Archive of SID

نشریه علمی - پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره هشتم، شماره ۳، اسفند ماه ۱۳۹۷

# ارائه یک روش قطعه‌بندی ترکیبی چند سطحی با تأکید بر استخراج مرز زمین‌های کشاورزی بر اساس ترکیب مدل‌های منحنی فعال

**شیوا حق‌شناس*[۱]، حمید عبادی[۲]، عباس کیانی[۳]**

[۱] کارشناس ارشد فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
haghshenas.shiva@yahoo.com

[۲] استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
ebadi@kntu.ac.ir

[۳] دانشجوی دکتری فتوگرامتری - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
abbasekiani@yahoo.com

(تاریخ دریافت شهریور ۱۳۹۶، تاریخ تصویب تیر ۱۳۹۷)

## چکیده

تشخیص مرز زمین‌های کشاورزی از تصاویر سنجش از دور با وضوح بالا یک چالش بزرگ ناشی از محیط پیچیده زمین است که آن را تبدیل به موضوع قابل توجهی در تحقیقات نموده است. کمبود داده‌های مکانی جهت تعیین مساحت و موقعیت اراضی کشاورزی، به‌منظور کنترل و برنامه‌ریزی در مورد کشت و غذا و همچنین تخمین پارامترهای آماری جهت مدیریت بهینه در کشاورزی و غیره، لزوم استخراج مرز این اراضی را محرز می‌سازد. برای این منظور مدل‌های منحنی فعال ابزاری قدرتمند جهت شناسایی و ردیابی عوارض تصویری می‌باشند. در راستای توسعه این مدل‌ها، در این تحقیق ترکیب دو مدل منحنی فعال غیر پارامتریک، از نوع ناحیه مبنای چان-ویس و مدل لبه مبنای هندسی در نظر گرفته شد تا به‌طور هم‌زمان از اطلاعات لبه و ناحیه در یک ساختار ریاضی هیبریدی برای استخراج مرز اراضی کشاورزی استفاده شود. این ترکیب قادر به جداسازی تنها یک نوع عارضه از پس‌زمینه می‌باشد؛ بنابراین برای افزایش کارایی مدل ترکیبی و ارتقا و توسعه آن برای تصاویر رنگی نیز تلفیق مدل ترکیبی با مدل چندسطحی انجام شد. پس از ارزیابی مدل پیشنهادی با نقشه مرجع تولید شده، مقادیر حاصل برای معیارهای ارزیابی محاسبه گردید که نشان دهنده مقادیر ۹۰،۳۱۲ برای شاخص دقت کلی، ۸۶،۱۸۶ برای ضریب کاپا و ۸۱،۹۳۶ برای شاخص کیفیت، برای چهار تصویر با ویژگی‌های متفاوت بود. پس از مقایسه بین مقادیر به دست آمده برای شاخص‌های مورد نظر، مدل پیشنهادی به‌صورت میانگین ۹٪ برای شاخص کاپا، ۶٪ برای شاخص دقت کلی و ۱۲٪ برای شاخص کیفیت افزایش دقت نسبت به مدل پایه را نشان داد. همچنین بررسی با آزمون مک نمار نیز بیانگر عدم وابستگی روش پیشنهادی و روش‌های پایه بود.

**واژگان کلیدی:** منحنی فعال، استخراج مرز اراضی کشاورزی، ترکیب اطلاعات لبه و ناحیه، مدل چند سطحی

* نویسنده رابط

www.SID.ir

Archive of SID



## ۱- مقدمه

با توجه به اهمیت بخش کشاورزی در تأمین غذا و دارو برای جامعه و لزوم تشخیص مرز اراضی کشاورزی برای تخمین پارامترهای آماری، طبقه‌بندی محصولات، تخمین میزان تخصیص آب و آفت‌کش و غیره، هدف از این تحقیق، ارائه روشی نیمه اتوماتیک جهت افزایش اتوماسیون در استخراج مرز اراضی کشاورزی از تصاویر با قدرت تفکیک بالا است. انجام این پروسه به‌صورت دستی به خاطر صرف زمان و هزینه زیاد عملی نیست و همین امر لزوم نیازمندی به روش‌های اتوماتیک را محرز می‌سازد [۱].

با وجود اهمیت ویژه اطلاعات مرز زمین‌های کشاورزی در مطالعه محصولات کشاورزی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور، برای مدیریت بهینه در کشاورزی، تحقیقات صورت گرفته در این زمینه اندک است. به عنوان نمونه در سال ۲۰۱۵ Wang و همکاران یک روش جدید شناسایی مرز زمین کشاورزی بر اساس ترکیب الگوریتم انتشار ناهمسانگرد چند مقیاسه و آشکارساز لبه Canny ارائه نمودند. در این روش محاسبات قدر مطلق گرادیان گاوسی در یک مقیاس بزرگ برای حذف نویز و اطلاعات غیر ضروری در داخل مرز زمین کشاورزی مؤثر است. این روش از الگوریتم مورفولوژی ریاضی و قطعه‌بندی چند مقیاسه، به عنوان روش‌های قطعه‌بندی استفاده می‌کند اما نمی‌تواند مشکل قطعه‌بندی بیش از حد را حل کند و نسبت به تنظیم پارامتر مقیاس حساس است؛ اما هزینه محاسباتی را کاهش می‌دهد [۲]. در تحقیق جدیدتری در سال ۲۰۱۷ نیز Qiting و همکاران در طی طبقه‌بندی محصولات کشاورزی روشی برای تعیین حدود اراضی کشاورزی ارائه نمودند که روش پیشنهادی بر اساس قطعه‌بندی چند مقیاسه، استفاده از تصاویر سری‌های زمانی NDVI، استفاده از فضای ویژگی و طبقه‌بندی جنگل تصادفی می‌باشد. این روش برای چندین محصول در چین مورد آزمایش قرار گرفته است. اگرچه روش پیشنهادی می‌تواند به طور کلی عملکرد رضایت بخشی را به دست آورد، اما قطعه‌بندی تصویر و ویرایش آن به صورت دستی توسط اپراتور انجام می‌شود تا مرزهای دقیق‌تری از زمین‌های کشاورزی به دست آید و این مسئله از نظر زمانی هزینه‌بر است [۳].

روش‌های مدل منحنی‌های فعال نسبت به دیگر روش‌های موجود جهت شناسایی مرز از مزیت‌هایی مانند قابلیت ویژه سازی برای کاربردهای مختلف، عدم نیاز به داده‌های اضافی، استخراج عوارض بدون لبه‌های واضح و مشخص، حساسیت پایین نسبت به نویز و پیوستگی لبه‌های استخراج شده برخوردار می‌باشند [۴]. منحنی‌های فعال یکی از روش‌های مطرح و موفق در استخراج نواحی و مرزهای تصاویر می‌باشند که اولین بار توسط Kass و همکاران در سال ۱۹۸۸ معرفی گردید [۵]. ایده اساسی این مدل‌ها بر اساس تکامل و به حداقل رساندن تابع انرژی یک منحنی اولیه بر روی تصویر، تحت برخی قیود، برای تشخیص مرز عوارض مورد نظر است. این مدل‌ها درواقع منحنی‌های تعریف شده در فضای تصویر هستند که هدف آن‌ها شناسایی مرز عوارض در تصویر می‌باشد. با تعریف منحنی اولیه و یک تابع انرژی برای مدل، و کمینه‌سازی این تابع انرژی، منحنی به سمت لبه عوارض موجود در تصویر حرکت کرده و بر مرز عارضه منطبق می‌شود. در ادامه مروری اجمالی بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه استخراج مرز اراضی کشاورزی با استفاده از مدل‌های منحنی فعال بیان می‌گردد.

در سال ۲۰۰۰ در مقاله [۶] به مشکل قطعه‌بندی نیمه خودکار زمین‌های کشاورزی با استفاده از روش رقابت منطقه‌ای اشاره شد. روش آن‌ها بر اساس ادغام منطقه در حال رشد[۱] و مدل‌های Snake بود. در ترکیب این دو روش و استفاده از مزیت‌های هرکدام، مرز زمین‌های کشاورزی استخراج شد. آن‌ها مقداردهی اولیه را به‌صورت دستی تعریف کردند، که این پروسه فرآیندی وقت‌گیر و پرهزینه بود و این از معایب این روش است. نتایج روش ارائه شده در مورد زمین‌های با مرزهای ضعیف، مناسب نیست ولی در مرزهای مشخص و زمین‌های همگن نتایج قابل قبولی ارائه می‌دهد. در سال ۲۰۰۹ در مقاله [۷] روش استخراج خودکار مرزهای زمین از داده‌های ماهواره‌ای با وضوح بالا با استفاده از پتانسیل مجموعه داده IRS P-6 (LISS IV) برای استخراج مرز زمین کشاورزی ارائه شده است. آن‌ها مناطق قطعه‌بندی شده را برای حصول مرزهای اولیه مزرعه طبقه‌بندی کردند. درنهایت، مرزهای زمین به دست آمده به‌صورت هندسی با استفاده از Snake یافت شد، اما

۱ Region growing

www.SID.ir

Archive of SID



برخی از مشکلات مانند گپ و همپوشانی در مرزهای الگوریتم Snake پالایش شده وجود دارد. مقصودی [۱] نیز در پایان‌نامه خود به موضوع استخراج مرز اراضی کشاورزی و نواحی غیرشهری پرداخت. روش پیشنهادی مطرح شده در این تحقیق استفاده از مدل منحنی فعال غیر پارامتریک برای استخراج اتوماتیک مرز اراضی بود. منحنی فعال مورد استفاده، مدل LBF[۱] است که ناحیه را به‌صورت محلی مورد بررسی قرار می‌دهد. در روش پیشنهادی، اطلاعات بافت، میانگین و واریانس نیز به لایه ورودی تصویر اضافه شد و برای حذف نویزهای تولید شده و کم کردن حجم محاسبات، سیگمای کرنل توزیع گوسین متغیر در نظر گرفته شد. از مزیت‌های روش پیشنهاد شده، عدم نیاز به تعریف منحنی اولیه دقیق و عدم نیاز به تعریف مقدار اولیه برای میانگین‌های محلی است. این مدل برای تصاویر پانکروماتیک ارائه شده است.

نتایج اعمال مدل‌های منحنی فعال کلاسیک بر روی تصاویر سنجش‌ازدور، در بسیاری موارد مطلوب نیست زیرا این تصاویر دارای نویز، ناهمگنی شدت، پیچیدگی بالا و... هستند و این ویژگی‌ها قطعه‌بندی را با مشکل مواجه می‌کند. برای برطرف نمودن این محدودیت‌ها محققان سعی در ارائه مدل‌های بهبودیافته و مدل‌های ترکیبی از منحنی‌های فعال دارند، تا نتایج دقیق‌تری برای قطعه‌بندی ارائه دهند. در سال‌های اخیر، برخی از محققان دست به ترکیب مدل‌های منحنی فعال زدند، تا هم‌زمان از مزایای دو مدل برای بهبود عملکرد مدل پیشنهادی‌شان استفاده کنند [۸]. این ترکیب می‌تواند بر اساس تلفیق مدل‌های پارامتریک و غیر پارامتریک، یا مدل‌های لبه مبنا و ناحیه مبنا صورت گیرد.

