

افزایش سرعت الگوریتم حذف درز با تجزیه به زیرتصاویر زوج و فرد

فاطمه سیر و سعید مظفری

تغییر ابعاد تصویر می‌پردازد. در این روش پیکسل‌های تصویر بر اساس یک تابع انرژی ارزش‌گذاری می‌شوند و پیکسلی که انرژی کمتری را دارا باشد پیکسل کم‌ارزش‌تری در نظر گرفته می‌شود. مسیر بهینه مسیری متشکل از پیکسل‌های کم‌ارزش‌ترین تصویر است. از مشکلات الگوریتم حذف درز، هزینه محاسباتی بالای این الگوریتم برای حذف چندین درز است زیرا برای حذف هر درز در هر تکرار، نقشه انرژی مربوط به تصویر باید مجدد محاسبه شود و الگوریتمی که برای جستجوی یک درز به کار می‌رود به دلیل بررسی تمام ماتریس تصویر، پیچیدگی محاسباتی بالایی خواهد داشت. تا کنون روش‌های متعددی برای بهبود سرعت الگوریتم حذف درز ارائه شده است که به طور کلی می‌توان آن‌ها را در ۳ گروه زیر دسته بندی کرد:

- ۱) روش‌های مبتنی بر تجزیه و شکستن تصویر با هدف جستجوی هم‌زمان چند درز و شکستن فضای مسأله.
- ۲) روش‌های مبتنی بر تجزیه و کوچک کردن تصویر با هدف کاهش حجم محاسبات و کوچک کردن مسأله.
- ۳) روش‌های مبتنی بر جستجوی موازی درز.

تعدادی از این روش‌ها با هدف موازی‌سازی فرایند جستجوی درز به تجزیه تصویر پرداخته‌اند و راهکارهای مختلفی برای تجزیه تصویر ارائه داده‌اند. در [۲] از روشی مبتنی بر تقسیم و غلبه^۴ برای بالا بردن سرعت الگوریتم در تشخیص درزهای بهینه، استفاده شده است به این صورت که پس از هر تکرار الگوریتم و با تعیین یک درز بهینه در تصویر، بر اساس درز تشخیص داده شده فضای تصویر به دو بخش مجزا تقسیم می‌شود و در تکرار بعدی در هر بخش، جداگانه الگوریتم تکرار می‌شود تا بتوان به طور هم‌زمان دو درز بهینه را تشخیص داد. به عبارت دیگر در هر تکرار دو ناحیه مجزا ایجاد می‌شوند و الگوریتم روی هر یک به طور جداگانه تکرار می‌شود. با انجام این روند و اجرای موازی الگوریتم می‌توان بهبود قابل توجهی در سرعت الگوریتم مشاهده نمود. در روش [۳] با تقسیم تصویر به چندین بخش، عمل جستجوی درز را به یک پروسه موازی تبدیل کرده و به همین منظور به کمک یک تابع انرژی، تصویر برجستگی^۵ را در هر یک از این زیربخش‌ها محاسبه نموده است. در این روش پس از محاسبه تصویر برجستگی ارزش هر بخش به وسیله میانگین انرژی آن بخش تخمین زده می‌شود و حذف درز در هر یک از این زیربخش‌ها صورت می‌گیرد. تعداد بخش‌ها در این روش یکی از پارامترهای ورودی است.

گروه دیگری از روش‌ها به طور هرمی تصویر را کوچک می‌کنند و به عمل جستجوی درز در تصاویر کوچک‌تر می‌پردازند که هدف این دسته از روش‌ها کاهش حجم محاسبات است. روش ارائه شده در [۴] به طور هرمی تصویر را کوچک می‌کند و به جستجوی درز در تصویر کوچک‌شده می‌پردازد. پس از یافتن درز در تصویر کوچک‌شده این درز به تصویر سطح بالاتر در هرم نگاشت می‌شود و این روند تا یافتن درز در تصویر اصلی ادامه می‌یابد. این روش می‌تواند در هر مرحله بیشتر از یک درز از تصویر

چکیده: روش حذف درز یکی از روش‌های تغییر ابعاد مبتنی بر محتوا است. در این روش، مسیر پیوسته‌ای از پیکسل‌های کم‌ارزش که از بالا تا پایین و یا از چپ تا راست تصویر امتداد دارند و درز نامیده می‌شوند، استخراج می‌گردند. با حذف درزها از تصویر و یا اضافه کردن آنها به تصویر، می‌توان ابعاد تصویر را به ترتیب کاهش و یا افزایش داد. روش حذف درز را از دو منظر سرعت و کیفیت می‌توان مورد مطالعه قرار داد. در این مقاله یک روش موازی‌سازی برای افزایش سرعت این الگوریتم ارائه شده که در آن تصویر اصلی به دو زیرتصویر زوج و فرد تجزیه می‌شود و عمل جستجو به طور مستقل روی این دو تصویر انجام می‌گردد. در مقایسه با روش حذف درز، روش پیشنهادی با حفظ نسبی کیفیت تصویر، سرعت را به حداقل دو برابر افزایش می‌دهد. می‌توان هر یک از روش‌های جستجوی درز پیشین را در روش پیشنهادی به کار برد و یا آن را با سایر روش‌های موازی ادغام نمود. در ادامه به اصلاح روش پیشنهادی با هدف افزایش کیفیت پرداخته شده است.

کلیدواژه: حذف درز، تغییر ابعاد آگاه بر محتوا، پردازش موازی، تجزیه تصویر.

۱- مقدمه

روش حذف درز^۱ یکی از روش‌های تغییر ابعاد تصویر آگاه بر محتوا^۲ می‌باشد که در سال ۲۰۰۷ معرفی شده است [۱]. تا کنون روش‌های مختلفی به منظور تغییر ابعاد تصاویر ارائه شده و روش تغییر مقیاس^۳ یکی از روش‌های رایج در این حوزه است که به صورت یکنواخت به تغییر ابعاد تصویر می‌پردازد. به دلیل عدم توجه این روش به اطلاعات تصویر، این روش گاهی قادر به ایجاد خروجی مناسب نیست که در این شرایط معمولاً روش‌های آگاه بر محتوا کارایی بهتری ارائه می‌کنند. روش برش یکی دیگر از روش‌های تغییر ابعاد تصویر است که با توجه به محتوای تصویر یک پنجره از تصویر به طور دستی یا خودکار انتخاب می‌شود اما عیبش این است در صورتی که اطلاعات کم‌ارزش تصویر در وسط تصویر باشد این روش کارآمد نیست.

