

بهینه‌سازی روش آشکارسازی کناره کنی با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی در تعیین مرزهای زمین‌های زراعی

حسین حسینی^۱، محسن نوروزی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی و رباتیک، دانشکده هوش مصنوعی و علوم شناختی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران. (نویسنده مسئول)
رایانامه: hosseinhosseini@ihu.ac.ir

۲- عضو هیئت علمی پژوهشکده رایانه، شبکه و ارتباطات، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران. ، رایانامه: m.norouzi@ihu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵ تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۰۷/۰۸ صص: ۳۷-۴۷

چکیده

تعیین دقیق مرزهای زمین، گامی حیاتی در شناسایی کاربری زمین و برنامه‌ریزی برای مدیریت آن است. اگرچه الگوریتم‌های تشخیص کناره متعددی موجود است، اما هنوز ابداع روش‌های جدید تشخیص کناره ضرورت دارد. بر اساس آزمایش‌های انجام‌شده، آشکارساز لبه کنی به نسبت سایر آشکارسازهای سنتی عملکرد بهتری دارد. از این رو، در این مقاله با بهره‌گیری از دو الگوریتم فراابتکاری «کلونی مورچگان» (آکو) و «شبه‌ساز حرارتی» (سا)، روش‌های جدیدی برای بهبود عملکرد آشکارساز کنی ارائه شده است. برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی از سه معیار ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و شاخص تشابه ساختاری استفاده شد. نتایج نشان داد که الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده‌شده، کارایی آشکارساز کنی را افزایش داده‌اند. میانگین نتایج کمی برای روش پایه کنی و روش‌های پیشنهادی کنی + آکو و کنی + سا با بهره‌گیری از معیار ارزیابی میانگین مربعات خطا به ترتیب ۱۲/۸۶۳۲۸، ۱۲/۹۱۴۲۶ و ۱۶/۲۹۱۳۶ به دست آمده است. روش کنی عملکرد بهتری را در میانگین مربعات خطا و شاخص تشابه ساختاری نشان داد. روش‌های پیشنهادی کنی + آکو و کنی + سا در سایر زمینه‌های حیاتی برتر هستند که اغلب یک عامل حیاتی در بسیاری از کاربردهای عملی است. اگرچه مقادیر شاخص تشابه ساختاری برای کنی + آکو و کنی + سا منفی و نشان‌دهنده برخی از اعوجاج‌های ساختاری است، اما این روش‌ها ممکن است در رویدادهای تشخیص لبه خاص، که روش‌های سنتی ناکارا هستند، برتری داشته باشند.

کلیدواژه‌ها: تشخیص کناره، آشکارساز کنی، الگوریتم فراابتکاری، الگوریتم کلونی مورچگان، الگوریتم شبه‌ساز حرارتی، تصاویر سنجنش‌ازدور.

مقدمه

بسیاری از وعده‌های کشاورزی هوشمند برای کمک به کشاورزان در نظارت بر مزارع خود، بر طول فصل رشد متمرکز است. در ارزیابی سطح مزرعه، تعیین دقیق مرزهای مزرعه پیش‌نیازی ضروری است و اغلب، کشاورزان باید مرزهای دقیق رقمی مزارع خود را به ارائه‌دهندگان خدمات هوشمند ارائه کنند. به دلیل انجام دستی مساحی مزرعه، این فرایند وقت‌گیر است. از این رو، رقمی کردن آن انگیزه ایجاد خواهد کرد. همچنین، برای پیش‌بینی عملکرد محصول و نیز نظارت بر امنیت غذایی از روش نظارت از راه دور محصولات استفاده می‌شود (دی ویت و کلورز، ۲۰۰۴). در مزارع بزرگ، این برنامه‌ها بارها مرزها را مساحی می‌کنند. خودکارسازی این فرایند نه تنها اقبال گسترده‌تر کشاورزان از خدمات کشاورزی هوشمند را تقویت خواهد کرد، بلکه امکان تولید محصولات و خدمات بهبود یافته با استفاده از سنسور از دور را نیز تسهیل می‌کند.

برای استخراج مرزهای زمین زراعی از تصاویر ماهواره‌ای، چندین رویکرد وجود دارد که پوشش منظم و جهانی مناطق کشت با وضوح بالا را فراهم می‌کنند. این رویکردها به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: روش‌های مبتنی بر کناره (مولر، سگل و کافمن، ۲۰۰۴)، روش‌های مبتنی بر منطقه (ایوانز، جونز، اسوالبه و برمن، ۲۰۰۲) و روش‌های ترکیبی که در پی رفع کاستی‌های دو رویکرد قبلی از طریق استفاده از مؤلفه‌های هر دو رویکرد است (رایدبرگ و بورگفوس، ۲۰۰۱).

