اولویت بندی سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز طالقان با استفاده از تلفیق AHP و TOPSIS

سمانه رضوی زاده[۱]* ، کاکا شاهدی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۵-۲-۹۶ تاریخ پذیرش : ۶-۶-۹۵

چکیده

سیل یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله در نقاط مختلف جهان باعث خسارات فراوانی می‌گردد. اولویت‌بندی زیرحوضه‌های یک حوزه آبخیز بر اساس پتانسیل سیل‌خیزی، با هدف تعیین اولویت در سیاست‌گذاری‌ها و اقدامات مدیریتی می‌تواند نقش مهمی در مدیریت بهینه آبخیزها داشته باشد. در تحقیق حاضر از دو روش AHP و TOPSIS به منظور اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز طالقان، بر اساس پتانسیل سیل‌خیزی استفاده شد. معیارهای در نظر گرفته شده، معیارهای مهم و تاثیر گذار بر نفوذپذیری آب، تولید رواناب و در نتیجه پتانسیل سیل‌خیزی بود که شامل ۱۰ معیار مساحت، ضریب گراولیوس، تراکم زهکشی، شیب متوسط زیر حوضه، ارتفاع متوسط زیرحوضه، درصد اراضی نفوذناپذیر، شماره منحنی، شیب آبراهه اصلی، طول آبراهه اصلی و زمان تمرکز می‌باشد. نتایج نشان داد که سه معیار درصد اراضی نفوذناپذیر، شماره منحنی و شیب آبراهه اصلی به ترتیب با وزن نسبی ۰/۲۸۳، ۰/۲۳۱ و ۰/۱۶۳ از بیش‌ترین اهمیت در پتانسیل سیل‌خیزی منطقه مورد مطالعه برخوردار می‌باشند. هم‌چنین نتایج نهایی حاصل از تلفیق اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با استفاده از دو روش نشان داد که در میان ۱۶ زیرحوزه آبخیز طالقان، سه زیرحوضه حسنجون، ناریان و شهرک به ترتیب بیش‌ترین پتانسیل سیل‌خیزی را دارا بوده و در نتیجه از لحاظ ضرورت انجام اقدامات مدیریتی در اولویت می‌باشند.

کلمات کلیدی: مدیریت حوزه آبخیز، پتانسیل سیل‌خیزی، AHP، TOPSIS، حوزه آبخیز طالقان

[۱] دکتری آبخیزداری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.

*نویسندهٔ مسئول: srazavizadeh@ymail.com

۲ استادیار گروه آبخیزداری دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقدمه

امروزه سیلاب‌ها یکی از مهمترین بلایای طبیعی هستند که جوامع بشری را تهدید و به اکوسیستم‌های طبیعی خسارات جبران‌ناپذیری را وارد می‌کنند (۱۹). منظور از سیل‌خیزی، فراوانی وقوع سیل نیست؛ بلکه منظور استعداد و پتانسیل تولید سیل در سطح زیرحوضه از نظر تاثیر و مشارکت در هیدروگراف سیل خروجی است (۷). میزان مشارکت زیرحوضه‌ها در تولید سیل خروجی حوضه، صرفاً به یک عامل بستگی ندارد و اثر متقابل عوامل، تعیین کننده سهم مشارکت آن‌ها در سیل‌خیزی حوضه می‌باشد (۸). با توجه به مشکلاتی مانند شرایط کاری سخت و هزینه بالای اقدامات آبخیزداری به منظور کنترل و کاهش سیلاب، امکان این‌که کل یک حوزه آبخیز تحت پوشش عملیات آبخیزداری قرار گیرد، فراهم نمی‌باشد. لذا یکی از اقدامات مهم در راستای مدیریت بهینه حوزه‌های آبخیز با هدف کنترل سیلاب، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی می‌باشد. حسن زاده و عالمی (۲۰۰۵)، سلیمانی و همکاران (۲۰۰۸)، محمدی مطلق و همکاران (۲۰۱۳)، شعبانلو و یوسفوند (۲۰۱۵) و بدری و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات جداگانه‌ای با استفاده از مدل HEC-HMS و کاربرد روش تکرار حذف انفرادی زیرحوضه‌ها، به اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها پرداختند (۶، ۲۲، ۱۲، ۲۱ و ۳). هم‌چنین سلاجقه و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از مدل اسکالوگرام و با در نظر گرفتن ۹ پارامتر مهم و تاثیرگذار بر سیل‌خیزی، به اولویت بندی زیرحوزه‌های آبخیز تنگاب استان فارس پرداختند(۱۹).

یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) می‌باشد که به عنوان تکنیک تصمیم‌گیری در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز مطرح می‌باشد. ثمری و همکاران (۲۰۱۲) از AHP در تعیین مناسب‌ترین مدل توسعه و احیاء جنگل‌های زاگرس استفاده کردند. آنها بیان کردند که تکنیک AHP، یک ابزار مناسب پشتیبان تصمیم‌گیری کمّی در اختیار مدیران قرار می‌دهد (۲۰). اوژن وهمکاران (۲۰۰۸)، از این تکنیک در حوزه آبخیز ریمله در استان لرستان به منظور انتخاب بهترین طرح آبخیزداری (از میان گزینه‌های عملیات بیولوژیکی، عملیات مکانیکی و عملیات عمرانی و خدماتی) استفاده کردند (۱۵). نصیری قیداری و همکاران (۲۰۱۰)، با کاربرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تکنیک TOPSIS، به ارزیابی عملکرد شبکه‌های آبیاری و زهکشی سفیدرود پرداختند. آن‌ها استفاده تلفیقی از دوتکنیک فوق را به عنوان رهیافتی جدید مطرح کردند که امکان کاربرد در رتبه‌بندی عوامل موثر بر عملکرد شبکه‌های آبیاری زهکشی را دارا می‌باشد (۱۴).