هدف این تحقیق ارائه الگوریتمی جهت استخراج عوارض سطحی تصاویر سنجش‌ازدور، مشخصاً مرز اراضی کشاورزی، با استفاده از ترکیب مدل‌های منحنی فعال است. این ترکیب به منظور بهره بردن هم‌زمان از اطلاعات لبه و ناحیه و غلبه بر ضعف‌های مدل‌های پایه منحنی فعال است. بر این اساس در این مقاله مدلی ترکیبی از حالت لبه مبنا و ناحیه مبنا در یک ساختار ریاضی و بر اساس سطوح هم‌تراز معرفی می‌گردد. درواقع مدل پیشنهادی ترکیبی از ساختار مبانی ریاضی اطلاعات لبه از مدل لبه مبنای GAC[۲] و اطلاعات ناحیه از مدل ناحیه مبنای Chan-Vese[۳] است. سپس برای افزایش بهره‌وری و افزایش قدرت تشخیص مدل، در جهت تأکید بر قطعه‌بندی زمین‌های کشاورزی، تلفیق مدل ترکیبی با مدل چند سطحی[۴] صورت می‌گیرد. بر این اساس در ادامه تحقیق حاضر در بخش ۲ مختصری از پیشینه و ساختار ریاضی مدل‌های منحنی فعال لبه مبنای GAC، ناحیه مبنای C-V[۵] و مدل چند سطحی مورد استفاده در مقاله بیان می‌گردد. سپس در بخش ۳ جزییات مدل پیشنهادی شرح داده می‌شود. پس از آن در بخش ۴ نتایج اعمال مدل پیشنهادی بر روی تصاویر تست ارزیابی و با حالت کلاسیک مدل‌های منحنی فعال مقایسه می‌گردد. در بخش ۵ نیز نتیجه‌گیری از تحقیق حاضر بیان می‌گردد.

## ۲- منحنی‌های فعال

روش مدل‌های منحنی فعال اولین بار توسط Kass و همکاران تحت عنوان مدل Snake معرفی گردیدند. منحنی‌های فعال مدل‌هایی انعطاف‌پذیر می‌باشند که منحنی اولیه‌ی تعریف شده برای آن‌ها به‌صورت زمانی و مکانی در پاسخ به تابع انرژی تکامل می‌یابد و تغییر می‌کند. انرژی تعریف شده برای مدل‌های منحنی فعال معمولاً مجموع کل نیروهاست و این انرژی در نقاطی که پایدار است به حداقل می‌رسد. در حالت کلی منحنی‌های فعال از نظر نوع نمایش منحنی به دو دسته پارامتریک و غیر پارامتریک و از نظر تابع انرژی به دو حالت مدل‌های مبتنی بر لبه[۶] و مدل‌های بر اساس ناحیه[۷] تقسیم می‌گردند [۹].

مدل‌های لبه مبنا از گرادیان تصویر، برای پیدا کردن محل مرزهای عارضه استفاده می‌کنند، اما مدل‌های ناحیه مبنا بر اساس همگنی منطقه عمل کرده و حساسیت کمتری نسبت به نویز دارد [۱۰]. مدل Snake اولین مدل ارائه شده در زمینه مدل‌های لبه مبنا است. لبه‌ها در تصویر پیکسل‌هایی با گرادیان بالا هستند، درنتیجه گرادیان تصویر مهم‌ترین اطلاعات ورودی برای مدل‌های

۱ Local Binary Fitting

۲ Geodesic Active Contour Model
۳ Chan-Vese Active Contour Without Edges
٤ Multiphase Active Contour
٥ Chan-Vese Active Contour Model
٦ Edge Based Active Contour
۷ Region Based Avtive Contour

www.SID.ir

Archive of SID



لبه مبنا محسوب می‌شود و منجر به هدایت منحنی به سمت لبه عوارض خواهد شد. مدل‌های لبه مبنا در تصاویر نویزی و یا تصاویر با لبه‌های ضعیف دچار ضعف هستند. در مدل‌های ناحیه مبنا هدف استخراج نواحی از تصویر است که پیکسل‌های داخل آن ناحیه همگن بوده و بیشترین شباهت را با همدیگر داشته باشند. مدل‌های منحنی فعال ناحیه مبنا برای اولین بار توسط Chan و Vese در سال ۲۰۰۱ برای استخراج عوارض در تصاویری که فاقد اطلاعات گرادیان مناسب بودند، تحت عنوان Active Contours Without Edges معرفی شد [۴].

مدل‌های منحنی فعال پارامتریک، منحنی را به‌طور صریح با تابع انرژی پارامتریک توصیف می‌کنند که این منحنی تحت کنترل نیروهای داخلی و نیروهای خارجی حرکت می‌کند و درنهایت به منحنی هدف همگرا می‌شود. در مدل‌های منحنی فعال پارامتریک منحنی اولیه تنها در صورتی که به اندازه کافی در نزدیکی لبه عارضه مورد نظر تعریف شود می‌تواند به مرز عارضه را تشخیص دهد. برای رفع محدودیت‌های مدل پارامتریک، مدل‌های غیر پارامتریک ارائه شدند. سه ویژگی مهم منجر به کاربرد گسترده آن‌ها در رشته‌های مرتبط با پردازش تصویر شد؛ سهولت در تعریف منحنی اولیه، عدم حساسیت منحنی اولیه به نزدیکی با مرز عوارض و مدیریت تغییرات توپولوژیکی [۴]. نمایش و پیاده‌سازی مدل‌های غیر پارامتریک بر اساس نظریه تکامل منحنی و مبتنی بر تئوری سطوح هم‌تراز[۱] است، که برای اولین بار توسط Osher و همکارانش ارائه گردید [۱۱]. در ایده کلی مدل‌های غیر پارامتریک، یک منحنی بسته به‌صورت ضمنی توسط سطح تراز صفر بیان می‌شود. در این تئوری، به‌جای تعریف منحنی به‌صورت پارامتریک، یک تابع رستری $\varphi$ هم‌اندازه با تصویر ورودی تعریف می‌شود و منحنی C وابسته به این تابع $\varphi$ خواهد بود. منحنی C، مکان هندسی نقاطی از تابع رستری $\varphi$ است که مقدار تابع در آن نقاط، صفر می‌باشد. با تعریف غیرصریح منحنی C، مدیریت تغییرات توپولوژیکی توسط این مدل، ممکن خواهد شد [۱۱].

با توجه به موضوع پژوهش که سعی بر افزایش روند اتوماسیون استخراج مرز می‌باشد، مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق از نوع مدل‌های غیر پارامتریک انتخاب شدند. در ادامه مبانی تئوری و ریاضی مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق به اختصار بیان می‌گردد.

### ۲-۱- مدل GAC

یکی از محبوب‌ترین مدل‌های مبتنی بر لبه مدل GAC یا منحنی فعال ژئودزیک است، که از گرادیان تصویر به‌منظور متوقف کردن خطوط در مرزهای اجسام مورد نظر استفاده می‌کند. مدل‌های مبتنی بر لبه به‌طور موفقیت‌آمیزی برای عوارضی با مرزهای قوی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما به شدت حساس به نویز تصویر، و وابسته به منحنی اولیه هستند [۱۲]. فرمولاسیون سطوح هم‌تراز تابع انرژی مدل GAC به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g\, div\left(\frac{\nabla \varphi}{|\nabla \varphi|}\right)|\nabla \varphi| + \nabla g.\nabla \varphi \qquad (۱)$$

g یک تابع کاهشی مثبت است.

$$g(|\nabla I|) = \frac{1}{1+|\nabla G_\sigma * I|^2} \qquad (۲)$$

که در آن $G_\sigma * I$ نشان دهنده ترکیب تصویر I در کرنل گوسین و $\sigma$ انحراف معیار استاندارد آن است.

برخلاف مدل مبتنی بر لبه، مدل‌های مبتنی بر منطقه معمولاً از اطلاعات آماری منطقه برای کنترل تکامل منحنی فعال استفاده می‌کنند، بنابراین حساسیت کمتری نسبت به نویز و عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های لبه مبنا برای تصاویر با لبه‌های ضعیف و یا تصاویر بدون لبه دارند.

### ۲-۲- مدل C-V

Chan و Vese در سال ۲۰۰۱ مدل منحنی فعالی را بر اساس مسئله مامفورد-شاه بیان کردند که ایده اصلی قطعه‌بندی تصویر در این مدل، بررسی میزان همگونی پیکسل‌های داخل و خارج منحنی، بر اساس وزن دهی به دو ترم داخلی و خارجی تعریف‌شده در تابع انرژی می‌باشد [۴]. برای حل مسئله مینیمم سازی تابع انرژی معرفی‌شده این مدل، از روش سطوح هم‌تراز استفاده می‌شود [۱۱] تابع انرژی این مدل عبارت است از:

۱ Levelset Method

www.SID.ir

Archive of SID



$$E^{cv}(c_1,c_2,\varphi)=$$
$$\lambda_1\int_\Omega |I(x)-c_1|^2 H(\varphi(x))dx$$
$$+\lambda_2\int_\Omega |I(x)-c_2|^2 (1-H(\varphi(x)))dx \qquad (۳)$$
$$+\mu\int_\Omega \delta(\varphi)|\nabla\varphi(x)|dx$$
$$+\upsilon\int_\Omega H(\varphi(x))dx$$

که در آن $H(\varphi)$ و $\delta(\varphi)$ به ترتیب تابع هویساید[۱] و تابع دلتای دیراک[۲] هستند.

$$H(z)=\begin{cases}1 & if\ \ z\geq 0\\ 0 & if\ \ z<0\end{cases}, \qquad (۴)$$
$$\delta(z)=\frac{d}{dz}H(z)$$

$C_1$ و $C_2$ نیز دو ثابت هستند که به ترتیب میانگین شدت تصویر در درون و بیرون منحنی می‌باشند. ترم طول اقلیدسی نیز برای قاعده‌مند سازی منحنی استفاده می‌شود.

درنهایت تابع انرژی $E^{cv}$ که با توجه به ثابت‌های $c_1$ و $c_2$ باید کمینه شود به‌صورت زیر نوشته می‌شود:

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t}=\delta(\varphi)[-\lambda_1(I-C_1)^2+\lambda_2(I-C_2)^2 \qquad (۵)$$
$$+\mu.div\left(\frac{\nabla\varphi}{|\nabla\varphi|}\right)-\upsilon]$$

مدل C-V پایه‌ای برای مدل‌های ناحیه مبنای غیر پارامتریک است و بقیه مدل‌های ناحیه مبنای غیر پارامتریک به نوعی بهبودیافته‌ی این مدل می‌باشند [۹].

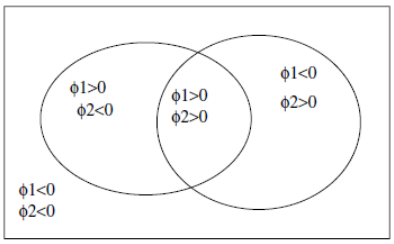
## ۲-۳- مدل چند سطحی

در سال ۲۰۰۲، Vese و همکاران سطوح هم‌تراز را به حالت چند فازی گسترش دادند و مدل‌های تکه‌ای ثابت[۳] (PC) و تکه‌ای صاف[۴] (PS) را جهت تقریب مطلوب‌تر ارائه کردند [۱۳]. نویسندگان این مقاله منحنی فعال C-V را برای جداسازی تصاویر با بیش از دو منطقه، با پیشنهاد یک چارچوب جدید چندمرحله‌ای مبتنی بر سطوح هم‌تراز گسترش دادند.

در این مدل اگر فرض شود که m فاز، یا m منحنی اولیه تعریف شود، درنهایت مدل قادر به تفکیک $n=2^m$ ناحیه خواهد بود، به بیان دیگر n کلاس خواهد داشت. در رابطه (۶) این موضوع بیان شده است.

$$\begin{cases}m\rightarrow phase\ number\\ n\rightarrow Class\ number\end{cases}\quad n=2^m \qquad (۶)$$

برای حالت دو فازی دو منحنی اولیه در تصویر تعریف می‌گردد که چهار قطعه یا چهار کلاس را جدا می‌کند و نواحی به‌صورت شکل ۱ تعریف می‌گردند.