تشخیص کناره حوزه تحقیقاتی مهمی است که با استفاده از آن می‌توانیم از تصاویر هدف، اطلاعات مفیدی به دست آوریم و آن‌ها را پردازش کنیم. کناره‌ها، مرز بین اشیا و پس‌زمینه یا مرز بین اشیا همپوشان است. تشخیص کناره در زمینه‌های مختلفی مانند تقسیم‌بندی تصویر، استخراج شکل، تشخیص الگو، پردازش تصویر پزشکی و تحلیل حرکت و غیره کاربردهای زیادی دارد. تشخیص کناره، الگویی ریاضی است که در یک تصویر رقمی نقاط را شناسایی می‌کند. در واقع، شدت تغییرات قابل توجه یک

تصویر به عنوان کناره یا مرز منطقه شناخته می‌شود. با این حال، نگرانی اصلی آن است که حداقل مقدار تغییرات قابل توجه یا آستانه یک موقعیت چقدر است. برای مقابله با این نگرانی، روش‌های مختلفی برای تشخیص کناره در حال توسعه هستند اما هنوز این نگرانی کاملاً حل نشده است. اگر بتوان دقیقاً کناره‌ها را مشخص کرد آنگاه می‌توان محل همه اشیا را در تصویر را به دقت تعیین و برخی از ویژگی‌های اساسی مانند سطح و هندسه اشیا را به سهولت اندازه گرفت. بنابراین، پژوهش‌های زیادی در زمینه آشکارسازهای تشخیص کناره انجام شده و بسیاری از روش‌های عملی تشخیص کناره پیشنهاد شده است.

اولین آشکارساز تشخیص کناره، آشکارساز روبرتس^۱ (زیو و تابون، ۱۹۹۸) بود که لارنس رابرتز در سال ۱۹۶۳ پیشنهاد داد. این روش، به عنوان ساده‌ترین آشکارساز، الگوریتم متقاطع دیفرانسیل نیز شناخته می‌شود. در سال ۱۹۷۰، اصل اساسی موجود در این روش، یعنی تعیین مکان شمارشگر تصویر به کمک یک کاربر، در آشکارساز پری‌ویت^۲ دنبال شد (تورکر و کوک، ۲۰۱۳) در اغلب برای تصاویر محوشده با نوفه بالا و باارزش پیکسل اعمال می‌شود. در دهه ۱۹۸۰، آشکارساز سابل^۳ (مار و هیلدرث، ۱۹۸۰) که ایده وزن‌ها را معرفی کرد و نیز آشکارساز لاپلاسی (وانگ، ۲۰۰۷) که از تمایز مرتبه دوم استفاده می‌کرد، معرفی شدند. بعدها در سال ۱۹۸۶، عملگر کنی^۴ (کانی، ۱۹۸۶) معرفی شد که با پالایش پیوسته، اطلاعات شمارشگر تصویر را بهبود می‌بخشد و مراحل تشخیص را بهینه می‌کند. در آن زمان، آشکارساز کنی به یکی از بهترین آشکارسازها برای تشخیص کناره تبدیل شد.

مشکل اصلی همه این آشکارسازها آن است که فقط تفاوت و شدت رنگ بین پیکسل‌های مجاور را در نظر می‌گیرند، اما

1. Roberts

2. Prewitt

3. Sobel

4. Canny

الگوریتم آکو مجموعه‌ای از راه‌حل‌های پیشنهادی را تولید می‌کند. هر یک از این راه‌حل‌های پیشنهادی به مجموعه‌ای از کناره‌های تصویر مرتبط است. این راه‌حل‌ها به‌عنوان مسیرهای فرمونی نشان داده می‌شوند که بر اساس کیفیت محلول مربوطه بارها به‌روز می‌شوند. مورچه‌های فرضی موجود در الگوریتم، این مسیرهای فرمون را دنبال می‌کنند تا راه‌حل‌های پیشنهادی جدیدی تولید کنند. بهترین راه‌حل‌های پیشنهادی حفظ شده و مسیرهای فرمون بر این اساس به‌روزرسانی می‌شوند.

الگوریتم «سا» یک الگوریتم بهینه‌سازی فراابتکاری است که از فرایند بازپخت در فلزکاری الهام گرفته است. ایده پشت سا شبیه‌سازی فرایند خنک کردن یک ماده از دمای بالا به دمای پایین است که باعث کاهش عیوب و افزایش استحکام مواد می‌شود. الگوریتم سا برای تشخیص کناره، از نقشه کناره اصلاح شده‌ای که از الگوریتم کنی به دست آمده استفاده می‌کند.

الگوریتم با یک نقشه کناره اولیه شروع می‌شود و دنباله‌ای از نقشه‌های کناره اصلاح شده را با برهم‌زدن تصادفی پیکسل‌های کناره ایجاد می‌کند. بر اساس میزان کیفیت نقشه کناره اصلاح شده و دمای فعلی، نقشه‌های کناره اصلاح شده پذیرفته یا رد می‌شوند. دما در طول زمان به تدریج کاهش می‌یابد که مربوط به فرایند خنک‌سازی در بازپخت است. نقشه کناره نهایی، از انتخاب بهترین راه‌حل در طول فرایند بازپخت به دست می‌آید.

