# روشی جدید در قطعه‌بندی خودکار تصاویر ماهواره‌ای با دقت بالا برای استخراج خطوط ساحلی

**نازیلا محمدی[۱]، علی‌اصغر آل‌شیخ[۲*]، امین صداقت[۳]، محمدرضا ملک[۴]**

۱- دانشجوی دکتری GIS، گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار، گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، گروه سنجش از دور و فتوگرامتری، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۴- استادیار، گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

**چکیده**

این مقاله روشی جدید برای استخراج خودکار خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا ارائه می‌دهد. روش پیشنهادی بر مبنای قطعه‌بندی فازی بوده که در آن از آنالیز هیستوگرام رنگ جهت تعیین تعداد کلاسها و از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی ماتریس قطعه‌بندی فازی استفاده شده است.

ابتدا تصویر ماهواره‌ای با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی پیشنهادی به چندین کلاس همگن طبقه‌بندی شده و سپس با استفاده از فیلتر مرفولوژی، نویز موجود در تصاویر کاهش می‌یابد. آنگاه با کمک الگوریتم آستانه‌گذاری، خطوط ساحلی استخراج می‌گردند. برای ارزیابی روش ارائه شده از تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس در منطقه کنارک در چابهار ایران استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که ۹۵٪ از خطوط استخراجی با این الگوریتم در محدوده حریم سه پیکسلی خط مبنا قرار گرفته‌اند که این نتایج بیانگر دقت بالای الگوریتم پیشنهادی است.

**کلمات کلیدی**: تصاویر ماهواره‌ای، استخراج عوارض، هیستوگرام رنگ، قطعه‌بندی فازی، الگوریتم ژنتیک

# A NOVEL SEGMENTATION APPROACH FOR COASTLINE EXTRACTION FROM HIGH RESOLUTION SATTELITE IMAGES

**N. Mohammadi[1], Ali A. Aalesheikh[2], A. Sedaghat[3], M.R. Malek[4]**

1-PhD student, GIS Department, KNT University of Technology
2-Associated professor, GIS Department, KNT University of Technology
3-MSc student, Remote Sensing and Photogrammetry Dept., KNT Univ. of Technology
4-Assistant professor, GIS Department, KNT University of Technology

**Abstract**

The objective of this paper is to introduce a new method for coastlines delineation from high-resolution satellite images automatically. The proposed approach integrates the color histogram analysis for estimating the number of clusters, fuzzy c-partition, and genetic algorithms for optimizing fuzzy c-partition matrix.

The imagery is classified into homogenous areas using the proposed fuzzy logic segmentation approach. Morphological filtering is then used to remove noises from the segmented image.

* نویسنده مسوول مقاله alesheikh@kntu.ac.ir



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

The coastlines are finally extracted from the filtered image by a delineation algorithm. The developed approach is evaluated based on a 1 m resolution IKONOS pansharpened imagery of Konarak region in Chabahar, Iran. It is demonstrated that 95% of the extracted lines remain within the three-pixels buffer areas around the coastlines. This presents the effectiveness of the proposed algorithm.
**Keywords**: Satellite images, Feature extraction, Colour histogram, Fuzzy segmentation, Genetic algorithm

**۱- مقدمه**

استخراج مرز عوارض آبی و آشکارسازی تغییرات آن برای کاربردهای مختلفی همچون تعیین میزان فرسایش ساحلی، نمایش تغییرات خطوط ساحلی، توسعه پایدار وضعیت مناطق ساحلی، برنامه‌ریزی و پیش‌بینی رفتار ساحل و تعیین احتمال خطر برای ناوبری امن در حمل و نقل دریایی بسیار کارا و حیاتی است [۱، ۴]. از آنجاییکه روشهای دستی و نقشه‌برداری میدانی در استخراج عوارض بویژه در نواحی وسیع فرآیندی مشکل و زمان‌بر بوده، به‌کارگیری فناوری‌های خودکار برای استخراج تغییرات خطوط ساحلی الزامی به‌نظر می‌رسد. بعلاوه، بهنگام سازی نقشه‌های خطوط ساحلی، ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی و دگرگونی‌های ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، نیازمند تکنیک‌های خودکار و تکراری است.

روش معمول در استخراج خطوط ساحلی، تفسیر بصری عکسهای هوایی با قدرت تفکیک بالا می‌باشد. تعیین غیر خودکار عوارض برداری نظیر خطوط ساحلی فرآیندی زمانبر و خسته کننده بوده که نیاز به مهارت و توجه فراوان به جزئیات دارد.

امروزه ماهواره‌های تجاری بطور فزاینده تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک مکانی بالا تهیه می‌کنند. متخصصان سنجش از دور برای رسیدن به هر دو پارامتر کیفیت رنگ و قدرت تفکیک بالا، باند پانکروماتیک[۱] با قدرت تفکیک بالا و باندهای چند طیفی[۲] با قدرت تفکیک پایین‌تر را به نسبت ۴ به ۱ با یکدیگر تلفیق می‌نمایند. برای مثال IKONOS و Orbview-3 تصاویر با مشخصات Pan (1m) و MS (4m) و QuickBird تصاویر با مشخصات (0.6m) Pan و (2.4m) MS و GeoEye-1 تصاویری با مشخصات Pan (0.4m) و MS (1.6m) تولید می‌کنند. از ترکیب باندهای PAN و MS که بارزسازی پانکروماتیک[۳] نامیده می‌شود، تصویری جدید تهیه می‌گردد. بسته به تکنیک بکار گرفته شده برای ترکیب، تصاویر مرکب نسبت به یک تصویر چند طیفی دارای قدرت تفکیک بهتری هستند [۵]. عملیات خودکار استخراج عوارض و طبقه‌بندی تصاویر بارزسازی شده پانکروماتیک، کارایی سیستم‌های سنجش از دور را افزایش می‌دهد [۶، ۷].

