

## ارائه الگوریتم بهینه غیرهمزمان بزرگنمایی و فیلترینگ تصاویر نویزی براساس شاخص های کیفیت و تیزی تصویر

دانشکده مهندسی برق، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

Department of Electrical Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

۱- پرستو نصری، ۲- منصور زینلی

### چکیده

افزایش دقت مکانی تصاویر دیجیتال از جمله مسائل اساسی در علوم پردازش تصویر است. با توجه به گسترش روزافزون صنعت تولید دستگاه های فیلمبرداری و تصویربرداری دیجیتالی و نیاز به تولید تصاویر با کیفیت برای اهداف گوناگون، افزایش دقت تصاویر توجه زیادی را به سمت خود جلب کرده است. کاهش کیفیت تصاویر دیجیتال و نویزی شدن آن ها در اثر عوامل متعدد امری غیرقابل چشم پوشی است. در این مقاله تلاش شده با توجه به معیارهای جدید سنجش کیفیت تصاویر و تیزی تقدم حذف نویز و بزرگنمایی در تصاویر دقت پایین دارای نویز مورد بررسی قرار گیرد و بزرگنمایی تصویر به گونه ای انجام پذیرد که تصویر حاصل از کیفیت و تیزی قابل قبولی برخوردار باشد. نتایج نشان می دهد که برای بزرگنمایی تصاویر دقت پایین دارای نویز، باید در ابتدا الگوریتم بزرگنمایی انجام شود سپس فیلتری مناسب جهت نویززدایی تصویر اعمال گردد. نتایج به دست آمده برتری این روند را به خوبی نشان می دهد.