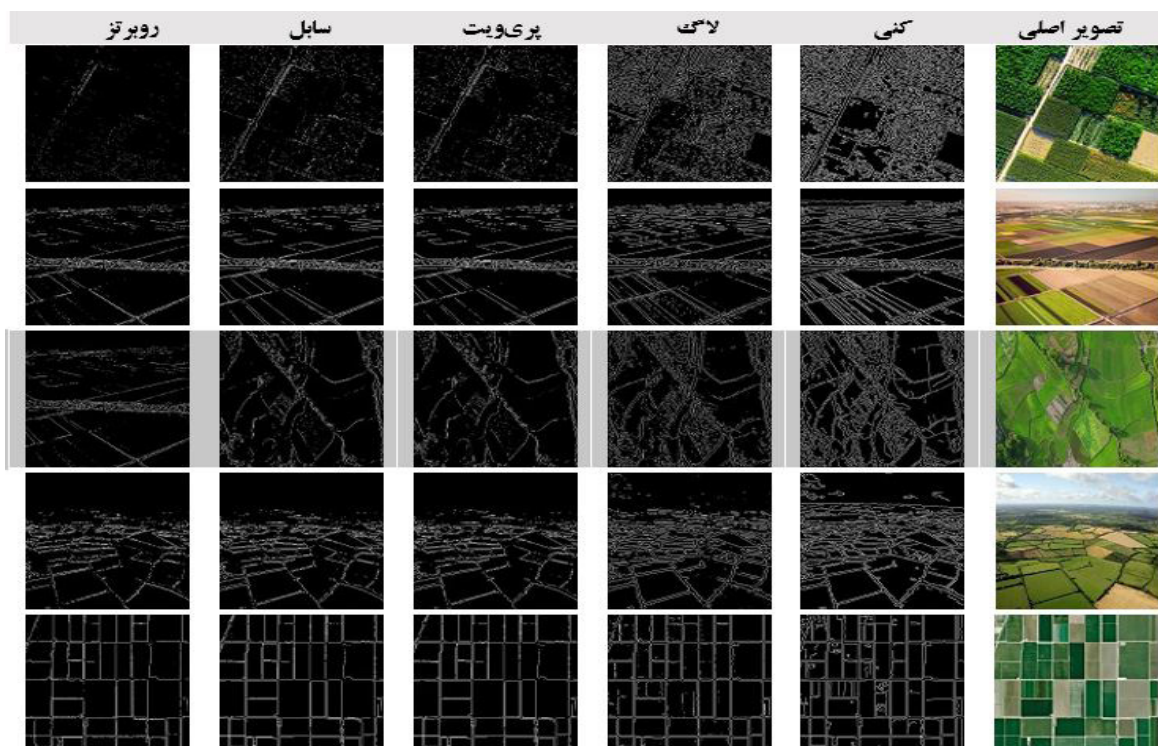
نمی‌توانند تفاوت‌های بافتی در یک محله بزرگ‌تر، که برای تجزیه و تحلیل تصاویری با وضوح بالا از مناطق کشاورزی اهمیت اساسی دارند را تشخیص دهند. علاوه بر آن، در رویکردهای سنتی تشخیص کناره، همیشه قطعات شکسته ایجاد می‌شود و احتمالاً برخی از کناره‌های مهم از دست می‌روند. برای جبران این کناره‌های شکسته باید از سازوکار مبتنی بر بهینه‌سازی استفاده کرد. از جمله روش‌های بهینه‌سازی می‌توان به الگوریتم کلونی مورچگان (آکو)^۱ (دوریگو، بیراتاری و استاتزل، ۲۰۰۶) که مبتنی بر هوش جمعی است و الگوریتم شبیه‌ساز حرارتی (سا)^۲ کرک پاتریک، گلات و وکی، ۱۹۸۳) که مبتنی بر قوانین فیزیک است، اشاره کرد. در این مقاله، برای کناره‌یابی از دو الگوریتم بهینه‌سازی ذکر شده استفاده شده است تا عملکرد آشکارساز کنی را بهبود بخشد.

دستاورد

آشکارسازهای کنی، لاگ^۳، پری‌ویت، سابل و روبرتر پرکاربردترین آشکارسازهای کناره هستند. در این میان، آشکارساز کنی، که در نتایج شکل ۱ مشاهده می‌شود، به‌عنوان بهترین روش آشکارسازی کناره شناخته شده است. در شکل ۱، به ترتیب چینش از راست به چپ، هر آشکارساز به نسبت آشکارساز بعدی خود کناره‌های بیشتری را حفظ کرده است. اما با توجه به اینکه این آشکارسازها مشکلاتی دارند، بنابراین برای دستیابی به روش تشخیص کناره کارآمد، باید به همراه این روش‌ها از الگوریتم‌های فراابتکاری استفاده کرد. در روش پیشنهادی ما، برای بهینه‌سازی عملکرد آشکارساز کنی و بهبود بیشتر نتایج تشخیص کناره، از الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی مورچگان (آکو) و شبیه‌ساز حرارتی استفاده شده است.

الگوریتم آکو یک الگوریتم بهینه‌سازی مبتنی بر هوش ازدحامی است که برای بهبود عملکرد الگوریتم کنی در تشخیص کناره استفاده می‌شود. آکو از رفتار مورچه‌ها در یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین لانه و منبع غذایی تقلید می‌کند. برای تشخیص کناره،

1. Ant Colony Optimization (ACO)
2. Simulated Annealing (SA)
3. LoG



شکل ۱. نتایج کیفی استفاده از آشکارسازهای سنتی

ان آر)^۲ و شاخص تشابه ساختاری (اس اس آی ام)^۳ را که با استفاده از آشکارسازهای سنتی بر روی تصاویر کناره‌یابی شده اعمال کرده‌ایم را مشاهده می‌کنید.

