] 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.
- [17] Weska, J. S. "A Survey of Threshold Selection Techniques", *Compu. Vision, Graphics, Image Proc.* Vol 2, pp. 259-265, 1978.
- [18] Wolfrom, S. "Theory and Application of Cellular Automata", Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 1986.
- [19] Zhao, Y. and Anderson, L. S. "Pattern Estimation and Restoration of Noisy Images Using Gibbs Distributions In Hidden Markov Models" *IEEE*, 1989.
- [20] 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.
- [21] Beigy, H. and Meybodi, M. R "A Self-Organizing Channel Assignment Algorithm: A Cellular Learning Automata Approach", Vol. 2690 of *Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science*, PP. 119-126, Springer-Verlag, 2003.
- [22] Beigy, H. and Meybodi, M. R "A Dynamic Channel Assignment Algorithm: A Cellular Learning Automata Approach", *Proceedings of The 2nd Workshop on Information Technology & It's Disciplines*, pp. 218-231, Kish Island, Iran, February 24-26, 2004.
- [23] Ghanbari, R. and Meybodi, M. R. "Load Balancing in Grid Computing Using Cellular Learning automata", Technical Report, Computer Engineering Department, Amirkabir University, Tehran, Iran, 2004.
- [24] Hariri, A., Rastegar, R., Saheb Zamani, M. R. and Meybodi, M. R., " A Parallel Hardware Implementation of CLA-EC on

۷. اگر تفاوت بین آنتروپی تصویر بدست آمده در دو مرحله متوالی از یک مقدار استانه بیشتر باشد الگوریتم به مرحله ۳ میرود و در غیر این صورت الگوریتم خاتمه مییابد. مقداری از پارامتر α که دارای بالاترین احتمال انتخاب در بردار احتمال p میباشد بعنوان مقدار مناسب برای α انتخاب میشود. در آزمایشها مقدار استانه برابر با عدد یک در نظر گرفته شده است. هر چه مقدار استانه کوچکتر باشد مقدار گزارش شده نهایی برای پارامتر α دقیقتر خواهد بود ولی در عوض زمان همگرایی افزایش می یابد.

یکی از خصوصیات بارز الگوریتم پیشنهادی در این است که عمل واضح سازی میتواند بر روی تصاویر نویزی نیز انجام گردد و نیازی به حذف نویز قبل از واضح سازی نمیشود. به بیان دیگر الگوریتم پیشنهادی در زمان واضح سازی، نویز موجود در تصویر را نیز حذف مینماید. تصاویر شکل ۲ نتایج آزمایشها را برای تصاویر غیر نویزی و تصاویر شکل ۳ نتایج آزمایشها را برای تصاویر نویزی نشان میدهد. برای مشاهده آزمایشهای بیشتر میتوان به [41] مراجعه نمود

۵ - نتیجه گیری

در این مقاله یک روش ترکیبی که از ترکیب روش واضح سازی با استفاده از مدل پخش گاز و اتوماتای یادگیر سلولی حاصل شده است ارائه گردید. الگوریتم پیشنهادی بهبود یافته روش واضح سازی با استفاده از مدل پخش گاز میباشد که در آن از اتوماتای یادگیر سلولی برای تعیین پارامتر α برای پیکسهای تصویر استفاده شده است. نتایج آزمایشها برتری این روش ترکیبی را بر روش واضح سازی مبتنی بر مدل پخش گاز که در آن مقدار پارامتر α برای کلیه پیکسهای تصویر یکسان در نظر گرفته میشود نشان میدهد. الگوریتم پیشنهادی قادر است نویز موجود در تصویر را همزمان با عمل واضح سازی حذف نماید. یکی از مهمترین خصیصه های روش پیشنهادی توزیعی بودن آنها است که موازی سازی آن را بسادگی امکان پذیر میسازد.