در تحقیقات متفاوت، از تکنیک‌های متفاوتی نظیر GIS، مدل اسکالوگرام، مدل HEC-HMS و غیره استفاده شده است. در تحقیق حاضر با تلفیق دو تکنیک AHP و TOPSIS، و با در نظر گرفتن شرایط و خصوصیات تاثیرگذار بر تولید سیل مربوط به زیرحوزه‌های آبخیز طالقان، به اولویت‌بندی این زیرحوضه‌ها بر اساس سیل‌خیزی پرداخته شد. به‌طور کلی

با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، امکان در نظر گرفتن معیارهای متنوع کمی و کیفی و استفاده از برآیند نظرات کارشناسی در وزن‌دهی معیارها میسر می‌شود که در این حالت تصمیم‌گیری نهایی با شرایط واقعی موجود در طبیعت هم‌خوانی بیش‌تری خواهد داشت (۱۳).

حوزه آبخیز طالقان طی سال‌های گذشته دستخوش تغییرات گسترده ای در کاربری اراضی شده است؛ به ویژه در سال‌های اخیر شاهد تسریع روند مسکونی شدن منطقه می‌باشیم که این مسئله منجربه افزایش دبی‌های اوج وقایع سیلابی در رودخانه طالقان شده است (۱۶). لذا مطالعه سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز طالقان و اولویت‌بندی آن‌ها به لحاظ سیل‌خیزی، با هدف کاهش خطرات سیل از طریق عملیات آبخیزداری کارآمد، حائز اهمیت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز طالقان در استان تهران و در ۱۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر تهران واقع شده و یکی از زیر حوضه‌های حوزه آبخیزسفیدرود می‌باشد (۱۶). منطقه مورد مطالعه با مساحتی معادل ۸۰۲/۷ کیلومتر مربع، قسمتی از آبخیز طالقان است که در برگیرنده بخش‌های بالادست و میانی آبخیز طالقان‌رود بوده و خروجی آن در محل ایستگاه آبسنجی گلینک می‌باشد. حوزه آبخیز مورد مطالعه شامل ۱۶ زیرحوضه می‌باشد و طول طالقان‌رود تا خروجی مورد نظر حدود ۳۹ کیلومتر می‌باشد (شکل ۱).

شکل۱- زیرحوزه‌های آبخیز طالقان

در این مطالعه به منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس سیل‌خیزی، ابتدا با توجه به منابع موجود، معیارهای مهم و تاثیرگذار بر سیل‌خیزی تعیین شدند که شامل ۱۰ معیار زیر می‌باشند:

۱- مساحت: مهم‌ترین عامل فیزیکی بوده که دبی حداکثر، حداقل، متوسط سالانه و هم‌چنین شکل هیدروگراف به‌آن بستگی دارد (۱۱).

۲- ضریب گراولیوس: شکل حوضه نیز تاثیر فراوانی روی هیدروگراف سیلاب‌ها دارد (۵)،

به‌طوری‌که با ثابت بودن سایر شرایط فیزیکی، دبی حداکثر سیلاب در حوضه‌های گرد بیش‌تر از حوضه‌های کشیده است. ضریب گراولیوس یا ضریب فشردگی[۳] با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$$cc = \frac{0.282P}{\sqrt{A}} \qquad (۱)$$

P: محیط حوضه به کیلومتر، A: مساحت حوضه به کیلومترمربع است (۱۱). لذا با استخراج محیط و مساحت زیرحوضه‌ها در محیط ArcGIS، ضریب گراولیوس هر یک از زیرحوضه‌ها محاسبه گردید.

۳- درصد اراضی نفوذناپذیر: به عنوان یکی از پارامترهای مهم و موثر در سیل‌خیزی و تبدیل بارندگی به سیلاب، با استفاده از نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان و با استفاده از نرم افزار ArcGIS استخراج شد.

۴- شیب متوسط زیرحوضه: نقش اساسی در میزان رواناب، مقدار نفوذ، شدت سیلاب و میزان فرسایش دارد (۱). ابتدا نقشه شیب حوزه آبخیز مورد مطالعه در محیط GIS تهیه شد و سپس شیب متوسط ۱۶ زیرحوضه مورد نظر محاسبه شد.

۵- ارتفاع متوسط زیرحوضه: نقش مهمی در مقدار و نوع بارندگی، میزان تبخیر و تعرق و وضعیت پوشش گیاهی حوضه داشته و در نتیجه روی ضریب رواناب اثر می‌گذارد (۱۱). نقشه ارتفاع حوضه با استفاده از نرم افزار ArcGIS استخراج شد و سپس ارتفاع متوسط هریک از زیرحوضه‌ها محاسبه گردید.