از الگوریتم‌های آکو و سا برای اصلاح بیشتر نقشه کناره به‌دست‌آمده در الگوریتم کنی و بهبود دقت تشخیص کناره و کاهش نوفه در تصویر استفاده می‌شود. الگوریتم آکو مجموعه‌ای از راه‌حل‌های پیشنهادی را تولید می‌کند و بر اساس کیفیت نقشه‌های کناره مربوط، بهترین‌ها را انتخاب می‌کند. الگوریتم سا، با اصلاح مکرر کناره‌ها و انتخاب بهترین راه‌حل به‌دست‌آمده در طول فرایند بازپخت، نقشه کناره را اصلاح می‌کند. با ترکیب این دو الگوریتم با الگوریتم تشخیص کناره کنی، می‌توان دقت تشخیص کناره را بهبود بخشید. این موضوع در بسیاری از برنامه‌های بینایی رایانه‌ای اهمیت زیادی دارد. در ادامه، به روش پیشنهادی این مقاله اشاره می‌شود که از سه بخش مراحل انجام کار، مجموعه‌داده و معیارهای ارزیابی تشکیل شده است.

در جدول ۱ میانگین نتایج کمی معیارهای ارزیابی میانگین مربعات خطا (ام اس ای)^۱، نسبت سیگنال به نوفه پیک (پی اس

1. Mean Squared Error (MSE)
 2. Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)
 3. Structural Similarity Index Measure (SSIM)

جدول ۱. نتایج کمی استفاده از معیارهای ام اس ای، پی اس ان آر و اس اس آی ام در آشکارسازهای سنتی

روبرتز	سابل	پری‌ویت	لاگ	کنی	
۰/۲۸۰۲	۱/۶۴۸۷	۱/۷۰۷۳	۱۱/۳۶۹۴	۲۶/۸۶۱۴	ام اس ای
۱/۹۶۵۷	۲/۲۷۴۱	۲/۳۲۹	۱/۴۰۳۸	۴/۵۵۸۹	
۰/۷۴۹۴	۱/۵۵۷	۱/۵۴۰۹	۱/۱۵۰۸	۵/۳۹۴۴	
۴/۶۰۳۱	۵/۴۲۷۳	۵/۳۱۴۲	۴/۰۱۹۱	۹/۲۲۶۹	
۱/۹۴۱۳	۲/۵۵۲۷	۲/۶۰۶	۲/۲۲۱	۴/۴۲۵۹	
۸/۰۲۱۱	۸/۴۲۹۹	۸/۴۲۲۹	۱۰/۰۱۵۳	۹/۶۹۶	پی اس ان آر
۵/۲۲۷	۵/۳۶۷۸	۵/۳۵۹۷	۵/۸۸۸۲	۶/۱۴۰۶	
۶/۰۹۱۱	۶/۲۸۵۵	۶/۲۶۳	۷/۱۴۹۲	۷/۶۰۶۳	
۵/۱۳۰۹	۵/۱۷۱۶	۵/۱۶۸۵	۵/۵۶۳۹	۵/۶۹۸۳	
۸/۴۲۵۸	۸/۵۸۵۳	۸/۵۸۳۸	۸/۹۸۳۲	۹/۱۹۵۱	
۰/۰۰۲۶	۰/۰۱۸۱	۰/۰۲۰۲	۰/۲۶۳۱	۰/۰۳۱	اس اس آی ام
۰/۰۱۸۶	۰/۰۲۶۳	۰/۰۲۵۱	۰/۱۰۲۱	۰/۰۳۰۴	
۰/۰۱۱۱	۰/۰۱۲۵	۰/۰۱۰۲	۰/۱۱۲۲	۰/۰۰۹۷	
۰/۰۵۱۹	۰/۰۵۹	۰/۰۵۷	۰/۰۷۵۳	۰/۰۵۱۶	
-	-	-	-	-	

با استفاده از آشکارسازهای سنتی بر روی تصاویر کناره‌یابی شده اعمال کرده‌ایم را مشاهده می‌کنید.

در جدول ۲ میانگین نتایج کمی معیار ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نویز پیک و شاخص تشابه ساختاری که

جدول ۲. میانگین اعمال نتایج کمی معیارهای ام اس ای، پی اس ان آر و اس اس آی ام در آشکارسازهای سنتی

روبرتز	سابل	پری‌ویت	لاگ	کنی	
۱/۹۰۷۹۴	۲/۶۹۱۹۶	۲/۶۹۹۴۸	۴/۰۳۲۸۲	۱۰/۰۹۳۵	ام اس ای
۶/۵۷۹۱۸	۶/۷۶۸۰۲	۶/۷۵۹۵۸	۷/۵۱۹۹۶	۷/۶۶۷۲۶	پی اس ان آر
۰/۰۲۵۵۸	۰/۰۳۴۱۶	۰/۰۳۴۲۸	۰/۱۵۰۸۲	۰/۰۳۸۶	اس اس آی ام

مراحل انجام پژوهش

مراحل خود دارای زیرمراحل است که شرح آن در ادامه آمده است:

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، روش انجام پژوهش از ۶ مرحله اصلی تشکیل شده است. هر یک از این