روش حذف درز یکی دیگر از روش‌های تغییر ابعاد تصویر است که مبتنی بر محتوا عمل می‌کند و برخلاف روش برش ناحیه حذف‌شونده می‌تواند در هر بخشی از تصویر باشد. این روش بر اساس حذف درز از تصویر عمل می‌کند. یک درز، یک مسیر بهینه از پیکسل‌های متصل با همسایگی هشت‌گانه است که از بالا به پایین (در تغییر ستون‌ها) و یا از چپ به راست (در تغییر در سطرها) حرکت می‌کنند. روش حذف درز با جستجوی درز در تصویر و حذف یا اضافه کردن آن از/ به تصویر، به این مقاله در تاریخ ۱۵ آذر ماه ۱۳۹۵ دریافت و در تاریخ ۸ شهریور ماه ۱۳۹۶ بازنگری شد.

فاطمه سیر، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، (email: fatemeh.siar@semnan.ac.ir)

سعید مظفری، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، (email: mozaaffari@semnan.ac.ir)

1. Seam Carving
2. Content Aware Image Resizing
3. Scaling

4. Divide and Conquer

5. Saliency Map

با توجه به ماهیت پیچیده این تصاویر می‌تواند مخصوص این نوع از تصاویر باشند. تابع انرژی که توسط [۱] مورد استفاده قرار گرفته است، یک تابع گرادیان است که بر اساس مشتق‌گیری از تصویر عمل می‌کند و به کمک (۱) تعریف می‌شود که I نشان‌دهنده تصویر ورودی است که در راستای x و y مشتق‌گیری می‌شود

$$e(I) = \left| \frac{\partial I}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial I}{\partial y} \right| \quad (1)$$

در [۱۳] با ارائه یک تابع انرژی جدید و اصلاح تابع به کار گرفته شده در [۱]، به بهبود کیفیت روش حذف درز پایه پرداخته شده است. پس از محاسبه تصویر انرژی جستجو بر اساس ارزش پیکسل‌ها در این تصویر صورت می‌گیرد. مسیری از پیکسل‌ها با مقدار انرژی کمتر جستجو شده و این مسیر به عنوان درز بهینه شناخته می‌شود. تغییر اندازه تصویر از طریق اضافه کردن درز بهینه به دست آمده به تصویر اصلی یا حذف کردن آن صورت می‌گیرد. از دیگر کاربردهای روش حذف درز می‌توان به بهبود کیفیت تصویر و حذف شیء از تصویر اشاره کرد [۱].

۳- حذف درز پیشنهادی

یکی از مشکلات روش‌های آگاه بر محتوا، هزینه محاسباتی بالا و نیاز به پردازش کل ماتریس تصویر در هر تکرار است [۱]. در این مقاله، یک روش به منظور موازی‌سازی روش حذف درز [۱۳] ارائه شده که بر پایه تجزیه تصویر به زیرتصاویر عمل می‌کند و بر اساس نحوه تجزیه روش زوج و فرد نام‌گذاری شده است. با توجه به تعدد درزهای به دست آمده در روش پیشنهادی، در ادامه راهکارهایی به منظور حذف درزهای به دست آمده از تصویر نیز ارائه شده و شکل ۱ روندنمای کلی روش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

تجزیه تصویر: در این مرحله تصویر به دو زیرتصویر زوج و فرد تجزیه می‌شود.

محاسبه درزها: درزها در هر یک از زیرتصاویر محاسبه می‌شوند.

نگاشت درز و حذف درزها: در مرحله بعد، نگاشت درزها بر روی تصویر اصلی صورت می‌گیرد و درزها از تصویر اصلی حذف می‌شوند. جستجو و حذف درز تا زمانی که به ابعاد مورد نظر برسیم تکرار می‌شود.

ادغام زیرتصاویر: در انتهای کار با رسیدن به ابعاد مورد نظر، تصویر اصلی که ادغامی از زیرتصاویر است خروجی نهایی می‌باشد.

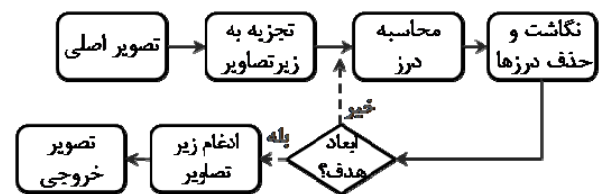
چالش اصلی روش پیشنهادی در ترکیب درزهای به دست آمده از تصاویر زوج و فرد و ترکیب و نگاشت آنها بر روی تصویر اصلی است.

۳-۱ روش زوج و فرد

در روش زوج و فرد، جستجوی درز به دو پردازش موازی تقسیم می‌گردد و برای این کار تصویر اصلی به دو تصویر زوج و فرد شکسته می‌شود. تصویر زوج تصویری است که از کنار هم قرارگیری ستون‌های زوج تصویر در کنار هم تشکیل می‌شود و تصویر فرد تصویری است که از کنار هم قرارگیری ستون‌های فرد تصویری در کنار هم ایجاد می‌شود. شکل ۲ نحوه تشکیل دو تصویر زوج و فرد را نشان می‌دهد.

پس از ایجاد دو تصویر زوج و فرد، هر یک از این تصاویر به طور مستقل برای جستجوی درز مورد پردازش قرار می‌گیرند. برای درزهای جستجو شده ممکن است دو وضعیت رخ دهد:

(۱) درزهای یافت‌شده در تصویر زوج و تصویر فرد به هم نزدیک باشند (شکل ۳) که چنین درزهایی متصل نامیده می‌شوند. دو درز



شکل ۱: روندنمای روش پیشنهادی.

حذف کند. در روش [۵] با استفاده از ضرایب تبدیل موجک^۱ درز بهینه یافت می‌شود و زمان محاسبات کاهش می‌یابد. نویسنده کیفیت تصویر خروجی حاصل از روش ارائه‌شده را با روش حذف درز پایه قابل مقایسه می‌داند اما محدودیت این روش این است که فقط بر روی تصاویر خاکستری قابل اعمال است. حذف درز در تصاویر ویدئو به دلیل حجم محاسبات بالا چالش‌برانگیزتر خواهد بود. برای حذف درز در تصاویر ویدئویی عملگر DCT^2 پیشنهاد شده که با کاهش ابعاد، حجم محاسبات را کاهش می‌دهد [۶]. رویکرد دیگر استفاده از ترکیب روش قطعه‌بندی تصویر و روش تغییر مقیاس برای کاهش حجم محاسبات است [۷]. در [۸] نویسنده به جای در نظر گرفتن درز به عنوان پیکسل‌های متصل به هم، آن را به عنوان بلوک‌های متصل به هم در نظر گرفته است. با این کار هم‌زمان چند درز از تصویر استخراج کرده و سرعت و کیفیت خروجی را نسبت به الگوریتم اصلی بهبود داده است. نویسنده [۹] در هر مرحله اقدام به حذف چند درز از تصویر نموده و برای این کار از تصویر انرژی استفاده کرده است. روش [۱۰] با هدف افزایش سرعت به جستجوی هم‌زمان بیشتر از یک درز در تصویر پرداخته و در هر مرحله چند درز از تصویر را پیدا کرده است. با توجه به این که ممکن است دو درز جستجو شده در این روش تداخل داشته باشند راهکارهایی برای جلوگیری از تداخل درز نیز ارائه شده است. روش [۱۱] از عملگر انحراف^۳ برای تغییر ابعاد تصویر کمک گرفته و به تغییر ابعاد سریع تصویر و ویدئو پرداخته است. در [۱۲] نویسندگان با معرفی یک تابع انرژی جدید به بهبود کیفیت تصویر پرداخته‌اند.

