

بهبود منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی همگام با الگوریتم‌های رایانه‌ای ژنتیک و توده‌ریزه‌ها در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه

عماد فهیم^۱، رضا قضاوی^{۲*}، هدی قاسمیه^۳، ابراهیم امیدوار^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۳۰

چکیده

نوترین داده‌های منحنی‌های شدت - زمان - فراوانی در ایران از ۶۶ ایستگاه سازمان هواشناسی به دست آمده است که در سال ۱۳۷۴ نگاشته شده است و آگاه به اینکه برای به دست آوردن فیزیکی این داده‌ها به بهره‌بری از باران‌سنج‌ها نیاز داریم، نمی‌توان دورافتاده‌ترین پهنه‌ها را با این ابزار نگریست و گاهی با همین ابزارها هم دچار نادرستی‌های فراوان خواهیم بود. بدین روی برای کاهش این نادرستی‌ها از ساختارهای شدت - زمان - فراوانی سود می‌جوییم. تاکنون ساختارهای بسیاری برای به دست آوردن داده‌های مورد نیاز نمودارهای شدت - زمان - فراوانی بیان شده است که نمی‌توان آن را در همه پهنه‌ها به کار برد، مگر آنکه نرخهای پهنه‌ای آن‌ها ارزیابی شده باشد. در این پژوهش، نرخ‌های این ساختارها همگام با الگوریتم‌های رایانه‌ای در پهنه آبخیز دریاچه ارومیه بررسی و بهینه‌سازی شد. آنگاه بهره‌وری دو الگوریتم رایانه‌ای توده‌ریزه‌ها و زادشناسی با یکدیگر سنجش شده و سرانجام با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه، کارایی دگرگونی‌های اقلیمی بر نمودارهای شدت - زمان - فراوانی در این سرزمین بررسی شد. براینکه این پژوهش نشان داد که نرخ‌های ساختار آبخیز در همه ایستگاه‌های پهنه دریاچه ارومیه، مگر کمپ مهاباد با نزدیکی خوبی درست است. می‌شود گفت میانگین نرخ‌های پهنه‌ای بهینه‌سازی شده با نرخهای به دست آمده برآزش ۱۰۰ درصدی دارند.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی، ایستگاه‌های هواشناسی، ساختار، الگوهای بارشی، نرخ‌های پهنه‌ای.

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه کاشان

۲. استاد تمام و هیئت علمی و رئیس دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کاشان، Ghazavi@kashanu.ac.ir

۳. عضو هیئت علمی دانشگاه کاشان

۴. عضو هیئت علمی و مدیر گروه آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه کاشان

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری دانشگاه کاشان است.

مقدمه

و از روی داده‌های روزانه بارش، منحنی‌های IDF را برای زمان‌های کوتاه ساخت.

هرچند که می‌شود گفت به دست آوردن ساختارهای IDF نیز در پهنه‌های دورافتاده کاری دشوار است، چراکه باید نرخ‌های ساختارهای آنجا را داشته باشیم. البته الگوریتم‌های رایانه‌ای گام بزرگی برای بهینه‌سازی نرخ‌های این ساختارهاست که در این پژوهش کوشش بر این شده که در پهنه آبخیز دریاچه ارومیه این ضرایب را بهینه سازیم.

میل‌ها^۸ و همکاران (۲۰۰۷) با ارزیابی دگرگونی‌های زمانی منحنی IDF و پردازش همبستگی فضایی سری‌های شبیه‌سازی شده برای جنوب کوکب^۹ با به کار بردن از الگوی آب‌وهوایی کانادایی (CRCM^{۱۰}) نشان دادند برای یک زمان ویژه، پیوستگی‌های فضایی در آب‌وهوای آینده کاهش می‌یابد و برایندها نشان‌دهنده بارش‌های تند سالانه است که می‌تواند از آمیختگی بیشتر سامانه‌های آب‌وهوایی پیدا شود.

تیسون^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهشی به نام بهبود ریزینی^{۱۲} منحنی IDF با جداسازی زمان بلند و کوتاه همراه با الگوریتم زادشناسی چندکاره (MOGA^{۱۳}) و تابع توزیع تجمعی (CDF^{۱۴}) برای بهبود ریزینی منحنی IDF سود بردند. واکاوی این منحنی‌ها با استفاده از خطای میانگین مربعی مساوی انجام شد و برای جداسازی زمان از شیوه‌ای به نام COMBI^{۱۵} به کار گرفته شد که برایندها نشان داد این شیوه در سنجش با دیگر شیوه‌ها برآزش بهتری را دارد.

دیمار و ویور^{۱۶} (۲۰۱۳) منحنی‌های IDF را برای بارش با داده‌های بیشترین سالانه در سه ایستگاه بارندگی در رواندا آفریقای مرکزی بازسازی کرده‌اند که چنین داده‌هایی تا به آن

می‌دانیم کشور ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان است (متکان و همکاران، ۲۰۱۱). بارندگی سالانه در برابر میانگین جهانی پایین بوده و دشواری‌های آبی در بخش بزرگی از کشور یک نگرانی است. افزایش روزافزون شمار مردمی و بالا رفتن رده بهداشت مردمی و سرانه کارکرد آب، گسترش چشمگیر بخش‌های گوناگون کشاورزی و کارگاهی و همچنین کارکردهای نابخردانه و کاهش سرچشمه‌های آبی در دسترس، دشواری‌های آبی را در کشور ایران فراوان ساخته است (متکان و همکاران، ۲۰۱۱). بدین روی یک پایش همه‌جانبه بارش و رواناب و ارزیابی سیلاب نیازی سزاوار است.

منحنی‌های شدت، زمان، فراوانی ابزار سودمندی است برای پایش بارندگی و دانستن بسیاری از داده‌های پیش‌بینی شده سازه‌ای که می‌تواند راهکاری آسوده در برآورد برایندها باشد (یابین^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

برآورد اندازه، چینش و فراوانی سازه‌های هیدرولیکی نیازمند داشتن داده‌های پی‌درپی ایستگاه‌های باران‌سنجی است که از روی آن می‌توان سیلاب بیشترین^۲ را به دست آورد (هانگشیانگ^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). چنانچه خواندن داده‌های بارش در پهنه‌های دور از دسترس باشد، می‌توان برای آن پهنه‌ها و پهنه‌های کناری دارای آمار، میانگینی به دست آورد ولی داشتن منحنی‌های IDF^۴ که از روی داده‌های باران‌سنجی ایستگاه‌های گوناگون بیرون کشیده می‌شود، گامی بلند در پایش بینی شدت بارش در پهنه‌های گوناگون است.

چنان‌که می‌دانیم به دست آوردن منحنی IDF در پهنه‌های بدون آمار با میان‌یابی داده‌ای می‌تواند در بسیاری زمان‌ها دارای نادرستی باشد؛ بنابراین کاربرد ساختارهای منحنی IDF پیشنهاد می‌شود (دپوآلا^۵ و همکاران، ۲۰۱۴).

