کاهش رنگ در نقشه چاپی فرش به کمک یادگیری تقویت‌شده

منصور فاتح، احسان‌اله کبیر و مجید نیلی احمدآبادی

چکیده: خواندن خودکار نقشه‌های فرش به معنی تعیین نقشه با تعداد رنگ مشخص از روی نقشه اسکن‌شده است. خواندن خودکار شامل دو مرحله تشخیص خطوط نقشه و کاهش تعداد رنگ پیکسل‌های تصویر است. کاهش رنگ نیز از دو مرحله طراحی پالت و نگاشت رنگ پیکسل‌های تصویر به رنگ‌های پالت تشکیل می‌شود. برای کاهش رنگ، روش‌های متنوعی وجود دارد که دقت آنها از اهمیت بالایی برخوردار است و حتی در برخی از روش‌ها برای افزایش دقت برای طراحی پالت از کاربر کمک گرفته می‌شود. هدف از این تحقیق ارائه روش کاهش رنگ کاملاً خودکار با دقت بالا است. برای این منظور از روش یادگیری تقویت‌شده[1] استفاده شده است که دقتی بالغ بر ۹۸٪ دارد. تاکنون از این روش برای کاهش رنگ استفاده نشده است. روش پیشنهادی با توجه به کاربرد، تعریف شده است و میزان کاهش رنگ به‌نحوی است که دقت الگوریتم کاهش پیدا نکند. از این رو پالت نهایی، از تعداد رنگ بیشتری در مقایسه با پالت اصلی برخوردار است. در کار ارائه‌شده در این مقاله، ابتدا خطوط نقشه آشکار می‌شوند و رنگ پیکسل‌های درون هر خانه نقشه به یک پیکسل نگاشت می‌شود و سپس با استفاده از روش یادگیری تقویت‌شده کاهش رنگ انجام می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش روش پیشنهادی بر روی چند تصویر نمونه ارائه و بررسی می‌شود.

کلید واژه: **یادگیری تقویت‌شده، پالت رنگ، کاهش رنگ، نقشه فرش.**

۱- مقدمه

امروزه تصاویر رنگی بخش وسیعی از حافظه در کامپیوتر را اشغال می‌کنند. تصاویر با رنگ‌های واقعی، ۲۴ بیت را به هر پیکسل اختصاص می‌دهند. کاهش رنگ، مسئله‌ای با اهمیت در نمایش، انتقال، ناحیه‌بندی و فشرده‌سازی تصاویر رنگی به‌شمار می‌رود. همچنین در بیشتر موارد، پردازش و درک تصویر با تعداد محدود رنگ ساده‌تر است [۱] و [۲].

معمولی‌ترین روش‌های کاهش رنگ، کوانتیزاسیون رنگ و روش‌های چندآستانه‌ای هستند. روش‌های کوانتیزاسیون رنگ، گروهی از رنگ‌های مشابه را با یک رنگ جایگزین می‌کنند [۳] و می‌توانند به دو گروه دسته‌بندی شوند [۴]: روش‌های مستقل از تصویر که یک پالت عمومی بدون در نظر گرفتن مشخصات تصویر را مشخص می‌کند [۵] و روش‌های وابسته به تصویر که یک پالت وفقی را مشخص می‌کنند که هدف آن کاهش تعداد رنگ‌های تصویر با کمترین اعوجاج است [۶]. بنابراین کاهش رنگ باید به‌گونه‌ای باشد که تفاوت بین تصویر اصلی و تصویر کوانتیزه‌شده تا حد ممکن از لحاظ شهودی غیر قابل درک باشد [۲].

این مقاله در تاریخ ۱۰ اردیبهشت ماه ۱۳۹۰ دریافت و در تاریخ ۶ بهمن ماه ۱۳۹۰ بازنگری شد.

منصور فاتح، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (email: fateh@modares.ac.ir).

احسان‌اله کبیر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، تهران (email: kabir@modares.ac.ir).

مجید نیلی احمدآبادی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران، تهران (email: mnili@ut.ac.ir).

1. Reinforcement Learning

بسیاری از روش‌های کوانتیزاسیون رنگ در دو مقاله [۷] و [۸] با هم مقایسه شده‌اند که روش‌های الگوریتم یکنواخت[2]، الگوریتم عمومیت[3]، الگوریتم برش میانه[4]، الگوریتم برش مرکزی[5]، الگوریتم حداقل‌کردن واریانس[6]، الگوریتم Octree، الگوریتم C - means، الگوریتم C - means فازی، الگوریتم HCL[7]، الگوریتم GCMA[8] و Kohonen SOFM[9] برخی از این روش‌ها می‌باشند.

در روش‌های چندآستانه‌ای هیستوگرام تصویر محاسبه می‌شود و مقدار آستانه مناسب برای جداسازی دسته‌های رنگ تعیین می‌شود. در این روش‌ها برای هر مؤلفه رنگ به‌طور مجزا عمل آستانه‌گذاری انجام می‌شود. مشکلی که در این روش‌ها وجود دارد عدم استفاده از اطلاعات مکانی پیکسل‌ها و اطلاعات بافت تصویر است [۹].

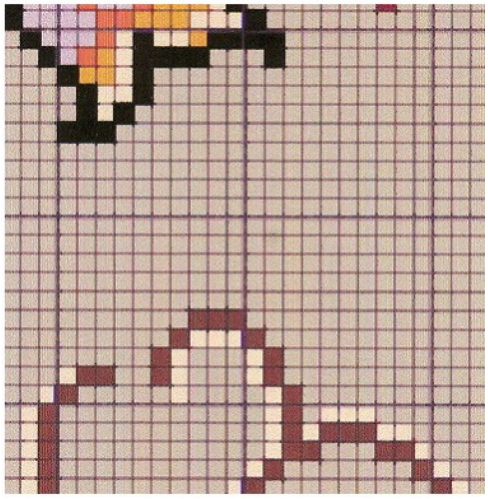
برخی دیگر از روش‌های کاهش رنگ، اطلاعات رنگ و اطلاعات مکانی پیکسل‌ها را با هم در نظر می‌گیرند. این روش‌ها نسبت به روش‌های دیگر نتایج مناسبت‌تری دارند. از جمله این روش‌ها می‌توان به الگوریتم کلنی مورچه‌ها و کاهش رنگ سازگار به کمک شبکه عصبی خودسامان اشاره کرد. در روش‌های کاهش رنگ بر مبنای شبکه‌های عصبی، از خوشه‌یابی سازگار مبتنی بر روش تجزیه درختی برای تصاویر رنگی استفاده می‌شود [۱]، [۲] و [۱۰]. روش ارائه‌شده در این تحقیق نیز اطلاعات رنگ و اطلاعات مکانی پیکسل‌ها را با هم برای کاهش رنگ در نظر می‌گیرد.

کاهش رنگ از دو مرحله اصلی تشکیل شده است: ۱) بر اساس نیازهای پردازش تصویر یا کاربرد، k رنگ از تصویر اصلی انتخاب می‌شود که رنگ‌های پالت را تشکیل می‌دهند. ۲) بر اساس خصوصیات سیستم بینایی انسان و با استفاده از پالتی که در مرحله قبل ساخته شده است، تصویر نهایی تا حد امکان شبیه به تصویر اولیه ساخته می‌شود. به‌عبارت دیگر مرحله اول انتخاب پالت مناسب و مرحله دوم به‌دست آوردن یک تصویر بازسازی شده به‌وسیله جایگزین‌کردن رنگ‌های تصویر با رنگ‌های پالت است. واضح است که کیفیت تصویر بازسازی‌شده، وابسته به گام اول یعنی طراحی پالت است [۱۱]. به‌طور کلی سه راه برای تشکیل پالت رنگ وجود دارد که استفاده از آنها به نوع کاربرد بستگی دارد: ۱) بهترین پالت رنگ بدون پیش‌فرض تعداد رنگ‌ها مشخص شود، ۲) بهترین پالت رنگ با تعداد رنگ از پیش تعیین شده مشخص شود و ۳) پالت با استفاده از رنگ‌های انتخابی کاربر مشخص شود. روش‌های زیادی برای کاهش یا کوانتیزه‌کردن رنگ در هر سه راه پیشنهاد شده است [۱۱] و [۱۲]. در این تحقیق، هدف خواندن خودکار نقشه فرش

2. Uniform Quantization Algorithm
3. Popularity Algorithm
4. Median - Cut Algorithm
5. Center - Cut Algorithm
6. Variance Minimization
7. Hierarchical Competitive Learning
8. Genetic C - Means Algorithm
9. Self - Organized Feature Map

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: تصویر قسمتی از یک نقشه فرش که با درجه تفکیک dpi ۲۰۰ اسکن شده است [۱۳].

