

## تخمین نقشه تاری تصویر بر اساس اختلاف بلاک محیطی پیکسل با نسخه تار شده آن

طیبه عسکری جواران<sup>۱</sup>، حمید حسن پور<sup>۲</sup> و وحید ابوالقاسمی<sup>۳</sup>

### چکیده

تاری یکی از انواع خرابی‌های رایج در تصویر است که به موجب آن ضریبی از مقدار یک پیکسل، بسته به شدت تاری، به یک یا چند پیکسل همجوار اضافه می‌شود. برای به‌سازی تصویر تار اطلاع از میزان تاری آن بسیار ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه شدت تاری قسمت‌های مختلف یک تصویر ممکن است متفاوت باشد، لازم است میزان تاری پیکسل‌های آن (نقشه تاری) با دقت مناسبی برآورد شود. در این مقاله یک روش برای تخمین نقشه تاری تصویر پیشنهاد شده است که در آن برای برآورد میزان تاری هر پیکسل تصویر، از اختلاف ویژگی‌های بلاک محیطی پیکسل با نسخه تار شده آن استفاده می‌شود. بررسی‌های ما نشان می‌دهد که نواحی تار در تصویر، در مقایسه با نواحی غیرتار، دارای محتوای فرکانسی پایین‌تری می‌باشند. آزمایش‌های انجام شده روی یک پایگاه داده بزرگ از تصاویر تار و مقایسه نتایج روش پیشنهادی با روش‌های موجود بر روی دو نوع تاری ناشی از حرکت محلی و تمرکز لنز، برتری روش پیشنهادی در استخراج نقشه تاری را نشان می‌دهد.

### کلید واژه‌ها

تاری، بلاک محیطی، تبدیل کسینوسی، نقشه تاری.

### ۱ مقدمه

اگر تاری در اثر حرکت (دوربین یا صحنه) به‌وجود آید این سرریز اطلاعات فقط در راستای حرکت اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی، با تار شدن یک تصویر، اختلاف بین شدت روشنایی پیکسل‌های همجوار آن کم می‌شود. لذا در اثر تاری، اطلاعات فرکانس بالای تصویر کاهش یافته و دیدن جزئیات در تصویر دچار مشکل می‌شود.

اغلب تحقیقات انجام شده در زمینه تاری، بر روی شناسایی و رفع تاری ثابت با مکان<sup>۲</sup> تمرکز دارند که در آن میزان تاری همه پیکسل‌های تصویر یکسان فرض می‌شود [۱] تا [۷]. از آنجایی که همواره میزان تاری در همه جای تصویر به یک اندازه نیست، یعنی متغیر با مکان است، برای رفع تاری تصویر، ابتدا باید از میزان تاری پیکسل‌های آن اطلاع پیدا کرد. ماتریسی که نشان‌دهنده مقادیر تاری پیکسل‌های تصویر است نقشه تاری<sup>۳</sup> نام دارد. در زمینه استخراج نقشه تاری یک تصویر تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. در [۸] گزارش شده است که آماره‌های<sup>۴</sup> فیلترهای مشتق‌گیر در بخش‌های تار و غیرتار تصویر به طور قابل توجهی متفاوت است و

تاری یک نوع خرابی در تصویر است که در اثر آن اطلاعات یک پیکسل به پیکسل‌های همسایه سرریز می‌کند. این سرریز اطلاعات، بسته به نوع تاری، می‌تواند در یک یا چند جهت اتفاق بیفتد. به‌عنوان مثال، اگر تاری در اثر عدم تنظیم لنز دوربین، تمرکز روی بخشی از صحنه، یا عمق محدود دید دوربین باشد سرریز اطلاعات در تمام جهات در پیکسل‌های همسایه اتفاق می‌افتد. اما

این مقاله در مهرماه ۱۳۹۴ دریافت، در بهمن ماه همان سال بازنگری و در اسفندماه پذیرفته شد.

<sup>۱</sup>آزمایشگاه تحقیقاتی پردازش تصویر و داده‌کاوی، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، دانشگاه صنعتی شاهرود، رایانامه:

[hassanpour@shahroodut.ac.ir](mailto:hassanpour@shahroodut.ac.ir) و [t.askari@shahroodut.ac.ir](mailto:t.askari@shahroodut.ac.ir)

<sup>۳</sup>دانشکده مهندسی برق و رباتیک، دانشگاه صنعتی شاهرود،

رایانامه: [vabolphasemi@shahroodut.ac.ir](mailto:vabolphasemi@shahroodut.ac.ir)

نویسنده مسئول: طیبه عسکری جواران

<sup>۲</sup>Spatially invariant

<sup>۳</sup>Blur map

<sup>۴</sup>Statistics

<sup>۱</sup> Spilling over

در این مقاله برای تخمین میزان تاری هر پیکسل از تصویر، ابتدا مقادیر تاری دو بلاک با اندازه‌های مختلف و به مرکزیت همانپیکسل تخمین زده می‌شوند. سپس میانگین این دو مقدار به عنوان میزان تاری پیکسل مربوطه در نظر گرفته می‌شود. با انجام این کار، همواری نقشه تاری به دست آمده در نواحی تاری و غیرتاری تضمین می‌گردد. در این مقاله، از اختلاف بین ویژگی‌های یک بلاک و نسخه تار شده آن، برای تخمین میزان تاری آن بلاک استفاده می‌شود. اگر بلاک مورد نظر از قبل تار باشد، اختلاف بین ویژگی‌های آن و نسخه مجدد تار شده آن کمتر مشهود خواهد بود. هدف در این مقاله، استفاده از این اختلاف در تعریف یک معیار مناسب برای تخمین تاری است. نتایج به دست آمده با کمک روش پیشنهادی از لحاظ کیفی قابل مقایسه با روش ارائه شده در [۱۶] می‌باشند، ضمن اینکه روش پیشنهادی بار محاسباتی کمتری دارد.

