



Journal of Environmental Studies

Vol. 46, No. 2, Summer 2020

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir

Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

The Fusing of Satellite Images and Using Particle Swarm Optimization Algorithm to Improving Evaluation of Water Body, Focusing on Monitoring and Identifying Flood

Document Type
Research Paper

Received
February 25, 2020

Accepted
May 20, 2020

Nahid Bahrami, Majid Kiavarz Moghadam, Meysam Argany*

Department of RS/GIS, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

DOI: [10.22059/JES.2021.304710.1008032](https://doi.org/10.22059/JES.2021.304710.1008032)

Abstract

Every year crises and natural disasters affect many countries, and it causes economic and human losses. Iran is one of the countries that are facing a lot of events of natural disasters. In this research, it has attempted to present an appropriate and efficient solution in this field. In this regard, a method for identifying water bodies that can be very effective in monitoring water bodies and identifying and monitoring and estimating flood damage. At the beginning of the research, appropriate images were identified and collected. In the next step, higher resolution images have fused to reducing the mixed pixels and increasing the accuracy of the results and analysis in the proposed method. Then, spectral reflectance in the water-sensitive bands be used, and compared with the standard reflectance value identified for the water in the same bands, the images of probable water existence were provided. The particle swarm optimization algorithm, according to the studies and appropriate capabilities, was founded on the purpose method of this research. Finally, optimizing the introduced objective function was tried to considering the nature of water and flood behavior, and the results are evaluated visually and statistically by two classification methods.

Keywords: Data fusion, Floods, Optimization, Particle swarm algorithm, Time, Water body

* Corresponding author

Email: argany@ut.ac.ir

Extended abstract

Introduction

Every year crises and natural disasters affect many countries, and it causes economic and human losses. Iran is one of the countries that are facing a lot of events of natural disasters. In research, it has attempted to present an appropriate and efficient solution in this field. In this regard, a method for identifying water bodies can be advantageous in monitoring water bodies and identifying and monitoring and estimating flood damage. At the beginning of the research, appropriate images were placed and collected. In the next step, higher resolution images have been fused to reducing the mixed pixels and increasing the accuracy of the results and analysis in the proposed method. Then, spectral reflectance in the water-sensitive bands was used. Compared with the standard reflectance value identified for the water in the same bands, probable water existence images were provided. According to the studies and appropriate capabilities, the particle swarm optimization algorithm was founded on this research's purpose method. Finally, optimizing the introduced objective function was tried to consider the nature of water and flood behavior, and the results were evaluated visually and statistically using two classification methods.

Materials and Methods

The proposed method of this research is done in two primary and general stages: in the first stage, a water probability map is extracted from the images, and then in the second stage, the proposed water probability map is optimized with a particle swarm algorithm.

The functions used in this study are as follows: Relationship 1 is The function of calculating the probability map of water; Relationship 2 is the objective function (Jia et al., 2018); Relationships 3 and 4 (Karamouz et al., 2014) are a function of the particle swarm algorithm (Samadzadegan & Alizadeh, 2011; Bahrami et al., 2019).

$$P_w = \cos(\vec{W}, \vec{O}) * dist(\vec{W} * \vec{O}) \tag{1}$$

$$T = k_1 \sum_{k=1}^{rows*cols} P_{w,k} + k_2 \sum_{k=1}^{rows*cols} P_{nw,k} - k_3 \frac{\bar{D}_{nearest}}{\sqrt{rows^2 + cols^2}} \tag{2}$$

$$v_i = wv_i + c_1\vec{\varphi}_{1i}(\vec{p}_i - \vec{x}_i) + c_2\vec{\varphi}_{2i}(\vec{p}_g - \vec{x}_i) \tag{3}$$

$$\vec{x}_i = \vec{x}_i + \vec{v}_i \tag{4}$$

Discussion of results

Part of the Caspian Sea has been selected as a suitable study area due to pure water bodies. Images of the Landsat 8 satellite, the OLI sensor, have been used as the data source to prevent various sensors' impact. All images selected are cloudless to reduce cloud impact. To time minimizing process, a clipping of images has been considered. Some of the images were to validating this purpose method. The resolution of Landsat images (30 m) is vast for identifying small pieces with mixed pixels. For the increasing spatial resolution of images, the IHS image fusion algorithm has been used with the panchromatic image.

Due to water's spectral behavior in different bands, NIR, SWIR, and Green bands were recognized and used. March 2019 has been considered due to the floods around the Caspian Sea. The study area was selected as part of the Caspian Sea border, around Kiashahr near Lahijan. In the first step, to improve the

final results' accuracy, the chosen bands were combined with a panchromatic band that has twice the resolution (15 m) of the above bands.

In the next step, small areas in the deeper part of the sea that do not have cloud cover were used as the standard reflectance of water and calculate the classification error. The band's vector angle values and the water reflectance standard value (such as the SAM method), and the distance their values were used to create the map. Probability water in each pixel, its reflectance proximity to the standard reflectance of water in the same band, will be between 0 and 1.

After creating a probabilistic map of water's existence, this map enters the optimization algorithm as a relatively simple classification. The goal of implementing an optimization algorithm that is detecting and extracting the water range from images and creating a map of water's probability can be an excellent initial solution for better implementing the algorithm. In the optimization algorithm, before implementing such algorithms, the objective function should be defined and used to optimize the problem.

When its value is more valuable in this problem, that is a larger value. In this research, a means of maximized value is more probability of water. Function and particle swarm algorithm coefficients have been determined from the beginning of the algorithm implementation. c_1 , c_2 , φ_1 , φ_2 , and w , in the PSO algorithm structure, k_1 , k_2 , and k_3 in the objective function are coefficients whose values were determined.

Suitable values for c_1 , c_2 in the range [2.2, 1.8] so that the sum is equal to 4; These two coefficients determine the effect of the best individual response and collective response in the particle swarm algorithm; in other words, it is possible to choose the tendency to local or global optimizations. Therefore, these two coefficients were selected in the mentioned interval to have an optimal and balanced state of the algorithm implementation process and responses.

The coefficient W , which controls the convergence process of the algorithm, is equal to 1. The reduction coefficient W (convergence coefficient of the algorithm) was considered in the next iterations similar to 0.05 φ_1 , φ_2 being random numbers determined in each iteration of the algorithm to move towards the answers in new and unexplored spaces. k_1 , k_2 , and k_3 were considered equal to 0.9, 0.5, 1, respectively, according to the climatic conditions of the study area. As it is clear from the study area's position, due to the placement of water and land next to each other, consequently increasing the probability of water pixels and reducing the likelihood of lack of water and reducing the distance with pixels water, were considered.

At each stage of implementation, the pixels' status was compared with the objective function's best solution, if it is better than the best solution to replace. In addition to each pixel, it will have saved the objective function calculated for the whole range. If the response was better than the optimal state of the global solution, it was replaced. In this way, the answers have been compared with the most optimal solution due to the algorithm's defining conditions. Finally, after 500 repetitions, the algorithm ends.

By studying and checking the optimization algorithms, the particle swarm algorithm as a collective intelligence algorithm takes effects of the neighborhood (Bahrami et al., 2019) and according to the water behavior and creating floods, will be advantageous. This algorithm was selected using an objective function that would cover the essential issues and consider the water probability in the points and the neighbors' impact. In research to improve the algorithm, a relatively right initial solution was created by the probabilistic maps of water present in the pixels and the spectral behavior of water and spectral reflection in the used bands.

Conclusion

Finally, the proposed algorithm's performance was visually and statistically compared with several other classification methods such as SVM and k-means. The Overall Accuracy and Kappa Coefficient values were calculated and compared for statistical comparison. The OA value of 98.93% for the proposed algorithm, 98.39% for SVM and 96.73% for k-means, and KC 95.6%, 91.2%, and 67.8% for the proposed research algorithm SVM and k-means. As a result, the proposed algorithm was found to be useful and appropriate in this problem. Figure 2 is a statistical comparison chart of the proposed method and methods of SVM and k-means.