پهنه‌هایی را که دارای داده‌های بارشی ساعتی نگاشته شده نیستند، می‌شود از ویژگی‌های مقیاس زمانی بارش برآورد کرد

۶. فرمول

۷. ضریب

8. Mailhot

9. KwbeK

10. Canadian Regional Climate Model

11. Taesoon

۱۲. دقت

13. Multi-objective genetic algorithm

۱۴. تابع توزیع تجمعی Cumulative Distribution Function

۱۵. شگرد جداسازی زمان

16. Demaree and Vyver

1. Yabin

۲. سیلاب طرح

3. Hongxiang

4. Intensity-Duration-Frequency

5. De Paola

نشان داد که می‌تواند وابسته به دگرگونی پارامترهای تابع‌های توزیع احتمال سری زمانی شدت‌های بارندگی به سبب افزایش درازای دوره آماری باشد. همچنین ساختارهایی برای برآورد شمارشی باران ساعتی ده‌ساله برای ایران از روی پارامترهایی چون میانگین باران سالانه و میانگین بیشترین بارش روزانه نمایان کردند. نشان داده شد که در هنگام گزینش گستره شایسته‌ای برای ایستگاه، ریزینی ساختار سزاوار خواهد بود. همچنین نشان داده شد که ساختارهای پیشین برای برآورد باران ساعتی ده‌ساله در ایران دیگر کارایی ندارد.

آقاجانی و کرمی (۲۰۱۵) برای بیرون آوردن منحنی‌های IDF از داده‌های روزانه، بارش رگبارهای بومی را همراه آمار بیشترین بارش روزانه در بازه سال‌های ۱۹۵۱-۲۰۱۰ در ایستگاه هواشناسی مشهد که با دو روش بل و قهرمان انجام گرفته، بررسی کردند و سپس نرخ‌های ساختار رگبار را بر اساس دوام و دوره بازگشت در ساختارهای گوناگون مانند شرم، برهانو و... به دست آوردند، برایندها نشان می‌دهد که شیوه شرم بازده نزدیک‌تری با پهنه دلخواه دارد.

صفوی و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی با استفاده از تئوری فراکتال که بر پایه شیوه‌ای سامان یافته در بی‌سامان‌یست، دگرگونی‌های منحنی IDF را در ایستگاه سینوپتیک اصفهان بررسی کردند؛ برایندها این‌گونه بود که در دوره کنونی و پیش‌بینی‌شده چون افزایش پدیده دگرگونی اقلیم و زیست‌بومی را داریم، هرچند میانگین بارش‌ها کاهش یافته، منحنی‌های IDF به‌سوی بالا جابه‌جا شده‌اند که این افزایش از داده‌های کهن به بیش از ۵۲٪ نیز می‌رسد.

مواد و روش‌ها

پهنه آبخیز دریاچه ارومیه در شمال باختر (شمال غرب) ایران است و با بخش شمال کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوب کوه سبلان، و نیز دامنه‌های شمالی، باختری و جنوبی کوه سهند در میان شده است (برجی، ۲۰۱۵). این پهنه که همه رودخانه‌های در آن به‌سوی دریاچه ارومیه روان است، در بخش‌بندی‌های سازمان پژوهش‌های سرچشمه منابع آب^۷

زمان در آن کشور نبوده است. برایندها نشان داد در پهنه‌های این ایستگاه‌ها چون بارندگی شدت و بلندی منحنی IDF بالایی دارد، هراس زمین‌لغزش همواره بوده است.

محمد سیفول^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی به نام شناسایی روند بارندگی و گسترش منحنی IDF برای استان کلانتان^۲ مالزی با به کار بردن الگوی CCSM3^۳ در ۱۶ ایستگاه استان کلانتان بر اساس ویژگی‌های بارش و با به کار بردن راهکار کوانتیل^۴ دیدند که فقط چهار ایستگاه آن بیشترین اندازه بارندگی سالانه نشان را می‌دهد و بهترین کارکرد جابه‌جایی برای درست کردن ناهماهنگی داده‌های CCSM3^۳، چندجمله‌ای درجه دوم است.

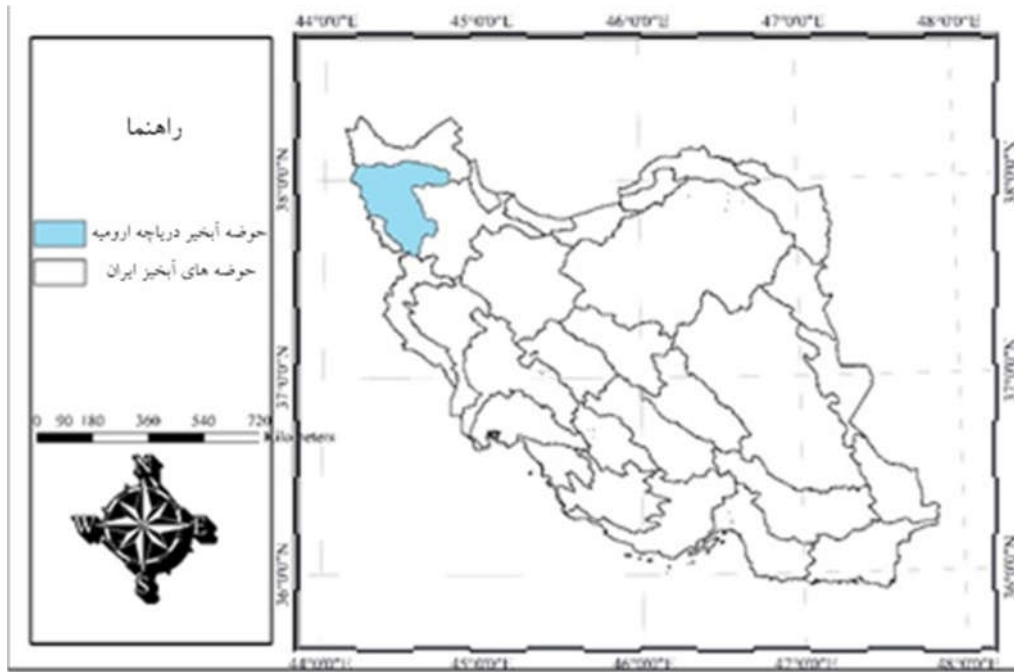
سعادالوجندی^۵ (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های بارندگی از دو باران‌سنج ثبت‌شده در پهنه آبریز نمان در غرب عربستان سعودی و با استفاده از داده‌های بارندگی ۱۳ ساله مقادیر سری بارش حداکثر سالانه استخراج‌شده را برای محاسبات منحنی IDF استفاده کرد. باران‌سنج که مجهز به سیفون بوده منحنی‌های IDF را با شدت بارندگی بیشتری تولید می‌کند. پژوهش نشان می‌دهد که مقدار عددی باران‌سنج در زیرپهنه می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر منحنی‌های IDF و ویژگی‌های سیل طراحی داشته باشد.

محمدنور^۶ و همکاران (۲۰۲۱) با تکیه بر پردازش‌های سنجش از دور و بهترین برازش توابع توزیع احتمال، مجموع بارندگی برای زمان‌های مختلف برای تولید منحنی‌های IDF را به دست آورده و دقت منحنی‌های IDF شبکه‌بندی‌شده با مقایسه منحنی‌های IDF مشاهده‌شده در مقابل تخمین زده‌شده را در ۸۰ مکان ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که توزیع مقدار شدید تعمیم‌یافته بهترین تناسب را با شدت بارندگی برای زمان‌های مختلف در ۶۲٪ از ایستگاه‌ها داشت.