شکل ۲. مراحل اجرای روش پیشنهادی

۱. ایجاد مجموعه داده
با استفاده از یک خزنده وب^۱ مجموعه‌ای از تصاویر هوایی زمین‌های زراعی با پوشش گیاهی متفاوت یا فاقد پوشش گیاهی را که پهپادها از زوایای مختلف تصویربرداری کرده‌اند را جمع‌آوری کردیم. در بخش مجموعه‌داده توضیحات تکمیلی آن ارائه شده است.
۲. پیش‌پردازش
در این مرحله، مجموعه‌داده، که تصاویری از زمین‌های زراعی با فضای رنگی است را به فضای خاکستری تبدیل می‌کنیم.
۳. ایجاد روش پایه
در این مرحله بر روی تصاویر خاکستری به‌دست آمده در مرحله قبل و با هدف کناره‌یابی، آشکارساز پایه و سنتی کنی را اعمال می‌کنیم.
۴. ایجاد روش پیشنهادی
در این مرحله برای بهینه‌سازی عملکرد آشکارساز کنی، الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی مورچگان و شبیه‌ساز حرارتی را بر روی آشکارساز پایه و سنتی کنی اعمال خواهیم کرد. سپس نتایج را بر روی همان تصاویر خاکستری به‌دست آمده در مرحله
۵. پس‌پردازش
برش حاشیه سفید اطراف تصاویر حاصل: در این مرحله پس از اعمال روش پایه و روش پیشنهادی، باید حاشیه‌های سفیدرنگ اطراف برخی از تصاویر به‌دست آمده را برش بزنیم. تغییر اندازه تصاویر حاصل و تصاویر اولیه: برای ارزیابی روش پایه و روش پیشنهادی، در این مرحله باید تصاویر حاصل از این دو روش را به اندازه‌ای یکسان تبدیل کنیم.
۶. ارزیابی
اعمال معیارهای ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و شاخص تشابه ساختاری: برای مقایسه روش پایه و روش پیشنهادی، معیارهای ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و اندازه‌گیری شاخص تشابه ساختاری را بر روی تصاویر مرجع خاکستری و تصاویر حاصل به‌دست آمده از دو روش پایه و روش پیشنهادی اعمال کردیم. مقایسه معیارهای ارزیابی: در اینجا، معیارهای ارزیابی حاصل از تصاویر کناره‌یابی شده در آشکارساز سنتی کنی و

1. Web Scraper

بین دو تصویر استفاده می‌شود. این نظام، شاخص تشابه ساختاری بین دو تصویر داده شده را محاسبه می‌کند که مقداری بین ۱- و ۱ است. مقدار ۱ نشان می‌دهد که ۲ تصویر داده شده بسیار شبیه یا یکسان هستند؛ در حالی که مقدار ۱- نشان می‌دهد که ۲ تصویر داده شده بسیار متفاوت هستند. اغلب این مقادیر به گونه‌ای تنظیم می‌شوند که در محدوده [۰, ۱] قرار گیرند، جایی که افراطی‌ها معنی یکسانی دارند.

$$(3) \quad function(I_1, I_2, c(I_1, I_2), s(I_1, I_2)) = \text{اس اس آی ام}$$

یافته‌ها

در این مقاله، روش سنتی تشخیص کناره کنی و روش‌های پیشنهادی مکمل در الگوریتم‌های فراابتکاری که برای بهبود تشخیص کناره کنی استفاده می‌شوند را بر روی مجموعه‌ای از تصاویر هوایی زمین‌های زراعی اعمال کردیم. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید، نتایج کیفی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی، تصاویر کناره شناسایی شده در عملگر سنتی کنی را به‌طور مؤثری بهبود بخشیده است. لازم به یادآوری است که با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، کناره‌ها به خوبی نشان داده شده است. با استفاده از الگوریتم شبیه‌ساز حرارتی، علاوه بر کناره‌ها، بافت تصویر نیز حفظ شده است.

تصاویر کناره‌یابی شده با اعمال الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی مورچگان و شبیه‌ساز حرارتی را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم تا بهترین روش مشخص شود.

مجموعه داده

مجموعه داده مورد استفاده ما در این مقاله مجموعه‌ای از تصاویر هوایی از زمین‌های زراعی است. با استفاده از یک خزننده وب، مجموعه‌ای از تصاویر هوایی زمین‌های زراعی با پوشش گیاهی متفاوت یا فاقد پوشش گیاهی را که پهلوها از زوایای مختلف تصویربرداری کرده‌اند را جمع‌آوری کردیم.

معیارهای ارزیابی

در این مقاله برای ارزیابی کمی از سه معیار ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و اندازه‌گیری شاخص تشابه ساختاری استفاده کرده‌ایم که در ادامه توضیح هر یک آمده است.