۶- تراکم زهکشی: از تقسیم طول کل شبکه هیدروگرافی شامل رودخانه‌های فرعی و آبراهه‌ها به مساحت در هریک از زیر حوضه‌ها به‌دست می‌آید و با دبی‌های حداکثر زیرحوضه همبستگی دارد (۱). طول کل شبکه‌های هیدروگرافی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز مطالعاتی، با استفاده از نرم‌افزار الحاقی ArcHyrdo در نرم‌افزار ArcGIS بدست آمد.

۷- شماره منحنی (CN): یک عامل بدون بعد است که مقدار آن بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است. در CN برابر صفر روانابی از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی بارش در سطح زمین جریان می‌یابد (۱۱). در تحقیق حاضر با تلفیق سه نقشه کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژی خاک و وضعیت مرتع در محیط GIS، نقشه CN حوزه آبخیز طالقان استخراج شده و CN وزنی زیرحوضه‌ها محاسبه شد.

۸- طول آبراهه اصلی: یکی از عوامل مهم در تعیین زمان تمرکز حوضه می‌باشد، که در هر یک از زیرحوضه‌ها در محیط GIS محاسبه شد.

۹- شیب آبراهه اصلی: عامل موثر دیگری در زمان تمرکز حوضه بوده و روی شکل هیدروگراف اثر می‌گذارد، که در هر یک از زیرحوضه‌ها طبق فرمول زیر محاسبه شد (۱۱).

$$S = \frac{\Delta Z}{L} \qquad (۲)$$

S: شیب متوسط آبراهه اصلی، ΔZ: اختلاف ارتفاع نقطه شروع آبراهه اصلی و نقطه خروجی حوضه به کیلومتر

---

[۳] Compactness Coefficient

۱۰- زمان تمرکز: مدت زمانی است که آب از دورترین نقطه حوضه به نقطه خروجی می‌رسد (۱۱). زمان تمرکز از پارامترهای مهم تاثیرگذار بر سیل‌خیزی است (۱۹).

پس از تعیین و محاسبه مقادیر معیارهای تاثیرگذار، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با استفاده از دو تکنیک AHP و TOPSIS انجام شد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy Process)

تکنیک AHP اولین بار در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید (۱۷). از مزایای مهم آن استفاده در تصمیم‌گیری گروهی است، به‌طوری‌که تصمیمات تمام اعضا گروه را به گونه‌ای با هم ترکیب می‌کند که تصمیم بهینه، در برگیرنده آراء همه اعضا باشد. بدین لحاظ به‌کارگیری این تکنیک در زمینه‌های مختلف روز به روز در حال افزایش است.

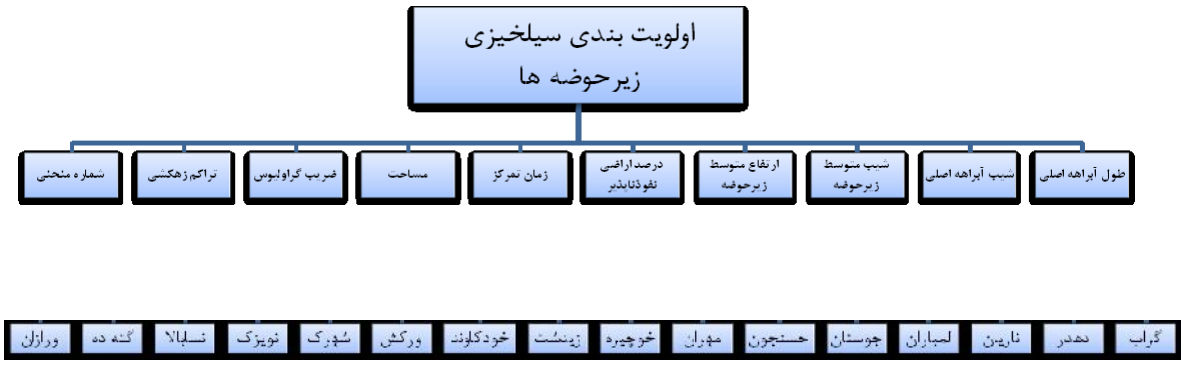
گامهای اصلی در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی:

گام ۱- تعیین هدف، معیارها و گزینه‌ها:

در مطالعه حاضر، هدف اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس سیل‌خیزی بر مبنای ۱۰ معیار فوق‌الذکر می‌باشد. ۱۶ زیرحوضه حوزه آبخیز طالقان، گزینه‌های مدل سلسله مراتبی را تشکیل می‌دهند.

گام ۲- ساختن نمایش گرافیکی سلسله مراتبی مساله:

نمایش گرافیکی سلسله مراتبی یک نمایش ساده از مساله می‌باشد، که در رأس آن هدف کلی مساله و در سطح بعدی معیارها در سطح آخرگزینه‌ها قرار می‌گیرد (شکل۲).



