

مقدمه

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

در میان سوانح طبیعی، سیلاب بیش‌ترین خسارت را به بخش‌های کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها وارد کرده است و به‌شدت بر روی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی مؤثر بوده است [۱۷]. برای جلوگیری از این‌گونه پدیده‌های زیان‌بار در حال حاضر نمی‌توان در عوامل و عناصر جوی تغییری ایجاد نمود، بنابراین هرگونه راه‌حل اصولی و چاره‌ساز را باید در روی زمین و اختصاصاً در حوزه‌های آبخیز جستجو کرد [۸]. تقسیم حوضه‌های بزرگ به زیر حوضه‌های متعدد و مطالعه و اولویت‌بندی این زیر حوضه‌ها باعث کاهش زمان و هزینه‌های اجرایی عملیات آبخیزداری و کارایی بیشتر این طرح‌ها می‌شود [۴]. در یک حوزه آبخیز، مهم‌ترین نیاز، اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز و تعیین منطقه بحرانی‌تر است [۵]. ولی با توجه به تأثیر متفاوت پارامترها در زیر حوضه‌ها، نمی‌توان یکی از عوامل را به‌عنوان ملاک تعیین حساسیت قرارداد. از این‌رو تعیین پارامترهای کلیدی در ایجاد سیل از جمله اهداف مهم مدیریت آبخیزهاست [۱۴]. برای حل مسائل اصلی یا کلیدی حوزه‌های آبخیز از قبیل تخریب خاک، فرسایش، خشک‌سالی‌ها و سیلاب، واحدهای هیدرولوژیکی مورد مطالعه در سطح خرد انتخاب می‌شود تا روش‌های مدیریتی و برنامه‌ریزی بهینه شود [۲] که در نهایت منجر به عملیات حفاظتی و آبخیزداری در زیر حوضه‌های حساس و بحرانی می‌شود [۱۶]. تئوری بازی^۵ به دلیل کارایی بالا در حل مسائل چندهدفه، از علوم پایه وارد علوم کاربردی شده و با ارائه تکنیک‌های متفاوت مدل‌سازی، کمک‌های عمده‌ای به پیشرفت زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری نموده است. این نظریه با ترسیم مدل‌هایی از شرایط استراتژیک و تجزیه و تحلیل تصمیمات و تعاملات درون آن، امکان مطالعه روابط سازمان با عوامل درونی و برونی را برای کسب نتیجه بهینه فراهم می‌کند [۳]. از تئوری بازی در مباحث مختلفی از علوم آب، نظیر مدیریت مسائل کیفی آب، بهره‌برداری از آب زیرزمینی مشترک، بهره‌برداری از رودخانه مشترک، مدیریت انتقال آب بین حوضه‌ای، مدیریت تخصیص منابع آب و مدیریت کیفی

اولویت‌بندی زیر حوزه‌های آبخیز سزار بر اساس بروز سیل با استفاده از الگوریتم بوردا

آزاده ارشیا^۱، علی حق زاده^۲، ناصر طهماسبی پور^۳ و حسین زینی وند^۴
 تاریخ دریافت: ۹۷/۰۴/۰۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۱۱

چکیده

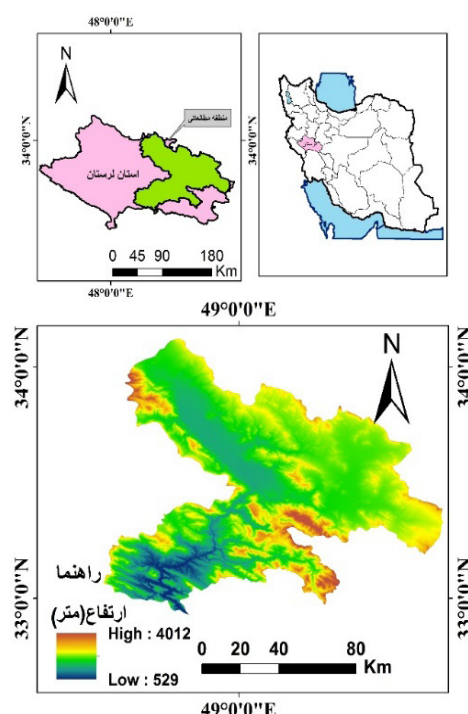
تعیین اولویت‌بندی عملیات اجرایی در پروژه‌های آبخیزداری برای کاهش خطرات بروز سیل به علت تأثیر از پارامترهای مختلف، پیچیده و البته مهم و ضروری است. تئوری بازی در اتخاذ تصمیم بهینه برای حل مسائل چند هدفه، کارایی بسیار بالایی دارد. در این مطالعه، این تئوری برای اولویت‌بندی بر اساس خطر بروز سیل در حوزه آبخیز سزار مدنظر قرار گرفت و با استفاده از الگوریتم بوردا در تئوری بازی، مؤثرترین پارامترها در تمامی زیر حوضه‌ها و نیز بحرانی‌ترین زیر حوضه‌ها مشخص شدند. با اجرای روش امتیازدهی بوردا، پارامترهای کاربری مسکونی با امتیاز ۹۳/۵، تراکم زهکشی با امتیاز ۹۱ و شیب متوسط و شکل زیر حوضه با امتیاز ۹۰/۵، مؤثرترین پارامترها در رقابت بین ۱۲ پارامتر در تمامی زیر حوضه‌ها بودند در نهایت نقشه‌ی اولویت‌بندی زیر حوضه‌های سزار با روش بوردا ارائه شد که این نقشه حاصل رقابت تمامی پارامترهای مؤثر در حوضه در تمامی زیر حوضه‌ها بوده است.