تلفیق تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از الگوریتم بهینه‌یابی ازدحام ذرات برای بهبود بررسی و شناسایی محدوده‌های آبی با رویکرد تشخیص سیلاب

ناهید بهرامی، مجید کیاورز مقدم، میثم ارگانی*

گروه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۳۱

چکیده

بحران‌ها و بلاهای طبیعی همه ساله، کشورهای زیادی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و خسارات اقتصادی و جانی زیادی را متحمل آن‌ها می‌کنند. ایران نیز یکی از کشورهایی است که به واسطه موقعیت جغرافیایی خود، به میزان زیادی با این‌گونه حوادث روبه‌رو است. در پژوهش حاضر سعی شده تا حتی‌الامکان راهکاری مناسب و کارآمد در یکی از بخش‌های عرصه مذکور ارائه شود. در این راستا، به بررسی، ایجاد و اجرای روشی برای شناسایی محدوده‌های آبی پرداخته شد که می‌تواند در پایش مرزهای آبی و شناسایی و پایش و برآورد خسارات سیلاب‌ها بسیار مؤثر باشد. در ابتدا با بررسی انجام شده، تصاویر مناسب برای انجام پژوهش، شناسایی و جمع‌آوری شد. در گام بعد، تلفیق با تصویر با دقت مکانی بالاتر، برای کاهش پیکسل‌های مخلوط و افزایش دقت نتایج و تحلیل‌های حاصله از اجرای روش پیشنهادی، انجام شد. در ادامه با استفاده از بازتاب طیفی در باندهای حساس به وجود آب و مقایسه با مقدار بازتاب استاندارد شناسایی شده برای آب در باندهای مذکور، تصاویر احتمالی وجود آب تهیه و به منظور طبقه‌بندی و شناسایی محدوده‌های آبی وارد الگوریتم بهینه‌یابی ازدحام ذرات شد که با توجه به بررسی‌های انجام شده و قابلیت‌های آن، برای انجام هدف این پژوهش مناسب شناخته شده است. در نهایت با مقایسه و بهینه‌یابی که بر اساس تابع هدف معرفی شده در پژوهش که سعی شده ماهیت رفتار آب و سیلاب‌ها را مدنظر قرار دهد، انجام شده و نتایج به صورت بصری و آماری با دو روش طبقه‌بندی ارزیابی و بهبود نتایج حاصله از اجرای الگوریتم مشخص شد.

کلیدواژه‌ها: الگوریتم ازدحام ذرات، بهینه‌یابی، تلفیق داده‌ها، زمانی، سیلاب، مرزهای آبی

سراغاز

تحت تأثیر قرار می‌گیرند، معمولاً بزرگ و گسترده هستند و رخداد این بحران به صورت تدریجی یا در مواقع وجود رگبارها به صورت دفعی است. اقدامات مقابله با سیلاب‌ها را می‌توان به دو گروه اقدام‌های ساختمانی^۱ و اقدام‌های مدیریتی^۲ تقسیم کرد. اقدام‌های ساختمانی مشتمل بر احداث تأسیسات و

در سال‌های اخیر ایران به میزان چشمگیری در معرض سیلاب‌های مختلف قرار گرفته است و از این رو، متحمل خسارات زیادی شده است که شامل خسارات مالی و جانی بوده است. عوامل مختلفی در شکل‌گیری سیل و خسارات ناشی از آن اثرگذار است. نواحی که با سیلاب

Email: argany@ut.ac.ir

DOI: [10.22059/JES.2021.304710.1008032](https://doi.org/10.22059/JES.2021.304710.1008032)

* نویسنده مسئول:

پرداخته‌اند؛ Victor و همکاران (۲۰۱۸) به پایش گسل‌ها برای بررسی زمین لغزش‌ها پرداختند؛ Jia و همکاران (۲۰۱۸) نیز با استفاده از تصاویر لندست چند زمانه به بررسی محدوده‌های آبی پرداخته‌اند؛ Barnes و همکاران (۲۰۱۸) خواص ستون آب در آب‌های کم عمق با استفاده از تصاویر چند باندهی بررسی کرده‌اند؛ Zhang و همکاران (۲۰۱۸) به ادغام نقشه‌های مکانی-زمانی با استفاده از تصاویر چند مقیاسی پرداخته‌اند؛ D'Addabbo و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از ادغام داده‌های چند سنسوری و داده‌های جانبی پایش سیل انجام داده‌اند و نقشه‌های مکانی-زمانی با ارائه یک توبلاکس برای نرم‌افزار متلب در این زمینه ایجاد کرده‌اند؛ Shah-Hosseini و همکاران (۲۰۱۸) به پایش و برآورد خسارات ناشی از سیل به کمک آشکارسازی تغییرات شی‌گرا و تلفیق تصاویر راداری و نوری پرداخته‌اند؛ Gharbia و همکاران (۲۰۱۸) یک روش تلفیق داده‌ها مالتی اسپکترال از ماهواره مودیس و پانکروماتیک از ماهواره اسپات، با تبدیل موجک و با استفاده از روش بهینه‌سازی گرده گل ارائه کرده است؛ Ghavami و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی جامعی روی روش‌های طبقه‌بندی غیرپارامتریک به تفکیک و شناسایی عوارض شهری با استفاده از تلفیق داده‌های لیدار و تصویر هوایی با توان تفکیک مکانی بسیار بالا پرداختند؛ Wedajo (۲۰۱۷) نیز به بررسی نقش داده‌های لیدار در شناسایی سیلاب‌ها پرداخته است. در نهایت در این پژوهش سعی شده با کمک مطالعات و بررسی‌های انجام شده، با استفاده از یک روش تلفیق تصاویر و با استفاده از یک روش بهینه‌سازی به راهکاری برای شناسایی و آشکارسازی محدوده‌های آبی با رویکرد استفاده برای سیلاب، دست یافت.

در ادامه، در قسمت مبانی نظری به تشریح توضیحات علمی پیرامون مباحث اصلی مدنظر پژوهش پرداخته می‌شود که شامل توضیحاتی پیرامون انواع حوادث و

اقدام‌های فیزیکی برای مقابله با سیلاب‌هاست. اقدام‌هایی نظیر اصلاح مسیر و مقطع رودخانه، احداث سدهای مخزنی و خاک‌ریزهای طولی ساحلی^۳ یا دیوارهای سیل‌بند^۴ و اقدام‌های آبخیزداری است. این اقدام‌ها وجه سخت‌افزاری مقابله با سیلاب است. از اقدام‌های مدیریتی نیز می‌توان به انواع اقدام‌های پیشگیرانه برای تقلیل خسارات سیل از جمله کنترل کاربری زمین و سیستم‌های هشدار سیل و برآورد خسارات آن اشاره کرد. این‌گونه اقدام‌ها وجه نرم‌افزاری مقابله را تشکیل می‌دهند.

این اقدام‌ها بایستی در سه زمینه پیش‌گیری از وقوع سیلاب، مقابله با آن و بازسازی و اصلاح مناطق آسیب‌دیده، انجام شود. اقدام‌های مذکور با شرایط زمانی و مکانی تغییر می‌کند و برای دستیابی به نتایج بهتر، تلفیق اقدام‌های ساختمانی و مدیریتی در سه مرحله پیشگیری، مقابله و بازسازی الزامی است (Abdullahi, 2013). همان‌طور که پیش‌تر بیان شد، یکی از اقدام‌های مدیریتی سیستم‌های هشدار سیل و برآورد خسارات آن است، در پژوهش حاضر سعی شده راهکاری قابل‌استفاده و مقرون به صرفه برای شناسایی سیلاب‌ها و برآورد پیشروی (گسترش) آن، برای استفاده در سیستم‌های هشدار سیل و برآورد خسارات، ایجاد و ارائه شود.

