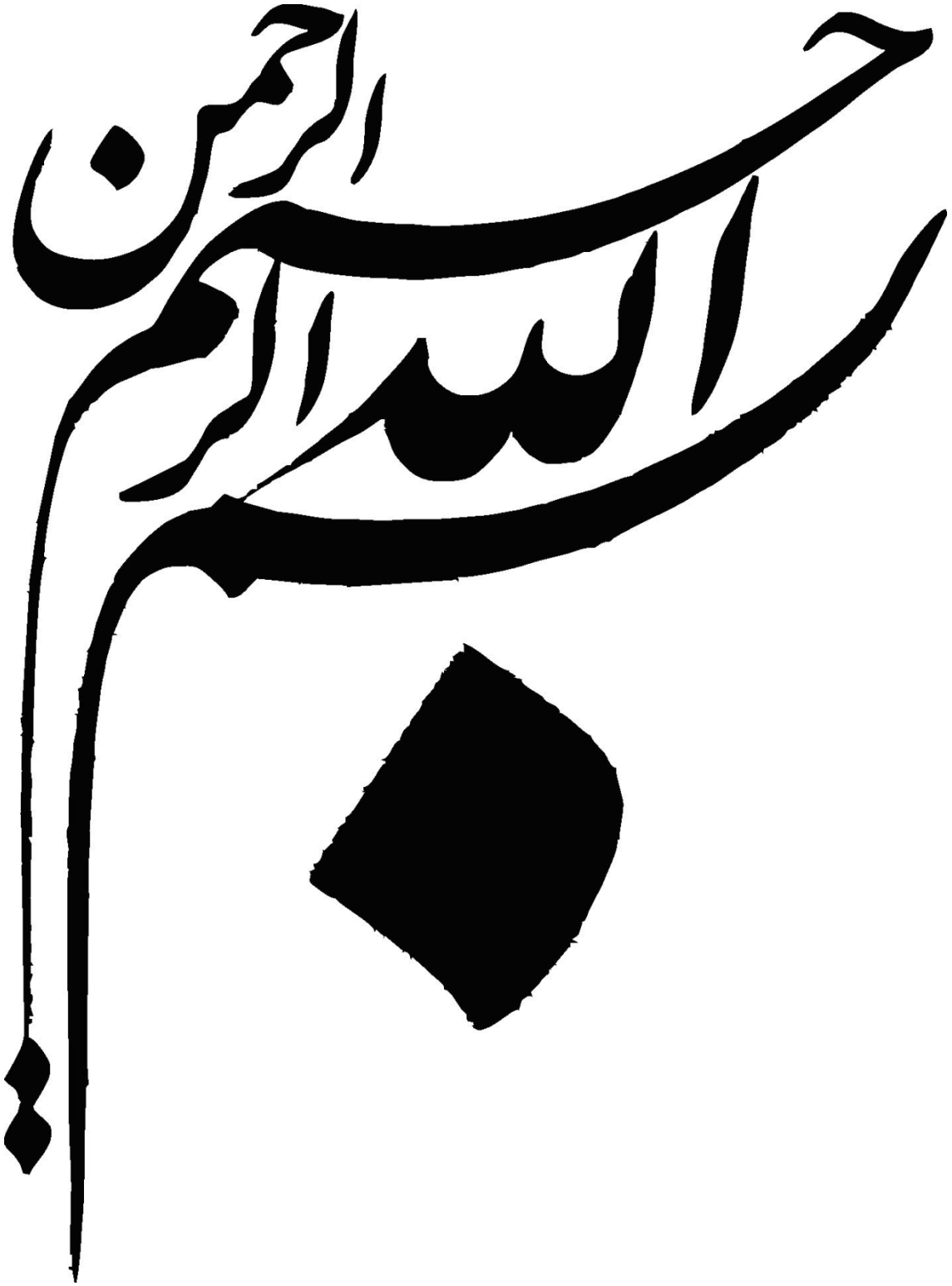

بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

خانم / آقای شب افروز تبریزی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان:

بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی جهت تهیه نقشه رطوبت خاک

در تاریخ ۱۳۹۲/۷/۳۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده است و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد پیشنهاد می‌کنند.

| اعضای هیات داوران | نام و نام خانوادگی | رتبه علمی | امضاء |
|---|---|---|---|
| ۱- استاد راهنمای اصلی | دکتر علی محمد سراب | دانشیار | |
| ۲- استاد مشاور اول | دکتر محمدشریف کیا | استادیار | |
| ۳- استاد ناظر | دکتر جلال کرمی | استادیار | |
| ۴- استاد ناظر | دکتر علیرضا میرزائی | استادیار | |
| ۵- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی | دکتر جلال کرمی | استادیار | |

## آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

**مقدمه:** با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب ، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه می باشد، باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

(( اینجانب شهاب الدین بیگی دانشجوی رشته سنجش از دور و GIS ورودی سال ۱۳۹۰ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده علوم انسانی متعهد می‌شوم کلیه نکات مندرج در ائین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه/ رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد ائین نامه فوق الشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می‌دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هرگونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نمایید. ضمنا نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله براساس برآورد دانشگاه اقدام خواهد نمود و بدینوسیله حق هرگونه اعتراض را از خود سلب نمودم.))

امضا:

**تاریخ: ۱۳۹۲/۶/۳۱**

**آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس**

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده دررشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی است که در سال ۱۳۹۲در دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر عباس علی محمدی سراب‌و مشاوره جناب آقای دکتر شریفی کیا از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

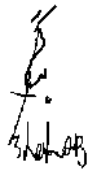
ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب شهاب الدین بیگی دانشجوی رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مقطع ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: شهاب الدین بیگی

**تاریخ: ۱۳۹۲/۶/۳۱**

امضا:



**دانشگاه تربیت مدرّس**

**دانشکده علوم انسانی**

**پایان‌نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد**

**رشته سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی**

# بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی سنجنده مادیس جهت تهیه نقشه رطوبت خاک

**شهاب الدین بیگی**

**استاد راهنما:**

**دکتر عباس علیمحمدی**

**استاد مشاور:**

**دکتر محمد شریفی کیا**

**شهریور ۱۳۹۲**

# تقدیم به:

روح پاک پدرم که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم .

و تقدیم به یگانه تجلی بخش صداقت و رفاقت پاک زندگی :مادر.

# تشکر و قدردانی

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

سپاسگذار کسانی هستم که سرآغاز تولد من هستند.از یکی زاده میشوم و از دیگری جاودانه.استادی که سپیدی را بر تخته سیاه زندگیم نگاشت و مادری که تار مویی از او بپای من سیاه نماند.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم ، مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پر بار وجودش بیاسایم و از ریشه اش شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودش در راه کسب علم ودانش تلاش نمایم. مادری که بودنش تاج افتخاری است بر سرم و نامش دلیلی است بر بودنم .

به مصداق «**من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق** » بسی شایسته است، از استاد راهنمای فرهیخته ام، جناب آقای دکتر علیمحمدی سراب که در طول مدت انجام این پایان‌نامه از رهنمودهای علمی واخلاقی ایشان بهره مند شدم، تقدیر و تشکر نمایم. و درگاه خداوند بزرگ را شاکرم که افتخار شاگردی ایشان را نصیبم نمود.
همچنین تقدیر و تشکر می‌نمایم از استاد فرزانه و دلسوزجناب آقای دکتر محمد شریفی کیا ، که زحمت مشاوره این رساله را متقبل شدند ؛
و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر کرمی و دکتر درویشی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند؛ تشکر و قدردانی می‌نمایم.
همچنین سپاسگزاری و تشکر از اساتید گرامی؛ جناب آقای دکتر علیمحمدی سراب، دکتر علوی‌پناه، دکتر شریفی‌کیا، دکتر کرمی، دکتر درویشی و مهندس شایگان که در دوران تحصیل دلسوزانه و با صبر و شکیبایی، مرا در تحصیل علم و دانش یاری رسانده‌اند .

در پایان از تمامی همکلاسی‌ها و دوستانم به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشتشان که بسیاری از سختیها را برایم آسانتر نمودند، سپاسگذارم.

# چکیده

استفاده از سنجش از دور بخصوص در محدوده حرارتی به دلیل کاربردهای متعدد در علوم محیطی به طور روز افزون در حال افزایش می‌باشد. در حال حاضر دسترسی به داده‌های حرارتی با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، محدودیت‌های زیادی دارد. به همین دلیل در سال‌های اخیر روش‌های برای بهبود قدرت تفکیک مکانی این تصاویر با استفاده از تصاویر انعکاسی ارائه شده است.