واژه‌های کلیدی: تئوری بازی، تصمیم بهینه، سیل خیزی، مسائل چندهدفه، مدیریت حوزه.

- ۱- دانشجوی ارشد آبخیزداری، گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.
- ۲- دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، نویسنده مسئول، Email: Haghizadeh.a@lu.ac.ir
- ۳- دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.
- ۴- دانشیار گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان.



شکل ۲: نقشه الگوی آبراهه‌ای سزار



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز سزار در ایران و لرستان

اولویت‌بندی حوضه به کار می‌رود که اثرات ترکیبی پارامترها را به‌منظور اولویت‌بندی مدنظر قرار می‌دهد. مطالعه با این روش برای اولویت‌بندی بروز سیل در حوزه‌های آبخیز بسیار اندک صورت گرفته و می‌توان از نتایج این تحقیق برای اعمال این روش در دیگر حوزه‌های آبخیز کشور استفاده کرد.

مواد و روش‌ها منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز سزار با مساحتی بالغ بر ۹۳۵۳ کیلومترمربع از طریق رودخانه سزار که یکی از پرآب‌ترین رودخانه‌های استان لرستان است، زهکش می‌شود. منطقه مورد مطالعه دارای با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۵۶ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۶ دقیقه عرض شمالی واقع می‌باشد (شکل ۱). نقشه الگوی آبراهه‌ای سزار نیز در شکل ۲ آمده است.

روش پژوهش

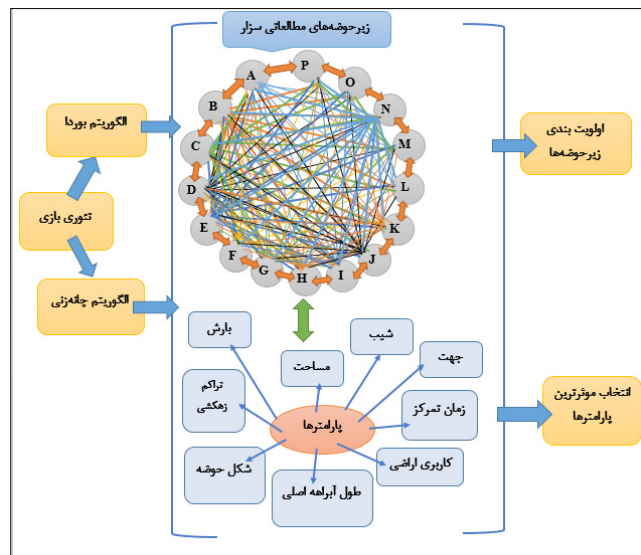
تعیین زیر حوزه‌های آبخیز سزار

از طریق نرم‌افزار ArcGIS10.3، مرز حوزه آبخیز سزار بسته شد و با توجه به نقشه توپوگرافی منطقه و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در حوضه به زیر حوضه‌هایی (A تا P) برای مطالعه تقسیم گردید (شکل ۳). این اسم‌گذاری ملاک خاصی ندارد و فقط برای ورود به تئوری بازی است که هر زیر حوضه با نامی برای بازی مشخص گردد.