برخی تحقیقاتی که در سال‌های اخیر در مباحث مرتبط با هدف پژوهش حاضر یا روش‌های استفاده شده در آن انجام شده است اعم از: Jeihouni و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از تصاویر لندست به بررسی تغییرات سطح دریا و پایش خط ساحلی پرداختند؛ Shaad و Burlando (۲۰۱۹) پایش و مدل‌سازی پویایی آب‌های زیرزمینی کم عمق در بافت شهری را انجام داده‌اند؛ Salehian و همکاران (۲۰۱۹) به آشکارسازی تغییرات مناطق شهری با تلفیق در سطح تصمیم نقشه‌های تغییرات به دست آمده از تصاویر نوری و پلاریمتری پرداختند؛ Fatehian و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی آلودگی زیست‌محیطی در مناطق ساحلی

شناسایی می‌کند و از این اطلاعات به منظور تصمیم‌گیری اقدامات لازم برای کاهش آثار مخاطرات و مقابله با آنها استفاده می‌کند. این فرایند با توجه به منافع و هزینه‌های کاهش آثار مخاطرات انجام می‌شود. طبق نظر کارشناسان حوادث، به طور تجربی سه نوع حادثه یا بحران شناسایی شده است (Hosseini, 2008):

- بلایای طبیعی: حوادث غیرمترقبه و خانمان‌سوز طبیعی (مانند زمین‌لرزه، سیل، گردباد و ...) که زندگی بسیاری از انسان‌ها را به خطر می‌اندازد، بلایای طبیعی به شمار می‌آید.
- بحران‌های تکنولوژیکی: سوانحی که به سبب دخالت‌های ناآگاهانه بشر در طبیعت یا در نتیجه سهل‌انگاری یا خطا در فرایندهای فنی روی می‌دهد، در زمره این نوع بحران قرار می‌گیرد.
- بحران‌های سیاسی: حوادثی که در نتیجه دخالت‌های آگاهانه انسان ایجاد و سبب تخریب جامعه می‌شود؛ مانند جنگ، بحران سیاسی قلمداد می‌شود.
- سیلاب‌ها (یکی از بلایای طبیعی) معمولاً به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند (Abdullahi, 2013):
- سیلاب‌های رودخانه‌ای: سیلاب‌های فصلی رودخانه‌های بزرگ یا سیلاب‌های مختصر در حوضه‌های کوچک‌تر
- سیلاب‌های ساحلی: به واسطه سیلیکون‌های حاره‌ای یا مدهای بلند
- سیلاب‌های حوضه‌های آبریز بالادست: معمولاً به دلیل وقوع بارندگی و بعضاً رگبار در حوضه‌های بالادست و منتهی به مراکز مسکونی
- پژوهش حاضر به ارائه راهکاری برای فاز طرح‌ریزی و مقابله با بحران بالای طبیعی سیلاب ساحلی می‌پردازد.

ادغام داده‌ها

امروزه ادغام و ترکیب داده‌های مختلف (Data Fusion) به منظور دستیابی به اطلاعات جدید انجام می‌شود که حاوی جنبه‌های اطلاعاتی مفید در هر یک از داده‌های اولیه باشد. این مسئله علاوه بر حوزه‌های متداول

بحران‌ها، خطرپذیری و مراحل فرایند مدیریت بحران؛ انواع سیلاب‌ها، چگونگی شکل‌گیری و فعالیت‌هایی که در این زمینه می‌بایست انجام شود؛ و هوش مصنوعی راهکاری مناسب برای مدل کردن دنیای پیچیده پیرامون انسان بیان شده و الگوریتم بهینه‌یابی از زیرمجموعه‌های هوش مصنوعی که می‌تواند توانایی و قابلیت خوبی در حل مسئله این پژوهش داشته باشد بیان و توضیح داده می‌شود که ارائه راهکاری برای شناسایی محدوده‌های آبی به صورت بهتر و با دقت بالاتر نسبت به سایر روش‌های موجود است.

در قسمت روش پیشنهادی، سیر روش پیشنهادی توضیح داده شده و تابع هدف برای بهینه‌یابی نیز معرفی می‌شود. در قسمت پیاده‌سازی، نخست محدوده مطالعاتی و داده‌های ورودی مشخص شده و سپس تصاویر خروجی الگوریتم نمایش داده می‌شود. در قسمت نتیجه‌گیری و پیشنهادات، مقایسه‌ای از نتایج اجرای الگوریتم پیشنهادی پژوهش و روش‌های دیگر موجود بیان شده و در نهایت پیشنهادهایی برای پژوهش‌های آتی بیان می‌شود. در انتها نیز، منابع استفاده شده در پژوهش ذکر شده است.

مبانی نظری

در این بخش اصول و مبانی مباحث پرداخته شده در پژوهش حاضر بیان می‌شود.

بحران و سیلاب

بحران حادثه‌ای است که در اثر رخدادها و عملکردهای طبیعی و انسانی به طور ناگهانی به وجود می‌آید؛ مشقت، سختی و خسارت را به یک مجموعه یا جامعه انسانی تحمیل می‌کند و برطرف کردن آن نیاز به اقدامات و عملیات اضطراری و فوق‌العاده دارد (Hosseini, 2008). مدیریت بحران شامل گام‌های طرح‌ریزی، پیشگیری، آماده‌سازی، واکنش (مقابله) و بهبود (بازسازی) است (Asgari et al., 2013). مدیریت خطرپذیری؛ فرایندی است که به صورت عملی خطری مشخص را در جامعه

سپس با استفاده از روش‌های مناسب با یکدیگر ترکیب می‌شوند. در این سطح ادغام، داده‌ها می‌توانند از ساختارهای هندسی و طیفی متفاوتی باشند. ادغام در سطح تصمیم پس از پردازش جداگانه داده‌های ورودی و استخراج اطلاعات، با استفاده از برخی قوانین این اطلاعات با هم ادغام می‌شوند. در این سطح نیازی به هم مرجع شدن و پیش پردازش نیست، زیرا قبلاً در استخراج اطلاعات لحاظ شده است.

به دلیل گستردگی دامنه روش‌های ادغام تصاویر، طبقه‌بندی و بررسی و تحلیل آن‌ها را تسهیل می‌کند. روش‌های ادغام تصاویر به سه گروه زیر تقسیم‌بندی می‌شوند که روش‌های متعلق به هر گروه، از نظر اجرایی، مراحل و فرایند تا حدود زیادی به هم شباهت دارند (Samadzadegan et al., 2015).

- روش‌های ادغام مبتنی بر محاسبات سطح پایین Brovey، حاصل ضرب، فیلتر بالاگذر و SFIM
- روش‌های مبتنی بر انتقال تصویر انتقال‌های آماری، IHS، Gram Schmidt، موجک^۶
- روش‌های ادغام مبتنی بر هرم تصویر هرم‌های لاپلاسی، نسبت، گرادیان، مورفولوژی، کتراست و FSD

هوش مصنوعی

هوش مصنوعی روندهایی را در بر می‌گیرد که بر اساس رفتار هوشمندانه انسان و سایر حیوانات برای حل مسائل پیچیده بنا نهاده شده‌اند. در بسیاری از حالات، تکنیک‌های هوش مصنوعی جهت حل مسائل ساده، دشوار و به هم پیچیده استفاده می‌شوند. بسیاری از مسائل در هوش مصنوعی می‌توانند با استفاده از فضاهای جستجو مطرح شوند. به عبارت دیگر، یک فضای جستجو بیانی از مجموعه‌ای از انتخاب‌های ممکن در یک مسئله داده شده است که یک یا چند تا از آنها راه حلی مناسب برای آن مسئله است (Copin, 2012). مناسب‌ترین راه حل ممکنه کوتاه‌ترین مسیر، کم هزینه‌ترین راه حل یا بیشترین بازده