امروزه تابع بارزسازی در بسته‌های نرم افزاری سنجش از دور نظیر PCI Geomatica، ERDAS Imagine و ENVI موجود می‌باشد. مطالعات فراوانی جهت توسعه تکنیک‌های رقومی پردازش تصاویر برای آشکارسازی و ترسیم توده‌های آبی و استخراج خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای چندطیفی انجام شده است [۴، ۸، ۹، ۱۰].

لی و همکارانش [۱۶] توابع رشنال[۴] ماهواره آیکنوس[۵] را توسعه داده و از آنها برای استخراج خطوط سه‌بعدی ساحلی بر روی تصاویر استریوی PAN با قدرت تفکیک یک متر استفاده کرده‌اند. مطالعات آنها نشان داد که خطوط ساحلی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس دارای دقت زمینی ۲ تا ۴ متر می‌باشد که نزدیک به دقت نقشه‌های توپوگرافی خطوط ساحلی مربوط به NOAA/NGS[۶] با مقیاس ۱:۵۰۰۰ و بیشتر از دقت نقشه‌های توپوگرافی USGS[۷] با مقیاس ۱:۲۴۰۰۰ می‌باشد.

دی و همکارانش [۹] روشی نیم اتوماتیک برای استخراج خطوط ساحلی از تصاویر PAN با قدرت تفکیک ۱ متر و MS با قدرت تفکیک ۴ متر از تصاویر ماهواره‌ای آیکنوس ارائه داده‌اند. این روش براساس قطعه‌بندی با تغییر میانگین، استخراج خطوط ساحلی



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

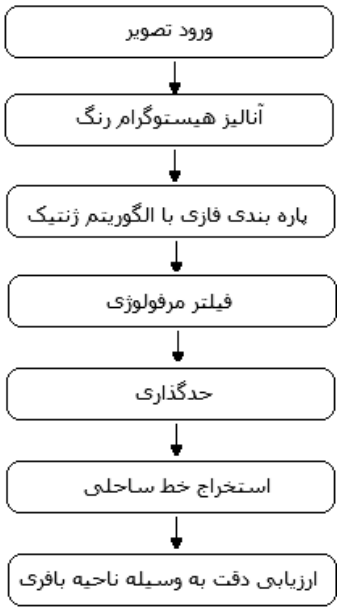
اولیه و پالایش خط ساحلی می‌باشد.
لیو و زک [۱۱] قطعه‌بندی تصویر را با استفاده از حدگذاری تطبیق پذیر محلی[۸] انجام داده‌اند. روئیز و همکارانش [۴] روشی خودکار جهت استخراج خطوط ساحلی با استفاده از تصاویر Landsat TM ارائه کرده و نشان دادند که تصاویر با دقت متوسط ۳۰ متر، دقت مکانی کافی برای نمایش کلی خطوط ساحلی پویا را فراهم می‌کند.
در حال حاضر ابزارهای نرم‌افزاری مطمئن و سریع جهت استخراج اتوماتیک خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی موجود نمی‌باشد. در سه دهه گذشته، از تئوری مجموعه فازی بطور گسترده در بهبود آنالیز تصویرهای سنجش از دور استفاده شده است [۱۲، ۱۳]. محققین متعددی منطق فازی را برای اجرای طبقه‌بندی نظارت نشده و آشکارسازی تغییرات [۱۴، ۱۵، ۱۶]، طبقه‌بندی نظارت شده [۱۲] و ترکیب تصاویر برای بهبود دقت طبقه‌بندی بکار گرفته‌اند [۱۷، ۱۸].

در این مقاله روشی جدید بر پایه منطق فازی جهت استخراج خطوط ساحلی از تصاویر بارزسازی شده پانکروماتیک ماهواره آیکنوس ارائه شده است. این روش از اطلاعات رنگی موجود در تصویر استفاده می‌کند و شامل سه مرحله می‌باشد:
- قطعه‌بندی براساس کلاسهای c-partition فازی و معیار شباهت رنگی در فضای رنگهای اصلی
- طبقه‌بندی نواحی خشکی و آبی
- حذف نویز و استخراج خط ساحلی

## ۲- روش اجرا

شکل ۱ نمایی کلی از روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. قطعه‌بندی تصویر شامل تقسیم تصویر چند طیفی به نواحی یکسان بر پایه همگن بودن رنگ و مطابق با عوارض مورد نظر می‌باشد [۱۹]. در این مطالعه عوارض مورد تفکیک نواحی آبی و خشکی‌اند. روش پیشنهادی شامل مراحل اصلی زیر می‌باشد:

الف) بررسی آنالیز هیستوگرام رنگ به منظور تعیین تعداد کلاسها
ب) استفاده از قطعه‌بندی فازی جهت تقسیم‌بندی تصویر مورد نظر به دسته های همگن
ج) استفاده از فیلتر مرفولوژی جهت از بین بردن نویز در تصویر کلاسه‌بندی شده
د) تعیین خطوط ساحلی به‌وسیله آستانه‌گذاری
ه) استخراج خودکار خطوط ساحلی و ارزیابی دقت روش پیشنهادی با تعریف ناحیه بافری




**شکل ۱- فلوچارت روش پیشنهادی**

### ۲-۱- آنالیز هیستوگرام رنگ

از آنجا که روش هیستوگرام رنگ از پیچیدگی کم و کارایی بالا برخوردار بوده، از این روش در آنالیز تصویر رنگی استفاده شد [۱۹]. هیستوگرام رنگ توزیع آماری رنگها در یک تصویر را نمایش می‌دهد. روش عمومی برای بدست آوردن هیستوگرامهای رنگی در فضای رنگی *RGB*، تقسیم فضا به تعدادی محدوده و محاسبه توزیع رنگها در این محدوده‌ها است. در این مقاله از هیستوگرام رنگ برای تعیین تعداد کلاسترهای تصویر استفاده شد تا یک خلاصه سازی از توزیع رنگها در تصویر ایجاد شود.
در فضای رنگی *RGB*، یک رنگ با ترکیبی از سه جزء اصلی آن نمایش داده می‌شود. این مدل از یک سیستم مختصات با سه محور عمود بر هم که هر جزء اشاره به



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

یک محور داشته، با شروع از مبدأ و افزایش در طول محور تشکیل یافته است.