رودخانه استفاده شده است [۷]. رفیعی ساردویی و همکاران [۱۳]، در حوضه‌ی بالادست سد کرج با تکرار حذف انفرادی زیر حوضه‌ها به تعیین میزان مشارکت آن‌ها در سیل خروجی این حوضه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که زیر حوضه‌ی تکیه سپه‌سالار بیش‌ترین و زیر حوضه‌ی ولایت رود کم‌ترین سهم را در پتانسیل سیل‌خیزی حوضه دارد. صبحی و مجرد [۱۵]، به‌منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی حوزه آبخیز اترک از تئوری بازی کمک گرفتند و نتایج نشان داد زمانی که به اهداف محیطی و اقتصادی وزن یکسانی داده شود بهترین سناریوی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی بین ۶۴ تا ۱۷ میلیون مترمکعب در سال است. لی [۹]، به‌منظور ایجاد تعادل در توسعه اقتصادی (کاربری اراضی و توسعه) و آثار محیط زیستی (حفاظت از کیفیت آب) در مدیریت حوزه آبخیز، از تئوری بازی چانه‌زنی نش، الگوریتم بهینه‌سازی چندهدفه و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده نمود و بیان داشت که در صورت رضایت‌بخش بودن نتایج، برای تمام بازیگران تعادل نش حاصل می‌شود و بازی به پایان می‌رسد. ادهمی و صادقی [۱]، در مطالعه‌ای بر اساس مقدار رسوبات با استفاده از الگوریتم تئوری بازی، زیر حوضه‌ها را اولویت‌بندی کردند و دریافتند که تئوری بازی علاوه بر اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها، مؤثرترین پارامتر در حوضه‌ها را با کاربرد مجزای الگوریتم تئوری بازی‌ها مشخص می‌کند.

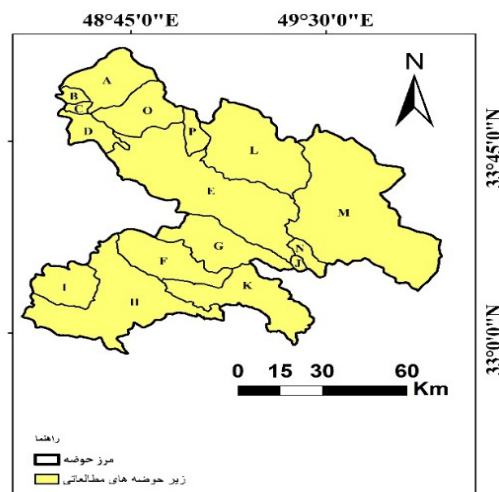
بر این مبنا، پژوهش حاضر با استفاده از الگوریتم بوردا در تئوری بازی به شناسایی مناطق بحرانی از نظر خطر بروز سیل برای اولین بار در حوزه آبخیز سزار می‌پردازد. در این مطالعه روشی تلفیقی جهت

هر نماینده با بیشترین امتیاز به عنوان نماینده نخست (اولویت اول) انتخاب می‌شود [۶]. روند اجرای الگوریتم بوردا در این تحقیق در شکل (۴) آمده است.



شکل ۴: روند اجرای الگوریتم بوردا در اولویت بندی

محاسبه‌ی مهم‌ترین خصوصیات زیر حوضه‌های سزار از جمله مهم‌ترین ویژگی‌های حوضه‌ها که در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار می‌گیرند عبارت‌اند از: ۱- مساحت حوضه ۲- شکل حوضه ۳- تراکم زهکشی ۴- شیب متوسط ۵- جهت ۶- زمان تمرکز ۷- بارش حوضه ۸- کاربری اراضی که به‌طور کلی بررسی‌های فوق با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و یا نقشه‌های موضوعی با مقیاس مناسب صورت می‌گیرد [۱۱]. در تحقیق حاضر، تمامی پارامترهای ذکر شده، برای ۱۶ زیر حوضه مشخص شده محاسبه شدند. برای محاسبه بارش در زیر حوضه‌ها، آمارهای ۳۰ ساله بارش روزانه (۶۶-۶۵ تا ۹۶-۹۵) مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی (شکل ۵) موجود در حوزه آبخیز سزار (مروک، بروجرد، کشور، دورود، کمندان، دره تخت، کاظم‌آباد) تهیه شد و حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۲۵ سال در ایستگاه‌ها طی دوره آماری استخراج شد. برای رسیدن به نقشه بارش حوزه آبخیز سزار از روش‌های مختلف درون‌یابی در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.3 استفاده شد و در نهایت از روش کریجینگ، نقشه‌ی بهتری حاصل شد (شکل ۶).