این تحقیق بر روی داده‌های سنجنده +ETM و MODIS در بخش‌های از استان تهران و البرز انجام گرفت. پس از پیش پردازش‌های اولیه و محاسبه حرارت سطحی، تصاویر در قدرت تفکیک های ۱۲۰، ۲۴۰،۳۶۰، ۴۸۰، ۶۰۰، ۷۲۰، ۸۴۰ و ۹۶۰ متر شبیه سازی گردید. سپس با استفاده از روش‌های T-Sharp، رگرسیون چندمتغییره و شبکه عصبی، حرارت سطحی در قدرت تفکیک ۵۰۰ متر تخمین زده شد. از سوی دیگر با استفاده از چهار روش شبکه عصبی، تبدیل موجک-عصبی، گرام اشمیت-عصبی و روش کوکریجینگ نیز حرارت سطحی در قدرت تفکیک ۲۵۰ متر تخمین زده شد.

نتایج این تحقیق نشان داد در قدرت تفکیک ۵۰۰ متر روش شبکه عصبی با استفاده از تمامی باندهای انعکاسی در تمام کاربری‌ها، بهترین دقت را دارد. در قدرت تفکیک ۲۵۰ متر روش شبکه عصبی با ورودی باند قرمز، مادون قرمز و شاخص پوشش گیاهی تنها در نواحی کشاورزی بهترین دقت را دارد و برابر با ۱/۲۷ درجه سانتی گراد می‌باشد. در نواحی شهری و کل منطقه مورد مطالعه ترکیب موجک-شبکه عصبی دقت بالاتری دارد و مقدار مطلق خطا برای نوحی شهری و کل منطقه به ترتیب برابر با ۰/۹۸ و ۱/۵۳ درجه سانتی گراد می‌باشد. در نواحی بایر روش کوکریجینگ از دقت بالاتری برخودار است و مقدار مطلق خطا با این روش برابر با ۰/۷۹ درجه سانتی گراد می‌باشد. در نهایت بهترین تصویر حرارتی تخمین زده شده به عنوان ورودی مدل TVDI در نظر گرفته شد و نقشه رطوبت نسبی خاک با مقدار مطلق خطا برای نواحی کشاورزی برابر با ۰/۰۷ بدست آمد.



**کلید واژه:** سنجنده مادیس، T-Sharp، کوکریجینگ، روش ترکیبی موجک-عصبی و گرام اشمیت-عصبی، TVDI

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**

## چکیده


۱-۱-تعریف مساله ..... ۲
۱-۲-سوالات تحقیق ..... ۴
۱-۳-پیشینه تحقیق ..... ۵
۱-۴-فرضیه های تحقیق ..... ۸
۱-۵- اهداف تحقیق ..... ۸
۱-۵-۱-هدف اصلی ..... ۸
۱-۵-۲-هدف فرعی ..... ۸
۱-۶- جنبه جدید بودن و نوآوری تحقیق ..... ۸
۱-۷-ساختار پایان نامه ..... ۹
۲-۱-مقدمه ..... ۱۱
۲-۲-قوانین تشعشع حرارتی ..... ۱۱
۲-۲-۱-قانون پلانک ..... ۱۱
۲-۲-۲-قانون جابجائی وین ..... ۱۲
۲-۲-۳-قانون استفان بولتزمان ..... ۱۴
۲-۳-گسیلمندی ..... ۱۴
۲-۴-دمای سطح ..... ۱۶
۲-۵-روشهای بهبود قدرت تفکیک مکانی ..... ۱۷
۲-۵-۱-مدل سازی ..... ۱۷
۲-۵-۱-۱- T-sHARP ..... ۱۷
۲-۵-۱-۲-شبکه های عصبی ..... ۱۹
۲-۵-۲- زمین آمار ..... ۲۱
۲-۵-۲-۱-کوکریجینگ ..... ۲۴
۲-۵-۳-روشهای ادغام تصویر ..... ۲۶
۲-۵-۳-۱-تبدیل موجک ..... ۲۷
۲-۵-۳-۲-روش گرام اشمیت (GS) ..... ۳۲
۲-۶-به کارگیری سنجش از دور در اندازه گیری رطوبت خاک ..... ۳۵