### کلمات کلیدی

بزرگنمایی تصویر، فیلترینگ، نویز فلفل نمکی، معیار سنجش کیفیت، شاخص تیزی تصویر

## مقدمه

داده های تصویری نقش روبه گسترشی در صنعت ایفا می کنند. تصاویر شامل اطلاعات مهم و جذاب در زمینه های گوناگون تحقیقاتی و کاربردی مانند فضاوردی، سنجش از دور، علوم پزشکی و ... به کار می روند. با توجه به گسترش روزافزون صنعت تولید دستگاه های فیلمبرداری و تصویربرداری دیجیتالی و نیاز به تولید تصاویر با کیفیت برای اهداف گوناگون، افزایش دقت تصاویر توجه زیادی را به سمت خود جلب کرده است. از این رو هم در زمینه تولید سخت افزار و هم در زمینه پیاده سازی نرم افزاری این موضوع پیشرفت های چشمگیری برای بهبود کیفیت تصویر دیده می شود. کاهش کیفیت تصاویر دیجیتال و نویزی شدن آن ها در اثر عوامل متعدد امری غیرقابل چشم پوشی است. بنابراین تلاش برای ارائه روشی بهینه جهت کاهش نویز و افزایش دقت تصاویر همچنان ادامه دارد. اکثر روش های بزرگنمایی، تصویر را بدون نویز فرض می کنند که این فرضیه در عمل معتبر نیست. اولین قدم در بسیاری از الگوریتم های پردازش تصویر و بینایی ماشین، حذف نویز از تصویر می باشد، چرا که بدون حذف نویز این الگوریتم ها، نتایج خوبی ارائه نمی کنند. در روش های بزرگنمایی متداول، در گام اول نویز در تصویر دقت پایین حذف یا کاهش پیدا می کند و در گام بعدی بزرگنمایی تصویر فاقد نویز انجام می گیرد. می دانیم لبه ها و اجزای فرکانس بالا بخش های مهمی از تصویر بوده و در واضح تر دیده شدن تصویر نقش بسزایی دارد. از این رو با حذف نویز بسیاری از این جزئیات از بین رفته و تصویر تار و موهن می شود و کیفیت بصری خود را از دست می دهد. سپس انجام الگوریتم بزرگنمایی این حالت را تقویت خواهد نمود. مسئله دیگر روش سنجش کیفیت تصویر است. برای سنجش کیفیت تصویر روش ها و الگوریتم های زیادی وجود دارد. با توجه به وجود تصویر اولیه جهت مقایسه با تصویر نهایی، روش های سنجش کیفیت به دو دسته تقسیم می شوند. سنجش کیفیت با وجود مرجع اولیه و سنجش بدون داشتن مرجع اولیه. با اندکی تامل کاملاً مشخص است که سنجش با وجود تصویر اولیه بسیار ساده تر خواهد بود. چرا که می توان بعد از اتمام هر الگوریتمی، تصویر حاصل را با تصویر اولیه مقایسه نمود و بهبود یا عدم بهبود تصویر را نتیجه گرفت. ولی گاه اتفاق می افتد که تصویر اولیه در دسترس نیست، پس نیاز به روش های سنجشی هستیم که کیفیت تصویر را بدون هیچ مرجعی به دست آورد. در (Zhang & Li, 2008) یک روند تخمین جهت دار برای انجام همزمان کاهش نویز گوسی و بزرگنمایی برای تصاویر سطح خاکستری ارائه شده است. در (Hirakawa & Parks, 2006) با استفاده از تکنیک مربع حداقل کل (TLS) الگوریتمی همزمان برای انجام عمل کاهش نویز گوسی و نوعی از بزرگنمایی رنگی ارائه شده است. در (Zhang, Wu, & Zhang, 2007) الگوریتم حذف نویز و بزرگنمایی را بر روی تصاویر رنگی با استفاده از فیلترینگ جهتی و ویولت انجام داده است. در (Ramani, Thevenaz & Unser, 2010) هم یک روش برای بزرگنمایی تصاویر پزشکی ارائه شده است. در تمام روش های ذکر شده از معیارهای سنجش با مرجع و معیارهایی از قبیل PSNR و MSE استفاده شده است. در هیچ یک از تحقیقاتی که تاکنون انجام شده، نویز لفل نمکی در نظر گرفته نشده و غیرهمزمانی الگوریتم حذف نویز و بزرگنمایی مورد بررسی قرار نگرفته است، تنها تلاش شده است حذف نویز و بزرگنمایی به طور همزمان انجام گیرد. سوالی که اینجا مطرح می شود این است که با وجود نویز، به ویژه نویز لفل نمکی که جز تاثیرگذارترین انواع نویزها می باشد بهترین زمان برای حذف نویز قبل از اعمال الگوریتم بزرگنمایی است یا بعد از آن؟ در این مقاله تلاش شده است که تقدم حذف نویز و افزایش دقت تصویر مورد بررسی قرار گیرد.

## روش تحقیق

## مروری بر روش های درون یابی

از متداول ترین روش های درون یابی، درون یابی نزدیک ترین همسایه، دوخطی و دومکعبی را می توان نام برد. در روش نزدیک ترین همسایه عملاً هیچگونه محاسبه انجام نمی پذیرد، فقط مقدار درجه خاکستری پیکسلی انتخاب می شود که به موقعیت نقطه در تصویر نزدیک تر باشد. این روش از آنجایی که محاسبات خاصی انجام نمی دهد، سریع ترین روش نمونه برداری مجدد محسوب می شود. علاوه