می‌باشد که شامل دو مرحله است: ۱) خطوط نقشه، شامل خطوط باریک و خطوط ضخیم مشخص گردند. در واقع آنچه در تمام نقشه‌های فرش مشاهده می‌شود، خط‌های راست افقی و عمودی می‌باشند که از تلاقی آنها خانه‌هایی با اندازه‌های یکسان به‌وجود می‌آیند (شکل ۱). اندازه خانه‌ها در نقشه‌های مختلف، با توجه به رج آن نقشه‌ها متفاوت است. در نقشه‌های فرش، پیکسل‌های درون هر خانه هم‌رنگ هستند [۱۴]. ۲) رنگ پیکسل‌های تصویر به تعداد رنگ‌های کمتر و با دقت بالا کاهش یابند. تعداد رنگ‌های فرش محدود هستند. بنابراین باید رنگ‌های موجود در تصاویر اسکن‌شده به‌وسیله روش‌های کاهش رنگ به تعداد محدودی کاهش یابد تا برای نقشه فرش مناسب باشد. در این مرحله از یافتن بهترین پالت بدون تعیین تعداد رنگ‌ها استفاده می‌شود. باید توجه داشت که تاکنون، نرم‌افزار مناسبی برای کاهش رنگ در نقشه‌های فرش ارائه نشده است. مرحله کاهش رنگ توسط کاربر انجام می‌پذیرد و نیاز به صرف وقت و هزینه می‌باشد [۱۲] و [۱۵] که با روش ارائه‌شده در این تحقیق سعی در رفع این مشکل شده است. البته در سال‌های اخیر برخی از الگوریتم‌ها نظیر C - means به‌منظور کاهش رنگ در نقشه‌های فرش ارائه شده است [۱۲] و [۱۴] که دارای دقت بالایی نبوده‌اند. از دلایل بالانبودن دقت در روش‌های پیشین، ارائه روش بدون توجه به کاربرد و تعداد خوشه‌های اولیه فراوان است. اگر در روشی مانند C - Means تعداد خوشه‌های اولیه نزدیک به تعداد خوشه‌های نهایی باشد دقت الگوریتم افزایش چشم‌گیری می‌یابد.

در این تحقیق، روش پیشنهادی با توجه به کاربرد ارائه شده است و با دقت بالا سعی دارد تعداد خوشه‌های اولیه را کاهش دهد تا نقص روش‌های قبلی مرتفع شود. در واقع اگر ابتدا با این روش کاهش رنگ اولیه انجام شود و تعداد خوشه‌های کاهش پیدا کنند، با اعمال هر یک از روش‌های خوشه‌یابی به مراتب دقت بالاتری خواهیم داشت.

از لحاظ صنعتی در بازار ایران، نرم‌افزارهای بوریا [۱۵] و نقش‌ساز [۱۶] مهم‌ترین نرم‌افزارهای طراحی فرش هستند. این نرم‌افزارها، کاهش به ۲۵۶ رنگ را به‌خوبی انجام می‌دهند ولی برای کاهش رنگ به تعداد کمتر، خطای زیادی دارند که باید کاربر آنها را برطرف کند که نیاز به زمان زیادی دارد.

نقشه‌های فرش به دو دسته تقسیم می‌شود: الف) نقشه‌هایی که طراحان به روش سنتی به‌صورت دستی ترسیم می‌کنند که به نقشه‌های دستی معروف هستند. ب) نقشه‌هایی که طراحان به وسیله رایانه ترسیم می‌کنند که در چاپخانه یا به‌وسیله چاپگر چاپ می‌شوند و به نقشه‌های چاپی موسومند. لازم به ذکر است که صنعت فرش از صنایع ارزشمند در کشور عزیزمان ایران به‌شمار می‌رود، از این رو هر خدمتی هر چند ناچیز در این عرصه ارزشمند است. در این تحقیق هدف کاهش رنگ در نقشه‌های چاپی است.

در این تحقیق ابتدا به کمک روش‌های پردازش تصویر خطوط باریک و ضخیم را پیدا می‌کنیم و سپس در مرحله بعد به کمک روش‌های یادگیری ماشینی تعداد رنگ پیکسل‌های تصویر را کاهش می‌دهیم.

۲- مبانی یادگیری تقویت‌شده

از آنجا که روش پیشنهادی در این مقاله بر مبنای یادگیری تقویت‌شده است، پیش از ارائه روش پیشنهادی برخی از اصطلاحات و مبانی کاربردی یادگیری تقویت‌شده در این بخش مطرح می‌شود [۱۷].

حالت[۱]: به وضعیت عامل[۲] در هر لحظه حالت گفته می‌شود پس برای این که وضعیت عامل در هر لحظه مشخص باشد باید تمامی حالت‌های ممکن در یک مسئله مشخص شوند.

عمل[۳]: آنچه وضعیت عامل را تغییر می‌دهد عمل می‌باشد.

پاداش[۴] یا ضرر[۵]: با انجام هر عمل وضعیت عامل تغییر می‌کند و این تغییر، پاداش یا ضرری به همراه دارد. با توجه به پاداش یا جریمه از هر عمل، امکان یادگیری یک سیاست[۶] داده محور وجود دارد [۱۷].

محیط مارکوف: وضعیت عامل در حرکت بعدی به وضعیت عامل در همان لحظه مرتبط است و به وضعیت عامل در مراحل قبل ارتباط ندارد. با ارائه مدل دینامیکی سامانه برای محیط مارکوف، امکان حل مسئله در قالب مسئله MDP[۷] وجود دارد [۱۷].

۳- روش پیشنهادی

از آنجا که در این تحقیق، هدف ارائه روشی به‌منظور کاهش رنگ در نقشه‌های فرش به‌منظور خواندن خودکار این نقشه‌ها است، از ارائه جزئیات مربوط به چگونگی پیداکردن خطوط باریک و ضخیم خودداری می‌شود. در این تحقیق، برای پیداکردن خطوط باریک و ضخیم در نقشه‌های قالی از الگوریتم مبتنی بر هیستوگرام استفاده شده است [۱۸] و [۱۹].

با اعمال الگوریتم مبتنی بر هیستوگرام به شکل ۱، تصویری مانند شکل ۲ ایجاد می‌شود که خطوط باریک و ضخیم به‌طور کامل در آن نمایان است.

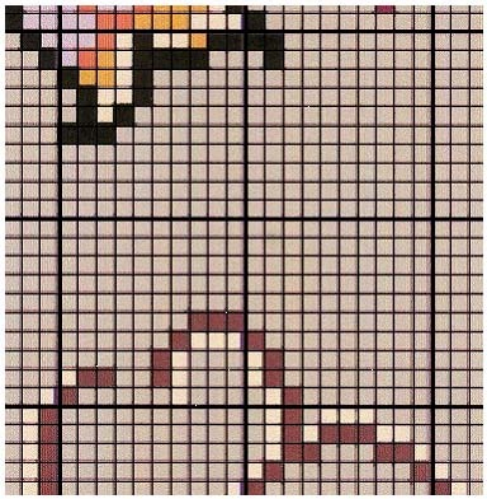
همان‌گونه که در مقدمه بیان شد، هدف از ارائه این روش رسیدن به تعداد خوشه‌های نهایی در نقشه‌های فرش نیست بلکه هدف از این الگوریتم کاهش تعداد خوشه‌های اولیه با دقت بالا است. در واقع این الگوریتم مرحله‌ای از کاهش رنگ به‌شمار می‌رود.

۳-۱ نگاشت هر خانه به یک پیکسل

همان‌طور که بیان گردید، پس از مشخص‌نمودن خطوط در نقشه فرش، کاهش تعداد رنگ‌های پیکسل با دقت بالا انجام می‌پذیرد. در

1. State
2. Agent
3. Action
4. Reward
5. Punishment
6. Policy
7. Markov Decision Processes

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲: تصویر قسمتی از نقشه فرش پس از یافتن خطوط باریک و ضخیم.

شکل ۳: تصویری معادل با شکل ۲ بعد از نگاشت هر خانه به یک پیکسل.

این بخش به ارائه روشی به‌منظور کاهش رنگ خودکار در نقشه‌های فرش می‌پردازیم.

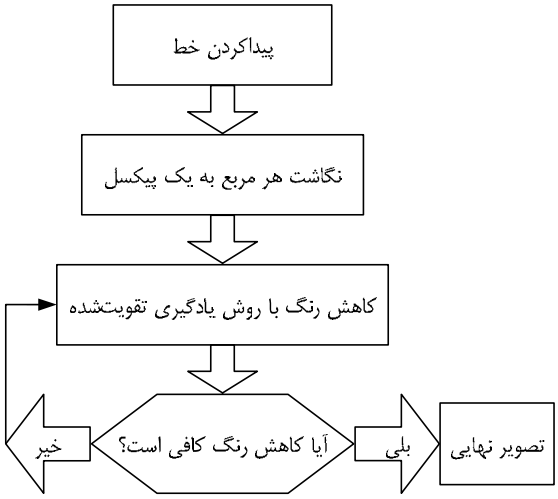
از آنجا که در نقشه‌های فرش، پیکسل‌های درون هر خانه باید هم‌رنگ باشند، هر مربع خانه تصویر را با یک پیکسل جایگزین می‌کنیم و در نتیجه با این جایگزینی تعداد پیکسل‌ها و حجم پردازش اطلاعات کاهش می‌یابد و سرعت اجرای الگوریتم بالا می‌رود. برای این منظور از روش زیر استفاده می‌کنیم.