شکل ۱- تقسیم‌بندی نواحی برای حالت دو فازی

تابع انرژی مدل چند سطحی برای حالت m=2 و n=4 به این صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود.

$$F_4(C,\varphi)=$$
$$\int_\Omega (u_0-c_{11})^2 H(\varphi_1)H(\varphi_2)dxdy$$
$$+\int_\Omega (u_0-c_{12})^2 H(\varphi_1)(1-H(\varphi_2))dxdy$$
$$+\int_\Omega (u_0-c_{21})^2 (1-H(\varphi_1))H(\varphi_2)dxdy \qquad (۷)$$
$$+\int_\Omega (u_0-c_{22})^2 (1-H(\varphi_1))(1-H(\varphi_2))dxdy$$
$$+\mu.\int_\Omega |\nabla H(\varphi_1)|+\mu.\int_\Omega |\nabla H(\varphi_2)|$$

در رابطه (۷) بردار $C=(c_{11},c_{12},c_{21},c_{22})$ شامل ثوابت است که هرکدام میانگین شدت تصویر $u_0$ در هرکدام از نواحی مشخص شده می‌باشند.

درنهایت معادله اویلر-لاگرانژ تابع انرژی مدل چند سطحی بر اساس مشتق‌گیری برحسب $\varphi_1$ و $\varphi_2$ به‌صورت روابط (۸) درمی‌آید.

$$\frac{\partial\varphi_1}{\partial t}=\delta_\varepsilon(\varphi_1)\{\mu.div\left(\frac{\nabla\varphi_1}{|\nabla\varphi_1|}\right)$$
$$-[((u_0-c_{11})^2-(u_0-c_{21})^2)H(\varphi_2)$$
$$+((u_0-c_{12})^2-(u_0-c_{22})^2)(1-H(\varphi_2))]\}$$
$$\frac{\partial\varphi_2}{\partial t}=\delta_\varepsilon(\varphi_2)\{\mu.div\left(\frac{\nabla\varphi_2}{|\nabla\varphi_2|}\right) \qquad (۸)$$
$$-[((u_0-c_{11})^2-(u_0-c_{12})^2)H(\varphi_1)$$
$$+((u_0-c_{21})^2-(u_0-c_{22})^2)(1-H(\varphi_1))]\}$$

۱ Heveaside Function
۲ Driac Function
۳ Piecewise
۴ Piecewise Smooth

www.SID.ir

Archive of SID



مزیت این مدل عدم این است که فازها در طی تکامل منحنی‌ها به سمت عوارض دچار همپوشانی و گپ نمی‌شوند و برای این کار هیچ نوع قید اضافی به فرمول افزوده نشده است. مزیت دیگر این روش آن است که هزینه محاسباتی را به حداقل می‌رساند و با تعداد سطوح هم‌تراز کمتر نسبت به روش مامفورد-شاه قطعه‌بندی را انجام می‌دهد؛ اما ایراد اصلی این مدل، پیچیدگی محاسباتی بالای آن است.

## ۲-۴- مدل‌های ترکیبی منحنی فعال

نتایج اعمال مدل‌های منحنی فعال کلاسیک بر روی تصاویر سنجش‌ازدور، به دلیل دارا بودن نویز، ناهمگنی شدت، پیچیدگی بالا و... مطلوب نبوده و این ویژگی‌ها قطعه‌بندی تصویر را دچار مشکل می‌کند [۱]. در سال‌های اخیر محققان در زمینه قطعه‌بندی تصویر با مدل‌های منحنی فعال، دست به ترکیب این مدل‌ها زدند تا هم‌زمان از مزایای دو مدل برای بهبود عملکرد مدل پیشنهادی‌شان استفاده کنند [۸]. این ترکیب می‌تواند بر اساس تلفیق مدل‌های پارامتریک و غیر پارامتریک، یا مدل‌های لبه مبنا و ناحیه مبنا صورت گیرد. همچنین ممکن است این ترکیب و بهبود در ساختار ریاضی صورت گیرد، یا به نحوی بیان شود که خروجی یک مدل به‌عنوان ورودی مدلی دیگر قرار گیرد تا نتایج نهایی بهبود یابند. خلاصه‌ای از مقالاتی که از مدل‌های منحنی فعال ترکیبی در ادامه بیان می‌گردد.

در سال ۲۰۰۷ در مقاله [۱۴] روش جدید به نام روش Lankton مطرح شد که بسیار مورد توجه قرار گرفت. این مدل ترکیبی از منحنی‌های فعال ژئودزیک محلی و منحنی‌های فعال مبتنی بر ناحیه است. در این مقاله یک جریان نزولی گرادیان بر اساس یک تابع انرژی جدید ارائه شد که قادر به تولید قطعه‌های قوی و دقیق از تصاویر پزشکی بود اما روش مطرح شده دارای پیچیدگی محاسباتی، هزینه زمانی بالا و یک سری محدودیت‌های ذاتی است و برای قطعه‌بندی به تعریف منحنی اولیه وابسته می‌باشد.

در مقاله [۱۵] یک ترکیب جدید از منحنی فعال مبتنی بر لبه و منطقه ارائه شد که اطلاعات شکل اولیه را با مقداردهی خودکار بر اساس روش حوزه آبریز[۱]، در فرمول سطوح هم‌تراز ترکیب می‌کند. تابع انرژی منحنی فعال این مدل از سه ترم تشکیل شده است؛ ترم اول، ترم شکل اولیه است، ترم دوم اطلاعات لبه و ترم سوم نیز ترم هدایت منحنی به سمت عارضه هدف بر اساس پارامترهای آماری منطقه است. این روش بر روی تصاویر ساده پزشکی قادر به حل هم‌زمان همپوشانی اشیاء و جدا کردن محدوده‌های محاصره شده از اشیاء متعدد شد.

در سال ۲۰۱۴ khadidos و همکاران یک نیروی خارجی جدید بر مبنای ادغام نیروهای میدانی جریان بردار گرادیان (GVF[۲]) و نیروهای بالون پیشنهاد دادند که بر اساس یک فاکتور وزن دهی با توجه به ویژگی‌های محلی تصویر است. میدان جریان بردار گرادیان (GVF) به عنوان یک نیروی خارجی، باعث افزایش محدوده جذب مدل می‌شود و اگر میزان نویز تصویر زیاد باشد ممکن است این نیروی خارجی در همگرا شدن دقیق به مرز مورد نظر شکست بخورد [۱۶].

برخی مقالات نیز در راستای ترکیب مدل‌ها، دو مدل از مدل‌های منحنی فعال ناحیه مبنا را باهم ترکیب کردند تا به دقت و کارایی بهتری برسند. در سال ۲۰۱۴ در مقاله‌ای یک مدل منحنی فعال ترکیبی مبتنی بر ناحیه، برای قطعه‌بندی تصاویر پزشکی با شدت ناهمگن ارائه شد. انرژی کاربردی برای مدل پیشنهادی شامل سه ترم کلی، محلی و ترم مرتب‌سازی است که این ترم‌ها با فرمولاسیون سطوح هم‌تراز بازنویسی شده‌اند. این مدل در مقایسه با روش‌های منحنی فعال Lankton، کارایی بیشتری دارد و نسبت به مدل C-V قوی‌تر است اما مدل به مقداردهی اولیه حساس می‌باشد [۱۷].

در همان سال Xu و همکارانش مدل منحنی فعال جدیدی از ترکیب مدل‌های لبه مبنای GAC و ناحیه مبنای C-V برای تصاویر همگن، و ترکیب مدل GAC با مدل LBF برای تصاویر ناهمگن ارائه کردند. بر اساس آزمایش‌ها مدل‌های پیشنهادی بر روی تصاویر شبیه‌سازی و پزشکی در مقاله، مدل از نظر محاسباتی کارآمدتر و قوی‌تر نسبت به محل واقع شدن منحنی اولیه، در مقایسه با مدل GAC، مدل C-V، روش Lankton و مدل LBF به تنهایی است [۱۸].

---

۱ Watershed Segmentation

۲ Gradient Vector Flow

www.SID.ir

Archive of SID



غریبی و همکاران نیز در مقاله [۱۹] از ترکیب کردن مدل‌های منحنی فعال برای بهنگام سازی نقشه‌های ساختمان از تصاویر هوایی استفاده نمودند. فرآیند استخراج ساختمان در یک رویکرد دو مرحله‌ای توسط ترکیبی از دو مدل هندسی ناحیه مبنا و لبه مبنای بهبود یافته انجام گرفت. این ترکیب مدل‌ها به‌صورت ورودی و خروجی بوده و ترکیب در ساختار ریاضی مدل انجام نگرفته است. طبق گفته نویسندگان چنین رویکردی در به‌کارگیری مدل‌های منحنی فعال برای استخراج ساختمان یکی از نقاط قوت روش پیشنهادی بوده و موجب رفع نقص این مدل‌ها در مواجهه با تصاویر با ابعاد بزرگ و جزئیات زیاد می‌شود. چون مدل مربوطه به صورت ورودی-خروجی بوده و مدل‌ها مستقلاً اجرا می‌گردند امکان استفاده از مزایای هر دو روش در جهت پوشش و رفع محدودیت‌های آن‌ها به صورت هم‌زمان وجود ندارد.

در سال ۲۰۱۶ نیز Boutiche از ترکیب اطلاعات لبه برای جذب منحنی به گرادیان‌های قوی تصویر، میانگین کلی برای استحکام بخشیدن به مدل نسبت به شرایط اولیه و میانگین و واریانس محلی برای مقابله مدل با مناطق غیر همگن استفاده نمود. در گام بعدی تابع انرژی مربوطه را به چند سطح ارتقا داد تا به قطعه‌بندی برای چندین عارضه دست یابد. مدل پیشنهادی در قطعه‌بندی تصاویر با توزیع شدت ناهمگن عملکرد خوبی دارد [۲۰].

در تحقیقاتی جدیدتر در سال ۲۰۱۷ Wan و همکاران [۲۱] منحنی فعال ترکیبی با ترکیب اطلاعات گرادیان لبه و ویژگی‌های چندگانه محلی برای قطعه‌بندی تصاویر مادون قرمز با لبه‌های تار ارائه دادند. برای اجتناب از دوباره مقداردهی اولیه به سطوح هم‌تراز نیز از یک فیلتر گوسی استفاده کردند. نتایج اعمال مدل پیشنهادی بر روی تصاویر مادون قرمز پزشکی گواه استحکام و اثربخشی روش پیشنهادی است، حتی زمانی که منحنی اولیه به صورت دلخواه تعریف گردد.

در تحقیقی دیگر نیز Wang و همکاران در سال ۲۰۱۷ از ترکیب مدل‌های LBF و LIF[1] استفاده نمودند که بر روی تصاویر شبیه سازی شده و تصاویر واقعی پزشکی آزمایش شد و نتایج مطلوبی جهت قطعه‌بندی ارائه کرد؛ اما کارایی روش برای تصاویر تک باندی پزشکی مورد استفاده است [۲۲].

ایده ترکیب اطلاعات لبه و ناحیه در یک الگوریتم قطعه‌بندی مسئله جدیدی نیست و معمولاً این ترکیب باعث افزایش پیچیدگی محاسباتی برای کاهش نقص‌های قطعه‌بندی بر اساس لبه یا منطقه یا هر دو می‌شود. در مدل‌های ترکیبی که اخیراً مطرح شده، سعی بر آن است که بتوانند با ترکیب مدل‌ها بر محدودیت‌های موجود غلبه کرده و قطعه‌بندی دقیق‌تری ارائه دهند. مدل‌های ترکیبی جدید همچنین دارای مزیت بالا بردن روند اتوماسیون، کارآمد بودن برای تصاویر با عوارض پیچیده و یا تصاویر با چندین هدف نیز هستند. هرکدام از این مدل‌ها در رابطه با کاربرد خاصی طراحی و مطرح می‌گردند و توسعه می‌یابند. با عمیق‌تر شدن تحقیقات در این زمینه، مدل‌های منحنی فعال نقش مهمی در طیف وسیع‌تری از زمینه‌های کاربردی را بازی خواهند کرد.