۲-۶-۱-محدوده گاما ..... ۳۶
۲-۶-۲-محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک ..... ۳۶
۲-۶-۳-محدوده حرارتی ..... ۳۶
۲-۶-۴-محدوده مایکرویو ..... ۳۶
۲-۷-به کارگیری مدل TVDI جهت تهیه نقشه رطوبت خاک ..... ۳۸
۲-۷-۱-مبانی نظری مدل TDVI ..... ۳۸
۳-۱-مقدمه ..... ۴۲
۳-۲-موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ..... ۴۲
۳-۳-دادههای مورد استفاده ..... ۴۲
۳-۴-نرم افزارهای مورد استفاده ..... ۴۴
۳-۵-آماده سازی و پیش پردازش تصاویر ماهوارهای ..... ۴۴
۳-۵-۱-تصحیح رادیومتریکی تصاویر ..... ۴۴
۳-۵-۱-۱-تبدیل مقادیر رقومی به بازتابندگی در بالای جو ..... ۴۴
۳-۵-۱-۲- تصحیح اثرات اتمسفری تصاویر ..... ۴۵
۳-۵-۲-تصحیحات هندسی ..... ۴۶
۳-۵-۳-استخراج حرارت سطحی ..... ۴۶
۳-۵-۴-شبیه سازی ..... ۴۹
۳-۵-۵-استخراج شاخص ..... ۵۰
۳-۶-تصمیم گیری جهت انتخاب ورودی و روش مناسب ..... ۵۰
۳-۷-روشهای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی ..... ۵۲
۳-۷-۱- بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی در ۵۰۰ متر ..... ۵۲
۳-۷-۱-۱- روش رگرسیون چند متغییره ..... ۵۲
۳-۷-۱-۲- روشFFBP ..... ۵۳
۳-۷-۱-۳- T-Sharp ..... ۵۴
۳-۷-۲-بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی در ۲۵۰ متر ..... ۵۵
۳-۷-۲-۱- T-Sharp ..... ۵۵
۳-۷-۲-۲-روشهای هیبرید عصبی-ترکیب تصاویر ..... ۵۶
۳-۷-۲-۳-روش کوکریجینگ ..... ۵۸
۳-۸-ارزیابی دقت روشهای بکار گرفته شده ..... ۵۸
۳-۹- مدل TVDI ..... ۶۰
۳-۱۰- روند نمای تحقیق ..... ۶۰
۴-۱-مقدمه ..... ۶۷

۴-۲- تصحیح رادیومتریک ..... ۶۷
۴-۳-نتایج محاسبه حرارت سطحی ..... ۶۸
۴-۴-تصمیم گیری جهت انتخاب ورودی و روش مناسب ..... ۶۹
۴-۵- ارزیابی کیفیت طیفی تصاویر ترکیبی ..... ۷۱
۴-۶-ارزیابی کیفیت مکانی تصاویر ترکیبی ..... ۷۳
۴-۷-نتایج روش کوکریجینگ ..... ۷۴
۴-۸- روشهای بهبود قدرت تفکیک تصاویر حرارتی ..... ۷۵
۴-۸-۱- بهبود قدرت تفکیک مکانی در ۵۰۰ متر ..... ۷۵
۴-۸-۲- بهبود قدرت تفکیک مکانی در ۲۵۰ متر ..... ۷۸
۴-۹-نتایج مدل TVDI ..... ۸۶
۵-۱-مقدمه ..... ۹۰
۵-۲-آزمون فرضیات ..... ۹۰
۵-۳- نتیجه گیری: ..... ۹۱
۵-۴- پیشنهادات: ..... ۹۲
منابع و ماخذ ..... ۹۳
الف-منابع فارسی ..... ۹۳
ب-منابع انگلیسی ..... ۹۴

فهرست شکل‌ها

**عنوان** **صفحه**


شکل۲-۱ منحنی تابع پلانک برای خورشید با دمای ۵۹۰۰ درجه کلوبن بر حسب بسامد(راست) و طول موج (چپ). محور افقی بر حسب یکصد ترا هرتز برای بسامد و بر حسب میکرون برای طول موج مدرج شده است (مباشری،۱۳۸۹). ..... ۱۳

شکل۲-۲ مقایسه تابش طیفی چند جسم سیاه با دماهای مختلف (مباشری،۱۳۸۹) ..... ۱۳

شکل۲-۳ ساختار یک شبکه عصبی سه لایه (راهنمای نرم افزار Matlab،۲۰۱۳) ..... ۲۱

شکل۲-۴ اجزا سمی واریوگرام ..... ۲۴

شکل ۲-۵ اجزائ حاصل از تبدیل موجک ..... ۳۲

شکل ۲-۶ روند نمای مراحل اجرای تبدیل گرام اشمیت ..... ۳۵

شکل ۲-۷ فضای شاخص پوشش گیاهی/حرارت سطحی ..... ۳۹

شکل۲-۸ فضای مدل TVDI ..... ۴۰

شکل۳-۱ تصویر ماهواره ای بخش های از استان تهران و البرز ..... ۴۳

شکل ۳-۲ الف: تصویر مادیس با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر ب:تصویر شبیه سازی شده از تصویر لندست با قدرت تفکیک ۴۸۰ متر ..... ۵۰

