

اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز سزار بر اساس خطر بروز سیل با استفاده از تئوری بازی

آزاده ارشیا^۱، علی حقی‌زاده^{۲*}، ناصر طهماسبی‌پور^۲، حسین زینی‌وند^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

۲. دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۰۳/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۶/۲۵)

چکیده

به‌کارگیری تصمیم‌بینه برای اولویت‌بندی عملیات اجرایی در پروژه‌های آبخیزداری برای کاهش خطرات بروز سیل به علت تأثیرپذیری از پارامترهای مختلف، پیچیده و البته مهم و ضروری است. تئوری بازی در به‌کارگیری تصمیم‌بینه برای حل مسائل چندهدفه، کارایی بسیار زیادی دارد. در مطالعه حاضر، این روش برای اولویت‌بندی بر اساس خطر بروز سیل در حوضه آبخیز سزار مد نظر قرار گرفت و با استفاده از دو الگوریتم بوردا و چانه‌زنی در تئوری بازی، مؤثرترین پارامترها در تمامی زیرحوضه‌ها و نیز بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها مشخص شدند. با اجرای روش امتیازدهی بوردا، پارامترهای کاربری مسکونی با امتیاز ۹۳/۵، تراکم زهکشی با امتیاز ۹۱ و شیب متوسط و شکل زیرحوضه با امتیاز ۹۰/۵ و در نتیجه اجرای الگوریتم چانه‌زنی، مؤثرترین پارامترها در رقابت بین ۱۲ پارامتر در تمامی زیرحوضه‌ها، پارامترهای شیب متوسط، طول آبراهه اصلی و کاربری مراتع بودند که با توجه به اصول حاکم بر این روش، انتخاب پارامترهای یادشده برحسب دویدن تمامی بازیکن‌ها در همه میدان‌هاست. درواقع، سه پارامتر نام‌برده در تمامی زیرحوضه‌ها سریع‌تر خودنمایی کردند و به عدد ۱۶ که تعداد زیرحوضه‌هاست، رسیدند. درنهایت، نقشه‌های اولویت‌بندی زیرحوضه‌های سزار با هر دو روش ارائه شدند که در روش بوردا، زیرحوضه‌های I, N, H, G, O و P در اولویت نخست قرار داشته و در روش چانه‌زنی، I, N, H, G, O و F در اولویت نخست قرار دارند.

کلیدواژگان: الگوریتم بوردا، الگوریتم چانه‌زنی، اولویت‌بندی حوضه، تئوری بازی، خطر سیل.

مقدمه

در سال‌های اخیر حوضه‌های آبخیز به‌عنوان محور برنامه‌ریزی برای توسعه پایدار در بسیاری از مباحث مدیریتی مطرح شده‌اند. انتخاب یک روش تصمیم‌گیری بهینه برای مدیریت حوضه‌های آبخیز، مسئله‌ای است که همواره مورد توجه محققان بوده است و روش‌های مختلفی برای رسیدن به این هدف به کار گرفته شده است.

مقدار دبی یا رواناب خروجی از یک حوضه آبخیز اهمیت زیادی دارد، زیرا کمبود آن ممکن است موجب خسارت‌های مالی شده و مازاد آن به صورت سیلاب، ممکن است موجب خسارت‌های جانی و مالی شود [۱]. مطالعه و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، وقت و هزینه برنامه‌ها و اقدامات اجرایی آبخیزداری را کاهش و اثربخشی این برنامه‌ها را افزایش می‌دهد [۲]. توزیع مکانی زیرحوضه‌ها و سهم اثر هر زیرحوضه کارکرد مهمی در شکل‌گیری سیلاب دارند [۳]. تلاش برای ارزیابی خطرهای اولویت‌بندی حوضه‌ها برای درمان، کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای مبارزه با تهدیدها در مناطق بحرانی صورت گیرد [۴]. تئوری بازی^۱ به دلیل کارایی زیاد در حل مسائل چندهدفه، از علوم پایه وارد علوم کاربردی شده و کمک‌های عمده‌ای به پیشرفت زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری کرده است [۵]. امروزه، کاربرد نظریه بازی خارج از مرزهای اولیه‌اش در حال افزایش است [۶]. Pawattana و همکارانش [۷] در مطالعه‌ای در حوضه رودخانه چی^۲ در شمال شرق تایلند، مناسب‌ترین مکان پخش سیلاب را بررسی کردند. این محققان با استفاده از AHP با مقایسه جفتی عوامل آب سطحی، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، ژئومورفولوژی، شاخص پوشش و آبدی آب زیرزمینی، ماتریس مقایسه جفتی را تشکیل دادند و نتایج را در قالب نقشه پهنه‌بندی پخش سیلاب ارائه کردند. Saini and Kaushik [۸] در پژوهشی در حوضه آبخیز رودخانه فاگار^۳ در شمال هند آسیب‌پذیری و خطر سیلاب را بررسی کردند. آنها ابتدا عوامل هیدرولوژی، شیب، نوع خاک، تراکم زهکشی و پوشش زمین را با استفاده از GIS و RS تهیه کردند و سپس با مقایسه جفتی گفتند که نقشه تهیه‌شده با استفاده از تکنیک GIS راه حلی مناسب برای اقدامات کاهش خطرات سیلاب است.

امیری و همکارانش [۹] سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو در استان فارس را با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR اولویت‌بندی کردند. محمدی و ملکیان [۱۰] حوضه‌های آبخیز را از نظر خطر بروز سیل با استفاده از تئوری سیستم‌های خاکستری اولویت‌بندی کردند. Aher و همکارانش [۱۱] در یک حوضه نیمه‌خشک در هند با استفاده از تکنیک GIS و RS پارامترهای مورفومتری هشت زیرحوضه را استخراج کردند و سپس از کمی‌سازی این پارامترها و استفاده از تجارب کارشناسی و کاربرد روش آنالیز مجموع وزنی (WSA)، اولویت هر یک از زیرحوضه‌ها را برای اجرای اقدامات مدیریتی تعیین کردند. سلیمانی و همکارانش [۱۲] در حوضه آبخیز کسلیان، زهتابیان و همکارانش [۱۳] در حوضه‌های آبخیز مارمه و نیز بهرامی و همکارانش [۱۴] در حوضه آبخیز سد بوستان، با استفاده از مدل HEC-HMS و با کاربرد روش تکرار حذف انفرادی زیرحوضه‌ها، به این نتیجه رسیدند که میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی، متناسب با دبی اوج نیست و لزوماً زیرحوضه‌های دارای دبی بیشتر، بیشترین مشارکت را در سیل خروجی حوضه آبخیز ندارند. نیکو و همکارانش [۱۵] در مطالعه‌ای به‌منظور تخصیص بهینه بار چند آلودگی در رودخانه زرچوب گیلان از رویکردهای تئوری بازی استفاده کردند. کیفیت آب رودخانه با استفاده از مدل QUAL2Kw شبیه‌سازی شده و سناریوهای ممکن تخصیص بار آلودگی توسط این مدل ارزیابی شد. ادهمی و صادقی [۱۶] در مطالعه‌ای زیرحوضه‌های گرگان‌رود و قره‌سو در استان گلستان را بر اساس مقدار رسوبات با استفاده از الگوریتم‌های تئوری بازی اولویت‌بندی کردند و در نهایت دریافتند که تئوری بازی علاوه بر اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، مؤثرترین پارامترها را با کاربرد مجزای الگوریتم‌های تئوری بازی مشخص می‌کند. پژوهش حاضر با تأکید بر الگوریتم‌های بوردا و چانه‌زنی در تئوری بازی به شناسایی مناطق بحرانی از نظر خطر بروز سیل در حوضه سزار می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعه‌شده در تحقیق حاضر، حوضه رودخانه سزار است. رودخانه سزار یکی از رودخانه‌های دائمی و پرآب استان

1. Game Theory
2. Chi
3. Ghaggar

4. Weight sum analysis

E, F, G, H و O زیرحوضه‌های میانی یا به اصطلاح بین حوضه‌ای هستند (شکل ۲).