با توجه به مزایا و معایب مطرح شده برای مدل‌های منحنی فعال کلاسیک، در این تحقیق قصد بر ترکیب دو مدل منحنی فعال غیر پارامتریک لبه مبنای GAC و ناحیه مبنای C-V است تا بتوان از مزایای هر دو مدل به‌طور هم‌زمان برای استخراج مرز زمین‌های کشاورزی بهره برد و بر محدودیت هرکدام غلبه کرد. از آنجا که این مدل‌ها و حتی ترکیب آن‌ها تنها قادر به تشخیص یک عارضه و یک پس‌زمینه هستند لذا از ترکیب مدل پیشنهادی با مدل چند سطحی نیز استفاده می‌شود تا بتوان تشخیص مدل ترکیبی را از یک سطح و دو منطقه به دو سطح و چهار ناحیه افزایش داد.

## ۳- مدل پیشنهادی

مدل پیشنهادی این پژوهش دارای دو گام اصلی است. گام اول بر اساس ترکیب اطلاعات لبه و ناحیه از دو مدل GAC و C-V، و گام دوم تلفیق مدل پیشنهادی با مدل ناحیه مبنای چند سطحی است. این ترکیب و تلفیق در ساختار ریاضی مدل پیشنهادی صورت می‌پذیرد.

داده‌ای که جهت انجام و پیاده‌سازی این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت تصویر ماهواره‌ای IRS p6 مربوط به تاریخ اوت ۲۰۰۸ از شهرستان قزوین می‌باشد که از سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه گردید. این تصویر شامل مناطق شهری، کوهپایه‌ای و مناطق کشاورزی است که برای این تحقیق مناطق کشاورزی تصویر مدنظر می-

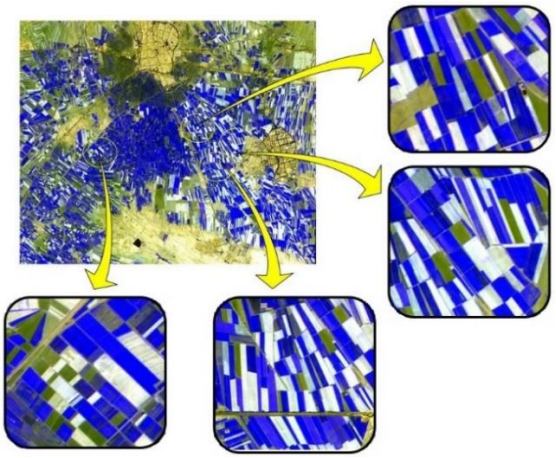
[1] Local image fitting Energy

www.SID.ir

Archive of SID

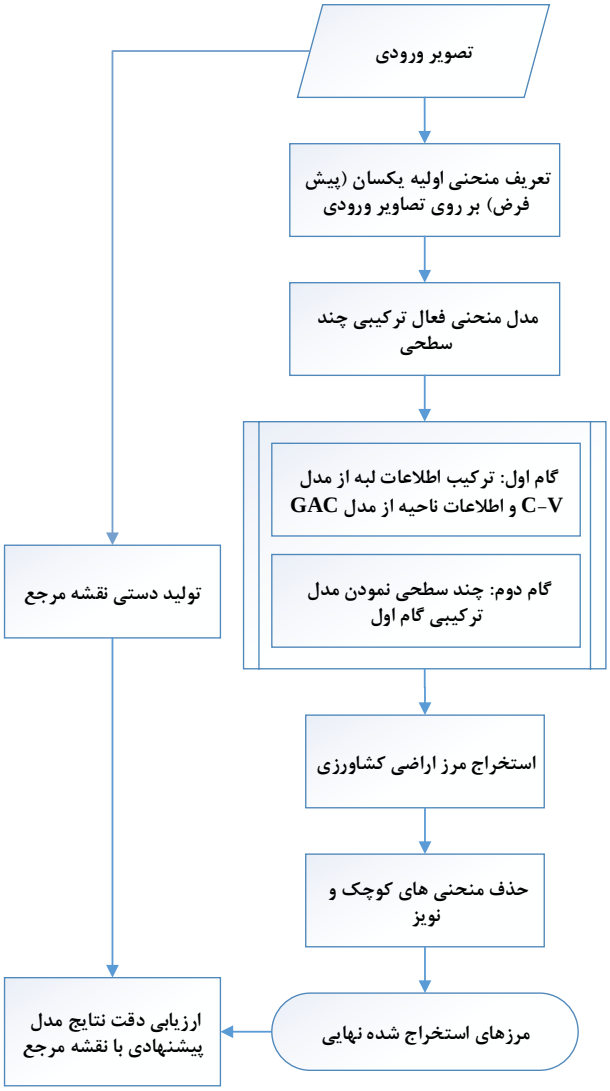


باشد. تصویر IRS p6 (LISS4) از ماهواره‌ای با نام resourceSAT-1 در ارتفاع ۸۱۷ کیلومتری، با رزولوشن ۵,۸ متر، و در سه باند مادون قرمز (NIR)، قرمز (R) و سبز (G) اخذ می‌شوند.



شکل ۲- محل انتخاب هر یک از تصاویر نمونه در تصویر اصلی

روند کلی روش پیشنهادی تحقیق در فلوچارت شکل ۳ نمایش داده شده است. طبق فلوچارت پیشنهادی برای این تحقیق، ابتدا بر روی تصاویر مورد نظر که پیش‌پردازش صورت گرفته است، منحنی اولیه به طور یکسان برای تصاویر مورد استفاده تعریف می‌شود. تعریف منحنی اولیه در مدل‌های غیر پارامتریک ساده‌تر بوده و نیاز نیست منحنی نزدیک به مرز عوارض مورد نظر تعریف شود؛ بنابراین می‌توان منحنی‌های اولیه را به‌طور اتوماتیک در اشکال ساده دایره یا مستطیل بر روی تصاویر مورد مطالعه تعریف نمود. پس از تعریف منحنی اولیه، تصویر وارد مدل منحنی فعال ترکیبی شده که ساختار ریاضی آن هم‌زمان از اطلاعات لبه و ناحیه در جهت استخراج عوارض بهره می‌برد. پس از آن برای توسعه و بهبود روش، در گام دوم مدل ترکیبی با مدل چند سطحی تلفیق می‌گردد. در این قسمت نیاز است برای مدل ترکیبی چند سطحی شده، با توجه به تعداد سطوح مورد نظر، منحنی اولیه بر روی تصویر تعریف شود. پس از استخراج مرزها و حذف نویز، مرزهای نهایی استخراج شده جهت ارزیابی با نقشه مرجع تعیین دقت می‌گردند.




شکل ۳- فلوچارت روش پیشنهادی تحقیق

نقشه مرجع زمین‌های کشاورزی مورد استفاده در این تحقیق توسط فرد خبره به‌صورت دستی برای تصاویر مورد مطالعه ترسیم و به‌عنوان داده مرجع جهت سنجش میزان دقت استخراج اراضی کشاورزی تهیه شده است. در ادامه این بخش نحوه ترکیب و توسعه مدل‌های منحنی فعال مورد استفاده به تفضیل شرح داده می‌شود.

### ۳-۱- گام اول

اساس مدل ترکیبی پیشنهادی تلفیقی از مدل GAC و مدل C-V است که این تلفیق به‌منظور افزایش دقت و سرعت عملکرد مدل منحنی فعال در قطعه‌بندی تصویر صورت می‌گیرد. به‌طور خلاصه مدل ترکیبی شامل اطلاعات لبه از مدل GAC و اطلاعات ناحیه از مدل C-V می‌باشد. در شکل ۴ فلوچارت روند این ترکیب بیان

www.SID.ir

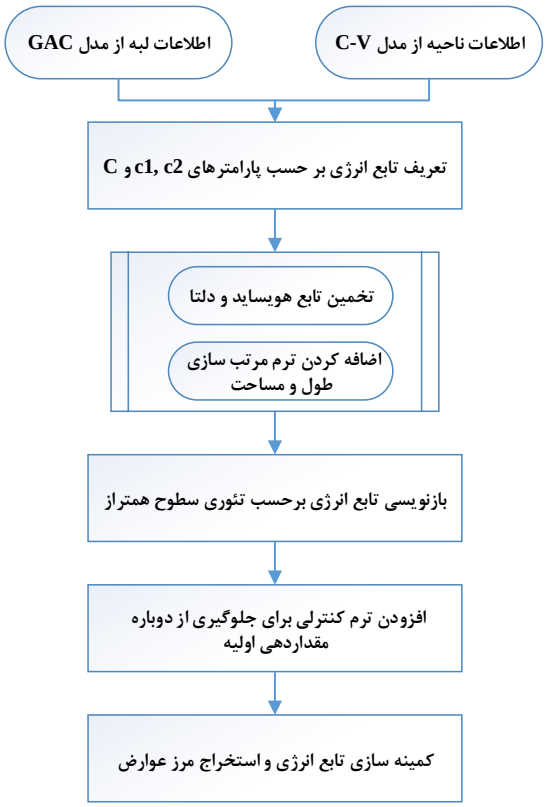
Archive of SID



گردیده است. فرمولاسیون ساختار ریاضی این ترکیب این گونه است که اگر C یک منحنی بسته در تصویر در دامنه Ω باشد و این دامنه به دو ناحیه $\Omega_1$=inside(C) و $\Omega_2$=outside(C) تقسیم شود، برای یک نقطه x که زیرمجموعه Ω است، انرژی مدل پیشنهادی به‌صورت رابطه (۹) بیان می‌شود [18].

$$E(C,c_1,c_2) = \sum_{1}^{2}\lambda_i \int_{\Omega_i} g(|\nabla I|)|I(x)-c_i|^2 dx + \upsilon.length(C) \qquad (۹)$$

تابع g ذکر شده در رابطه (۹) تابع کشف لبه می‌باشد که طبق رابطه (۲) قابل محاسبه است.




شکل ۴- فلوچارت مدل ترکیبی

تابع کشف لبه، ترم اطلاعات لبه از مدل GAC است که برحسب کانولوشن یک کرنل گوسین در تصویر ورودی می‌باشد، این ترم اطلاعات لبه را به ساختار ریاضی مدل پیشنهادی اضافه می‌کند. در تابع انرژی تعریف شده برای مدل ترکیبی زمانی که تنوع گرادیان در مرز عارضه بسیار بالا باشد، مقدار تابع تشخیص دهنده لبه g کم می‌شود و باعث می‌گردد انرژی کمینه شده و در حدود صفر شود، در نتیجه باعث توقف منحنی در مرز عارضه می‌گردد. از سوی دیگر، زمانی که جریان گرادیان خیلی کم نیست یا به عبارتی عارضه دارای لبه‌های ضعیف و نرم است، ترم تشخیص دهنده منطقه به عنوان نیروی اصلی، برای جذب منحنی اولیه به سمت مرز عارضه عمل می‌کند. زمانی که منحنی C به مرز هدف همگرا می‌شود انرژی تعریف شده باید به حداقل برسد. در منحنی فعال ترکیبی ترم طول منحنی C به‌عنوان یک ترم مرتب‌سازی عمل می‌کند.

در رابطه (۹)، $\lambda_1>0$ و $\lambda_2>0$ پارامترهای ثابتی هستند که معمولاً در اکثر محاسبات عددی مقدار یک برای آن‌ها منظور می‌شود. $c_1$ و $c_2$ نیز به ترتیب دو مقدار تقریبی شدت هندسی تصویر در نواحی $\Omega_1$ و $\Omega_2$، یا میانگین شدت در داخل و خارج منحنی در هر مرحله تکرار، هستند. $\upsilon \geq 0$ نیز پارامتر ثابتی است که با توجه به هر تصویر مقادیر متفاوتی می‌گیرد.