مانند کشاورزی و تهیه نقشه‌های مناطق شهری، در حوزه‌های جدیدی مانند کاربردهای مدیریت بلایای طبیعی و کنترل‌های محیطی و تشخیص اتوماتیک عوارض نیز به کار می‌رود. تحقیقات بسیاری در زمینه ادغام داده‌ها به ایجاد دامنه گسترده‌ای از روش‌ها و عملگرهای ادغام منجر شده که انتخاب روش مناسب بستگی مستقیم به نوع کاربرد و نوع داده‌های اولیه مورد استفاده در فرایند ادغام دارد. ادغام و ترکیب داده‌ها به افزایش قابلیت اطمینان تفسیر نتایج و بهبود نتایج طبقه‌بندی منجر می‌شود. در ادغام داده‌های سنجنش از دور اهداف زیر مدنظر هستند:

- افزایش وضوح تصاویر چند طیفی
- بهبود نتایج طبقه‌بندی داده‌های سنجنش
- بهبود محتوای اطلاعاتی داده‌های سنجنش

با توجه به نوع اطلاعاتی که برای سیستم فراهم می‌شود، چگونگی مدل کردن اطلاعات سنجنده‌ها، درجه هم مرجع بودن لازم داده‌های ورودی، روش به کار برده شده، سطوح مختلفی برای ادغام تعریف می‌شود. به طور کلی، ادغام داده‌ها در یکی از سطوح سیگنال، پیکسل، ویژگی^۵، سطح اتخاذ تصمیم یا ترکیبی از این سطوح صورت می‌پذیرد. ادغام در سطح سیگنال بر اساس خصوصیات تابشی و بازتابشی سطح اجسام که توسط سنجنده‌ها ثبت شده است، با هم ترکیب می‌شوند تا سیگنالی با محتوای غنی‌تر به دست آید. در سطح پیکسل، سیگنال‌های ثبت شده از طریق سنجنده‌های مختلف پس از تبدیل به تصاویر، پیکسل به پیکسل با یکدیگر ادغام می‌شوند. تصاویر مختلف که با هم ترکیب می‌شوند، ممکن است از یک یا چند سنجنده باشند.

در صورت استفاده از چند سنجنده حتماً باید هرم تصاویر هم مرجع شوند تا نتایج بهبود یافته حاصل شود. ادغام در سطح ویژگی نیازمند استخراج ویژگی‌های مورد نظر اعم از هندسی، ساختاری و طیفی از داده‌های مختلف است. در این سطح از ادغام، ویژگی‌های مشابه که از چندین منبع داده به دست آمده‌اند، به یکدیگر ملحق شده و

در رابطه بالا w وزن داخلی است که از پارامترهایی است که برای بهبود عملکرد این الگوریتم از آن استفاده می‌شود، p_i بهترین موقعیت ذره و p_g بهترین موقعیت کلی است که توسط کل توده کشف شده است. وزن‌های φ_1 و φ_2 در هر مرحله به طور تصادفی برای اجزای ذرات ایجاد می‌شود. c_1 و c_2 پارامترهای مثبت ثابتی هستند که ضرایب شتاب نامیده می‌شوند (حداکثر میزان گامی که ذرات می‌توانند کسب کنند را مشخص می‌کند). وزن داخلی w تأثیر مقدار سرعت قبلی را بر سرعت کنونی کنترل می‌کند. انتخاب مناسب وزن داخلی و ضرایب شتاب، تعادلی بین جستجوی کلی و بهینگی محلی به وجود می‌آورد. موقعیت ذره طبق رابطه ۲ در هر مرحله با اضافه کردن بردار سرعت به بردار موقعیت، به روز می‌شود (Samadzadegan and Alizadeh, 2011).

$$\vec{x}_i = \vec{x}_i + \vec{v}_i \quad (2)$$

روش پیشنهادی

نخست برای پردازش در زمان کمتر، و با توجه به بزرگی تصاویر لندست و زمان‌بر بودن پردازش تصویر در ابعاد اصلی (۱۸۵*۱۸۵ کیلومتر مربع)، محدوده مورد نظر از تصاویر با در نظر گرفتن الزام وجود قسمت‌هایی از آب مطلق برش داده می‌شود. روش پیشنهادی این پژوهش در دو مرحله اصلی و کلی انجام می‌شود: در مرحله نخست، یک نقشه احتمال وجود آب از تصاویر استخراج می‌شود و سپس در مرحله دوم اجرای روش پیشنهادی، این نقشه احتمالاتی آبی با الگوریتم ازدحام ذرات بهینه می‌شود.

ابعاد پیکسل‌های تصاویر لندست بزرگ هستند و در نتیجه وجود پیکسل‌های مخلوط در آن بیشتر می‌شود، به همین منظور از یک روش و الگوریتم ادغام برای بهبود دقت مکانی این تصاویر استفاده می‌شود. به منظور جلوگیری از آثار استفاده از چند سنسور، از تصاویر یک سنجنده بهره جسته می‌شود. با توجه به امکان بررسی و استفاده از سری زمانی تصاویر در داده‌های لندست و

باشد. فضای جستجو مجموعه‌ای از حالات پاسخ ممکن است که با عبارت فضای وضعیت^۷ هم شناخته می‌شود.

الگوریتم ازدحام ذرات^۸

Kennedy و Eberhart (۱۹۹۵) نخستین بار پس از شبیه‌سازی رفتار اجتماعی پرندگان، روش بهینه‌سازی گروه ذرات را ارائه دادند. اجزای یک گروه از یک رفتار ساده تبعیت می‌کنند. بدین نحو که هر عضو از گروه از موفقیت سایر همسایگان‌شان تقلید می‌کند. هدف از این‌گونه الگوریتم‌ها این است که اعضای گروه در فضای جستجو حرکت کرده و در نقطه‌ای بهینه (مانند منبع غذا) جمع شوند. PSO بر پایه تکرار با تأکید بر همکاری بنا شده است و تا حدی تصادفی است و نیز برای حل مسائل پیوسته و گسسته و غیر خطی کاربرد دارد (Karamouz et al., 2014). PSO یک شبیه‌سازی از رفتار اجتماعی پرندگان است، در این مدل پرندگان به صورت تصادفی در یک فضای جستجو قرار داده می‌شوند.

این الگوریتم شامل تعدادی المان است که دارای موقعیت و سرعت هستند و به عنوان ذره در نظر گرفته می‌شوند. در الگوریتم انبوه ذرات، ذرات به سمت موقعیت‌هایی در فضا می‌روند که تابع بهینگی بالاتری دارد. هر ذره یک حافظه دارد و حرکت آن ترکیبی از حرکت کنونی خود، حرکت به سوی بهترین موقعیتی که تاکنون خود ذره مشاهده کرده است و نیز حرکت به سوی بهترین موقعیت تمام ذره‌هاست. این الگوریتم یک تابع ارزیاب بهینگی دارد که بر طبق آن به موقعیت هر ذره یک بهینگی تعلق می‌گیرد.

در این الگوریتم هر ذره i دارای موقعیت x_i و سرعت v_i (نشان دهنده مسافتی که یک ذره از یک موقعیت تا موقعیت بعدی حرکت کرده است) است که در هر تکرار به روز می‌شود. سرعت از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌شود. (Samadzadegan and Alizadeh, 2011)

$$v_i = wv_i + c_1\bar{\varphi}_{1i}(\bar{p}_i - \bar{x}_i) + c_2\bar{\varphi}_{2i}(\bar{p}_g - \bar{x}_i) \quad (1)$$

پیشنهادی از آن استفاده کرد.

برای تسریع در اجرای الگوریتم ازدحام ذرات، تصویر به بلوک‌های کوچکتر تقسیم می‌شود و این بلوک‌ها وارد الگوریتم ازدحام ذرات شده حالت‌های مختلف طبقه‌بندی آن در نظر گرفته شده و تابع هدف برای هر حالت محاسبه می‌شود؛ در نهایت بهینه‌ترین حالت طبقه‌بندی از مقایسه مقادیر تابع هدف به دست می‌آید، که در اینجا بیشترین مقدار محاسبه شده برای تابع هدف، حالت بهینه است. مزیت این روش این است که ضمن حفظ هزینه‌های کم روش‌های بدون نظارت و با پارامترهای کمتر، حداقل دانش قبلی، به دقت بالایی شبیه به طبقه‌بندی نظارت شده دست می‌یابد. در این پژوهش استخراج آب از تصاویر چند طیفی طراحی شده است. اما می‌توان حالات دیگر را نیز با آن محاسبه و اجرا کرد.