هر رنگ در فضای رنگی $RGB$ می‌تواند فقط مقادیر گسسته بین صفر تا ۲۵۵ (اگر برای هر رنگ ۸ بیت در نظر گرفته شود) را داشته باشد. ساختار فضای رنگ را می‌توان توسط یک مکعب نشان داد. بنابراین هر رنگ می‌تواند به‌سادگی با مقادیر قرمز و آبی و سبز یا مختصات مکعب رنگی تعریف شود [۲۰].

اگر فضای رنگی $RGB$ به $i$ محدوده رنگی تقسیم گردد، می‌توان هیستوگرام رنگی تصویر با $n$ پیکسل را به‌صورت یک بردار (رابطه (۱)) نمایش داد. در این رابطه $h_i$ آماره رنگهای موجود در تصویر را در برداشته و با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$H = [h_1, h_2, ..., h_{i-1}] \qquad (۱)$$

$$h_i = \frac{n_i}{n} \qquad (۲)$$

$n_i$ نمایانگر تعداد پیکسلها در محدوده رنگی $i$ است.

فضای رنگی $RGB$، با ۲۴ بیت در هر پیکسل و ۸ بیت برای هر جزء قرمز، آبی و سبز نمایش داده می‌شود که در طول سه محور مربوطه با تعداد $N_R$، $N_G$ و $N_B$ مشخص می‌شود. تعداد کل محدوده‌های رنگی بصورت $N = N_R \times N_G \times N_B$ است.

برای هر محدوده شاخصی بصورت رابطه (۳) معرفی می‌شود، بطوریکه:

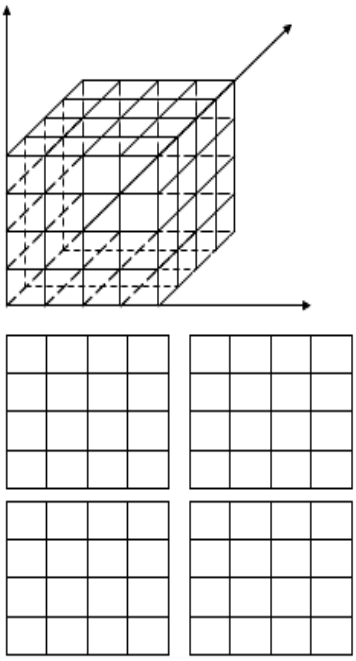
$R = 0, 1, \ldots, N_{R-1}$
$G = 0, 1, \ldots, N_{G-1}$
$B = 0, 1, \ldots, N_{B-1}$

$$i = R + N_G \times G + N_B{}^2 \times B \qquad (۳)$$

پیکسل با رنگ $(r, g, b)$ مطابق رابطه (۴) در محدوده ای با اندکس $i$ خواهد بود. در این رابطه علامت $\lfloor \ \rfloor$ معرف عملگر انتگرال است.

$$i = \left\lfloor \frac{rN_R}{256} \right\rfloor + N_G \times \left\lfloor \frac{gN_G}{256} \right\rfloor + N_B{}^2 \times \left\lfloor \frac{bN_B}{256} \right\rfloor \qquad (۴)$$

شکل ۲ نشان‌دهنده نمونه ای از تقسیم فضای رنگی RGB با $N_R = N_G = N_B = 4$ می‌باشد. در این مثال تعداد ۶۴ محدوده بدست آمده است.



**شکل ۲ - تقسیم فضای رنگی سه مؤلفه‌ای**

### ۲-۲- قطعه بندی براساس کلاسهای فازی (Fuzzy c-partition)

یک تصویر رنگی با $n$ پیکسل در فضای رنگی $RGB$ می‌تواند به‌عنوان یک مجموعه برداری و بصورت رابطه (۵) نمایش داده شود.

$$v = \{v_1, ..., v_j, ..., v_n\} \qquad (۵)$$

$v_j = (vr_j, vg_j, vb_j)$ یک بردار رنگی از پیکسل $j$ام و $vr_j$, $vg_j$ و $vb_j$ سه جزء رنگی قرمز، آبی و سبز آن می باشند. درجه عضویت فازی پیکسل $v_j$ متعلق به کلاستر $i$ ام معادل $p_{ij} \in [0,1]$ بوده و بصورت رابطه (۶) نمایش داده می‌شود [۲۱].

$$p = [p_{ij}],\ i = 1, 2, \cdots, c \quad j = 1, 2, \cdots, n \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{c} p_{ij} = 1 \qquad \text{for all } j = 1, 2, \ldots, n \qquad (۷)$$

$$0 < \sum_{j=1}^{n} p_{ij} < n \quad \text{for all } i = 1, 2, \ldots, c \qquad (۸)$$



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

$c$ بیانگر تعداد دسته‌های طبقه‌بندی بوده و روابط (۷) و (۸) قیود لازم می‌باشند.