شکل۲- ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی سیل‌خیزی زیرحوضه

۳- انجام مقایسه‌های زوجی

برای تعیین ضریب اهمیت (وزن نسبی) معیارها نسبت به هم، باید آن‌ها را به صورت دو به دو با هم مقایسه نمود. برای مقایسه زوجی معیارها، از طبقه‌بندی کمی ۱ تا ۹ استفاده شد (۱۷). بدین منظور با طراحی پرسشنامه، از نظرات کارشناسی متخصصین آبخیزداری بخش اجرایی و دانشگاهی در تعیین ضریب اهمیت معیارها نسبت به هم استفاده شد. برای تلفیق نظرات کارشناسی با یکدیگر مطابق نظر ساعتی[۴] از میانگین هندسی استفاده شد (۱۷).

گام ۴- تعیین وزن‌ها

محاسبه وزن در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی دارای دو قسمت محاسبه وزن‌های نسبی و وزن‌های مطلق (نهائی) است. وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصلضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها، به‌دست می‌آید. مقادیر کمی هر یک از معیارها در جدول (۱) ارائه شده است.

گام ۵- محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی

برای این‌که قضاوت‌ها باثبات باشند ضرورت دارد میزان ناسازگاری ماتریس‌ها کمتر یا مساوی ۰/۱ شود. در غیر این‌صورت لازم است کارشناس مربوطه قضاوت خود را تکرار کند تا ماتریس‌ها باثبات شوند (۴).

مدل TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

مدل TOPSIS توسط هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ پیشنهاد شد که یکی از بهترین مدل‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است. اساس این تکنیک بر این مفهوم استوار است که گزینه انتخابی، باید کم‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیش‌ترین فاصله را با راه حل ایده آل منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد.

جدول۱- مقادیر کمی معیارها در زیرحوضه‌های طالقان

شماره	زیرحوضه	مساحت (km^2)	ضریب گراولیوس	شیب متوسط (%)	ارتفاع متوسط (m)	درصد اراضی نفوذ ناپذیر	شماره منحنی (CN)	تراکم زهکشی	طول آبراهه اصلی (km)	شیب آبراهه اصلی (%)	زمان تمرکز (h)
۱	گراب	۵۶/۶	۱/۳۵۳	۳۹/۴۸	۳۰۰۸	۴/۹	۶۶/۶۱	۱/۴۴	۱۳/۷۵	۱۰/۰۴	۰/۷۱
۲	دهدر	۴۷/۷۸	۱/۳۵۱	۴۵/۱۵	۲۸۵۰	۵/۲۶	۶۹/۳۱	۲/۱۳	۱۰/۹۲	۱۵/۲۰	۰/۵۷
۳	ناریان	۶۱/۱۲	۱/۴۶۵	۴۷/۵	۲۸۸۲	۶/۷	۷۵/۲۷	۲/۵۶	۱۵/۱۵	۶/۷۳	۰/۷۲
۴	مهران	۱۰۱/۱۳	۱/۴۳۹	۴۳/۱۹	۲۸۸۳	۱/۴۳	۷۴/۱۲	۲/۸۳	۲۱/۶	۹/۶۳	۰/۹۸
۵	جوستان	۶۵/۰۴	۱/۵۶۹	۴۷/۲۳	۲۸۵۲	۲	۷۶/۸۱	۲/۹۹	۱۹/۱۲	۸/۶۸	۰/۸۶
۶	گته ده	۲۴/۸۷	۱/۲۲۲	۴۳/۳۷	۳۱۳۵	۰/۱۴	۷۲/۲۴	۲/۰۴	۷/۳۵	۲۱/۳۶	۰/۴۲
۷	لمباران	۷۴/۲۹	۱/۴۹۵	۴۵/۲۴	۲۹۶۱	۰	۷۲/۷۲	۱/۹۵	۱۶/۶۵	۹/۴۹	۰/۷۸
۸	خوچیره	۳۰/۴۳	۱/۲۱۹	۴۸/۵۷	۲۷۵۹	۰	۶۹/۶۹	۱/۹	۹/۱۵	۹/۸۴	۰/۴۸
۹	نسابالا	۳۶/۹۹	۱/۶۸۷	۴۴/۸۳	۲۵۳۶	۲/۰۲	۷۷/۳۹	۲/۷۸	۸/۶۵	۱۳/۸۷	۰/۴۸
۱۰	اورازان	۲۷/۹۲	۱/۲۷۸	۳۷/۹۲	۲۵۰۶	۰	۷۶/۷۳	۲/۹۴	۹/۲۸	۱۴/۰۱	۰/۵۴
۱۱	حسنجون	۹۲/۴۹	۱/۳۷۲	۳۸/۳۴	۲۶۹۸	۸/۵	۷۶/۵۹	۲/۰۴	۱۹/۸۱	۸/۶۸	۰/۹۶
۱۲	خودکاوند	۲۴/۹	۱/۵۴۵	۳۱/۹۳	۲۴۲۲	۲/۱۲	۷۶/۱۴	۲/۵۷	۹/۵۶	۱۳/۴۹	۰/۵۸
۱۳	نویزک	۷۹/۹۸	۱/۳۰۹	۴۳/۳۳	۲۷۲۱	۱/۶	۷۵/۴۸	۲/۹۷	۱۳/۱۶	۱۴/۸۹	۰/۶۷
۱۴	شهرک	۳۹/۵۵	۱/۶۱۵	۴۲/۰۷	۲۶۹۲	۶/۰۳	۷۶/۶۱	۲/۸۷	۱۷	۱۲/۴۷	۰/۸۲
۱۵	ورکش	۲۸/۹	۱/۲۴۲	۳۲/۲۸	۲۴۴۸	۰	۷۳/۶	۲/۸۹	۹/۱۶	۱۲/۹۹	۰/۵۶
۱۶	زیدشت	۱۰/۶۲	۲/۶۳۵	۲۰/۹۴	۲۱۹۹	۰	۷۹/۱۵	۲/۹۱	۵/۳۴	۱۳/۶۷	۰/۴