بر این، از مقادیر حقیقی موجود در تصویر استفاده می‌کند و بنابراین شدت روشنایی جدیدی که گاه ممکن است غیرواقعی باشد را تولید نمی‌نماید. در درون‌یابی دو خطی از چهار پیکسل همسایه نقطه در تصویر استفاده شده و میان آنها درون‌یابی برای یافتن درجه خاکستری نقطه مورد نظر انجام می‌گردد. در عمل یک صفحه به چهار درجه خاکستری همسایه برازش داده شده و سپس درجه خاکستری نقطه مورد نظر محاسبه می‌شود. درون‌یابی دو مکعبی بیشترین توجه را در میان سایر درون‌یابی‌های چندجمله‌ای به خود جلب نموده است. رایج‌ترین تابع درون‌یابی یک بعدی، اسپلاین مکعبی کیز است که در آن از مقدار نزدیک‌ترین ۴ پیکسل برای درون‌یابی پیکسل فرزند استفاده می‌شود. غیر از خانواده اسپلاین مکعبی کیز، کرنل‌های مکعبی شش و هشت نقطه‌ای نیز مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. در درون‌یابی دو مکعبی از ۱۶ پیکسل همسایه جهت درون‌یابی استفاده شده است. از جمله روش‌های مهم درون‌یابی، روش‌های لبه‌گرا هستند که در آن‌ها از اطلاعات لبه در تصویر دقت پایین برای تخمین نگاشت لبه در تصویر دقت بالا استفاده می‌شود. پس از تخمین، از اطلاعات به‌دست آمده به‌نحوی استفاده می‌شود که باعث تاری لبه‌ها نگردد. تفاوت این روش‌ها تنها در دقت تخمین لبه است. به تازگی روش‌هایی برای ارتقاء دقت تصاویر در حوزة موجک ارائه شده است. در آن‌ها از تبدیل موجک برای تجزیه تصویر دقت پایین به زیر باندهای مختلف استفاده می‌شود. سپس زیرباندهای بالاگذر درون‌یابی می‌شوند. تصویر ورودی نیز با نصف ضرایب درون‌یابی زیرباندهای بالاگذر درون‌یابی می‌شود. سرانجام، تصاویر زیرباندهای بالاگذر درون‌یابی شده به همراه تصویر ورودی درون‌یابی شده توسط عکس تبدیل موجک با هم ترکیب می‌شوند. در (Zeinali, Ghassemian, & Moghaddasi, 2014)، از جانمایی بهینه زیرپیکسل‌ها و حفظ سهم پیکسل از کلاس‌های مجزا، که دو فاکتور مهم در ایجاد لبه‌های واضح و تیز است، به خوبی استفاده می‌کند. این جانمایی با در نظر گرفتن شدت روشنایی پیکسل، ساختار پیکسل‌های همسایه و استفاده از جدول جستجو برای یافتن بهترین پاسخ، صورت می‌گیرد. در واقع این روش بدون داشتن اطلاعاتی اضافی به پیش‌بینی بهترین حالت می‌پردازد. در نهایت از معیارهای سنجش بدون داشتن تصویر اصلی، برای ارزیابی کیفیت و تیزی تصویر استفاده می‌شود که کارآمد بودن روش را به خوبی، همراه با مقادیر کمی نشان می‌دهند.

#### نویز و ابزارهای سنجش کیفیت

وجود نویز در تصاویر همواره از مسائل مشکل‌ساز به هنگام پردازش بوده است. هرگونه تغییرات ناگهانی در تصویر به عنوان نویز شناخته می‌شود. نویز ضربه ای در یک تصویر بخاطر خطاهای بیتی در هنگام انتقال رخ می‌دهد. برای مثال نویز فلفل نمکی که به مانند لکه های سیاه یا روشن روی تصویر می باشد یکی از انواع شایع نویزها می باشد. این نویز هنگامی رخ می دهد که پیکسل های تخریب شده مقادیر حداقلی و حداکثری خاکستری می گیرند و می تواند بطور چشم گیری کیفیت تصویر را بدتر کند. جهت سنجش کیفیت روش های مختلفی وجود دارد. از جمله این روش‌ها، شاخص‌های اندازه‌گیری تیزی تصویر با عناوین S3 و BIQ هستند. S3 یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی کیفیت تصویر بدون مرجع است. این شاخص برای اندازه‌گیری وضوح محلی تصویر طراحی شده است. در (Vu Cuong, Phan Thien & Chandler Damon, 2012)، از هر دو خاصیت طیفی و مکانی تصویر بهره برده شده است. برای هر بلوک شیب اندازه طیف تغییرات مکانی محاسبه می‌شود. سپس برای محاسبه یک مقدار کمی برای بیان میزان ادراک بصری، این مقادیر با یک میانگین هندسی وزن‌دار با هم ترکیب می‌شوند. هرچه میزان S3 به‌دست آمده بیشتر باشد، نشان دهنده کیفیت بالاتر تصویر خواهد بود. در (Mittal, Soundararajan & Bovik, 2013)، برخلاف S3، هرچه میزان BIQ کمتر باشد نشان از کیفیت بالاتر تصویر می‌باشد. BIQ روشی برای سنجش کیفیت تصویر با آنالیز تصویر به صورت کاملاً کور است. این شاخص نیز از جمله معیارهای بدون مرجع است.