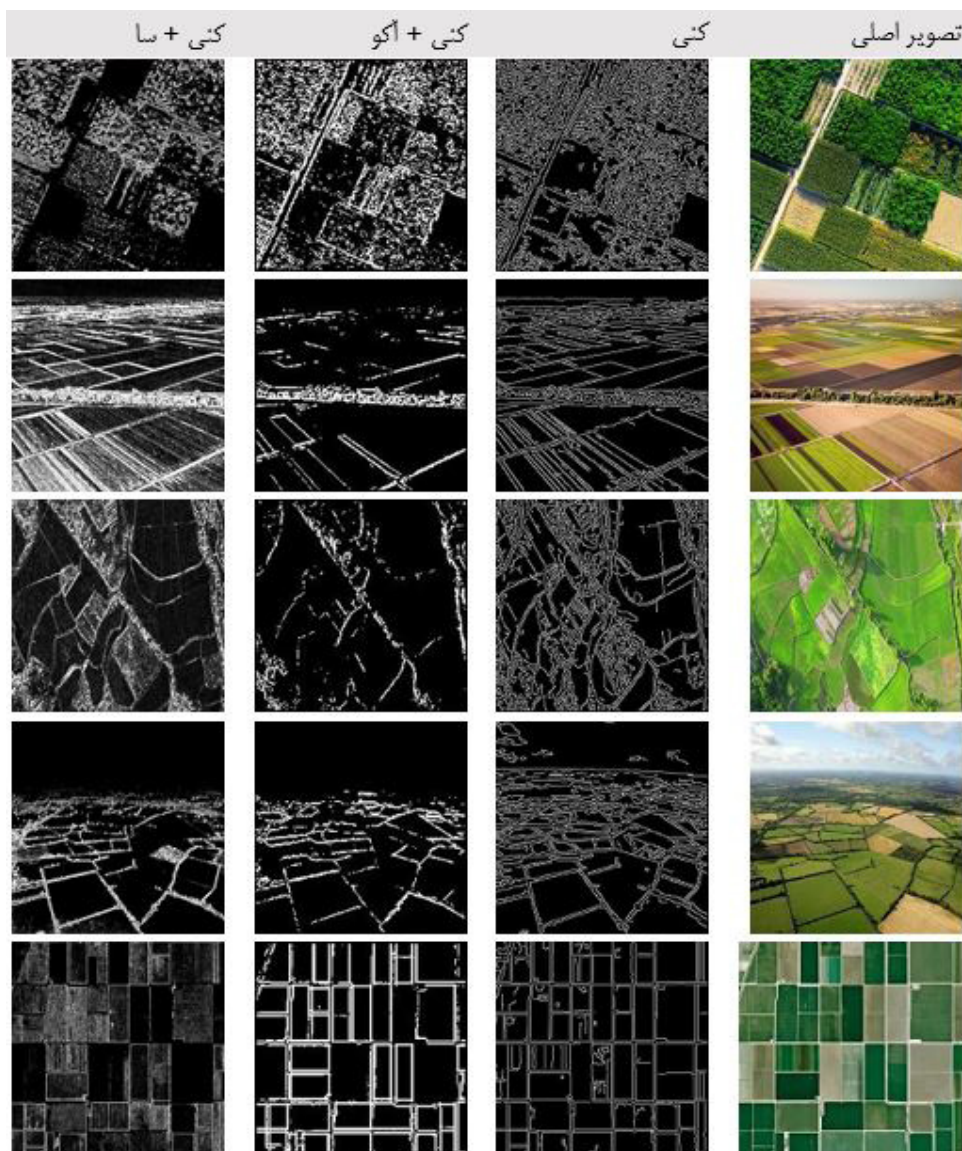
میانگین مربعات خطا که در رابطه ۱ تعریف شده است، میزان خطا در الگوهای آماری را اندازه‌گیری می‌کند. میانگین اختلاف مجذور بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده را ارزیابی می‌کند. وقتی الگویی بی خطا باشد، میانگین مربعات خطا برابر با صفر است. با افزایش خطای الگو، مقدار آن افزایش می‌یابد.

$$(1) \quad \text{ام اس ای} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_1(i, j) - I_2(i, j))^2$$

نسبت سیگنال به نوفه پیک که در رابطه ۲ تعریف شده است، حداکثر نسبت سیگنال به نویز را در دسی بل بین دو تصویر محاسبه می‌کند. این نسبت، به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری کیفیت بین تصویر اصلی و فشرده استفاده می‌شود. هر چه نسبت سیگنال به نویز پیک بالاتر باشد، کیفیت تصویر فشرده شده یا بازسازی شده بهتر است.

$$(2) \quad \text{پی اس ان آر} = 10 \log \left(\frac{\max(I)}{MSE} \right)$$

اندازه‌گیری شاخص تشابه ساختاری که در رابطه ۳ تعریف شده است، روشی برای پیش‌بینی کیفیت درک شده تلویزیون دیجیتال و تصاویر سینمایی و نیز انواع دیگر تصاویر و فیلم‌های رقمی است. شاخص تشابه ساختاری برای اندازه‌گیری شباهت



شکل ۳. نتایج کیفی روش پایه و روش پیشنهادی

در جدول ۳ مقادیر معیارهای ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نویز پیک و اندازه گیری شاخص تشابه ساختاری را که بر روی تصاویر کناره‌یابی شده از روش پایه و روش پیشنهادی اعمال کرده‌ایم را مشاهده می‌کنید.

جدول ۳. نتایج کمی روش پایه و روش پیشنهادی

کنی + سا		کنی + آکو		کنی	
اس اس آی ام	پی اس ان آر	اس اس آی ام	پی اس ان آر	اس اس آی ام	پی اس ان آر
- ۰/۳۳۸۲	۷/۰۰۲۶	- ۰/۴۴۸۵	۶/۲۵۹۲	- ۰/۰۱۱۹	۸/۴۵۵۴
- ۰/۰۰۲۴	۷/۲۶۵۸	- ۰/۰۹۰۷	۴/۷۰۶	- ۰/۰۱۲۴	۵/۸۱۲۸
- ۰/۰۰۰۷	۸/۰۸۲۴	- ۰/۰۷۲۵	۵/۶۱۸۶	- ۰/۰۰۱۱	۷/۰۴۷۶
- ۰/۱۴۳	۴/۷۴۱۴	- ۰/۱۰۱۷	۴/۶۴۷۳	- ۰/۰۲۴۷	۵/۴۵۳۹
- ۰/۰۱۰۲	۸/۶۲۷۶	- ۰/۱۱۳۷	۶/۶۴۱۵	- ۰/۰۹۹۸	۸/۶۴۴۷

تعداد کلی روش کنی آن را به کارآمدترین کناره‌یاب در این مقایسه بدل می‌کند. درحالی‌که روش کنی عملکرد بهتری را در میانگین مربعات خطا و شاخص تشابه ساختاری نشان می‌دهد، روش‌های پیشنهادی کنی + آکو و کنی + سا در سایر زمینه‌های حیاتی برتر هستند که اغلب یک عامل مهم در بسیاری از کاربردهای عملی است.