شکل ۳: نقشه نام‌گذاری زیر حوضه‌های آبخیز سزار

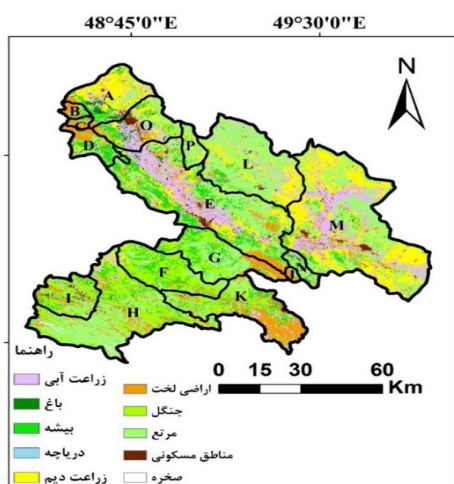
الگوریتم بوردا در تئوری بازی

تئوری بازی عبارت است از مطالعه مسائل تقابلی، به عبارت دیگر، بازی راهبرده و درواقع بازی بر اساس شانس نیست. اجزای تئوری بازی عبارت است از: بازیکن‌ها (تصمیم‌گیرنده‌ها)، انتخاب (عملی امکان‌پذیر)، نتیجه (سود، جایزه و...) و انتخاب بهترین نتیجه این نظریه، مطالعه رفتار منطقی در شرایطی است که وابستگی متقابل وجود دارد. وابستگی متقابل یعنی این‌که هر بازیکن از آنچه دیگران در بازی انجام می‌دهند، تأثیر می‌پذیرد و رفتار خود بازیکنان نیز بر دیگران تأثیر می‌گذارد، خروجی بازی وابسته به تصمیمات همه است و هیچ فردی کنترل کامل بر آنچه اتفاق می‌افتد، ندارد [۱۰]. هدف این روش، رسیدن به فضایی است که در آن حداکثر خواسته هر بازیکن به شرط تأمین شدن حداکثر نیاز بازیکنان، برآورده شود [۱۸]. فضای مذکور در علم مدیریت، فضای بهینه Pareto نامیده می‌شود [۱۷].

درروش امتیازدهی بوردا که یکی از الگوریتم‌های تئوری بازی است، هرکدام از زیر حوضه‌ها به عنوان یک نماینده تلقی شده و به صورت خطی امتیازدهی می‌شوند. پس به ازای n نماینده (زیر حوضه‌ها) n رتبه وجود خواهد داشت. رتبه‌بندی زیر حوضه‌ها با توجه به جمع امتیاز متغیرهای مستقل 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 [۱۲]. در این روش، امتیاز هر نماینده با $BS(A)$ نشان داده شده و به صورت رابطه (۱) زیر بیان می‌شود:

(۱)

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



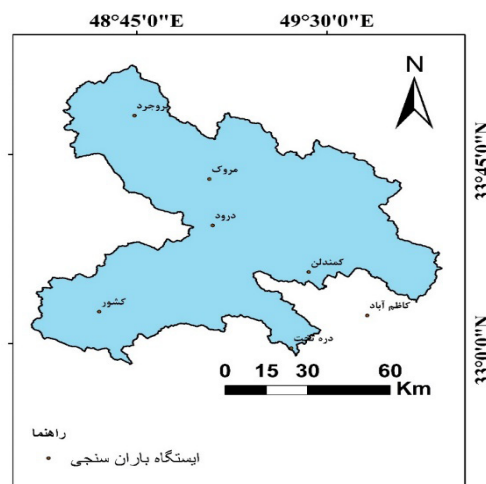
شکل ۷: نقشه کاربری اراضی زیر حوزه‌های آبخیز سزار

خصوصیات مختلفی از زیر حوزه‌های آبخیز مطالعاتی سزار در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.3 محاسبه شد و در نهایت پارامترهایی که برای بررسی خطر بروز سیل در زیر حوضه‌ها مهم‌تر هستند، برای ۱۶ زیر حوضه مطالعاتی محاسبه می‌شوند تا وارد الگوریتم بوردا در تئوری بازی شوند. با توجه به نقشه جهت مشخص شد که جهت غالب تمامی زیر حوضه‌ها، جنوب و جنوب غرب بود، این پارامتر در جداول امتیازبندی وارد نشد (جدول ۱).