از آنجا که رنگ خطوط سیاه بر روی رنگ نواحی اطراف آنها تأثیر می‌گذارد و معمولاً هر خانه از ۱۲×۱۲ پیکسل تشکیل شده است، رنگ هر خانه با توجه به مربعی که به اندازه ۳ پیکسل از هر خط فاصله دارد، معین می‌شود. در این مربع کوچک‌تر، رنگی که بیشترین فراوانی را دارد به‌عنوان رنگ آن مربع منظور می‌شود و در صورتی که دو یا چند رنگ دارای فراوانی یکسانی باشند به‌صورت تصادفی از میان آنها یک رنگ انتخاب می‌شود و به یک پیکسل نگاشته می‌شود. با انجام این روش بر روی شکل ۲، شکلی با تعداد پیکسل کمتر ایجاد می‌شود که در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل تعداد پیکسل‌های تصویر ۲۶×۲۶ است و تعداد کل رنگ‌ها در حدود ۴۰۰ رنگ می‌باشد که یکی از رنگ‌های مربوط به زمینه دارای بیشترین فراوانی می‌باشد.

پس از نگاشت هر خانه به یک پیکسل، به کمک روش یادگیری ماشینی تعداد رنگ موجود در تصویر را کاهش می‌دهیم. در واقع مراحل خواندن خودکار نقشه‌های فرش در دیاگرام بلوکی شکل ۴ نشان داده شده است.

۳-۲ تعریف معیار پاداش و ضرر

در این تحقیق برای مرحله کاهش رنگ از یادگیری تقویت‌شده استفاده می‌شود. در الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری تقویت‌شده نیاز به ارائه میزان پاداش یا ضرر به‌ازای هر عمل است [۱۷]. از آنجا که تصویر ورودی،



شکل ۴: مراحل خواندن خودکار نقشه‌های فرش.

تصویری با فرمت RGB است، ۳ مؤلفه رنگ برای هر تصویر وجود دارد. برای کاهش رنگ در نقشه‌های فرش از ۲ روش می‌توان استفاده کرد. ۱) پاداش و ضرر بر مبنای مقدار معادل هر ۳ مؤلفه رنگ در هر پیکسل تعریف شود. ۲) پاداش و ضرر بر مبنای هر مؤلفه رنگ تعریف شود و کاهش رنگ بر روی هر مؤلفه رنگ به‌طور مجزا انجام شود.

اعمال روش پیشنهادی اول، نتایج مطلوبی را به همراه نداشت اما با اعمال روش دوم نتایج مطلوبی حاصل شد. از این رو در این مقاله، تنها به توضیح روش دوم برای کاهش رنگ پرداخته می‌شود. در بخش زیر به توصیف مراحل انجام‌شده برای کاهش رنگ پرداخته می‌شود.

پیش از آن که به روش یادگیری تقویت‌شده برای کاهش رنگ در نقشه‌های فرش پرداخته شود، ذکر دو نکته لازم به نظر می‌رسد: ۱) رنگ هر خانه با تعدادی از خانه‌های همسایه آن یکی است. ۲) رنگ‌های به‌کار رفته در نقشه‌های فرش، تفاوت رنگی قابل توجه‌ای با هم دارند و اگر دو رنگ با تفاوت رنگی کم در نقشه وجود داشت باید آن دو رنگ به یک رنگ تبدیل شوند.

همان‌گونه که اشاره شد، کاهش رنگ بر روی هر مؤلفه رنگ به‌طور مجزا اعمال می‌شود. از این رو تفاوت رنگی به مفهوم تفاوت در هر صفحه رنگ میان دو رنگ است. اگر در هر صفحه رنگ تفاوت میان مؤلفه‌های رنگ آن صفحه از آستانه‌ای کمتر باشد تفاوت رنگی در آن مؤلفه رنگ کم است.

با توجه به دو نکته بالا به تعریف مسئله کاهش رنگ در نقشه‌های فرش در قالب یادگیری تقویت‌شده می‌پردازیم. بدین منظور باید مدلی برای مسئله ارائه شود. پس ابتدا به ارائه حالت و عمل پرداخته و سپس مدل محیط ارائه می‌شود [۱۷].

حالت: هر یک از پیکسل‌های تصویر را یک حالت در نظر می‌گیریم. پس تعداد حالت‌ها برابر حاصل‌ضرب تعداد پیکسل‌های افقی در تعداد پیکسل‌های عمودی است.

عمل: ۹ عمل به‌ازای هر حالت قابل انجام هستند: شمال (N)، جنوب (S)، شرق (E)، غرب (W)، شمال غرب (NW)، شمال شرق (NE)، جنوب غرب (SW)، جنوب شرق (SE) و عدم انجام عمل (NA).

از آنجا که این محیط، محیطی مارکوف است نیاز به ارائه مدل محیط است. از این رو مدل محیط به‌صورت (۱) تعریف می‌شود [۱۷]. در ارائه مدل محیط احتمال رفتن به خانه متناسب با عمل انجام‌شده ۱۰۰٪ در نظر گرفته می‌شود. بدین معنی که اگر در خانه (x, y) عمل شمال انجام گرفت با احتمال ۱۰۰٪ خانه بعدی $(x, y+1)$ است

Archive of SID
www.SID.ir

$$
\begin{aligned}
&P_r(S_{t+1}=S_{x+1,y}\,|\,S_t=S_{x,y},E)=1\ \ \forall\ S_t\in S-S_E\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},E)=1\ \ \forall\ S_t\in S_E\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x-1,y}\,|\,S_t=S_{x,y},W)=1\ \ \forall\ S_t\in S-S_W\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},W)=1\ \ \forall\ S_t\in S_W\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y+1}\,|\,S_t=S_{x,y},N)=1\ \ \forall\ S_t\in S-S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},N)=1\ \ \forall\ S_t\in S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y-1}\,|\,S_t=S_{x,y},S)=1\ \ \forall\ S_t\in S-S_S\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},S)=1\ \ \forall\ S_t\in S_S\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x+1,y+1}\,|\,S_t=S_{x,y},NE)=1\\
&\quad\forall\ S_t\in S-S_E-S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},NE)=1\ \ \forall\ S_t\in S_E+S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x+1,y-1}\,|\,S_t=S_{x,y},SE)=1\\
&\quad\forall\ S_t\in S-S_E-S_S\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},SE)=1\ \ \forall\ S_t\in S_E+S_S\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x-1,y+1}\,|\,S_t=S_{x,y},NW)=1\\
&\quad\forall\ S_t\in S-S_W-S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},NW)=1\ \ \forall\ S_t\in S_W+S_N\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x-1,y-1}\,|\,S_t=S_{x,y},SW)=1\\
&\quad\forall\ S_t\in S-S_W-S_S\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},SW)=1\ \ \forall\ S_t\in S_S+S_W\\
&P_r(S_{t+1}=S_{x,y}\,|\,S_t=S_{x,y},NA)=1\ \ \forall\ S_t\in S
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

که در رابطه بالا S_W آخرین ردیف پیکسل‌های سمت چپ در تصویر، S_E آخرین ردیف پیکسل‌های سمت راست در تصویر، S_N بالاترین ردیف پیکسل‌های تصویر و S_S پایین‌ترین ردیف پیکسل‌های تصویر هستند.

پس از ارائه حالت و عمل، نیاز به مشخص‌نمودن پاداش یا ضرر به‌ازای هر عمل است [۱۷]. اگر عمل انتخابی موجب گردید که حالتی خارج از فضای حالت‌های تعریف‌شده حاصل شود، داریم

$$S_{t+1}=S_t \ \text{ and } \ R^a_{SS'}=-3 \qquad (۲)$$

در غیر این صورت، پاداش یا ضرر بر مبنای دو معیار زیر تعریف می‌شود:

الف) ابتدا تعداد رنگ‌های مشابه با هر پیکسل در کل تصویر محاسبه و سپس با توجه به عمل انتخاب‌شده حالت بعدی مشخص می‌شود. با مشخص‌شدن حالت بعدی، امکان محاسبه رنگ‌های مشابه با حالت بعدی و رنگ‌های مشابه با حالت فعلی وجود دارد. اختلاف رنگ‌های مشابه در حالت فعلی و حالت بعدی به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{Dif.} = \text{تعداد رنگ حالت فعلی} - \text{تعداد رنگ حالت بعدی} \qquad (۳)$$