[1] Saaty

مراحل این روش به صورت زیر می‌باشد (۱۱):

۱- به منظور فراهم نمودن امکان مقایسه معیارها با هم، بر اساس روش بی مقیاس‌سازی نورم و با استفاده از فرمول زیر کمی کردن و بی مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم انجام می‌شود (۱۳):

$$V_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^{2}}} \qquad (۳)$$

۲- ضرب هر ارزش از ماتریس استاندارد شده (V_{ij}) در وزن متناظر با آن

۳- تعیین راه حل ایده آل مثبت (V_{j+}) با تعیین ارزش حداکثر و راه حل ایده آل منفی (V_{j-}) با تعیین ارزش حداقل برای هر یک از لایه‌های استاندارد شده وزنی

در این قسمت لازم است که معیارها به دو گروه مثبت و منفی طبقه‌بندی شوند. برای معیارهای مثبت، بزرگترین مقادیر، بهترین مقادیر هستند. به‌همین ترتیب برای معیارهای منفی، بهترین مقادیر، کوچک‌ترین مقادیر هستند.

۴- بدست آوردن میزان فاصله هر گزینه از ایده آل‌های مثبت و منفی

که در این مرحله فاصله اقلیدسی هر گزینه از ایده‌آل مثبت (d_i^+) و منفی (d_i^-) بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$d_i^{+} = \{\sum_{i=1}^{n} (V_{ij} - V_j)^2\}^{0.5} \qquad (۴)$$

$$d_i^{-} = \{\sum_{i=1}^{n} (V_{ij} - V_j)^2\}^{0.5} \qquad (۵)$$

۵- تعیین نزدیکی نسبی (CL^+) یک گزینه به راه حل ایده آل

$$cl_i^{+} = \frac{d_i^{-}}{(d_i^{+} + d_i^{-})} \qquad (۶)$$

۶- رتبه بندی گزینه‌ها: هر گزینه که CL^+ آن بزرگ‌تر باشد، رتبه بهتری دارد.

- اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها

استفاده از چند روش تصمیم‌گیری چند شاخصه، ممکن است منجر به ارائه نتایج متفاوتی شود. برای توفق بر این وضعیت، روش‌های مختلفی مطرح شده که به "روش‌های ادغام" (aggregate methods) معروف بوده و عبارتند از روش میانگین رتبه‌ها، روش بردا و روش کپ لند. از میان روش‌های مطرح شده، روش میانگین رتبه‌ها متداول‌ترین روش بوده که گزینه‌ها را بر اساس میانگین رتبه‌های به‌دست آمده از روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره، اولویت‌بندی می‌کند (۱۳). در تحقیق حاضر نیز با استفاده از روش فوق، اولویت‌بندی ارائه شده توسط دو روش AHP و TOPSIS با یکدیگر ادغام و یک اولویت‌بندی نهایی ارائه شد.

- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت چگونگی اولویت‌بندی یک گزینه را نسبت به سایر گزینه‌ها با توجه به هر معیار در حالت کلی نشان می‌دهد (۲). به‌طورکلی، هدف از انجام این تحلیل، نشان دادن حساسیت انتخاب نهایی گزینه‌ها با توجه به وزن‌های نسبت داده به هر معیار توسط تصمیم‌گیرنده است.

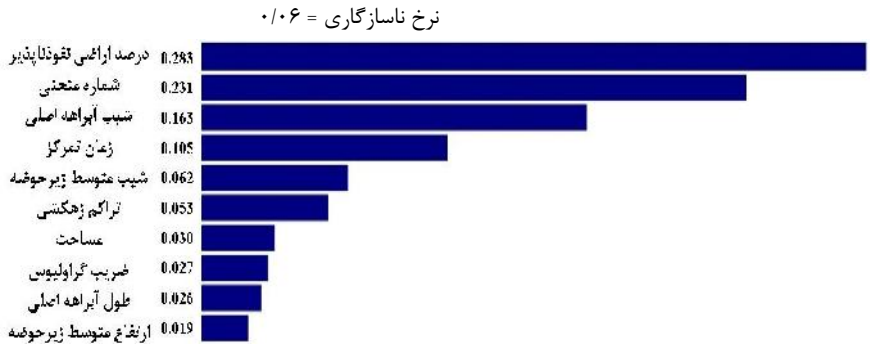
نتایج

نتایج بدست آمده از تکنیک AHP

۱- وزن نسبی معیارها

بر اساس نتایج قضاوت کارشناسی گروه تصمیم‌گیری، معیار "درصد اراضی نفوذناپذیر" بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است.