توابع مورد استفاده در این پژوهش در زیر آورده شده است که رابطه ۱، برای ایجاد نقشه احتمالاتی وجود آب استفاده می‌شود و احتمال وجود آب در هر پیکسل در هر باند را بر اساس مقدار *reflectance* هر پیکسل با مقدار استاندارد محاسبه شده *reflectance* برای همان باند، به دست می‌آورد. رابطه ۲ و ۳ هم، همان‌طور که نمایان است، زیر تابع رابطه ۱ هستند. رابطه ۴ احتمال عدم وجود آب است و رابطه ۵ (Jia et al., 2018)، تابع هدف پژوهش حاضر است که به واسطه آن طبقه‌بندی بهینه تصاویر برای تشخیص و استخراج آب از تصاویر چند طیفی با استفاده از الگوریتم ازدحام ذرات انجام می‌شود. رابطه ۶ هم زیر تابع رابطه ۵ برای بررسی تأثیر همسایگی پیکسل‌ها در وجود آب است.

قابلیت‌ها و مزایای سنجنده OLI نسبت به سنجنده ETM+ لندست ۷ اعم از بهبود قدرت تفکیک مکانی، زمانی، رادیومتری و افزایش نسبت سیگنال به نویز و نیز به دلیل اینکه ۷ باند از ۹ باند سنجنده OLI با سنجنده های TM و ETM+ که روی ماهواره‌های لندست قبلی قرار داشتند؛ یکسان است. این عمل علاوه بر سازگاری با داده‌های قدیمی لندست و تداوم آنها، قابلیت‌های اندازه‌گیری را نیز بهبود داده است، از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست برای این پژوهش استفاده شده است که قابلیت استفاده از سری زمانی طولانی مدت در مطالعات آبی را داشته باشد. همان‌طور که بیان شد از یک الگوریتم ادغام تصاویر که در اینجا از الگوریتم IHS که یک الگوریتم مبتنی بر تصویر است، با استفاده از باند پانکروماتیک ماهواره لندست ۸، برای بهبود دقت مکانی تصاویر انتخاب شده استفاده می‌شود.

پس از بهبود دقت تصاویر، قسمت‌هایی از محدوده‌هایی که کاملاً در پوشش آب عمیق‌تر هستند انتخاب شده و طیف آب را از آن قسمت‌ها ثبت و از آن به عنوان طیف استاندارد آب برای ایجاد نقشه احتمالاتی آب در نظر گرفته می‌شود. این اعداد برای هر باند جدا محاسبه شده و اعداد شامل {۰/۰۳۱، ۰/۰۰۵۵، ۰/۰۳۲۴، ۰/۰۷۱۵، ۰/۰۷۷۹، ۰/۰۹۴۲، ۰/۱۱۵۳} برای هر باند است. سپس طیف باندهای انتخاب شده در هر پیکسل با این اعداد مقایسه شده و یک SM^2 و یک عدد احتمال وجود آب به هر پیکسل اختصاص داده می‌شود. این مرحله به عنوان سگمنت‌سازی هم نامیده می‌شود. از قسمت‌هایی که به طور مطلق آب هستند نیز می‌توان برای اعتبارسنجی مدل

$$P_w = \cos(\vec{W}, \vec{O}) * dist(\vec{W} * \vec{O}) \quad (1)$$

$$\cos(\vec{W}, \vec{O}) = \frac{\vec{W} \cdot \vec{O}}{\|\vec{W}\| \cdot \|\vec{O}\|} \quad (2)$$

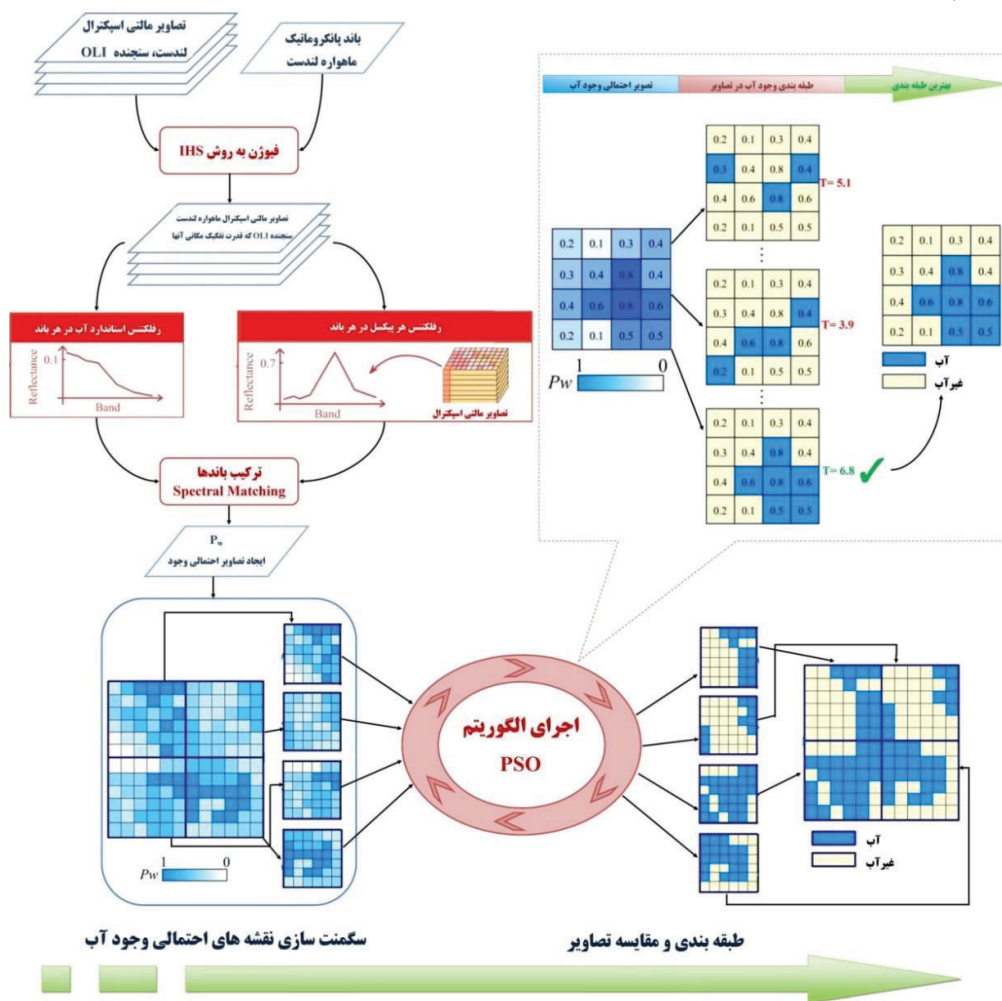
$$dist(\vec{W} * \vec{O}) = 1 - \frac{1}{\sqrt{b}} \sqrt{\sum_{i=0}^b (w_i - o_i)^2} \quad (3)$$

$$P_{nw} = 1 - P_w \tag{4}$$

$$T = k_1 \sum_{k=1}^{rows \times cols} P_{w,k} + k_2 \sum_{k=1}^{rows \times cols} P_{nw,k} - k_3 \frac{\bar{D}_{nearest}}{\sqrt{rows^2 + cols^2}} \tag{5}$$

$$\bar{D}_{nearest} = \begin{cases} 0, & \text{No water} \\ \sqrt{rows^2 + cols^2}, & \text{Number of water is equal to 1} \\ \text{Nearest distance from one pixel to another,} & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6}$$

روند انجام پژوهش به صورت مختصر در تصویر زیر نمایش داده می‌شود.