بر اساس نتایج کمی، روش‌های کنی + آکو و کنی + سا پیشرفت‌های قابل توجهی را نسبت به روش کنی در جنبه‌های خاص نشان می‌دهند. درحالی‌که روش کنی میانگین مربعات خطای کمتر (۱۲/۸۶۳۲۸) را در مقایسه با ۱۲/۹۱۴۲۶ برای کنی + آکو و ۱۶/۲۹۱۳۶ برای کنی + سا نشان می‌دهد، نسبت سیگنال به نوفه پیک به پیک نتیجه متفاوتی داشته است. امتیاز روش کنی + سا به نسبت سیگنال به نوفه پیک بالاتر (۷/۱۴۳۹۶) است و از روش کنی با مقدار ۷/۰۸۲۸۸ پیشی می‌گیرد و کیفیت تصویر بهتری را نشان می‌دهد. علاوه بر این، اگرچه مقادیر شاخص تشابه ساختاری برای کنی + آکو و کنی + سا منفی و نشان‌دهنده برخی اعوجاج‌های ساختاری است، اما ممکن است این روش‌ها در رویدادهای تشخیص لبه خاص که در آن روش‌های سنتی کارآمد نیستند کاربرد داشته باشند. بنابراین، روش‌های کنی + آکو و کنی + سا پیشرفت‌های امیدوارکننده‌ای را، به‌ویژه از نظر کیفیت تصویر، ارائه می‌دهند و از نظر بهینه‌سازی بیشتر تصویر، بالقوه می‌توانند از روش کنی پیشی گیرند.

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌کنید، میانگین نتایج کمی نشان می‌دهد که روش پیشنهادی به‌طور مؤثر، تصاویر کناره شناسایی شده در عملکرد سنتی کنی را بهبود می‌بخشد. برای تعیین اینکه کدام روش تشخیص کناره بر اساس مقادیر میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و شاخص تشابه ساختاری ارائه شده کارآمدتر است، در ادامه هر معیار تجزیه و تحلیل شده است: در معیار میانگین مربعات خطا، مقادیر کمتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است. در اینجا، روش کنی دارای کمترین مقدار یعنی ۱۲/۸۶۳۲۸ است که نشان می‌دهد بهترین عملکرد را در به حداقل رساندن خطا دارد.

در معیار نسبت سیگنال به نوفه، مقادیر بالاتر نشان‌دهنده عملکرد بهتر است. روش کنی + سا دارای بالاترین مقدار یعنی ۷/۱۴۳۹۶ است که نشان می‌دهد بهترین نسبت سیگنال به نوفه را دارد.

در معیار شاخص تشابه ساختاری، مقادیر بالاتر شباهت ساختاری بهتری را نشان می‌دهد. روش اصلی کنی دارای بالاترین مقدار یعنی ۰/۱۹۶۶ است که نشان می‌دهد بهترین شباهت ساختاری را حفظ می‌کند.

با توجه به این نتایج، به نظر می‌رسد که روش کنی به‌طور کلی کارآمدترین روش باشد، زیرا در میانگین مربعات خطا و شاخص تشابه ساختاری، بهترین عملکرد را دارد. روش کنی + سا نیز در نسبت سیگنال به نوفه پیک، عملکرد بهتری را نشان می‌دهد، اما

جدول ۴. میانگین نتایج کمی روش پایه و روش پیشنهادی

کنی		کنی + آکو		کنی + سا	
اس اس ای	پی اس آن آر	اس اس ای	پی اس آن آر	ام اس ای	پی اس آن آر
۱۲/۸۶۳۲۸	۷/۰۸۲۸۸	۱۲/۹۱۴۲۶	۵/۵۷۴۵۲	۱۶/۲۹۱۳۶	۷/۱۴۳۹۶
-	۰/۱۹۶۶	-	۰/۱۲۶۴۲	-	۰/۱۰۰۱۶

نتیجه‌گیری

این مقاله روش جدیدی را ارائه می‌کند که از الگوریتم‌های فراابتکاری کلونی مورچگان و شبیه‌ساز حرارتی برای بهبود تشخیص کناره سنتی کنی استفاده می‌کند. مجموعه داده‌ای این

پژوهش مجموعه‌ای از تصاویر هوایی زمین‌های زراعی است که از روش پیشنهادی این پژوهش برای شناسایی کناره‌های زمین‌های زراعی استفاده شد. از سه معیار ارزیابی میانگین مربعات خطا، نسبت سیگنال به نوفه پیک و شاخص تشابه ساختاری برای