طبق روال تمام مدل‌های غیر پارامتریک، برای مدیریت تغییرات توپولوژیکی، از فرمول سطوح هم‌تراز استفاده می‌گردد که سطح هم‌تراز صفر بیانگر مرز عارضه مورد نظر می‌باشد. تابع انرژی مطرح شده در رابطه (۹) با توجه به تابع هویساید و مشتق آن یعنی تابع دلتا به‌صورت رابطه (۱۰) فرموله می‌گردد که فرمولاسیون سطوح هم‌تراز آن است.

$$\begin{aligned} E(\varphi,c_1,c_2) &= \lambda_1\int_{\Omega_1} g(|\nabla I|)|I(x)-c_1|^2 H(\varphi(x))dx \\ &+\lambda_2\int_{\Omega_2} g(|\nabla I|)|I(x)-c_2|^2 (1-H(\varphi(x)))dx \\ &+\upsilon.\int_{\Omega}|\nabla H(\varphi(x))| \end{aligned} \qquad (۱۰)$$

به دلیل سینگولاریتی تابع هویساید، این تابع باید تخمین زده شود تا در مشتق‌گیری دچار مشکل نشود. به تبع آن تابع دلتا که مشتق تابع هویساید می‌باشد نیز قابل تخمین است (رابطه ۱۱).

$$\begin{aligned} H_\varepsilon(z) &= \frac{1}{2}[1+\frac{1}{2}\arctan(\frac{z}{\varepsilon})] \\ \delta_\varepsilon(z) &= H_\varepsilon'(z) = \frac{1}{\pi}\frac{\varepsilon}{\varepsilon^2+z^2} \end{aligned} \qquad (۱۱)$$

برای محاسبات دقیق‌تر و تکامل پایدارتر سطوح هم‌تراز و برای جلوگیری از دوباره مقداردهی اولیه برای تابع انرژی، ترمی نیز به تابع انرژی اضافه می‌گردد که می‌تواند تابع سطوح هم‌تراز را وادار کند تا به یک تابع فاصله مشخص نزدیک شود (رابطه ۱۲).

$$p(\varphi) = \int_\Omega \frac{1}{2}(|\nabla\varphi(x)|-1)^2 dx \qquad (۱۲)$$

بنابراین تابع انرژی معرفی شده به‌صورت رابطه (۱۳) درمی‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID



$$E(\varphi,c_1,c_2)= \sum_{i=1}^{2}\lambda_i\int_{\Omega_i} g\left(|\nabla I|\right)|I(x)-c_i|^2 M_i^{\varepsilon}(\varphi)dx +\nu\int_{\Omega}\delta(\varphi)|\nabla\varphi|dx +\mu\int_{\Omega}\frac{1}{2}\left(|\nabla\varphi|-1\right)^2 dx \quad (۱۳)$$

در رابطه (۱۳) پارامتر μ ضریبی برای وزن دهی و تعیین میزان تأثیر ترم P(φ) می‌باشد که برای مرتب‌سازی به ساختار مدل اضافه می‌شود.

برای کمینه‌سازی تابع انرژی معرفی شده، از روش گرادیان نزولی استفاده می‌شود و ثابت‌های $c_1$ و $c_2$ به‌صورت زیر تعریف می‌گردند.

$$\begin{cases} c_1=\dfrac{\int g(|\nabla I|)I(x)H(\varphi(x))dx}{\int g(|\nabla I|)H(\varphi(x))dx} \\ c_2=\dfrac{\int g(|\nabla I|)I(x)(1-H(\varphi(x)))dx}{\int g(|\nabla I|)(1-H(\varphi(x)))dx} \end{cases} \quad (۱۴)$$

بنابراین با ثابت نگه داشتن $c_1$ و $c_2$ و کمینه‌سازی انرژی مطرح شده در فرمول (۱۳) معادله اویلر-لاگرانژ مدل ترکیبی برحسب ϕ به‌صورت رابطه (۱۵) درمی‌آید.

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t}= -\delta_{\varepsilon}(\varphi)(g(|\nabla I|)+\alpha)(\lambda_1(I(x)-c_1)^2-\lambda_2(I(x)-c_2)^2) +\upsilon\delta_{\varepsilon}(\varphi)div\left(\frac{\nabla\varphi}{|\nabla\varphi|}\right) +\mu\left(\Delta\varphi-div\left(\frac{\nabla\varphi}{|\nabla\varphi|}\right)\right) \quad (۱۵)$$

همان‌طور که بیان شد هدف یافتن معادله‌ای است که مطابق آن تابع $\varphi$ در یک فرآیند تکراری طوری تغییر کند که باعث کمینه شدن تابع انرژی گردد. پارامتر $\alpha$ یک ثابت حقیقی مثبت است. در تصاویر واقعی ممکن است مقادیر متفاوتی برای گرادیان رخ دهد و تابع کشف لبه ممکن است از آن‌ها عبور کند یا مکان‌هایی که مد نظر نیست را به‌عنوان مرز شناسایی کند. این ثابت درواقع محدود کننده تابع $g(|\nabla I|)$ می‌باشد و همچنین در سرعت بخشیدن به همگرایی نیز مؤثر است. برای حل رابطه (۱۵) نیاز است تا در هر مرحله تکرار تابع $\varphi$ به‌روز شود (رابطه ۱۶).

$$\varphi^{n+1}(x,y)= \varphi^{n}(x,y)-\frac{\partial E}{\partial\varphi(x,y)}.\Delta t \quad (۱۶)$$

$$\frac{{\varphi_{ij}}^{n+1}-{\varphi_{ij}}^{n}}{\Delta t}=R(\varphi_{ij}^{n}) \quad (۱۷)$$

$R(\varphi_{ij}^{n})$ مطرح شده در معادله (۱۷) درواقع همان طرف راست معادله در رابطه (۱۵) می‌باشد. برای محاسبه ترم $\Delta\varphi$ بیان شده در رابطه (۱۵) نیز که مشتق دوم تابع $\varphi$ است، طبق معادله (۱۸) عمل می‌گردد.

$$L_{ij}=\Delta\varphi=D_{ij}^{xx}+D_{ij}^{yy} \quad (۱۸)$$

تا به اینجا مدل ترکیبی بر اساس ترکیب اطلاعات لبه و ناحیه در ساختار ریاضی بود؛ اما همچنان بزرگ‌ترین محدودیت این مدل باقی است و تنها قادر به یافتن یک نوع عارضه و جدا کردن آن از پس‌زمینه است.

## ۳-۲- گام دوم

در تصاویر اخذ شده از زمین‌های کشاورزی با توجه به نوع پوشش گیاهی، مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌های داخل یک مرز با مقادیر درجات خاکستری پیکسل‌های نواحی دیگر با نوع مختلف پوشش گیاهی یا زمین بایر متفاوت است. افزایش تعداد سطوح هم‌تراز متناسب با پیچیدگی تصویر و هموژنی مقادیر درجات خاکستری می‌تواند برای شناسایی بهتر مرزها مفید باشد. در شکل ۵ فلوچارت روند تلفیق و ارتقای مدل ترکیبی به مدل ترکیبی چند سطحی نشان داده شده است.

تلفیق مدل ترکیبی و مدل چند سطحی برای ارتقای مدل ترکیبی در تشخیص نوع عوارض بیشتر و بر اساس تفاوت ویژگی‌های طیفی و بافت زمین‌ها و همچنین مناسب بودن برای تصاویر رنگی در نظر گرفته شده است. این امر با الهام از مقاله [۱۸] انجام پذیرفت. بدیهی است که افزایش فاز یا افزایش تعداد سطح، همراه با افزایش زمان اجرای مدل بر روی تصویر همراه است زیرا یافتن مرز و تکامل منحنی را برای چندین منحنی اولیه به‌طور هم‌زمان انجام می‌دهد و همچنین پیچیدگی محاسباتی آن نسبت به مدل‌های پایه منحنی فعال مورد استفاده بیشتر می‌باشد.

همان‌طور که در مدل چند سطحی در بخش ۲-۳ شرح داده شد، برای تعداد m فاز یا m منحنی اولیه‌ای که در فضای تصویر تعریف می‌شود، n کلاس یا ناحیه تشکیل می‌شود به‌طوری که $n=2^m$. اگر m تعداد فازها باشد بنابراین بردار $\phi$ در رابطه (۱۹) برداری شامل منحنی‌های اولیه تعریف شده می‌باشد. بردار H در رابطه (۲۰) نیز

www.SID.ir

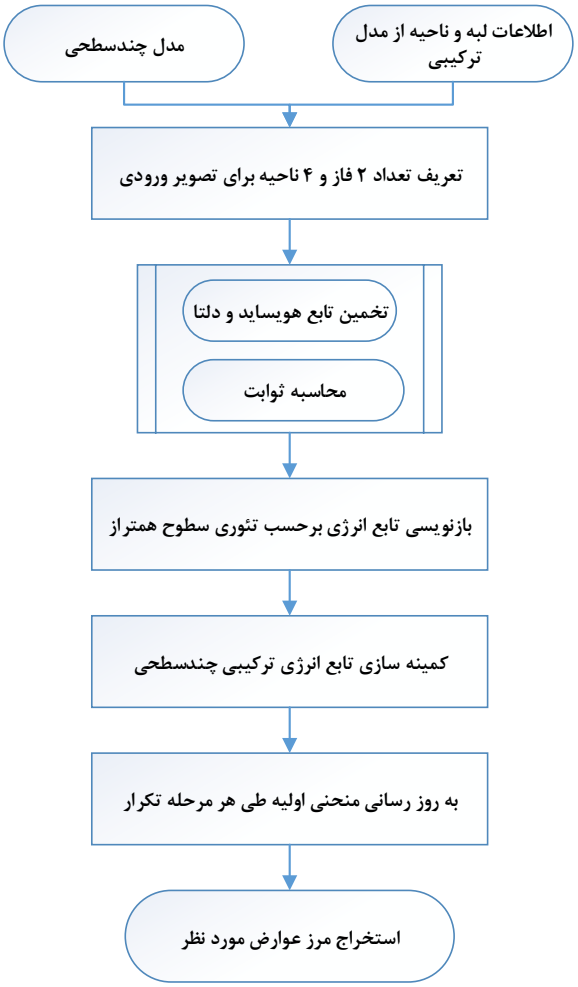
Archive of SID



برداری حاوی توابع هویساید مبتنی بر هر یک از منحنی‌های اولیه تعریف شده است.

$$\phi = \left(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, ..., \varphi_m\right) \quad (۱۹)$$

$$H(\phi) = \left(H(\varphi_1), H(\varphi_2), ..., H(\varphi_m)\right) \quad (۲۰)$$




شکل ۵- فلوچارت مدل ترکیبی چند سطحی

همانند مدل چند سطحی در مدل ترکیبی چند سطحی نیز هر پیکسل در دامنه Ω از تصویر، طوری قطعه‌بندی می‌شود که اگر تابع هویساید آن‌ها باهم برابر بود متعلق به یک قطعه هستند. این قانون در رابطه (۲۱) برای غلبه بر مرزهای فازی تصویر و جلوگیری از ایجاد گپ و همپوشانی در تصویر بیان شده است.

$$\begin{cases}(x_1, y_1)\\(x_2, y_2)\end{cases} \in n1 \Leftrightarrow H(\varphi(x_1, y_1)) = H(\varphi(x_2, y_2)) \quad (۲۱)$$

تابع انرژی در نظر گرفته شده برای مدل ترکیبی چند سطحی با فرمولاسیون سطوح هم‌تراز، برای دو فاز و چهار کلاس بر اساس رابطه (۲۲) بیان می‌گردد؛ که در آن I تصویر ورودی و $g(\nabla I)$ تابع کشف لبه می‌باشد. به‌طور خلاصه تابع انرژی مدل ترکیبی جایگزین تابع انرژی مدل چند سطحی می‌شود تا مدل ترکیبی چند سطحی ایجاد گردد. در رابطه (۲۲) هرکدام از $(M_1, M_2, M_3, M_4)$ به‌صورت معادله (۲۳) قابل جایگزینی هستند.