مقدار عددی درجه عضویت هر پیکسل را می‌توان از روابط زیر محاسبه نمود [۲۲].

$$p_{ij} = \frac{\mu(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j)^{\frac{1}{m-1}}}{\sum_{k=1}^{c} \mu(\mathbf{vc}_k, \mathbf{v}_j)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (۹)$$

$$\mu(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j) = \exp(-k_1 d(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j)) \times \cos(k_2 \theta(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j)) \quad (۱۰)$$

$$d(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j) = \sqrt{(vc_{ri} - v_{rj})^2 + (vc_{gi} - v_{gj})^2 + (vc_{bi} - v_{bj})^2} \quad (۱۱)$$

$$\theta(\mathbf{vc}_i, \mathbf{v}_j) = \arccos\left( \frac{vc_{ri}v_{rj} + vc_{gi}v_{gj} + vc_{bi}v_{bj}}{\sqrt{(vc_{ri}^2 + vc_{gi}^2 + vc^2{}_{bi})(v_{rj}^2 + v_{gj}^2 + v_{bj}^2)}} \right) \quad (۱۲)$$

$\mu(vc_i, v_j)$ معیار شباهت بین بردار $vc_i$ (بردار مرکزی کلاس $c$) و $v_j$ می‌باشد. $m \in (1, \infty)$ وزن توانی روی عضویت فازی است. $k_1$ و $k_2$ مقادیر ثابت و $d(vc_i, v_j)$ و $\theta(vc_i, v_j)$ فاصله و زاویه بین $vc_i$ و $v_j$ می‌باشند.

در این مقاله از قطعه‌بندی فازی جهت یافتن مجموعه بردار مرکزی و محاسبه ماتریس c-partition فازی با استفاده از مجموعه مراکز استفاده شده است. بدین منظور ابتدا هر کلاستر یک بردار مرکزی را در فضای رنگی $RGB$ تعیین کرده، سپس شباهت بین $vc_i$ و $v_j$ که مشخص‌کننده عضویت فازی $v_j$ متعلق به $i$ امین کلاستر می‌باشد، با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود. لازم به ذکر است که بردارهای مرکزی کلاس‌های $c$ بصورت $vc = \{ vc_1, vc_2, ..., vc_c \}$ مشخص می‌شوند.

تعیین بهترین c-partition فازی نیازمند تعیین تعداد کلاسترها است. در روش پیشنهادی این مقاله تعداد کلاس‌ها با روش هیستوگرام بدست می‌آید و با توجه به تعداد نواحی تعیین شده، تابع هدف $J_m(p,vc)$ بهینه می‌گردد. در حال حاضر تعدادی الگوریتم برای حل مسائل بهینه سازی نظیر branch-and-bound approach [۲۳]، integer programming [۲۴]، simulated annealing [۲۵] و الگوریتم ژنتیک [۲۶، ۲۷] ارائه شده‌اند. در این تحقیق برای تعیین بهترین c-partition فازی از الگوریتم ژنتیک استفاده شده است.

یکی از اساسی‌ترین مشکلات روشهای بهینه‌سازی معمول که با روندی تکراری همگرا می‌شوند، وابستگی نتایج به موقعیت نقاط اولیه جستجو است. در مقابل، نتایج حاصل از روشهای مبتنی بر الگوریتم ژنتیک مستقل از موقعیت نقاط اولیه جستجو هستند. زیرا این روشها از جستجوی موازی فضای جواب و از تعداد نسبتا زیادی از نقاط فضای جستجو به‌عنوان جمعیت اولیه، استفاده می‌کنند.

الگوریتم ژنتیک علاوه بر ایجاد راه‌حل‌های جامع، حتی برای مقوله‌های جستجوی پیچیده نیز جواب‌های مناسب را بسرعت تعیین می‌کند. همچنین الگوریتم ژنتیک، برخلاف روشهای موجود جستجوی مستقیم، در جوابهای بهینه محلی متوقف نشده و بهترین جواب عمومی مسأله را مستقل از نقاط جستجوی اولیه تعیین می‌نماید.

تعیین بهترین جواب برای کل مسأله و عدم توقف در بهینه‌های محلی، استقلال جواب حاصل از موقعیت نقاط اولیه جستجو، امکان بکارگیری آن برای حل مسایل با پیچیدگی زیاد و نیز سرعت بالای الگوریتم ژنتیک در همگرایی و رسیدن به جواب بهینه، مهمترین دلایل انتخاب این روش برای بهینه‌سازی بوده است.

### ۲-۲-۱- استفاده از الگوریتم ژنتیک برای قطعه بندی تصویر

الگوریتم ژنتیک یک روش بهینه‌سازی با بهره‌گیری از جستجوی موازی فضای جواب می‌باشد. این روش با ایجاد ارتباط میان راه‌حل‌ها، جواب بهتر را از میان تمامی جوابهای ممکن استخراج می‌نماید [۲۶]. در الگوریتم ژنتیک هر راه‌حل توسط یک رشته به نام کروموزوم نمایش داده می‌شود.

دراین مقاله الگوریتم ژنتیک برای قطعه‌بندی تصویر بصورت زیر طراحی شده است:



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

**کرومزوم**: مطابق شکل ۳، کرومزوم در یک جمعیت به وسیله یک رشته‌برداری شامل $c$ بردار مرکزی متناسب با $c$ کلاستر در نظر گرفته می‌شود.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $vc_1$ | $vc_2$ | ... | $vc_j$ | ... | $vc_n$ |

**شکل ۳- تصویر کرومزوم و ژن‌ها**

**جمعیت اولیه:** جمعیت اولیه به نحوی ساخته می‌شود که بردارهای مرکزی در هر کرومزوم بطور تصادفی از محدوده‌هایی با بیشترین تعداد پیکسل انتخاب گردند. تعداد کرومزوم‌ها در یک جمعیت در حدود ۲۰ تا ۵۰ و با توجه به تصویر در نظر گرفته می‌شود.

**ارزش گذاری:** جهت استفاده از الگوریتم ژنتیک، لازم است یک تابع هدف برای هدایت الگوریتم به سمت جواب بهینه، تعریف گردد. در این مقاله ارزش هر کرومزوم با تابع هدف رابطه (۹) تعیین می‌شود.

**عملگرهای ژنتیک:** در این مقاله از روش چرخ رولت برای عملگر انتخاب استفاده شده است. در این روش احتمال انتخاب هر کرومزوم متناسب با مقدار شایستگی آن می‌باشد. از عملگر تقاطع با یک نقطه برش و نیز عملگر جهش جهت جلوگیری از انتخاب بهینه‌های محلی استفاده شده است.

**تابع هدف:** تابع هدف $J_m(p,vc)$ بصورت زیر است.

$$J_m(p,vc)=\sum_{i=1}^{c}\sum_{j=1}^{n}p_{ij}^{m}\mu(\mathbf{vc}_i,\mathbf{v}_j) \qquad (۱۳)$$

پارامترهای این رابطه در بخش ۲-۲ معرفی شده‌اند. طراحی و اجرای فرآیند جستجو که بوسیله $J_m$ کنترل می‌شود، سبب می‌گردد تا بهترین $vc$ مطابق با بهترین c-partition محاسبه گردد.

**شرط توقف:** الگوریتم ژنتیک تا زمانی تکرار می‌شود که شرط توقف حاصل گردد. شرط توقف در این تحقیق بصورت شرط پویا در نظر گرفته شده است. بدین صورت که اگر بهبودی در میزان تابع هدف تا قبل از تکرار مشخص که صد نسل در نظر گرفته شده است رخ ندهد، الگوریتم متوقف می‌شود و در غیر اینصورت تکرار تا نسل صدم ادامه می‌یابد.

### ۲-۳- عمل فیلتر

به دلیل پیچیدگی تصاویر با قدرت تفکیک بالا، استخراج عوارضی چون نواحی آب و خشکی پس از قطعه‌بندی، اغلب با مشکلاتی همراه می‌باشد. برای مثال اشیاء غیر آبی نظیر کشتی به‌عنوان خشکی طبقه‌بندی می‌شوند. جهت جلوگیری از بروز این موارد، فیلتر مرفولوژی دوتایی[۹] استفاده گردیده تا در تصاویر تقسیم‌بندی شده عوارض نامطلوب حذف شوند [۲۸].

ترکیبات مناسب عملگرهای مرفولوژی دوتایی نظیر انبساط و انقباض می‌بایست بسته به شکل عوارض نامطلوب انتخاب شوند. الگوریتم بسته شدن[۱۰] برای از بین بردن نویزها در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

### ۲-۴- استخراج خط ساحلی

در این تحقیق، و برای تعیین مرزخشکی و آب یک الگوریتم مرز بندی[۱۱] طراحی شد که در آن با استفاده از ۸ پیکسل همسایه، پیکسلهای پیرامون ناحیه مرزی از رابطه (۱۴) محاسبه می‌شوند.

$$N(p)=\sum_{i=0}^{7}p_i \qquad 0<N(p)<8 \qquad (۱۴)$$

در رابطه فوق $N(p)$ تعداد همسایه‌های هم‌نوع $p$ است. شکل ۴ آرایش همسایه‌ها را برای هر پیکسل نمایش می‌دهد.

| | | |
|---|---|---|
| $p_7$ | $p_0$ | $p_1$ |
| $p_6$ | $p$ | $p_2$ |
| $p_5$ | $p_4$ | $p_3$ |

**شکل ۴- آرایش ۸ همسایه**

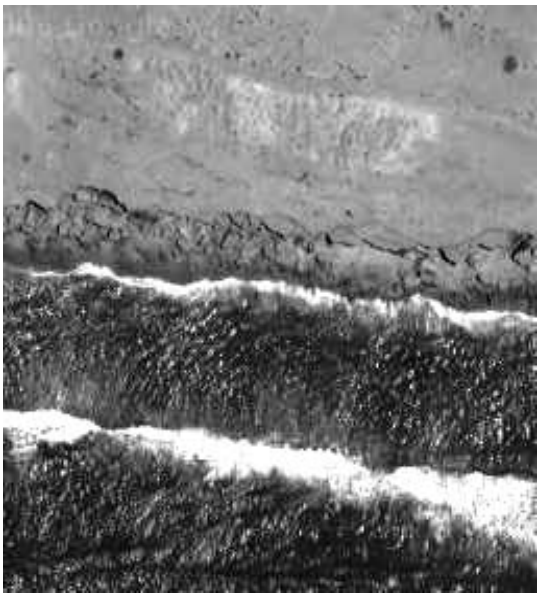
## ۳- پیاده سازی

روش پیشنهادی برای استخراج اتوماتیک خطوط ساحلی و مرز بین خشکی و دریا روی یک تصویر نمونه اجرا شده است. بدین منظور از تصاویر آیکنوس استفاده



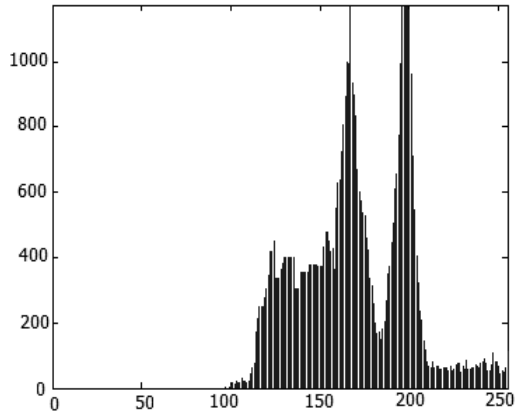
[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

گردید. تصویر مورد استفاده دارای ۲۵۶ در ۲۵۶ پیکسل بوده و ترکیبی از سه رنگ قرمز، آبی و سبز است. این تصویر بصورت هندسی تصحیح و دارای سیستم تصویر UTM می‌باشد (شکل ۵).



**شکل ۵- تصویر آیکنوس استفاده شده**

آنالیز هیستوگرام برای تصویر مورد نظر انجام گرفت تا تعداد کلاسترها مشخص گردد. جهت تعیین تعداد کلاسترها بایستی تعداد قله‌های موجود در هیستوگرام و تغییرات ناگهانی مبنا قرار گیرند که بدین منظور از یک حد آستانه (عدد ۵۰۰) برای تعیین تعداد کلاسترها استفاده گردید (شکل ۶). تغییرات کوچکتر از این مقدار می‌تواند ناشی از خطاها و تغییرات کوچک موجود در تصویر باشند. در صورت در نظر گرفتن تغییرات جزئی به‌عنوان کلاستر جدید، علاوه بر بزرگ شدن طول کروموزومها و افزایش حجم عملیات، تعداد کلاسترها بصورت غیر واقعی افزایش یافته و بیشتر از عوارض موجود در منطقه می‌شود که نهایتا منجر به تلفیق کلاسترهای مشابه خواهد شد.




**شکل ۶- هیستوگرام مربوط به تصویرمورد مطالعه**

همانطور که در هیستوگرام بالا مشاهده می‌شود، دو قله قابل تشخیص بوده بنابراین تعداد کلاسترها دو می‌باشد. بدین ترتیب کرومزومها بایستی از ۶ ژن تشکیل یابند.

در مرحله بعد تصویر توسط الگوریتم قطعه‌بندی فازی جزء به جزء گردید. پس از بررسی ترکیبات مختلف پارامترهای $k_1$ و$k_2$ (که به‌عنوان مقادیر ثابت رابطه (۱۰) معرفی می‌شوند) مقادیری معادل ۰.۲ و ۰.۰۰۰۱ بترتیب در نظر گرفته شدند.

برای ایجاد تناسب بین دو پارامتر دقت و زمان محاسبات، اندازه جمعیت اولیه ۳۰ و حداکثر تعداد تکرار برای توقف ۱۰۰ در نظر گرفته شد. البته در عمل با توجه به اینکه شرط فعال برای توقف الگوریتم استفاده گردیده است، پروسه تکرار به مرحله ۱۰۰ نمی‌رسد و قبل از آن الگوریتم به وضعیت پایدار رسیده و متوقف می‌شود. در این تحقیق وضعیت پایدار به صورت تغییرکمتر از ۵٪ سازگاری برای ۵ تکرار متوالی تعریف شده است.

مقایسه تصویر حاصل (شکل۷) با تصویر اولیه نشانگر تقسیم کل تصویر به دو ناحیه خشکی و دریا است. در صورتیکه تعداد کلاسترهای تعیین شده توسط هیستوگرام بیش از دو کلاس باشد، با تلفیق کلاسها می‌توان به ۲ کلاس خشکی و دریا و در نتیجه مرز بین آنها رسید.

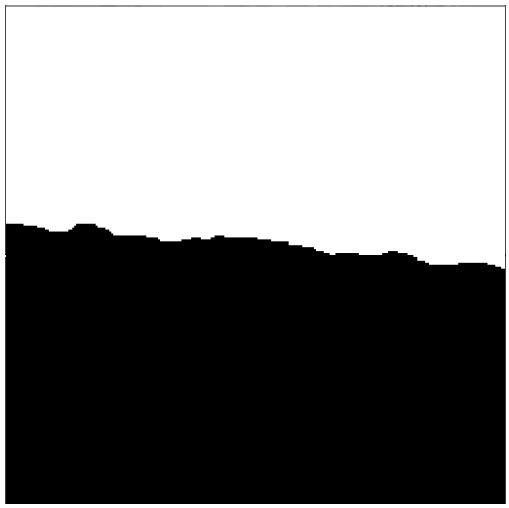


[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]



**شکل ۷- تصویر حاصل ازقطعه‌بندی فازی**

همانطور که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، نقاط سیاه در نواحی سفید و بالعکس وجود دارند که برای حذف این پیکسلهای نویز، عملگر مرفولوژی دوتایی بسته شدن (برای پر کردن گودالها و حذف نویزها) بکار گرفته شد. شکل ۸ نشان دهنده نواحی همگن خشکی و نواحی همگن دریا پس از استفاده از فیلترمربعی با طول ۳ پیکسل است.



**شکل ۸- تصویر حاصل از قطعه‌بندی پس از حذف نویز**

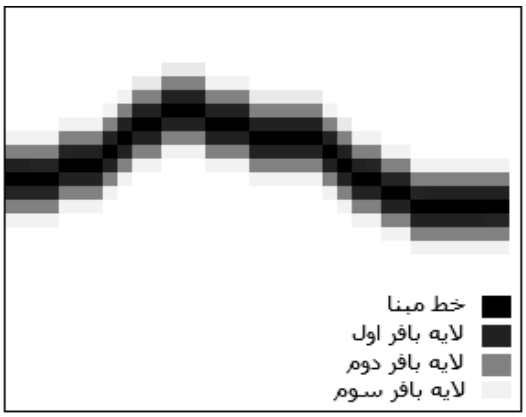
بدین ترتیب مرز بین خشکی و دریا بوسیله الگوریتم آستانه‌گذاری استخراج گردید. در شکل ۹ مرز استخراج شده روی تصویر اصلی نشان داده شده است.



**شکل ۹- خط مرزی استخراج شده بر روی تصویر اولیه**

## ۴- ارزیابی نتایج

استفاده از روشهای بصری یکی از روشهای متداول جهت مقایسه نتایج حاصل از استخراج خودکار و داده‌های مبنا می‌باشد. با توجه به اینکه مرز بین خشکی و آب در تصویر مرز لحظه‌ای بوده که پیوسته دستخوش تغییرات می‌باشد، تعیین آن بعنوان مرز خشکی و آب و نیز ارزیابی نتایج حاصل دشوار است. لذا در این تحقیق، برای ارزیابی نتایج الگوریتم پیشنهادی از حریمی چند پیکسلی اطراف خط مرزی لحظه‌ای استفاده شد [۲۹]. در این روش بافرهایی به عرض ۱ پیکسل برای عارضه مبنا در نظر گرفته می‌شود و خط ساحلی استخراجی با مجموعه یک تا چهار لایه بافر عارضه مبنا مقایسه می‌گردد. در این تحقیق از ۳ لایه بافر یک پیکسلی حول خط مرزی استخراج شده دستی مطابق شکل ۱۰ استفاده شده است.