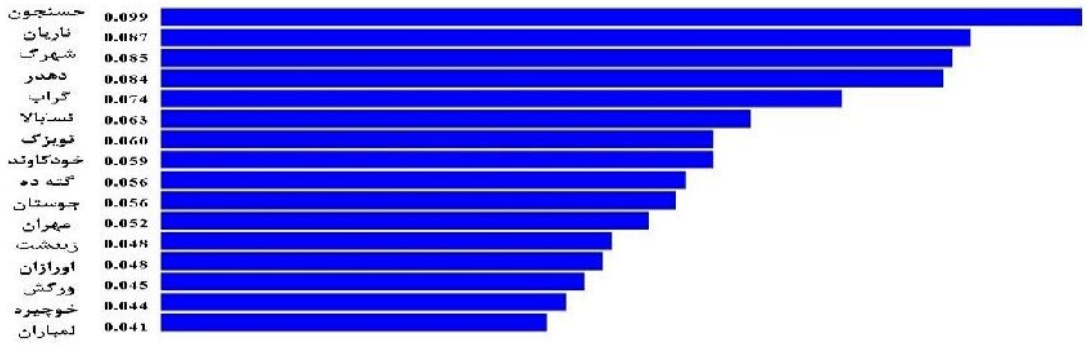
همچنین نرخ ناسازگاری ماتریس مقایسات زوجی معیارها، کمتر از ۰/۱ می‌باشد (۰/۰۶) که بیان‌گر سازگار بودن تصمیم‌گیری‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌باشد (شکل ۳).



شکل۳- اولویت و وزن نسبی ۱۰ معیار مورد بررسی

۲- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها

با تلفیق وزن نسبی معیارها با مقادیر کمی آن‌ها در هریک از زیرحوضه‌ها، اولویت‌بندی ۱۶ زیرحوزه‌های حوزه آبخیز طالقان با استفاده از نرم افزار Expert Choice انجام شد. زیرحوضه حسنجون با وزن نهایی ۰/۰۹۹ در اولویت نخست و زیرحوضه لمباران با وزن نهایی ۰/۰۴۱ در اولویت آخر به لحاظ پتانسیل سیل‌خیزی قرار دارند. ترتیب اولویت زیرحوضه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی به همراه وزن نهایی آن‌ها در شکل (۴) ارائه شده است.



شکل ۴- اولویت‌بندی زیرحوضه‌های حوزه آبخیز طالقان بر اساس سیل‌خیزی

- نتایج به‌دست آمده از تکنیک TOPSIS

نتایج بدست آمده بر اساس فاصله از ایده آل‌های مثبت و منفی در جدول (۲) نمایش داده شده است که نتایج نشان می‌دهد، زیرحوضه حسنجون دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی بوده و دو زیرحوضه شهرک و ناریان مشترکاً در رتبه دوم، و زیرحوضه دهدر سومین زیرحوضه به‌لحاظ پتانسیل سیل‌خیزی شناخته شد.

جدول ۲- نتایج به‌دست آمده از تکنیک TOPSIS در اولویت بندی سیلخیزی زیرحوضه‌ها

زیرحوضه	d_i^+	d_i^-	CL	اولویت‌بندی TOPSIS
گراب	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۵۳	۴
دهدر	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۵۴	۳
ناریان	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۵۶	۲
مهران	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۸	۶
جوستان	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۴۹	۵
گته ده	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۴۶	۷
لمباران	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۴۴	۹
خوچیره	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۴۳	۱۱
نسابالا	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۹	۵
اورازان	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۴۵	۸
حسنجون	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۵۷	۱
خودکاوند	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۴۹	۵
نویزک	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۴۹	۵
شهرک	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۵۶	۲
ورکش	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۴۴	۱۰
زیدشت	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۴۵	۸

- اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها به لحاظ سیلخیزی

در تحقیق حاضر به منظور ارائه یک رتبه بندی نهایی برای زیرحوضه‌ها از نظر پتانسیل سیل-خیزی، از روش میانگین رتبه‌ها به منظور ادغام اولویت‌های به‌دست آمده استفاده شد که نتایج در جدول (۳) ارائه شده است.

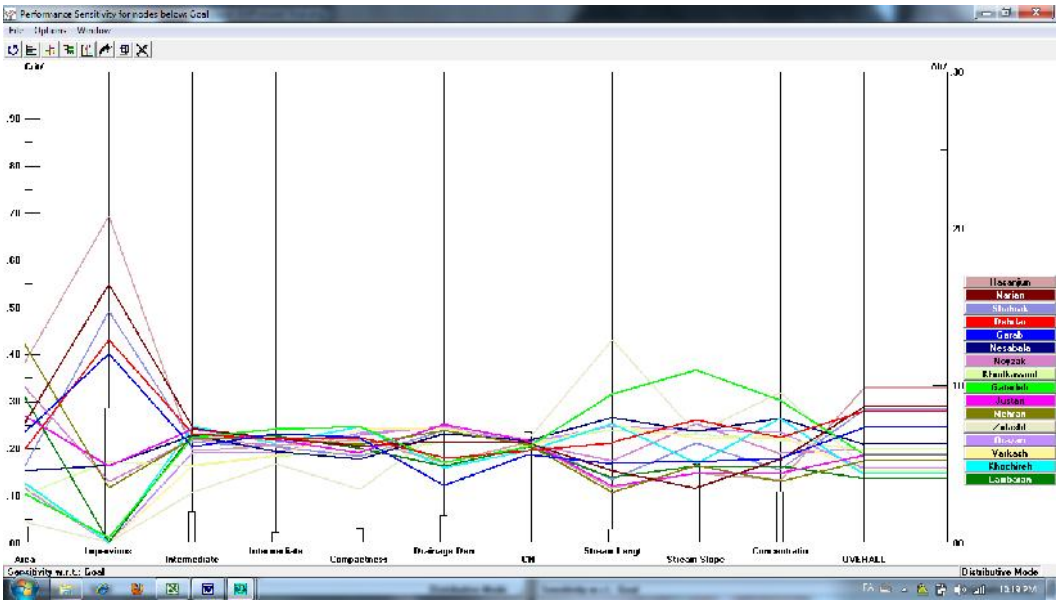
جدول ۳- نتایج اولویت بندی نهایی زیرحوضه‌ها از نظر سیل‌خیزی