با توجه به پارامتر .Dif، معیاری برای دادن پاداش یا ضرر به عمل انجام‌شده تعریف می‌شود. در نقشه‌های فرش در بخش‌های مختلف تصویر، پیکسل‌هایی با تشابه رنگی وجود دارند. از این رو هدف از ارائه این معیار تبدیل رنگ‌هایی با تعداد کم به رنگ‌هایی با تعدد زیاد در بخش‌هایی از تصویر می‌باشد. معیار اول به‌صورت (۴) تعریف می‌شود

$$
\begin{aligned}
&\text{if } Dif \ge 10 \Rightarrow\\
&R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=8\ \ \forall\ S_t\in S\\
&\text{if } Dif \le -10 \Rightarrow\\
&R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=-8\ \ \forall\ S_t\in S\\
&\text{if } 0<Dif<10 \Rightarrow\\
&R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=4\ \ \forall\ S_t\in S\\
&\text{if } 0>Dif>-10 \Rightarrow\\
&R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=-4\ \ \forall\ S_t\in S\\
&\text{if } Dif==0 \Rightarrow\\
&R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=0\ \ \forall\ S_t\in S
\end{aligned}
\qquad (۴)
$$

ب) در معیار دوم به‌ازای هر عمل در هر مؤلفه رنگ، اختلاف میزان رنگ بین حالت فعلی و حالت بعدی مقایسه می‌شود و بر مبنای آن میزان ضرر یا پاداش معین می‌شود. این اختلاف مطابق با (۵) تعریف می‌گردد

$$\text{Dif.color} = \text{رنگ حالت فعلی} - \text{رنگ حالت بعدی} \qquad (۵)$$

در رابطه بالا Dif.color اختلاف میزان رنگ بین حالت فعلی و حالت بعدی در هر مؤلفه رنگ به‌طور مجزا به‌ازای هر عمل است. معیار دوم، معیار اصلی برای تصمیم‌گیری در دادن پاداش یا ضرر به هر عمل است. از آنجا که هر پیکسل در اکثر نقشه‌های فرش، رنگی معادل با یکی از پیکسل‌های همسایه خود دارد، باید معیار پاداش یا ضرر به‌گونه‌ای باشد که هر پیکسل تصویر، تمایل به هم‌رنگ شدن با یکی از پیکسل‌های اطراف خود را داشته باشد.

این معیار به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که اگر به‌ازای هر عمل تفاوت رنگی بین حالت فعلی و حالت بعدی بیش از ۱۰ باشد (در هر مؤلفه رنگ)، ضرر زیادی به این عمل تعلق بگیرد و اگر تفاوت رنگی کمتر از ۱۰ بود به این عمل پاداش تعلق بگیرد. البته هرچه این تفاوت کمتر باشد، مقدار پاداش به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. عدد ۱۰ در تفاوت رنگ، مقدار آستانه اولیه تفاوت برای هر مؤلفه رنگ است. این معیار به‌صورت (۶) تعریف می‌شود

$$
\begin{aligned}
&\text{if } Dif.color>10 \text{ or } Dif.color<-10 \Rightarrow\\
&\quad R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)\\
&\quad =-500\ \ \forall\ S_t\in S\\
&\text{if } -10\le Dif.color\le 10 \Rightarrow\\
&\quad R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)\\
&\quad =\big\|Dif.color\big|-10\big|-10\ \ \forall\ S_t\in S
\end{aligned}
\qquad (۶)
$$

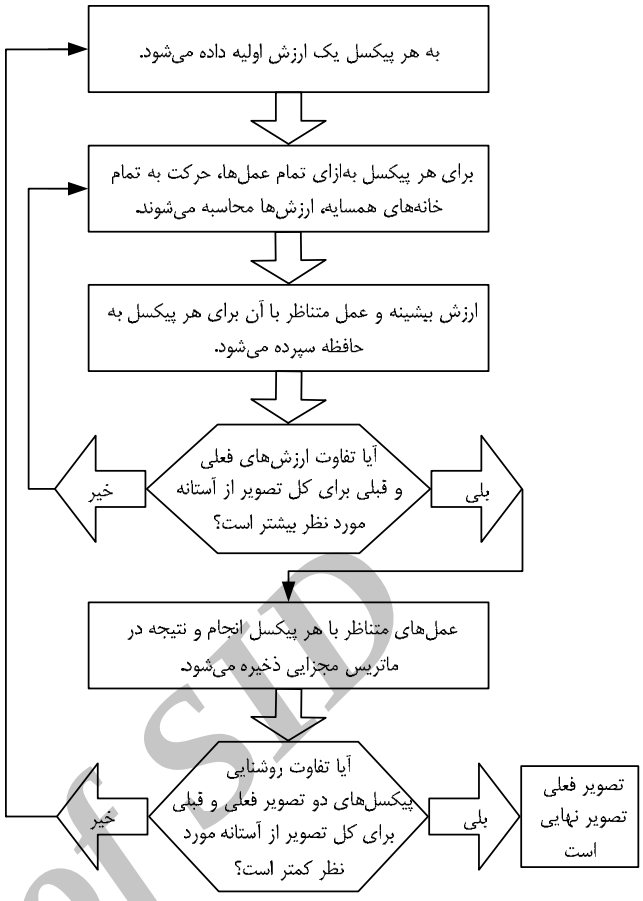
۳-۳ اعمال الگوریتم یادگیری تقویت‌شده

با توجه به موارد تعریف‌شده در (۱) تا (۶)، مسئله کاهش رنگ در نقشه‌های فرش به‌صورت یک مسئله یادگیری تقویت‌شده در قالب فرآیندهای تصمیم مارکوف (MDP) تعریف می‌شود و امکان حل این مسئله به کمک روش‌های یادگیری تقویت‌شده وجود دارد [۱۷]. برای حل این مسئله از روش‌های مختلفی می‌توان بهره گرفت که در این کاربرد از روش تکرار ارزش[1] با سیاست حریصانه[2] با مقدار epsilon = ۰٫۱ و مقدار landa = ۰٫۹ استفاده شده است [۱۷].

این معیار برای هر ۳ مؤلفه رنگ به‌طور مجزا به‌کار برده می‌شود. برای

1. Value Iteration
2. Epsilon-Greedy

Archive of SID
www.SID.ir



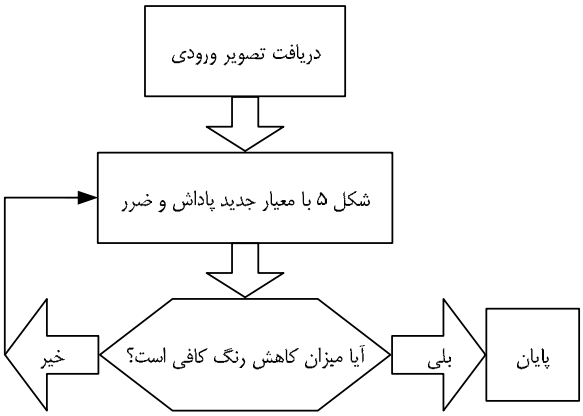
شکل ۵: چارت کاهش رنگ به کمک یادگیری تقویت‌شده.

شکل ۶: تصویری معادل با شکل ۲ بعد از اعمال یک بار الگوریتم یادگیری تقویت‌شده به منظور کاهش رنگ.

تصحیح نتایج و بهبود هرچه بیشتر تصویر نهایی، از این روش بهره گرفته می‌شود: اختلاف میزان رنگی در هر مؤلفه رنگ، میان هر پیکسل از تصویر اولیه با کلیه پیکسل‌ها در تصویر حاصل از اعمال روش یادگیری تقویت‌شده که در واقع پالت رنگ فعلی هستند، محاسبه می‌شود و پیکسلی که کمترین اختلاف رنگی را دارا می‌باشد به‌عنوان رنگ آن پیکسل برای تصویر نهایی برگزیده می‌شود. با این کار در واقع مرحله دوم کاهش رنگ یعنی جایگزین‌کردن رنگ‌های اصلی با رنگ‌های پالت انجام می‌پذیرد. پس از اعمال مراحل کاهش رنگ بر روی شکل ۳، نتیجه حاصل به‌صورت شکل زیر می‌شود. تعداد کل رنگ‌ها در حدود ۲۵۰ رنگ می‌باشد که یکی از رنگ‌های مربوط به زمینه دارای بیشترین فراوانی است. اگر حاصل آنچه را که تاکنون با عنوان روش یادگیری تقویت‌شده می‌شناختیم با زبانی ساده بیان نماییم به‌صورت شکل ۵ می‌باشد.

در بلوک محاسبه ارزش‌ها در چارت بالا مجموع دو ارزش بیان‌شده در بخش ۳-۲ محاسبه می‌شود که تأثیر آن به‌صورت زیر است:

۱) ورودی ماتریس تعداد رنگ است که مسیر کار به نفع رنگ‌های غالب است.



شکل ۷: چارت کاهش رنگ با تعداد مراحل زیاد کاهش رنگ.

شکل ۸: تصویر حاصل از اعمال الگوریتم کاهش رنگ.

۲) ورودی ماتریس روشنایی است که مسیر کار به نفع تغییر یک رنگ به رنگ نزدیک خودش است.