قهرمان و آبخضر (۲۰۰۴) برای ویرایش ساختارهای IDF بارندگی در ایران به بررسی پرداختند. برایندهای به‌دست‌آمده دگرگونی‌های بیشتری را نسبت به پژوهش‌های پیشین در ایران

1. Muhammad Saiful
2. Kelantan
3. Community Climate System Model
4. Quantile
5. Abdullah Saad Al-Wagdany
6. Muhammad Noor

بخش آزادی از پهنه آبریز میانی بوده و یکی از ۳۰ پهنه با کد دوشماره‌ای است. این سرزمین با دارا بودن ۱۵/۳٪ از پهنه کشور، ۷٪ از همه سرچشمه‌های آب کشور را داراست. گستردگی آن نزدیک ۵۱۸۰۱ کیلومترمربع بین مختصات



شکل (۱): جایگاه پهنه آبخیز دریاچه ارومیه در کشور ایران

ساختارهای نخستین منحنی‌های IDF:

ساختار (۱) ... تالبوت^۱

$$i = \frac{a}{d+b}$$

ساختار (۲) ... برنارد^۲

$$i = \frac{a}{d^e}$$

ساختار (۳) ... کیمیاما^۳

$$i = \frac{a}{d^e + b}$$

در ساختارهای بالا i شدت بارش (میلی‌متر بر ساعت)، d پایستگی بارش (دقیقه) و a, b, e نرخ‌های ماندگار بومی هستند که به سامه‌های^۴ هیدرولوژیکی وابسته است.

در ایران نخستین بررسی ساختارهای IDF بارندگی

در بسیاری از پرسمان‌های هیدرولوژیکی، سه ویژگی زمان، شدت و فراوانی بارندگی پیوستگی تنگاتنگی با یکدیگر دارند (چف^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). آمیختگی این ویژگی‌ها همواره به شیوه نمودارهایی به نام منحنی‌های IDF بیان می‌شود. منحنی IDF منحنی است (شکل ۲) که در یکسوی نمودار آن شدت بارش و در دیگر سو تداوم بارش نشان داده شده و نقاط به هم پیوسته شده میانی نیز شمار بارش‌ها را نشان می‌دهد. به ازای هر فراوانی رخداد، یک منحنی شدت در برابر زمان بارندگی کشیده می‌شود. این منحنی‌ها بسته به جایگاه ایستگاه‌ها گوناگون‌اند. بنابراین برای رسم آن باید از منحنی‌های شدت - زمان - فراوانی همان پهنه بهره برده شود. شماری از این منحنی‌ها برای ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور به دست سازمان هواشناسی آماده‌سازی و چاپ شده است.

1. Talbot equation

2. Bernard equation

3. Kimijama equation

روشی فراگیر برای بیرون کشیدن منحنی‌های IDF داده‌های بیشترین سالانه بارش در تداوم‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ... دقیقه‌ای از آمارهای گرفته‌شده از سازمان آب و هواشناسی به دست آمد. سپس با به کار بردن توزیع احتمال گامبل داده‌های بارش بیشترین سالانه در تداوم‌های از پیش‌گزینش‌شده، برازش داده شد. سپس از روی پخش گمانه‌ای برازش داده‌شده به داده‌های بیشترین سالانه در تداوم‌های داشته اندازه بارش در همان تداوم به دیگر دوره بازگشت‌ها برآورد شد. این روند برای تمامی تداوم‌ها انجام شده و در پایان به داده‌های بارش در تداوم‌های گوناگون که دوره بازگشت یکسانی دارند، یک منحنی که توانی است برازش داده‌شده، برای آماده‌سازی تابع‌های (تابع) تندی - زمان بارندگی یک ایستگاه باران‌سنجی، نخست نیاز است رگبارها گزینش شده و تندی‌های بیشترین هر رگبار در زمان‌های کوتاه آماده شود. رگبارهایی که بررسی می‌شوند، رگبارهای تک‌ی^۲ هستند. در این پژوهش بارندگی‌های کوتاه‌زمان ماهانه با ریزبینی زمانی ۱۵ دقیقه‌ای، از زمان آغاز تا پایان هر رگبار بیرون کشیده شده، سپس با پوشش زمانی ۱۵ دقیقه‌ای، شمار بارندگی‌های ۳۰، ۴۵، ۶۰ و ... دقیقه‌ای تا زمان پایان رگبار برآورد می‌گردد و در پایان، بارندگی بیشترین سالانه از بین رگبارهای گزیده‌شده برای بازه‌های زمانی گوناگون آماده می‌شود. بعد از به دست آوردن بارندگی‌های بیشترین، این داده‌ها را با نظر به برش‌های زمانی، باید به تندی بارندگی بر سنجش میلی‌متر بر ساعت برگرداند.

بررسی بارش در ۲۷ ایستگاه مراکند، پل نوایی، رازی، پل دشت، قلعه جوق، بدوی، سیه‌چشمه، قره‌باغ، سلماس، چهریق علیا، کمپ ارومیه، بیبکران، گل‌مانخانه، بابارود، موش آباد، مرز سرو، نقده، اشنویه، کمپ مه‌آباد، پل میاندوآب، داشبند، شاهین‌دژ، ساریقمیش، آلاسقل، پیرانشهر، قره ضیاءالدین انجام شد و منحنی‌های IDF از داده‌های بارش بیرون کشیده شد. در شکل (۳) مکان ایستگاه‌ها در پهنه پژوهش آمده است.

۲. رگباری است که از زمان آغاز بارش تا پایان آن، با یک نزدیکی زمانی، بارندگی بریده نشده باشد.

برای ۳۴ ایستگاه باران‌سنجی وابسته به سازمان هواشناسی انجام پذیرفت (قهرمان و سپاس‌خواه، ۱۹۹۰). ساختار پیشنهادی بل را پذیرفته شد و نرخ‌های آن را برای سامه‌های بومی ویرایش شد.

ساختار^۱ بل برای تناوب ۲ تا ۱۰۰ سال و تداوم ۵ تا ۱۲۰ دقیقه بر پایه داده‌های سازمان آب و هواشناسی آمریکا به دست آمد:

ساختار^۴ (۴)

$$R_t^T = [0.21 \ln(T) + 0.52] \cdot [0.54t^{0.25} - 0.5] \cdot R_{60}^{10}$$

R_t^T : بارندگی به میلی‌متر در تناوب T و تداوم t

نادرستی استاندارد بین ۵ تا ۷٪ است و این ساختار برای دیگر جای جهان مانند استرالیا، آفریقای جنوبی، هاوایی، آلاسکا و پورتوریکو نیز پیشنهاد می‌شود.

در این پژوهش بنیاد کار بر ساختار^۴ آقای آبخضر است که همان ساختار^۴ بل را پذیرفته است.