زیرحوضه	اولویت‌بندی AHP	اولویت‌بندی TOPSIS	میانگین رتبه‌ها	اولویت‌بندی نهایی
گراب	۵	۴	۴/۵	۵
دهدر	۴	۳	۳/۵	۴
ناریان	۲	۲	۲	۲
مهران	۱۰	۶	۸	۹
جوستان	۹	۵	۷	۸
گته ده	۹	۷	۸	۹

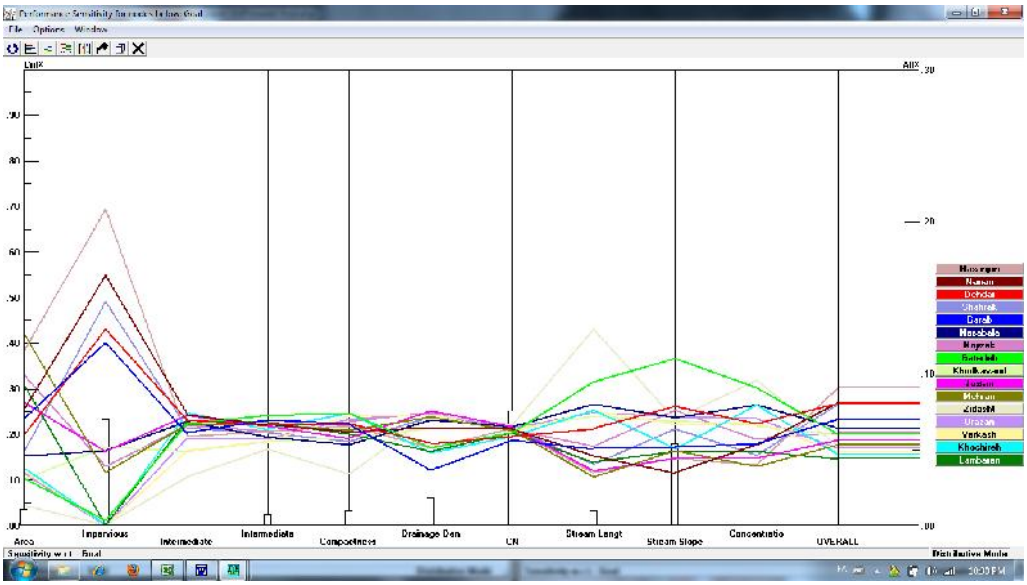
لمباران	۱۴	۹	۱۱/۵	۱۲
خوچیره	۱۳	۱۱	۱۲	۱۳
نسابالا	۶	۵	۵/۵	۶
اورازان	۱۱	۸	۹/۵	۱۰
حسنجون	۱	۱	۱	۱
خودکاوند	۸	۵	۶/۵	۸
نویزک	۷	۵	۶	۷
شهرک	۳	۲	۲/۵	۳
ورکش	۱۲	۱۰	۱۱	۱۱
زیدشت	۱۱	۸	۹/۵	۱۰

- تحلیل حساسیت

به منظور تحلیل حساسیت نتایج اولویت‌بندی، با کاهش یا افزایش وزن هر یک از معیارها، می‌توان میزان تغییر در اولویت‌بندی را بررسی نمود. بررسی‌ها نشان داد اگر وزن معیار "درصد اراضی نفوذ ناپذیر" از ۰/۲۸۳ به ۰/۲۴ کاهش یابد، زیرحوضه دهدر در اولویت سوم و زیرحوضه شهرک در اولویت چهارم قرار می‌گیرند و هم‌چنین رتبه دو زیرحوضه گتەده و خودکاوند نیز تغییر می‌یابد. با تغییر وزن معیارهای CN و شیب آبراهه اصلی نیز تغییراتی در رتبه زیرحوضه‌ها ایجاد می‌شود، اما در موقعیت سه اولویت اول تغییری ایجاد نمی‌شود (شکل‌های ۵ و ۶).