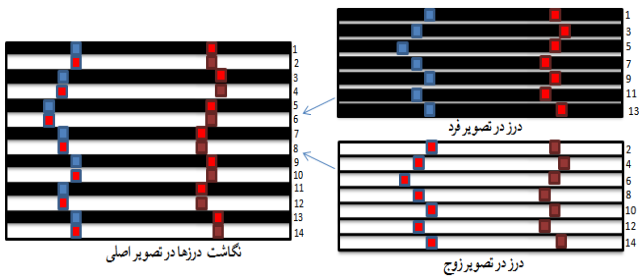
در بخش ۲ به تشریح روش حذف درز پرداخته شده و در بخش ۳ یک راهکار برای موازی‌سازی تغییر ابعاد تصویر ارائه گردیده است. سپس به مشکلات روش پیشنهادی پرداخته شده و نسخه اصلاح‌شده‌ای به منظور بهبود کیفیت آن ارائه شده است. در بخش ۴ به جزئیات شبیه‌سازی روش پیشنهادی پرداخته شده و در ادامه عملکرد روش پیشنهادی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. روش پیشنهادی با روش حذف درز [۱۳] و چند نمونه از روش‌های موازی‌سازی مقایسه و نتیجه‌گیری حاصل از مقاله در بخش ۵ ارائه شده است.

۲- حذف درز پایه

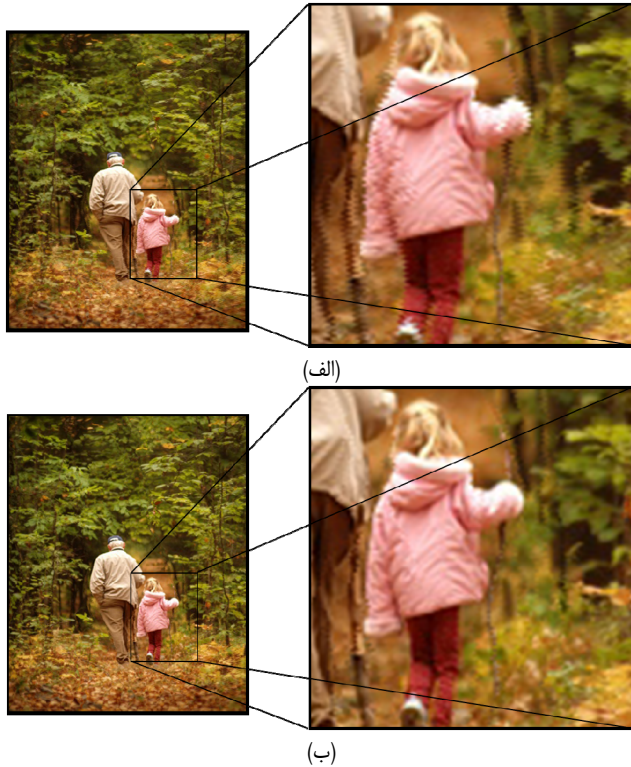
در این روش به هر یک از پیکسل‌های تصویر بر اساس یک تابع که تعیین‌کننده میزان انرژی پیکسل‌های تصویر است، یک ارزش اختصاص داده می‌شود. این تابع روی تمام پیکسل‌های تصویر اعمال می‌شود و ارزش هر یک از پیکسل‌ها طبق آن تعیین می‌گردد.

توابع انرژی مختلفی را می‌توان برای تعیین انرژی یک تصویر به کار برد و همچنین می‌توان برای تصاویر مختلف از توابع خاصی استفاده نمود. به عنوان مثال، توابع انرژی که برای تصاویر از نوع چهره تعریف می‌شود،

1. Wavelet
2. Discrete Cosine Transform
3. Warping



شکل ۵: نحوه نگاشت درز منفصل بر روی تصویر.

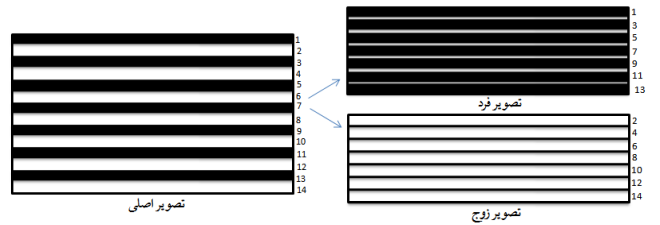


شکل ۶: عملکرد روش زوج و فرد در مقایسه با نسخه اصلاح شده آن، (الف) روش زوج و فرد و (ب) روش زوج و فرد اصلاح شده.

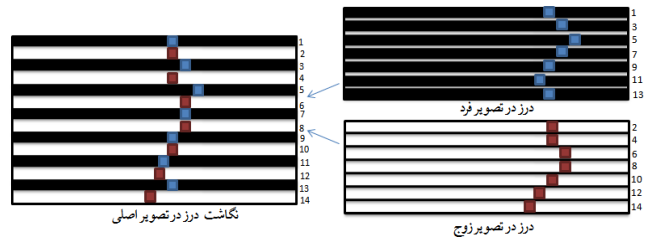
انتها، سطر فرضی اضافه شده از تصویر حذف می شود. این روند تا زمانی که تصویر به ابعاد مورد نظر برسد تکرار می شود.