ساختار^۵ (۵)

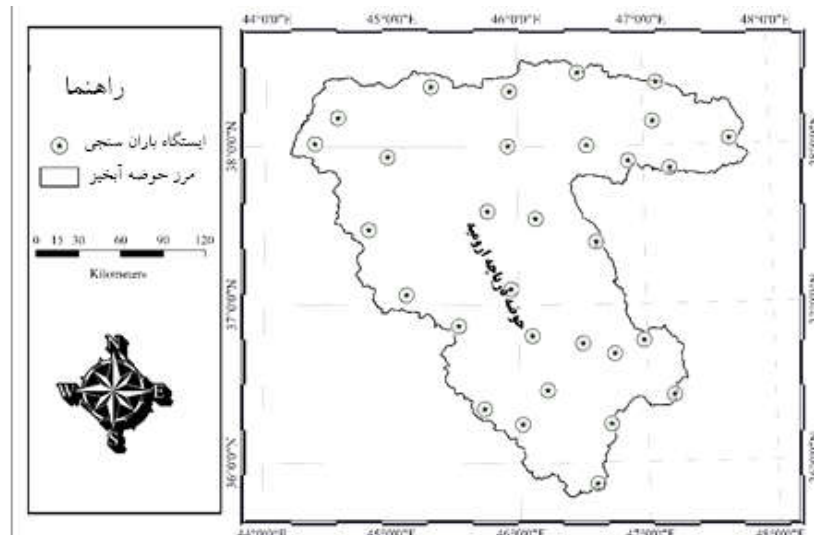
$$R_t^T = At^B[\alpha_1 + \alpha_2 \ln(T - \alpha_3)] R_{60}^{10}$$

که R_t^T بارندگی به میلی‌متر با چرخه بازگشت T و بازه زمانی t است. A و B نرخ‌های بومی زمان بارندگی هستند که به آن چینش برای زمان بارندگی کمتر و یا برابر یک ساعت، برابر ۰/۱۲۹۹ و ۰/۴۹۵۲ است. α_1 و α_2 هم نرخ زمان بارندگی هستند که برای بارش‌های کمتر یا برابر دو ساعت به همان چینش برابر ۰/۴۶۰۸ و ۰/۲۳۴۹ و ۰/۶۲ است. R_{60}^{10} هم شمار بارندگی با چرخه برگشت ۱۰ سال و زمان ۶۰ دقیقه است.

با الگوریتم‌های رایانه‌ای این نرخ‌های بومی برای پهنه آبریز دریاچه ارومیه بهینه شد.

به دست آوردن منحنی‌های شدت - زمان - فراوانی:

در این پژوهش نخست با نظر به داده‌های شدت بارش گرفته‌شده (زمان رگبار و شمار رگبار)، از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی، روش گزینش تابع (تابع) شدت - زمان بارندگی آماده می‌گردد. سپس روش‌های برازش تابع تندی - زمان برای سال‌های برگشت گوناگون بیان شده است. سپس به



شکل (۳): مکان ایستگاه‌ها در پهنة دریاچه ارومیه

yhat بارندگی به دست آمده در ساختار آبخضر همراه با چرخه بازگشت ها و تداوم های گوناگون دارای نرخ های بومی بسیاری در ۲۷ ایستگاه هواشناسی شد؛ ۲۷ در ۱۹۸ در ۵۵ (۲۹۴۰۰۰) که ریزینی پذیرفتنی ای را در الگوریتم های رایانه ای به ما می دهد. در چرخه های الگوریتم ها نرخ های بهینه سازی شده که به شیوه زیر است:

تابع هدف^۱

نمودارهای به دست آمده در ساختار آبخضر همراه با چرخه بازگشت ها و تداوم های گوناگون دارای نرخ های بومی بسیاری در ۲۷ ایستگاه هواشناسی شد؛ ۲۷ در ۱۹۸ در ۵۵ (۲۹۴۰۰۰) که ریزینی پذیرفتنی ای را در الگوریتم های رایانه ای به ما می دهد. در چرخه های الگوریتم ها نرخ های بهینه سازی شده که به شیوه زیر است:

در نرم افزار متلب در گام نخست، نیازمند تابع هدف برای ساختار بررسی شونده هستیم تا بتوانیم بر پایه آن الگوریتم های رایانه ای را به کار ببریم. این تابع بیانگر هدف و خواسته ما از بیان پرسمان است و شناسه ای از چگونگی کارکرد است. اینجا هدف مینیم سازی است، شایسته ترین تن (فرد) آن است که اندازه تابع هدفش اندک ترین باشد. شکل (۴) تابع هدف برای ساختار آبخضر را نشان می دهد.

function Z=Abkhazar (R, T, t, α^1 , α^2 , α^3)

```
u=A*t . ^ B (alpha^1 + alpha^2*ln(T_ alpha^3)*1
yhat=u;
y=R
z=sqrt (mean ( (y-yhat) . ^2))
```

end

شکل (۴): تابع هدف برای ساختار آبخضر عکس گرفته شده از نرم افزار متلب

yhat بارندگی به دست آمده در ساختار آبخضر همراه با چرخه بازگشت ها و تداوم های گوناگون دارای نرخ های بومی بسیاری در ۲۷ ایستگاه هواشناسی شد؛ ۲۷ در ۱۹۸ در ۵۵ (۲۹۴۰۰۰) که ریزینی پذیرفتنی ای را در الگوریتم های رایانه ای به ما می دهد. در چرخه های الگوریتم ها نرخ های بهینه سازی شده که به شیوه زیر است:

الگوریتم زادشناسی^۲ (GA)

الگوریتم ژنتیک برگرفته از دانش ژنتیک و نگره فرگشت^۳ داروین است و بر پایه ماندن برترین ها یا انتخاب طبیعی استوار است. یک کاربرد روماند الگوریتم ژنتیک، بهینه سازی است (کون^۵ و همکاران، ۲۰۲۳). الگوریتم ژنتیک ابزار سودمندی در بازشناسی الگو، گزینش ویژگی، دانش نگاره ای یا درک تصویر و یادگیری ماشینی است (کارلوس^۶ و همکاران، ۲۰۲۳). در الگوریتم های ژنتیکی، روند فرگشت ژنتیکی جانوران زنده شبیه سازی می شود. الگوریتم های ژنتیکی را می توان یک روش بهینه سازی پیشامدی برداری دانست که اندک اندک به سوی نقطه بهینه پیش می رود. درباره ویژگی های الگوریتم ژنتیک در سنجش با دیگر روش های بهینه سازی می توان گفت که الگوریتمیست که بدون داشتن هیچ گونه داده ای از تابع آن و هیچ گونه چهارچوبی از متغیرهای آن برای هرگونه پرسمانی پذیرفتنی است و دارای کارایی بالایی در یافتن بهینه پایانی است. توانایی این روش در پاسخ پرسمان های پیچیده (GO^۷) است. توانایی این روش در پاسخ پرسمان های پیچیده