شکل ۱. دیاگرام روش پیشنهادی پژوهش

تأثیر ابر، بدون ابر هستند. جهت کاهش زمان پردازش و تفسیر سریع‌تر برشی از تصاویر در نظر گرفته شد. قسمتی از تصاویر به عنوان داده‌های اعتبار سنجی از نظر بصری به عنوان آب یا غیر آب طبقه‌بندی شدند که در نهایت دقت این روش را تخمین بزنند. وضوح مکانی تصاویر لندست (۳۰ متر) برای شناسایی تکه‌های کوچک با پیکسل‌های

پایه‌سازی

قسمتی از دریای خزر به دلیل وجود قسمت‌های خالص آب، به عنوان محدوده مطالعاتی مناسب انتخاب شده است. تصاویر از ماهواره لندست ۸، سنجنده OLI به عنوان تنها منبع داده برای جلوگیری از تأثیر سنسورهای مختلف استفاده شده است. تمامی تصاویر انتخاب شده برای کاهش

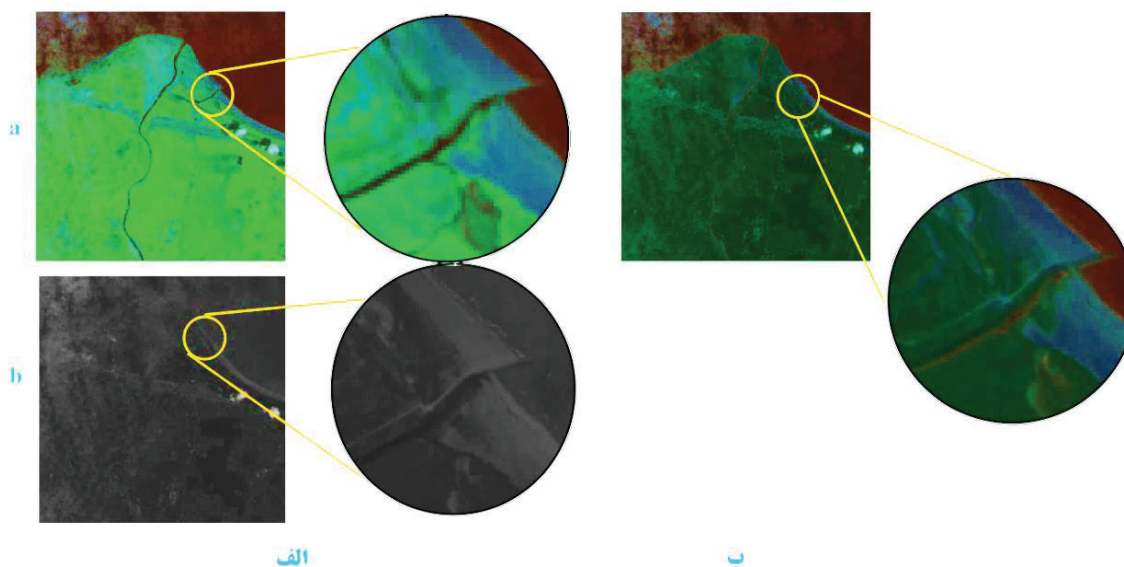
مقدار استاندارد مقایسه می‌کنیم و در نهایت حاصل این مقایسه، ایجاد نقشه احتمالی وجود آب است که بدیهی است، هر پیکسل نزدیکی Reflectance خود به Reflectance استاندارد آب در همان باند، مقداری بین صفر و یک خواهد بود.

پس از ایجاد نقشه احتمالاتی وجود آب، این نقشه به عنوان طبقه‌بندی نسبتاً ساده وارد الگوریتم بهینه‌یابی می‌شود. الگوریتم‌های بهینه‌یابی، بدون نیاز به پاسخ اولیه و با پاسخ اولیه تصادفی که خود الگوریتم از بین فضای پاسخی که به آن معرفی شده است، ایجاد و انتخاب می‌کند، به حل مسئله می‌پردازد. اما زمانی که یک پاسخ اولیه با آگاهی و نسبتاً قابل قبول به عنوان پاسخ اولیه الگوریتم داده می‌شود، الگوریتم بهتر کار کرده و پاسخ‌های بهتری در زمان کمتری از آن حاصل می‌شود. از این رو با توجه به هدف اجرای الگوریتم بهینه‌یابی که تشخیص و استخراج محدوده آب از تصاویر است، ایجاد نقشه احتمال وجود آب می‌تواند پاسخ اولیه بسیار مناسبی برای اجرای بهتر الگوریتم باشد.

مختلط بسیار بزرگ است. برای افزایش دقت مکانی این تصاویر از الگوریتم ادغام تصاویر IHS با استفاده از تصویر پانکروماتیک ماهواره لندست استفاده می‌شود.

با توجه به رفتار طیفی آب در باندهای مختلف، باندهای NIR، SWIR و Green مناسب شناخته شده است و از آن‌ها استفاده شد و به دلیل سیل رخ داده در ابتدای سال ۹۸ در اطراف دریای خزر، بازه زمانی تصاویر اسفندماه سال ۹۷ و فروردین‌ماه سال ۹۸ در نظر گرفته شد. محدوده مطالعاتی، قسمتی از مرز دریای خزر، اطراف کیشهر در نزدیکی لاهیجان انتخاب شد. در گام نخست برای بهبود دقت نتایج پژوهش، تلفیق سه باند انتخاب شده با باند پانکروماتیک انجام شد و نتیجه آن در شکل ۲ نمایش داده شده است.

در گام بعدی محدوده‌ای کوچک در قسمت عمیق‌تر دریا که پوشش ابر هم ندارد را به عنوان Reflectance استاندارد آب و برای محاسبه میزان خطای طبقه‌بندی از آن استفاده می‌شود. با استفاده از زاویه بین بردار مقادیر در هر باند و مقدار استاندارد Reflectance آب در آن باند (مانند روش SAM^۱) و فاصله مقدار آنها با هم، تصاویر را با



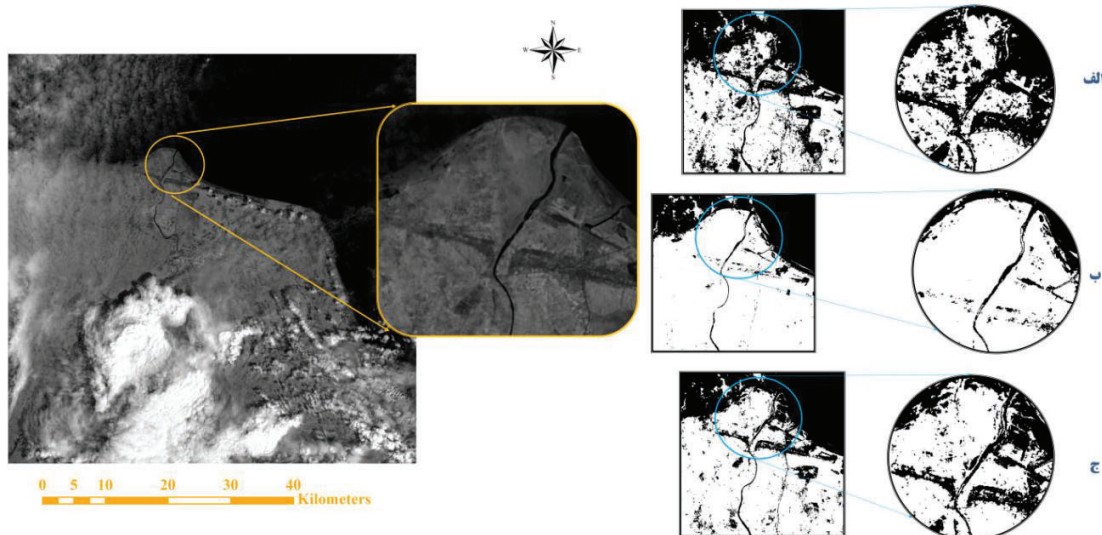
شکل ۲. الف: نمایش محدوده مطالعاتی با ترکیب رنگی کاذب باندهای NIR، SWIR و Green و باند پانکروماتیک آن محدوده. ب: نمایش محدوده مطالعاتی با استفاده از تلفیق IHS باندهای NIR، SWIR، Green و پانکروماتیک

پاسخ فردی و پاسخ جمعی در الگوریتم ازدحام ذرات است که به عبارت دیگر تعیین کننده گرایش به بهینه‌های محلی یا بهینه‌های سراسری است. بنابراین همان‌طور که بیان شد این دو ضریب در بازه مذکور انتخاب شدند تا روند اجرای الگوریتم و پاسخ‌ها، حالت بهینه و متعادلی داشته باشند.