همان‌گونه که در شکل ۶ آمده است، کاهش رنگ به مقدار مناسب و دلخواه نیست و هنوز تعداد رنگ‌های تصویر زیاد هستند و نتیجه قابل قبولی حاصل نشده است. از این رو نیاز است که کاهش رنگ در مراحل بیشتری انجام پذیرد. برای مراحل بعدی کاهش رنگ، از تصویر حاصل از هر مرحله اعمال الگوریتم پیشنهادی، به‌عنوان تصویر ورودی در مرحله بعدی کاهش رنگ استفاده می‌شود. همچنین از آنجا که کاهش رنگ در مراحل بعدی باید در بازه‌های بزرگ‌تری انجام پذیرد تا مقدار کاهش رنگ بیشتری حاصل گردد، مقدار پاداش و ضرر در معیار دوم تغییر داده می‌شود و مقدار پاداش یا ضرر متناسب با هر مرحله کاهش رنگ تغییر می‌کند.

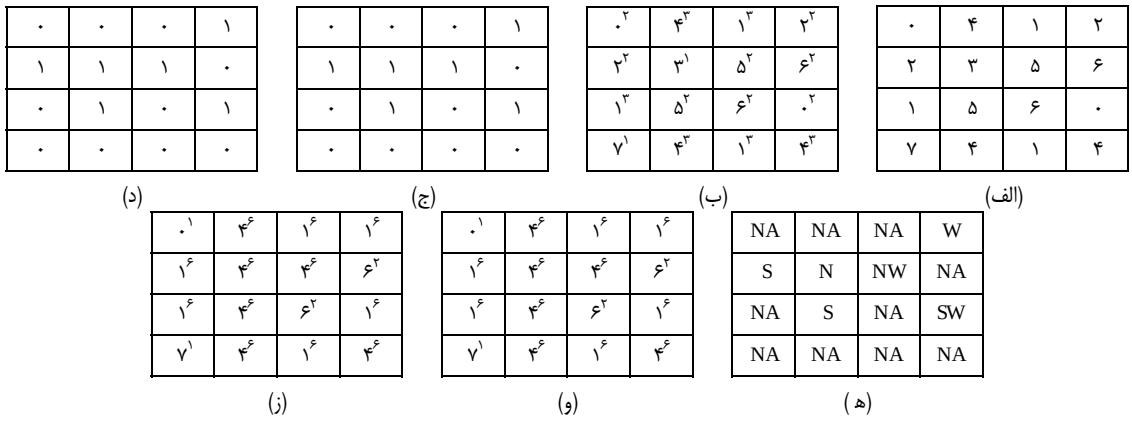
این معیار به‌گونه‌ای تعریف می‌شود که اگر به‌ازای هر عمل، تفاوت رنگ بین حالت فعلی و حالت بعدی در هر مؤلفه رنگ بیش از (۱۰+۲×تعداد مراحل کاهش رنگ) باشد، ضرر زیادی به این عمل تعلق بگیرد و اگر تفاوت رنگ کمتر از (۱۰+۲×تعداد مراحل کاهش رنگ) بود به این عمل پاداش تعلق بگیرد. البته هرچه مقدار این تفاوت کمتر باشد، مقدار پاداش به‌صورت خطی افزایش می‌یابد. با توجه به مطالب بیان‌شده، معیار پاداش به‌صورت رابطه زیر تعریف می‌شود

$$\begin{aligned}
&\text{if } Dif.color > 10+2\times step \text{ or}\\
&\quad Dif.color < -10-2\times step \Rightarrow\\
&\quad R^{a}_{SS'} = E(r_{t+1} \mid S_t = S, S_{t+1} = S', a_t = a)\\
&\quad = -500 \quad \forall\ S_t \in S \qquad (7)\\
&\text{if } -10-2\times step \le Dif.color \le 10+2\times step \Rightarrow\\
&\quad R^{a}_{SS'} = E(r_{t+1} \mid S_t = S, S_{t+1} = S', a_t = a)\\
&\quad = \left\|Dif.color\right| - 10 - 2\times step \left| - 10 - 2\times step \right. \quad \forall\ S_t \in S
\end{aligned}$$

که در آن $step$ تعداد مراحل کاهش رنگ است. حاصل تغییرات بالا در شکل ۷ به زبانی ساده بیان شده است.

با اعمال ۱۲ مرحله کاهش رنگ، تصویر نهایی به‌صورت شکل ۸

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۹: مراحل کاهش سطوح خاکستری به کمک الگوریتم یادگیری تقویت‌شده.

می‌شود که تنها ۱۷ رنگ دارد و بیشترین تعداد رنگ مربوط به رنگ زمینه است.

برای درک بهتر مطالب بیان‌شده، الگوریتم کاهش رنگ را در مثالی بررسی می‌کنیم. فرض کنید تصویری مطابق شکل ۹- الف، ۱۶ پیکسل دارد و هر پیکسل ۸ سطح روشنایی مختلف دارد. می‌خواهیم برای این تصویر، تعداد سطوح خاکستری را کاهش دهیم. مراحل کاهش رنگ به کمک الگوریتم یادگیری تقویت‌شده به شرح زیر است (از آنجا که قطعیت در هر عمل وجود دارد، پس $P^a_{SS'}=1$).

پیش از آن که به حل مسئله بپردازیم، از آنجا که تعداد سطوح رنگ را کاهش داده‌ایم کمی معیار پاداش و ضرر را تغییر می‌دهیم. معیار اول پاداش به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{if } Dif \ge 3 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=4 \ \forall\ S_t\in S$$
$$\text{if } Dif \le -3 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=-4 \ \forall\ S_t\in S$$
$$\text{if } 0< Dif <3 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=2 \ \forall\ S_t\in S$$
$$\text{if } 0> Dif >-3 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=-2 \ \forall\ S_t\in S$$
$$\text{if } Dif ==0 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)=0 \ \forall\ S_t\in S$$

معیار دوم پاداش به‌صورت زیر تعریف می‌شود

$$\text{if } Dif.color>4 \text{ or } Dif.color<-4 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)$$
$$=-500 \ \forall\ S_t\in S$$
$$\text{if } -4\le Dif.color\le 4 \Rightarrow$$
$$R^a_{SS'}=E(r_{t+1}\,|\,S_t=S,S_{t+1}=S',a_t=a)$$
$$=\big|Dif.color\big|-4\big|-4 \ \forall\ S_t\in S$$

پاداش هر عمل مجموع معیار اول و دوم پاداش است. معیار اول پاداش را با R_1 و معیار دوم پاداش را با R_2 نمایش می‌دهیم.

البته اگر عمل انتخابی موجب شود که حالتی خارج از فضای حالت‌های تعریف‌شده حاصل شود، با توجه به (۲) داریم

$$S_{t+1}=S_t \ \text{ and } \ R^a_{SS'}=-3$$

برای تعیین معیار اول نیاز است که ابتدا تعداد رنگ‌های مشابه با هر پیکسل در کل تصویر محاسبه شود و سپس با توجه به آن، معیار اول پاداش مشخص می‌گردد. در بالای هر خانه این تعداد مشخص شده است که مطابق با شکل ۹- الف است. همان‌گونه که در شکل ۹- ب مشخص است، ۸ سطح روشنایی وجود دارد.

ارزش اولیه تمام خانه‌ها را صفر فرض می‌کنیم و سپس با توجه به رابطه زیر ارزش هر خانه را به‌روز می‌کنیم (مقدار γ را برابر با ۰/۹ منظور می‌کنیم)

$$V_{(s)}=\max_a \sum_{S'} P^a_{SS'}(R^a_{SS'}+\gamma\times V_{(s')}) \qquad (8)$$

برای خانه گوشه‌ی چپ بالا داریم

$$a=W\Rightarrow S_{t+1}=S_t \ \text{ and } \ R^a_{SS'}=-3$$
$$S'=S_{t+1}=S_t=S\Rightarrow V_{(s')}=0$$
$$P^a_{SS'}=1$$

با جایگزینی مقادیر بالا در (۸) داریم

$$a=W\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-3+0)=-3$$

با عملکردی مشابه داریم

$$a=NW\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-3+0)=-3$$
$$a=N\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-3+0)=-3$$
$$a=NE\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-3+0)=-3$$

به‌ازای بقیه عمل‌ها داریم

$$a=E\Rightarrow R_1=2\ ,\ R_2=\big|\big|4-0\big|-4\big|-4=-4$$
$$R^a_{ss'}=R_1+R_2=-4+2=-2$$
$$a=E\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-2+0)=-2$$
$$a=SE\Rightarrow R_1=-2\ ,\ R_2=\big|\big|3-0\big|-4\big|-4=-3$$
$$R^a_{ss'}=R_1+R_2=-3-2=-5$$
$$a=SE\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-5+0)=-5$$
$$a=S\Rightarrow R_1=0\ ,\ R_2=\big|\big|2-0\big|-4\big|-4=-2$$
$$R^a_{ss'}=R_1+R_2=-2+0=-2$$
$$a=S\Rightarrow V_{(s)}=1\times(-2+0)=-2$$
$$a=NA\Rightarrow R_1=0\ ,\ R_2=\big|\big|0-0\big|-4\big|-4=0$$
$$R^a_{ss'}=R_1+R_2=0+0=0$$
$$a=NA\Rightarrow V_{(s)}=1\times(0+0)=0$$

Archive of SID

www.SID.ir

برای $a = NA$ بیشترین مقدار برای $V_{(s)}$ به‌دست می‌آید که این مقدار را به‌جای ارزش قبل جایگزین می‌کنیم. برای تمام خانه‌ها با روش فوق ارزش‌ها را به‌روز می‌کنیم که مقادیر ارزش‌ها مطابق با شکل ۹- ج می‌شود. اگر به‌ازای ۲ یا چند عمل ارزش‌های بیشینه وجود داشته باشد یکی از این عمل‌ها به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شود.