۲. ژنتیک

3. Genetic Algorithm

۴. نظریه تکامل

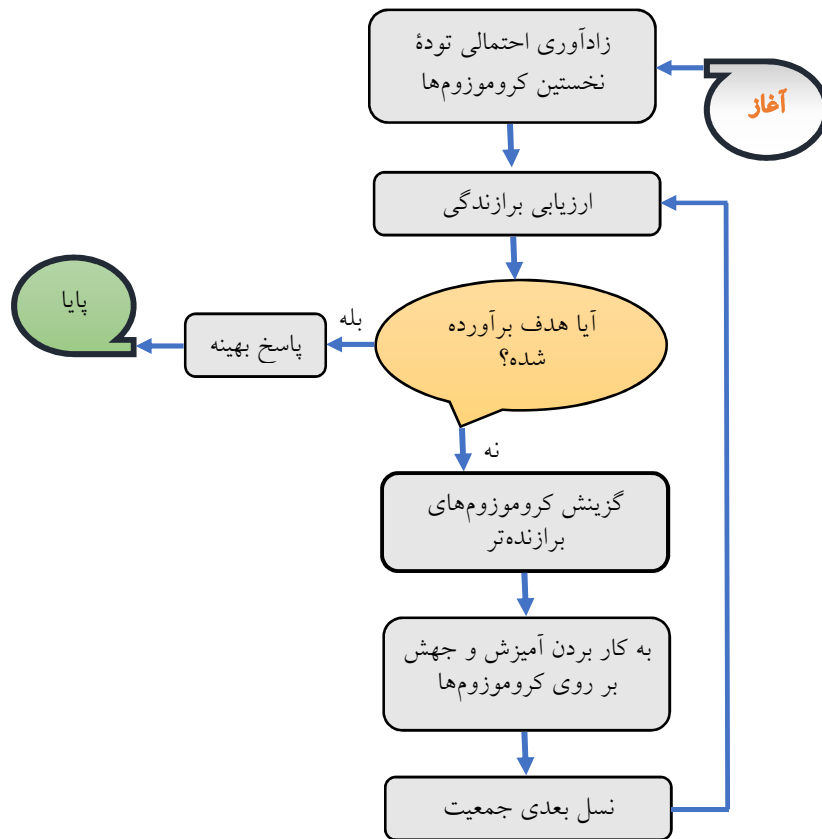
5. Qin

6. Carlos

7. Global Optimum

۱. تابع هدف

بهینه‌سازی است که روش‌های کهنه یا انجام‌پذیر نیستند و یا دریافتن بهینه پایانی پذیرفتنی نیستند. نشان می‌دهد.



شکل (۵): نمودار روند پیشروی الگوریتم‌های زادشناسی

سال ۱۹۹۵ به کار برده شد. این روش برگرفته از پرواز هم‌زمان پرندگان، شنای ماهیان و زندگی هم‌بودین^۳ آن‌هاست که با پیوندهایی ساده آمیخته شده است (کندی، ۱۹۹۵). کندی در سال ۱۹۹۸ گفت که در PSO هر خرده^۴ (ذره)، نماینده یک پیشامد شدنی است که در جای جای سخن پیش می‌رود. دگرش جایگاه هر خرده در هر جای جست‌وجو همگام با کارآزمایی و دانش خود و همسایگانش است (کندی، ۱۹۹۵). بنابراین جایگاه خرده‌ریزه‌های دیگر گروه^۵ روی چگونگی جست‌وجوی یک ذره اثر می‌گذارند. برابند الگوسازی این رفتار هم‌بودین فرایند جست‌وجویی است که در آن خرده‌ریزه‌ها به سوی جایگاه‌های شایسته گذار می‌کنند.

در الگوریتم زادشناسی در نخستین گام (Selection) یا گزینش بر پایه شایستگی دو کروموزوم به نام زاینده را داریم، سپس آمیزش یا (Crossover) که با یک شماره به‌شیوه پیشامدی^۱ آمیخته می‌شود، وانگاه (Mutation) یا جهش را داریم که گونه‌گونی را در برخی فرزندان به کار می‌برد، پس از آن (Accepting) یا پذیرش را داریم که فرزندان او را در توده نو جای می‌دهد، سپس جایگزینی (Replace) را داریم که توده نو جای کهنه را می‌گیرد، سپس (Test) یا آزمایش را داریم و در پایان اگر برابندی نبود (Loop) یا دوره تا به سرانجام رساندن کار بسامد داده می‌شود.

الگوریتم توده‌ریزه‌ها (توده‌ریزه‌ها)

الگوریتم PSO نخستین بار به دست ابرهات و کندی^۲ در

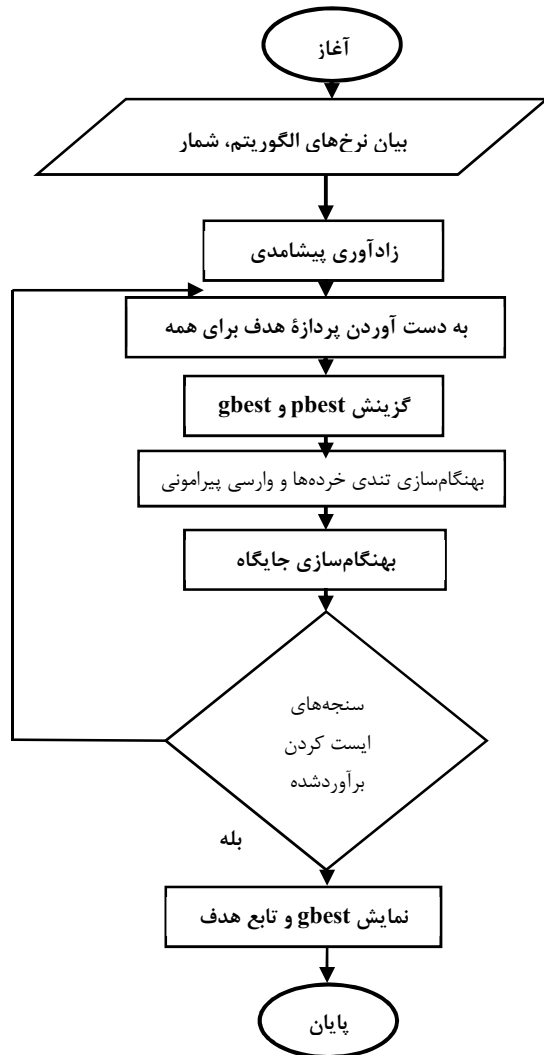
۳. اجتماعی

4. Particle

5. Swarm

۱. تصادفی

2. Eberhart and Kennedy



شکل (۷): نمودار گردش الگوریتم توده‌ریزه‌ها

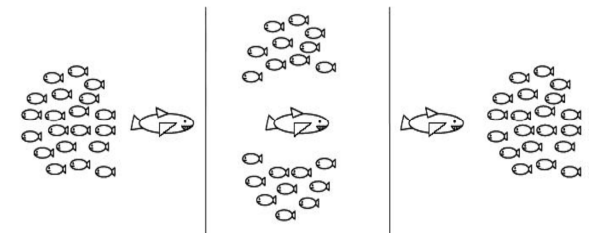
پس از بهینه‌سازی نرخ‌ها برای دریافت درصد درستی کار با الگوی SMADA^۲ برای پنج ایستگاه نمونه‌شماری از بارش‌های روزانه با تندی میلی‌متر در ساعت و دوره بازگشت ۲ تا ۲۰۰ سال به دست آمد. سپس با نگرش به نرخ‌های بهینه‌سازی شده و ساختار آبخضر منحنی‌های IDF نگاهشده شد.