ضریب W که برای کنترل روند همگرایی الگوریتم است برابر با ۱ و ضریب کاهش W (ضریب همگرایی الگوریتم) نیز در تکرارهای بعدی برابر با ۰/۰۵ مدنظر قرار گرفت. φ_1 ، φ_2 اعداد تصادفی هستند که در هر تکرار الگوریتم برای حرکت به سمت پاسخ‌ها در فضاها جدید و بررسی نشده، تعیین می‌شود. k_1 ، k_2 و k_3 با توجه به شرایط آب و هوایی محدوده مورد مطالعه به ترتیب برابر با ۰/۹، ۰/۵، ۱ در نظر گرفته شدند؛ که همان‌طور که از تابع هدف و تصاویر و موقعیت محدوده مطالعاتی مشخص است به دلیل قرارگیری آب و زمین کنار هم و به تبع آن افزایش احتمال پیکسل آب و کاهش احتمال نبود آب و کاهش فاصله با پیکسل دارای آب این مقادیر به این ترتیب در نظر گرفته شدند.

همان‌طور که پیش‌تر در قسمت روش پیشنهادی، تابع هدفی که برای بهینه‌یابی می‌بایست قبل از اجرای این‌گونه الگوریتم‌ها برای آن‌ها تعریف شود، معرفی شد (رابطه ۵)؛ از آن برای بهینه‌یابی مسئله حاضر استفاده می‌شود و زمانی مقدار آن ارزش بیشتری برای مسئله این پژوهش دارد که مقدار آن بیشینه شود. یعنی احتمال وجود آب بیشتر؛ زیرا این رابطه بر اساس احتمال وجود آب و چند پارامتر مرتبط دیگر تعریف شده بود. ضریبی در این تابع و همچنین در روابط و ساختار الگوریتم ازدحام ذرات نیز وجود دارد که می‌بایست از ابتدای اجرای الگوریتم مشخص باشد. c_1 ، c_2 ، φ_1 ، φ_2 و W در ساختار الگوریتم PSO و k_1 ، k_2 و k_3 در تابع هدف ضریبی هستند که مقادیر آن‌ها به شرح ذیل تعیین شده است.

مورد دیگر تعداد تکرار اجرای الگوریتم است که در حالتی که پاسخ نهایی به میزان مشخص و تقریباً ثابتی از دقت نرسیده باشد و الگوریتم روند یکنواخت به خود نگرفته باشد، برای جلوگیری افزایش هزینه زمانی، برای خاتمه یافتن الگوریتم تعیین می‌شود که در پژوهش حاضر ۵۰۰ تکرار در نظر گرفته شد. مقادیر مناسب برای c_1 ، c_2 در بازه [۲/۲، ۱/۸] به گونه‌ای که مجموع آن برابر با ۴ شود؛ این دو ضریب مشخص کننده میزان تأثیر بهترین



شکل ۳. نمایش اجرای روش پیشنهادی پژوهش در محدوده مطالعاتی و مقایسه با دو روش دیگر شکل سمت چپ: محدوده مطالعاتی و بزرگنمایی قسمتی از آن برای جانمایی مقایسه الگوریتم‌ها مختلف شکل سمت راست: الف. روش k-means، ب. روش پیشنهادی پژوهش حاضر، ج. SVM

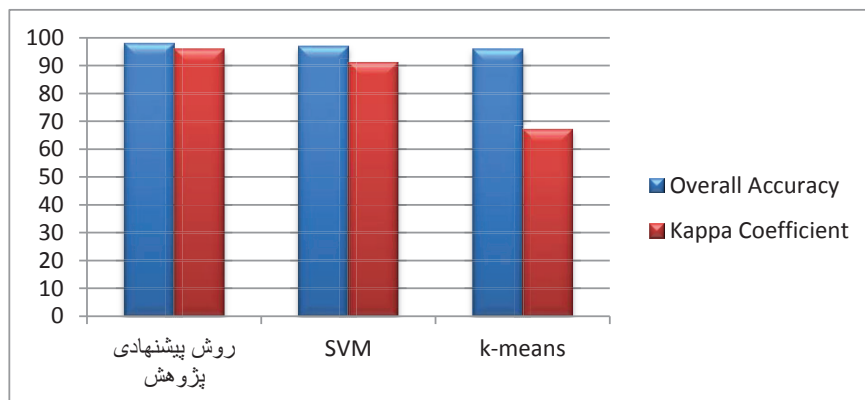
با بررسی انجام شده پیرامون الگوریتم‌های بهینه‌یابی، الگوریتم ازدحام ذرات به عنوان یک الگوریتم هوش جمعی که تأثیرات همسایگی را مدنظر قرار می‌دهد (بهرامی و همکاران، ۲۰۱۹) و با توجه به رفتار آب و روند ایجاد سیلاب‌ها، این قابلیت بسیار مفید خواهد بود، انتخاب شد و با ایجاد یک تابع هدف که همین مهم را هم پوشش دهد و احتمال آب در نقاط و تأثیر همسایگی‌ها را مدنظر قرار دهد، به استفاده از این الگوریتم برای حل مسئله مورد نظر این پژوهش، پرداخته شد. به منظور ارتقاء قابلیت استفاده از الگوریتم بهینه‌یابی پژوهش، سعی شد پاسخ اولیه نسبتاً مناسبی با ایجاد نقشه‌های احتمالاتی وجود آب در پیکسل‌ها، با استفاده از رفتار طیفی آب و بازتاب طیفی در باندهای استفاده شده، ایجاد شود.

در نهایت کارایی الگوریتم پیشنهادی با چند روش دیگر طبقه‌بندی نظیر SVM و k-means تصاویر مقایسه بصری و آماری شد. مقایسه بصری آن‌ها در شکل ۴ نمایش داده شد و برای مقایسه آماری مقادیر Overall Accuracy و Kappa Coefficient محاسبه و مقایسه شد که در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به مقدار OA برابر با ۹۸/۹۳ درصد برای الگوریتم پیشنهادی، ۹۸/۳۹ درصد برای SVM و برای k-means ۹۶/۷۳ درصد به دست آمده و KC برابر با ۹۵/۶، ۹۱/۲ و ۶۷/۸ درصد به ترتیب برای الگوریتم پیشنهادی پژوهش، SVM و k-means، الگوریتم پیشنهادی برای مسئله مورد نظر مفید و مناسب شناخته شد.