محاسبه مهم‌ترین خصوصیات زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار مهم‌ترین ویژگی‌هایی که در مطالعات مختلف حوضه‌های آبخیز بررسی می‌شوند و در مطالعه حاضر نیز برای تمامی زیرحوضه‌ها بررسی شده‌اند، عبارت‌اند از: ۱. مساحت، ۲. جهت، ۳. شکل حوضه، ۴. شیب متوسط، ۵. زمان تمرکز، ۶. طول آبراهه اصلی، ۷. کاربری اراضی، ۸. تراکم زهکشی و ۹. بارش حوضه.

بارش حوضه

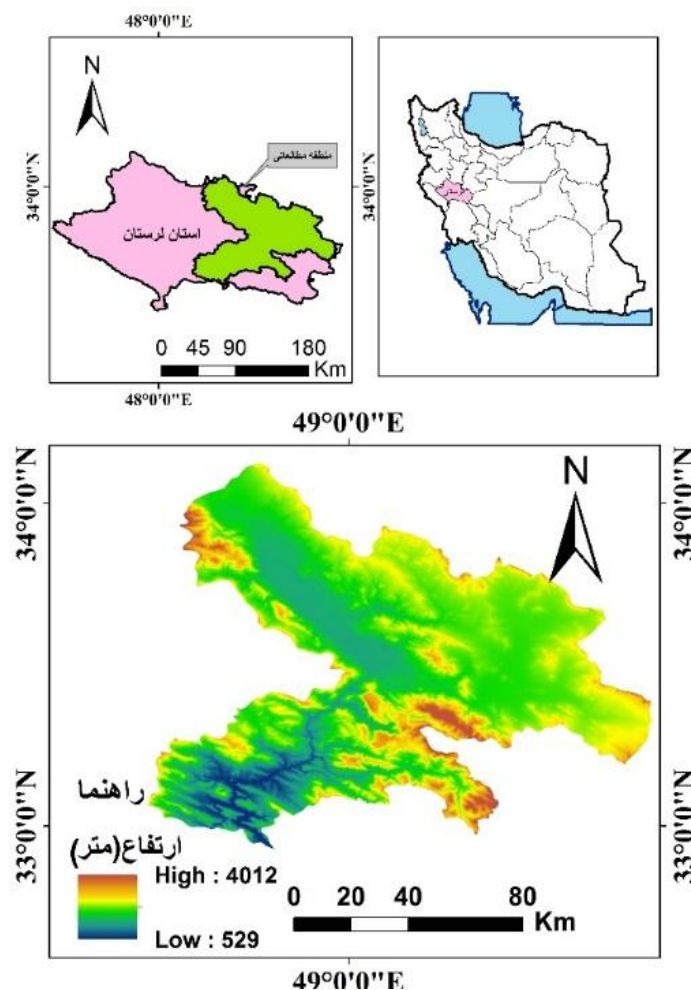
برای محاسبه بارش، آمارهای ۳۰ ساله بارش روزانه (۱۳۶۵-۱۳۶۶ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۶) مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی موجود در حوضه تهیه شد. بیشترین بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲۵ سال توسط نرم‌افزار SMADA محاسبه شد و نقشه بارش از روش کریجینگ به دست آمد (شکل ۳).

لرستان است. میانگین دبی سالانه بلندمدت در این ایستگاه، سه میلیارد مترمکعب است. حوضه آبخیز سزار با مساحت ۹۳۵۳ کیلومترمربع و با موقعیت جغرافیایی $48^{\circ} 44' 22''$ تا $49^{\circ} 10' 56''$ طول شرقی و $32^{\circ} 45' 54''$ تا $34^{\circ} 06' 52''$ عرض شمالی در استان لرستان واقع شده است (شکل ۱).

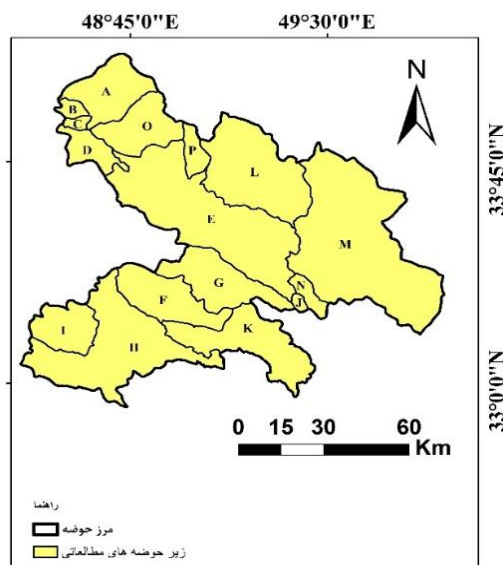
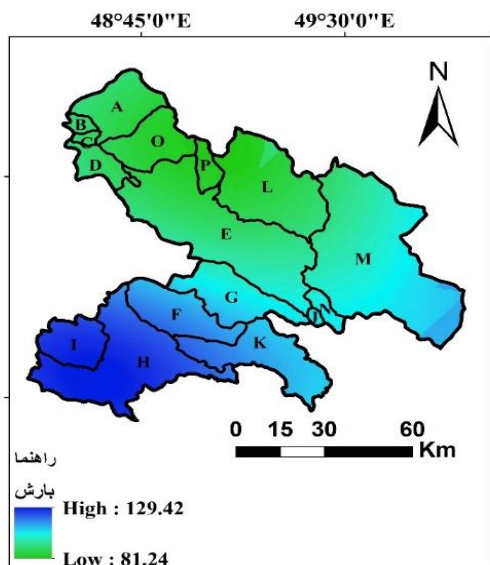
روش پژوهش

مشخص کردن زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

از طریق نرم‌افزار ArcGIS10.3 و با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی تهیه‌شده از شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان، مرز حوضه آبخیز سزار بسته می‌شود. از آنجا که مطالعه حاضر با توجه به هدف کار، در سطح زیرحوضه‌ها انجام می‌شود، این حوضه در محیط ArcGIS10.3 به زیرحوضه‌هایی برای مطالعه تقسیم می‌شود و از A تا P نام‌گذاری می‌شوند. شایان یادآوری است که زیرحوضه‌های

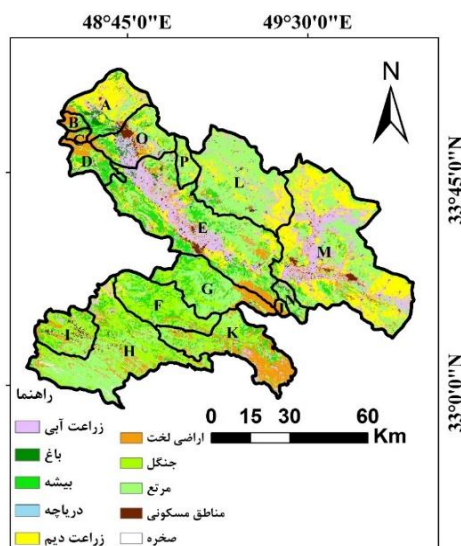


شکل ۱. موقعیت حوضه آبخیز سزار در ایران و استان لرستان



شکل ۳. نقشه بارش حداکثر ۲۴ ساعته زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

شکل ۲. نقشه نام‌گذاری زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

نتایج تصمیم‌گیری موجوداتی را که حق انتخاب دارند، در تعامل با یکدیگر پیش‌بینی کند. همچنین، می‌کوشد در شرایط پیچیده با تشخیص گزینه‌های موجود، منابع کمیاب، اهداف و اولویت‌های کسانی که درگیر بازی هستند و قواعد بازی، دستاوردهای بازی و احتمال وقوع هر یک را تا حد امکان پیش‌بینی کند [۱۷]. تئوری بازی مطالعه مسائل تقابل بازی راهبردها است و در واقع بازی بر اساس شانس نیست. خروجی بازی وابسته به تصمیم‌های همه است و هیچ فردی کنترل کامل بر آنچه اتفاق می‌افتد

نقشه کاربری اراضی حوضه

در تحقیق حاضر از تصاویر سنجنده OLI لندست ۸ به تاریخ تصویربرداری ۲۰۱۷ استفاده شد و در مراحل مختلف تهیه نقشه کاربری اراضی سزار (شکل ۴) و بررسی صحت نقشه‌های پیش‌بینی‌شده، از نرم‌افزارهای Arc GIS 10.3 و Envi 5.3 بهره گرفته شده است.