شکل ۳- ۳ ساختار شبکه عصبی FFBP ..... ۵۳

شکل۳-۴روند نمای این پژوهش برای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی سنجنده لندست و مادیس با استفاده از سه روش مدل‌سازی FFBP-T-Sharp و رگرسیون چند متغیره ..... ۵۵

شکل۳-۵ روند نمای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی با استفاده از داده های سنجنده +ETM به کمک روش های مدل سازی FFBP-T-SHARP و رگرسیون چند متغییره ..... ۶۱

شکل۳-۶ روند نمای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی با استفاده از دادههای سنجنده MODIS به کمک روش های مدل سازی FFBP-T-SHARP و رگرسیون چند متغییره ..... ۶۲

شکل ۳-۷ روند نمای این پژوهش برای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی شبیه سازی شده +ETM با استفاده از روش ترکیب شبکه عصبی-تبدیل تصویر ..... ۶۳

# فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**


جدول شماره ۱-۱ قدرت تفکیک مکانی-زمانی برخی از سنجنده‌های حرارتی موجود..... ۳

جدول شماره۱-۲ نمونه ای از سوابق بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی ..... ۶

جدول شماره ۲-۱ سوابق تحقیق جهت بهبود قدرت تفکیک مکانی (downscaling) ..... ۱۸

جدول شماره ۲-۲ نمونهای از سوابق ادغام تصاویر با استفاده از روش تبدیل موجک ..... ۳۳

جدول ۲-۳ محدودیتها و مزیت‌های روشهای سنجش از دور در اندازه گیری رطوبت خاک..... ۳۷

جدول ۳-۱ مشخصات تصاویر مورد استفاده..... ۴۳

جدول۳-۲ پارامترهای ورودی جهت تصحیح اتمسفری با روش ATCOR ..... ۴۵

جدول شماره ۳-۳ جدول محاسبه شاخصهای پوشش گیاهی، نواحی ساخته شده و زمینهای بایر.. ۵۱

جدول ۴-۱ ضریب همبستگی حرارت سطحی و شاخصهای طیفی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و روش FFBP در نواحی کشاورزی..... ۷۱

جدول ۴-۲ ضریب همبستگی حرارت سطحی و شاخصهای طیفی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و روش FFBP در نواحی شهری ..... ۷۲

جدول ۴-۳ ضریب همبستگی حرارت سطحی و شاخصهای طیفی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و روش FFBP در نواحی بایر..... ۷۳

جدول۴-۴ ضریب همبستگی حرارت سطحی و شاخصهای طیفی با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و روش FFBP در سراسر منطقه مورد مطالعه..... ۷۴

جدول ۴-۵ نتایج ارزیابی کیفیت طیفی تصاویر ترکیبی..... ۷۵

جدول ۴-۶ نتایج ارزیابی کیفیت مکانی تصاویر ترکیبی..... ۷۵

# فصل اول

# طرح تحقیق

## ۱-۱-تعریف مساله

امروزه استفاده از سنجش از دور بخصوص در محدوده حرارتی به دلیل کاربردهای متعدد در علوم محیطی به طور روز افزون در حال افزایش می‌باشد. اندازه‌گیری حرارت سطح زمین به کمک داده‌های سنجش از دور حرارتی مورد نیاز بسیاری از محققان، دانشمندان، کارفرمایان، دولت مردان و ... می‌باشد. بطور مثال از این داده‌ها در برآورد رطوبت خاک، تبخیر و تعرق، پایش سلامتی گیاهان، مطالعات فنولوژی گیاهان، برآورد خسارات نواحی سوخته شده، تشخیص به موقع آتش سوزی در نواحی جنگلی، مطالعات جزایر حرارتی شهرها و مطالعات اقیانوس شناسی استفاده می‌شود. علی‌رغم تلاش گسترده طراحان سنجنده‌های دورسنجی در بهینه سازی قدرت تفکیک مکانی-زمانی[1] تصاویر در این محدوده، به دلیل محدودیت‌های فنی و کاهش سیگنال به نویز تاکنون دست‌یابی به تصاویر حرارتی با قدرت تفکیک مکانی بالا[2] همانطور که در جدول شماره ۱-۱ مشاهده می‌گردد فراهم نگردیده است. به عبارتی داده‌های با قدرت تفکیک مکانی بالا دارای قدرت تفکیک زمانی پایین[3] هستند و بلعکس. به همین دلیل در یک دهه اخیر تلاش‌های گسترده‌ای از سوی محققان مختلف و جوامع پژوهشی جهت بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی سنجنده‌های با قدرت تفکیک مکانی پایین صورت گرفته است.