منابع

- A. J. W. De Wit, J. G. P. W. Clevers. (2004). Efficiency and accuracy of per-field classification for operational crop mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 25(20), 4091-4112.
- A. Rydberg, G. Borgefors. (2001). Integrated method for boundary delineation of agricultural fields in multispectral satellite images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39(11), 2514 - 2520.
- Canny, J. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), 679-698.
- Carolyn Evans, Ronald Jones, Imants D. Svalbe, Mark Berman. (2002). Segmenting multispectral Landsat TM images into field units. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 40(5), 1054 - 1064.
- D Marr, E Hildreth. (1980). Theory of edge detection. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- D.Ziou, S.Tabbone. (1998). Edge Detection Techniques-An Overview.
- Marco Dorigo, Mauro Birattari, Thomas Stutzle. (2006). Ant colony optimization. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1(4), 28 - 39.
- Marina Mueller, Karl Segl, Hermann Kaufmann. (2004). Edge- and region-based segmentation technique for the extraction of large, man-made objects in high-resolution satellite imagery. *Pattern Recognition*, 37(8), 1619-1628.
- Mustafa Turker, Emre Hamit Kok . (2013). Field-based sub-boundary extraction from remote sensing imagery using perceptual grouping. *ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING*, 79, 106-121.
- S. KIRKPATRICK, C. D. GELATT, JR., AND M. P. VECCHI. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *SCIENCE*, 220(4598), 671-680.
- Wang, X. (2007). Laplacian Operator-Based Edge Detectors. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 29(5), 886-890.
- ارزیابی این روش پیشنهادی استفاده شده است. نتایج کیفی و کمی به دست آمده در این پژوهش نشان داد که کناره‌یابی با بهره‌گیری از الگوریتم‌های فراابتکاری، روش تشخیص کناره‌یابی را بهبود می‌بخشد. با استفاده از الگوریتم کلونی مورچگان، کناره‌ها به خوبی مشخص شد و با استفاده از الگوریتم شبیه‌ساز حرارتی، علاوه بر کناره‌ها، بافت تصویر نیز حفظ شده است.
- در دهه‌های اخیر، استفاده از فناوری پیشرفته در کشاورزی به شدت تکامل یافته و زمینه‌های لازم را برای پیشرفت‌های بیشتر فراهم کرده است. با این وجود، تصاویر سنجنش‌ازدور محدودیت‌های خاص خود را دارند. آن‌ها معمولاً دارای وضوح تصویر بسیار پایین، سطح نوفه و حجم زیادی هستند که فضای ذخیره‌سازی رقمی قابل توجهی را اشغال می‌کنند. این تصاویر بسته به ویژگی‌های منطقه، از منطقه‌ای به منطقه دیگر به شدت متفاوت است.
- تشخیص مرز مزارع در زمین‌هایی که از هم پاشیده و غیریکنواخت هستند، اقدامی دشوار است، زیرا مرزهای آن‌ها، به ویژه در کشورهایی که زمین‌ها از نظر اندازه کوچک و متراکم هستند، شکل یا اندازه مشخصی ندارد. روش‌های پردازش تصویر مانند تقسیم‌بندی و تشخیص کناره که روی تصاویر عمومی به خوبی کار می‌کنند، ممکن است برای تصاویر سنجنش‌ازدور نتایج دقیقی نداشته باشند. دو قطعه پوشش گیاهی هم‌جوار ممکن است توان بالقوه مناسبی برای تعیین مرز بر اساس تفاوت رنگ و بافت داشته باشند، اما وقتی در هر دو قطعه محصول یکسانی کشت شده باشد، ممکن است استفاده از این ویژگی‌ها برای تفکیک دو قطعه کاربردی نباشند. این نگرانی در مورد قطعاتی با چندین محصول مختلف نیز صدق می‌کند. با توجه به این عوامل، تشخیص مرز زمین با استفاده از تصاویر سنجنش‌ازدور مشکلی است که هنوز به پژوهش‌های بیشتری نیاز دارد. در حال حاضر، راه‌حل مناسبی که در مناطق مختلف جغرافیایی کاملاً اجرایی باشد وجود ندارد.

Optimization of the Canny Edge Detection Method Using Optimization Algorithms in Order to Determine the Boundaries of Agricultural Lands

Hossein Hosseini^{1*}, Mohsen Nourozi²

1. Master's student in Artificial Intelligence and Robotics, Faculty of Artificial Intelligence and Cognitive Sciences, Imam Hossein University, Tehran, Iran (corresponding author) **Email:** hosseinhosseini@ihu.ac.ir

2. Faculty Member of Imam Hossein University, Tehran, Iran. **Email:** m.nourozi@ihu.ac.ir

Abstract

Accurate determination of land boundaries is a vital step in identifying land use and planning for its management. Although there are many edge detection algorithms available, there is still a need for new edge detection techniques. According to the experiments, the Canny detector performs better than other traditional detectors, therefore, in this article, it has been tried to present new methods to improve the performance of the Canny detector by using two meta-heuristic algorithms of ant colony and thermal simulator. To evaluate the proposed methods, we have used three evaluation criteria: Mean Squared Error (MSE), Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) and Structural Similarity Index Measure (SSIM). The results show that the meta-heuristic algorithms used have made the Canny detector more optimal. The average quantitative results for the basic Canny method and the proposed Canny + ACO and Canny + SA methods using the Mean Squared Error evaluation criterion were 12.86328, 12.91426 and 16.29136 respectively. The Canny method shows better performance in Mean Squared Error and Structural Similarity Index Measure. While the structural similarity index values for Canny + ACO and Canny + SA are negative and indicating some structural distortions, these methods may excel in certain edge detection scenarios where traditional methods fall short.

Keywords: Edge Detection, Canny Detector, Meta-Heuristic Algorithm, Ant Colony Algorithm, Simulated Annealing Algorithm, Remote Sensing Images.