۳-۲ روش زوج و فرد اصلاح شده

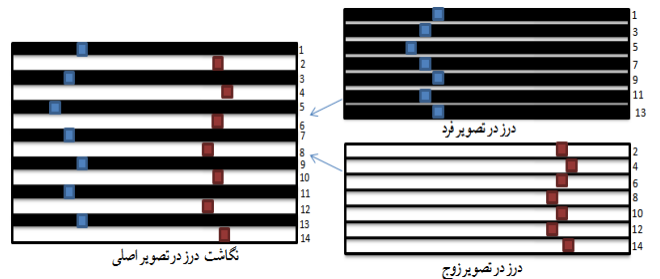
در شکل ۶-الف عملکرد روش زوج و فرد پس از حذف نیمی از ستون های تصویر نشان داده شده است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود روش زوج و فرد، تخریبی نواری شکل را در بعضی از نقاط تصویر به خصوص در لبه ها ایجاد کرده است. این تخریب به دلیل اتصال ضعیف در دو درز متصل رخ می دهد. شکل ۷-الف دو درز با اتصال ضعیف را نشان می دهد که به دلیل چند در میان حذف شدن پیکسل ها و وجود لبه در میان آنها تخریبی نواری شکل در تصویر ایجاد می کند. با منفصل در نظر گرفتن تمام درزهای جستجو شده می توان بر این تخریب غلبه کرد. شکل ۷-ب نحوه نگاشت دو درز متصل را نشان می دهد. با این اصلاح، در هر مرحله دقیقاً دو درز از تصویر حذف می شود و هزینه جستجوی درز نیز به دلیل شکسته شدن تصویر به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. در شکل ۶-ب با منفصل در نظر گرفتن تمام درزها، تصویر تا نیمی از ابعاد اولیه تغییر ابعاد پیدا کرده و همان طور که ملاحظه می شود با این اصلاح مسأله ایجاد تخریب نواری در تصویر بهبود یافته است.



شکل ۲: نحوه تشکیل تصویر زوج و فرد از کنار هم قرارگیری سطرهای تصویر اصلی.



شکل ۳: دو درز متصل به دست آمده از تصاویر زوج و فرد و نحوه نگاشت آنها در تصویر.



شکل ۴: دو درز منفصل به دست آمده از تصاویر زوج و فرد.

متصل و نزدیک به هم در نظر گرفته می شوند اگر حداقل در یک پیکسل با هم تداخل داشته باشند.

۲) درزهای به دست آمده از تصاویر زوج و فرد با فاصله از هم یافت شده باشند (شکل ۴). دو درز در تصویر زوج/فرد منفصل و جدا از هم در نظر گرفته می شوند اگر فقط اگر درز در هر یک از زیرتصاویر با درز نظیر خود در زیرتصویر دیگر تداخلی نداشته باشد که چنین درزهایی منفصل نامیده می شوند.

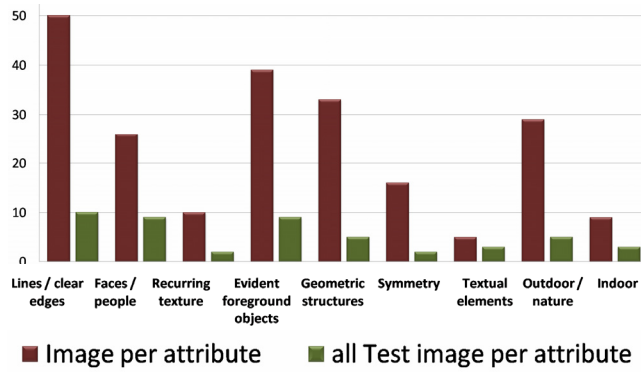
در صورتی که وضعیت یک رخ دهد و دو درز به دست آمده از زیرتصاویر زوج و فرد یک درز متصل باشند، درزی که از تصویر اصلی حذف می شود معادل درزهای یافت شده از دو تصویر زوج و فرد است مانند درزی که در شکل ۳ در تصویر سمت چپ نشان داده شده است. درز به دست آمده تقریباً یک درز پیوسته است و برای حذف چنین درزی، درز به دست آمده از هر زیرتصویر از همان زیرتصویر حذف می شود.

در صورتی که وضعیت دوم رخ دهد و دو درز به دست آمده از زیرتصاویر زوج و فرد منفصل باشند، دو درز جستجو شده به عنوان دو درز مجزا و جدا از هم در نظر گرفته می شوند و هر یک به عنوان یک درز از تصویر اصلی حذف می شوند. حذف چنین درزی در دو مرحله انجام می شود (شکل ۵):

۱) درز یافت شده از زیرتصویر فرد، از زیرتصویر فرد و درز یافت شده از زیرتصویر زوج، از زیرتصویر زوج حذف می شود.

۲) درز یافت شده از زیرتصویر زوج، از زیرتصویر فرد و درز یافت شده از زیرتصویر فرد، از زیرتصویر زوج حذف می شود.

در صورتی که تعداد سطرها در تصویر زوج و تصویر فرد برابر نباشد یک سطر فرضی به انتهای تصویر اضافه می شود. در نهایت دو تصویر زوج و فرد در هم ادغام می شوند و تصویر اصلی را تشکیل می دهند و در



شکل ۸: نمودار فراوانی ویژگی‌ها در تصاویر پایگاه داده و تصاویر به کار گرفته شده در مقاله (این ویژگی‌ها به ترتیب عبارتند از لبه، چهره، بافت، شیء واضح در پیش‌زمینه، ساختار هندسی، تقارن، عناصر بافت، منظره بیرون و منظره داخل).

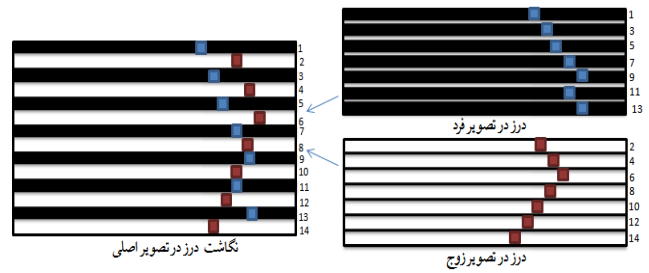
می‌کنند رفت و از اولویت سرعت کاست. فرض کنید می‌خواهیم ۱۰۰ درز از تصویر حذف کنیم و ۱۰۰ درز بهینه در تصویر وجود دارد. با کوچک شدن تصویر و حذف شدن درز از آن احتمال این که درز به دست آمده جدید بهینه باشد کم می‌شود. در حذف درز ۱۰۰م این احتمال کمترین است. با توجه به این مسأله می‌توان بین زمان (ابعاد تصویر جدید) و انتخاب روش یک وابستگی در نظر گرفت و این حالت را وابسته زمان نامید. در ادامه عملکرد روش پیشنهادی در حالات مختلف از نظر سرعت و کیفیت مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۴- شبیه‌سازی و مقایسه

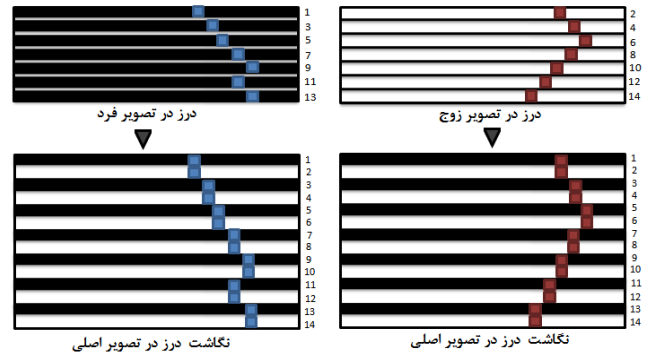
پیاده‌سازی انجام شده در نرم‌افزار Matlab و بر روی یک سیستم با مشخصات سخت‌افزاری رم ۶ گیگابایت و پردازنده Core i۵-۳۲۱۰M-۳ Core i۵ صورت گرفته و همچنین در هسته روش پیشنهادی، الگوریتم حذف درز [۱۳] به کار گرفته شده است. تفاوت این روش با روش حذف درز پایه [۱] در تابع انرژی به کار گرفته شده می‌باشد که از یک تابع جلوگیری استفاده شده است.

برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی، تصاویر مجموعه داده [۱۴] به کار گرفته شده است. این پایگاه داده از ۸۰ تصویر تشکیل شده که بر اساس ۹ ویژگی [۱۵] گردآوری شده‌اند. روش ارائه شده در این مقاله بر روی ۱۸ تصویر از تصاویر دیتاست به کار گرفته شده است. پراکندگی ویژگی‌ها در این پایگاه داده و پراکندگی آنها در بین تصاویر انتخاب شده در شکل ۸ نشان داده شده است. همان طور که ملاحظه می‌شود در انتخاب تصاویر سعی شده از تمام ویژگی‌ها، تصویر وجود داشته باشد و در ضمن یک تصویر ممکن است هم‌زمان چند ویژگی را دارا باشد.

در ادامه به ارزیابی کمی روش پیشنهادی پرداخته شده است. در این مقاله از دو معیار عدم شباهت EMD^۱ [۱۶] و SIFT-flow^۲ [۱۷] برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی استفاده شده است. این معیارها دو تصویر را به عنوان ورودی دریافت می‌کنند و خروجی هر یک از این دو معیار یک مقدار عددی است که میزان اختلاف دو تصویر مورد مقایسه را نشان می‌دهد. معیار SIFT-flow با تشخیص نقاط کلیدی تصویر در دو تصویر اصلی و کوچک‌شده، به تطبیق این دو معیار می‌پردازد و تصویری که بیشترین بردارهای شباهت را داشته باشد، اختلاف کمتری با تصویر اصلی دارد. معیار EMD توزیع دو تصویر را بررسی می‌کند و حداقل هزینه



(الف)



(ب)

شکل ۷: (الف) دو درز با اتصال ضعیف و نحوه نگاشت آنها در تصویر اصلی و (ب) نگاشت هر یک از دو درز (متصل) جستجو شده در زیرتصاویر زوج و فرد به منظور اصلاح روش پیشنهادی.

روش پیشنهادی قادر است جستجوی درز را به دو فرایند مستقل تقسیم کند و در یک گام هم‌زمان دو درز را از تصویر حذف کند. با این کار هزینه محاسبه درز به جای یک فرایند پرهزینه به دو فرایند با هزینه برابر سرشکن می‌شود که هر یک به طور موازی قابل اجرا هستند. همچنین روش ارائه شده مستقل از روش جستجوی درز است و بنابراین می‌توان از سایر روش‌های بهبود سرعت یافته دیگر نیز به طور هم‌زمان برای تغییر ابعاد تصویر در مرحله جستجوی درز استفاده کرد و با این کار چندبرابری سرعت حاصل خواهد شد.

۳-۳ حذف درزها از تصاویر

در روش ارائه شده با توجه به سرعت و خروجی مورد نظر می‌توان به روش‌های مختلف، درزها را از تصویر حذف کرد:

- ۱) حالت حذف کامل: در این حالت همان طور که از نام آن مشخص است تمام درزهایی که در هر مرحله از زیرتصاویر به دست آمده از تصویر حذف می‌شود.
- ۲) حالت رفع تداخل: در این حالت پس از نگاشت درزها بر روی تصویر اصلی تداخل درزها با هم بررسی می‌شود و درزهایی که با هم تداخل نداشته باشند از تصویر حذف می‌شوند.
- ۳) حالت حذف درزهای بهینه: در این حالت می‌توان درز بهینه از بین دو درز به دست آمده را در هر مرحله از تصویر حذف کرد.
- ۴) حالت وابسته به زمان یا حذف وابسته به ابعاد تصویر: این حالت یک حالت وابسته به ابعاد تصویر است و با کاهش ابعاد تصویر یکی از سه حالت قبل به کار گرفته می‌شود.

اساس کار حالت چهارم یا حالت وابسته به زمان بر این مبنا است که تا رسیدن به ابعاد مورد نظر، درزهایی که در ابتدا از تصویر حذف می‌شوند نسبت به درزهای آخر ارزش کمتری دارند. این به این معناست که برای درزهای اول می‌توان از روش‌هایی که سرعت بیشتری دارند استفاده کرد و با کوچک‌تر شدن تصویر به سمت انتخاب روش‌هایی که کیفیت را حفظ

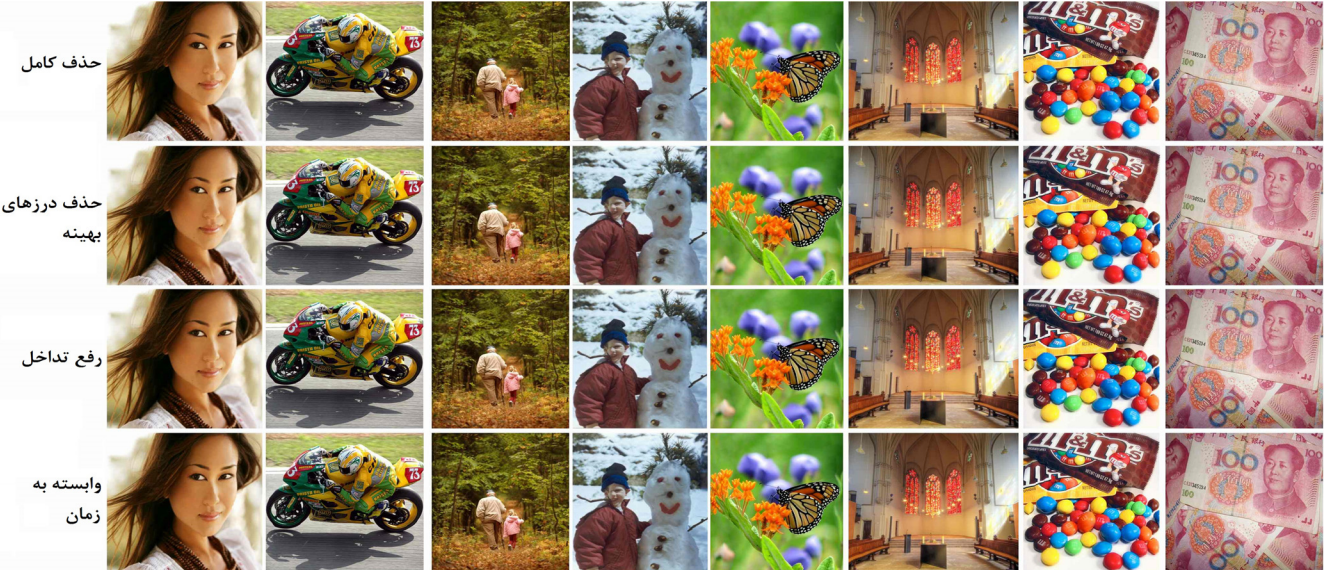
1. Earth Mover's Distance
2. Scale-Invariant Feature Transform



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۹: روش زوج و فرد در چهار حالت مختلف حذف درز، (الف) تصویر اصلی، (ب) روش حذف درز [۱۳] و (ج) عملکرد روش پیشنهادی در ۴ حالت مختلف.

جدول ۱: نتایج حاصل از زمان اجرای روش زوج و فرد و روش حذف درز برای تصاویر شکل ۹ بر حسب ثانیه.

نام تصویر	تصویر ورودی	تصویر خروجی	حذف کامل	حذف درز بهینه‌تر	رفع تداخل	وابسته به زمان	حذف درز
face	۳۹۲ × ۳۰۰	۲۹۴ × ۳۰۰	۵	۱۰	۷	۵	۱۱
bike	۶۱۵ × ۴۰۹	۴۶۱ × ۴۰۹	۱۱	۲۳	۱۷	۱۲	۲۷
Family	۶۰۰ × ۴۲۹	۳۰۰ × ۴۲۹	۲۳	۴۳	۲۶	۲۳	۴۹
jon	۴۹۹ × ۳۹۷	۲۵۰ × ۳۹۷	۱۶	۳۰	۱۸	۱۷	۴۰
butterfly	۱۰۲۴ × ۷۰۰	۵۱۲ × ۷۰۰	۸۴	۱۵۴	۹۸	۹۰	۱۷۲
Johanneskirche	۱۰۲۴ × ۶۸۳	۵۱۲ × ۶۸۳	۶۳	۱۱۸	۶۷٫۵	۶۳	۱۳۵
mnm	۵۰۰ × ۴۳۵	۳۷۵ × ۴۳۵	۸	۱۶	۹٫۷	۸	۲۰
money	۱۰۲۴ × ۶۷۷	۷۶۸ × ۶۷۷	۱۱٫۹	۲۴٫۵	۱۴	۱۲٫۴	۲۶

۴-۱ شبیه‌سازی روش زود و فرد

با توجه به سرعت و عملکرد بهتر روش زوج و فرد اصلاح‌شده نسبت به نسخه پایه آن، نسخه اصلاح‌شده این روش به عنوان روش زوج و فرد در نظر گرفته شده است. این روش روی ۸ تصویر از تصاویر انتخاب‌شده از پایگاه داده اعمال شده و هدف انتخاب بهترین حالت برای روش زوج و فرد است.

بررسی تصاویر شکل ۹ نشان می‌دهد که تمام حالات روش پیشنهادی نتایجی نزدیک به هم ارائه کردند و توانستند به خوبی کیفیت تصویر را حفظ کنند. جدول ۱ سرعت روش زوج و فرد را در مقایسه با روش حذف درز ارائه‌شده در [۱۳] برای هر یک از تصاویر شکل ۹ در ۴ حالت مختلف نشان می‌دهد. با توجه به نزدیک‌بودن نتایج ارائه‌شده توسط هر چهار حالت و بهتر بودن زمان اجرا در حالت حذف کامل برای روش زوج و فرد

تبدیل دو توزیع به یکدیگر را ارزیابی می‌کند و دو تصویری که کمترین هزینه تبدیل را داشته باشند، میزان شباهت آنها به یکدیگر بیشتر است و دو تصویر مشابه در نظر گرفته می‌شوند. همچنین افزایش مقدار هزینه تبدیل به معنی اختلافات بیشتر بین دو تصویر است. برای ارزیابی کیفیت خروجی در روش پیشنهادی، تصاویر توسط روش‌های مختلف تا ابعادی یکسانی کوچک شده‌اند و سپس تصویر اصلی با تصویر تغییر ابعاد یافته، توسط معیار مورد نظر مقایسه می‌شود. تصویری که کمترین مقدار عددی را نشان دهد، بیشترین شباهت را به تصویر اصلی داراست و همچنین نتایج اجرای زمانی که در این مقاله ارائه شده از اجرای سریال الگوریتم در یک محیط غیر موازی است یعنی زیرتصاویر زوج و فرد به ترتیب مورد پردازش قرار گرفته‌اند. با اجرا در حالت موازی و پردازش هم‌زمان زیرتصاویر می‌توان افزایش چند برابری سرعت را ایجاد کرد.



شکل ۱۰: مقایسه حالت منتخب روش پیشنهادی با سایر روش‌ها، (الف) تصویر اصلی، (ب) روش زوج و فرد در حالت حذف کامل، (ج) روش حذف درز [۱۳]، (د) روش برش، (ه) روش [۱۱] و (و) روش [۱۲].

جدول ۲: نتایج زمان اجرای روش پیشنهادی و روش حذف درز [۱۳] برای تصاویر شکل ۱۰.

نام تصویر	تصویر ورودی	تصویر خروجی	زوج و فرد	حذف درز	SC/Oddevn	میانگین افزایش سرعت
Child	۱۰۲۴ × ۶۸۰	۷۶۸ × ۶۸۰	۶۳	۱۴۱	۲,۲۴	۲,۲
Fateme	۱۰۲۴ × ۷۵۲	۷۶۸ × ۷۵۲	۷۳,۶	۱۵۴	۲,۰۹	۲
Kids	۵۰۰ × ۳۷۵	۳۷۵ × ۳۷۵	۸	۱۷	۲,۱۲	۲,۱
buddha	۵۰۰ × ۳۷۵	۳۷۵ × ۳۷۵	۷	۱۷	۲,۳۷	۲,۱
bicycle	۴۶۰ × ۳۰۰	۲۳۰ × ۳۰۰	۸,۵	۱۷	۲	۲
waterfall	۷۰۰ × ۴۶۶	۳۵۰ × ۴۶۶	۳۵,۲	۷۵	۲,۱۳	۲
surfers	۳۳۳ × ۵۰۰	۲۵۰ × ۵۰۰	۵	۱۱	۲,۲	۲,۱
cat	۱۰۲۴ × ۶۸۳	۵۱۲ × ۶۸۳	۱۱۲	۳۳۷	۲,۱۱	۲,۱۵
mochizuki	۵۴۷ × ۳۴۶	۴۱۰ × ۳۴۶	۸,۵	۱۸	۲,۰۶	۲,۳
painting2	۱۰۲۴ × ۶۸۳	۷۶۸ × ۶۸۳	۶۵,۵	۱۴۱,۶	۲,۱۶	۲,۱۵

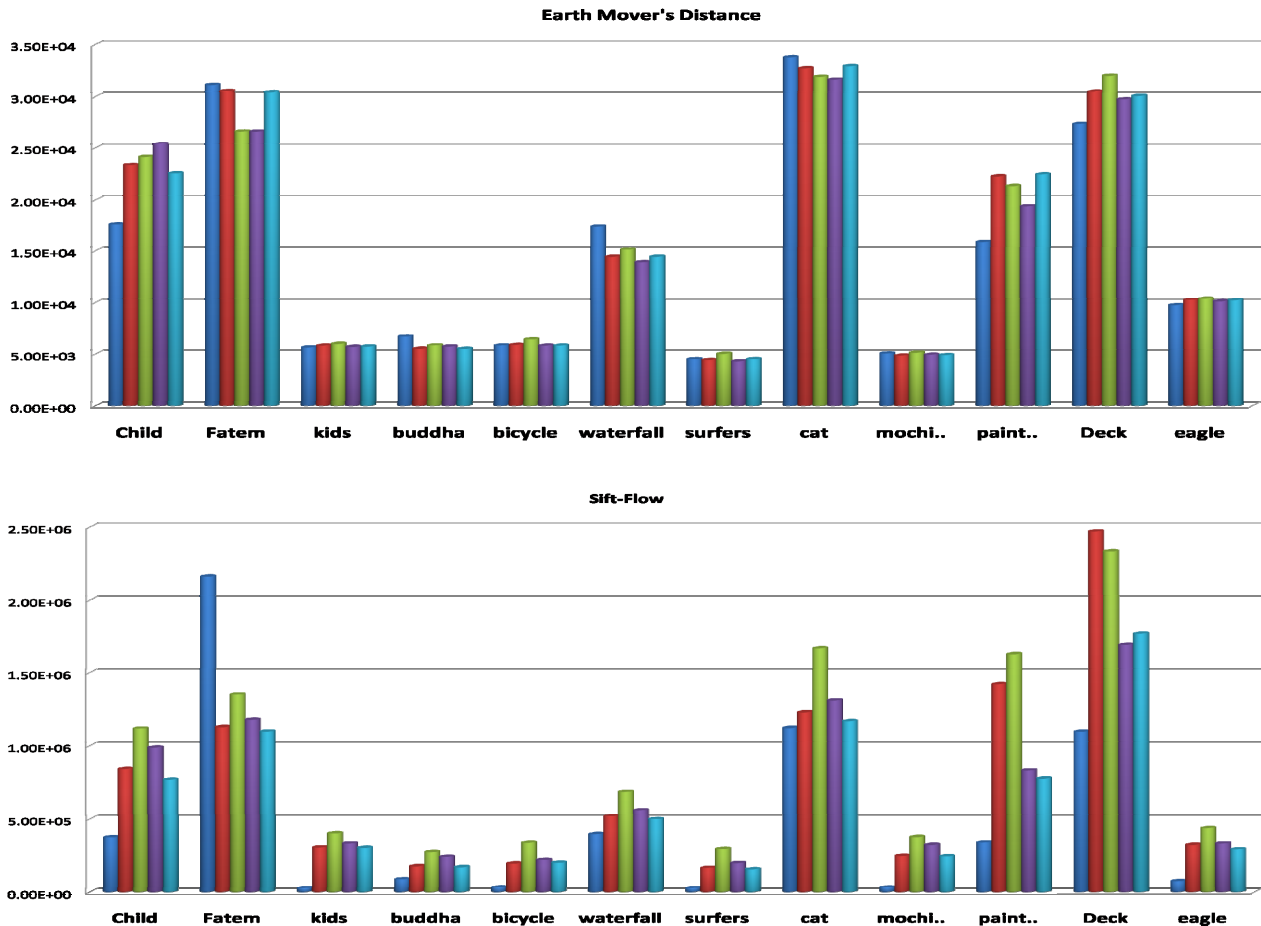
این تغییر ابعاد را نشان می‌دهد و نتایج حاصل از مقایسه سرعت به ازای هر یک از تصاویر در جدول ۲ نشان داده شده است. شکل ۱۱ نتایج مقایسه کمی روش پیشنهادی با تعدادی از روش‌های دیگر را برای تصاویر شکل ۱۰ نشان می‌دهد.

در چهار تصویر اول از شکل ۱۰ که تصاویر چهره افراد هستند، روش پیشنهادی عملکرد خوبی را ارائه کرده و توانسته تصویر چهره را به خوبی حفظ کند. از بررسی سایر تصاویر و نتایج عددی به دست آمده نیز می‌توان عملکرد خوب روش ارائه‌شده را مشاهده کرد. همچنین بر اساس جدول ۲

در ادامه از حالت حذف کامل به عنوان بهترین حالت استفاده می‌شود.

۴-۲ مقایسه با سایر روش‌ها

در این بخش به ارزیابی عملکرد روش ارائه‌گردیده پرداخته شده و عملکرد آن با روش حذف درز [۱۳]، روش برش و روش [۱۱] و [۱۲] مقایسه شده است. برای این کار ۱۰ تصویر از تصاویر منتخب پایگاه داده به کار گرفته شده و سپس هر یک از این تصاویر توسط حذف کامل که در بخش ۳-۳ مشخص شده بود، تغییر ابعاد یافته است. شکل ۱۰ نتایج به دست آمده از



شکل ۱۱: نتایج مقایسه کمی روش پیشنهادی نسبت به سایر روش‌ها برای تصاویر شکل ۱۰ به ازای هر تصویر.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله یک روش برای موازی‌سازی روش حذف درز ارائه شد که قادر است هم‌زمان چندین درز را در تصویر جستجو کند. بر این اساس چندین حالت برای حذف درز رخ می‌دهد که در بخش ۳-۳ این حالت‌ها بررسی شدند. در ادامه روش ارائه‌شده از نظر زمان اجرا و کیفیت نتایج بررسی شد و همان‌طور که مشاهده شد روش پیشنهادی قادر بوده تا در عین حفظ کیفیت نتایج اجرای زمانی خوبی را هم ارائه کند که با توجه به این مسأله می‌توان امکان موازی‌سازی با حفظ کیفیت را از دستاوردهای روش ارائه‌شده دانست.

مراجع

- [1] S. Avidan and A. Shamir, "Seam carving for content-aware image resizing," *ACM Trans. on Graphics (SIGGRAPH)*, vol. 26, no. 3, pp. 1-10, Jul. 2007.
- [2] J. Lee and D. Kim, "Fast seam carving using parallel update and divide and conquer method," in *Proc. 9th IEEE Int. Symp. on Signal Processing and Information Technology*, pp. 107-112, 14-17 Dec. 2009.
- [3] L. Cao, L. Wu, and J. Wang, "Fast seam carving with strip constraints," in *Proc. 4th Int. Conf. on Internet Multimedia Computing and Service*, pp. 148-152, Sept. 2012.
- [4] L. Ran and X. Meng, "Fast seam carving using gaussian pyramid," in *Proc. 6th Int. Conf. on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*, vol. 2, pp. 59-63, 26-27 Aug. 2014.
- [5] K. Mishiba and M. Ikehara, "Seam carving in wavelet transform domain," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, ICIP'11*, vol. 18, pp. 1497-1500, 11-14 Sept. 2011.
- [6] H. M. Nam, K. Y. Byun, J. Y. Jeong, K. S. Cho, and S. J. Ko, "Low complexity content-aware video retargeting for mobile devices," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 1, pp. 182-189, Feb. 2010.



شکل ۱۲: مقایسه روش پیشنهادی با روش حذف درز و روش [۱۰] پس از حذف نیمی از ستون‌های تصاویر.

روش پیشنهادی قادر بوده به طور میانگین افزایش حداقل ۲ برابری سرعت را نسبت به روش حذف درز [۱۳] در حالت اجرای غیر موازی ارائه کند. شکل ۱۲ عملکرد روش پیشنهادی را در مقایسه با [۱۰] و حذف درز نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود روش پیشنهادی نتایجی نزدیک به دو روش دیگر را ارائه کرده است. در شکل ۱۳ روش پیشنهادی با [۲] و حذف درز مقایسه شد که در این مورد هم توانست جزئیات تصویر را حفظ کند و شکستگی تصویر را به حداقل برساند.



شکل ۱۳: مقایسه روش پیشنهادی با روش حذف درز و روش [۲] پس از حذف نیمی از ستون‌های تصویر.

- [16] O. Pele and M. Werman, "Fast and robust earth mover's distances," in *Proc. Int. Conf. on Computer Vision, ICCV'09*, pp. 460-467, 29 Sept.-2 Oct. 2009.
- [17] C. Liu, J. Yuen, A. Torralba, J. Sivic, and W. T. Freeman, "Sift flow: dense correspondence across different scenes," *Lecture Notes in Computer Science Computer Vision, ECCV'08*, pp. 28-42, 12-18 Oct. 2008.
- [7] M. Rubinstein, A. Shamir, and S. Avidan, "Multioperator media retargeting," *ACM Trans. on Graphics (SIGGRAPH)*, vol. 28, no. 3, 11 pp., Jul. 2009.
- [8] K. Mishiba and M. Ikehara, "Block-based seam carving," in *Proc. 1st Int. Symp. on Access Spaces, ISAS'11*, vol. 1, pp. 111-115, 17-19 Jun. 2011.
- [9] H. Du, Z. Liu, Y. Xue, and R. Shi, "Fast seam carving based on direction map," in *Proc. Int. Communication Conf. on Wireless Mobile and Computing, CCWMC'11*, pp. 70-75, 14-16 Nov. 2011.
- [10] A. Ajorian, S. Samavi, M. Mohrekehsh, and S. Shirani, "Fast image resizing for more efficient device adaptation," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo Workshops, ICMEW'13*, 6 pp., Jul. 2013.
- [11] L. Wolf, M. Guttmann, and D. Cohen-or, "Nonhomogeneous content-driven video-retargeting," in *Proc. Int. Conf. on Computer Vision, ICCV'07*, 6 pp., Oct. 2007.
- [12] D. Panozzo and O. Weber Olga Sorkine, "Robust image retargeting via axis-aligned deformation," in *Proc. of EuroGraphics*, vol. 31, pp. 229-236, May 2012.
- [13] M. Rubinstein, A. Shamir, and S. Avidan, "Improved seam carving for video retargeting," *ACM Trans. on Graphics (SIGGRAPH)*, vol. 27, no. 3, 9 pp., Aug. 2008.
- [14] M. Rubinstein, D. Gutierrez, O. Sorkine-Hornung, and A. Shamir, *Retargetme: A Benchmark for Image Retargeting*, <http://people.csail.mit.edu/mrub/retargetme/>, 2010.
- [15] M. Rubinstein, D. Gutierrez, O. Sorkine-Hornung, and A. Shamir, "A comparative study of image retargeting," *ACM Trans. on Graphics (SIGGRAPH)*, vol. 29, no. 6, 10 pp., Dec. 2010.

فاطمه سیر در سال ۱۳۸۹ تحصیلات خود را در مقطع کارشناسی در رشته کامپیوتر- نرم‌افزار در دانشگاه آزاد ساری به پایان رساند. در سال ۱۳۹۳ در مقطع کارشناسی ارشد و در رشته هوش مصنوعی از دانشگاه سمنان فارغ التحصیل شد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه نامبرده عبارتند از: پردازش تصویر و ویدئو، بینایی ماشین، گرافیک کامپیوتر و کاربردهای آن، یادگیری ماشین، پردازش صوت و الگوریتم‌های هوش جمعی.

سعید مظفری مدارک کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکترای خود را در رشته مهندسی برق، گرایش الکترونیک به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۶ از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت نموده است. ایشان از سال ۱۳۸۷ تا کنون در دانشگاه سمنان بعنوان عضو هیأت علمی مشغول به فعالیت بوده و هم‌اکنون دانشیار دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر می‌باشد. زمینه‌های تحقیقاتی ایشان بینایی ماشین، شناسایی الگو و یادگیری ماشین است.