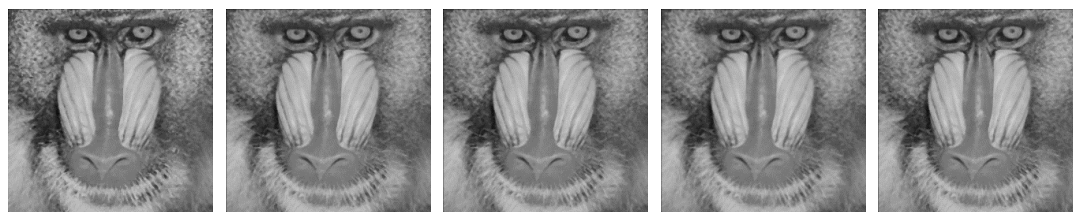
#### روند غیرهمزمان پیشنهادی برای بزرگنمایی و حذف نویز فلفل نمکی

برای مشاهده بهتر نتایج به تصاویر دقت پایین نیاز است. برای این منظور از یک تصویر دقت پایین که از تصویر اصلی به‌دست می‌آیند، استفاده می‌کنیم. مجموعه تصاویر اصلی استفاده شده شامل ۳ تصویر Lena، Peppers و Baboon می‌باشد که همگی خاکستری با ابعاد ۵۱۲×۵۱۲ هستند. تصاویر دقت پایین را با LR نام‌گذاری می‌کنیم. تصاویر کاهش دقت یافته با ابعاد ۲۵۶×۲۵۶ با اعمال فیلتر

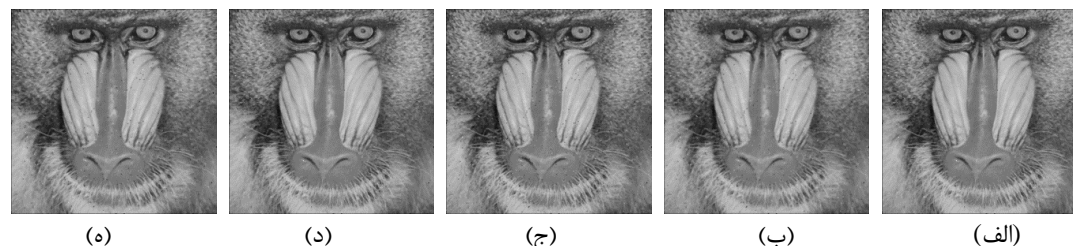
میانگین گیر با پنجره  $3 \times 3$  و سپس حذف یکی در میان سطرها و ستون‌ها حاصل می‌شوند. نسخه‌های LR جهت ادامه کار آماده می‌باشند. در مرحله بعد به تصاویر دقت پایین نویز فلفل نمکی با درصدهای متفاوت اضافه می‌کنیم. اکنون جهت مقایسه، ابتدا طبق روند معمول نویز موجود در تصویر را حذف می‌کنیم. حذف نویز خود باعث کاهش مجدد کیفیت تصویر می‌شود. سپس با چندین الگوریتم بزرگنمایی، تصویر دقت پایین را به اندازه اولیه برمی‌گردانیم. بار دیگر این روندی برعکس روند فوق انجام می‌دهیم. به جهت آنکه حذف نویز باعث کاهش دقت می‌شود و در بزرگنمایی تاثیر مستقیم دارد، الگوریتم‌هایی که تاکنون ارائه شده است یا تصویر را بدون نویز فرض کرده یا سعی شده حذف نویز و بزرگنمایی به‌طور همزمان انجام پذیرد. ولی زمانی را تصور کنید که امکان حذف نویز و بزرگنمایی به‌طور همزمان وجود نداشته باشد. بنابراین لازم است هر کدام از این الگوریتم‌ها به صورت مجزا به تصویر اعمال گردد. در تحقیقات انجام شده تاکنون به این مسئله اشاره نشده است که از نظر معیارهای سنجش تیزی و کیفیت اعمال فیلتر قبل از بزرگنمایی مؤثرتر خواهد بود یا بعد از آن.

### یافته‌ها

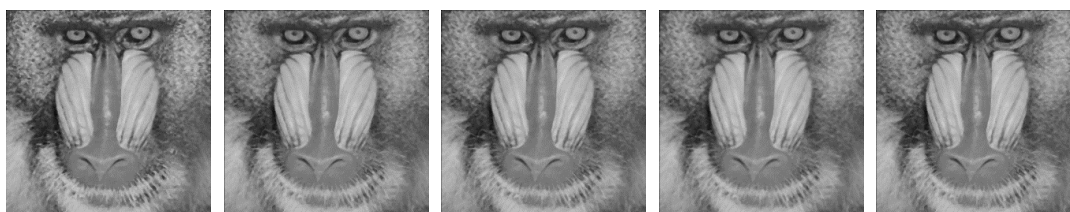
شکل‌های شماره (۱) و (۳)، نتایج نهایی حاصل از بزرگنمایی و حذف نویز را با ترتیب اعمال فیلتر و سپس بزرگنمایی، شکل‌های شماره (۲) و (۴)، نتایج حاصل از اعمال بزرگنمایی و سپس فیلتر برای تصاویر آغشته به نویز فلفل نمکی با چگالی ۰.۱٪ و ۰.۲٪ را نشان می‌دهد. بزرگنمایی توسط روشهای نزدیکترین همسایه (Lehmann, Gonner, & Spitzer, 1999)، درون‌یابی دوخطی (Keys, 1981)، دومکعبی (Carrato, 2000)، روش مبتنی بر موجک (Sekar, Duraisamy, & Remimol, 2014) و روش EDI (Li & Orchard, 2001) انجام می‌گیرد. جدول‌های شماره (۱)، (۲) و (۳) نیز نتایج حاصل از معیارهای سنجش S3 و BIQ را برای سه تصویر اصلی Lena, Peppers و Baboon نشان می‌دهند. شکل‌های (۵) و (۶) نیز نتایج حاصل از الگوریتم S3 را به تصویر کشیده است. مقادیر داخل جداول به خوبی نشان می‌دهد که اعمال فیلتر برای حذف نویز بعد از بزرگنمایی بسیار مؤثرتر و نتایج بهتری را در پی خواهد داشت. درست است که حذف نویز بعد از بزرگنمایی باعث ایجاد نقاطی در تصویر می‌شود ولی تصویر دارای تیزی بهتری در لبه-هاست و از وضوح قابل توجهی برخوردار است. این درحالی است که در روش دیگر، نقاط ناشی از حذف نویز وجود ندارد ولی تصویر تار بوده و جزئیات آن وضوح خوبی ندارد.



شکل (۱): تصاویر حاصل از روند حذف نویز و سپس بزرگنمایی با وجود نویز ۰.۱٪ (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI

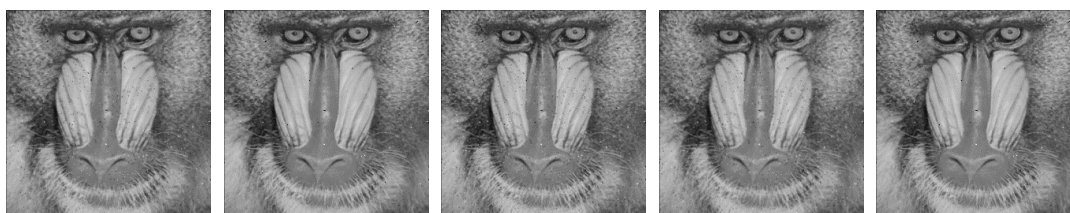


شکل (۲): تصاویر حاصل از روند بزرگنمایی و سپس حذف نویز با وجود نویز ۰.۱٪ (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI



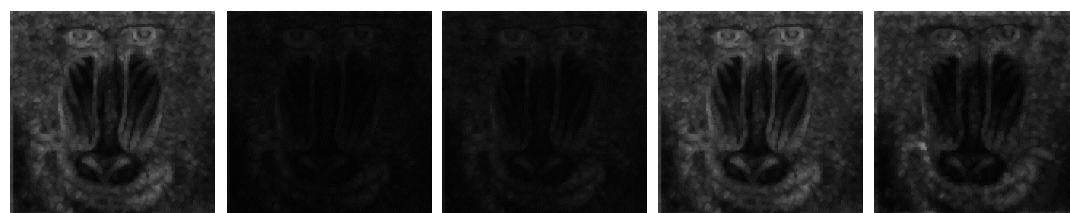
(الف) (ب) (ج) (د) (ه)

شکل (۳): تصاویر حاصل از روند حذف نویز و سپس بزرگنمایی با وجود نویز ۲٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI



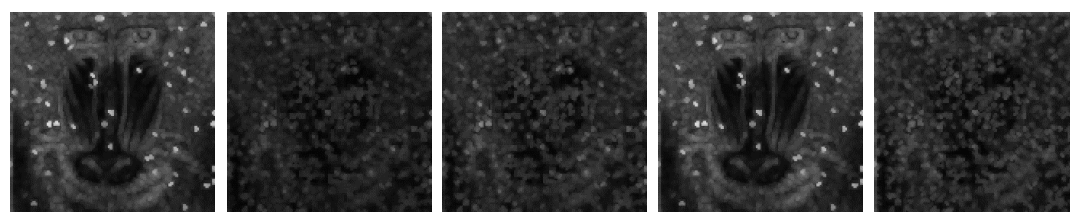
(الف) (ب) (ج) (د) (ه)

شکل (۴): تصاویر حاصل از روند بزرگنمایی و سپس حذف نویز با وجود نویز ۲٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI



(الف) (ب) (ج) (د) (ه)

شکل (۵): نتایج شاخص S3، روند حذف نویز سپس بزرگنمایی برای نویز ۲٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI



(الف) (ب) (ج) (د) (ه)

شکل (۶): نتایج شاخص S3، روند بزرگنمایی سپس حذف نویز برای نویز ۲٪، (الف) نزدیکترین همسایه، (ب) دوخطی، (ج) دومکعبی، (د) مبتنی بر موجک، (ه) EDI

جدول (۱): نتایج سنجش تصویر Lena در مورد هر دو روند

lena	اول فیلتر بعد بزرگنمایی				اول بزرگنمایی بعد فیلتر			
	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02
Nearest	.47	.48	6.88	6.75	.58	.70	6.27	5.94
Bilinear	.09	.09	7.97	7.93	.31	.33	6.83	7.47
bicubic	.13	.13	7.83	7.54	.36	.40	6.88	7.54
wavelet	.47	.48	6.88	6.75	.58	.70	6.27	5.94
EDI	.39	.38	7.69	7.69	.38	.44	6.80	6.88

جدول (۲): نتایج سنجش تصویر Peppers در مورد هر دو روند

peppers	اول فیلتر بعد بزرگنمایی				اول بزرگنمایی بعد فیلتر			
	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02
Nearest	.50	.51	6.78	6.78	.60	.74	6.16	6.03
Bilinear	.11	.12	7.7	7.80	.38	.40	6.9	7.58
bicubic	.15	.15	7.56	7.54	.43	.46	7.44	6.64
wavelet	.50	.51	6.78	6.78	.60	.74	6.16	6.03
EDI	.54	.54	7.34	7.34	.46	.50	6.98	7.12