ایده‌ی اصلی اکثر این روش‌ها استخراج حرارت سطح زمین از باندهای انعکاسی همراه با باندهای حرارتی این نوع سنجنده‌هاست که در تمامی این سنجنده‌ها قدرت تفکیک مکانی باندهای حرارتی کمتر از باندهای انعکاسی می‌باشد. همچنین وجود باندهای پانکروماتیک مستقر بر این سنجنده ها با دقت مکانی بالاتر از

---

1 - Spatial and temporal resolution

2 - High spatial and temporal resolution

3 - Low temporal resolution

یک سو و روش‌های ادغام تصاویر[4] از سوی دیگر این امکان را بوجود می‌آورد که باندهای انعکاسی با قدرت تفکیک مکانی بالا برای استخراج حرارت سطحی مورد استفاده قرار گیرند.

جدول شماره ۱-۱ قدرت تفکیک مکانی-زمانی برخی از سنجنده‌های حرارتی موجود

| سنجنده - نام ماهواره | قدرت تفکیک مکانی(متر) | دوره زمانی (روز) | طول موج |
|---|---|---|---|
| Landsat 7 - ETM+ | ۶۰ | ۱۶ | ۱۰.۴۰–۱۲.۵ |
| Terra – ASTER | ۹۰ | ۱۶ | ۸.۱۲۵–۸.۴۷۵<br>۸.۹۲۵–۹.۲۷۵<br>۱۰.۲۵–۱۰.۹۵<br>۱۰.۹۵–۱۱.۶۵ |
| Landsat 5 - TM | ۱۲۰ | ۱۶ | ۱۰.۴۰–۱۲.۵ |
| Aqua/Terra - MODIS | ۱۰۰۰ | ۱ | ۱۰.۷۸۰–۱۱.۲۸۰<br>۱۱.۷۷۰–۱۲.۲۷۰ |
| NOAA - AVHRR | ۱۰۰۰ | ۲-۱ | ۱۰.۳۰–۱۱.۳۰<br>۱۱.۵۰–۱۲.۵۰ |
| GOES - I-M | ۴۰۰۰ | ۲۶دقیقه | ۱۰.۲۰–۱۱.۲۰<br>۱۱.۵۰–۱۲.۵۰ |

در مطالعات گذشته جهت بهبود قدرت تفکیک مکانی باندهای حرارتی از شاخص‌های پوشش گیاهی و سطوح غیر قابل نفوذ [5] و روش‌های رگرسیون خطی و غیر خطی استفاده نموده‌اند. اما به دلیل پیچدگی ارتباط میان حرارت سطحی و شاخص‌های متفاوت در کاربری‌های متفاوت روش‌های یاد شده تحت تاثیر نوع کاربری قرار گرفته است، به همین دلیل جهت افزایش دقت و کاهش خطا به‌کارگیری تمامی باندها بوسیله روش‌های که توانایی حل مسائل پیچیده را دارند، همچون شبکه های عصبی مصنوعی ضرروی می‌باشد. حال با در نظر گرفتن توضیحات فوق و با توجه به اهمیت داده‌های حرارتی، انجام تحقیقات جامع پیرامون بهبود قدرت تفکیک مکانی داده‌های حرارتی، ضروری به نظر می‌رسد و لذا این تحقیق درصدد بوده

[4] -image fusion

[5] -Impervious surface

با استفاده از روش T-sHARP[۶]، رگرسیون چند متغیره، شبکه عصبی، روش ترکیبی موجک-عصبی و روش ترکیبی گرام اشمیت[۷]-عصبی به بهبود قدرت تفکیک مکانی داده‌های حرارتی شبیه سازی شده سنجنده ETM+ و داده‌های حرارتی مادیس بپردازد و با استفاده از داده های حرارتی سنجنده ETM+ دقت هریک را مورد ارزیابی قرار دهد. در نهایت رطوبت نسبی خاک به کمک مدل TVDI[۸] و بهترین تصویر حرارتی تخمین زده شده در قدرت تفکیک ۲۵۰ متر محاسبه می‌شود.