$$\begin{aligned}E_4^{mh} = & \int_\Omega g(\nabla I).(I - c_{11})^2.M_1 dxdy \\ & + \int_\Omega g(\nabla I).(I - c_{12})^2.M_2 dxdy \\ & + \int_\Omega g(\nabla I).(I - c_{21})^2.M_3 dxdy \\ & + \int_\Omega g(\nabla I).(I - c_{22})^2.M_4 dxdy \\ & + \mu.\int_\Omega |\nabla H(\varphi_1)| dxdy + \nu.\int_\Omega \frac{1}{2}(|\nabla\varphi_1| - 1)^2 dxdy \\ & + \mu.\int_\Omega |\nabla H(\varphi_2)| dxdy + \nu.\int_\Omega \frac{1}{2}(|\nabla\varphi_2| - 1)^2 dxdy\end{aligned} \quad (۲۲)$$

$$\begin{aligned}M_1 &= H(\varphi_1).H(\varphi_2)\\ M_2 &= H(\varphi_1).(1 - H(\varphi_2))\\ M_3 &= (1 - H(\varphi_1)).H(\varphi_2)\\ M_4 &= (1 - H(\varphi_1)).(1 - H(\varphi_2))\end{aligned} \quad (۲۳)$$

ترم‌های پنجم و ششم رابطه (۲۲) مربوط به پایدارسازی و مرتب‌سازی منحنی $\varphi_1$ و ترم‌های هفتم و هشتم برای مرتب‌سازی منحنی $\varphi_2$ در طی هر مرحله تکرار می‌باشند. بردار C که شامل ثوابت است نیز با مینیمم سازی رابطه (۲۲) با توجه به ϕ به‌صورت رابطه (۲۴) محاسبه می‌گردد.

$$C = \left(c_{11}, c_{12}, c_{21}, c_{22}\right)$$

$$\begin{aligned}c_{11}(\phi) &= \frac{\int_\Omega g(\nabla I).I.H(\varphi_1).H(\varphi_2)dxdy}{\int_\Omega g(\nabla I).H(\varphi_1).H(\varphi_2)dxdy}\\ c_{12}(\phi) &= \frac{\int_\Omega g(\nabla I).I.H(\varphi_1).(1 - H(\varphi_2))dxdy}{\int_\Omega g(\nabla I).H(\varphi_1).(1 - H(\varphi_2))dxdy}\\ c_{21}(\phi) &= \frac{\int_\Omega g(\nabla I).I.(1 - H(\varphi_1)).H(\varphi_2)dxdy}{\int_\Omega g(\nabla I).(1 - H(\varphi_1)).H(\varphi_2)dxdy}\\ c_{22}(\phi) &= \frac{\int_\Omega g(\nabla I).I.(1 - H(\varphi_1)).(1 - H(\varphi_2))dxdy}{\int_\Omega g(\nabla I).(1 - H(\varphi_1)).(1 - H(\varphi_2))dxdy}\end{aligned} \quad (۲۴)$$

برای کمینه کردن تابع انرژی تعریف شده در رابطه (۲۲) نیز مشتق تابع انرژی بر اساس دو منحنی اولیه $\varphi_1$ و $\varphi_2$ محاسبه می‌شود. معادله اویلر-لاگرانژ تابع انرژی مدل ترکیبی چند سطحی به‌صورت روابط (۲۵) و (۲۶) بیان می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID



$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial t} = -\delta(\varphi_1).(g(\nabla I)+\alpha).[((I-c_{11})^2-(I-c_{21})^2).H(\varphi_2) +((I-c_{12})^2-(I-c_{22})^2).(1-H(\varphi_2))] +\mu.\delta(\varphi_1).div(\frac{\nabla \varphi_1}{|\nabla \varphi_1|})+\nu.(\Delta\varphi_1-div(\frac{\nabla \varphi_1}{|\nabla \varphi_1|})) \quad (۲۵)$$

$$\frac{\partial \varphi_2}{\partial t} = -\delta(\varphi_2).(g(\nabla I)+\alpha).[((I-c_{11})^2-(I-c_{12})^2).H(\varphi_1) +((I-c_{21})^2-(I-c_{22})^2).(1-H(\varphi_1))] +\mu.\delta(\varphi_2).div(\frac{\nabla \varphi_2}{|\nabla \varphi_2|})+\nu.(\Delta\varphi_2-div(\frac{\nabla \varphi_2}{|\nabla \varphi_2|})) \quad (۲۶)$$

روابط بالا بر اساس تعریف دو منحنی اولیه که ایجاد کننده دو فاز و چهار ناحیه می‌باشد نوشته شده است. برای تکامل منحنی‌های اولیه به سمت مرز عوارض مورد نظر نیاز است تا تابع انرژی به کمترین حالت خود برسد. پارامتر α یک ثابت حقیقی مثبت می‌باشد، که جزء پارامترهای مدل ترکیبی نیز بود، در مدل ترکیبی چند سطحی نیز این پارامتر وجود دارد و محدود کننده تابع $g(|\nabla I|)$ می‌باشد و در سرعت بخشیدن به همگرایی تابع نیز مؤثر است. رابطه ریاضی منحنی‌های اولیه که در فضای تصویر تعریف می‌شوند نیز به‌صورت رابطه (۲۷) بیان می‌شود.

$$\varphi_1(0,x,y)=\varphi_1^0(x,y)$$
$$\varphi_2(0,x,y)=\varphi_2^0(x,y) \quad (۲۷)$$

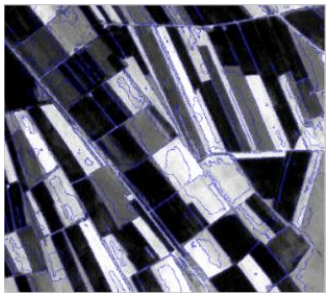
اگر n=0 در نظر گرفته شود آنگاه $\varphi_{1,ij}^0$ و $\varphi_{2,ij}^0$ همان منحنی‌های اولیه ورودی هستند که برای به‌روز کردن آن‌ها در طی هر مرحله تکرار پارامترهای مورد نیاز محاسبه می‌شوند.

## ۳-۳- پس پردازش داده‌ها

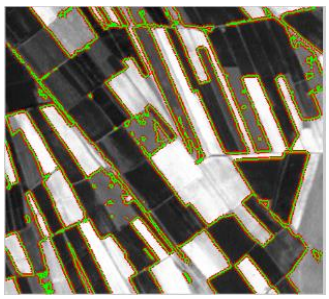
در این تحقیق فرض بر همگن بودن نواحی تصویر است؛ اما در تصاویر ماهواره‌ای مورد مطالعه در این تحقیق، مناطق کشاورزی به دلیل عوامل متعددی مانند تنوع در محصولات کشاورزی و یا تراکم کاشت محصول در یک قطعه زمین و عوامل دیگر دارای شدت‌های ناهمگن در تصاویر اخذ شده می‌باشند. بنابراین ممکن است مدل پیشنهادی در نواحی دارای شدت ناهمگن یا در واقع دارای ویژگی بافت نامشخص و پیچیده، در استخراج مرز دقیق عمل نکرده و دچار مشکل شود. تکامل منحنی در این نواحی به‌صورت منحنی‌های بسته‌ی تکه‌تکه و کوچک است که به‌صورت نویز در تصویر دیده می‌شود. برای از بین بردن این نواحی کوچک، مرحله پس پردازش به صورت اتوماتیک، و در تناسب با پیاده‌سازی روش پیشنهادی، در نرم‌افزار متلب انجام گرفت. این مرحله با استفاده از اپراتورهای مورفولوژی و بدون هیچ‌گونه حد آستانه گذاری در جهت از بین بردن نویزهای تصویر و آماده سازی خروجی جهت ارزیابی صورت پذیرفت.

## ۴- نتایج

در مبحث روش‌های قطعه‌بندی تصویر با استفاده از مدل‌های منحنی فعال، مدل LBF از جمله مدل‌های پرکاربرد بعد از مدل C-V می‌باشد. بنابراین صرفاً جهت مقایسه و انتخاب مدل منحنی فعال مورد نظر برای ترکیب، بر روی تصاویر نمونه اجرا گردید. پس از اعمال مدل‌های ناحیه مبنای C-V، LBF، Multiphase و مدل لبه مبنای GAC بر روی تصاویر نمونه مشاهده شد که مدل LBF، برای تصاویر مورد استفاده در این تحقیق، در پیدا کردن مرز مناطقی که شدت پیکسل درون آن‌ها بسیار متغیر است ضعیف عمل می‌کند و نیز در نواحی همگن بزرگ در نیمه‌ی راه تکامل خود به سمت مرز عارضه باز می‌ماند. با توجه به نتایج به دست آمده، مدل C-V از مدل LBF بهتر عمل کرده و برای ترکیب و بهبود، مورد نظر این تحقیق است. نتایج اعمال مدل‌های LBF، C-V، Multiphase و GAC بر روی یک نمونه تصویر در اشکال ۶ تا ۹ نمایش داده شده است.



شکل ۶- نتیجه حاصل از اعمال LBF – تصویر نمونه اول

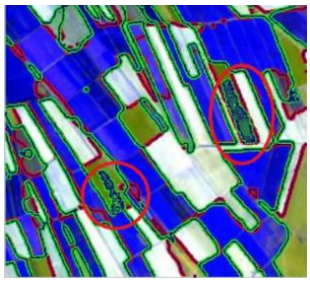


شکل ۷- نتیجه حاصل از اعمال مدل C-V - تصویر نمونه اول

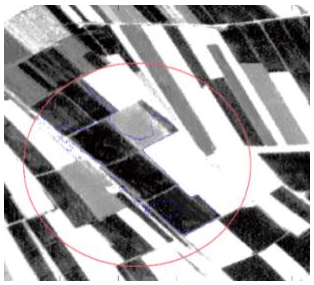
www.SID.ir

Archive of SID



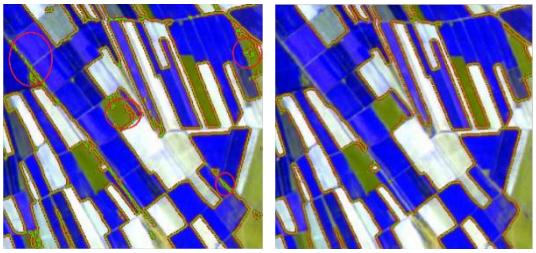


شکل ۸- نتیجه حاصل از اعمال مدل چند سطحی - تصویر نمونه اول



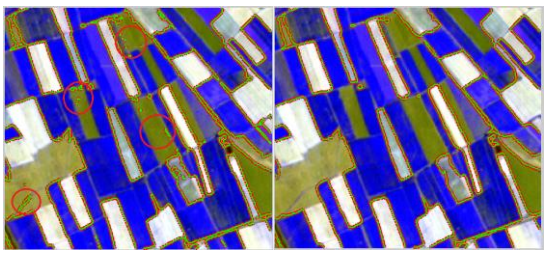
شکل ۹- نتیجه حاصل از اعمال مدل GAC - تصویر نمونه اول

پس از انتخاب مدل‌های پایه جهت ترکیب، در ادامه این بخش نتایج اعمال هر دو گام مدل پیشنهادی بر روی تصاویر مربوط به زمین‌های کشاورزی نشان داده می‌شود. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل ترکیبی در گام اول که در بخش ۳-۱ شرح داده شد، بر روی تصاویر تست به‌صورت اشکال ۱۰ تا ۱۳ قابل مشاهده است.