اگر دوباره مقادیر ارزش‌ها را به‌روز نماییم، مقادیر ارزش‌ها مطابق با شکل ۹- د می‌شود.

همان‌گونه که مشخص است مقادیر ارزش‌ها نسبت به حالت قبلی تغییر نکرده است. پس حال می‌توان سیاست مناسب را اتخاذ کرد که از رابطه زیر به‌دست می‌آید و برای هر خانه، متناسب با عملی است که ارزش بهینه را تولید کرده است

$$\pi_{(s)} = \arg\max_{a} \sum_{S'} P^{a}_{SS'}(R^{a}_{SS'} + \gamma \times V_{(s')})$$

پس بهترین عمل برای هر خانه مطابق با شکل ۹- ها است.

با اعمال بهترین عمل به هر خانه شکل ۹- الف، مقادیر روشنایی طبق شکل ۹- و تغییر می‌کنند. همان‌گونه که در این شکل مشخص است، تعداد سطوح خاکستری به ۵ کاهش می‌یابد.

اگر تعداد سطوح کافی باشد، عملیات متوقف می‌شود و در غیر این صورت دوباره الگوریتم کاهش تعداد سطوح خاکستری اجرا می‌شود. با اجرای دوباره این الگوریتم، رنگ‌های هر خانه مطابق شکل ۹- ز تغییر می‌کنند. همان‌گونه که پیداست پس از این مرحله، ۲ سطح خاکستری داریم. اگر دوباره الگوریتم را اجرا کنیم، تعداد سطوح کمتر نمی‌شوند و اگر بخواهیم باز هم تعداد سطوح روشنایی را کاهش دهیم باید معیار پاداش و ضرر را تغییر دهیم.

اگر معیار پاداش در این مثال را بررسی کنیم، متوجه می‌شویم که معیار دوم پاداش در واقع به مفهوم تعیین دو خوشه نهایی است و در واقع این معیار سعی دارد تا با اعمال مکرر الگوریتم، تعداد سطوح خاکستری نهایی کوچک‌تر یا مساوی ۲ باشند. اما آنچه در برخی مواقع موجب می‌شود تا تعداد رنگ‌های نهایی بیشتر از ۲ باشد، معیار اول پاداش و تأثیرگذاری این معیار بر روی خوشه‌های نهایی است.

۴-۳ بهبود الگوریتم

نکته‌ای که در کاهش رنگ با این روش اهمیت دارد، تعداد مراحل می‌باشد. از آنجا که هر مؤلفه رنگ به‌طور مجزا در نظر گرفته می‌شود، وقتی تعداد مراحل اعمال الگوریتم افزایش می‌یابد، میان رنگ‌های تصویر نهایی با رنگ‌های ابتدایی تصویر تفاوت چشم‌گیری ایجاد می‌شود. از این رو تعداد مراحل اعمال الگوریتم، به تعداد کوچک‌تری شکسته می‌شود. مثلاً ۱۲ مرحله کاهش رنگ به ۴ مرحله ۳تایی شکسته می‌شود. در واقع ابتدا ۴ مرحله کاهش رنگ روی هر مؤلفه رنگ انجام می‌شود و تصویری حاصل می‌شود و سپس ۴ مرحله کاهش رنگ بر روی تصویر حاصله انجام می‌پذیرد و این کار به تعداد ۳ بار انجام می‌پذیرد. با این عمل میان رنگ‌های نهایی با رنگ‌های اولیه تفاوت چشم‌گیری ایجاد نمی‌شود.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، روش ارائه‌شده در این تحقیق اطلاعات رنگ و اطلاعات مکانی پیکسل‌ها را با هم در نظر می‌گیرد و پالت رنگ را بدون پیش‌فرض تعداد رنگ‌ها پیدا می‌کند. در واقع زمانی که کاهش رنگ موجب خطای زیادی در تصویر شود الگوریتم به‌صورت خودکار متوقف می‌شود و کاهش رنگ در تصویر ادامه نمی‌یابد.

۴- نتایج پیاده‌سازی

پیش از ارائه نتایج پیاده‌سازی نیاز است تا اشاره مختصری به پایگاه داده شود. از آنجا که پایگاه داده‌ای در رابطه با نقشه‌های فرش وجود ندارد و پایگاه داده‌های موجود هم با مبالغی بالا به فروش می‌رسند، پایگاه داده مربوط به این تحقیق توسط اینجانب و محققان قبلی به مرور زمان و با مذاکره با استادان فرش و شرکت‌های مربوطه مانند شرکت بوریا تهیه شده است. پایگاه داده تهیه‌شده شامل حدود ۴۰ نقشه است که نتایج بر روی آنها گزارش شده است.

در این بخش به بررسی نتایج روش پیشنهادی بر روی نقشه‌های فرش مختلف و مقایسه آن با برخی از روش‌های متداول کاهش رنگ پرداخته می‌شود. برای آن که بتوان روش‌های مختلف کاهش رنگ را با هم مقایسه نمود، باید معیاری برای ارزیابی وجود داشته باشد. همان‌گونه که در مقدمه بیان شد، کاهش رنگ باید به‌گونه‌ای باشد که تفاوت بین تصویر اصلی و تصویر کوانتیزه‌شده تا حد ممکن از لحاظ شهودی غیر قابل درک باشد. اما در مورد نقشه‌های فرش این معیار کمی متفاوت است. در نقشه‌های فرش امکان مشخص‌کردن، مقدار رنگ نهایی هر پیکسل وجود دارد. در واقع برای ارزیابی الگوریتم کاهش رنگ، نقشه اصلی وجود دارد و با نقشه حاصل از اعمال الگوریتم کاهش رنگ مقایسه می‌شود. این مقایسه میزان دقت الگوریتم را مشخص می‌نماید. از آنجا که در این الگوریتم رنگ‌های ایجادشده مشابه با رنگ‌های اصلی هستند اما برابر با رنگ‌های اصلی نیستند، مقایسه به این نحو است که به‌طور شهودی تمام پیکسل‌های نقشه اصلی با نقشه حاصل از اعمال الگوریتم مقایسه می‌شوند و پیکسل‌هایی که از لحاظ شهودی اشتباه رنگ شده‌اند، به‌عنوان خطا شناخته می‌شوند. در این مقایسه پیکسل‌هایی که از لحاظ رنگی مشابه با رنگ اصلی هستند ولی از لحاظ درجه روشنایی کمی تفاوت دارند به‌عنوان خطا شناخته نمی‌شوند و از این رو امکان مقایسه پیکسل به پیکسل از طریق نرم‌افزار وجود ندارد. البته باید این نکته را در نظر گرفت که این روش به‌عنوان مرحله‌ای از الگوریتم کاهش رنگ نهایی به شمار می‌رود و نیازی به مقایسه پیکسل به پیکسل نمی‌باشد.

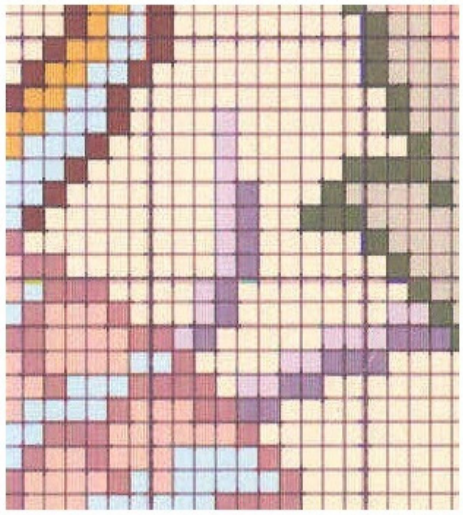
با توجه به مطالب بالا نقاطی به‌عنوان خطا در الگوریتم شناخته می‌شوند که از لحاظ شهودی در آن نقاط بین تصویر اصلی و تصویر حاصل از الگوریتم تفاوت وجود دارد.

همان‌گونه که در بخش ۲-۱ اشاره شد، برای خواندن خودکار نقشه فرش ابتدا هر خانه به یک پیکسل نگاشت می‌شود و سپس مرحله کاهش رنگ انجام می‌پذیرد. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ ابتدا نگاشت هر مربع رنگ به یک پیکسل در نقشه فرش انجام گرفته است و سپس مرحله کاهش رنگ با روش پیشنهادی در این تحقیق انجام گرفته است. با مشاهده شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود که با اعمال الگوریتم کاهش رنگ، تعداد رنگ‌های نقشه فرش به میزان قابل قبولی کاهش یافته است و خطای حاصل از کاهش رنگ نیز ناچیز می‌باشد.