## ۱-۲-سوالات تحقیق

در پایان‌نامه سعی می‌شود پاسخی مناسب برای پرسش‌های زیر یافت شود:

۱- از بین شاخص‌های پوشش گیاهی و سطوح غیر قابل نفوذ در کاربری‌های متفاوت کدام یک دقت بالاتری در در جهت افزایش قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی خواهند داشت؟

۲-کدام یک از دو روش شبکه‌ی عصبی و T-sHARP برای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی بهتر است؟

۳-آیا استفاده از داده‌های حاصل از روش تبدیل موجک و گرام اشمیت برای استخراج تصاویر انعکاسی با قدرت مکانی و طیفی بالا به عنوان ورودی شبکه‌های عصبی قابلیت تخمین حرارت سطحی در قدرت تفکیک ۲۵۰ متر را دارند؟

---

6 -Thermal sharpening

7 -Gram-Schemidt

8 -Thermal Vegetation Dry Index

## ۱-۳-پیشینه تحقیق

بهبود قدرت تفکیک مکانی عبارت است از افزایش در قدرت تفکیک مکانی داده‌های اولیه ( Bierkens 2000,). در رابطه با بهبود قدرت تفکیک مکانی مطالعات فراونی صورت گرفته که نزدیک به ۳۰ روش از منابع متفاوت شناسایی گردید. این روش‌ها در بسیاری از رشته‌ها مانند هیدرولوژی، پردازش تصویر،پردازش سیگنال، علوم کامپیوتر و زمین آمار استفاده می‌گردد. که در فصل دوم به آنها اشاره می‌گردد. اما در رابطه با بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی مطالعاتی به شرح جدول ۱-۲ صورت گرفته است.

کارهای پیشگامانه kustas و همکارانش در سال ۲۰۰۳ همانند سنگ بنای اولیه بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی بود. در مقاله ارائه شده توسط آنها، با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک با قدرت تفکیک مکانی بالاتر از باندهای حرارتی توانستند حرارت سطحی را با استخراج شاخص پوشش گیاهی از این باندها بدست آورند و از آن زمان به بعد بود که ایده بهبود قدرت تفکیک مکانی باندها حرارتی جای خود را در موضوعات سنجش از دور باز کرد. اما علی رغم تلاش‌های صورت گرفته شده روش‌های موجود محدودیت‌ها و مشکلات خاص خود را دارند که به چند مورد از آنها اشاره می‌گردد.

۱-محدود بودن به کاربری‌های خاص

۲-عدم به‌کارگیری تمام باندها در روش‌های استفاده ش

۴-پیچدگی ارتباط میان حرارت سطحی و شاخص های متفاوت در کاربری‌های متفاوت.

جدول شماره۱-۲ نمونه ای از سوابق بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی

| نام محقق | روش‌های استفاده شده | محل تحقیق | داده‌های مورد استفاده | نتایج |
|---|---|---|---|---|
| Kustas و همکاران (۲۰۰۳) | DisTrad | oklahama | GEOS و سنجنده هوایی | ضریب تعیین بین ۰.۵۵-۰.۶۱ بدست آوردند. |
| Weng و همکاران (2004) | UNMIXING<br>طبقه بندی ترکیبی<br>regression | Indianapolis City, USA | ETM+ | همبستگی منفی بین کسر پوشش گیاهی و حرارت سطحی در تمام کاربری‌ها وجود دارد و بیشترین همبستگی در مقیاس ۱۲۰ متر می‌باشد. |
| Yuan و همکاران (۲۰۰۷) | LSMA<br>NSMA<br>regression | Twin Cities, Minnesota | ETM+,TM | همبستگی قوی بین سطوح غیرقابل نفوذ و حرارت سطحی در تمام فصل‌ها وجود دارد. اما بین حرارت سطحی و پوشش گیاهی همبستگی به نسبت ضعیف‌تر و در طول فصل تغییر پذیر می‌باشد. |
| Agam و همکاران (۲۰۰۷) | TsHARP | corn/soybean area in central Iowa | TM,ETM+<br>MODIS<br>GEOS<br>سنجنده هوایی | در این تحقیق با فرض بر همبستگی بین حرارت سطحی و شاخص پوشش گیاهی حرارت سطحی تخمین زده می‌شود و میزان خطا برای داده های متفاوت محاسبه می‌گردد. |
| Inamdar و همکاران (۲۰۰۸) | Cloud-screening<br>Diurnal<br>Modelin | نواحی جنوب غربی ایالت متحده آمریکا | GEOS<br>MODIS | در این تحقیق در پی توسعه روشی برای بهبود قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی سنجنده های زمین آهنگ می‌باشد. |
| Liu و همکاران (۲۰۰۸) | statistical<br>relationship<br>scale-invariant<br>physical model | | ASTER | دو روش برای استخراج حرارت سطحی در مقیاس تحت پیسکل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. روش اول بر پایه مدل فیزیکی و روش دوم بر اساس روابط آماری میان حرارت سطحی و پوشش اراضی می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد حرارت سطحی تخمین زده شده در هر دو مدل از دقت قابل قبولی برخوردار است. |
| Stathopoulou و Cartalis (۲۰۰۹) | downscaling<br>techniques | شهر آتن | TM<br>NOAA | به کمک کلاس‌های پوشش اراضی شهر آتن حرارت سطحی تخمین زده می‌شود. میزان خطا بین ۰.۹۴ تا ۲.۴ درجه سانتی گراد می‌باشد. |
| x.zhawg و همکاران (۲۰۰۹) | NDVI<br>NDBI<br>regression | Nanjing, China | IKONOS<br>ETM+ | شاخص پوشش گیاهی به نسبت سطوح غیرقابل نفوذ همبستگی قوی‌تری با حرارت سطحی در مقیاس‌های ۳۰ و۶۰متر دارد همچنین همبستگی در ۱۲۰ و۲۴۰ مشابه می-باشد و در ۴۸۰ و ۹۶۰ کمترین همبستگی دارد. اما در کل سطوح غیر قابل نفوذ شاخص مناسبتری برای تخمین حرارت سطحی می‌باشد. |