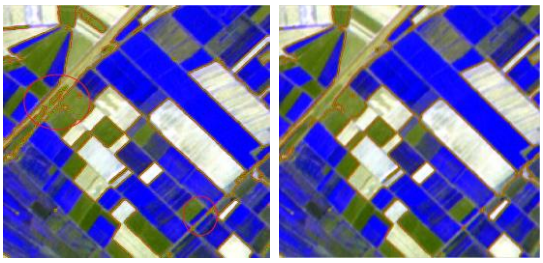
الف ب

شکل ۱۰- نتایج مدل ترکیبی و مدل C-V بر روی تصویر اول
الف: نتیجه مدل ترکیبی، ب: نتیجه مدل C-V



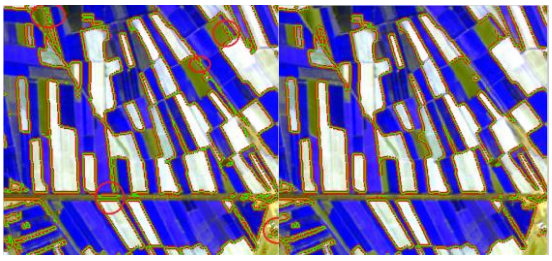
الف ب

شکل ۱۱- نتایج مدل ترکیبی و مدل C-V بر روی تصویر دوم
الف: نتیجه مدل ترکیبی، ب: نتیجه مدل C-V



الف ب

شکل ۱۲- نتایج مدل ترکیبی و مدل C-V بر روی تصویر سوم
الف: نتیجه مدل ترکیبی، ب: نتیجه مدل C-V



الف ب

شکل ۱۳- نتایج مدل ترکیبی و مدل C-V بر روی تصویر چهارم
الف: نتیجه مدل ترکیبی، ب: نتیجه مدل C-V

مقایسه زمان اجرای برنامه و پارامترهای مؤثر برای مدل C-V و مدل ترکیبی گام اول نیز در جداول ۱ و ۲ قابل مشاهده است. همان‌طور که در جداول مشخص است سرعت اجرای مدل ترکیبی بیشتر و در تعداد تکرار کمتری بر مرز عارضه منطبق می‌شود. همچنین در اشکال ۱۰ تا ۱۳ نیز از نظر بصری مشهود است که مدل ترکیبی دچار نویز کمتری در قطعه‌بندی نسبت به مدل C-V شده است و بهتر عمل می‌کند. این مقایسه صرفاً جهت اثبات عدم افزایش هزینه زمانی در طی روند ترکیب مطرح گردیده است.

جدول ۱- مقایسه زمان اجرای برنامه مدل ترکیبی و مدل C-V

| تصویر | اول | دوم | سوم | چهارم |
|---|---|---|---|---|
| مدل ترکیبی | ۱۶.۹۹ s | ۴۰.۱۴ s | s۵۶.۲۷ | ۳۱.۵۷ s |
| مدل C-V | ۲۸.۶۴ s | ۶۰.۷۱ s | s۹۹.۵۲ | ۶۸.۵۹ s |

جدول ۲- مقایسه تعداد تکرار مورد نیاز مدل ترکیبی و مدل C-V

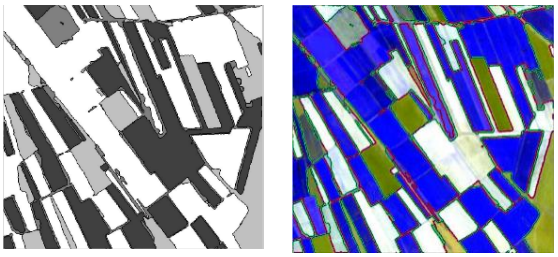
| تصویر | اول | دوم | سوم | چهارم |
|---|---|---|---|---|
| مدل ترکیبی | ۲۰۷ | ۴۰۴ | ۴۱۳ | ۳۳۸ |
| مدل C-V | ۵۰۰ | ۷۰۰ | ۱۰۰۰ | ۷۵۰ |

در ادامه نتایج اجرای مدل ترکیبی چند سطحی در گام دوم نیز بر روی تصاویر نمونه در اشکال ۱۴ تا ۱۷ قابل مشاهده است.

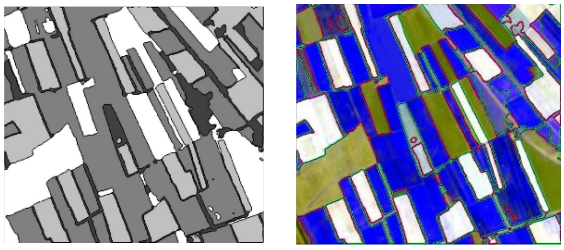
www.SID.ir

Archive of SID

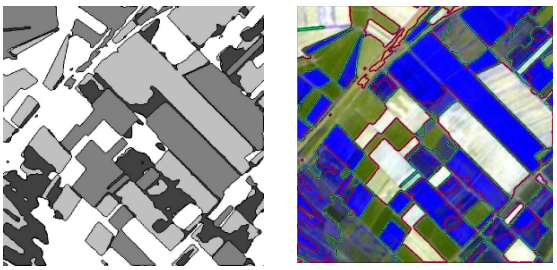




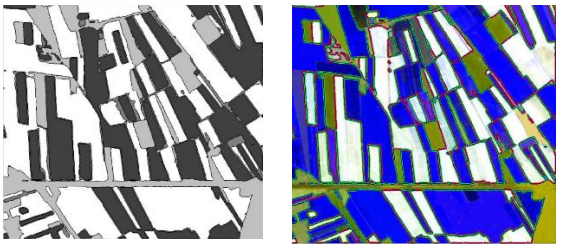
شکل ۱۴- نتایج مدل ترکیبی چند سطحی بر روی تصویر نمونه اول



۱۵- نتایج مدل ترکیبی چند سطحی بر روی تصویر نمونه دوم



شکل ۱۶- نتایج مدل ترکیبی چند سطحی بر روی تصویر نمونه سوم



شکل ۱۷- نتایج مدل ترکیبی چند سطحی بر روی تصویر نمونه چهارم

نتایج به دست آمده از روش پیشنهادی مبین آن است که الگوریتم در مناطق با ناهمگنی شدت بسیار زیاد، دچار مشکل شده و نمی‌تواند مرز بین زمین‌های کشاورزی را به طور دقیق مشخص کند. این مسئله که در شکل ۱۶ قابل مشاهده است به دلیل پیچیدگی یا مشخص نبودن بافت برخی مناطق می‌باشد که تفکیک آن‌ها برای اپراتور به صورت دستی نیز دشوار است. اما در قسمت‌هایی از تصویر با مناطق همگن و بافت مشخص، الگوریتم به‌خوبی موفق به شناسایی این مناطق و جداسازی آن‌ها از دیگر زمین‌ها شد.

## ۴-۱- ارزیابی نتایج مدل پیشنهادی با نقشه مرجع

به منظور ارزیابی نتایج مدل پیشنهادی، تصاویر خروجی با تصاویر مرجع که نحوه تولید آن‌ها در بخش ۳ مطرح گردید مقایسه می‌شوند. جهت محاسبه دقت مدل پیشنهادی، در این تحقیق از آزمون مک نمار و معیارهای مرسوم ماتریس ابهام مانند ضریب کاپا، دقت کلی، شاخص صحت فرآورده، شاخص دقت کاربر و شاخص کیفیت استفاده شد.

معیار دقت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است، که تقسیم مجموع تعداد پیکسل‌های مرز و زمینه‌ای که به‌درستی طبقه‌بندی‌شده‌اند، بر تعداد کل پیکسل‌های مربوطه را نشان می‌دهد. ازآنجاکه معیار دقت کلی معیار مناسب و کاملی از صحت روش نیست، ضریب کاپا برای ارزیابی صحت الگوریتم استفاده می‌شود. این ضریب، دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. معیار کیفیت نیز دو جنبه آشکارسازی زمین و طراحی مرز را باهم تلفیق نموده و میزان کارایی سیستم را بیان می‌کند. برای کاربر نهایی و استفاده کنندگان از نتایج طبقه‌بندی، دقت کاربر آماره‌ای مهم است. این دقت بیانگر احتمال طبقه‌بندی یک کلاس خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی است. شاخص صحت فرآورده نیز بیانگر دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی است [۲۳]. نتایج کمی ارزیابی در جدول ۳ بیان شده است.

آزمون مک‌نمار نیز به‌منظور ارزیابی اینکه آیا روش پیشنهادی از نظر دقت با سایر روش‌ها اختلاف بامعنی دارد، مقایسه می‌نماید. این آزمون نسبت به سایر معیارهای ارزیابی دقت، مناسب‌تر است زیرا دقیق‌تر و حساس‌تر می‌باشد. اگر Z به دست آمده بزرگ‌تر از ۱٫۹۶ باشد، آنگاه اختلاف معناداری میان دو روش وجود دارد [۲۴ و ۲۵]. در ادامه جهت قیاس بصری و مشاهده بهبود روش پیشنهادی، تفاوت بین تصاویر خروجی مدل پیشنهادی با نتایج مدل چند سطحی پایه از نظر بصری در اشکال ۱۸ تا ۲۱ نمایش داده شده است.

در جدول ۳ کمترین مقدار شاخص‌های ارزیابی برای تصویر سوم به چشم می‌خورد که دلیل آن بافت پیچیده و نامشخص زمین‌های کشاورزی در آن است و به دلیل وجود پیکسل مخلوط الگوریتم قادر به جداسازی نواحی آن از هم نمی‌باشد و با دقت کمتری این مناطق را قطعه‌بندی می‌کند. مدل پیشنهادی با توجه به تغییرات ایجاد شده در آن، نتایج بهتری را نسبت به مدل پایه چند سطحی ارائه می‌دهد. نتایج ارزیابی دقت برای مدل پایه نیز در جدول ۴ بیان گردیده است تا تفاوت دقت‌های به دست آمده برای شاخص‌های مورد نظر، بین مدل پیشنهادی و مدل چند سطحی مشاهده شود.

www.SID.ir

Archive of SID



برای بررسی بهتر دقت و کارآمدی روش پیشنهادی، و مقایسه جفتی روش پیشنهادی نسبت به روش چند سطحی پایه، از آزمون مک نمار نیز استفاده گردید. نتایج z_score حاصل از این روش که در جدول ۵ بیان شده است، نشان دهنده اختلاف معنادار و عدم وابستگی بین روش پیشنهادی و روش پایه می‌باشد.

در راستای استخراج مرز قطعات زمین کشاورزی نیازمندی به روش‌های اتوماتیک و کم کردن نقش عامل انسانی یکی از مسائل اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش نیز کوشش بر آن است تا روند اتوماسیون روش پیشنهادی برای استخراج مرز اراضی کشاورزی، با در نظر گرفتن عدم افزایش هزینه محاسباتی، افزایش یابد.

جدول ۵- نتایج ارزیابی مرزهای استخراج شده با آزمون مک نمار

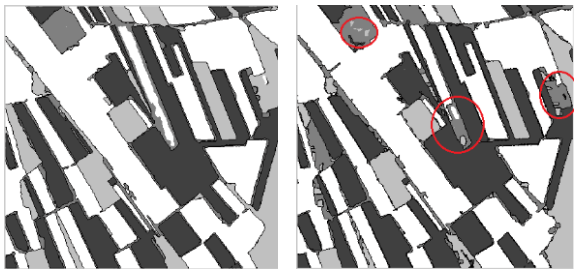
| ورودی | تصویر اول | تصویر دوم | تصویر سوم | تصویر چهارم |
|---|---|---|---|---|
| z_score | ۱۱۷.۱۹ | ۱۴۷.۹۳ | ۱۰۳.۳۸ | ۱۵۴.۵۴ |

جدول ۳- نتایج ارزیابی مرزهای استخراج شده توسط مدل پیشنهادی با نقشه مرجع

| | تصویر اول | تصویر دوم | تصویر سوم | تصویر چهارم |
|---|---|---|---|---|
| ضریب کاپا | ۹۲.۲۸۵ | ۸۷.۸۷۸ | ۷۳.۶۸۱ | ۹۰.۹۰۱ |
| دقت کلی | ۹۴.۹۰۷ | ۹۱.۶۲۵ | ۸۰.۴۴۵ | ۹۴.۰۳۶ |
| شاخص صحت فرآورده | ۸۹.۱۸۹ | ۸۶.۳۸۸ | ۷۹.۹۱۲ | ۸۶.۵۴۳ |
| شاخص دقت کاربر | ۹۲.۶۰۳ | ۸۸.۹۳۹ | ۷۹.۳۳ | ۹۰.۰۷۳ |
| شاخص کیفیت | ۸۶.۷۱ | ۸۲.۰۳ | ۷۵.۰۶ | ۸۳.۹۴۴ |