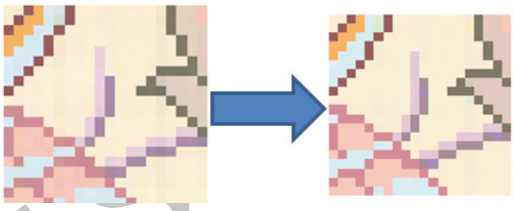
نتایج حاصل از اعمال الگوریتم کاهش رنگ مبتنی بر یادگیری تقویت‌شده، برای دو نقشه فرش دیگر در شکل ۱۲ نشان داده شده است که تأییدی بر مطالب بیان‌شده در مورد شکل‌های ۱۰ و ۱۱ می‌باشد.

برای کاهش رنگ در تصویر، الگوریتم‌های متنوعی وجود دارد که کد برخی از این الگوریتم‌ها یا نرم‌افزار مبتنی بر برخی از این الگوریتم‌ها به‌صورت رایگان در سایت‌های مختلف اینترنتی قابل دسترسی است. نرم‌افزار Layer Pilot نرم‌افزاری مناسب برای کاهش رنگ است و از آنجا که از وجود کاربر بهره می‌برد، نتایج مناسبی به‌دست می‌دهد. در ادامه به بررسی نتایج کاهش رنگ در نقشه‌های فرش با این نرم‌افزار

Archive of SID
www.SID.ir



(الف)



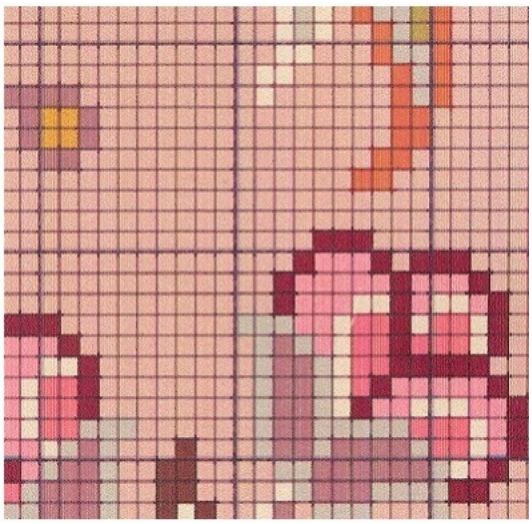
(ب) (ج)

شکل ۱۰: (الف) تصویر قسمتی از نقشه فرش که با درجه تفکیک ۲۰۰ dpi اسکن شده است، (ب) نقشه الف، بعد از نگاشت هر خانه به یک پیکسل و (ج) نقشه ب، بعد از اعمال الگوریتم کاهش رنگ به کمک روش یادگیری تقویت‌شده. تعداد رنگ نهایی ۲۲ رنگ و تعداد رنگ‌های نقشه اصلی ۱۱ رنگ می‌باشد. میزان خطا کمتر از ۱ درصد است که در برخی از نقاط مرزی رخ داده است.

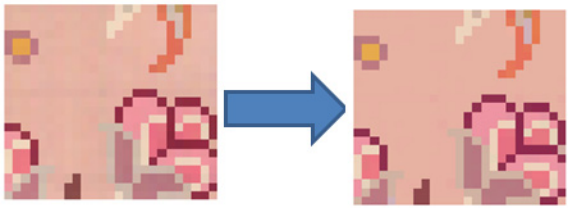
شکل ۱۲: نتایج حاصل از اعمال الگوریتم کاهش رنگ به کمک روش یادگیری تقویت‌شده و تعداد رنگ نهایی ۲۲ رنگ در تصویر اول و تعداد رنگ نهایی ۲۴ رنگ در تصویر دوم و با میزان خطای کمتر از ۱ درصد.

پرداخته می‌شود. شمای کلی این نرم‌افزار در شکل ۱۳ نشان داده شده است [۲۰].

نرم‌افزار Layer Pilot از اطلاعات مکانی پیکسل‌ها استفاده نمی‌کند و نیاز به دخالت کاربر می‌باشد. در واقع برای تشکیل پالت اولیه رنگ، کاربر بر روی نقاط مختلف تصویر با رنگ‌های مختلف کلیک می‌کند و پالت اولیه رنگ را تشکیل می‌دهد و سپس نرم‌افزار تعداد رنگ‌های تصویر را کاهش می‌دهد. تعداد رنگ‌های داده‌شده به نرم‌افزار توسط کاربر انتخاب می‌شود و سعی می‌شود که رنگ‌های اصلی نقشه باشد. نتایج حاصل از اعمال نرم‌افزار Layer Pilot برای کاهش رنگ نقشه‌های فرش در

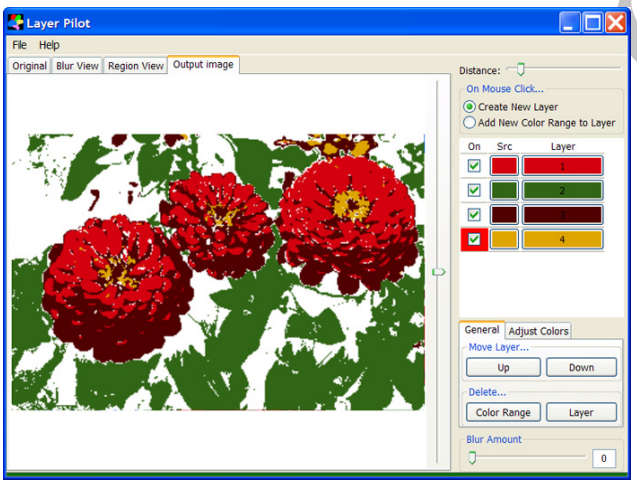


(الف)



(ب) (ج)

شکل ۱۱: (الف) تصویر قسمتی از نقشه فرش که با درجه تفکیک ۲۰۰ dpi اسکن شده است، (ب) نقشه الف، بعد از نگاشت هر خانه به یک پیکسل و (ج) نقشه ب، بعد از اعمال الگوریتم کاهش رنگ به کمک روش یادگیری تقویت‌شده. تعداد رنگ نهایی ۱۸ رنگ و تعداد رنگ‌های نقشه اصلی ۱۱ رنگ می‌باشد. میزان خطا کمتر از ۱ درصد است که در برخی از نقاط مرزی رخ داده است.



شکل ۱۳: نمای کلی از نرم‌افزار Layer Pilot [۲۰].

شکل ۱۴ نشان داده شده است. برای تشکیل پالت اولیه در این تصاویر برای هر رنگ بر روی دو نقطه از تصویر کلیک شده است تا دقت در تشکیل پالت اولیه بالا رود. همان‌گونه که در شکل ۱۴ نشان داده شده است، پس از اجرای این نرم‌افزار، خطا در برخی از رنگ‌های پیکسل‌ها وجود دارد که مسئله‌ای نامطلوب به‌شمار می‌رود.

با مقایسه الگوریتم پیشنهادی در این تحقیق با نرم‌افزار Layer Pilot و الگوریتم‌هایی مشابه با آن مشاهده می‌شود که در کاهش رنگ در نقشه‌های فرش، الگوریتم مبتنی بر یادگیری ماشینی با این که از دخالت کاربر بهره نمی‌برد، دارای دقت بالاتری است که با مقایسه شکل ۱۴ با شکل‌های ۱۰ تا ۱۲ این دقت بالاتر مشخص می‌گردد. در شکل‌های ارائه‌شده دقت حاصل از الگوریتم مبتنی بر یادگیری ماشینی بیش از ۹۸٪

www.SID.ir

شکل ۱۴: نتایج حاصل از نرم‌افزار Layer Pilot برای کاهش رنگ در نقشه‌های فرش با مشخص‌نمودن خطاهای حاصل از این روش.

است، در حالی که دقت حاصل با نرم‌افزار Layer Pilot کمتر از ۹۲٪ می‌باشد. با ارائه نقشه‌های یکسان و مقایسه آنها، این موضوع مزیتی مهم برای روش پیشنهادی در این مقاله می‌باشد و اهمیت به‌کارگیری از آن را به خوبی نمایان می‌کند.

در [۱۲] روشی برای کاهش رنگ در نقشه‌های فرش ارائه شده است که دارای نتایجی با دقت مناسب‌تر از نرم‌افزار Layer Pilot است اما در این روش نیز از کاربر استفاده شده است و دقت روش وابسته به انتخاب کاربر است که در الگوریتم ارائه‌شده در این تحقیق با افزایش دقت، این وابستگی نیز از میان رفته است.