مراجع

- [1] Beveridge, J. R. et al., "Segmenting Images Using Localizing Histograms and Region Merging", *International Journal of Compt.vision.* vol.2. 1989.
- [2] Canny, J. F. "A Computational Approach to Edge Detection". *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach.Intell.* PAMI, Vol. 8, No.6, pp.:679-698, 1986.
- [3] Chou, K. C., Willsky, A. S. and Benvensite, A. "Multiscale Recursive Estimation, Data Fusion and Regularization", *IEEE Trans. Automatic Control*, Vol. 39 1994.
- [4] Geman, S. and Geman, D. "Stochastic Relaxation, Gibbs Distributions, and the Bayesian Restoration of Images", *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 6 1984.
- [5] Gonzales, R. C. and Woods, R. E. "Digital Image Processing ", Addison Wesley , 1995.

Evolutionary Algorithm”, Proceedings of International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2004), Japan, 2004.

[35] Rastegar, R., Rahmati, M. and Meybodi, M. R. “A CLA-EC based Clustering Algorithm”, Proceedings of IEEE Conference in Advances Artificial Intelligence: Theory and Application (AISTA 2004), Luxemburg, October 2004.

[36] Saheb Zamani, M., Mehdipour, F. and M. R. Meybodi, M. R. "Implementation of Cellular Learning Automata on Reconfigurable Computing Systems", IEEE CCGEI 2003 Conference, Montreal, Canada, May 2003.

[37] 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.

[38] Rastegar, R. and Meybodi, M. R. “Experiments with Cellular Learning Automata”, Technical Report, Computer Engineering Department, Amirkabir University, Tehran, Iran, May 2005.

[39] 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.

[40] Kharazmi, M. R. and Meybodi, 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.

[41] Marchini, F. and Meybodi, M. R. “Application of Cellular Learning Automata to Image Processing” Computer Engineering Technical Report, Amirkabir University, Tehran, Iran, 2004.

FPGA”, Technical Report, Computer Eng. Department, Amirkabir university, 2004.

[25] Khojasteh, M. R. and Meybodi, M. R. “Cooperation in Multi-Agent Systems Using Learning Automata”, Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 1, No. 2, pp.81-91, 2004.

[26] Meybodi, M. R. and Kharazmi, M. R. “Application of Cellular Learning Automata to Image Processing”, Journal of Amirkabir, Vol. 14, No. 56A, pp. 1101-1126, 2004

[27] Meybodi, M. R. and Khojasteh, M. R. “Application of Cellular Learning Automata in Modeling of Commerce Networks”, Proceedings of 6th Annual International Computer Society of Iran Computer Conference CSICC2001, Isfahan, Iran, PP. 284-295, 2001.

[28] Meybodi, M. R. and Mehdipour, F. “VLSI Placement Using Cellular Learning Automata”, Journal of Modares, University of Tarbeit Modares, Vol. 16, pp. 81-95, summer 2004.

[29] Meybodi, M. R. and Taherkhani, M. ”Application of Cellular Learning Automata to Modeling of Rumor Diffusion”, Proceedings of 9th Conference on Electrical Engineering, Power and Water institute of Technology, Tehran, Iran, PP. 102-110, May 2001.

[31] Meybodi, M. R. and Kharazmi, M. R “Image Restoration Using Cellular Learning Automata”, in Proceedings of the Second Iranian Conference on Machine Vision, Image Processing and Applications, KNU University, Tehran, Iran, PP. 261-270, 2003.

[32] 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.

[33] Rastegar, R. and Meybodi, M. R. “A New Evolutionary Computing Model based on Cellular Learning Automata”, Proceedings of IEEE conference on Cybernetics and Intelligent Systems 2004 (CIS2004), Singapore, December 2004.

[34] Rastegar, R., Hariri, A. and Meybodi, M. R. “A Fuzzy Clustering Algorithm using Cellular Learning Automata based

شکل ۲: نتایج آزمایش برای تصاویر بدون نویز

| تصویر اولیه | تصویر واضح شده توسط الگوریتم پیشنهادی | تصویر واضح شده توسط مدل پخش شدن گاز با استفاده از مقادیر بالای آلفا | تصویر واضح شده توسط مدل پخش شدن گاز با استفاده از مقادیر پایین آلفا |
|---|--|---|---|
|  |  |  |  |

شکل ۳: نتایج آزمایش برای تصاویر نویزدار

| تصویر نویزدار | تصویر واضح شده توسط الگوریتم پیشنهادی | تصویر واضح شده با استفاده از مدل پخش گاز |
|---|---|---|
|  |  |  |