در ادامه، این مقاله به صورت زیر تنظیم شده است. در بخش دو به معرفی روش پیشنهادی پرداخته شده است. سپس در بخش سه، نتایج و در بخش چهار بحث و نتیجه‌گیری آورده شده است.

## ۲ روش پیشنهادی برای استخراج نقشه تاری

به منظور تخمین میزان تاری هر پیکسل تصویر، معیاری پیشنهاد می‌گردد که بر اساس اختلاف بین ویژگی‌های بلاک حاوی پیکسل با نسخه تار شده آن بلاک تعریف می‌شود. سپس نسخه بهبود یافته این معیار، بر اساس ماهیت بلاک، پیشنهاد می‌گردد. در ادامه، ابتدا معیار مذکور و سپس طریقه بهبود آن شرح داده می‌شود.

### ۱-۲ معیار پیشنهادی برای تخمین میزان تاری

در معیار پیشنهاد شده در این مقاله، از یک ویژگی متمایز کننده تصاویر تیز و تار استفاده شده است: اگر یک تصویر طبیعی (تصویر تیز) را تار نماییم، چشم انسان به راحتی می‌تواند تصویر اصلی و تصویر تار شده را از هم تمیز دهد. اما اگر همین تصویر تار را دوباره تار نماییم، میزان اختلاف مشاهده شده بین تصویر تار و تصویر دوباره تار شده توسط چشم انسان بسیار کمتر از اختلاف بین تصویر تیز و تصویر یک بار تار شده می‌باشد [۱۷] (شکل ۱). دلیل این امر را در حوزه فرکانس بهتر می‌توان متوجه شد. فرض کنید تصویر اولیه در حوزه مکان را با  $f \in \mathbb{R}^{N \times N}$  نشان دهیم. تصویر یکبار تار شده،  $g_1$ ، به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$g_1 = f \otimes h \quad (1)$$

در رابطه فوق  $\otimes$  نشان دهنده عمل کانولوشن است.  $h$  نیز فیلتر تار کننده است که می‌تواند هر نوع فیلتر پایین‌گذر دلخواهی باشد. تصویر دوباره تار شده نیز با تار کردن مجدد تصویر تار به دست می‌آید:

$$g_2 = g_1 \otimes h = f \otimes h \otimes h \quad (2)$$

در حوزه فرکانس خواهیم داشت:

$$G_1 = F \times H \quad (3)$$

$$G_2 = F \times H \times H = F \times H^2$$

از این تفاوت برای استخراج نقشه تاری استفاده شده است. در [۹] میزان تاری پیکسل‌های تصویر با بررسی مقادیر تکین آن‌ها به دست آمده است. در [۱۰] از آماره‌های گرادیان تصویر ورودی به همراه آماره‌های تصاویر طبیعی (غیرتار) برای تخمین میزان تاری پیکسل‌های تصویر استفاده شده است. در [۱۱] برای تشخیص و طبقه‌بندی نوع تاری از ویژگی‌های تاری محلی مانند شیب طیف توان محلی<sup>۱</sup>، دهانه هیستوگرام گرادیان<sup>۲</sup>، و همخوانی همبستگی محلی<sup>۳</sup> کمک گرفته شده است. در [۱۲] با بررسی تبدیل فوریه نواحی تصویر، معیاری برای تخمین میزان تاری بخش‌های مختلف تصویر ارائه شده است. در [۱۳] یک مدل دو لایه‌ای روی کانال آلفا (کانال شفافیت) ایجاد گردیده است. برای ساختن هر دو لایه پیش‌زمینه و پس‌زمینه از روش‌های بوریا بانی<sup>۴</sup> و کمک‌کاربر استفاده شده است. سپس، با تحلیل محتوای این دو لایه، تاری قسمت‌های مختلف تصویر برآورد می‌شود. در [۱۴] برای تشخیص و قطعه‌بندی نواحی تاری و غیرتاری تصویر، ارتباط بین میزان تاری و شکل هسته تاری بررسی گردیده است. برای تشخیص این ارتباط از مجموعه‌ای از تصاویر آموزشی استفاده شده است. در [۱۵] از اطلاعاتی چون رنگ، گرادیان و طیف فرکانسی برای تشخیص نواحی تاری در تصویر استفاده شده است. در این تحقیق طبقه‌بندی‌های ماشین بردار پشتیبان<sup>۵</sup> برای آموزش ترکیب بهینه این ویژگی‌ها به کار گرفته شده است. همچنین به ازای یک تصویر ورودی، نیاز است یک ناحیه تاری یا غیرتاری توسط کاربر مشخص گردد. در [۱۶] برای تخمین میزان تاری بلاک‌های تصویر، از ویژگی‌هایی استفاده شده است که هر یک از آنها از سطوح (مقیاس‌های) مختلف تصویر استخراج گردیده‌اند. این ویژگی‌ها شامل آماره‌های سطح گرادیان، معیار کشیدگی توزیع گرادیان و میانگین تجمعی توان اسپکتروم<sup>۶</sup> بلاک‌های تصویر می‌باشند. علاوه بر استفاده از این ویژگی‌ها، از یک مجموعه آموزشی حاوی هزار تصویر نیز استفاده شده است که در آن‌ها نواحی تاری توسط کاربر برچسب‌گذاری شده است. برای این منظور گروهی از فیلترهای مستقل خطی برای جداسازی بلاک‌های تاری و غیرتاری ایجاد شده است. مرحله آموزش در روش مذکور بسیار زمان‌بر می‌باشد. همچنین، استخراج ویژگی‌ها از لحاظ محاسباتی بسیار پیچیده بوده و نهایتاً منجر به اشغال فضای زیادی از حافظه می‌شود.

دقت روش‌های مذکور برای استخراج نقشه تاری به ازای انواع مختلف تاری رضایت‌بخش نمی‌باشد. نقشه استخراجی در این روش‌ها از همواری لازم برای کاربردهایی چون رفع تاری برخوردار نیست. از آنجایی که مرحله اول در رفع تاری محلی، تشخیص محدوده تاری در تصویر است، اگر نقشه استخراجی دارای همواری کافی در نواحی تاری نباشد، تعیین دقیق محدوده تاری در تصویر امکان‌پذیر نخواهد بود.

<sup>1</sup>Local power spectrum slope

<sup>2</sup>Gradient histogram span

<sup>3</sup>Local autocorrelation congruency

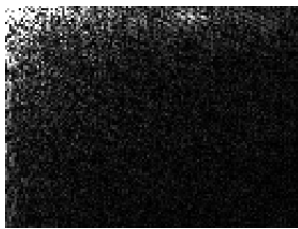
<sup>4</sup>Matting

<sup>5</sup>Supported Vector Machine

<sup>6</sup>Cumulated Average Power Spectrum

شکل ۱ یک تصویر بدون تاری (الف)، تصویر تار شده آن (ج)، تصویر دوباره تار شده آن (و)؛ و تبدیل کسینوسی مربوط به آن‌ها را نشان می‌دهد. نُرم-یک مربوط به تبدیل کسینوسی هر تصویر نیز در ذیل تبدیل آن ذکر شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اختلاف بین نُرم-یک تبدیل کسینوسی تصویر اصلی و نُرم-یک تبدیل کسینوسی تصویر تار شده آن، برابر ۱۷۸۲؛ و اختلاف بین نُرم-یک تبدیل کسینوسی تصویر یک‌بار تار شده و نُرم-یک تبدیل کسینوسی تصویر دوبار تار شده آن، برابر ۲۰۷ می‌باشد (دامنه تغییرات پیکسل‌های تصویر در بازه [0 1] و ابعاد آن ۱۹۴×۲۶۰ می‌باشد).

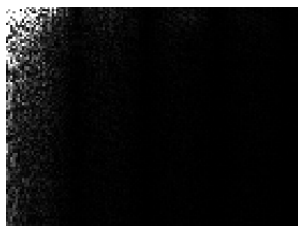
می‌توان از این اختلاف در تخمین میزان تاری در یک تصویر یا بلاک‌های یک تصویر استفاده نمود. فرض کنید بلاک‌های تصویر اصلی را با  $b_{ij}$  نشان دهیم.  $b_{ij}$  بلاکی با ابعاد  $m \times m$  است. ابتدا بلاک  $b_{ij}$  را با فیلتر  $h$  تحت کانولوشن قرار می‌دهیم تا بلاک تار شده به دست آید. فیلتر  $h$  هر فیلتر تار کننده‌ای می‌تواند باشد، برای سادگی فرض می‌کنیم یک فیلتر پایین‌گذر باشد. برای افزایش کارایی و کاهش اثر زاویه تاری، تاری را در هر دو جهت افقی و عمودی اعمال می‌کنیم. بنابراین دو بلاک تار  $B_{Ver}$  و  $B_{Hor}$  را خواهیم داشت. اندازه فیلتر انتخابی باید حتی‌الامکان بزرگ (اما کوچک‌تر از اندازه بلاک) باشد تا تفاوت بلاک تار و غیرتار را بهتر نشان دهد.



ب- DCT تصویر (الف) - نُرم-یک=۲۷۱۰



الف- تصویر طبیعی (بدون تاری)



د- DCT تصویر (ج) - نُرم-یک=۹۲۸



ج- تصویر تار شده (هفده پیکسل در جهت افقی)



ه- DCT تصویر (و) - نُرم-یک=۷۲۱



و- تصویر دوباره تار شده تصویر (ج) (مجدداً هفده پیکسل در جهت افقی)

شکل ۱ یک تصویر تار، تصویر تار شده و تصویر دوباره تار شده آن و تبدیل کسینوسی مربوط به آن‌ها.

در رابطه فوق  $F, H$  و  $G_1$  به ترتیب تبدیل فوریه  $f, h$  و  $g_1$  می‌باشند.  $F, H$  و  $G_1$  به ابعاد  $N \times N$  خواهند بود. برای سادگی فرض می‌کنیم  $h$  یک فیلتر هموار کننده با یک اندازه ثابت (به عنوان مثال با اندازه  $1 \times 7$ ) است. یعنی:

$$h = \frac{1}{7} [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1] \quad (۴)$$

مقادیر ماتریس  $H$ ، برای مثال برای  $N = 9$ ، به صورت زیر است:

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \\ 1 & 0.268 & 0.219 & 0.143 & 0.050 & 0.050 & 0.143 & 0.219 & 0.268 \end{bmatrix}$$

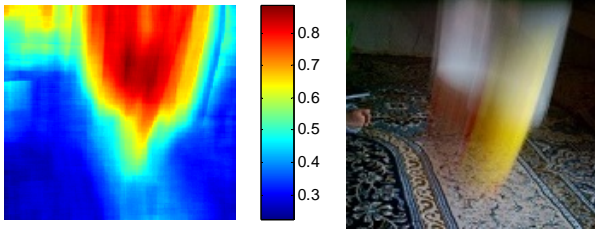
مقادیر ماتریس  $H^2$  نیز به صورت زیر خواهد بود:

$$H^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \\ 1 & 0.072 & 0.048 & 0.020 & 0.002 & 0.002 & 0.020 & 0.048 & 0.072 \end{bmatrix}$$

همانطور که ملاحظه می‌شود، از آنجایی که مقادیر عناصر  $H$  بین صفر تا یک (و غالباً نزدیک به صفر) می‌باشند، مقادیر  $H^2$  نیز بین صفر تا یک، ولی به صفر نزدیک‌تر خواهند بود (زیرا مربع یک مقدار نزدیک به صفر، به صفر، به صفر نزدیک‌تر خواهد شد). بنابراین، مستقل از عناصر  $F$ ، اختلاف بین  $F \times H$  و  $F \times H^2$  به طور قابل توجهی کمتر از اختلاف بین  $F$  و  $F \times H$  است. یعنی:

$$|F \times H - F \times H^2| \ll |F - F \times H|$$

بررسی‌های ما نشان می‌دهد که نه تنها اختلاف بین یک تصویر تیز و تصویر تار شده آن بیشتر از اختلاف بین تصویر یک‌بار تار شده و نسخه دوباره تار شده آن در حوزه فوریه است، بلکه، اختلاف بین دیگر تبدیل‌های این تصاویر (از جمله تبدیل هادامارد، موجک و تبدیل کسینوسی) نیز به همین صورت است. با انجام آزمایش‌هایی روی این تبدیل‌ها، این نتیجه حاصل شد که تبدیل کسینوسی نماینده بهتری برای این اختلاف است. نتیجه حاصل از آزمایش‌های انجام شده نشان داد که اختلاف بین نُرم-یک تبدیل کسینوسی تصویر اولیه با نُرم-یک تبدیل کسینوسی نسخه تار شده آن به خوبی اختلاف بصری تصویر اولیه و نسخه تار شده آن را منعکس می‌کند. همانطور که می‌دانیم، اختلاف اساسی بین تبدیل کسینوسی تصویر اولیه و نسخه تار شده آن در مقادیر نزدیک به صفر (ضرایب فرکانس بالای) آنهاست. از آنجایی که در محاسبه نُرم-دو، مقادیر نزدیک به صفر تأثیر کمتری نسبت به مقادیر نزدیک به یک دارند، در حالیکه در محاسبه نُرم-یک، میزان تأثیر تمام مقادیر یکسان است، نُرم-یک بهتر از نُرم-دو می‌تواند این اختلاف را منعکس کند.



الف- تصویر اصلی. ب- نقشه استخراجی با معیار پیشنهادی. شکل ۲ یک تصویر تار و نقشه تاروی با استفاده از معیار پیشنهادی.

## ۲-۲ بهبود معیار پیشنهادی بر اساس ماهیت بلاک

همانطور که ذکر شد، معیار  $\varphi_1$  میزان تاروی بلاک‌های هموار را بیش از اندازه تخمین می‌زند. بنابراین بهتر است میزان تاروی تخمین زده شده برای چنین بلاک‌هایی تضعیف گردد، ضمن اینکه میزان تاروی تخمینی برای بلاک‌های دیگر تغییری نکند. از آنجایی که می‌توان میزان همواری هر بلاک را با واریانس آن بلاک تخمین زد، در این مقاله از واریانس بلاک به عنوان فاکتور تنظیم میزان تاروی تخمینی استفاده می‌شود. بنابراین معیار نهایی تخمین میزان تاروی یک بلاک به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\beta_2(\mathbf{b}_{ij}) = (\beta_1(\mathbf{b}_{ij}))^{2-\alpha_{ij}} \quad (12)$$

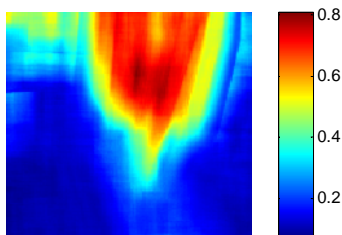
پارامتر  $\alpha_{ij}$  برابر با واریانس بلاک  $\mathbf{b}_{ij}$  می‌باشد. واریانس یک بلاک هموار نزدیک به صفر است، در نتیجه مقدار توان (یعنی  $2 - \alpha_{ij}$ ) نزدیک به دو است. از طرفی به دلیل اینکه مقدار  $\beta_1$  کمتر از یک است، مقدار  $\beta_2$  برای چنین بلاکی کمتر از مقدار  $\beta_1$  خواهد بود. زیرا اگر یک عدد کمتر از یک را به توان دو برسانیم نتیجه آن عدد کوچکتری خواهد شد:

$$\text{اگر } 0 < \beta < 1 \text{ آنگاه } \beta^2 < \beta \quad (13)$$

از طرف دیگر، هرچه بلاک مورد نظر تیزتر باشد، مقدار  $\alpha_{ij}$  آن به یک نزدیک‌تر است، در نتیجه مقدار توان نیز به یک نزدیک‌تر خواهد بود. بنابراین برای چنین بلاکی مقدار  $\beta_2$  نزدیک به مقدار  $\beta_1$  می‌باشد. در نهایت مقدار تاروی یک پیکسل با کمک رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\varphi_2(i, j) = \frac{\beta_2(\mathbf{b}'_{ij}) + \beta_2(\mathbf{b}''_{ij})}{2} \quad (14)$$

شکل ۳ نقشه تصویر شکل ۲-الف را نشان می‌دهد که بوسیله معیار  $\varphi_2$  محاسبه گردیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود نقشه تاروی بدست آمده بهتر از شکل ۲-ب است و در آن میزان تاروی نواحی هموار (گوشه بالا و سمت چپ) به واقعیت نزدیک‌تر است.



شکل ۳ نقشه تاروی بدست آمده بوسیله معیار  $\varphi_2$ .

$$\mathbf{B}_{Hor} = \mathbf{b}_{ij} \otimes \mathbf{h}_h, \mathbf{h}_h = \frac{1}{n} \times [1 \dots 1], n < m \quad (5)$$

$$\mathbf{B}_{Ver} = \mathbf{b}_{ij} \otimes \mathbf{h}_v, \mathbf{h}_v = \mathbf{h}_h^T \quad (6)$$

$\mathbf{h}_h$  یک فیلتر پایین گذر افقی (سطری) با ابعاد  $1 \times n$  و  $\mathbf{h}_v$  یک فیلتر پایین گذر عمودی (ستونی) با ابعاد  $n \times 1$  می‌باشند در رابطه فوق،  $[\cdot]^T$  به معنی ترانهاده است. در ادامه نسبت بین نرم-یک تبدیل کسینوسی بلاک اولیه با نرم-یک تبدیل کسینوسی نسخه‌های تار شده آن محاسبه می‌گردد. میانگین نسبت‌های به دست آمده به عنوان میزان تاروی بلاک در نظر گرفته می‌شود.

$$\beta_1(\mathbf{b}_{ij}) = \frac{1}{2} \left( \frac{\|\mathbf{d}_{bh}\|_1 + \|\mathbf{d}_{bv}\|_1}{\|\mathbf{d}_b\|_1} \right) \quad (7)$$

$$\mathbf{d}_b = \text{dct}(\mathbf{b}_{ij}), \quad (8)$$

$$\mathbf{d}_{bh} = \text{dct}(\mathbf{B}_{Hor}), \quad (9)$$

$$\mathbf{d}_{bv} = \text{dct}(\mathbf{B}_{Ver})$$

در رابطه فوق  $\text{dct}$  عملگر تبدیل کسینوسی و  $\mathbf{B}_{Hor}$  و  $\mathbf{B}_{Ver}$  نسخه‌های تار شده بلاک  $\mathbf{b}_{ij}$  می‌باشند.  $\|\cdot\|_1$  نیز نشان دهنده نرم-یک است یعنی:

$$\|x\|_1 = \sum_{u,v} |x(u,v)| \quad (10)$$

مقدار  $\beta_1(\mathbf{b}_{ij})$  در بازه صفر تا یک تغییر می‌کند. همان‌طور که قبلاً نیز ذکر گردید، در این مقاله، میزان تاروی یک پیکسل برابر با میانگین میزان تاروی دو بلاک حول آن با اندازه‌های مختلف و با مرکزیت همان پیکسل در نظر گرفته می‌شود. دلیل انتخاب دو بلاک حول هر پیکسل این است که ضمن اینکه می‌خواهیم همواری نقشه تاروی افزایش یابد، دقت تخمین میزان تاروی نیز افزایش یابد. بنابراین اگر دو بلاک حول پیکسل در موقعیت  $(i, j)$  را با  $\mathbf{b}'_{ij}$  و  $\mathbf{b}''_{ij}$  نشان دهیم، میزان تاروی آن پیکسل از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\varphi_1(i, j) = \frac{\beta_1(\mathbf{b}'_{ij}) + \beta_1(\mathbf{b}''_{ij})}{2} \quad (11)$$

مقدار  $\varphi_1(i, j)$  در بازه صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، میزان تاروی بیشتر است. شکل ۲ یک تصویر طبیعی با تاروی ناشی از حرکت محلی (حرکت یک شیء در صحنه) و نقشه تاروی بدست آمده برای آن به وسیله معیار  $\varphi_1$  را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت تاروی بدست آمده بوسیله این معیار برای بخش‌های تار تصویر بیشتر از بخش‌های غیرتار است. اما به ازای نواحی هموار نیز میزان تاروی زیاد تخمین زده شده است. دلیل این امر نیز واضح است. زیرا در یک بلاک هموار، جزئیات اندک است. در نتیجه مقادیر فرکانس بالا در تبدیل کسینوسی صفر یا نزدیک به صفر هستند. در اثر تار کردن بلاک، فقط بخش کوچک دیگری از فرکانس‌های بالا صفر می‌شوند. بنابراین تبدیل کسینوسی بلاک اولیه و تبدیل کسینوسی نسخه تار شده آن، اختلاف چندانی نخواهند داشت. می‌توان نتیجه گرفت باید به دنبال راهی برای بهبود این معیار بود.

## ۳ نتایج

روش پیشنهادی بالاتر از ۰/۶ است و به ازای تمامی مقادیر recall بیشتر از مقدار محاسبه شده برای روش پیشنهاد شده در [۱۲] است. با مقایسه نتیجه روش پیشنهادی با روش پیشنهاد شده در [۱۶]، می‌توان به این نتیجه رسید که به ازای مقادیر recall بزرگ (بزرگ‌تر از ۰/۸۲) مقدار precision روش پیشنهادی بالاتر است.

$$precision = \frac{hist(R)}{hist(M)} \quad (15)$$

$$recall = \frac{hist(R)}{hist(G)} \quad (16)$$

برای مقایسه بار محاسباتی، روش پیشنهادی و روش‌های ارائه شده در [۱۲] و [۱۶] بر روی ده تصویر با ابعاد مختلف (در حدود ۶۴۰×۴۰۰ تا ۶۴۰×۴۸۰) روی یک کامپیوتر با پردازشگر دو هسته‌ای ۲/۶ گیگاهرتز، حافظه اصلی چهار گیگابایت با سیستم عامل ویندوز ۶۴ بیتی نسخه ۸/۱ و نرم افزار متلب نسخه ۸/۳ اجرا گردیدند. متوسط زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی برابر ۵۱۲/۳ ثانیه یا ۸/۵ دقیقه به دست آمد. در حالیکه این زمان برای الگوریتم ارائه شده در [۱۶] برابر ۲۰۵۷/۲۵ ثانیه یعنی ۳۴/۲۹ دقیقه محاسبه گردید. همانطور که مشاهده می‌شود سرعت اجرای روش پیشنهادی بیش از چهار برابر روش ارائه شده در [۱۶] می‌باشد. این زمان برای روش پیشنهاد شده در [۱۲] برابر ۸/۶ ثانیه به دست آمد. اگرچه روش ارائه شده در [۱۲] سرعت بالایی دارد، اما همانطور که از مشاهده نتایج می‌توان استنباط کرد نقشه تاری استخراج شده به کمک این روش دارای کیفیت پایین‌تری نسبت به روش پیشنهادی است.

## ۴ بحث و نتیجه‌گیری

در این مقاله یک روش برای استخراج نقشه تاری تصویر پیشنهاد شده است. استخراج نقشه تاری با استفاده از روش پیشنهادی بسیار سریع‌تر از روش‌های دیگر صورت می‌گیرد. ویژگی‌هایی که روش پیشنهادی برای تخمین میزان تاری استفاده می‌نماید، ضمن سادگی، متمایز کننده نواحی تار و غیرتار تصویر می‌باشند. تمایز بین نواحی تار و غیرتار و همواری نقشه استخراجی نشان دهنده این است که از این نقشه می‌توان برای اهدافی چون تشخیص شیء تار در تصویر، تشخیص عمق اشیاء و رفع تاری اشیاء استفاده کرد. به عنوان مثال، در فرایند رفع تاری تصویر، نقشه تاری می‌تواند به عنوان یک ماسک برای تخمین اطلاعات (هسته) تاری مربوط به بخش تار به کار گرفته شود. همچنین می‌توان با توجه به نقشه تاری، تصویر را به دو ناحیه تار و غیرتار قطعه‌بندی نمود. سپس، با استفاده از روش‌های رفع تاری کور [۱۹]، تاری مربوط به ناحیه تار را رفع کرد. استفاده از این نقشه در رفع تاری تصویر جزء کارهای آینده نویسندگان مقاله می‌باشد.

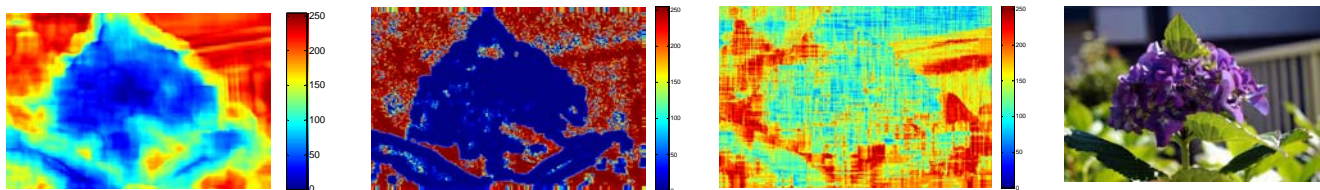
برای بررسی روش پیشنهادی، مجموعه تصاویر موجود در پایگاه داده تشخیص تاری [۱۸] به عنوان تصاویر آزمایشی انتخاب شدند. این مجموعه شامل ۱۰۰۰ تصویر تار، و از آنها ۲۹۶ تصویر با تاری ناشی از حرکت محلی (تاری که در اثر حرکت بخشی از صحنه حین اخذ تصویر اتفاق می‌افتد) و ۷۰۴ تصویر با تاری ناشی از تمرکز لنز است. برای تخمین نقشه تاری در این تصاویر، اندازه دو بلاک حول هر پیکسل را برابر ۴۵×۴۵ و ۱۹×۱۹ در نظر گرفتیم. نتایج روش پیشنهادی بر روی چند تصویر از این مجموعه به همراه نتایج حاصل از روش‌های ارائه شده در [۱۲] و [۱۶] در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. شکل ۴ نتایج را برای یک تصویر با تاری ناشی از تمرکز لنز و شکل ۵ نتایج را برای چند تصویر با تاری ناشی از حرکت اشیاء نشان می‌دهند. شکل ۶ نیز نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی را بر روی چند تصویر دیگر غیر از تصاویر موجود در [۱۸] نشان می‌دهد.

با مقایسه نتایج نشان داده شده در شکل‌های ۴ و ۵، می‌توان (به صورت بصری) دریافت نقشه استخراجی به وسیله روش پیشنهادی، دارای همواری بیشتری در نواحی تار و غیرتار نسبت به روش‌های دیگر است. ضمن اینکه تمایز بین نواحی تار و غیرتار در آن نیز مشهودتر است. این دو ویژگی (یعنی همواری نواحی تار و غیرتار و متمایز بودن این دو ناحیه) نقش مهمی در قطعه‌بندی مؤثر نقشه تاری به دو ناحیه تار و غیرتار دارد.

به ازای هر تصویر موجود در پایگاه داده [۱۸] یک تصویر برجسب‌گذاری شده<sup>۱</sup> توسط انسان نیز وجود دارد که در آن نواحی تار و غیرتار توسط انسان مشخص شده است. برای مقایسه بهتر روش پیشنهادی با دیگر روش‌ها، از نمودار Precision-Recall مربوط به مقایسه نقشه تاری با تصویر برجسب‌گذاری شده توسط انسان نیز استفاده می‌شود. در این مقاله، همانند مرجع [۱۶]، برای محاسبه precision و recall از خود نقشه تاری (یعنی یک تصویر سطح خاکستری) بدون قطعه‌بندی آن استفاده شده است. در اینجا precision و recall از روی هیستوگرام نقشه تاری به دست آمده است. فرض کنید  $G$  و  $M$  به ترتیب نشان‌دهنده تصویر برجسب‌گذاری شده و نقشه تاری باشند.  $R$  نیز ناحیه‌ای از نقشه تاری باشد که متناظر با بخش‌های تار درون تصویر برجسب‌گذاری شده است. برای محاسبه precision و recall، هیستوگرام کل نقشه تاری در یک تعداد bin مشخص (به عنوان مثال ۴۰) محاسبه می‌شود. هیستوگرام  $R$  و هیستوگرام  $G$  نیز محاسبه می‌گردد. سپس نسبت هیستوگرام  $R$  به هیستوگرام  $M$  به عنوان precision و نسبت هیستوگرام  $R$  به هیستوگرام  $G$  به عنوان recall در نظر گرفته می‌شوند.

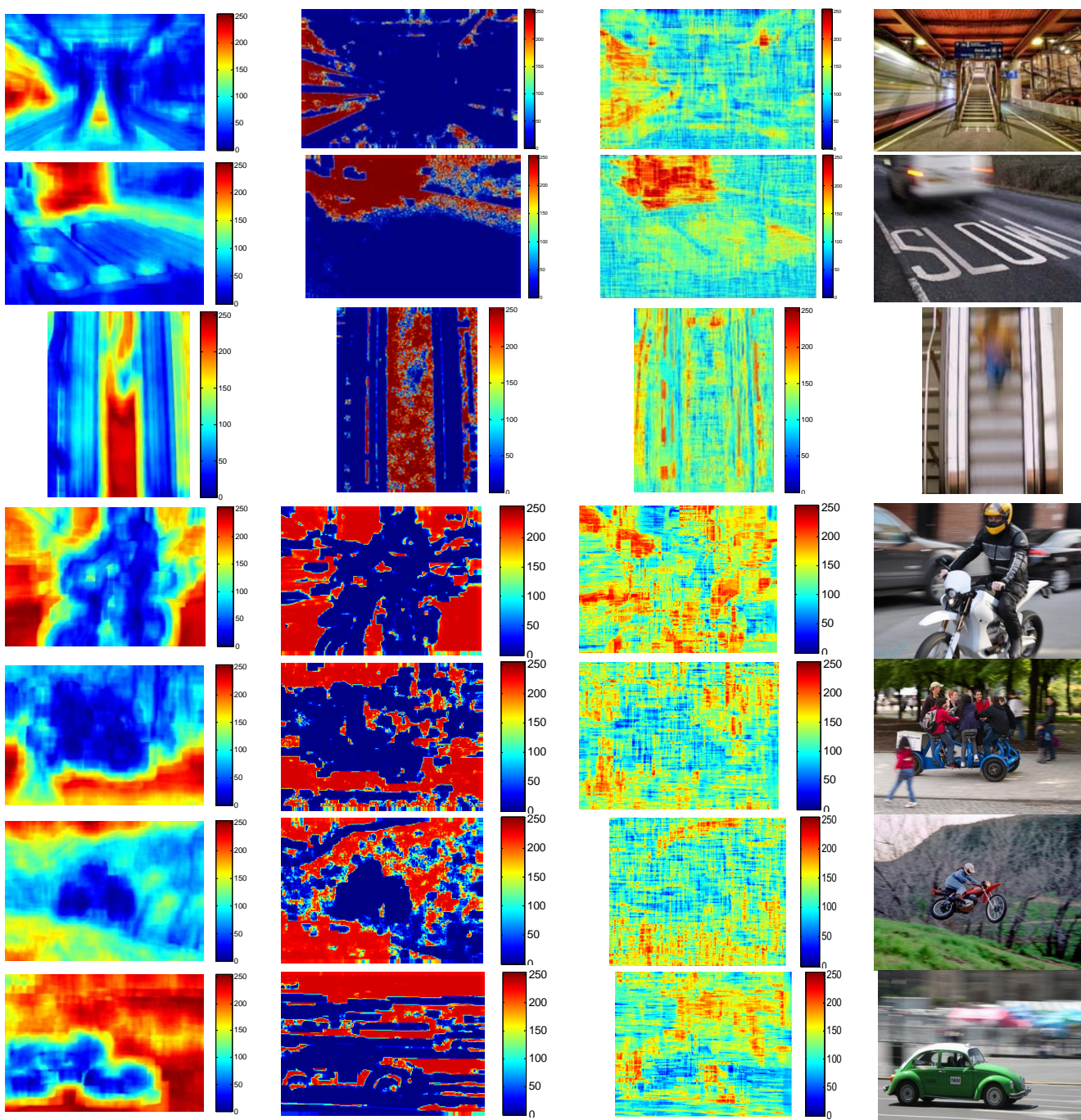
نمودار Precision-Recall برای روش پیشنهادی و دو روش مطرح شده در [۱۲] و [۱۶] در شکل ۷ رسم گردیده است. همانطور که مشاهده می‌شود مقدار precision محاسبه شده برای

<sup>۱</sup>Ground-truth



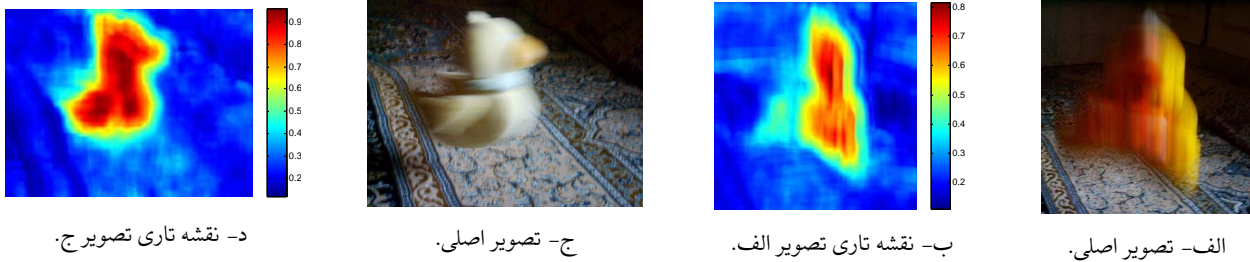
الف- تصویر اصلی. ب- Chakrabarti [۱۲]. ج- Shi [۱۶]. د- روش پیشنهادی.

شکل ۴ یک تصویر تار (با تاری ناشی از تمرکز لنز) و نقشه تاری آن.

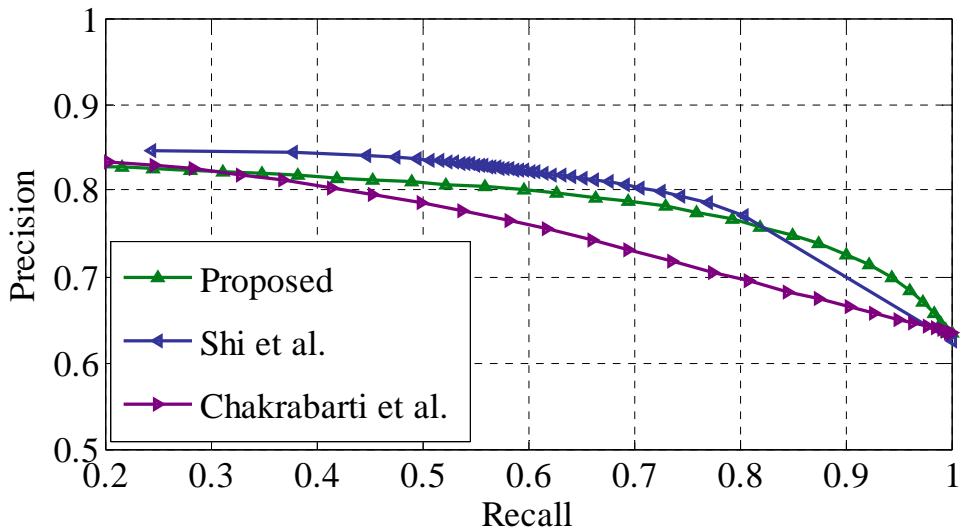


الف- تصویر اصلی. ب- Chakrabarti [۱۲]. ج- Shi [۱۶]. د- روش پیشنهادی.

شکل ۵ چند تصویر تار با تاری ناشی از حرکت (از مجموعه تصاویر مرجع [۱۸]) و نقشه تاری آن‌ها.



شکل ۶ دو تصویر تار و نقشه تار بدست آمده برای آن‌ها با استفاده از روش پیشنهادی.



شکل ۷ نمودار Precision-Recall نقشه‌های تار استخراجی در مقایسه با تصاویر برجسب‌گذاری شده توسط انسان.

## مراجع

- [8] A. Levin, "Blind motion deblurring using image statistics," Neural Information Processing Systems (NIPS), Vol. 19, pp. 841-848, 2007.
- [9] B. Su, S. Lu and C.L. Tan, "Blurred image region detection and classification," Proc. The 19th ACM International Conf. on Multimedia, pp. 1397-1400, 2011.
- [10] H.T. Lin, Y.W. Tai and M.S. Brown, "Motion regularization for matting motion blurred objects," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 33, No. 11, pp. 2329-2336, 2011.
- [11] R. Liu, Z. Li and J. Jia, "Image partial blur detection and classification," Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 1-8, 2008.
- [12] A. Chakrabarti, T. Zickler and W.T. Freeman, "Analyzing spatially varying blur," Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 2512-2519, 2010.
- [13] S. Dai and Y. Wu, "Removing partial blur in a single image," Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 2544-2551, 2009.
- [14] K. Bahrami, A.C. Kot and F. Jiayuan, "A novel approach for partial blur detection and segmentation," IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo (ICME), pp. 1-6, 2013.
- [15] W. Xu, J. Mulligan, D. Xu and X. Chen, "Detecting and classifying blurred image regions," IEEE Int. Conf. on Multimedia and Expo (ICME), pp. 1-6, 2013.
- [16] J. Shi, L. Xu and J. Jia, "Discriminative Blur Detection Features," IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 2965-2972, 2014.
- [17] F. Crete, T. Dolmiere, P. Ladret, and M. Nicolas, "The blur effect: perception and estimation with a new no-
- [1] R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S.T. Roweis and W.T. Freeman, "Removing camera shake from a single photograph," Association for Computing Machinery (ACM) Transactions on Graphics. Vol. 25, No.3, pp. 787-794, 2006.
- [2] D. Krishnan, T. Tay and R. Fergus, "Blind deconvolution using a normalized sparsity measure," Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 233-240, 2011.
- [3] A. Levin, R. Fergus and F. Durand, "Image and depth from a conventional camera with a coded aperture". Association for Computing Machinery (ACM) Transactions on Graphics. Vol. 26, No. 3, Article 70, 2007.
- [4] Q. Shan, J. Jia, and A. Agarwala, "High-quality motion deblurring from a single image," Association for Computing Machinery (ACM) Transactions on Graphics. Vol. 27, No. 3, pp. 1-10, 2008.
- [5] S. Cho and S. Lee, "Fast motion deblurring," Association for Computing Machinery (ACM) Transactions on Graphics. Vol. 28, No. 5, pp. 1-8, 2009.
- [6] Y. Tai, H. Du, M.S. Brown and S. Lin, "Correction of spatially varying image and video motion blur using a hybrid camera," IEEE Transactions on Pattern Analysis. Vol. 32, No.6 pp. 1012-1028, 2010.
- [7] L. Xu and J. Jia, "Two-phase kernel estimation for robust motion deblurring," Proc. The 11th European Conference on Computer Vision (ECCV), pp. 157-170, 2010.

reference perceptual blur metric," in Proc. SPIE, Vol. 6492, No. 1, Article 0I, pp. 1-11, 2007.

- [18] Discriminative Blur Detection Features (2014), Blur Detection Dataset, available from <http://www.cse.cuhk.edu.hk/~leojia/projects/dblurdetect>, [Accessed September 29, 2015].
- [19] C. Patrizio, and K. Egiazarian, Blind image deconvolution: theory and applications. CRC press, 2007.



**طیبه عسکری جواران** مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۳۸۱ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش نرم افزار از دانشکده دکتر شریعتی تهران و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۸۴ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه شیراز دریافت نمود. هم‌اکنون ایشان

دانشجوی مقطع دکتری در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی در دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان پردازش تصویر و به سازی تصویر از طریق بهینه سازی است.



**حمید حسن پور** مدرک کارشناسی خود را در سال ۱۳۷۲ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش سخت افزار از دانشگاه علم و صنعت ایران و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۳۷۵ در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش هوش مصنوعی از دانشگاه صنعتی امیرکبیر دریافت

نموده است. در سال ۱۳۸۳ تحصیلات مقطع دکتری خود را در رشته مهندسی کامپیوتر گرایش پردازش سیگنال در دانشگاه صنعتی کوئینزلند استرالیا به اتمام رساند. ایشان در حال حاضر استاد دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود هستند و زمینه تحقیقاتی مورد علاقه ایشان پردازش سیگنال، پردازش تصویر، شبکه های عصبی مصنوعی و داده کاوی است.



**وحيد ابوالقاسمی** مدارک کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را به ترتیب در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۶ در رشته مهندسی برق-الکترونیک از دانشگاه صنعتی شاهرود دریافت نمود. ایشان مدرک دکتری خود در زمینه پردازش سیگنال های پزشکی را در سال ۱۳۹۰ از دانشگاه ساری کشور انگلستان

دریافت نمود. زمینه های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان حسگری فشرده، یادگیری دیکشنری، بازسازی تنک، و پردازش سیگنالها و تصاویر پزشکی بوده و در حال حاضر عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.