۵- نتیجه‌گیری

با بررسی نتایج حاصل از کاهش رنگ با روش یادگیری تقویت‌شده بر روی ۱۰ نقشه و با سایز کمتر از ۲۵×۲۵ پیکسل، دقتی معادل با حدود ۹۸٪ حاصل گردید که دقت مناسبی است. همان‌گونه که در فصل سوم اشاره شد در روش یادگیری تقویت‌شده، مدلی برای مسأله طراحی می‌شود و با تعیین پاداش و جریمه هر عمل، امکان یادگیری یک سیاست داده محور وجود دارد. در واقع با توجه به مسأله، پارامترهای این روش تعیین می‌شوند و می‌توان گفت این روش متناسب با کاربرد طراحی می‌شود و از این رو در مقایسه با دیگر روش‌های کاهش رنگ دارای دقت بالایی است. ارزشمندی این روش به لحاظ عدم استفاده از کاربر می‌باشد. در روش‌های دیگر کاهش رنگ [۵] تا [۷]، [۱۱]، [۱۲] و [۲۰]، استفاده از کاربر به‌عنوان یکی از موارد پایه‌ای برای الگوریتم به‌شمار می‌رود و بدون استفاده از کاربر دقت نهایی الگوریتم پایین است. حال آن که با ارائه روش پیشنهادی در این مقاله، علاوه بر عدم استفاده از کاربر دقت الگوریتم بالا است. در روش پیشنهادی، از پالت تطبیقی استفاده می‌شود و جستجو برای پیداکردن بهترین مجموعه رنگ انجام می‌پذیرد. در روش پیشنهادی این تحقیق، تعداد رنگ نهایی را خود الگوریتم مشخص می‌کند و کاربر قادر به تعیین تعداد رنگ نهایی نیست. با افزودن قسمت‌هایی به این الگوریتم، امکان تعیین تعداد رنگ نهایی توسط کاربر نیز وجود دارد.

معایب این روش وجود تعداد رنگ‌های بیشتر از تعداد رنگ‌های اصلی و سرعت پایین به دلیل پیچیدگی محاسباتی بالا هستند که در کارهای بعدی باید برای حل این مشکل راه‌کارهایی ارائه شود.

از آنجا که الگوریتم خواندن خودکار فرش به‌صورت بلادرنگ استفاده نمی‌شود، می‌توان تا حدی سرعت الگوریتم را فدای دقت آن نمود و این مشکل تا حدی قابل اغماض است.

در مواردی تعداد رنگ‌های حاصل از این روش، بیشتر از تعداد رنگ‌های اصلی است. در واقع این روش مرحله‌ای از کاهش رنگ به‌شمار می‌رود و برای رسیدن به تعداد رنگ مشابه با نقشه اصلی نیاز است تا بر روی نقشه حاصل از این روش، الگوریتم دیگری از کاهش رنگ (مانند الگوریتم C - Means) اعمال شود.

روش ارائه‌شده در این تحقیق، روشی نوین در کاهش رنگ است و تاکنون از این روش در کاهش رنگ استفاده نشده است. همچنین این روش متناسب با کاربرد کاهش رنگ در فرش ارائه شد و معیارهای مختلف موجود در آن از جمله معیار پاداش و ضرر متناسب با این کاربرد تعیین شدند و از این رو نتایج این روش نسبت به روش‌های دیگر بهتر بود.

در این تحقیق، از روش کاهش رنگ مبتنی بر یادگیری تقویت‌شده برای کاربردی خاص استفاده شد، اما با مقداری تغییر در روش امکان استفاده از این روش در کاربردهایی دیگر نیز وجود دارد. در تحقیقات آتی سعی داریم این روش را در کاربردهای دیگر به‌کار بگیریم.

مراجع

[1] A. Atsalakis and N. Papamarkos, "Color reduction and estimation of the number of dominant colors by using a self-growing and self-organized neural gas," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 769-786, May 2006.

[2] N. Papamarkos, A. E. Atsalakis, and C. P. Strouthopoulos, "Adaptive color reduction," *IEEE Trans. on Systems*, vol. 33, no. 1, pp. 44-56, Feb. 2002.

[3] A. H. Dekker, "Kohonen neural networks for optimal color quantization," *Network: Computat. Neural Syst.*, vol. 5, no. 3 pp. 351-367, 1994.

[4] Z. Xiang, *Handbook of Approximation Algorithms and Metaheuristics*, Chapman & Hall/CRC, Ch. Color Quantization, pp. 86/1–86/17, 2007.

[5] A. Mojsilovic and E. Soljanin, "Color quantization and processing by fibonacci lattices," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 10, no. 11, pp. 1712-1725, Nov. 2001.

[6] M. E. Celebi, "Improving the performance of K-means for color quantization," *Image and Vision Computing*, vol. 29, no. 4, pp. 260-271, Jan 2011.

[7] J. P. Braquelaire and L. Brun, "Comparison and optimization of methods of color image quantization," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 7, pp. 1048-1052, Jul. 1997.

[8] P. Scheunders, "A comparison of clustering algorithms applied to color image quantization," *Pattern Recogn. Lett.*, vol. 18, no. 11-13, pp. 1379-1384, Jul. 1997.

[9] D. M. Tsai, "A fast thresholding selection procedure for multimodal and unimodal histograms," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 16, no. 6, pp. 653-666, Jun. 1995.

[10] A. T. Ghanbarian, E. Kabir, and N. M. Charkari, "Color reduction based on ant colony," *Pattern Recognition Letters*, vol. 28, pp. 1383-1390, Sep. 2007.

[11] Z. Bing, S. Junyi, and P. Qinke, "An adjustable algorithm for color quantization," *Pattern Recognition Letters*, vol. 25, no. 16, pp. 1787-1797, Dec. 2004.

[۱۲] ا. ایزدی‌پور و ا. کبیر، "ارائه روشی برای خواندن خودکار نقشه چاپی فرش و مقایسه آن با روش خوشه‌یابی میانگین – C"، *نشریه مهندسی برق و مهندسی کامپیوتر ایران*، جلد ۸، شماره ۱، صص. ۵۶-۴۸، بهار ۱۳۸۹.

Archive of SID
www.SID.ir

[۱۳] شرکت سهامی فرش ایران، (www.irancarpet.ir).
[۱۴] ا. ایزدی‌پور و ا. کبیر، "شناسایی خودکار خطوط نقشه فرش،" *اولین کنگره مشترک سیستم‌های فازی و هوشمند*، مشهد، شهریور ۱۳۸۶.
[۱۵] شرکت بوریا (www.booria.com/carpetdesigner.htm).
[۱۶] مرکز کنترل کامپیوتر ایران، نرم‌افزار نقش‌ساز (www.centraltouch.com).
[17] R. S. Sutton and A. C. Barto, "Reinforcement learning an introduction," Jan. 2005.
[18] Y. Zheng, H. Li, and D. Doermann, "A model - based line detection algorithm in documents," in *Proc. of the 7th Int. Conf. on Document Analysis and Recognition, ICDAR*,vol. 1, pp. 44-48, Aug. 2003.
[19] J. Sun, F. Zhou, and J. Zhou, "A new fast line detection algorithm," *Proc. Fist Int. Symp. Systems and Control in Aerospace and Astronautics*, pp. 831-833, Jan. 2006.
[20] http://www.colorpilot.com/layer.html

منصور فاتح در سال ۱۳۸۴ مدرک کارشناسی مهندسی برق و الکترونیک خود را از دانشگاه صنعتی شاهرود و در سال ۱۳۸۷ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را از دانشگاه تربیت مدرس تهران دریافت نمود. پس از آن در سال ۱۳۸۸به دوره دکترای مهندسی برق و الکترونیک در دانشگاه تربیت مدرس تهران وارد گردید و هم‌اکنون دانشجوی این دانشگاه می‌باشد. ایشان از سال ۱۳۹۰ بورسیه دانشگاه صنعتی شاهرود گردید و اینک نیز با این دانشگاه همکاری می‌نماید. زمینه پژوهشی مورد علاقه او پردازش تصویر و ویدئو، بازشناسی الگو و هوش مصنوعی می‌باشد.

احسان‌اله کبیر کارشناسی ارشد پیوسته خود را در مهندسی برق و الکترونیک از دانشکده فنی دانشگاه تهران و دکترای خود را در مهندسی سیستم‌های الکترونیک از دانشگاه اسکس در انگلستان، به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۹ دریافت کرد. او اکنون استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تربیت مدرس است. زمینه پژوهشی مورد علاقه او بازشناسی الگو، به ویژه بازشناسی متون چاپی و دستنویس است.

مجید نیلی احمدآبادی در سال ۱۳۶۹ مدرک کارشناسی مهندسی مکانیک خود را از دانشگاه صنعتی شریف و به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۶ مدرک کارشناسی ارشد و دکترای خود را در رشته‌ی علوم اطلاعات از دانشگاه توکیو ژاپن دریافت نمود و هم‌اکنون استاد دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه تهران می‌باشد. نام‌برده قبل از پیوستنش به دانشگاه تهران در سال ۱۳۷۶ به آزمایشگاه پیشرفته رباتیک در دانشگاه توکیو پیوسته بود. زمینه پژوهشی مورد علاقه او یادگیری ماشینی، رباتیک و هوش مصنوعی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir