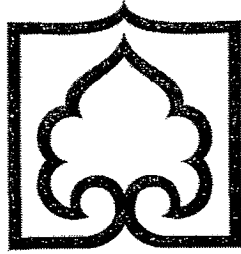




١١٦١٤١



دانشگاه زنجان  
دانشکده فنی و مهندسی  
گروه برق و کامپیوتر

## پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش: الکترونیک دیجیتال

# افزایش کیفیت تصویر توسط تکنیک فراتفکیک پذیری

نگارش: حامد بودری

استاد راهنما: دکتر سعید فضلی

۱۳۸۸/۶/۱۱

کتابخانه و اطلاعات مرکز علمی پژوهش  
دانشگاه زنجان

اسفند ۱۳۸۷

۱۱۶۱۴۸



بسمه تعالی

شماره: ۳۹۶

تاریخ: ۸۲/۱۱/۳۰

پیوست:

صور تجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حامد بوذری

رشته: مهندسی برق (الکترونیک)

تحت عنوان: افزایش رزولوشن تصویر توسط تکنیک "سوپر رزولوشن"

که در تاریخ ۸۲/۱۲/۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزار گردید به شرح زیر است:

قبول (با درجه: عالی) امتیاز: ۱۹،۸۳ (دفاع مجدد  مردود )

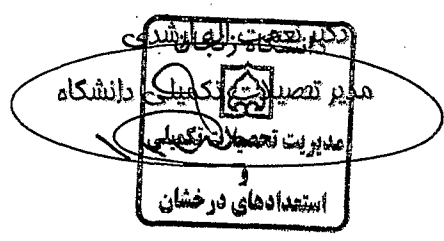
۱. عالی (۲۰-۱۸) نوزده و هشتاد و سه درصد

۲. بسیار خوب (۹۹-۱۷-۱۶)

۳. خوب (۹۹-۱۵-۱۴)

۴. قابل قبول (۹۹-۱۳-۱۲)

ردیف	عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر سعید فضلی	استادیار	
۲	استاد ممتحن	دکتر شهرام محمدی	استادیار	
۳	استاد ممتحن	دکتر شاهپور علیرضایی	استادیار	
۴	نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر مجتبی آیت اللهی	استادیار	



مهندس محمد مصطفوی  
معاون آموزشی دانشکده مهندسی

۱۳۸۸/۶/۱۱

تمام حقوق این اثر برای نویسنده محفوظ می باشد.

تقديم به

دستان پر تلاش پدرم

و

وجود پر مهر مادرم

و

برادران عزیزم

## تقدیر و تشکر

حمد و ستایش مخصوص خداوندی است که به واسطه ربوبیتش درهای علم را بر ما گشود و از لطف خود ما را راهنمایی نمود، نعمت‌هایش را به بها نتوان خرید و عطایش به منت آرایش نیاید.

اینک به پاس هر قدمی که برای ساختن اندیشه‌های من برداشته شده و در ازای هر اشاره‌ای که مرا در رسیدن به پاسخ پرسش بودن یاری نموده است، تنها می‌توانم یاد نمایم از نامشان تا خود بدانم آموخته‌هایم در گرو حضور ایشان در زندگی من بوده است.

از استاد راهنمای ارجمند، گرانقدر و فرهیخته‌ام، جناب آقای دکتر سعید فضلی به پاس کاردانی، صبر، متانت و راهنمایی‌های ارزشمند و ارزنده‌اشان در هدایت و پیشبرد پژوهش حاضر، کمال قدردانی و تشکر را دارم.

همچنین از اساتید بزرگوار، جناب آقایان دکتر شاهپور علیرضایی و دکتر شهرام محمدی به پاس رهنمودهای ارزنده‌اشان در بازخوانی این مجموعه، سپاسگزارم.

از اساتید فرهیخته خود، جناب آقای دکتر وحید رشتچی، جناب آقای دکتر ابوالفضل جلیوند و جناب آقای دکتر حبیب ... زلفخانی که افتخار شاگردی کلاس درس آنها نصیب اینجانب گردید، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمام دوستانی که در طول این دو سال، افتخار آشنائیشان نصیب اینجانب گردید، متشکرم. جا دارد از دوستان هم دوره‌ای خود، دوستان هم اتاقی و همچنین دوستان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، بنحوی ویژه سپاسگزاری نمایم، دوستانی که باعث گردیدند تا خاطرات بسیار خوش و به یادماندنی‌ای از این دوره در ذهنم نقش گیرد، از درگاه خالق هستی برای ایشان سعادت و بهروزی آرزومندم.

در آخر نیز از خانواده‌ام بسیار سپاسگزارم، از لطف و توجه پدر و مادرم در سراسر دوران تحصیل تشکر کرده و این مجموعه را به آنها تقدیم می‌نمایم.

اسفند ۱۳۸۷

حامد بودری

پس از مدلسازی سیستم تصویر برداری و تعیین چگونگی نحوه تخریب تصاویر، با اعمال عکس روند فوق، در جهت استخراج تصویر اولیه تلاش می‌نماییم. چنین تلاشی مستلزم شناخت دقیق از سیستم و همچنین ارائه یک روش مناسب برای هدف فوق می‌باشد. در این تحقیق تکنیک فراتفکیک پذیری بر مبنای روش تنظیم سازی پیاده سازی شده است که حاصل آن ابزاری کارآمدتر برای مسائل پردازش تصویر و بویژه در تکنیک فراتفکیک پذیری، می‌باشد. با فرض شناخت سیستم و داشتن مدل ریاضی دقیقی از آن، اولین قدم در تکنیک فراتفکیک پذیری، ثبت موقعیت تصاویر تخریب گردیده نسبت به یکدیگر می‌باشد که در این بخش، ثبت تصاویر می‌بایست بر روی شبکه‌ای با رزولوشن بالاتر انجام گیرد که معادل آن برابر است با ثبت تصاویر با دقتی برابر با کسری از واحد پیکسل در رزولوشن پایین. جهت دستیابی به چنین دقتی از روش شار نوری که بطور تکرار شونده و در سطوح مختلف انجام می‌گیرد استفاده گردیده است.

با تلفیق این تصاویری که از نظر موقعیتی نسبت به هم ثبت گردیده‌اند تصویری با رزولوشن بالاتر ایجاد می‌گردد که تنها از لحاظ ابعاد نسبت به تصاویر رزولوشن پایین اولیه برتری دارد و همچنان از لحاظ میزان اطلاعات فرکانس بالا و یا همان جزئیات، فقیر و دچار ضعف می‌باشد. جهت رفع مشکل فوق می‌بایست توسط روشی این اطلاعات فرکانس بالا را به تصویر فوق بازگرداند، که در این تحقیق اطلاعات پیش فرض از تصویر، تابع تغییرات کل همان تصویر در نظر گرفته شد و با اعمال روش بازیابی تنظیم سازی تیخونوف و همچنین در نظر گرفتن تابع تغییرات فوق به عنوان تابع جریمه در این روش، اقدام به استخراج تصویری با جزئیات بیشتر می‌نماییم.

در این تحقیق روشی جدید برای تکنیک تنظیم سازی ارائه گردیده است که باعث افزایش میزان خطی شدن آن می‌گردد. همچنین این روش نوین، با اضافه نمودن متغیر جدیدی که معرف بیشترین ناپایداری در سیستم می‌باشد، باعث افزایش پایداری سیستم نیز می‌گردد. با معرفی یکسری معیارهای اندازه‌گیری میزان کیفیت، که در تکنیک فوق قابل استفاده می‌باشند، افزایش کیفیت نتایج نهایی را سنجیده می‌شوند.

این تحقیق منتج به مقالاتی تحت عناوین زیر گردیده است:

1. "New Representation of TV Regularization for Super-Resolution", 5<sup>th</sup> IEEE GCC, Kuwait City, Kuwait, 2009. (Refereed and accepted)
2. "A Novel Object Based Super-Resolution Using Phase Template Matching" Fifth IEEE GCC, Kuwait City, Kuwait, 2009. (Refereed and accepted)
3. "A Novel PSO-Based Parameter Estimation for Total Variation Regularization" ECTI-CON, Pattaya, Thailand, 2009. (Refereed and accepted)
4. "An Improved Regularization Method for Outlier Rejection in Image Super-Resolution" submitted to the special Issue on Inverse Problems and Imaging (IPI) in Medical Imaging.

## دورنمای تحقیق:

در فصل اول ابتدا سوالاتی کلی در زمینه فراتفکیک پذیری، همچون علت کاربرد این تکنیک، مفهوم رزولوشن و شرایط لازم جهت اعمال این تکنیک را مطرح نموده و در آخر نیز عملی بودن این تکنیک را از لحاظ ریاضی توسط مثالی بیان خواهیم نمود. در فصل دوم دورنمایی را از اکثر روش های مطرح گردیده در این زمینه ارائه نموده و تقسیم بندی کلی در این تکنیک را که شامل ثبت تصویر و بازسازی می باشد، مطرح می نماییم، در آخر نیز مدلی عمومی از سیستم تصویر برداری را ارائه و آنرا از لحاظ ریاضی در قالب مسائل معکوس فرمول بندی می نماییم. در فصل سوم نیز به بررسی ویژگی های مسائل معکوس پرداخته و عدم توانایی در جهت یافتن پاسخی پایدار برای چنین مسائلی را متذکر می شویم. جهت یافتن پاسخی پایدار برای چنین مسائلی از تکنیک تنظیم سازی تیخونوف بهره می بریم که جهت افزایش پایداری این تکنیک به ناپیوستگی و لبه در تصاویر، از تابع جریمه تغییرات کل استفاده می نماییم. در ادامه نیز به نحوه گسسته سازی این تکنیک در حالت یک بعدی و دوبعدی می پردازیم. در فصل چهارم به بررسی اجمالی روش های بهینه سازی پرداخته و شرایط یک کمینه کننده محلی را استخراج نموده و روش نیوتن را جهت پیاده سازی تکنیک فراتفکیک پذیری انتخاب می نماییم. روش نیوتن را جهت افزایش سرعت همگرایی توسط روند جستجوی خط، ارتقاء می دهیم. در فصل پنجم به بررسی نحوه ثبت تصاویر با دقت کسری از واحد پیکسل پرداخته که نتیجه آن ارائه روشی بر مبنای شار نوری بوده که جهت افزایش دقت، بصورت تکرارپذیر و چندسطحی اصلاح می گردد. در فصل ششم نیز به ارائه انواع شاخص های ارزیابی کیفیت پرداخته و از میان آنها معیارهایی را که جهت ارزیابی کیفیت در تصاویر و بخصوص تکنیک فراتفکیک پذیری از کارآیی بیشتری برخوردار می باشند، بر می گزینیم. در فصل هفتم به ارائه یک راهکار بر مشکل غیرخطی بودن تکنیک تنظیم سازی پرداخته که حاصل آن اضافه نمودن متغیر جدیدی است که معرف بیشترین ناپایداری سیستم می باشد. سرانجام نیز با ارائه سیستمی الحاقی، پایداری و سرعت همگرایی را افزایش می دهیم. در نهایت، در فصل آخر به بررسی نتایج و مقایسه روش جدید با انواع تکنیک های موجود پرداخته که معیار قیاس همان شاخص هایی است که پیشتر در فصل ششم بیان نمودیم. این نتایج گویای این واقعیت می باشند که روش فوق نسبت به روش های پیشین برتری خواهد داشت. در انتهای فصل نیز به ارائه موضوعاتی که در این تحقیق بدانها پرداخته نشده است، می پردازیم و یکسری راهکارهای پیشنهادی را در جهت غنی تر نمودن این تکنیک بیان می نماییم.



فصل اول: مقدمه

- ۱-۱- مقدمه..... ۲
- ۲-۱- رزولوشن چیست؟..... ۷
- ۳-۱- فراتفکیک پذیری، چرا و چه وقت ممکن می‌باشد؟..... ۸
- ۴-۱- خلاصه فصل..... ۱۲

فصل دوم: دورنمایی از تکنیک فراتفکیک پذیری و پیکربندی آن

- ۱-۲- دورنمایی از تکنیک فراتفکیک پذیری..... ۱۴
- ۲-۲- کاربردهای تکنیک فراتفکیک پذیری..... ۲۱
- ۳-۲- فراتفکیک پذیری..... ۲۳
- ۱-۳-۲- ثبت تصویر..... ۲۴
- ۲-۳-۲- بازسازی تصویر..... ۲۵
- ۴-۲- پیکربندی مساله فراتفکیک پذیری..... ۲۶
- ۵-۲- خلاصه فصل..... ۲۸

فصل سوم: مسایل معکوس

- ۱-۳- مدل عمومی..... ۳۰
- ۲-۳- معادله انتگرالی فردهلم..... ۳۱
- ۱-۲-۳- گسسته سازی معادله انتگرالی فردهلم..... ۳۱
- ۳-۳- مسایل با ابعاد بالاتر..... ۳۲
- ۱-۳-۳- معادله انتگرالی فردهلم در دو بعد..... ۳۳
- ۱-۳-۳- هسته قابل تفکیک..... ۳۴
- ۲-۱-۳-۳- فرم کانولوشن..... ۳۵

- ۳-۴-مباحث عددی مرتبط با مسایل معکوس..... ۳۷
- ۳-۵-تنظیم سازی..... ۳۹
- ۳-۵-۱-تنظیم سازی تیخونوف..... ۳۹
- ۳-۵-۱-۱-پارامتر تنظیم سازی..... ۴۰
- ۳-۵-۱-۲-تابع جریمه..... ۴۱
- ۳-۶-تغییرات کل، Total Variation (TV)..... ۴۱
- ۳-۶-۱-تیخونوف و تغییرات کل..... ۴۲
- ۳-۶-۲-گسسته سازی TV..... ۴۲
- ۳-۶-۲-۱-حالت یک بعدی..... ۴۴
- ۳-۶-۲-۱-۱-تخمین مشتق پیشرو، مرتبه اول..... ۴۴
- ۳-۶-۲-۱-۲-تخمین مشتق مرکزی، مرتبه دوم..... ۴۵
- ۳-۶-۲-۲-حالت دوبعدی..... ۴۷
- ۳-۶-۲-۲-۱-حذف اطلاعات از U و V..... ۴۸
- ۳-۶-۲-۲-۲-اضافه نمودن اطلاعات صفر به U و V..... ۵۰
- ۳-۶-۲-۲-۳-اضافه نمودن اطلاعات غیر صفر به U و V..... ۵۱
- ۳-۶-۳-تخمین خطی تابع TV..... ۵۱
- ۳-۷-خلاصه فصل..... ۵۲

### فصل چهارم: بهینه سازی

- ۴-۱-بهینه سازی..... ۵۴
- ۴-۲-تئوری و تعاریف بهینه سازی..... ۵۴
- ۴-۳-شرایط یک کمینه کننده محلی..... ۵۵
- ۴-۴-روش ها..... ۵۷
- ۴-۵-روش های نزولی تکرار شونده..... ۵۷
- ۴-۶-روش نیوتن..... ۵۸

۵۹	.....۷-۴-فرآیند جستجوی خط
۶۰	.....۸-۴-خلاصه فصل

### فصل پنجم: ثبت تصویر

۶۲	.....۱-۵-تخمین بردارهای حرکتی
۶۳	.....۲-۵-تخمین دقیق بردارهای حرکتی
۶۳	.....۱-۲-۵-معادلات تخمین بردارهای حرکتی بر مبنای شار نوری
۶۵	.....۲-۲-۵-تخمین بردارهای حرکتی چندسطحی
۶۷	.....۳-۵-تغییر تصویر (درونیابی تصویر)
۶۷	.....۴-۵-نحوه پیاده‌سازی ثبت تصویر با دقت کسری از واحد پیکسل
۶۸	.....۵-۵-خلاصه فصل

### فصل ششم: ارزیابی کیفیت در فراتفکیک پذیری

۷۱	.....۱-۶-ارزیابی کیفیت در فراتفکیک پذیری
۷۲	.....۲-۶-اندازه‌گیرهای صحت یا وفاداری سیگنال
۷۲	.....۱-۲-۶-ضریب همبستگی
۷۳	.....۲-۲-۶-معیارهای مینکوفسکی و نرخ سیگنال به نویز
۷۴	.....۳-۲-۶-مابقی شاخص‌های اندازه‌گیری
۷۴	.....۳-۶-شاخص‌های اندازه‌گیری کیفیت استنباطی
۷۵	.....۱-۳-۶-مشخصات کلیدی HVS برای کیفیت تصویر
۷۶	.....۲-۳-۶-پیش‌بین تفاوت قابل مشاهده، VDP
۷۶	.....۳-۳-۶-مدل افتراق تصویر سارنوف
۷۷	.....۴-۳-۶-معیار مبتنی بر DCT و کیفیت ویدئوی دیجیتالی
۷۷	.....۵-۳-۶-معیار شباهت ساختاری
۷۹	.....۴-۶-اندازه‌گیرهای مربوط به اثرات نامطلوب تصویر
۷۹	.....۱-۴-۶-شاخص اندازه‌گیری پایداری لبه

۸۰	۴-۲-۴-۶-مابقی شاخص‌های اندازه‌گیری مات شدگی.....
۸۰	۵-۶-کیفیت نتایج فراتفکیک پذیری.....
۸۱	۵-۶-۱-معیارهای اندازه‌گیری پیشنهادی برای کیفیت نتایج فراتفکیک پذیری.....
۸۲	۵-۶-۲-بهبود شباهت.....
۸۲	۶-۶-خلاصه فصل.....

### فصل هفتم: الگوریتم - تئوری

۸۵	۷-۱-مقدمه.....
۸۶	۷-۲-روش استاندارد نیوتن - حالت یک‌بعدی.....
۸۶	۷-۲-۱-گرادیان تابع هدف.....
۸۸	۷-۲-۲-Hessian تابع هدف.....
۸۹	۷-۳-رفع مشکل غیرخطی بودن سیستم.....
۸۹	۷-۳-۱-تاثیر پارامتر $\beta$ .....
۹۱	۷-۴-متغیر جدید و سیستم الحاقی.....
۹۴	۷-۵-بازنویسی سیستم الحاقی.....
۹۶	۷-۶-سیستم الحاقی در دو بعد.....
۱۰۱	۷-۷-خلاصه فصل.....

### فصل هشتم: نتایج، بحث و پیشنهادات

۱۳۲	۸-۱-مقایسه نتایج.....
۱۳۵	۸-۲-بحث.....
۱۳۵	۸-۳-پیشنهادات.....
۱۳۷	۸-۴-خلاصه فصل.....
۱۳۸	فهرست منابع.....
۱۴۴	ضمائم.....
۱۴۴	۱۰-۱-معکوس Schur.....

## فهرست علائم و نشانه ها

دامنه انتگرالگیری	$\Omega$
تابع هسته در معادله انتگرالی فردهلم	$K(s, t)$
تابع نامعلوم در معادله انتگرالی فردهلم	$f(t)$
تابع سمت راست معادله انتگرالی فردهلم	$g(s)$
ماتریس بیان کننده ویژگی سیستم در رابطه $Ax = b$	$A$
پاسخ مطلوب رابطه $Ax = b$	$x$
سمت راست رابطه $Ax = b$	$b$
ضرب Kronecker	$\otimes$
توابع انباشتن ستون های یک ماتریس پشت سرهم و عمل عکس آن	$vec/vec^{-1}$
$j$ امین ستون ماتریس $A$	$A_{.j}$
$i$ امین سطر ماتریس $A$	$A_{i.}$
ماتریس Toeplitz	$T$
عملگر گرادیان	$\nabla(\cdot)$
ماتریس واحد با ابعاد $n \times n$	$I, I_n$
تابع هدف	$T$
مشتق جزئی تابع $T$ نسبت به $x$	$T'_x = \frac{\partial T}{\partial x}$
ارجاع به $i$ امین عنصر از بردار $Dx$ یا $x$	$(Dx)_i, [Dx]_i, x_i$
اشاره به $(i, j)$ امین عنصر ماتریس $A$	$a_{ij}$
تخمین عملگر مشتقگیر در راستای $s$	$D^{(s)}$
تخمین عملگر مشتقگیر در راستای $t$	$D^{(t)}$
تخمین گسسته مشتق پیشرو	$D^{(for)}$
تخمین گسسته مشتق مرکزی	$D^{(cen)}$
پارامتر تنظیم سازی در روش تنظیم سازی تیخونوف	$\lambda$
مشتق نسبت به $t$	$\frac{d}{dt}(\cdot)$

دامنه یا قدر مطلق	$ \cdot $
نرم-۱	$\ \cdot\ _1$
نرم-p	$\ \cdot\ _p$
نرم-۲	$\ \cdot\ _2$
نرم-۲ به توان ۲	$\ \cdot\ _2^2$
ماتریس قطری با عناصر $x_i$ در مکان های $(i, i)$	$diag(x)$
عدد وضعیت ماتریس $A = \ A\ /\ A^{-1}\ $	$cond(A)$
مقدار بهینه برای $x$	$x^*$
مقدار در $k$ امین تکرار	$(\cdot)^{[k]}$
طول قدم در تکرار $k$ ام	$\tau^{[k]}$
ضرب هادامارد یا ضرب عنصر به عنصر	$\odot$
تقسیم عنصر به عنصر	$\oslash$
ماتریس Hessian $H(f(t))_{ij} = \frac{\partial^2 f(t)}{\partial t_i \partial t_j}$	$H(f(t))$

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ تقسیم بندی روش های افزایش رزولوشن ..... ۲
- شکل ۱-۲ اجزاء داخلی حسگرهای Charge Coupled Device (CCD) ..... ۳
- شکل ۱-۳ لایه های موجود بر روی حسگر (از بالا به پایین: ۱- microlens، ۲- RGB filter و ۳- sensor) ..... ۳
- شکل ۱-۴ انحراف ناشی از سیر نور درون سیستم حسگر و لایه microlenses و لنز اصلی ..... ۴
- شکل ۱-۵ نحوه افزایش رزولوشن در تکنیک فراتفکیک پذیری (فرا تفکیک پذیری) ..... ۴
- شکل ۱-۶ اثر درهم آمیختگی (دو ستون سمت چپ: بدون وجود درهم آمیختگی، دو ستون سمت راست: با وجود درهم آمیختگی) ..... ۵
- شکل ۱-۷ تقسیم بندی روش های بازیابی اطلاعات فرکانس بالای تصاویر در تکنیک فرا تفکیک پذیری ..... ۶
- شکل ۱-۸ با توجه به یکسان بودن تعداد پیکسل ها، تفاوت در مقدار جزئیات کاملا واضح می باشد ..... ۷
- شکل ۱-۹ نحوه تلفیق تصاویر رزولوشن پایین و تولید تصویر با رزولوشن بالا ..... ۸
- شکل ۱-۱۰ تفاوت مکان دو تصویر در حد کسری از واحد پیکسل ..... ۹
- شکل ۱-۱۱ تابع پیوسته  $f$  و نسخه نمونه برداری شده آن ..... ۱۰
- شکل ۱-۱۲ نمایش نمونه برداری یکنواخت و نمونه برداری غیریکنواخت ..... ۱۱
- شکل ۲-۱ فیلتر CFA که الگوی Bayer برای تفکیک باندهای رنگی از یکدیگر در آن استفاده می گردد ..... ۲۲
- شکل ۲-۲ (از سمت چپ به راست) تصویر واقعی، تصویر برداشت شده توسط حسگری با فیلتر رنگی و تصویر بازسازی شده ..... ۲۲
- شکل ۲-۳ مثالی از ثبت تصویر بطور ناصحیح (سمت راست) در این حالت درونیایی (سمت چپ) کارآمدتر از فراتفکیک پذیریست ..... ۲۴
- شکل ۲-۴ روند تشکیل تصویر ..... ۲۸
- شکل ۳-۱ مدل عمومی ..... ۳۰
- شکل ۳-۲ تصویر اصلی و تصویر محوشده ..... ۳۷
- شکل ۳-۳ تابع معلوم  $x$  در سمت چپ و  $b$  در سمت راست ..... ۳۹
- شکل ۳-۴ پاسخ ابتدایی ..... ۳۹
- شکل ۳-۵ یک تابع خطی مفروض جهت بررسی تفاوت میان نرم-۲ و نرم-۱ ..... ۴۳
- شکل ۳-۶ مشتق پیشرو. دایره ها نمایانگر نقاط مفروض بوده و ضربدر نمایانگر نقاط تخمین پیشرو ..... ۴۵
- شکل ۳-۷ تخمین مشتق مرکزی ..... ۴۶
- شکل ۳-۸ دو بردار که فضای پوچی ماتریس مشتقگیر روش تخمین مرکزی را پوشش می دهند ..... ۴۷
- شکل ۳-۹ قسمت حاشور خورده مشخص کننده بخشی است که اطلاعات آن حذف می گردد ..... ۴۹
- شکل ۳-۱۰ هفت بردار دوبعدی فضای پوچی (بترتیب از بالا به پایین)  $\vec{r}^{(1)}$  و  $\vec{r}^{(2)}$  ..... ۵۰
- شکل ۳-۱۱ بخش حاشور خورده معرف اطلاعات اضافه شده می باشد ..... ۵۱
- شکل ۵-۱ بردارهای حرکتی پیشرو و پسرو ..... ۶۵
- شکل ۵-۲ تخمین بردار حرکت چندسطحی ..... ۶۷
- شکل ۵-۳ تقریب بردارهای حرکتی به کمک روش چندسطحی ..... ۶۸
- شکل ۶-۱ تصویر بیان کننده شکل CSF ..... ۷۷
- شکل ۶-۲ معیار شباهت ساختاری ..... ۷۹

- نمودار ۱۷ روند اجرای الگوریتم روش نیوتن برای مساله TV..... ۹۰
- شکل ۱۰-۸ تصویر Cameraman با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۰۷
- شکل ۸-۲ تصویر House با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۰۸
- شکل ۸-۳ تصویر Lena با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۰۸
- شکل ۸-۴ تصویر Peppers با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۰۹
- شکل ۸-۵ تصویر Testpat با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۰۹
- شکل ۸-۶ تصویر Text با ابعاد  $256 \times 256$ ..... ۱۱۰
- شکل ۸-۷ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین Cameraman با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۱
- شکل ۸-۸ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین House با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۲
- شکل ۸-۹ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین Lena با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۳
- شکل ۸-۱۰ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین Peppers با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۴
- شکل ۸-۱۱ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین Testpat با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۵
- شکل ۸-۱۲ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین Text با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۱۶
- شکل ۸-۱۳ تصویر بازسازی شده Cameraman از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۷
- شکل ۸-۱۴ تصویر بازسازی شده House از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۷
- شکل ۸-۱۵ تصویر بازسازی شده Lena از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۸
- شکل ۸-۱۶ تصویر بازسازی شده Peppers از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۸
- شکل ۸-۱۷ تصویر بازسازی شده Testpat از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۹
- شکل ۸-۱۸ تصویر بازسازی شده Text از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۱۹
- شکل ۸-۱۹ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۱
- شکل ۸-۲۰ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۲
- شکل ۸-۲۱ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۳
- شکل ۸-۲۲ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۴
- شکل ۸-۲۳ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۵
- شکل ۸-۲۴ تعداد ۹ تصویر با رزولوشن پایین با ابعاد  $85 \times 85$  که به ازای  $p, q=1, 2, 3$  بدست آمده اند..... ۱۲۶
- شکل ۸-۲۵ تصویر بازسازی شده Cameraman از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۲۷
- شکل ۸-۲۶ تصویر بازسازی شده House از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه برداری صورت گرفته است..... ۱۲۷



شکل ۸-۲۷ تصویر بازسازی شده Lena از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه‌برداری صورت گرفته است ..... ۱۲۸

شکل ۸-۲۸ تصویر بازسازی شده Peppers از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه‌برداری صورت گرفته است ..... ۱۲۸

شکل ۸-۲۹ تصویر بازسازی شده Testpat از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه‌برداری صورت گرفته است ..... ۱۲۹

شکل ۸-۳۰ تصویر بازسازی شده Text از تمام تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی قبل از نمونه‌برداری صورت گرفته است ..... ۱۲۹

شکل ۸-۳۱ تصویر تلفیق گردیده از تنها ۳ تصویر از میان ۹ تصویر با رزولوشن پایین ..... ۱۳۱

شکل ۸-۳۲ تصویر بازسازی شده از بخشی از تصاویر رزولوشن پایین که در آنها عمل مات کنندگی بعد از نمونه‌برداری صورت گرفته است ..... ۱۳۱

شکل ۸-۳۳ تصاویر بازسازی شده توسط روش های نامبرده شده در جدول (۸-۴) (از بالا به پایین و از سمت چپ به راست): ..... ۱۳۴

شکل ۸-۳۴ (ادامه) تصاویر بازسازی شده توسط روش های نامبرده شده در جدول (۸-۴) (از بالا به پایین و از سمت چپ به راست): روش حذف نویز و مات شدگی LPA-ICI(RI), روش حذف نویز و مات شدگی LPA-ICI(RW), روش حذف نویز و مات شدگی BM3D, روش فراتفکیک پذیری [۱۰۱], روش فراتفکیک پذیری سریع [۱۰۱], درونیایی Spline, درونیایی Cubic و روش پیشنهادی ..... ۱۳۵

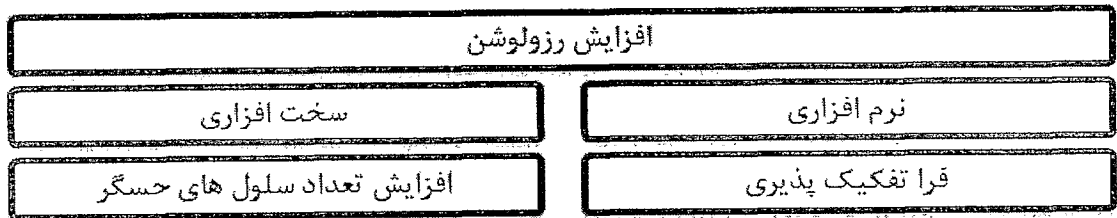
# فصل اول

## مقدمه

در این بخش ابتدا به لزوم استفاده از تکنیک فراتفکیک پذیری پرداخته و پس از معرفی آن و تعریف مفهوم تفکیک پذیری، نحوه پیاده سازی این تکنیک را از لحاظ تئوری بیان خواهیم نمود. با بیان این مطلب که افزایش ابعاد یک تصویر که معادل است با افزایش تعداد پیکسل های یک تصویر، تفکیک پذیری آن تصویر افزایش خواهد یافت، برجسته ترین تمایز میان تکنیک های درونیایی و تکنیک فراتفکیک پذیری آشکار می گردد.

## ۱-۱- مقدمه

نیاز به تصاویری با کیفیت بالاتر جهت کاربردهای مختلف، همواره موضوعی مورد توجه در میان محققان بوده است. در طول سالهای گذشته، سیستم های تصویربرداری دیجیتال<sup>۱</sup> به دلیل راحتی کاربرد و هزینه مناسب بطور چشمگیری گسترش یافته اند، اما هنوز به دلیل پائین بودن رزولوشن (تفکیک پذیری)<sup>۲</sup> تصویر نسبت به سیستم های تصویر برداری پیشین (سیستم های نوری)، دچار ضعف می باشند. تلاش های بسیاری جهت افزایش رزولوشن تصاویر دیجیتالی صورت گرفته است که مطابق شکل (۱-۱)، به دو بخش کلی نرم افزاری و سخت افزاری قابل تقسیم بندی می باشند.



شکل ۱-۱ تقسیم بندی روش های افزایش رزولوشن

در بُعد سخت افزاری با هرچه غنی تر<sup>۳</sup> نمودن تعداد پیکسل<sup>۴</sup> های موجود بر روی حسگر<sup>۵</sup> های دوربین<sup>۶</sup> های دیجیتالی در واحد سطح، می توان درجه تفکیک تصویر را افزایش داد. بطوریکه تعداد پیکسل های موجود بر روی حسگر های دوربین های دیجیتالی، یکی از پارامترهای مهم جهت متمایز نمودن محصولات شرکت های تولید کننده چنین دوربین های دیجیتالی می باشد. بعلاوه، با هرچه

<sup>1</sup> Digital Imaging Systems

<sup>2</sup> Resolution

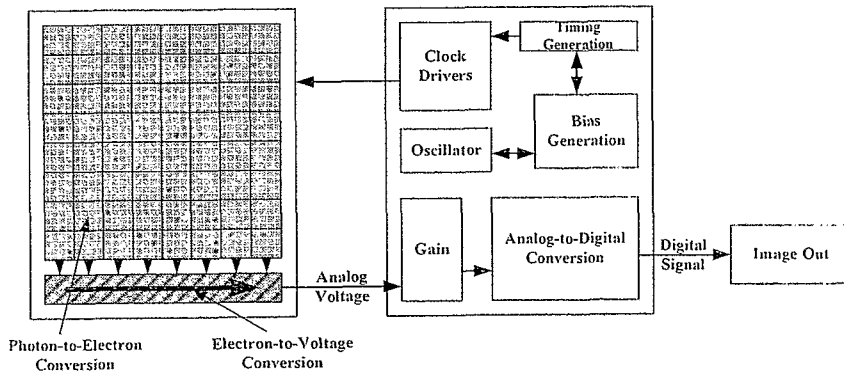
<sup>3</sup> Denser

<sup>4</sup> Pixel

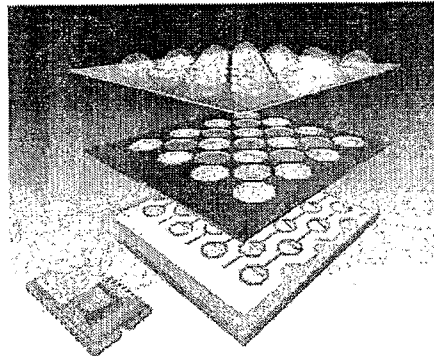
<sup>5</sup> Sensor

<sup>6</sup> Camera

کوچکتر نمودن سلول<sup>۱</sup>های حسگرهای دوربین‌های دیجیتالی، مقدار نور مؤثر دریافت شده توسط هر سلول، کاهش می‌یابد؛ البته می‌توان با ایجاد شبکه‌ای از عدسی‌های محدب<sup>۲</sup> بر روی لایه فوقانی سلول‌های حسگر، مقدار نور مؤثر دریافتی توسط هر سلول حسگر را افزایش داد. لیکن به دلیل وجود تعداد بسیار زیاد سلول‌های حسگر، نویز ضربه‌ای<sup>۳</sup> ناشی از قطع و وصل جریان در درون این شبکه سلولی، همچنان وجود داشته و عامل مؤثری جهت کاهش کیفیت تصویر نهایی می‌گردد (شکل ۱-۲ و شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱ اجزاء داخلی حسگرهای (CCD) Charge Coupled Device



شکل ۲-۱ لایه‌های موجود بر روی حسگر (از بالا به پایین: ۱- microlens، ۲- RGB filter و ۳- sensor)

بنابراین روش سخت‌افزاری جهت رسیدن به تصاویری با کیفیت و رزولوشن بالاتر، بسیار پرهزینه و عملاً تا حدی غیر ممکن می‌باشد و معمولاً نمی‌توان از حد معینی، بدلیل محدودیت‌های تکنیکی موجود در تکنولوژی ساخت مدارات مجتمع، فراتر رفت. این محدودیت‌ها بدلیل موارد زیر می‌باشند:

<sup>۱</sup> Cell

<sup>۲</sup> Microlens

<sup>۳</sup> Shot Noise