ارائه رویکردی نوین در بخش‌بندی تصاویر دیجیتال به‌وسیله الگوریتم ژنتیک و جنگل تصادفی

فریبا نمیرانیان و علی‌محمد لطیف*

دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده:

در این پژوهش رویکردی نوین برای بخش‌بندی تصویر بر اساس الگوریتم ژنتیک و جنگل تصادفی معرفی می‌شود. در بخش‌بندی تصویر سعی می‌شود، اجزای مختلف تصویر از یکدیگر جدا شوند. در این فرایند به‌تمامی پیکسل‌های داخل تصویر برچسبی داده‌می‌شود؛ به‌نحوی که پیکسل‌های با برچسب یکسان ویژگی‌های مشترکی را داشته‌باشند. در روش پیشنهادی این ویژگی‌ها با به‌کارگیری فیلترهای تصویری به‌دست آورده می‌شود. با ترکیب این ویژگی‌ها و با الگوریتم جنگل تصادفی به‌عنوان طبقه‌بند بخش‌بندی تصاویر انجام‌می‌شود. فیلترهای تصویری استفاده‌شده دارای تعدادی ابر پارامتر هستند که تنظیم درست این ابر پارامترها بر کارایی الگوریتم مؤثر است. در این مقاله انتخاب این ابرپارامترها به‌وسیله الگوریتم ژنتیک انجام‌می‌شود. ابرپارامترهای فیلترهای گابور به‌عنوان ژن‌های کروموزوم الگوریتم ژنتیک در نظر گرفته‌می‌شود. تابع برازندگی f1-score حاصل از اجرای الگوریتم جنگل تصادفی برای بخش‌بندی تصویر تعریف می‌شود. یافتن مقادیر مناسب ابرپارامترهای فیلترهای گابور و افزایش f1-score در بخش‌بندی تصویر نسبت به سایر روش‌های مورد بررسی از دستاوردهای این پژوهش است.

واژگان کلیدی: بخش‌بندی تصویر، الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جنگل تصادفی، فیلتر گابور، استخراج ویژگی

A New Approach for Digital Image Segmentation with Genetic Algorithm and Random Forest

Fariba Namiranian And Ali Mohammad Latif *

Department of Computer Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract:

In this study, a new method for image segmentation by genetic algorithms and random forest is resented. The main objective of image segmentation is to distinguish different components within an image, achieved by labeling pixels based on shared characteristics. In this novel approach, these distinguishing features are derived through the application of image filters (Gabor filters). The random forest algorithm is then employed as a classifier to perform image segmentation according to extracted features from these filters. The image filters utilized come with various hyperparameters, and tuning of these parameters significantly enhances the algorithm's performance.

The proposed methodology distinguishes itself by employing a genetic algorithm to fine-tune the hyperparameters of Gabor filters. In this context, the hyperparameters are treated as genes within the chromosome of the genetic algorithm. The success of this optimization is evaluated using f1-score, a metric derived from the random forest algorithm's execution in image segmentation. This step ensures that the selected hyperparameters contribute to optimal segmentation results. The achievement of this research lies not only in the implementation of this novel approach but also in surpassing the performance of other investigated methods through the enhancement of the f1-score in image segmentation.

* نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات

* Corresponding author

• تاریخ ارسال مقاله: ۱۳۹۸/۹/۲۸ • تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۱۵ • تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۷/۷ • نوع مطالعه: پژوهشی

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

Key to the success of the proposed method is the careful consideration of hyperparameters and their role in defining the characteristics crucial for accurate image segmentation. The use of genetic algorithms not only automates this parameter tuning process but also ensures that the algorithm adapts and evolves to find the most suitable values for the hyperparameters of Gabor filters. As a result, the research contributes to the broader field of image segmentation by providing a robust and effective methodology, demonstrating superior performance compared to alternative methods.

In conclusion, this study introduces an approach to image segmentation, leveraging the synergies between genetic algorithms, random forest, and image filters. The research not only emphasizes the importance of hyperparameter tuning but also showcases the effectiveness of the proposed methodology through the optimization of Gabor filter parameters. The overall impact of this work is evident in the improved f1-score achieved in image segmentation, establishing it as a noteworthy advancement in the field.

Keywords: Image Segmentation, Genetic Algorithm, Random Forest Algorithm, Gabor Filter, Feature Extraction

۱- مقدمه

بخش‌بندی تصویر یکی از فناوری‌های کلیدی در زمینه پردازش تصویر و بینایی ماشین است. بخش‌بندی تصویر به تقسیم یک تصویر به چند ناحیه مجزا بر اساس ویژگی‌هایی مانند رنگ، بافت و شکل هندسی اشاره دارد[۱].

بخش‌بندی تصویر به‌طور گسترده‌ای در کنترل صنعتی، تشخیص اشیا، دید هوشمند، سنجش از راه دور، حمل و نقل، تجزیه و تحلیل تصاویر پزشکی، نظامی و مهندسی کشاورزی کاربرد دارد[۵-۲].

انتخاب روش بخش‌بندی تصویر به نوع تصویر، روش تصویربرداری، عوامل متغیر و ثابت در تصویربرداری مثل نوفه و اطلاعات بافت بستگی دارد[۱]. تکنیک‌ها و الگوریتم‌های زیادی برای بخش‌بندی تصویر ارائه شده‌است که الگوریتم‌های فازی[۶]، یادگیری ماشین و یادگیری عمیق[۷]، شبکه عصبی مصنوعی[۸]، ژنتیک [۹]، بخش‌بندی مبتنی بر حد آستانه[۱۰]، بخش‌بندی مبتنی بر رشد ناحیه[۱۱] و الگوریتم‌های بخش‌بندی مبتنی بر لبه[۱۲] از جمله این تکنیک‌ها هستند.

در سال ۲۰۱۸ میلادی *جیانگ* و همکاران[۱]، رویکردی را برای بخش‌بندی تصاویر ماسه‌سنگ پیشنهاد کردند. بخش‌بندی تصاویر ماسه‌سنگ نخستین مرحله برای شناسایی و طبقه‌بندی کانی‌ها به‌شمار می‌آید. آن‌ها از این رویکرد برای بخش‌بندی سه نوع کانی به نام‌های کوارتز[۲]، فلدسپات[۳] و لیتیک[۴] استفاده کردند. در این روش از شبکه عصبی عمیق کانولوشنی بر روی تصاویر معدنی برچسب‌دار استفاده شد. آن‌ها در ابتدا تصاویر ماسه‌سنگ را به‌عنوان ورودی دریافت و سپس رویکرد سه‌مرحله‌ای خود را برای بخش‌بندی تصویر بر روی آن اعمال کردند. در مرحله نخست پیکسل‌های تصاویر را بر اساس ویژگی رنگ و مکان خوشه‌بندی کردند؛ پس از آن در مرحله دوم با آموزش یک شبکه عصبی کانولوشنی عمیق ویژگی‌های دیگری نیز استخراج شد. در گام سوم آن‌ها با به‌کارگیری الگوریتم خوشه‌بندی فازی پیکسل‌های بیش از حد قطعه‌شدهٔ مربوط به یک ناحیه را با یکدیگر ادغام کردند[۱۳].

در سال ۲۰۱۹ میلادی، *سانگ* و همکاران[۵] بر روی بخش‌بندی تصاویر سونار اسکن جانبی[۶] پرداختند، تصاویر سونار را می‌توان به سه دسته شیء - سایه[۷]، شیء - برجسته[۸] و بستر دریا تقسیم کرد. در این تصاویر نوفهٔ ضربه‌ای[۹] و ناهمگن‌بودن شدت روشنایی، بخش‌بندی تصاویر را دشوار می‌کند. آن‌ها برای بخش‌بندی تصویر از الگوریتم یادگیری ماشین افراطی[۱۰] به‌عنوان طبقه‌بند استفاده و برای یادگیری تطبیقی ویژگی‌های محلی و سراسری از تصاویر، از شبکه‌های عصبی کانولوشن[۱۱] استفاده کردند و بخش‌بندی تصویر را انجام دادند. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که روش بخش‌بندی تصاویر سونار اسکن جانبی که ویژگی‌های کانولوشنال را با یادگیری ماشین افراطی ترکیب می‌کند، بهتر از شبکه‌های عصبی کانولوشن معمولی و ماشین بردار پشتیبان عمل می‌کند[۱۴].

کوماری و همکاران در سال ۲۰۱۹، بخش‌بندی آستانه چند سطحی تصویر را با به‌کارگیری الگوریتم

[1] Feng Jiang
[2] Quartz
[3] Feldspar
[4] Lithic

[5] Yan Song
[6] Side Scan Sonar
[7] Object-shadow
[8] Object-highlight
[9] Speckle Noise
[10] Extreme Learning Machine
[11] Convolution Neural Network

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

ژنتیک بهبود دادند. آن‌ها مقدار آستانه را با به‌کارگیری هیستوگرام تجمعی حساب کردند و آزمایش‌های خود را بر روی مجموعه‌داده **MNIST** انجام دادند[۱۵].

ساها و همکاران در سال ۲۰۲۰، یک روش دومرحله‌ای را برای بخش‌بندی سه فاز بتن (حفره‌ها، سنگ‌دانه‌ها و ملات) با به‌کارگیری تصاویر اشعه ایکس[1] پیشنهاد کردند. در مرحله نخست از تکنیک آستانه‌گذاری مقدار خاکستری برای تشخیص حفره‌ها استفاده کردند. در مرحله دوم برای بخش‌بندی سنگ‌دانه و ملات، یک تکنیک مبتنی بر یادگیری ماشین ارائه دادند. آن‌ها با به‌کارگیری داده‌های آموزشی، روش رگرسیون لجستیک[2] و فاصله شعاعی از مرکز تصویر، یک مرز تصمیم‌گیری را مدل‌سازی کردند. آن‌ها پیش از شروع کار برای پیش‌پردازش تصاویر از فیلتر میانه برای حذف نوفه تصاویر خود استفاده کردند. پس از آن نیز برای اینکه رویکرد آن‌ها در مرحله پیداکردن حفره بهتر عمل کند لبه‌های تصویر را هموار کرده و پس‌زمینه تصاویر را حذف کردند[۱۶].

در سال ۲۰۲۲ میلادی *پاتیل* و همکاران، به بررسی رشد مغز نوزادان برای درک رشد عصبی آن‌ها در سال نخست تولد پرداختند. با توجه به رشد هرهفته‌ای مغز نوزادان و تفاوت‌های آن با مغز انسان بالغ، آن‌ها نتوانستند از تکنیک‌های مرتبط با مغز انسان بالغ استفاده‌کنند. آن‌ها برای بخش‌بندی تصاویر **MRI** مغز نوزادان، در یک مرحله پیش‌پردازش از روش حذف نوفه استفاده کردند. سپس با به‌کارگیری ۳۲ فیلتر گابور[3] و عملگرهای کنی[4]، گاوسی[5]، اسچر[6]، پریویت[7]، سوبل[8]، میانه و روبرتز[9] برای استخراج ویژگی استفاده کردند. پس از آن از الگوریتم جنگل تصادفی برای بخش‌بندی تصویر استفاده کردند [۱۷].

در سال ۲۰۲۲ میلادی *اسدی* و همکاران با توجه به اینکه تصویربرداری ابزار قدرت‌مندی برای تشخیص فراوانی مواد معدنی است و بخش‌بندی این تصاویر به‌صورت دستی زمان‌بر است، چارچوب هوشمندی را برای بخش‌بندی تصاویر مواد معدنی پیشنهاد کردند. آن‌ها ابتدا با به‌کارگیری فیلترهای تصویری مانند گاوسین، میانه و سوبل مرحله استخراج ویژگی را انجام دادند. پس از آن از دو الگوریتم‌جنگل تصادفی و الگوریتم **U-Net** برای بخش‌بندی تصاویر شش نمونه ماسه سنگ استفاده کردند[۱۸].

فاوزی و همکاران در سال ۲۰۲۳ میلادی رویکردی را برای بهینه‌سازی بخش‌بندی عروق خونی در تصاویر شبکیه چشم بیماران پیشنهاد دادند. تشخیص عروق خونی در این تصاویر می‌تواند برای شناسایی بیماری‌هایی همچون فشار بالای چشم، آب‌سیاه، درگیر شدن چشم با دیابت و بیماری‌های چشمی کاربرد داشته‌باشد. آن‌ها برای بخش‌بندی عروق خونی در تصاویر شبکیه چشم، پس از مراحل پیش‌پردازش و کاهش نوفه از فیلتر گابور برای تجزیه و تحلیل بافت و تشخیص عروق خونی استفاده کردند و پس از آن با به‌کارگیری الگوریتم **k-means** بهبودیافته، عروق خونی را در تصاویر بخش‌بندی کردند[۱۹].

در پژوهش‌های اشاره‌شده تعدادی ابر پارامتر وجود دارد که در آن‌ها از روش سعی و خطا برای تنظیم ابر پارامترها استفاده شده‌است. در این مقاله سعی شده‌است ابرپارامترهای فیلترهای گابور استفاده‌شده در بخش‌بندی به‌وسیله الگوریتم ژنتیک تنظیم شود.

ساختار مقاله بدین‌صورت است: در بخش دوم مفاهیم پایه الگوریتم ژنتیک، جنگل تصادفی و فیلتر گابور آورده می‌شود. روش پیشنهادی بخش‌بندی تصویر در بخش سوم ارائه می‌شود. بخش چهارم نتایج شبیه‌سازی الگوریتم پیشنهادی بر روی تصاویر نمونه نمایش داده‌می‌شود. نتیجه‌گیری مقاله در بخش پنجم مطرح خواهد شد.

۲- مفاهیم پایه

در این قسمت به معرفی الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جنگل تصادفی و فیلتر گابور که در رویکرد پیشنهادی استفاده شده‌است، پرداخته می‌شود.

۲-۱- الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک نخستین‌بار توسط *جان هلند*[10] در سال ۱۹۸۹ میلادی مطرح شد. این الگوریتم از جمله الگوریتم‌های جستجو به‌شمار می‌رود. این الگوریتم سیستم‌های تکاملی بیولوژیکی را شبیه‌سازی می‌کند.

الگوریتم ژنتیک با ایجاد یک مجموعه جواب ابتدایی به‌عنوان جمعیت اولیه تصادفی آغاز می‌شود. در این الگوریتم پاسخ‌های نامزد به‌گونه‌ای کدگذاری می‌شوند که در اجرای الگوریتم بتوان این پاسخ‌ها را به‌وسیله تابع

[1] X-ray
[2] Logistic Regression
[3] Gabor Filter
[4] Canny
[5] Gaussian
[6] Scharr
[7] Prewitt
[8] Sobel
[9] Roberts
[10] John Holland

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

برازندگی[1] ارزیابی کرد و سپس بر روی آن‌ها عملگرهای ژنتیکی مختلفی را به کار برد.

هر نامزد از مسأله توسط یک عضو از جمعیت به نمایش گذاشته می‌شود که به هر یک از اعضای جمعیت کروموزوم[2] می‌گویند. هر کروموزوم شامل رشته‌ای از اعداد است که هر یک از اعداد را ژن[3] می‌نامند. به جمعیت در زمان معلوم از اجرای الگوریتم نسل[4] اطلاق می‌شود. در هر تکرار از الگوریتم ژنتیک یک نسل جدید تولید و برازندگی هر یک از کروموزوم‌ها با توجه به تابع برازندگی محاسبه می‌شود.

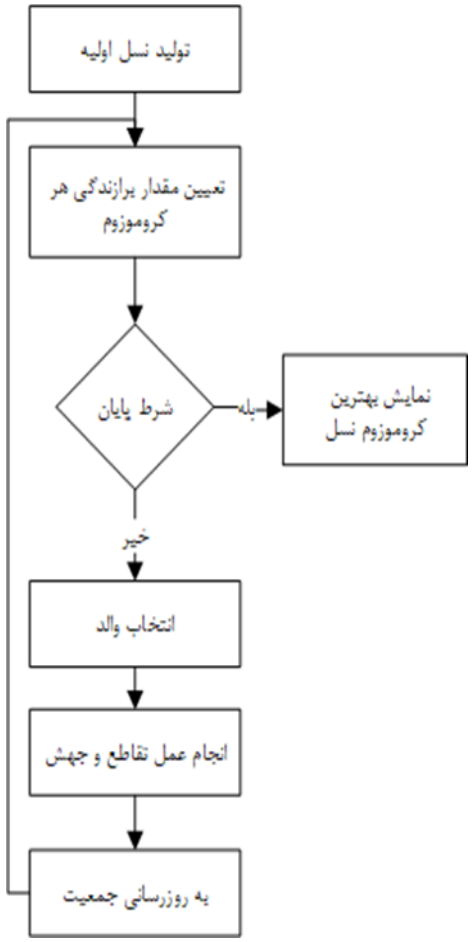
در فرایند تولید نسل بعد، عمل‌گرهای ژنتیک مانند عمل‌گر تقاطع[5] و جهش[6] بر روی کروموزوم‌ها با یک احتمال از پیش تعیین‌شده اعمال و به این ترتیب کرموزوم‌های نسل جدید تولید می‌شوند که به آن‌ها نوزاد[7] گفته‌می‌شود. در ادامه برازندگی هر یک از نوزادان محاسبه می‌شود و به‌وسیله یکی از روش‌های انتخاب، کروموزوم‌های بهتر گزینش و به نسل بعد منتقل می‌شوند.

اجرای الگوریتم ژنتیک این‌گونه دنبال می‌شود که کروموزوم‌های موجود در هر نسل توسط عمل‌گرهای ژنتیک سعی می‌کنند فضای جستجو را بهتر کاوش نمایند و مقدار برازندگی خود را افزایش دهند تا به این ترتیب بهترین راه‌حل‌ها پیدا شوند. برای درک بهتر الگوریتم ژنتیک در شکل (۱) آورده شده‌است.

در الگوریتم ژنتیک با توجه به کدگذاری مسئله عمل‌گرهای تقاطع و جهش متفاوتی انجام‌می‌شود. هنگامی که عمل‌گر تقاطع بر روی دو کروموزم اعمال می‌شود، با جابه‌جایی مقادیر به‌مرور زمان اطلاعات مفید نسل‌های گذشته به کروموزوم‌های جدید منتقل می‌شوند.

درعمل جهش هر ژن با احتمال از پیش تعریف‌شده، تغییر می‌کند و موجب حذف ژنی از مجموعه ژن‌های جمعیت می‌شود یا زنی که تا به حال وجود نداشته است به آن اضافه خواهد شد. توسط جهش می‌توان امید داشت که کروموزوم‌های خوبی که در مراحل انتخاب و یا تکثیر حذف‌شده‌اند، دوباره احیا شوند. به‌کارگیری جهش باعث می‌شود عمل کاوش در فضای جواب بهتر صورت گیرد. باید دقت شود فرزندان جدیدی که در هر نسل با به‌کارگیری تقاطع و جهش تولید می‌شوند، بررسی شوند تا محدودیت‌های مسئله را ارضا کنند[۲۰].

[1] Fitness Function
[2] Chromosome
[3] Gene
[4] Generation
[5] Cross Over
[6] Mutation
[7] Offspring



(شکل-۱): روند نمای الگوریتم ژنتیک
(Figure-1): The flowchart of Genetic Algorithm

۲-۲- الگوریتم جنگل تصادفی

جنگل تصادفی یکی از الگوریتم‌های یادگیری نظارت شده‌است که برای مسائل رگرسیون[8] و طبقه‌بندی کاربرد دارد. اساس کار این الگوریتم درخت تصمیم است. اگر درخت تصمیم بیش از حد عمیق باشد، ممکن است، دچار بیش‌برازش[9] شود. برای حل این مشکل جنگل تصادفی پیشنهاد شده‌است[۲۱].

جنگل تصادفی روشی است، برای میانگین‌گیری از درخت‌های تصمیم عمیقی که از قسمت‌های مختلف داده آموزشی ایجاد شده باشند. هدف از این روش کاهش واریانس و افزایش عملکرد مدل است. به‌عبارت دیگر، جنگل تصادفی تکنیکی است که عملکرد چندین درخت تصمیم را برای دسته‌بندی یا پیش‌بینی مقدار یک متغیر ترکیب می‌کند[۲۲]. زمانی که جنگل تصادفی بردار ورودی را دریافت می‌کند، جنگل تصادفی تعدادی درخت تصمیم ایجاد و سپس میانگین نتایج را محاسبه می‌کند.

[8] Regression
[9] Overfitting

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

۳-۲- فیلتر گابور

فیلترها نقش مهمی در پردازش تصویر دارند. یکی از این فیلترها، فیلتر گابور است که به نام دنیس گابور[1] نام‌گذاری شده‌است. فیلتر گابور یک فیلتر خطی است که در پردازش تصویر برای استخراج ویژگی و تحلیل بافت استفاده می‌شود. به این صورت که وجود محتوای فرکانسی خاصی را در جهت‌های مشخص در اطراف یک نقطه یا محل مشخص بررسی می‌کند[۲۳].

رابطه فیلتر گابور دارای دو جزء حقیقی و موهومی است. فیلتر گابور در رابطه (۱) نشان داده‌شده‌است:

$$g(x, y; \lambda, \Theta, \Psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(\frac{x^2 + \gamma^2 y^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(i\left(2\pi\frac{x}{\lambda} + \Psi\right)\right) \quad (۱)$$

در این رابطه λ طول موج سینوسی را نشان‌می‌دهد. θ نشان‌دهنده جهت‌گیری در تابع گابور است. Ψ نشان‌دهنده انحراف فاز است. σ انحراف‌معیار گاوسی و γ نسبت ابعاد و بیضی‌بودن تابع گابور را مشخص می‌کند.

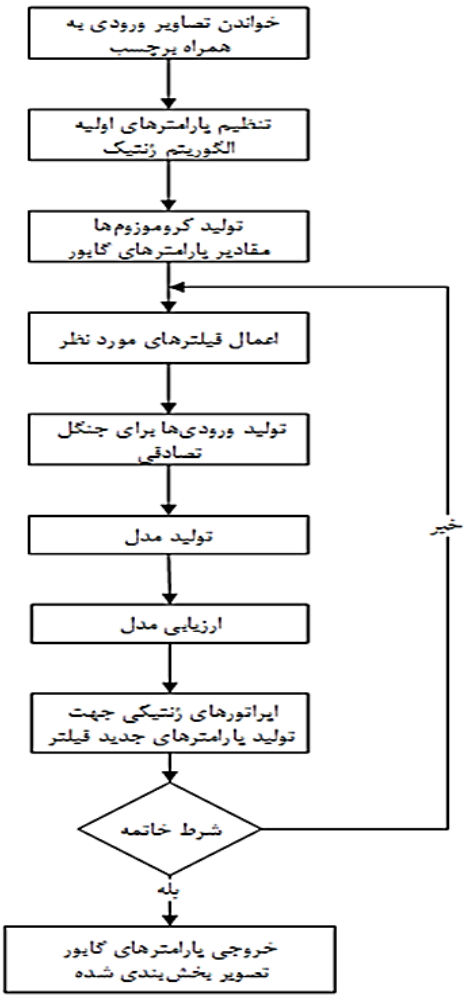
۳- روش پیشنهادی

در بخش‌بندی تصویر باید روش ارائه‌شده به‌گونه‌ای عمل کند که قسمت‌های مختلف تصویر را از هم جدا کند. در کارهای انجام‌شده قبلی این عمل توسط طبقه‌بند انجام شده‌است[۲۴]. الگوریتم پیشنهادی در شکل (۲) ارائه شده‌است.

در این الگوریتم ابتدا تصویر با فیلترهای مختلف تصویری مانند فیلترهای گابور، کنی، روبرتز، سوبل، اسچر، پریویت و گاوسی با تصویر ورودی کانوالو می‌شوند و ویژگی‌های مهم جهت بخش‌بندی تصویر استخراج می‌شود. سپس خروجی هر فیلتر به‌صورت ستونی، ورودی‌های الگوریتم طبقه‌بند را تشکیل می‌دهد.

با توجه به اینکه روش استفاده‌شده در بخش‌بندی با نظارت است، تصاویر مرحله یادگیری از قبل توسط فرد خبره بخش‌بندی شده‌است. این تصویر مشابه تصاویر ورودی به یک بردار ستونی تبدیل می‌شود. برای بیان شفاف‌تر مراحل انجام کار این روش در شکل (۳) ارائه شده‌است.

با توجه به اینکه فیلتر گابور فیلترهای مناسبی جهت استخراج ویژگی برای بخش‌بندی تصویر هستند از فیلتر گابور با ابرپارامترهای مختلف جهت انجام فیلترکردن تصویر استفاده می‌شود.



(شکل-۲): روند نمای رویکرد پیشنهادی
(Figure-2): The flowchart of proposed method

فیلتر گابور دارای ابرپارامترهای σ، λ، θ و γ است. در این روش این ابر پارامترها با الگوریتم ژنتیک به‌گونه‌ای محاسبه شوند که دقت بخش‌بندی خوبی به‌همراه داشته‌باشد.

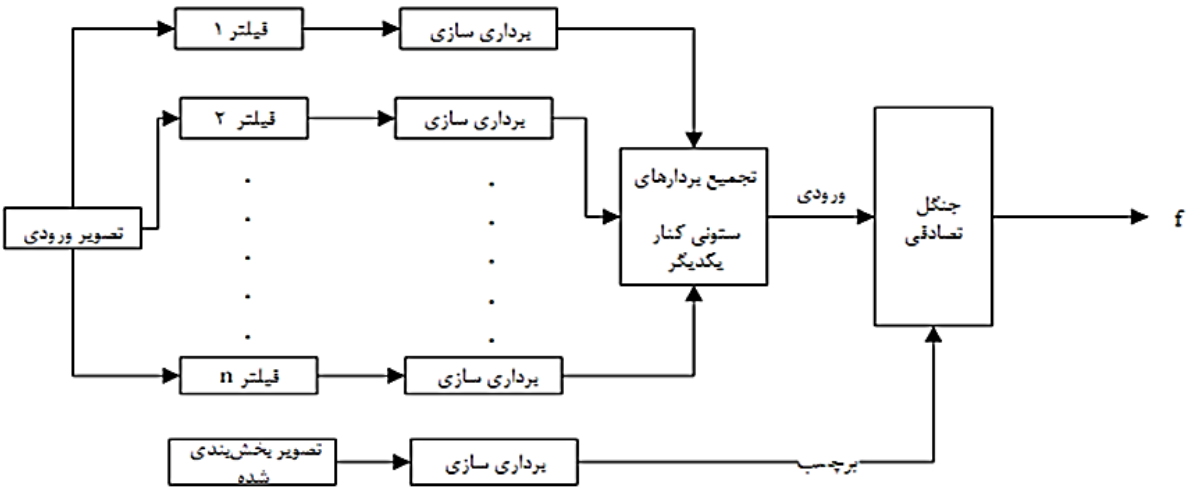
کروموزوم‌های الگوریتم ژنتیک، ابرپارامترهای فیلتر گابور می‌باشند. با توجه به اینکه این ابر پارامترها مقادیر پیوسته[2] دارند از الگوریتم ژنتیک پیوسته استفاده می‌شود. تعداد ژن‌های هر کروموزوم برابر با حاصل‌ضرب تعداد فیلترها و تعداد ابرپارامترهای فیلتر گابور است. یک نمونه از کروموزوم در شکل (۴) دیده‌می‌شود.

در رویکرد پیشنهادی پس از استخراج ویژگی دقت بخش‌بندی تصویر با به‌کارگیری الگوریتم جنگل تصادفی به‌دست آورده می‌شود و میانگین **f1-score** حاصل به‌عنوان برازندگی کروموزوم در نظر گرفته‌می‌شود. الگوریتم تا رسیدن به هم‌گرایی از پیش تعریف‌شده ادامه می‌یابد.

[1] Dennis Gabor

[2] Continuous

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]



(شکل-۳): روش پیشنهادی برای اعمال فیلتر بر تصاویر

(Figure-3): The proposed method of applying filter on images

θ_1	λ_1	σ_1	γ_1	.....	θ_n	λ_n	σ_n	γ_n

(شکل-۴): یک نمونه از کروموزوم

(Figure-4): The sample of chromosome

۴- نتایج و آزمایش‌ها

در این قسمت به توضیح مجموعه‌دادگان و مراحل پیاده‌سازی و ارزیابی پرداخته خواهد شد.

۴-۱- مجموعه‌دادگان

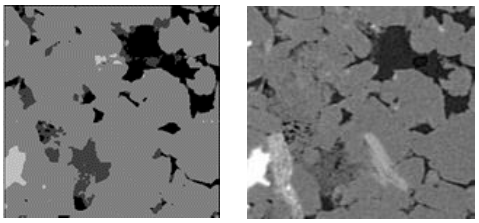
با توجه به کاربرد گستردهٔ بخش‌بندی تصاویر، رویکردهای ارائه شده برای بخش‌بندی بر روی مجموعه داده‌های متفاوتی از جمله **Brats**، **Iseg** و **Painting** اجرا شده‌است.

در کلیه آزمایش‌های مربوط به این مقاله از مجموعه‌دادگان[۲۵] استفاده شده‌است. این مجموعه شامل ۲۵۶ تصویر از ماسه‌سنگ و ۲۵۶ تصویر به‌عنوان برچسب است. نتایج آزمایش و شبیه‌سازی در ادامه و یک نمونه از این مجموعه به‌همراه برچسب آن در شکل (۵) آورده شده‌است.

۴-۲- شبیه‌سازی و ارزیابی نتایج

روش پیشنهادی بر روی رایانه‌ای با مشخصات هشت گیگابایت رم، پردازندهٔ هفت‌هسته‌ای و سیستم عامل ویندوز ۱۰ انجام شد. شبیه‌سازی با زبان پایتون و در محیط برنامه‌نویسی اسپایدر[1] صورت گرفت.

در شبیه‌سازی روش پیشنهادی از چهار فیلتر گابور استفاده شد؛ علاوه‌بر فیلترهای گابور از فیلترهای کنی، روبرتز، سوبل، اسچر، پریویت، گاوسی و میانه نیز برای استخراج بهتر ویژگی تصاویر استفاده شد. پارامترهای استفاده‌شده برای الگوریتم ژنتیک در جدول (۱) آورده شده‌است.



الف) تصویر اصلی **ب) برچسب تصویر**

a) original image **b) mask of image**

(شکل-۵): نمونه‌ای از مجموعه دادگان

(Figure-5): sample of data set

(جدول-۱):پارامترهای الگوریتم ژنتیک در بخش‌بندی تصویر

(Table-1): parameters of genetic algorithm in image segmentation

Population size	30
Crossover probability	0.8
Mutation probability	0.09
Selection method	Roulette wheel
Crossover method	Uniform crossover
Number of epochs	50

[1] Spyder

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

برای عملگر انتخاب در الگوریتم ژنتیک، از چرخ رولت استفاده شده‌است. در این روش هر کروموزوم معادل با یک قطاع از چرخ دایره‌ای است. اندازهٔ این قطاع متناسب با برازندگی نرمالیزه هر کروموزوم است. این شیوهٔ انتخاب بیش‌تر تمایل به انتخاب کروموزوم‌هایی با مقدار برازندگی بالا دارد[۲۰].

مقدار برازندگی مطابق رابطه ۲ از **f1-score** حاصل از اجرای الگوریتم جنگل تصادفی به‌دست آمده است:

$$\text{F1-score} = 2 \times \frac{(\text{precision} \times \text{recall})}{(\text{precision} + \text{recall})} \qquad (۲)$$

در این رابطه مقدار **f1 -score** از ترکیبی از صحت[1] و پوشش[2] به‌دست می‌آید.

رابطه ۳ و ۴ به‌ترتیب نشان‌دهنده معیارهای صحت و پوشش است.

$$\text{precision} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}} \qquad (۳)$$

$$\text{recall} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}} \qquad (۴)$$

در این رابطه‌ها، **TP** نشان‌دهنده پیکسل‌های صحیح بخش‌بندی شده و **FP** و **FN** نشان‌دهنده پیکسل‌هایی با بخش‌بندی نادرست هستند.

دقت از دیگر معیارهایی است که برای ارزیابی استفاده می‌شود. در رابطه ۵ مقدار دقت آورده شده‌است.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FN} + \text{TN} + \text{FP}} \qquad (۵)$$

در این رابطه دقت برابر است با نسبت بخش‌بندی‌های درست به‌کل بخش‌بندی‌هایی که انجام شده‌است. **TN** نشان‌دهنده پیکسل‌های صحیح بخش‌بندی شده‌است [۲۶].

نمودار هم‌گرایی در شکل (۶) نشان داده‌شده‌است. در این نمودار محور افقی تعداد تکرار و محور عمودی بهترین **f1-score** به‌دست آمده‌است.

بهترین **f1-score** به‌دست‌آمده برابر با ۰/۹۶۹۵ است که نسبت به مراجع [۱۳]، [۱۶] و [۱۸] بهبود قابل توجهی داشته است. مقادیر مناسب به‌دست‌آمده برای ابرپارامترهای فیلتر گابور در جدول (۲) آورده شده‌است.

[1] Precision
[2] Recall

(جدول-۲): مقادیر مناسب به‌دست آمده برای ابرپارامترهای فیلترگابور

(Table-2): suitable value obtained for Gabor filter hyperparameters

فیلتر گابور	σ	Θ	λ	γ
فیلترگابور ۱	3.311382	1.71472	1.913266	0.711347
فیلترگابور ۲	3.958842	0.07729	2.154328	0.579687
فیلترگابور ۳	3.233130	1.68181	2.14559	0.326271
فیلترگابور ۴	4.525565	2.08398	0.964903	0.434747

با به‌کارگیری پارامترهای خروجی الگوریتم ژنتیک، بخش‌بندی تصویر بر روی مجموعه دادگان آزمایش انجام شد. جدول (۳) نتایج این بخش‌بندی را بر روی تعدادی از داده‌های آزمایش نشان‌می‌دهد.

همان‌طور که در تصاویر جدول (۳) مشاهده می‌شود مناطق سفید رنگ در تصویر با رنگ قرمز، مناطق خاکستری رنگ با رنگ سبز و مناطق سیاه رنگ با رنگ آبی بخش‌بندی شده‌است. در این جدول مشاهده می‌شود بخش‌بندی به‌طور مناسب و با دقت بالایی کوچک‌ترین نواحی را از یک‌دیگر جدا کرده است. مقایسه‌ای از نتایج رویکرد پیشنهادی با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک در بهینه‌سازی ابرپارامترهای فیلتر گابور و هم‌چنین بدون به‌کارگیری آن در جدول (۴) آورده شده‌است.

با توجه به مقایسه انجام گرفته به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک، عملکرد بهتری را در پی داشته است. برای مقایسه اثر هر کدام از فیلترهای استفاده شده در رویکرد پیشنهادی، در جدول (۵) نتایج حاصل از برخی فیلترها و ترکیب آن‌ها آورده شده‌است.

(جدول -۴): مقایسه رویکرد پیشنهادی با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک و بدون به‌کارگیری آن

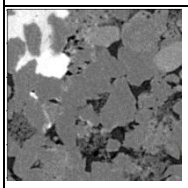
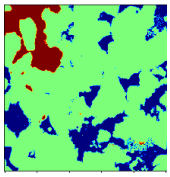
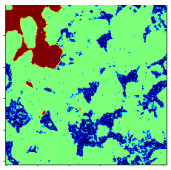
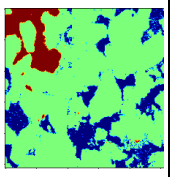
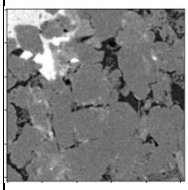
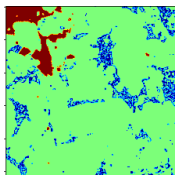
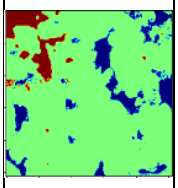
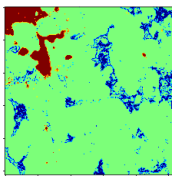
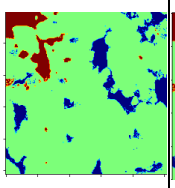
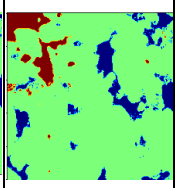
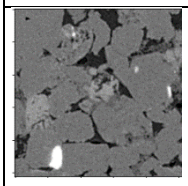
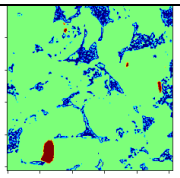
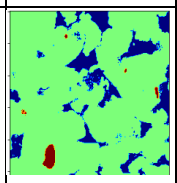
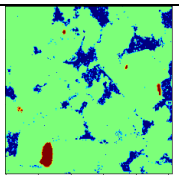
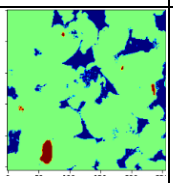
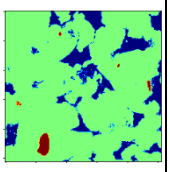
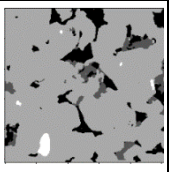
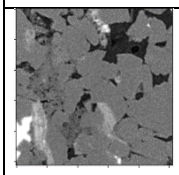
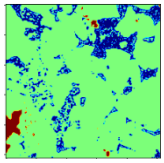
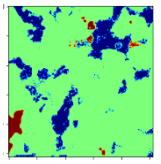
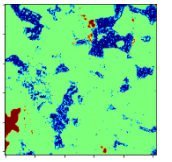
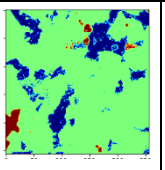
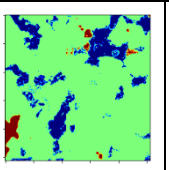
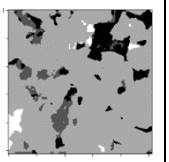
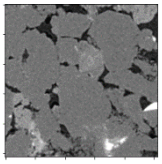
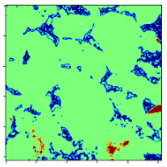
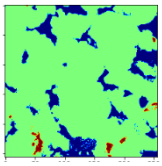
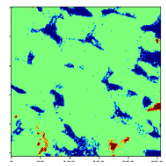
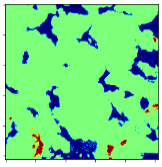
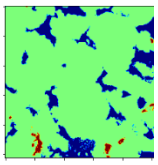
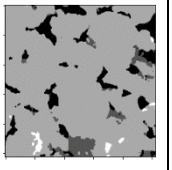
(Table-4): Comparison of the proposed approach with Genetic algorithm and without Genetic algorithm

رویکرد پیشنهادی	F1-score	precision	recall	accuracy
بدون به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک	0.9129	0.9172	0.9088	0.9503
با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک	0.9695	0.9711	0.9681	0.9724

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

(جدول-۳):تصویر اصلی و بخش‌بندی‌شده

(Table-3): Original image and segmented image

تصویر اصلی Original image	تصویر بخش‌بندی توسط الگوریتم مرجع [۱۳] Image segmented by reference [13]	تصویر بخش‌بندی توسط الگوریتم مرجع [۱۶] Image segmented by reference [16]	تصویر بخش‌بندی توسط الگوریتم مرجع [۱۸] با جنگل تصادفی Image segmented by reference [18] with random forest	تصویر بخش‌بندی توسط الگوریتم مرجع [۱۸] با U-Net Image segmented by reference [18] with U-Net	تصویر بخش‌بندی توسط الگوریتم پیشنهادی Image segmented by the proposed algorithm	تصویر بخش‌بندی توسط خبره Segmented image by expert
						
						
						
						
						

(جدول -۵): مقایسه اثر هر کدام از فیلترهای تصویر استفاده شده در بخش‌بندی تصویر

(Table-5): Comparison the effect of each of the image filters used in image segmentation

روش ترکیبی	F1-score	precision	recall	accuracy
گابور و گاوسین	0.8972	0.9007	0.8938	0.9411
گابور و میانه	0.8783	0.8785	0.8782	0.9302
میانه و گاوسین	0.9007	0.9034	0.8980	0.9030
گابور و کنی	0.8540	0.8604	0.8480	0.9174
گابور و اسچر	0.8778	0.8823	0.8734	0.9303
گابور و روبرتز	0.8708	0.8784	0.8637	0.9272
گابور و پریویت	0.8782	0.8870	0.8700	0.9314
گابور و میانه	0.8783	0.8785	0.8782	0.9302
اسچر و روبرتز	0.8609	0.8706	0.8518	0.9211
اسچر و سوبل	0.8619	0.8722	0.8525	0.9225
کنی و سوبل	0.8460	0.8520	0.8402	0.9120
گابور و گاوسین و میانه	0.8995	0.9029	0.8962	0.9526
گابور و سوبل و کنی	0.8780	0.8853	0.8710	0.9306
گابور، گاوسین، میانه، کنی و سوبل	0.9132	0.9182	0.9083	0.9508
گابور، گاوسین، میانه، کنی، سوبل، روبرتز	0.9154	0.9197	0.9111	0.9515
گابور، گاوسین، میانه، کنی، سوبل، روبرتز، اسچر و پریویت	0.9695	0.9711	0.9681	0.9724

با توجه به نتایج حاصل شده‌استفاده از ترکیب تمام فیلترها با یک‌دیگر نتایج مطلوب‌تری را به‌همراه دارد.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

به‌اختصار مقایسه‌ای بین دقت حاصل از روش پیشنهادی و سه روش مراجع [۱۳] ، [۱۶] و [۱۸] در جدول (۶) آمده‌است.

(جدول -۶): مقایسه رویکرد پیشنهادی با رویکردهای پیشین
(Table-6): Comparison of the proposed approach with previous approaches

رویکرد	F1-score	precision	recall	accuracy
رویکرد مرجع[۱۳]	0.8742	0.8387	0.9129	0.8980
رویکرد مرجع[۱۶]	0.9139	0.9285	0.8997	0.9163
رویکرد مرجع[۱۸] با جنگل تصادفی	0.8710	0.8326	0.9132	0.9051
رویکرد مرجع[۱۸] با U-Net	0.8914	0.8632	0.9214	0.9543
رویکرد پیشنهادی	0.9695	0.9711	0.9681	0.9724

با توجه به مقایسه انجام‌گرفته رویکرد پیشنهادی در بخش‌بندی تصویر نسبت به دو رویکرد پیشین، نتیجه بهتری را داده است.

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به ارائه رویکردی در بخش‌بندی تصویر با به‌کارگیری الگوریتم جنگل تصادفی پرداخته شد. در روش پیشنهادی با به‌کارگیری چهار فیلتر گابور به‌همراه فیلترهای کنی، روبرتز، سوبل، اسچر، پریویت و گاوسی ویژگی‌های تصاویر استخراج شد. با به‌کارگیری الگوریتم ژنتیک ابرپارامترهای فیلترهای گابور تنظیم شدند. به این صورت که کروموزوم‌ها، ابرپارامترهای فیلتر گابور هستند. تابع برازندگی میانگین **f1-score** به‌دست‌آمده از الگوریتم جنگل تصادفی است. نتایج حاصل از آزمایش نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی می‌تواند برای بخش‌بندی تصاویر در مجموعه‌داده‌های متفاوت استفاده شود. افزایش **f1-score** در بخش‌بندی تصویر و یافتن ابرپارامترهای مناسب برای فیلتر گابور از دستاوردهای این مقاله است.

۶- مراجع 6- References

[1] C. Tan, S. Ying, L. Gongfa, T. Bo, X. Shuang and Z. Fei, "Image Segmentation Technology based on Genetic Algorithm, " in International Conference on Digital Signal Processing, 2019.

[2] T. Wang, Y. Yao, Y. Chen, M. Zhang, F. Tao and Hichem, "Auto-Sorting System Toward Smart Factory based on Deep Learning for Image Segmentation, " IEEE Sensors Journal, vol. 18, no. 20, pp. 8493 - 8501, 2018.

[3] A. Chaudhry, M. Hassan and A. Khan, "Robust Segmentation and Intelligent Decision System for Cerebrovascular Disease, " Medical & Biological Engineering & Computing, vol. 54, p. 1903–1920, 2016.

[4] C. Yuan, Z. Liu and Zhang, "Aerial Images-Based Forest Fire Detection for Firefighting Using Optical Remote Sensing Techniques and Unmanned Aerial Vehicles, " Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol. 88, pp. 635-654, 2017.

[5] T. Maruyama, H. Norioa, S. Shingoa and Wakaya, "Comparison of Medical Image Classification Accuracy among Three Machine Learning Methods, " Journal of X-Ray Science and Technology, vol. 26, pp. 885-893, 2018.

[6] K. ShouvikChakraborty, "SuFMoFPA: A Superpixel and Meta-heuristic based Fuzzy Image Segmentation Approach to Explicate COVID-19 Radiological Images, " Expert Systems with Applications, vol. 167, 2021.

[7] S. Minaee, Y. Boykov, F. Porikli, A. Plaza, N. Kehtarnavaz and D. Terzopoulos, "Image Segmentation using Deep Learning: A Survey, " IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 44, no. 7, pp. 3523 - 3542, 2022.

[8] C. Han, T. Ma, J. Huyan, X. Huang and Y. Zhang, "CrackW-Net: A Novel Pavement Crack Image Segmentation Convolutional Neural Network, " IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, pp. 1-10, 2021.

[9] B. S. Sathish, P. Ganesan, L. Joseph, K. Palani and R. Murugesan, "A Two-Level Approach to Color Space-Based Image Segmentation using Genetic Algorithm and Feed-Forward Neural Network, " Advances in Artificial Intelligence and Data Engineering, pp.67-78, 2020.

[10] L. Xiao, H. Ouyang, Ch. Fan, T. Umer, R.C. Poonia,Sh. Wan," Gesture Image Segmentation with Otsu's Method based on Noise Adaptive Angle Threshold", Multimedia Tools and Applications,pp35619-35640,2020

[11] G. Xu, X. Li, B. Lei, K. Lv, " Unsupervised Color Image Segmentation with Color-alone Feature using Region Growing Pulse Coupled Neural Network", Neurocomputing, vol.306, pp.1-16,2018

[12] PB. Chanda and SK. Sarkar, "Study on Efficient DRLSE-Oriented Edge-Based Medical Image Segmentation of Cardiac Images, " Emerging Technologies in Data Mining and Information Security, vol. 164, pp. 823-831, 2021.

[13] F. Jiang, Q. Gu, H. Hao, N.Li," Feature Extraction and Grain Segmentation of Sandstone Images Based on Convolutional Neural Networks", International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pp. 2636-2641, 2018.

[14] Y. Songa, B. Heb, P. Liuc and T. Yand, "Side Scan Sonar Image Segmentation and Synthesis based on Extreme Learning Machine, " Applied Acoustics, vol. 146, pp. 56-65, 2019.

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]

[15] K. Roopa, G. Neena and K. Narender, "Image Segmentation using Improved Genetic Algorithm, " International Journal of Engineering and Advanced Technology, vol. 9, no. 1, pp. 1784-1792, 2019.
[16] S. K. Saha, S. Pradhan and S.V. Barai, "Use of Machine Learning based Technique to X-ray Microtomographic Images of Concrete for Phase Segmentation at Meso-scale," Construction and Building Materials, vol. 249, 2020.
[17] V.R. Patil, T.H. Jaware," Random Forest and Gabor Filter Bank Based Segmentation Approach for Infant Brain MRI", Applied Information Processing Systems, vol.1354, pp. 265-272, 2022.
[18] P. Asadi, L.E. Beckingham," Intelligent framework for mineral segmentation and fluid-accessible surface area analysis in scanning electron microscopy", Applied Geochemistry, vol.143, 2022.
[19] A. Fauzi, L.E. Lubis, "Optimization of retinal blood vessel segmentation based on Gabor filters and particle swarm optimization", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, vol.29, no. 3, pp. 1590-1596, 2023.
[20] ژ. شهیدی‌زند و ع. لطیف، "ارائهٔ یک روش نوین در تشخیص دایره در تصاویر دیجیتال توسط الگوریتم ژنتیک، " مجله ماشین بینایی و پردازش تصویر، ص. ۳۵-۴۴, ۱۴۰۰ .
[20] Z.Shahidizandi, A.Latif, "Developing a modern method in circle detection in digital images by using genetic algorithm", Journal of Machine Vision and Image Processing,vol. 8, no. 1, pp.35-44,2021
[21] El-Diraby, S. M. Piryonesi and E. Tamer, "Data Analytics in Asset Management: Cost-Effective Prediction of the Pavement Condition Index, " Journal of Infrastructure Systems, vol. 26, no. 1, 2020.
[22] V. Rodriguez-Galiano, M. Sanchez-Castillo, M. Chica-Olmo and M. Chica-Riv, "Machine Learning Predictive Models for Mineral Prospectivity: An Evaluation of Neural networks, Random forest, Regression Trees and Support Vector Machines, " Ore Geology Reviews, vol. 71, pp. 804-818, 2015.
[23] T. Vijayan, M.Sangeetha, A. Kumaravel, B. Karthik "Gabor Filter and Machine learning Based Diabetic Retinopathy Analysis and Detection," Microprocessors and Microsystems, 2020.
[24] Y. Xua, W. Yuxin, Y. Jie, C. Qian and W. Xueding, "Medical Breast Ultrasound Image Segmentation by Machine Learning, " Ultrasonics, vol. 91, pp. 1-9, 2019.
[25] "https://drive.google.com/file/d/1HWtBaSa-LTyAMgf2uaz1T9o1sTWDBajU/view", visited on 2 july 2022
[26] ع. کریمی و ل. حسینی. "الگوریتم بهینه تقسیم‌بندی تصاویر میکروسکوپی خون برای تشخیص سلول‌های لو سمی حاد لنفوبلاست با به‌کارگیری الگوریتم FCM و بهینه‌سازی ژنتیک". مجله پردازش علائم و داده‌ها. ص ۵۴-۴۵ ، ۱۳۹۷.
[26] A.Karimi,L S. Hoseini. "An Optimal Algorithm for Dividing Microscopic Images of Blood for the Diagnosis of Acute Pulmonary Lymphoblastic Cell Using the FCM Algorithm and Genetic Optimization." JSDP,pp.45-54,2018



علی‌محمد لطیف کارشناسی و کارشناسی‌ارشد خود را در رشته الکترونیک به‌ترتیب از دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهران در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۵ و مدرک دکترای خود را از دانشگاه اصفهان در سال ۱۳۹۰ در رشته مهندسی کامپیوتر، هوش مصنوعی دریافت کرد. ایشان در حال حاضر به‌عنوان دانشیار گروه مهندسی کامپیوتر دانشگاه یزد فعالیت دارد. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه ایشان پردازش تصویر، یادگیری عمیق مخفی نگاری داده و رمز نگاری است.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
alatif@yazd.ac.ir



فریبا نمیرانیان مدرک کارشناسی خود را در رشته مهندسی کامپیوتر - نرم‌افزار از دانشگاه یزد در سال ۱۳۹۷ و مدرک کارشناسی‌ارشد خود را در رشته مهندسی فناوری اطلاعات گرایش شبکه‌های کامپیوتری و ارتباطی از دانشگاه یزد در سال ۱۳۹۹ دریافت کرد. وی در حاضر دانشجوی مقطع دکترا در رشته مهندسی کامپیوتر-هوش مصنوعی و رباتیکز در دانشگاه یزد است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه وی پردازش تصویر، یادگیری ماشین و روش‌های بهینه‌سازی ابتکاری است.
نشانی رایانامه ایشان عبارت است از:
faribanamiranian@stu.yazd.ac.ir

[Downloaded from jsdp.rcisp.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.61186/jsdp.20.4.35]