**شکل ۱۰- قسمتی از خط مبنا با سه لایه بافری**

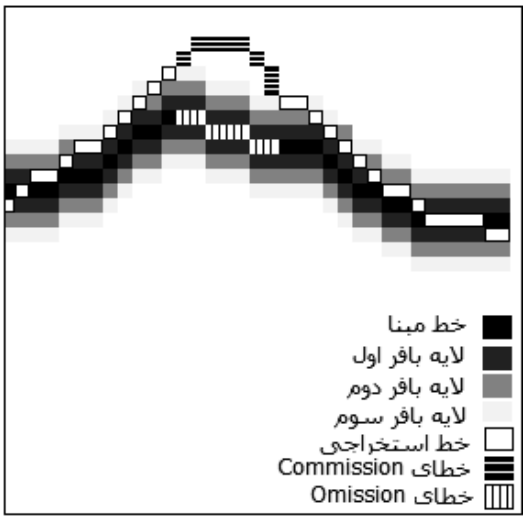


[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

جهت ارزیابی کمی، محاسبه مقدار خطای کمیسیون[12] و خطای از دست رفتگی[13] ضروری است.

خطای کمیسیون که در شکل ۱۱ مشخص شده است، بصورت نسبت تعداد پیکسل‌های استخراج خودکار که در ناحیه بافری خط مبنا قرار ندارند، به تعداد کل پیکسلهای استخراج خودکار تعریف می‌شود.

خطای از دست رفتگی که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، بیانگر نسبت تعداد آن دسته از پیکسلهای خط مبنا که هیچ یک از لایه‌های بافری آنها شامل خط استخراج خودکار نیست، به تعداد کل پیکسلهای خط مبنا می‌باشد.




**شکل ۱۱- نمایش خط استخراج خودکار و خطاها**

مقدار خطای کمیسیون استخراج خودکار مطابق الگوریتم ارائه شده در این مقاله ۴.۵٪ و خطای از دست رفتگی ۳.۵٪ محاسبه شده است که خطوط استخراجی حدود ۹۵٪ بر محدوده بافر سه پیکسلی خط مبنا منطبق است. فراوانی نسبی پیکسل‌های صحیح روی خط مبنا ۱۸.۲٪ و فراوانی نسبی پیکسل‌های منطبق بر بافرهای اول، دوم و سوم به ترتیب ۲۸.۷٪، ۳۱.۶٪ و ۱۶.۳ ٪ است. فراوانی نسبی پیکسل‌های خارج از محدوده سه بافری ۵.۱٪ می‌باشد.

میانگین تفاوت خط استخراج شده توسط این الگوریتم با محدوده خط مبنا تقریبا یک پیکسل می‌باشد.

## ۵- نتیجه گیری

در روش ارائه شده، استخراج خطوط ساحلی بطور اتوماتیک از تصاویر آیکنوس بارزسازی شده پانکروماتیک انجام گرفت. نوآوری این روش در استفاده از الگوریتم‌های تقسیم‌بندی فازی است که آنالیز هیستوگرام و الگوریتم ژنتیک را بطور اتوماتیک با هم تلفیق کرده و نیازی به مشخص نمودن خطوط ساحلی بصورت دستی نمی‌باشد.

این الگوریتم بر پایه ایده‌ای از c-partition فازی و ترکیب آن با آنالیز هیستوگرام رنگ و الگوریتم ژنتیک برای حل مساله قطعه‌بندی تصویر رنگی ایجاد شده است. مراحل انجام روش پیشنهادی به شرح زیر است:

۱. بکارگیری آنالیز هیستوگرام رنگ جهت تعیین تعداد گروههای تصویر رنگی

۲. قطعه‌بندی فازی جهت تقسیم‌بندی تصویر به کلاسترهای همگن

۳. حذف نویز بوسیله عملگر بسته شدن مرفولوژی و

۴. تعیین مرز بین خشکی و آب

الگوریتم با استفاده از تصاویر آیکنوس که مربوط به منطقه کنارک در چابهار ایران می‌باشد، ارزیابی شد. نتیجه این ارزیابی نشان داد که میانگین تفاوت خط استخراج شده توسط این الگوریتم با محدوده خط مبنا تقریبا یک پیکسل می‌باشد. لازم به ذکر است که مرز بین خشکی و آب در تصویر، مرز لحظه‌ای بوده که پیوسته دستخوش تغییرات می‌شود. بنابراین، تعیین این مرز به‌عنوان مرز خشکی و آب و نیز ارزیابی نتایج آن دارای پیچیدگی‌هایی بوده که حتی با در نظر گرفتن این امر، ارزیابی نتایج کار دشواری است. در نظر گرفتن بافرهای چند پیکسلی اطراف خط مرزی لحظه‌ای به بهبود کیفیت ارزیابی نتایج کمک شایانی نمود.

از آنجا که استخراج اتوماتیک خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره ای با قدرت تفکیک بالا به دلیل عواملی همچون امواج سطح اقیانوس، ساختار ساحلی و سایه‌ها و مغایرت کم بین آب و خشکی بسیار مشکل است، نقش ناظر انسانی در استخراج خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا نظیر GeoEye-1 (0.4 m) و GeoEye-2 (0.25 m) حذف



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

ناشدنی است. از آنجائیکه ماهواره‌های تصویر برداری اپتیکی قادر به جمع‌آوری تصاویر چند طیفی در هوای بسیار بد نظیر بارندگی شدید یا طوفان نمی‌باشند، برای غلبه بر این مشکلات تحقیقات بر روی استفاده از تصاویر SAR متمرکز شده است.