در هر مرحله از اجرای الگوریتم وضعیت هر پیکسل بررسی شده و با بهترین پاسخ خود طبق محاسبه تابع هدف مقایسه می‌شود اگر بهتر از بهینه‌ترین پاسخ خود تا آن زمان بود، جایگزین آن می‌شود، در غیر این صورت به همان پاسخ ذخیره شده می‌ماند. علاوه بر هر پیکسل، مجدداً تابع هدف برای کل محدوده که از ابتدا وارد الگوریتم شده است، محاسبه می‌شود و اگر پاسخ بهتر از حالت بهینه پاسخ سراسری^{۱۱} بود، جایگزین شده و در غیر این صورت بدون تغییر وارد تکرار بعدی الگوریتم می‌شود. به این گونه مقایسه پاسخ‌ها برای یافتن بهینه‌ترین پاسخ با شرایط تعریف شده برای الگوریتم انجام می‌شود. در نهایت پس از ۵۰۰ تکرار پاسخ مطابق شکل ۳ حاصل شد. مقایسه بصری و نتایج دو روش دیگر نیز نمایش داده شده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

همان‌طور که پیش‌تر بیان شد سیل یکی از بحران‌های بزرگ و خسارت‌زایی است که کشور ایران در سال‌های اخیر با آن درگیر بوده است و خسارات اقتصادی و انسانی بسیاری را متحمل شده است. بنابراین پرداختن به این موضوع و ارائه راهکارهایی برای کاهش خسارات آن، ضروری، مفید و مؤثر خواهد بود. در این پژوهش سعی شد تا به بررسی و پیاده‌سازی راهکاری جدید پیرامون این مهم پرداخته شود. نخست با استفاده از تکنیک‌های تلفیق داده‌ها به بهبود تصاویر مورد استفاده پرداخته شد. برای کاهش هزینه‌ها با توجه به زمینه کاربردی مورد نظر تصاویر لندست ۸ مناسب و مقرون به صرفه شناخته شد و از باندهای مؤثر در ثبت بازتاب طیفی آب از سنجنده OLI این ماهواره استفاده شد.



شکل ۵. نمودار مقایسه آماری روش پیشنهادی پژوهش با روش‌های SVM و k-means

پژوهش برای ارتقا هر چه بهتر شناسایی و پایش ایجاد و آسیب‌شناسی بحران‌هایی همچون سیل، می‌تواند سودمند باشد. برای ارزیابی خسارات و شناسایی سیلاب‌ها بررسی سری زمانی تصاویر بسیار مناسب و کارآمد خواهد بود.

یادداشت‌ها

1. Structural measures
2. Non-structural measures
3. Longitudinal embankment
4. Flood wall
5. Feature
6. Wavelet
7. State spaces
8. Particle swarm algorithmSpectral Matching
9. Spectral Angle Mapper
10. Global

برای پژوهش‌های آتی می‌توان از تکنیک‌های دیگر تلفیق تصاویر بهره جست و با روش استفاده شده مقایسه کرد. از طرفی می‌توان از تلفیق داده‌های راداری برای افزایش دقت تصاویر و حذف آثار ابر، که این مهم محدودیت استفاده از برخی زمان‌های تصاویر که پوشش ابر دارند می‌شود و نواقص تصاویر و در نتیجه تحلیل‌های لازم را برطرف می‌نماید. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس به دلیل گسترده‌ای طیفی می‌تواند تمایز اجزای تشکیل دهنده پیکسل‌ها را بهتر نمایان سازد. استفاده از تصاویر ماهواره‌های هواشناسی برای بهبود سری زمانی مطالعات و در نتیجه پایش و پیش‌بینی سریع‌تر سیلاب‌ها، می‌تواند اثرگذاری خوبی داشته باشند. از طرفی استفاده از دیگر روش‌های بهینه‌یابی و مقایسه با روش پیشنهادی این

منابع

- Abdullahi, M. (2013). *Crisis Management in Areas, Organization of Municipalities and Government Departments*. Tehran. Iran.
- Asgari, A. et al. (2013). *GIS Application in Crisis Management, Organization of municipalities and villages of the country*. Tehran. Iran.
- Bahrami, N., Argany, M., Neysani Samani, N., Vafaeinejad, A. R. (2019). *Designing a context-aware recommender system in the optimization of the relief and rescue*, The ISPRS international Geospatial Conference Joint SMPR and GIREsearch (Scopus).
- Barnes, B.B., Garcia, R., Hu, H., Lee, Z. (2018). Multi-band spectral matching inversion algorithm to derive water column properties in optically shallow waters: An optimization of parameterization, *Remote Sensing of Environment, Volume 204*, January 2018, Pages 424-438.
- Copin, B. (2012). *Book: Artificial Intelligence*, Davarpanah, S.H., Mirzaee, A.R., Tehran.
- D'Addabbo, A., Refice, A., Lovergine, F. P., Pasquariello, G. (2018). DAFNE: A Matlab toolbox for Bayesian multi-source remote sensing and ancillary data fusion, with application to flood mapping, *Computers & Geosciences, Volume 112*, March 2018, Pages 64-75.
- Fatehian, S., Jelokhani-Niaraki, ., AbdollahiKakroodi, A., YazanpanahDero, Q., Najmeh NeysaniSamany, N. (2018). A volunteered geographic information system for managing environmental pollution of coastal zones: A case study in Nowshahr, Iran, *Ocean & Coastal Management, Volume 163*, 1 September 2018, Pages 54-65.
- Ghavami, Z., Arefi, H., Bigdeli, B., Janalipour, M. (2017). Comprehensive investigation on non-parametric classification methods in order to separate urban objects using the integration of very high spatial resolution LiDAR and aerial data, *Jgit, 5 (3)*, 77-97.
- Hosseini, M. (2008). *Crisis Management, City INS*, Tehran, Iran.
- Jeihouni, M., Kakroodi, A.A., Hamzeh, S. (2019). Monitoring shallow coastal environment using Landsat/altimetry data under rapid sea-level change, *Estuarine, Coastal and Shelf Science, Volume 224*, 31 August 2019, Pages 260-271.
- Jia, K., Jiang, W., Li, J., HongTang, Z. (2018). Spectral matching based on discrete particle swarm optimization: A new method for terrestrial water body extraction using multi-temporal Landsat 8 images, *Remote*

Sensing of Environment, Volume 209, May 2018, Pages 1-18.

- Karamouz, M., Ahmadi, A., Falahi, M. (2014). *System Engineering*, University of Amirkabir Press, Tehran, Iran.
- RehamGharbia, R., EllaHassanien, A., El-Baz, A. H., Elhoseny, M., Gunasekaran, M. (2018). Multi-spectral and panchromatic image fusion approach using stationary wavelet transform and swarm flower pollination optimization for remote sensing applications, *Future Generation Computer Systems, Volume 88*, November 2018, Pages 501-511.
- Samadzadegan, F., Mohammadi, F. T., Bigdeli, B. (2015). *Data Fusion*, University of Tehran Press, 2nd Edition.
- Samadzadegan, F., Alizadeh, A. (2011). *Computational Swarm Intelligence Theory & Application*, University of Tehran Press, Tehran, Iran.
- Salehian, S., Arefi, H., Shah Hosseini, R. (2019). Change Detection in Urban Area Using Decision Level Fusion of Change Maps Extracted from Optic and SAR Images, *JGST, 8 (4)*, 71-90.
- Shaad, K., Burlando, P. (2019). Monitoring and modeling of shallow groundwater dynamics in urban context: The case study of Jakarta, *Journal of Hydrology, Volume 573*, June 2019, Pages 1046-1056.
- Shah-Hosseini, R., Safari, A. R., Homayouni, S. (2018). Monitoring and Estimating Flood Damages by Object-Oriented Change Detection of Optical and Radar Earth Observations, *JGST, 8 (1)*, 239-257.
- Victor, P., Oncken, O., Sobiesiak, M., Kemter, M., Gonzalez, G., Ziegenhagen, T. (2018). Dynamic triggering of shallow slip on forearc faults constrained by monitoring surface displacement with the IPOC Creepmeter Array, *Earth and Planetary Science Letters, Volume 502*, 15 November 2018, Pages 57-73.
- Wedajo, G. (2017). LiDAR DEM Data for Flood Mapping and Assessment; Opportunities and Challenges: A Review, *Journal of Remote Sensing & GIS, Volume 6*, Issue 4, 1000211.
- Zhang, Y., Foody, G. M., Ling, F., Li, X., Ge, Y., Du, Y., Atkinson, P. M. (2018). Spatial-temporal fraction map fusion with multi-scale remotely sensed images, *Remote Sensing of Environment, Volume 213*, August 2018, Pages 162-181.