ادامه جدول شماره ۱-۲

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Weng (۲۰۰۹) | linear spectral mixture analysis | | ASETR | با استفاده از انالیز طیفی مخلوط ۹درصد پوشش گیاهی و سطوح غیر قابل نفوذ را استخراج کردند. و نتایج نشان داد دقت حرارت سطحی تخمین زده شده توسط دو شاخص از دقت بیشتری برخوردار است. |
| Merlin و همکارانش (۲۰۱۰) | three disaggregation algorithms D0, D1 and D2 | مکزیک | Formosat-2<br>ASTER<br>MODIS | با استفاده از روش‌های سری زمانی از داده‌های Formosat-2 در طول دوره رشد ، پوشش‌های گیاهی فعال و غیرفعال به لحاظ عمل فتوسنتز را استخراج کردند و سپس بوسیله این داده‌ها ، قدرت تفکیک مکانی تصاویر حرارتی را بهبود دادند. |
| Chen و همکاران | adaptive regression | | ASTER | با در نظر گرفتن تاثیر مقیاس بر ارتباط میان حرارت سطحی و شاخص پوشش گیاهی به دنبال بهبود روش‌های قبلی می-باشند. به همین خاطر آنها این ارتباط به صورت محلی مورد بررسی قرار دادند. به این معنا که به جای همبستگی در کل تصویر این همبستگی را نواحی کوچکتر بررسی می‌کردند. |
| Essa و همکاران (۲۰۱۱) | DisTrad | Dublin city (Ireland) | MODIS<br>ETM+ | ارتباط حرارت سطحی با ۱۶ شاخص پوشش گیاهی و سطوح غیر قابل نفوذ را محاسبه می‌کند و و نتیجه می‌گیرند که درصد سطوح غیر قابل نفوذ دقت بهتری نسبت شاخص پوشش گیاهی دارند. |
| Bechtelو همکاران (۲۰۱۲) | linear regression | شهر هامبورگ | ASTER | نتایج مطالعات آنها نشان داد RMSE ۲.۲کلوین در قدرت تفکیک ۱۰۰ متر بدست آمد. برای قدرت تفکیک مکانی‌های پایین‌تر میزان خطا کمتر می باشد. میزان خطا در ۵۰۰ متر ۱.۸کلوین و ۱۰۰۰متر ۱.۶ کلوین می‌باشد. |
| Penghai و همکاران (۲۰۱۳) | multisensor fusion method | | ETM+,TM<br>MODIS<br>GEOS | استفاده از روش های فیوژن چند سنسوره باعث بهبود قدرت تفکیک مکانی می‌شود و دقت بدست آمده تقریبا ۲.۵ درجه کلوین می‌باشد. |
| Kallel و همکاران (۲۰۱۳) | Markov Random Chain model-Maximum A Posteriori | نواحی کشاورزی جنوب شرقی فرانسه | SEVIRI<br>ASTER | با فرض بر بر ناهمنگنی یک پیکسل حرارتی با کمک روش تحت پیکسل حرارت استخراج گردید.سپس با استفاده از زنجیره مارکوف و روش تحت پیکسل حرارت سطحی در دقت مکانی بالا را استخراج کردند .دقت مدل پیشنهادی حدود ۲ درجه کلوین می‌باشد. |

[9] - linear spectral mixture analysis