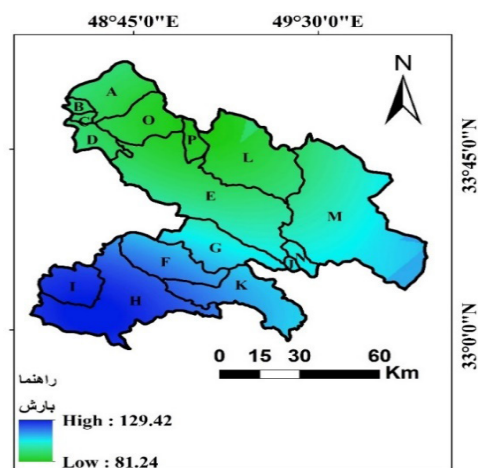
تمامی زیر حوضه‌ها از نظر مهم‌ترین پارامترهای مورد بررسی امتیازبندی می‌شوند، یعنی هر زیر حوضه در مقایسه با دیگر زیر حوضه‌ها برای هر پارامتر امتیازی می‌گیرد. درواقع پس از محاسبه پارامترهای مختلف در هر زیر حوضه، آن‌ها را از نظر هر پارامتر، رتبه‌بندی می‌کنیم و معیار رتبه‌بندی، رابطه هر پارامتر با بروز سیل است. ابتدا رابطه‌ی هر پارامتر با بروز سیل بررسی می‌شود و سپس هر زیر حوضه از نظر هر پارامتر در بین تمامی زیر حوضه‌های آبخیز به‌طور جداگانه امتیازی می‌گیرد. پارامترهای مساحت، تراکم زهکشی، ضریب گردی، شیب متوسط، حداکثر بارش ۲۴ ساعته، طول آبراهه اصلی، کاربری مسکونی و اراضی لخت، رابطه‌ی مستقیم با خطر بروز سیل دارند و پارامترهای زمان تمرکز و کاربری‌های مراتع و جنگل و کشاورزی، رابطه‌ی عکس با خطر بروز سیل دارند. برای ورود به الگوریتم بوردا، پارامترها برحسب امتیازشان در هر زیر حوضه، از کم به زیاد مرتب‌شده و خانه‌های هم‌رتبه در هر زیر حوضه بارنگ مشابه مشخص شدند (جدول ۲).

نتایج

انتخاب مؤثرترین پارامترها و بحرانی‌ترین زیر حوضه‌ها از نظر خطر بروز سیل با استفاده از الگوریتم بوردا نتایج به‌دست‌آمده به روش الگوریتم بوردا در جداول (۳) تا (۵) آورده شده است. با بهره‌گیری از الگوریتم‌ها، تمامی پارامترها در



شکل ۵: نقشه ایستگاه‌های باران‌سنجی حوزه سزار



شکل ۶: نقشه بارش زیر حوزه‌های آبخیز سزار

در تحقیق حاضر برای تهیه نقشه کاربری اراضی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸، خردادماه ۲۰۱۷، سنجنده OLI استفاده شد. پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای با نرم‌افزار ENVI 5.3 انجام شد و با توجه به وسعت زیاد منطقه‌ی مورد مطالعه، این حوزه آبخیز در چهار شیت از تصاویر ماهواره‌ای قرار گرفت و برای تلفیق و یکپارچه‌سازی تصاویر ماهواره‌ای در منطقه مورد مطالعه از ابزار Mosaic در نرم‌افزار ENVI 5.3 استفاده شد. پس از یکپارچه‌سازی تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از ابزار Region of interest مرز حوزه آبخیز از تصویر ماهواره‌ای برش داده شد. با توجه به شناختی که از منطقه بود و نظر کارشناسان و آگاهی از قابلیت‌های تصاویر مورد استفاده و حاصل از تفسیر چشمی تصاویر ماهواره‌ای و تصاویر گوگل ارث، کاربری‌های مختلف در منطقه مورد مطالعه، مدنظر قرار گرفتند. نقشه کاربری اراضی زیر حوزه‌های آبخیز سزار در محیط نرم‌افزار Arc GIS10.3 حاصل شد (شکل ۷).

جدول ۱: خصوصیات محاسبه شده زیر حوزه های آبخیز سزار

پارامتر	شکل زیر حوزه-ضریب گردی	مساحت (کیلومتر مربع)	تراکم زهکشی (کیلومتر مربع)	شیب متوسط (درصد)	زمان تمرکز-روش کالیفرنیا (ساعت)	حداکثر بارش ۲۴ ساعته (میلی متر)	کاربری بیشه و جنگل و باغ (درصد)	کاربری کشاورزی آبی و دیم (درصد)	کاربری مسکونی (درصد)	کاربری مرغ (درصد)	طول آبراهه اصلی (کیلومتر)	اراضی لغت (درصد)
زیر حوزه	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-۰/۳	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-۰/۲۵	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

امتیاز را در تمامی زیر حوزه ها داشته باشند، بحرانی ترند. در جدول (۵)، امتیاز هر زیر حوزه از نظر هر پارامتر محاسبه شد و در نهایت زیر حوزه هایی که بیشترین امتیاز (بیشترین جمع سطری) را داشته باشند، بحرانی تر هستند چون امتیاز پارامترهای آن زیر حوزه ها در نهایت، بیش از دیگر زیر حوزه ها شده است.

نقشه اولویت بندی زیر حوزه های آبخیز سزار با اجرای الگوریتم بوردا

با اجرای الگوریتم بوردا در حوزه آبخیز سزار، علاوه بر انتخاب مؤثرترین پارامترها، اولویت بندی زیر حوزه ها از نظر خطر بروز سیل

ارتباط با یکدیگر قرار می گیرند و مؤثرترین پارامترها در همه ی زیر حوزه ها مشخص می شوند و بحرانی ترین زیر حوزه نیز در مقایسه با تمامی زیر حوزه ها مشخص می شود.

در جدول (۳) طبق اصول روش بوردا که در قسمت روش تحقیق توضیح داده شد، زیر حوزه ها از نظر پارامترهای موردنظر و بر مبنای جدول (۲) امتیازدهی شدند، سپس در جدول (۴)، امتیاز هر پارامتر در هر زیر حوزه، در ستون متعلق به همان پارامتر قرار گرفت تا در نهایت به جمع ستونی امتیازات هر پارامتر در تمامی زیر حوزه ها دست پیدا شود. در روش امتیازدهی بوردا، پارامترهایی که بیشترین

جدول ۲: ترتیب اثر پارامترهای مستقل در زیر حوضه‌های مطالعاتی سزار

اثر پارامتر زیر حوزه	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

جدول ۳: امتیازبندی پارامترها با روش بوردا در زیر حوضه‌های 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
زیر حوزه	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

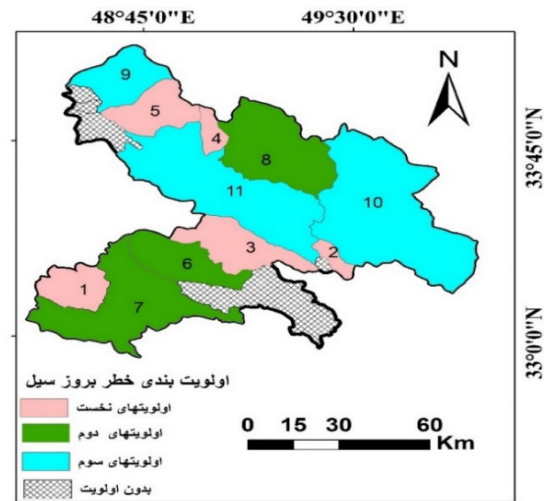
جدول ۴: رتبه‌بندی مؤثرترین پارامترها از نظر بروز سیل با روش بوردا در زیر حوضه‌های مطالعاتی سزار

پارامتر زیرحوزه												
	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 زیر حوضه‌ها از نظر بروز سیل با روش بوردا در زیر حوضه‌های مطالعاتی سزار

امتیازدهی بوردا زیرحوزه	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	۶۶۳/۷۵	۶۲۶/۲۵	۶۴۱/۲۵	۴۵۵	۳۲۴	۲۸۰/۵	۱۷۷	۴۴/۵	۴۲/۷۵	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	۴۲/۷۵	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

مشخص می‌شود. با توجه به هدف اصلی مطالعه که ارائه‌ی یک مدل تصمیم‌گیری بهینه برای مدیریت این حوزه طبق اولویت‌بندی‌ها بر اساس خطر بروز سیل است، مناطقی که در ارتفاعات قرار دارند، در اولویت‌بندی نهایی محاسبه نمی‌شوند. در شکل (۸) نقشه‌ی اولویت‌بندی بر اساس بوردا مشاهده می‌شود. اگر به شکل (۳) که نقشه نام‌گذاری زیر حوزه‌ها بود دقت شود، می‌توان به عدد تعلق گرفته به هر زیر حوزه در شکل زیر پی برد. اعداد ۱ تا ۵ به عنوان اولویت‌های نخست، اعداد ۶ و ۷ به عنوان اولویت‌های دوم و اعداد ۹ و ۱۰ و ۱۱ اولویت سوم شدند.



شکل ۸: اولویت‌بندی حوزه آبخیز سزار-روش بوردا

بحث و نتیجه‌گیری

در یک حوزه آبخیز، مهم‌ترین نیاز، اولویت‌بندی زیر حوزه‌های آبخیز و تعیین منطقه بحرانی‌تر است؛ بنابراین در صورت اقدام عملیات کنترلی، مناطق دارای اولویت بالاتر، بیش‌تر موردتوجه قرار می‌گیرد و برنامه حفاظتی در این مناطق متمرکز می‌شود و لذا مطالعه و اولویت‌بندی زیر حوزه‌های آبخیز، وقت و هزینه برنامه‌ها و اقدامات اجرایی آبخیزداری را کاهش و اثربخشی این برنامه‌ها را افزایش می‌دهد [۵].

در نتیجه‌ی اجرای الگوریتم امتیازدهی بوردا، مؤثرترین پارامترها در تمامی زیر حوزه‌ها، پارامترهای کاربری مسکونی (Lc) با امتیاز ۹۳/۵، تراکم زهکشی (Dd) با امتیاز ۹۱ و نیز پارامترهای شیب متوسط (S) و شکل زیر حوزه آبخیز (Sh) با امتیاز ۹۰/۵ بودند. در انتخاب زیر حوزه‌های بحرانی و اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها، در نتیجه‌ی اجرای الگوریتم بوردا، زیر حوزه‌های I و N و G و P و O در اولویت نخست قرار گرفتند. روش بوردا، گزینه‌ها را به صورت وزنی رتبه‌بندی می‌کند و در نهایت گزینه‌ای معرفی می‌شود که وزن بیش‌تری داشته باشد یعنی تعداد بارهای بیش‌تری به عنوان مهم‌ترین پارامتر امتیاز گرفته است. در واقع اصول این

روش به گونه‌ای است که حمایت تمامی رأی‌دهنده‌ها را ندارد بلکه طبق نظر اکثریت انتخاب می‌شود. اکثر مطالعات در داخل و خارج کشور نشان می‌دهد که در وزن دهی هر یک از پارامترها بر مبنای نظرات کارشناسی از طریق روش AHP و دیگر روش‌های مشابه استفاده کردند. مثلاً پژوهش‌هایی مشابه با مطالعه‌ی اهر و همکاران [۲]، از جمله مواردی بودند که از روش‌های مبتنی بر نظرات کارشناسی برای اولویت‌بندی حوزه‌ها و بررسی خطر بروز سیل استفاده کردند اما در مطالعه حاضر در تئوری بازی نظر کارشناسی دخالتی نداشت. از جمله موارد مشابه بین مطالعاتی مشابه مطالعه ذکر شده با پژوهش حاضر، در استفاده از قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی است که در تمامی مطالعات مربوط به بررسی سیل‌خیزی و اولویت‌بندی زیر حوزه‌های آبخیز موردتوجه بوده است و 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 تهیه‌ی نقشه‌های کاربری اراضی و تجزیه و تحلیل شرایط موجود در مناطق، همواره موردتوجه بوده است. وجه مشترک دیگر در مطالعات مختلف و پژوهش حاضر، در بررسی پارامترهای مختلف از جمله خصوصیات فیزیوگرافی حوزه‌های آبخیز هست و این که هیچ عامل یا پارامتری به تنهایی نمی‌تواند برای مدیریت حوزه آبخیز تعیین تکلیف کند. اما نقطه‌ی قوت دیگر پژوهش حاضر در اصول حاکم بر تئوری بازی است که تمامی پارامترهای حوزه‌های آبخیز را بدون هیچ گونه محدودیتی در تعداد پارامترها، در کنار یکدیگر بررسی می‌کند و مؤثرترین پارامترها در تمامی زیر حوزه‌ها را معرفی می‌کند. در مطالعه‌ی ادهمی و صادقی [۱]، نیز برای اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها بر اساس عملکرد رسوب از تئوری بازی استفاده شد. با توجه به این که پارامترهای انتخاب شده برای ورود به الگوریتم‌های استفاده شده در این مطالعه، محدودیتی از نظر تعداد ندارند، می‌توان پارامترهای بیش‌تر و یا حتی کمتری را با توجه به موضوع مورد مطالعه و اهمیت پارامترها در آن مطالعه، به کار برد. با توجه به سوابق نتیجه‌بخش این روش در علوم مختلف و همچنین در مطالعات مدیریت منابع آب، پیشنهاد می‌شود که محققان، طی تحقیقات آینده از الگوریتم‌های تئوری بازی در مطالعات حوزه‌های آبخیز کشور بهره گیرند. اجرای این الگوریتم‌ها به صورت جعبه سیاه نیست و تمامی مراحل و محاسبات برای اولویت‌بندی زیر حوزه‌ها از نظر خطر بروز سیل، واضح و روشن است. تئوری بازی به عنوان راه‌حلی چندبعدی در زمینه‌های مختلف تصمیم‌گیری از قبیل حل مشکلات مدیریت منابع بین‌المللی، تحلیل خطر، تخصیص آب و بهینه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است و در نهایت، رویکردی مدیریتی و جامع را ارائه می‌دهد.

11. Mahdavi, M., 2011. Applied Hydrology, Vol. 2, Seventh Edition, Tehran University Press, 438 pages.
12. Pacuit, E., 2012. Voting Methods. In: Zalta, E.N. (ed) the Stanford Encyclopedia of Philosophy, Winter 2012 edn.
13. Rafiei Sardooei, A., Khalighi Sikaroodi, Sh., Azareh, A., Rostami Khajaj, M., 2015, Application of the HEC-HMS Model in Prioritizing the Flood Potential of the Upper Basin of Karaj Dam, Watershed Science and Engineering Journal, 9 (28): 53-56.
14. Sadeghi, S.H.R., Forootan, A., Sharifi, F., 2004. Qualitative method of water quality assessment (Case study of part of Kann watershed), Quarterly Journal of Geographical Research, 20 (79): 37-47. (In Persian).
15. Saboohi, M., Mojarad, A., 2010. Application of Game Theory in Groundwater Management of the Atrak Water Basin, Journal of Agricultural Economics and Development, 24 (1): 1-12.
16. Sheikhmohammady, M. and Madani, K. (2008). Sharing a Multi-national Resource through Bankruptcy Procedures. In World Environmental and Water Resources Congress.
17. Skardi, M.J.E., Afshar, A. and Solis, S.S. 2013. Simulation-Optimization Model for Non- Point Source Pollution Management in Watersheds: Application of Cooperative Game Theory, KSCE. Journal of Civil Engineering. 17(6): 1232-1240.
18. Suresh, M. S, Sudhakar. K.N, Tiwari. V.M, Chawdary., 2004. Prioritization of watershed using morphometric parameters and assessment of surface water potential using RS. Journal of Indian Society of Remote Sensing 32 (3): 249-259.
1. Adhami, M. & Sadeghi, S.H.R, 2016. Sub-watershed prioritization based on sediment yield using game theory. Journal of Hydrology, 541: 977-987.
2. Aher, P.D., Adinarayana, J. & Gorantiwar, S.D., 2014. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in of India. A remote sensing and GIS approach. Journal of Hydrology, 51(1): 850-860.
3. Alvani, M., 2005. Public Administration, Tehran University Press, 19th edition, 120 pages. (In Persian).
4. Amani, M., Najafinejad, A., 2014. Prioritization of sub basins using morphometric analysis, GIS and RS measurement techniques, Lander watershed, Golestan province. Watershed management research journal, 5 (9): 1-15. (In Persian).
5. Amani, M., Safaviayan, A. 2015. Sub-basins prioritization using morphometric analysis-remote sensing technique and GIS- Golestan-Iran. International Letters of Natural Sciences, 38(0): 56-65.
6. Balinski, M., Laraki, R., 2007. A theory of measuring, electing and ranking. National Academy of Sciences, 104 (21): 8720-8725.
7. Estalaki S.M., Abed-Elmdoust A., and Kerachian R. 2015. Developing environmental penalty functions for river water quality management: application of evolutionary game theory. Environmental Earth Sciences, 73(8):4201- 4213.
8. Khosroshahi, M., Saghafian, B., 2002. The Role of River Trend in Identifying and Dividing the Flooded Areas in Watersheds, Sixth River Engineering Seminar, Shahid Chamran University of Ahvaz. (In Persian).
9. Lee, C.S., 2012. "Multi-objective game-theory models for conflict analysis in reservoir watershed management", Chemosphere, 87, 608-613.
10. Mac Milan, J., 1996. Games, Strategies & Managers: How Managers Can Use Game Theory to Make Better Business Decision, Oxford University Press, United States of America, p 246. (In Persian).



Abstract

**Prioritization Under the Caesar Watershed Based on Flood Occurrence
Using Borda Algorithm**A.Arshia¹, A. Haghizadeh^{2*}, N. Tahmasebipour² and H. Zeinivand²

Received: 2018/06/23 Accepted: 2019/07/02

Determining the priority of executive operations in watershed management projects to reduce the risk of flooding due to the impact of various parameters, complex and, of course, important. The game theory has a high performance in making the optimal decision to solve multi-objective problems. Caesar was presented with the Borda method, which is the result of the competition of all the effective parameters in the basin in all sub basins. By implementing the Borda scoring method, residential parameters with 93.5, drainage density of 91 and average slope, and the shape of the sub area with a score of 90.5, were the most effective parameters in the competition between the 12 parameters in all sub-domains. Finally, the priority mapping of the sub-domains Caesar was presented with the Borda method, which is the result of the competition of all the effective parameters in the basin in all sub basins.

Keywords: Flood, Game theory, Multi-goal issues, Optimal decision, Watershed management.

1- MSc student of Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University

2- Associate Professor of Rangeland and Watershed Management Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University Corresponding author, Email:Haghizadeh.a@lu.ac.ir