جدول (۳): نتایج سنجش تصویر Baboon در مورد هر دو روند

baboon	اول فیلتر بعد بزرگنمایی				اول بزرگنمایی بعد فیلتر			
	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02	S3 d=0.01	S3 d=0.02	BIQ d=0.01	BIQ d=0.02
Nearest	.40	.40	7.23	7.10	.56	.71	5.67	5.93
Bilinear	.08	.08	6.76	6.72	.26	.32	5.84	6.49
bicubic	.12	.12	6.44	6.40	.33	.41	5.76	6.56
wavelet	.40	.40	7.23	7.10	.56	.71	5.67	5.93
EDI	.40	.40	5.71	5.71	.38	.46	5.39	5.49

### بحث و نتیجه گیری

در این مقاله الگوریتمی برای انجام غیرهمزمان دومرحله‌ای بزرگنمایی و حذف نویز فلفل نمکی ارائه شده است. برخلاف روش‌های متداول غیرهمزمان دو مرحله‌ای که ابتدا حذف نویز انجام شده و سپس بزرگنمایی انجام می‌شود و روش‌های همزمان که این دو فرایند به صورت یکجا انجام می‌شود، در این روش ابتدا بزرگنمایی و سپس فیلتر حذف نویز اعمال می‌گردد. علت عملکرد بهتر این روش از نظر معیارهای تیزی و کیفیت، این است که حذف نویز توسط فیلتر خود باعث افت کیفیت تصویر می‌شود و این امر در نتیجه بزرگنمایی و تصویر حاصل تاثیر مستقیم دارد. بررسی مقادیر S3 و BIQ و مقایسه کیفی (بصری) نشان می‌دهد که روش پیشنهادی از نظر شاخص‌های کیفیت و تیزی بهتر از روش‌های متداول دومرحله‌ای که در ابتدا حذف نویز و در مرحله بعد بزرگنمایی انجام می‌شود عمل می‌کند. این روش جزئیات و لبه‌های تصویر بهتر حفظ خواهد کرد.

## منابع

- Zeinali, M., Ghassemian, H., & Moghaddasi, M.N. (2014). A New Magnification Method for RGB Color Images Based on Subpixels Decomposition. *IEEE Signal Processing Letters*, (21), 577-580.
- Vu Cuong, T., Phan Thien, D., & Chandler Damon, M. (2012). S3 : A spectral and spatial measure of local perceived sharpness in natural images. *IEEE Trans. Image Process*, (21), 934-945.
- Mittal, A., Soundararajan, R., & Bovik, A. C. (2013). Making a completely blind image quality analyzer. *IEEE Signal Process. Lett*, (22), 209-212.
- Lehmann, T. M., Gonner, C., & Spitzer, K. (1999). Survey: Interpolation methods in medical image processing. *IEEE Trans. Med. Imag*, (18), 1049-1075.
- Keys, R. G. (1981). Cubic convolution interpolation for digital image processing. *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process*, (29), 1153-1160.
- Carrato, S. (2000). A high quality 2 x image interpolator. *IEEE Signal Process. Lett*, (7), 132-134.
- Sekar, K., Duraisamy, V., & Remimol, A.M. (2014). An approach of image scaling using DWT and bicubic interpolation. *Proc. IEEE Int. Conf. Green Computing Communication and Electrical Engineering*, 1-5.
- Li, X., & Orchard, M. T. (2001). New edge-directed interpolation. *IEEE Trans. Image Process*, (10), 1521-1527.
- Zhang, L. & Li, X. (2008). Directional interpolation of noisy images. *proceeding of ICIP 2008*, 633-636.
- Hirakawa, K., & Parks, T. W. (2006). Joint demosaicking and denoising. *IEEE Trans. Image Process*, (15), 2146-2157.
- Zhang, L., Wu, X., & Zhang, D. (2007). Color reproduction from noisy CFA data of single sensor digital cameras. *IEEE Trans. Image Process*, (16), 2184-2197.
- Ramani, S., Thevenaz, Ph., & Unser, M. (2010). Regularized interpolation for noisy images, *IEEE Trans. Medical Imaging*, (29), 543-558.