تئوری بازی

نظریه بازی‌ها زیرمجموعه‌ای از علم ریاضیات است که می‌کوشد با استفاده از طراحی و تحلیل سناریو، رفتارها و

الگوریتم چانه‌زنی در تئوری بازی

روند و مراحل چانه‌زنی مجدد به معرفی آن دسته از متغیرهایی می‌پردازد که کمینه رضایت‌مندی هر عضو چانه‌زن را به بیشترین میزان خود می‌رساند. رویه این الگوریتم به‌گونه‌ای است که برای همه متغیرها، به مقدار معینی یک وزن مساوی تعیین می‌کند [۲۳]. در واقع، این روش به‌صورت روندی ظاهر می‌شود که اعضا با در نظر گرفتن میزان برتری‌شان و نیز با توجه به دامنه تمام متغیرها، چانه‌زنی می‌کنند. همچنین، با توجه به متغیرهای کمتر ارائه‌شده، گزینش‌های آغازین و سپس افزایش دادن گزینه‌های دومی و ادامه‌دادن آن تا در نهایت، انتخاب شدن متغیری که همان اعضا درباره آن به توافق برسند، این کار ادامه می‌یابد [۲۴]. در الگوریتم یادشده فرض بر این است که به تعداد n ، اعضای چانه‌زن وجود دارد و k مجموعه‌ای از متغیرها (انتخاب احتمالی) است. هر عضو (بازیکن)، انتخاب‌هایش را ترازبندی می‌کند. این ترازبندی در ماتریس $A(k*n)$ در یک سیر نزولی نشان داده می‌شود. اولین و آخرین اولویت عضو چانه‌زن (i) به ترتیب a_{il} و a_{ik} است. به طور مثال، اگر دو بازیکن داشته باشیم و $A = \begin{bmatrix} abcd \\ bdca \end{bmatrix}$ و $k=4$ بنابراین $K=\{a,b,c,d\}$ در شکل ۵، روند اجرای الگوریتم‌های تئوری بازی در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار مشاهده می‌شود.

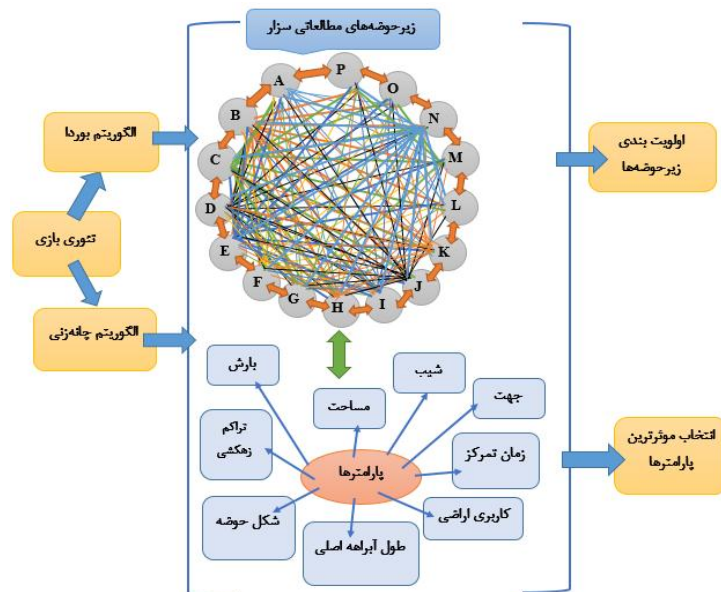
را ندارد [۱۸]. هدف، رسیدن به فضایی است که در آن بیشترین خواسته هر بازیکن به شرط تأمین شدن حداکثر نیاز بازیکنان، برآورده شود [۱۹]. فضای یادشده در علم مدیریت، فضای بهینه Pareto نامیده می‌شود [۲۰].

الگوریتم بوردا در تئوری بازی

در روش امتیازدهی بوردا هر یک از پارامترها به‌عنوان یک نماینده تلقی شده و به‌صورت خطی امتیازدهی می‌شوند. پس، به ازای n نماینده، n رتبه وجود خواهد داشت. رتبه‌بندی زیرحوضه‌ها با توجه به جمع امتیاز متغیرهای تأثیرگذار محاسبه خواهد شد. بر این اساس امتیاز $n-1$ به نماینده‌ای که در رتبه نخست قرار دارد تعلق می‌گیرد و $n-2$ به نماینده با اولویت دوم و به همین ترتیب رتبه‌بندی ادامه می‌یابد. نماینده آخر با کمترین اولویت امتیاز $n-n$ یا همان صفر را به خود اختصاص می‌دهد [۲۱]. در این روش امتیازدهی، امتیاز هر نماینده با $BS(A)$ نشان داده شده و به‌صورت رابطه ۱ بیان می‌شود:

$$BS(A) = (1-n) * \#\{i | i \text{ ranks } A \text{ first}\} + (n-2) * \#\{i | i \text{ ranks } A \text{ second}\} + \dots + 1 * \#\{i | i \text{ ranks } A \text{ second to last}\} + 0 * \#\{i | i \text{ ranks } A \text{ last}\} \quad (1)$$

هر نماینده با بیشترین امتیاز به‌عنوان نماینده نخست (اولویت اول) انتخاب می‌شود [۲۲].



شکل ۵. روند اجرای تئوری بازی در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

نتایج

رتبه‌بندی زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار از نظر خصوصیات آنها در خطر بروز سیل مهم‌ترین پارامترهای مستقل محاسبه شده در ۱۶ زیرحوضه مطالعاتی سزار (A تا P)، در جدول ۱ آورده شده‌اند. در ضمن، از آنجا که جهت غالب زیرحوضه‌ها تقریباً مشابه (جنوبی و جنوب شرقی) است، این پارامتر در امتیازبندی‌ها وارد نمی‌شود.

تمامی زیرحوضه‌ها از نظر مهم‌ترین پارامترهای بررسی شده (بر اساس رابطه هر پارامتر با خطر بروز سیل در هر زیرحوضه) امتیازبندی می‌شوند، یعنی هر زیرحوضه در مقایسه با دیگر زیرحوضه‌ها برای هر پارامتر امتیازی می‌گیرد. برای ورود به الگوریتم چانه‌زنی، پارامترها برحسب امتیازشان در هر زیرحوضه، از کم به زیاد مرتب شده و خانه‌های هم‌رتبه در هر زیرحوضه با رنگ مشابه مشخص می‌شوند (جدول ۲).

جدول ۱. پارامترهای مستقل محاسبه شده در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

پارامتر	شکل زیرحوضه-ضریب گردی	مساحت (کیلومتر مربع)	تراکم زهکشی (کیلومتر بر کیلومتر مربع)	شیب متوسط (درصد)	زمان تمرکز-روش کالیفرنیا (ساعت)	بیشترین بارش ۲۴ ساعته (میلی‌متر)	کاربری بیشه و جنگل و باغ (درصد)	کاربری کشاورزی آبی و دیم (درصد)	کاربری مسکونی (درصد)	کاربری مرتع (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	اراضی لغت (درصد)
پارامتر	Sh	A	Dd	S	Tc	P	Lf	La	Lc	Lr	SL	Ln
A	گرد- ۰/۵۵	۴۶۸/۶	۲/۲۱	۱۰/۹۱	۲/۶۱	۸۸/۸۸	۱۵/۶۴	۶۰/۰۲	۲/۱	۱۵/۱۵	۳۰/۸۳	۶/۹۹
B	گرد- ۰/۶۵	۵۶/۷۲	۴/۴۶	۴۴/۳۲	۱/۰۱	۹۰/۹۴	۱۳/۴۴	۲/۷۶	۰/۹۵	۲۲/۴۴	۱۲/۴	۶۰/۳۸
C	گرد- ۰/۶۴	۳۷/۷۵	۱۳/۷	۳۳/۶	۰/۸۴	۹۰/۴	۱۶/۶۴	۳/۹۸	۰/۱۲	۱۴/۹۹	۱۰/۲۸	۶۴/۲۴
D	کشیده- ۰/۳۶	۲۰۱/۹۳	۲/۱	۲۳/۲۳	۲/۸	۹۰/۶۸	۳۲/۱۶	۱۱/۹۸	۱/۶۴	۲۳/۷۸	۳۱/۹۹	۳۰/۴۲
E	کشیده- ۰/۳۰	۱۶۳۰/۴۱	۱/۲۲	۱۸/۲۵	۴/۶۱	۹۳/۹۲	۱۹/۳۳	۳۴/۸۲	۲/۵۵	۳۱/۳۲	۵۲/۵۲	۱۱/۸۵
F	گرد- ۰/۴۶	۵۱۳/۱	۲/۳۱	۳۲/۷۹	۲/۵۸	۱۱۴/۲۶	۶۳/۶۷	۵/۷۳	۰/۲۴	۲۵/۵۱	۳۰/۱۳	۴/۸۱
G	کشیده- ۰/۳۹	۵۵۰/۱۶	۱/۹۳	۴۰/۶۶	۳/۸۱	۱۰۵/۷۹	۳۷/۱۱	۲/۲۹	۰/۳۶	۴۴/۸۸	۴۶/۳۵	۱۵/۳۲
H	کشیده- ۰/۳۵	۱۲۰۰/۷۸	۱/۲۸	۳۸/۶۸	۴/۹	۱۲۰/۸۳	۳۲/۴۹	۵/۱۸	۰/۸۳	۴۵/۲۱	۵۶/۱۱	۱۶/۲۴
I	گرد- ۰/۶۳	۳۴۶/۰۵	۳/۲۳	۳۵/۸	۲	۱۲۶/۰۶	۳۹/۸۲	۵/۳۶	۵/۵۲	۳۲/۱۸	۲۷/۴۶	۱۷/۱۰
J	گرد- ۰/۸۳	۲۶/۶۲	۸/۹۱	۴۹/۹۲	۰/۲۶	۱۰۵/۴۲	۵/۷	۲/۶۲	۰/۸۹	۲۹/۴۵	۳/۸۶	۶۱/۳۱
K	کشیده- ۰/۳۱	۶۷۸/۰۴	۱/۸۱	۴۳/۳	۶/۱۷	۱۱۴/۷۲	۲۷/۰۹	۸/۹۷	۰/۹۱	۲۴/۶۹	۷۱/۱۷	۳۸/۳۲
L	گرد- ۰/۵۶	۹۸۰/۴۶	۱/۶۳	۱۳/۳۸	۱/۱	۸۸/۰۵	۴/۴۹	۳۳/۲۱	۰/۹۳	۵۸/۶۹	۱۲/۶۸	۲/۰۲
M	گرد- ۰/۵۴	۲۰۳۶/۳۸	۱/۳۵	۸/۴۷	۶/۷	۱۰۱	۳/۲۴	۵۶/۷۹	۲/۱۶	۳۰/۹۷	۶۰/۵۴	۶/۶۹
N	کشیده- ۰/۴۴	۹۴/۲۸	۳/۱۳	۲۵/۳۹	۲/۱	۱۰۴/۱۵	۳۰/۵۵	۱۶/۴۸	۱/۲۸	۴۲/۶۲	۲۰/۶۹	۹/۰۱
O	گرد- ۰/۵۹	۴۳۱/۰۳	۲/۲	۱۱/۷۲	۳/۰۲	۸۵/۴۷	۱۵/۶۳	۴۰/۵۸	۶/۳۱	۲۷/۰۶	۳۲/۳۴	۱۰/۲۹
P	کشیده- ۰/۴۵	۱۲۱/۷۶	۴/۶۷	۱۴/۱۵	۲/۵۱	۸۵/۱۵	۷/۱۸	۲۶/۸۷	۰/۲۵	۶۳/۵۸	۲۲/۵	۲/۱

جدول ۲. ترتیب اثر پارامترهای مستقل در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

اثر پارامتر زیرحوضه	1st	2nd	3rd	4st	5st	6st	7st	8st	9st	10st	11st	12st
A	Lr	Lc	Sh	Lf	A	Dd	SL	Tc	Ln	P	S	La
B	Sh	S	Tc	La	Lr	Ln	Dd	Lf	Lc	P	SL	A
C	Dd	Lr	Ln	Tc	Sh	La	S	Lf	P	A	SL	Lc
D	Lr	Ln	Lc	SL	La	Dd	S	Tc	A	P	Lf	Sh
E	A	Lc	SL	p	Lf	Ln	Lr	S	Tc	La	Sh	Dd
F	P	Lr	A	Dd	La	Tc	S	SL	Sh	Ln	Lc	Lf
G	La	S	SL	P	A	Ln	Dd	Tc	Sh	Lc	Lr	Lf
H	p	SL	A	S	La	Ln	Lc	Lf	Tc	Dd	Lr	Sh
I	p	Lc	Sh	Dd	Tc	S	La	Ln	A	SL	Lr	Lf
J	Sh	S	Tc	La	Ln	Dd	Lf	P	Lr	Lc	SL	A
K	SL	S	P	Ln	Lr	A	La	Lc	Lf	Dd	Sh	Tc
L	Lf	A	Tc	Sh	Lc	La	S	Dd	SL	p	Lr	Ln
M	A	Lf	Lc	SL	P	Sh	Lr	Ln	Dd	La	S	Tc
N	Dd	Tc	P	Lc	S	La	Ln	Lf	Sh	Lr	SL	A
O	Lc	Sh	Lf	SL	Lr	A	Dd	Ln	Tc	La	S	P
P	Dd	Lf	Tc	Sh	La	SL	A	S	Lc	Ln	P	Lr

پارامترهای مستقل در ارتباط با یکدیگر قرار می‌گیرند و مؤثرترین پارامترها در همهٔ زیرحوضه‌ها مشخص می‌شوند و بحرانی‌ترین زیرحوضه نیز در مقایسه با تمامی زیرحوضه‌ها مشخص می‌شود.

انتخاب مؤثرترین پارامترها و بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل با استفاده از الگوریتم بوردا نتایج به‌دست‌آمده به روش الگوریتم بوردا در جدول‌های ۳-۵ آورده شده است. با بهره‌گیری از الگوریتم‌ها، تمامی

جدول ۳. امتیازبندی پارامترها به روش بوردا در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

امتیازدهی بوردا	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	n-6	n-7	n-8	n-9	n-10	n-11	n-12
زیرحوضه	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
A	۱۱	۱۰	۸/۵	۸/۵	۶	۶	۶	۴	۳	۲	۱	۰
B	۱۰/۵	۱۰/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۷/۵	۵	۴	۳	۲	۱	۰
C	۱۰	۱۰	۱۰	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۰
D	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۵	۵	۵	۲/۵	۲/۵	۱	۰
E	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۲/۵	۲/۵	۱	۰
F	۱۱	۱۰	۸	۸	۸	۵/۵	۵/۵	۳/۵	۳/۵	۲	۱	۰
G	۱۱	۱۰	۸/۵	۸/۵	۷	۶	۵	۳/۵	۳/۵	۱/۵	۱/۵	۰
H	۱۱	۹/۵	۹/۵	۷/۵	۷/۵	۶	۵	۴	۳	۱/۵	۱/۵	۰
I	۱۱	۹	۱۰	۷/۵	۷/۵	۵	۵	۵	۲/۵	۲/۵	۱	۰
J	۱۰	۱۰	۱۰	۷	۷	۷	۵	۴	۳	۲	۰/۵	۰/۵
K	۱۱	۹/۵	۹/۵	۸	۶/۵	۶/۵	۵	۳/۵	۳/۵	۲	۱	۰
L	۱۱	۹/۵	۹/۵	۸	۷	۶	۴	۴	۴	۱/۵	۱/۵	۰
M	۱۰/۵	۱۰/۵	۹	۸	۶/۵	۶/۵	۵	۴	۳	۲	۰/۵	۰/۵
N	۱۰/۵	۱۰/۵	۸/۵	۸/۵	۷	۶	۴	۴	۴	۱/۵	۱/۵	۰
O	۱۱	۱۰	۸/۵	۸/۵	۷	۵/۵	۵/۵	۴	۳	۱/۵	۱/۵	۰
P	۱۱	۱۰	۹	۸	۶/۵	۶/۵	۴/۵	۴/۵	۳	۲	۰/۵	۰/۵

جدول ۴. رتبه‌بندی مؤثرترین پارامترها به روش بوردا در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

پارامتر زیرحوضه	Sh	A	Dd	S	SL	Tc	P	Lf	La	Lc	Lr	Ln
A	۸/۵	۶	۶	۱	۶	۴	۲	۸/۵	۰	۱۰	۱۱	۳
B	۱۰/۵	۰/۵	۵	۱۰/۵	۰/۵	۷/۵	۲	۴	۷/۵	۳	۷/۵	۷/۵
C	۷	۱/۵	۱۰	۵	۱/۵	۸	۳	۴	۶	۰	۱۰	۱۰
D	۰	۲/۵	۵	۵	۸	۵	۲/۵	۱	۷	۹	۱۱	۱۰
E	۱	۱۱	۰	۴	۹	۲/۵	۷	۷	۲/۵	۱۰	۵	۷
F	۳/۵	۸	۸	۵/۵	۳/۵	۵/۵	۱۱	۰	۸	۱	۱۰	۲
G	۳/۵	۷	۵	۱۰	۸/۵	۳/۵	۸/۵	۰	۱۱	۱/۵	۱/۵	۶
H	۰	۹/۵	۱/۵	۷/۵	۹/۵	۳	۱۱	۴	۷/۵	۵	۱/۵	۶
I	۹	۲/۵	۷/۵	۵	۲/۵	۷/۵	۱۱	۰	۵	۱۰	۱	۵
J	۱۰	۰/۵	۷	۱۰	۰/۵	۱۰	۴	۵	۷	۲	۳	۷
K	۱	۶/۵	۲	۹/۵	۱۱	۰	۹/۵	۳/۵	۵	۳/۵	۶/۵	۸
L	۸	۹/۵	۴	۴	۴	۹/۵	۱/۵	۱۱	۶	۷	۱/۵	۰
M	۶/۵	۱۰/۵	۳	۰/۵	۸	۰/۵	۶/۵	۱۰/۵	۲	۹	۵	۴
N	۴	۰	۱۰/۵	۷	۱/۵	۱/۵	۸/۵	۴	۶	۸/۵	۱/۵	۴
O	۱۰	۵/۵	۵/۵	۱/۵	۸/۵	۳	۰	۸/۵	۱/۵	۱۱	۷	۴
P	۸	۴/۵	۱۱	۴/۵	۶/۵	۹	۰/۵	۱۰	۶/۵	۳	۰/۵	۲
SUM	۹۰/۵	۸۵/۵	۹۱	۹۰/۵	۸۹	۸۹	۸۸/۵	۸۱	۸۸/۵	۹۳/۵	۸۳/۵	۸۵/۵

جدول ۵. رتبه‌بندی بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار-روش بوردا

امتیازدهی بوردا	n-1	n-2	n-3	n-4	n-5	n-6	n-7	n-8	n-9	n-10	n-11	n-12	SUM
A	۹۱۸/۵	۹۳۵	۷۶۹/۲۵	۶۸۸/۵	۵۱۳	۵۴۶	۵۳۴	۳۵۶	۲۵۶/۵	۱۷۷	۹۰/۵	۰	۵۷۸۴/۲۵
B	۹۵۰/۲۵	۹۵۰/۲۵	۶۶۷/۵	۶۶۳/۲۵	۶۲۶/۲۵	۶۴۱/۲۵	۴۵۵	۳۲۴	۲۸۰/۵	۱۷۷	۴۴/۵	۴۲/۲۵	۵۸۲۳
C	۹۱۰	۸۳۵	۸۵۵	۷۱۲	۶۳۳/۵	۵۱۳	۴۵۲/۵	۳۲۴	۲۶۵/۵	۱۲۸/۲۵	۱۳۳/۵	۰	۵۷۸۰/۲۵
D	۹۱۸/۵	۸۵۵	۸۴۱/۵	۷۱۲	۶۱۹/۵	۴۵۵	۴۵۲/۵	۴۴۵	۲۱۳/۷۵	۲۲۱/۲۵	۸۱	۰	۵۸۱۵
E	۹۴۰/۵	۹۳۵	۸۰۱	۲۲۱/۲۵	۵۶۷	۵۹۸/۵	۴۱۷/۵	۳۶۲	۲۲۲/۵	۲۲۱/۲۵	۹۰/۵	۰	۵۳۷۷
F	۹۷۳/۵	۸۳۵	۶۸۴	۷۲۸	۷۰۸	۴۸۹/۵	۴۹۷/۷۵	۳۱۱/۵	۳۱۶/۷۵	۱۷۱	۹۳/۵	۰	۵۸۰۸/۵
G	۹۷۳/۵	۹۰۵	۷۵۶/۵	۷۵۲/۲۵	۵۹۸/۵	۵۱۳	۴۵۵	۳۱۱/۵	۳۱۶/۷۵	۱۴۰/۲۵	۱۲۵/۲۵	۰	۵۸۴۷/۵
H	۹۷۳/۵	۸۴۵/۵	۸۱۲/۲۵	۶۷۸/۷۵	۶۶۳/۷۵	۵۱۳	۴۶۷/۵	۳۲۴	۲۶۷	۱۳۶/۵	۱۲۵/۲۵	۰	۵۸۰۷
I	۹۷۳/۵	۹۳۵	۸۱۴/۵	۶۸۲/۵	۶۶۷/۵	۴۵۲/۵	۴۴۲/۵	۴۲۷/۵	۲۱۳/۷۵	۲۲۲/۵	۸۳/۵	۰	۵۹۱۵/۲۵
J	۹۰۵	۹۰۵	۸۹۰	۶۱۹/۵	۵۹۸/۵	۶۳۷	۴۰۵	۳۵۴	۲۵۰/۵	۱۸۷	۴۴/۵	۴۲/۲۵	۵۸۳۸/۷۵
K	۹۷۹	۸۵۹/۷۵	۸۴۰/۷۵	۶۸۴	۵۴۲/۷۵	۵۵۵/۷۵	۴۴۲/۵	۳۲۷/۲۵	۲۸۳/۵	۱۸۲	۹۰/۵	۰	۵۷۸۷/۷۵
L	۸۹۱	۸۱۲/۲۵	۸۴۵/۵	۷۲۴	۶۵۴/۵	۵۳۱	۳۶۲	۳۶۴	۳۵۶	۱۳۲/۷۵	۱۲۵/۲۵	۰	۵۷۹۸/۲۵
M	۸۹۷/۷۵	۸۵۰/۵	۸۴۱/۵	۷۱۲	۵۷۵/۲۵	۵۸۸/۲۵	۴۱۷/۵	۳۴۲	۲۷۳	۱۷۷	۴۵/۲۵	۴۴/۵	۵۷۶۴/۵
N	۹۵۵/۵	۹۳۴/۵	۷۵۲/۲۵	۷۹۴/۷۵	۶۳۳/۵	۵۳۱	۳۴۲	۳۲۴	۳۶۲	۱۲۵/۲۵	۱۳۳/۵	۰	۵۸۸۸/۲۵
O	۱۰۲۸/۵	۹۰۵	۶۸۸/۵	۷۵۶/۵	۵۸۴/۵	۴۷۰/۲۵	۵۰۰/۵	۳۴۲	۲۶۷	۱۳۲/۷۵	۱۳۵/۷۵	۰	۵۸۱۱/۲۵
P	۱۰۰۱	۸۱۰	۸۰۱	۷۲۴	۵۷۵/۲۵	۵۷۸/۵	۳۸۴/۷۵	۴۰۷/۲۵	۲۸۰/۵	۱۷۱	۴۴/۲۵	۴۱/۷۵	۵۸۱۹/۲۵

زیرحوضه‌هایی که بیشترین امتیاز (بیشترین جمع سطری) را داشته باشند، بحرانی‌تر هستند چون امتیاز پارامترهای آنها در نهایت، بیش از دیگر زیرحوضه‌ها شده است.

انتخاب مؤثرترین پارامترها و بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل با استفاده از الگوریتم چانه‌زنی نتایج به دست آمده به روش الگوریتم چانه‌زنی که توضیح اجرای آن در روش تحقیق گفته شد، برای زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار در جدول‌های ۶ و ۷ آورده شده است.

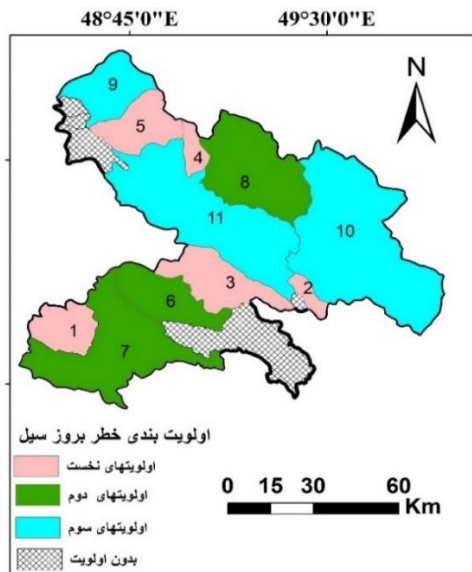
در جدول ۳ طبق اصول روش بوردا که در قسمت روش تحقیق توضیح داده شد، زیرحوضه‌ها از نظر پارامترهای مد نظر و بر مبنای جدول ۲ امتیازدهی شدند. سپس در جدول ۴، امتیاز هر پارامتر در هر زیرحوضه، در ستون متعلق به همان پارامتر قرار گرفت تا در نهایت جمع ستونی امتیازهای هر پارامتر در تمامی زیرحوضه‌ها به دست آید. در روش امتیازدهی بوردا، پارامترهایی که بیشترین امتیاز را در تمامی زیرحوضه‌ها داشته باشند، بحرانی‌ترینند. در جدول ۵ امتیاز هر زیرحوضه از نظر هر پارامتر محاسبه شد و در نهایت

جدول ۶. رتبه‌بندی مؤثرترین پارامترها با روش چانه‌زنی در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار

پارامتر	چانه‌زنی پارامترها در زیرحوضه‌ها												
	1st	2nd	3rd	4st	5st	6st	7st	8st	9st	10st	11st	12st	
Sh	۲	۳	۵	۷	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۲	۱۲	۱۴	۱۶	
A	۲	۴	۵	۵	۸	۹	۱۰	۱۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۶	
Dd	۱	۲	۳	۵	۶	۶	۱۲	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	
S	۲	۴	۴	۵	۶	۹	۱۲	۱۳	۱۳	۱۴	۱۶	۱۶	
SL	۱	۲	۵	۷	۹	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۴	۱۶	۱۶	
Tc	۲	۳	۵	۷	۷	۹	۹	۱۰	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	
P	۳	۴	۶	۷	۸	۸	۸	۹	۱۱	۱۴	۱۵	۱۶	
Lf	۲	۳	۵	۶	۶	۶	۸	۱۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۶	
La	۱	۱	۳	۵	۷	۱۱	۱۲	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	
Lc	۱	۴	۷	۷	۸	۸	۹	۱۰	۱۲	۱۴	۱۵	۱۶	
Lr	۳	۴	۵	۵	۷	۷	۹	۹	۱۰	۱۴	۱۶	۱۶	
Ln	۱	۲	۳	۶	۶	۹	۱۰	۱۲	۱۳	۱۵	۱۵	۱۶	

جدول ۷. انتخاب بحرانی‌ترین زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل در زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار-روش چانه‌زنی

اولویت‌بندی زیرحوضه	اولویت‌بندی											
	1st	2nd	3rd	4st	5st	6st	7st	8st	9st	10st	11st	12st
A	۱۰۵	۱۱۱	۱۱۰	۱۰۱	۱۰۹	۱۰۶	۱۱۲	۱۱۰	۱۰۸	۱۰۹	۱۱۴	۱۱۱
B	۱۱۰	۱۱۴	۱۱۰	۱۱۱	۱۰۵	۱۰۸	۱۰۶	۱۰۱	۱۱۱	۱۰۹	۱۱۲	۱۰۹
C	۱۰۶	۱۰۵	۱۰۸	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۴	۱۰۱	۱۰۹	۱۰۹	۱۱۲	۱۱۱
D	۱۰۵	۱۰۸	۱۱۱	۱۱۲	۱۱۱	۱۰۶	۱۱۴	۱۱۰	۱۰۹	۱۰۹	۱۰۱	۱۱۰
E	۱۰۹	۱۱۱	۱۱۲	۱۰۹	۱۰۱	۱۰۸	۱۰۵	۱۱۴	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۰	۱۰۶
F	۱۰۹	۱۰۵	۱۰۹	۱۰۶	۱۱۱	۱۱۰	۱۱۴	۱۱۲	۱۱۰	۱۰۸	۱۱۱	۱۰۱
G	۱۱۱	۱۱۴	۱۱۲	۱۰۹	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۶	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۱	۱۰۵	۱۰۱
H	۱۰۹	۱۱۲	۱۰۹	۱۱۴	۱۱۱	۱۰۸	۱۱۱	۱۰۱	۱۱۰	۱۰۶	۱۰۵	۱۱۰
I	۱۰۹	۱۱۱	۱۱۰	۱۰۶	۱۱۰	۱۱۴	۱۱۱	۱۰۸	۱۰۹	۱۱۲	۱۰۵	۱۰۱
J	۱۱۰	۱۱۴	۱۱۰	۱۱۱	۱۰۸	۱۰۶	۱۰۱	۱۰۹	۱۰۵	۱۱۱	۱۱۲	۱۰۹
K	۱۱۲	۱۱۴	۱۰۹	۱۰۸	۱۰۵	۱۰۹	۱۱۱	۱۱۱	۱۰۱	۱۰۶	۱۱۰	۱۱۰
L	۱۰۱	۱۰۹	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۱	۱۱۴	۱۰۶	۱۱۲	۱۰۹	۱۰۵	۱۰۸
M	۱۰۹	۱۰۱	۱۱۱	۱۱۲	۱۰۹	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۸	۱۰۶	۱۱۱	۱۱۴	۱۱۰
N	۱۰۶	۱۱۰	۱۰۹	۱۱۱	۱۱۴	۱۱۱	۱۰۸	۱۰۱	۱۱۰	۱۰۵	۱۱۲	۱۰۹
O	۱۱۱	۱۱۰	۱۰۱	۱۱۲	۱۰۵	۱۰۹	۱۰۶	۱۰۸	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۴	۱۰۹
P	۱۰۶	۱۰۱	۱۱۰	۱۱۰	۱۱۱	۱۱۲	۱۰۹	۱۱۴	۱۱۱	۱۰۸	۱۰۹	۱۰۵

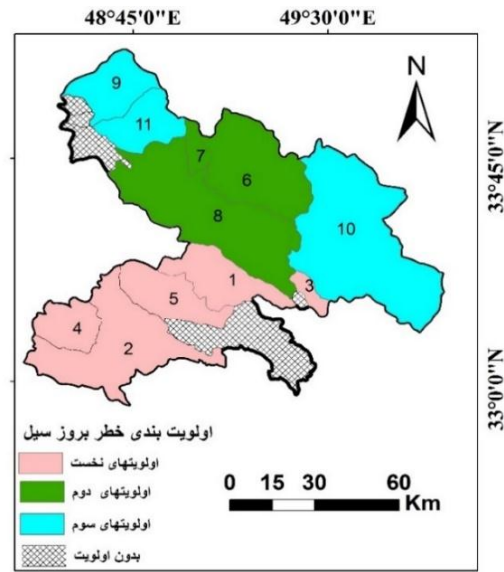


شکل ۷. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های سزار-روش چانه‌زنی

مدیریت این حوزه طبق اولویت‌بندی‌ها بر اساس خطر بروز سیل است، مناطقی که در ارتفاعات قرار دارند، در اولویت‌بندی نهایی محاسبه نمی‌شوند. در شکل‌های ۶ و ۷ نقشه‌های اولویت‌بندی بر اساس دو روش بوردا و چانه‌زنی مشاهده می‌شوند. اگر به شکل ۲ که نقشه نام‌گذاری زیرحوضه‌ها بود دقت شود، می‌توان به عدد تعلق گرفته به هر زیرحوضه در شکل‌های زیر پی برد. اعداد ۱ تا ۵ به‌عنوان اولویت‌های نخست، اعداد ۶ تا ۸ به‌عنوان اولویت‌های دوم و اعداد ۹ تا ۱۱ اولویت‌های سوم شدند. هدف از مطالعه حاضر، مقایسه این دو روش و تشخیص برتری یکی بر دیگری نیست و تصمیم‌گیرنده نهایی مدیر است که با آگاهی از اصول حاکم بر این دو روش که در مطالعه حاضر بررسی شدند، یکی از آن‌ها را برای مدیریت حوضه برگزیند.

بحث و نتیجه‌گیری

در نتیجه اجرای الگوریتم امتیازدهی بوردا، همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده شد، مؤثرترین پارامترها تمامی زیرحوضه‌ها، پارامترهای کاربری مسکونی (Lc) با امتیاز ۹۳/۵، تراکم زهکشی (Dd) با امتیاز ۹۱ و نیز پارامترهای شیب متوسط (S) و شکل زیرحوضه آبخیز (Sh) با امتیاز ۹۰/۵ بودند. در نتیجه اجرای الگوریتم چانه‌زنی، همان‌طور که در جدول ۶ ملاحظه شد، مؤثرترین پارامترها در تمامی زیرحوضه‌ها، پارامترهای شیب متوسط (S)، طول آبراهه اصلی (SL) و کاربری مراتع (Lr) بودند که با توجه به اصول حاکم بر این



شکل ۶. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های سزار-روش بوردا

در جدول ۶ شاهد دوییدن بازیکن‌ها (پارامترها) در تمامی میدان‌ها هستیم و در واقع طبق اصول چانه‌زنی، این چانه‌زنی‌ها ادامه می‌یابد تا زمانی که پارامتری از نظر همه زیرحوضه‌ها بحرانی تشخیص داده شود. در اینجا که تعداد زیرحوضه‌ها ۱۶ است، هر پارامتری که زودتر به ۱۶ برسد، یعنی از نظر همه رأی‌دهندگان (زیرحوضه‌ها) بحرانی است و اگرچند پارامتر هم‌زمان به ۱۶ رسیدند، اول آن پارامتری بحرانی است که جمع سطری آن در همه ستون‌ها بیشتر شود. در اینجا ابتدا پارامتر شیب متوسط بحرانی است و بعد طول آبراهه اصلی و کاربری مراتع. مبنای جدول ۶، جدول ۲ است. در جدول ۷، انتخاب زیرحوضه‌های بحرانی‌تر طبق اصول چانه‌زنی انجام شد و اعدادی که مشاهده می‌شوند، همان جمع سطری هر پارامتر در جدول ۷ است که هر یک سر جای خود قرار گرفته‌اند. مبنای جدول ۷ نیز، جدول ۲ است. البته، چند تا از زیرحوضه‌ها در نقشه اولویت‌بندی نهایی برای اقدامات اجرایی، به علت وجود در ارتفاعات بالا حذف شدند.

نقشه‌های اولویت‌بندی زیرحوضه‌های مطالعاتی سزار با اجرای الگوریتم‌های بوردا و چانه‌زنی

با اجرای الگوریتم‌های بوردا و چانه‌زنی در حوضه آبخیز سزار، علاوه بر انتخاب مؤثرترین پارامترها، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل مشخص می‌شود. با توجه به هدف اصلی مطالعه که ارائه یک مدل تصمیم‌گیری بهینه برای

بیشترین امتیاز بودند مشخص می‌کنند، بنابراین این دو روش، تأییدکننده مبانی و اصول هیدرولوژی‌اند. بیشتر مطالعات در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد در وزن‌دهی هر یک از پارامترها بر مبنای نظرهای کارشناسی از طریق روش AHP و دیگر روش‌های مشابه نیز با توجه به دخیل‌بودن نظر کارشناسی، امکان خطا و عدم قطعیت بالا می‌رود. برای مثال، پژوهش‌هایی مشابه با مطالعه Pawattana و همکارانش [۷]، Saini and Kaushik [۸]، Aher و همکارانش [۱۱]، از جمله مواردی بودند که از روش‌های مبتنی بر نظرهای کارشناسی برای اولویت‌بندی حوضه‌ها و بررسی خطر بروز سیل استفاده کردند. از جمله موارد مشابه بین مطالعات یادشده با پژوهش حاضر، در استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی است که در تمامی مطالعات مربوط به بررسی سیل خیزی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز مورد توجه بوده است. در پژوهش حاضر نیز در مراحل آماده‌سازی نقشه‌های مختلف و محاسبات پارامترهای مختلف، از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. همچنین، از دیگر موارد مشابه در مطالعات مختلف با پژوهش حاضر، استفاده از قابلیت‌های سنجش‌ازدور است که در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی و تجزیه و تحلیل شرایط موجود در مناطق، همواره مورد توجه بوده است. وجه مشترک دیگر در مطالعات مختلف و پژوهش حاضر، در بررسی پارامترهای مختلف از جمله خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز هست و اینکه هیچ عامل یا پارامتری به‌تنهایی نمی‌تواند برای مدیریت حوضه آبخیز تعیین تکلیف کند. در مطالعات مختلفی همچون سلیمانی و همکارانش [۱۲] در حوضه آبخیز کسلیان، زهتابیان و همکارانش [۱۳] در حوضه‌های آبخیز مارمه، بهرامی و همکارانش [۱۴] در حوضه آبخیز سد بوستان، بیان شد که میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در سیل خروجی، متناسب با دبی اوج نیست و لزوماً زیرحوضه‌های دارای دبی زیادتر، بیشترین مشارکت را در سیل خروجی حوضه آبخیز ندارند. اما قوت دیگر پژوهش حاضر در اصول حاکم بر تئوری بازی است که تمامی پارامترهای حوضه‌های آبخیز را بدون هیچ‌گونه محدودیتی در تعداد پارامترها، در کنار یکدیگر بررسی کرده و مؤثرترین پارامترها در تمامی زیرحوضه‌ها را معرفی می‌کند. اجرای این الگوریتم‌ها به صورت جعبه‌سیاه نیست و تمامی مراحل و محاسبات برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل، واضح و

روش، انتخاب پارامترهای یادشده برحسب دوییدن تمامی بازیکن‌ها (پارامترها) در تمامی میدان‌ها (زیرحوضه‌های آبخیز) هست و درواقع سه پارامتر نام‌برده سریع‌تر از دیگر پارامترها در تمامی زیرحوضه‌ها خودنمایی کردند. در انتخاب زیرحوضه‌های بحرانی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، در نتیجه اجرای الگوریتم بوردا، همان‌طور که در جدول ۶ دیده شد، زیرحوضه‌های I, N, G, P و O در اولویت نخست قرار دارند. همچنین، در انتخاب زیرحوضه‌های بحرانی و اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، در نتیجه اجرای الگوریتم چانه‌زنی، همان‌طور که در جدول ۷ دیده شد، زیرحوضه‌های G, H, I, N و F در اولویت نخست قرار دارند. نتایج اجرای دو الگوریتم بوردا و چانه‌زنی برای انتخاب مؤثرترین پارامترها از نظر خطر بروز سیل، در انتخاب پارامتر شیب متوسط (S)، مشابه و در انتخاب پارامتر مؤثر دیگر متفاوت بود. همچنین وجه تشابه دو روش در انتخاب زیرحوضه‌های بحرانی، زیرحوضه‌های I, N و G بودند که در هر دو روش جزء اولویت‌های نخست قرار گرفتند، اما همان‌طور که در شکل‌های ۶ و ۷ دیده شد، در انتخاب زیرحوضه‌های دیگر متفاوت‌اند. به‌طور کلی، زمانی جواب دو الگوریتم متفاوت می‌شود که اصول متفاوتی حاکم بر دو الگوریتم باشد. روش چانه‌زنی، گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که از نظر همه رأی‌دهندگان مهم است، یعنی پارامتری که به عنوان مهم‌ترین معرفی شده، در تمامی زیرحوضه‌ها مشکل‌ساز است. در نتیجه، زیرحوضه‌ای از همه مهم‌تر و بحرانی‌تر است که پارامترهای آن اولویت داشته و در مراحل ابتدایی چانه‌زدن، مورد توجه باشد؛ اما روش بوردا، گزینه‌ها را به‌صورت وزنی رتبه‌بندی می‌کند، در نتیجه ممکن است در نهایت گزینه‌ای معرفی شود که وزن بیشتری داشته باشد یعنی تعداد بارهای بیشتری به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر امتیاز گرفته است. درواقع، اصول این روش به‌گونه‌ای است که حمایت تمامی رأی‌دهندگان را ندارد بلکه طبق نظر اکثریت انتخاب می‌شود. اینکه کدام‌یک از این روش‌ها طبق اصول حاکم بر آن‌ها، برای مدیریت حوضه مد نظر مناسب‌تر است، به تصمیم مدیر و اهداف او در مدیریت حوضه مد نظر بستگی دارد. با توجه به اینکه این اولویت‌بندی‌ها بر اساس پارامترهای فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی و کاربری اراضی و درواقع بر اساس واقعیات حوضه و بر اساس اصول حاکم بر این دو روش صورت گرفته‌اند، به‌صورت عقلانی و منطقی پارامترهایی را که امتیاز بیشتری داشتند و نیز زیرحوضه‌هایی را که دارای

- Kaithal, Haryana, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2012; 3(1): 42-54.
- [9]. Amiri, M., Pourghasemi, H.R., Arabic Ameri, A.R. Prioritizing the flooding of Maharlo watershed basins in Fars province using morphometric parameters and decision making VIKOR, *Journal of ecohydrology*, Volume 5, Issue 3, Summer 2018; p. 813-827.
- [10]. Mohammadi, P., Malekian, A. Prioritization of watersheds in terms of flood risk based on multivariate decision making models, *Journal of Ecohydrology*, Volume 4, Issue 2, Summer 2013, pp. 499-508.
- [11]. Aher, P.D., Adinarayana, J. & Gorantiwar, S.D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in of India. A remote sensing and GIS approach. *Journal of Hydrology*, 2014; 51(1): 850-860.
- [12]. Soleimani, K., Bashir Gonbad, M., Mousavi, S., Khaliqi, Sh. Flood potential in watersheds using HEC-HMS model in GIS environment (case study of Kasaliyan Basin) , *Natural History Research*, 65, Autumn, 2008; 51-60. (In Persian).
- [13]. Zehtabiyani, Gh., Ghoddusi, J., Ahmadi, H., Khalilzadeh, M., Moghali, M. Assessment of the Flood Potential Ranking of Sub-basins and Determination of Flood Source Areas, *Journal of Environmental Hydrology*, 2010; 18(24): 1-9.
- [14]. Bahrami, S., A., Onagh, M., Farazjoo, H. River Rendering Role in Identifying and Prioritizing Hydrological Units in Boustan Dam Basin for Flood Management and Providing Management Solutions, *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 1 (1), autumn, 2011; 11-26. (In Persian).
- [15]. Nikoo, M.R., Bahman Beiglou, P.H. & Mahjouri, N. "Optimizing multiple-pollutant waste load allocation in rivers: an interval parameter game theoretic model", *Water Resources Management*, 2016; 30(12), 4201-4220.
- [16]. Adhami, M. & Sadeghi, S.H.R. Sub-watershed prioritization based on sediment yield using game theory. *Journal of Hydrology*, 2016; 541: 977-987.
- [17]. Abdoli, Gh., *Game Theory and Applications in Static and Dynamic Shifts*, Jahad University Press, Tehran, 2008; Second Edition. (In Persian).
- [18]. Mac Milan, j. *Games, Strategies & Managers: How Managers Can Use Game Theory to Make Better Business Decision*, Oxford University Press, 1996; United States of America, p 246.
- روشن است. تئوری بازی به‌عنوان راه حلی چندبعدی در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری مانند حل مشکلات مدیریت منابع بین‌المللی، تحلیل خطر، تخصیص آب و بهینه‌سازی استفاده شده است و در نهایت، رویکردی مدیریتی و جامع را ارائه می‌دهد. استفاده از الگوریتم‌های تئوری بازی می‌تواند برای برنامه‌ریزی سریع و مقرون‌به‌صرفه برای شناسایی مناطق بحرانی از نظر سیل‌خیزی، فرسایش و رسوب و... مفید واقع شود.
- ### منابع
- [1]. Hagizhizadeh, A., Mohammadlou, M., Noori, F. Simulation of Rainfall-Runoff Process Using Artificial Neural Network and Adaptive Neural Fuzzy System and Multivariate Regression (Case Study, Khorramabad Water Basin), *Journal of Ecohydrology*, Volume 2, Issue 2, Summer 2013; pp. 233-243.
- [2]. Amani, M., Safaviayan, A. Sub-basins prioritization using morphometric analysis-remote sensing technique and GIS- Golestan-Iran. *International Letters of Natural Sciences*, 2015; 38(0): 56-65.
- [3]. Khalighi, Sh. Madawi, M. Investigating the Effect of Land Use Change and Surface Water Hydrological Properties Case Study: Barandoz Chay Province, West Azarbaijan Province, Ph.D. Department of Natural Resources, University of Tehran, 2015; 142 p. (In Persian).
- [4]. Sadeghi, S.H.R. A Semi-detailed technique for soil erosion mapping based on BLM and satellite image applications. *J. Agr. Sci. Tech*, 2005; 7 (3, 4), 133-142.
- [5]. Alvani, M. *Public Administration*, Tehran University Press. 2005; 19th edition, 120 pages. (In Persian).
- [6]. Golparvar, M., Shahabi, M. The Application of Game Theory in Explaining Electoral Competitions, *Quarterly Journal of Political and International Studies of Islamic Azad University, Shahreza Branch*, No. 6, 2011; 175-202. (In Persian).
- [7]. Pawattana, C., Tripathi, N. K., & Howe, S.L. Development of Potential Floodwater Retention Zones using AHP and GIS: A Case Study in the Chi River Basin, Thailand. *International Journal of Geo-informatics*, 2011; 5(4): 17-25.
- [8]. Saini, S.S and Kaushik. S.P. Risk and vulnerability assessment of flood hazard in part of Ghaggar Basin: A case study of Guhla block,

- [19]. Suresh, M. S, Sudhakar. K.N, Tiwari. V.M, Chawdary. Prioritization of watershed using morphometric parameters and assessment of surface water potential using RS. *Journal of Indian Society of Remote Sensing*, 2004; 32 (3): 249-259.
- [20]. Skardi, M.J.E., Afshar, A. and Solis, S.S. Simulation-Optimization Model for Non- Point Source Pollution Management in Watersheds: Application of Cooperative Game Theory, KSCE. *Journal of Civil Engineering*, 2013; 17(6): 1232-1240.
- [21]. Pacuit, E. Voting Methods. In: Zalta, E.N. (ed) *the Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Winter 2012 edn.
- [22]. Balinski, M., Laraki, R. A theory of measuring, electing and ranking. *National Academy of Sciences*, 2007; 104 (21): 8720-8725.
- [23]. Brams, S.J., Kilgour, D.M. Fallback bargaining. *Group. Decis. Negot*, 2001; 10(4): 287-316.
- [24]. Baharad, E., Nitzan, S. The Borda rule, The Condorcet consistency and Condorcet stability. *Econ. Theor*, 2003; 22 (3), 685-688. Bolstad, P. V, and Lillesand, T. M. 1991. Rapid maximum likelihood classification. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 57.