نتایج

برایندهای بهینه‌سازی نرخ‌های ساختار آبخضر با هر دو الگوریتم با پیش‌بینی بسیار نزدیکی یکسان به دست آمده است. شکل (۸) که به روش نیمه‌لگاریتمی کشیده شده است، همگرایی الگوریتم‌های PSO و زادشناسی در رسیدن به کمینه تابع هدف را نشان می‌دهد. در این شکل نشان داده

خرده‌ریزه‌ها در گروه از یکدیگر می‌آموزند و بر مبنای دانش به‌دست‌آمده به سوی بهترین همسایگان خود می‌روند. بنای کار PSO بر این استوار است که در هر آن هر خرده جای خود را در فضای جست‌وجو با نظر به بهترین جایی که تاکنون در آن بوده و بهترین جایی که در سراسر همسایگی‌اش است، هماهنگ می‌کند (ژین^۱ و همکاران، ۲۰۲۲).

همانند دسته‌های ماهی، رفتارهای پیچیده‌ای به‌هنگام جنبش دیده می‌شوند. هرکدام از هموندان گروه، به داده‌های اندکی دسترسی دارند و نیز از جایگاه اندکی از همسایگان‌شان خبر دارند. برای یک نمونه یک دسته ماهی‌ها همان‌گونه که در شکل (۶) دیده می‌شود، می‌توانند هراس شکارچی را برانند. نخست گروه به دو دسته بخش می‌شود و سپس از نوساخته می‌شود. ولی در هر سوی، نزدیکی و فشردگی سراسر گروه، از نگاه همه ماهی‌ها واری می‌شود.



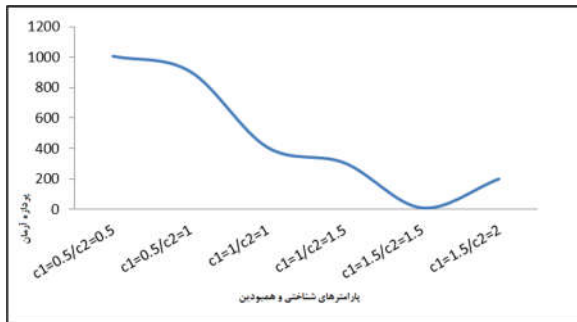
شکل (۶): گروهی از ماهی‌ها که هراس یک شکارچی را پشت‌سر می‌گذارند.

ساختار (۶) جنبش و شتاب خرده‌ریزه‌ها را به شیوایی بیان می‌کند:

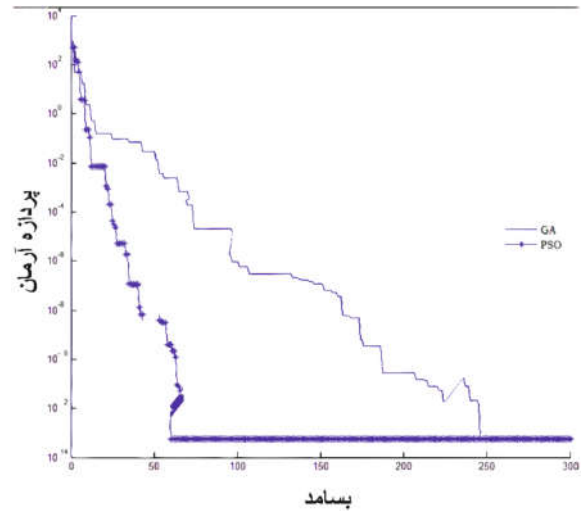
ساختار (۶)

$$V_i^{k+1} = WV_i^k + C_1 r_1 \cdot (pbest_i - X_i^k) + C_2 r_2 \cdot (gbest - X_i^k)$$
 که در آن Pbest بهترین جایگاهی است که تاکنون خرده‌ریزه در رسیدن به آن کامیاب شده است. gbest بهترین جایگاهی است که تاکنون همراه توده خرده‌ریزه‌ها به دست آمده است. V_i^k تندی هر نماینده در بسامد K ، W پارامتر وزنی، C_1 و C_2 فاکتور سنگینی، r_1 و r_2 شمار پیشامدی بین 0 و 1 ، X_i^k جایگاه هر خرده i در بسامد K ، $pbest_i$ برابر Pbest در خرده i و gbest نیز gbest در گروه است. شکل (۷) روند پیشرفت الگوریتم PSO را نشان می‌دهد.

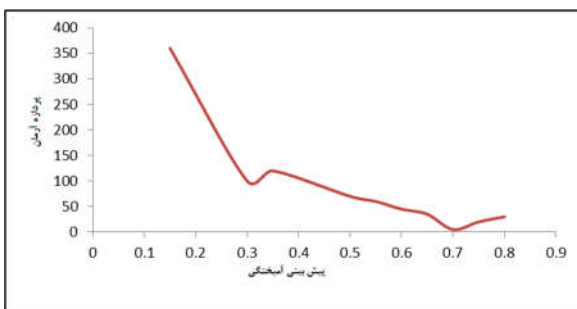
می‌شود که الگوریتم توده‌ریزه‌ها در بسامد پایین‌تری به همگرایی بیشتری رسیده و تابع هدف صفر می‌شود. پارامترهای شناختی و هم‌بودین را نشان می‌دهد.



شکل (۹): آنالیز حساسیت پارامترهای یادگیری عمومی و فردی



شکل (۸): همگرایی الگوریتم‌های PSO و زادشناسی در رسیدن به کمینه تابع هدف



شکل (۱۰): آنالیز حساسیت احتمالات همبستگی

آنالیز حساسیت

برای انجام آنالیز حساسیت الگوهای PSO و GA آمیزش‌های گوناگون از هر پارامتر اندیشیده شد. در این واکاوی با شمارش‌های گوناگونی برای C1 و C2 (پارامترهای شناختی و هم‌بودین)، Wmin و Wmax و پیشامد آمیزش پس از ۱۰ بار انجام الگو، بهترین شمارش‌های این پارامترها با نظر به اندک‌ترین اندازه تابع هدف با چینش ۱/۵، ۱/۵، ۰/۱ و ۰/۵ و

جدول‌های (۱) و (۲) نگاشتن نرخ‌های ساختار آبخضر در ۵ ایستگاه نمونه با دو الگوریتم را نشان می‌دهد.

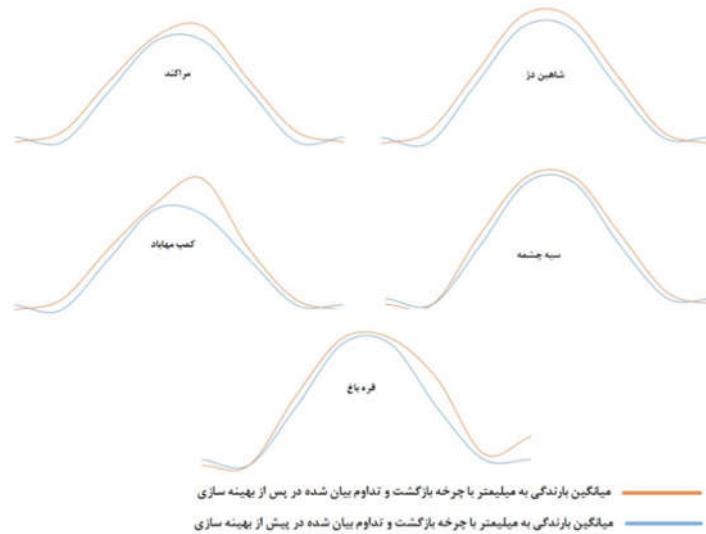
جدول (۱): نگاشتن نرخ‌های ساختار آبخضر در ۵ ایستگاه نمونه با الگوریتم زادشناسی

α_3	α_2	α_1	B	A	نرخ‌های ایستگاه‌ها
۰/۶۲	۰/۲۳۳۹	۰/۴۶۰۷	۰/۴۹۵۰	۰/۱۲۸۹	مراکند
۰/۶۲	۰/۲۳۲۷	۰/۴۵۹۸	۰/۴۹۴۲	۰/۱۲۷۳	شاهین‌دژ
۰/۶۱	۰/۲۱۴۹	۰/۴۴۱۸	۰/۴۹۲۲	۰/۱۲۳۸	کمپ مهاباد
۰/۶۲	۰/۲۳۵۸	۰/۴۶۲۸	۰/۴۹۷۳	۰/۱۲۹۹	سیه چشمه
۰/۶۲	۰/۲۳۵۲	۰/۴۶۰۵	۰/۴۹۶۹	۰/۱۲۹۰	قره‌باغ

جدول (۲): نگاشتن نرخ‌های ساختار آبخضر در ۵ ایستگاه نمونه با الگوریتم PSO

α_3	α_2	α_1	B	A	نرخ‌های ایستگاه‌ها
۰/۶۲	۰/۲۳۴۰	۰/۴۶۰۵	۰/۴۹۵۱	۰/۱۲۸۸	مراکند
۰/۶۲	۰/۲۳۲۶	۰/۴۵۹۷	۰/۴۹۴۱	۰/۱۲۷۳	شاهین‌دژ
۰/۶۱	۰/۲۱۴۹	۰/۴۴۱۷	۰/۴۹۲۱	۰/۱۲۳۹	کمپ مهاباد
۰/۶۲	۰/۲۳۵۸	۰/۴۶۲۸	۰/۴۹۷۳	۰/۱۲۹۹	سیه چشمه
۰/۶۲	۰/۲۳۵۲	۰/۴۶۰۵	۰/۴۹۶۹	۰/۱۲۹۱	قره‌باغ

اگر میانگین تندی بارش و تداوم را در منحنی IDF به‌شیوه نمودار انتگرالی در نظر داشته باشیم، سنجش تابع دو منحنی IDF در پیش و پس از بهینه‌سازی نرخ‌های در پنج



شکل (۱۱): سنجیدن تابع انتگرالی دو منحنی IDF در پیش و پس از بهینه‌سازی نرخ‌های در پنج ایستگاه نمونه

ذره در کنار دیگر ذرات همجوار خود و قرار دادن آن در چرخه‌های متمادی، دارای راندمان بهتری در بهینه‌سازی است و تابع هدف در آن به صفر نزدیک‌تر است. البته آنالیز حساسیت نشان داد تفاوت بین دو الگوریتم کارشده بسیار اندک است و می‌شود از هر دو شیوه بهره برد.

با توجه به دگرگونی هوا بوم در آینده شاید دور یا حتی شاید نزدیک، نرخ‌های بومی دگرگونی‌های بسیار خواهد یافت. بنابراین نیاز به پایش دوباره نرخ‌هاست، چراکه اقلیم بر بارش اثر گذاشته و پوشش گیاهی و نوع فرسایش خاک را دگرگونش می‌دهد و این نرخ‌های بومی و جغرافیایی و ژئومورفولوژی را متأثر می‌کند و چون اقلیم با نگرش به اینکه زمین به سوی گرمایش پیش می‌رود، نرخ‌های بومی بارش کاهش خواهد یافت و این گونه گمان می‌رود تابع‌ها و ساختارهای گوناگون تالوت، بل، آبخضر و... جوابگوی پیش‌بینی نباشد.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان داد که نرخ‌های ساختار آبخضر در همه ایستگاه‌های پهنه دریاچه ارومیه، مگر کمپ مهاباد با نزدیکی خوبی درست است و در ایستگاه سیه‌چشمه بهترین برآزش را دارد. گونه‌گونی آن‌ها با نزدیکی اعشار هزارم و ده‌هزارم است. همچنین نمودارهای IDF در پیش و پس از بهینه‌سازی گونه‌گونی اندکی دارد و دارای برآزش پذیرفتنی است. سنجش منحنی‌های انتگرالی پارامترهای IDF این را می‌رساند که برایندهای این پژوهش با ساختار آفای آبخضر و همچنان آقای بل نزدیکی خوبی دارد.

همچنان همبستگی شایسته‌ای با پهنه پژوهشی آفاجانی و کرمی که بر پایه ساختارهای شرمین و برنا هوست دیده می‌شود. چون t و T در ساختار بل در هر پهنه می‌تواند یک وابستگی بومی داشته باشد، این وابستگی در ساختار آبخضر در نرخ‌های بومی آورده شده است.