این نوع تصویر برداری فعال مایکرویو به چند دلیل مورد استقبال می‌باشد که مهمترین آن امکان استفاده در شرایط مختلف جوی است. علاوه بر موارد یاد شده، ارائه روشهای مناسب و کارا برای حذف نویز، به منظور رسیدن به کلاس‌بندی مناسبتر، امری مهم بوده که به عنوان کارهای آتی می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد. در نهایت مطالعات بعدی بر ایجاد الگوریتم‌ها و ابزار نرم‌افزاری جدید جهت استخراج اتوماتیک خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره ای SAR با قدرت تفکیک بالا جهت نمایش پویای خطوط ساحلی استوار می‌باشد.

**کلید واژگان**

1-Panchromatic(PAN)
2-Multispectral(MS)
3-Pansharpening
4-Rational Function
5-IKONOS
6-National Oceanic and Atmospheric Administration/National Geodetic Survey
7-U.S. Geological Survey
8-Locally adaptive thresholding
9-Binary morphological filtering
10-Closing
11-Delineating
12-Commission error
13-Omission error

**۶- مراجع**

1-Green, D.R. and King, S.D., (2003), Coastal and Marine Geo-Information Systems: Applying the Technology to the Environment, Kluwer Academic Publisher.

2-Polngam, S., Sanguantrakool, T., Pricharchon, E. and Phoompanich, S., (2005), Remote sensing technology for tsunami disasters along the Andaman Sea, Thailand, Proceedings of the 3rd International Workshop on Remote Sensing for Post-Disaster Response, September 12-13, Chiba, Japan, pp 1-16.

3-Marfai, M.A., Almohammad, H., Dey, S., Susanto, B., King, L., (2008), Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia, Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 142, p.297-308.

4-Ruiz, L.A., Pardo, J.E., Almonacid, J. and Rodriguez, B., (2007), Coastline automated detection and multi-resolution evaluation using satellite images, Proceedings of Coastal Zone 07, Portland, Oregon, July 22-26, 5p.

5-Zhang, Y., (2004), Understanding image fusion, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, p.657-661.

6-Wang, Z., Ziou, D., Armenakis, C., Li, D. and Li, Q., (2005), Comparative analysis of image fusion methods, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 43, p.1391-1402.

7-Colditz, R.R., Wehrmann, T., Bachmann, M., Steinnocher, K., Schmidt, M., Strunz, G. and Dech, S., (2006), Influence of image fusion approaches on classification accuracy: A case study, International Journal of Remote Sensing, Vol. 27, p. 3311-3335.

8-Li, R., Di, K. and Ma, R., (2003), 3-D shoreline extraction from IKONOS satellite imagery, Marine Geodesy, Vol. 26, p.107-115.

9-Di, K., Wang, J., Ma, R. and Li, R., (2003), Automatic shoreline extraction from high-resolution IKONOS satellite imagery, Proceedings of ASPRS 2003 Annual Conference, Anchorage, Alaska, May 5-9, 2003, 11p.

10-Alesheikh, A., Ghorabali A. and Nouri, N., (2007), Coastline change detection using



[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]

remote sensing, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 4, p.61-66.
11-Liu, H. and Jezek, K.C., (2004), Automated extraction of coastline from satellite imagery by integrating Canny edge detection and locally adaptive thresholding methods, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, p.937-958.
12-Wang, F., (1990), Improving remote sensing image analysis though fuzzy information representation, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 56, p.1163-1169.
13-Ferdinando, Di.M, Vincenzo, L and Salvatore, S, (2010), A segmentation method for images compressed by fuzzy transforms, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 161, p.56-74.
14-Bezdek, J.C., Ehrlich, R and Full, W., (1984), the fuzzy c-means clustering algorithm, Computer & Geosciences, Vol. 10, p.191-203.
15-Fisher, P.F. and Pathirana, S., (1993), The ordering of multitemporal fuzzy land-cover information derived from Landsat MMS data, Geocarto International, Vol. 8, p.5-14.
16-Yu, Z., Oscar, C.A., Zou, R, Yu, W and Tian, J, (2010), An adaptive unsupervised approach toward pixel clustering and color image segmentation, Pattern Recognition, Vol. 43, p.1889-1906.
17-Mohan, B.K., Madhavan, B.B. and Gupta, U.M.D., (2000), Integration of IRS-1A L2 data by fuzzy logic approaches for landuse classification, International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, p.1709-1723.
18-Kang, S and Park, S, (2009), A fusion neural network classifier for image classification, Pattern Recognition Letters, Vol. 30, p.789-793.
19-Pratt, W. K., (1991), Digital Image Processing, 2nd edition, John Wiley & Sons.
20-Shapiro, L.G. and Stockman, G.C., (2001), Computer Vision, Prentice Hall.
21-Klir, G.J. and Yuan, B., (1995), Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Upper Saddle River, Prentice Hall.
22-Li, J., Li, Y., and Chapman, M.A., (2005), Small-format digital imaging for informal settlement mapping, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 71, p.435-442.
23-Winston, W.L., (1991), Introduction to Mathematical Programming: Applications and Algorithms, Duxbury Press.
24-Nemhauser, G.L. and Wolsey, L.A., (1998), Integer and Combinatorial Optimization, John Wiley & Sons.
25-Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. and Vecchi, M.P., (1983), Optimization by simulated annealing, Science, Vol. 220, p.671-680.
26-Liang, S and Jeffrey, D.J, (2009), Automatic computation of the complete root classification for a parametric polynomial, Journal of Symbolic Computation, Vol. 44, p.1487-1501.
27-Goldberg, D.E., (1989), Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley.
28-Gonzalez, R.C. and Woods, R.E., (1992), Digital Image Processing, Addison-Wesley.
29-Goodchild, M.F and Hunter, G.J., (1997), A simple positional accuracy measure for linear features, International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 11, p.299-306.

[ Downloaded from marine-eng.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.17357608.1389.6.11.3.2 ]