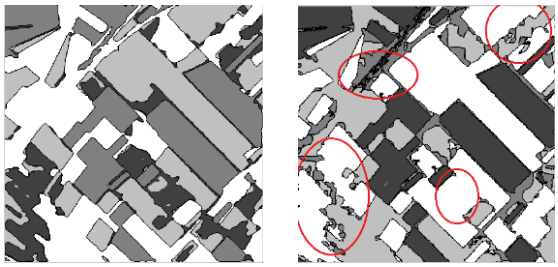
جدول ۴- نتایج ارزیابی مرزهای استخراج شده توسط مدل چند سطحی با نقشه مرجع

| | تصویر اول | تصویر دوم | تصویر سوم | تصویر چهارم |
|---|---|---|---|---|
| ضریب کاپا | ۹۰.۳۴۹ | ۷۷.۰۵۳ | ۶۵.۳۲۳ | ۷۸.۷۲ |
| دقت کلی | ۹۲.۸۲ | ۸۴.۸۶۱ | ۷۵.۳۲۳ | ۸۶.۴۸۵ |
| شاخص صحت فرآورده | ۸۴.۵۳۶ | ۷۵.۶۰۲ | ۶۵.۱۳۵ | ۶۹.۳۷۹ |
| شاخص دقت کاربر | ۸۷.۷۱۳ | ۷۱.۸۹۷ | ۶۷.۶۶۲ | ۶۸.۰۱۹ |
| شاخص کیفیت | ۷۷.۶۳۶ | ۷۰.۲۹۶ | ۶۶.۰۰۲ | ۶۲.۴۸۴ |



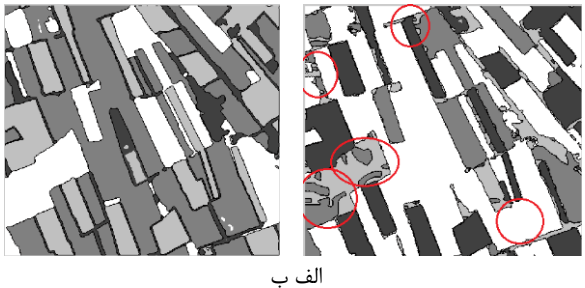
الف ب

شکل ۱۸- مقایسه مدل چند سطحی و مدل پیشنهادی بر روی تصویر نمونه اول، الف: مدل چند سطحی، ب: مدل پیشنهادی



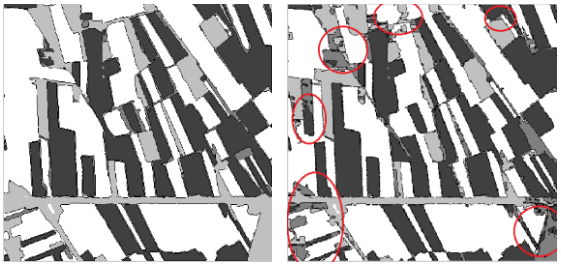
الف ب

شکل ۲۰- مقایسه مدل چند سطحی و مدل پیشنهادی بر روی تصویر نمونه سوم، الف: مدل چند سطحی، ب: مدل پیشنهادی



الف ب

شکل ۱۹- مقایسه مدل چند سطحی و مدل پیشنهادی بر روی تصویر نمونه دوم، الف: مدل چند سطحی، ب: مدل پیشنهادی



الف ب

شکل ۲۱- مقایسه مدل چند سطحی و مدل پیشنهادی بر روی تصویر نمونه چهارم، الف: مدل چند سطحی، ب: مدل پیشنهادی

www.SID.ir

Archive of SID



## ۵- نتیجه‌گیری

تشخیص مرز زمین‌های کشاورزی از تصاویر سنجش از دور با وضوح بالا به علت پیچیدگی‌های محیطی ناشی از صحنه‌های زمین واقعی یک چالش در زمینه قطعه‌بندی تصاویر بدل شده که آن را تبدیل به موضوع قابل توجهی در تحقیقات نموده است. در تحقیق حاضر جهت انجام این مهم، و همچنین افزایش روند اتوماسیون در طی این تشخیص مرز، روشی بر پایه ترکیب مدل‌های منحنی فعال غیر پارامتریک، در دو گام مطرح شد. این ترکیب جهت بهره بردن از مزیت هر دو روش لبه مبنا و ناحیه مبنای منحنی‌های فعال و غلبه بر محدودیت‌های آن‌ها، در قالب یک ساختار ریاضی ارائه گردید. به دلیل غیر پارامتریک بودن مدل‌ها منحنی اولیه بر روی تصاویر به صورت یکسان و با اشکال ساده تعریف می‌گردد و همین امر در جهت کم کردن عامل انسانی نقش به سزایی دارد و باعث صرفه‌جویی در هزینه و زمان است.

گام اول روش پیشنهادی بر پایه ترکیب اطلاعات لبه از مدل منحنی فعال هندسی و اطلاعات ناحیه از مدل منحنی فعال چان-ویس است. مدل ترکیبی با دقت بهتر و با سرعت بیشتری نسبت به مدل‌های پایه عوارض موجود در تصویر را استخراج می‌کند؛ اما همچنان محدودیت مدل C-V را دارد. مدل ترکیبی همانند مدل C-V برای تصاویر رنگی مناسب نبوده و فقط قادر به جدا کردن یک نوع عارضه از پس‌زمینه می‌باشد که این کاربرد بیشتر در تصاویر پزشکی مورد توجه است. برای توسعه مدل و تشخیص چندین نوع عارضه، با توجه به ویژگی‌های بافتی و طیفی متفاوت زمین‌های کشاورزی، در گام دوم از تلفیق مدل ترکیبی با مدل منحنی فعال چند سطحی استفاده گردید. مدل ترکیبی چند سطحی برای تصاویر رنگی و پانکروماتیک مناسب بوده و با توجه به تعداد فاز تعریف شده برای مدل پیشنهادی قابلیت تشخیص چندین نوع عارضه را به طور هم‌زمان دارا می‌باشد.

نتایج ارزیابی مرزهای استخراج شده توسط مدل توسعه یافته در مقایسه با نقشه مرجع، برای معیارهای ارزیابی ضریب کاپا، دقت کلی، شاخص دقت کاربر، شاخص صحت فرآورده و شاخص کیفیت محاسبه گردید. نتایج حاصل نشان دهنده مقادیر میانگین ۹۰,۳۱۲ برای شاخص دقت کلی، ۸۶,۱۸۶ برای ضریب کاپا، ۸۷,۷۳۶ برای شاخص دقت کاربر، بر روی چهار تصویر با ویژگی‌های متفاوت بود. نتایج ارزیابی بیانگر افزایش میزان دقت در شاخص‌های ذکر شده برای مدل پیشنهادی، نسبت به مدل چند سطحی پایه می‌باشد. همچنین نتایج مقایسه جفتی مدل پیشنهادی و مدل چند سطحی پایه، برای هر نمونه تصویر، در آزمون مک نمار نشان دهنده اختلاف معنادار دو روش و عدم وابستگی آن‌ها به هم می‌باشد.

## مراجع


[1] Maghsoodi, L. (2014). "Automatic extraction of land boundaries in rural areas from digital images using active contour model." MSC thesis in Faculty of Geodesy and Geomatics, K. N. Toosi University of Technology

[2] Wang, Y., M. Fu and L. Wang (2015). "A robust farmland edge detection method combining anisotropic diffusion smoothing and a Canny edge detector." Progress in Informatics and Computing (PIC), 2015 IEEE International Conference on, IEEE

[3] Qiting, H., L. Jiancheng and D. Wen (2017). "Crops Planting Information Retrieval at Farmland Plot Scale Using Multi-Sources Satellite Data." Journal of Advanced Agricultural Technologies Vol 4(2).

[4] Chan, T. F. and L. A. Vese (2001). "Active contours without edges." IEEE Transactions on image processing 10(2): 266-277.

[5] Kass, M., A. Witkin and D. Terzopoulos (1988). "Snakes: Active contour models." International journal of computer vision 1(4): 321-331.

[6] Torre, M. and P. Radeva (2000). "Agricultural-field extraction on aerial images by region competition algorithm." wecwis, IEEE.

[7] Tiwari, P. S., H. Pande, M. Kumar and V. K. Dadhwal (2009). "Potential of IRS P-6 LISS IV for agriculture field boundary delineation." Journal of Applied Remote Sensing 3(1): 033528.

[8] Duan, D. and H. Zhang, et al., (2015). "A review of active contour model based image segmentation algorithms." Chinese journal of Biomedical Engineering. Vol 34, no .4

[9] Ahmadi, S (2004). “Automatic Building Extraction from High Resolution Satellite Images Using Active Contours”, PHD thesis in Faculty of Geodesy and Geomatics, K. N. Toosi University of Technology


www.SID.ir

Archive of SID



[10] Baswaraj, D., A. Govardhan and P. Premchand (2012). "Active contours and image segmentation: The current state of the art." Global Journal of Computer Science and Technology.

[11] Osher, S. and J. A. Sethian (1988). "Fronts propagating with curvature-dependent speed: algorithms based on Hamilton-Jacobi formulations." Journal of computational physics 79(1): 12-49.

[12] Caselles, V., R. Kimmel and G. Sapiro (1997). "Geodesic active contours." International journal of computer vision 22(1): 61-79.

[13] Vese, L. A. and T. F. Chan (2002). "A multiphase level set framework for image segmentation using the Mumford and Shah model." International journal of computer vision 50(3): 271-293.

[14] Lankton, S., D. Nain, A. Yezzi and A. Tannenbaum (2007). "Hybrid geodesic region-based curve evolutions for image segmentation. Medical Imaging 2007: Physics of Medical Imaging. "International Society for Optics and Photonics.

[15] Ali, S. and A. Madabhushi (2012). "An integrated region-, boundary-, shape-based active contour for multiple object overlap resolution in histological imagery." IEEE transactions on medical imaging 31(7): 1448-1460.

[16] Khadidos, A., V. Sanchez and C.-T. Li (2014). "Active contours based on weighted gradient vector flow and balloon forces for medical image segmentation. Image Processing (ICIP)." IEEE International Conference on, IEEE.

[17] Liu, T., H. Xu, W. Jin, Z. Liu, Y. Zhao and W. Tian (2014). "Medical image segmentation based on a hybrid region-based active contour model." Computational and mathematical methods in medicine 2014.

[18] Xu, H., T. Liu and G. Wang (2014). "Hybrid geodesic region-based active contours for image segmentation." Computers & Electrical Engineering 40(3): 858-869.

[19] Gharibi, M., H. Arefi, H. Rastiveis and H. Hashemi (2016). "Building Map Updating Based on Active Contour Models." Journal of Geomatics Science and Technology 5(4): 211-225.

[20] Boutiche, Y. (2016). "Hybrid active contours in multiphase level set framework for images segmentation." SAI Computing Conference (SAI), 2016, IEEE.

[21] Wan, M., G. Gu, W. Qian, K. Ren and Q. Chen (2017). "Hybrid active contour model based on edge gradients and regional multi-features for infrared image segmentation." Optik-International Journal for Light and Electron Optics 140: 833-842.

[22] Wang, L., Y. Chang, H. Wang, Z. Wu, J. Pu and X. Yang (2017). "An active contour model based on local fitted images for image segmentation." Information sciences 418: 61-73.

[23] Abdul-Rahman, A., S. Zlatanova and V. Coors (2007). "Innovations in 3D geo information systems." Springer Science & Business Media.

[24] Mushore, T. D., O. Mutanga, J. Odindi and T. Dube (2017). "Assessing the potential of integrated Landsat 8 thermal bands, with the traditional reflective bands and derived vegetation indices in classifying urban landscapes." Geocarto international 32(8): 886-899.

[25] Tamimi, E., H. Ebadi and A. Kiani (2017). "Evaluation of different metaheuristic optimization algorithms in feature selection and parameter determination in SVM classification." Arabian Journal of Geosciences 10(22): 478.

www.SID.ir