بررسی‌ها نشان داد که الگوریتم PSO به دلیل سنجش هر

منابع

1. AbdullahSaad Al, W., 2020. Intensity-duration-frequency curve derivation from different rain

gauge records. Journal of King Saud University - Science 32, 3421-3431

2. Aghajani, N., and karami, H., 2015. Extraction of IDF curves from daily precipitation data of Mashhad synoptic station case study. *Journal of Water and soil sciences* 10, 30-37
3. Borji, H., How Takht Suleiman Lake is formed in the catchment area of Urmia Lake. 2015 "34 th Conference: International Specialized Congress of Science and Earth
4. Demaree, G., and Van de Vyver, H., 2013. Construction of intensity-duration-frequency (IDF) curves for precipitation with annual maxima data in Rwanda, Central Africa. *Journal of Advances in Geosciences* 35, 1-5
5. Dpaola, F., Giugni, M., Elena Topa, M., and Bucchignani, E., 2014. Intensity-Duration-Frequency (IDF) rainfall curves, for data series and climate projection in African cities. *Journal of Earth and Environmental Sciences* 3, 133
6. Eschelf, K., Kenneth, E., CaseyBrown, Y., Dennis, P., AnnaWagner, M., Thomas, R., R.Easterling, Kimberly., J.WangjBaptiste, F., and Eugene, Y., 2023. Incorporating non-stationarity from climate change into rainfall frequency and intensity-duration-frequency (IDF) curves. *Journal of Hydrology* 616, 128757
7. Ghahraman, B., and Sepaskhah, A., 1990. Estimation of the intensity-duration-frequency relationship of rainfall in Iran using ten-year one-hour rain "3 th International Congress of Road and Construction Engineering of Iran, Faculty of Engineering, Shiraz University
8. Ghahreman, Bizhan., and Abkhezr, H., 2004. Modifying the intensity-duration-frequency relationship of rainfall in Iran. *Journal of Water and soil sciences* 8, 1-13
9. Hongxiang, Y., Ning, S., Xiaodong, S., and Mark, S., 2020. Next-Generation Intensity-Duration-Frequency Curves for Climate-Resilient Infrastructure Design: Advances and Opportunities. *Journal of Water and Built Environment* 10, 3389
10. Juan Carlos, F., Neruda, R., and GermanHernandez, P., 2023. A genetic algorithm for multivariate missing data imputation. *Information Sciences* 616, 947-967
11. Kennedy, J., and Eberhart, R., 1995. Particle Swarm Optimization. *Purdue School of Engineering and Technology. Journal of Purdue School of Engineering and Technology* 46202-5160
12. Mailhot, A., Duchesne, S., Caya, D., and Talbot, G., 2007. Assessment of future change in intensity-duration-frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM). *Journal of Hydrology* 347, 1-2
13. Mottakan, A., Darvishzadeh, R., Hoseini asl, A., Ebrahimi khosefi, M., and Ebrahimi khosefi, Z., 2011. Drought risk zoning of dry areas using knowledge-based methods in GIS environment Case study: Shitoor basin, Yazd. *Journal of Climatology research* 2, 6-5
14. Muhammad Saiful, A., Zulkifli, Y., Fadhillah, Y., Zulfaqar, S., and Nor Eliza, A., 2020. Detecting Rainfall Trend and Development of Future Intensity Duration Frequency (IDF) Curve for the State of Kelantan. *Journal of Water Resources Management* 34, 3165-3182
15. MuhammadNoor, T., Shamsuddin, S., Md, A., and Ashraf, D., 2021. Evaluating intensity-duration-frequency (IDF) curves of satellite-based precipitation datasets in Peninsular Malaysia. *Journal of Atmospheric Research* 248, 105-203
16. Qin, Y., Li, Zh., Ding, J., Zhao, F., and Meng, M., 2023. Automatic optimization model of transmission line based on GIS and genetic algorithm. *Array* 7, 100266
17. Safavi, H., Dadjoo, Sh., and Naimi, G., 2019. Extraction of intensity-duration-frequency (IDF) curves in climate change conditions, case study: Isfahan synoptic station. *Journal of Iran's water resources research* 15, 217-227
18. Taesoon, K., Ju-Young, S., Kewtae, K., and Jun-Haeng, H., 2008. Improving Accuracy of IDF Curves Using Long- and Short-Duration Separation and Multi-Objective Genetic Algorithm. *Journal of World Environmental and Water Resources Congress* 316, 128
19. Xing, Z., Zhu, J., Zhang, Z., Qin, Y., and Jia, L., 2022. Energy consumption optimization of tramway operation based on improved PSO algorithm. *Journal of Energy* 258, 124848
20. Yabin, S., Wendi, D., Kim, D., and Liong, S., 2019. Deriving intensity-duration-frequency (IDF) curves using downscaled in situ rainfall assimilated with remote sensing data. *Journal of the Asia Oceania Geosciences Society* 17

Optimizing Intensity-Duration-Frequency Curves in Consistency with Genetic and Particle Swarm Algorithms: A Case Study of Urmia Lake's Basin

Emad Fahim¹, Reza Ghazavi², Hoda Qasemieh³, Ebrahim Omidvar⁴

Received: 11/12/2022

Accepted: 19/04/2023

Extended Abstract

Introduction: Collected from sixty-six meteorological stations, the most recent data concerning the intensity-duration-frequency curve in Iran have been recorded in 1374. While rain gauges are required for physically obtaining such data, the collected data may be fraught with inaccuracies, considering the fact that the meteorological data of the extremely remote areas may be impossible to be gauged. Therefore, intensity-duration-frequency formulas are used to reduce the rate of such inaccuracies. While many formulas have so far been developed to be used for obtaining the required data regarding intensity-duration-frequency curves, they could only be applied to those areas whose regional rates have been estimated.

This study sought to identify and optimize such formulas' rates together with the computational algorithms in the Urmia Lake's basin. Then, the efficiency of the mass-fine computational algorithm and the genetic algorithm was measured and compared. Finally, the influence of climate change on intensity-duration-frequency diagrams in the basin was investigated using the nearest neighbor algorithm.

Materials and Methods: Considering the precipitation intensity data collected from Western Azerbaijan Province's Regional Water Organization, first, the method for selecting the function of the precipitation's intensity-duration-frequency was determined. Then, the fitting methods for the different return years' functions of the intensity-duration were presented.

As for the extraction of IDF curves, the required data regarding the highest annual precipitation rates in 30-, 45-, and 60-minute durations were obtained from the statistics published by the Iranian Meteorological Organization. Then, the precipitation rate was investigated in twenty-seven meteorological stations of the Urmia Lake, and the intensity-duration-frequency curves were made accordingly. Taking the extracted curves into account, the regional coefficients of Abkhehr's equation were measured and optimized based on the Genetic and Particles Swarm algorithms. Then, to determine the measurement accuracy, the daily precipitation rates were extracted from five sample meteorological stations in terms of 2-200 return years and millimeters per hour unit using the SMADA software. Finally, the IDF curves were made based on the optimized rates and Abkhehr formulas.

Results: The average rates of optimizing the coefficients of the Abkhehr formula with both algorithms mentioned above were found to be the same, bearing a very close prediction. Taking into account the average intensity and continuity rates of the IDF curves in terms of an integral diagram, the study undertook to compare the measurement of pre- and post-optimization IDF curves in five sample stations. Generally, the findings of this study indicated the accuracy of the Abkhehr Formula's rates (with an acceptable closeness) in all meteorological stations of the Urmia Lake except for the Mahabad camp. It could therefore be argued that the average optimized regional rate are hundred percent fitted with the obtained rates.

Discussion and conclusion: The findings of the study suggested a high accuracy of the Abkhehr formula's coefficients in all Urmia Lake's meteorological stations (with acceptable closeness) except for the Mahabad camp, with the Siyah-Ceshmeh station having the best fitting rate. In this regard, the fitting rate of the coefficients in the above-mentioned stations differed merely at thousandth and ten-thousandth decimal rates. On the other hand, the pre-and post-optimization IDF curves were found to have slight differences, bearing an acceptable fitting. Moreover, the comparison of the integral curves of the IDF parameters indicates the great consistency between the results of this study and the formulas developed by Abkhehr and Bell. Furthermore, a good correlation was found between the results of this study and the research findings of Aghajani and Kerami, which were based on Sherman and Bernahu's formulas. As t and T in Bell's formula can have a local dependence in each area, such a dependence has been included in Abkheder's formula based on regional coefficients.

The results also showed that the PSO algorithm performed more efficiently in terms of optimization and its intended function is closer to zero, as it measures each particle with other neighboring particles, putting it in numerous cycles. However, the sensitivity analysis revealed a very slight difference between the two algorithms used in this study, suggesting that both algorithms could be applied.

Keywords: Optimization, Meteorological Stations, Formula, Precipitation Patterns, Regional Coefficients.

1. PhD. Candidate in Watershed Sciences and Engineering, Kashan University

2. Full Professor, Faculty Member, and Head of Natural Sciences Faculty, Kashan University, Corresponding Author; Ghazavi@kashanu.ac.ir

3. Faculty Member, Kashan University

4. Faculty Member and Head of Natural Sciences Department, Kashan University

DOI: 10.22052/DEEJ.2023.248676.1003