شکل ۵- تحلیل حساسیت نتایج اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با "درصد اراضی نفوذناپذیر ۰/۲۸۳"



شکل ۶-تحلیل حساسیت نتایج اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها با "درصد اراضی نفوذناپذیر ۰/۲۴"

بحث و نتیجه گیری

بررسی شمار وقوع سیل در سال‌های اخیر نشان‌می‌دهد، دیگر سیل نه یک مصیبت اتفاقی نادر، بلکه پدیده‌ای فزاینده است که در هر بار وقوع، خسارات فراوانی را اعم از جانی و مالی به‌بار می‌آورد. هر ساله سطح وسیعی از کشور تحت تاثیر طغیان آب رودخانه‌ها و جاری شدن سیلاب قرار گرفته و در اثر آن تاسیسات عمرانی، امکانات ارتباطی، زمین‌های کشاورزی، شهرها و روستاها تخریب می‌گردد (۲۳). این موضوع انسان را بر آن داشته تا تلاش کند با به‌کارگیری روش‌های مختلف از جمله تمرکز عملیات آبخیزداری در مناطق خطرزا و بحرانی، از شدت سیل و خسارت‌های آن بکاهد (۷). لذا به منظور مدیریت بهینه و صرفه‌جویی در هزینه و زمان، اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی به منظور در اولویت قرار دادن زیرحوضه‌های پرخطر در طرح‌ها و اقدامات آبخیزداری ضروری به‌نظر می‌رسد. در تحقیقات پیش از این به‌طور معمول، اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها با استفاده از تکنیک‌هایی مانند مدل هیدرولوژیک HEC-HMS و با استفاده از روش حذف نوبتی زیرحوضه‌ها انجام شده است. نقطه ضعف این روش در نظر گرفتن تعداد پارامترهای محدود و از پیش تعیین‌شده، می‌باشد. تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مانند AHP و TOPSIS به عنوان ابزارهایی قوی و انعطاف‌پذیر در تصمیم‌گیری در امور پیچیده که معیارهای متعددی در تصمیم‌گیری دخیل می‌باشند، مطرح شده‌اند (۱۴)؛ که در تحقیق حاضر به منظور اولویت بندی سیلخیزی زیرحوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر، حاصل از میانگین هندسی پرسشنامه‌های تکمیل شده توسط اساتید و متخصصین

آبخیزداری، نشان داد که از میان ده معیار موثر بر سیل‌خیزی که در تحقیق حاضر به منظور اولویت‌بندی زیرحوزه‌های آبخیز طالقان در نظر گرفته شده بود، معیارهای درصد اراضی نفوذ ناپذیر، شماره منحنی و شیب آبراهه اصلی به ترتیب با وزن‌های نسبی ۰/۲۸۳، ۰/۲۳۱و ۰/۱۶۳، سه معیار اصلی تاثیرگذار بر پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوزه‌های آبخیز می‌باشند. نتایج به‌دست آمده توسط رضوی‌زاده (۲۰۱۰)، نیز نشان می‌دهد که دو معیار درصد اراضی نفوذناپذیر و شماره منحنی را به عنوان موثرترین معیارها بر دبی اوج سیل، در خروجی گلینک در حوزه آبخیز طالقان، معرفی کرد که با نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر مطابقت دارد (۱۶). هم‌چنین می‌توان به مطابقت این مسئله با نتایج خسروشاهی (۲۰۰۱)، وکریمی زاده (۲۰۰۹) نیز اشاره کرد که در نتایج به‌دست آمده از تحقیقات خود پارامتر شماره منحنی را به عنوان پارامتری تاثیرگذار بر دبی‌های سیلابی معرفی کردند (۱۰ و ۹). نتایج حاصل در اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها به لحاظ سیل‌خیزی با استفاده از تلفیق دو تکنیک AHP و TOPSIS، نشان داد که از میان ده زیرحوزه آبخیز طالقان، زیرحوضه‌های حسنجون، ناریان و شهرک به ترتیب بیش‌ترین پتانسیل سیلخیزی را دارا می‌باشند. همچنین شایان ذکر است سه زیرحوضه مذکور (حسنجون، ناریان و شهرک) به ترتیب دارای بالاترین رتبه از نظر درصد اراضی نفوذ ناپذیر نیز می‌باشند اما این زیرحوضه‌ها از نظر سایر معیارهای تاثیرگذار بر سیل‌خیزی مانند CN، شیب آبراهه اصلی، مساحت و ... از بالاترین رتبه‌ها برخوردار نمی‌باشند، که این مسئله نشان می‌دهد که تلفیق وزن‌های به‌دست آمده از معیارهای مختلف، منجر به اولویت‌بندی نهایی زیرحوضه‌ها می‌شود.

همچنین پنج زیرحوضه در حوزه آبخیز طالقان در مقیاس مورد مطالعه فاقد اراضی نفوذ ناپذیر می‌باشند که شامل لمباران، خوچیره، زیدشت، ورکش و اورازان می‌باشند، که از این میان مجموع امتیازات به‌دست آمده در نهایت نشان می‌دهد که به ترتیب سه زیرحوضه لمباران، خوچیره و ورکش کم‌ترین پتانسیل سیل‌خیزی را در حوزه آبخیز طالقان دارا می‌باشند. نتایج ثقفیان و همکاران (۲۰۰۷)، نیز نشان داد که یک یا دو عامل به تنهایی نمی‌تواند تعیین‌کننده اولویت پتانسیل سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها باشد و لزوماً زیرحوضه‌ای که مساحت بزرگ‌تری دارد دارای بالاترین پتانسیل سیل‌خیزی نیست، بلکه اثر متقابل عوامل مختلف در نهایت تعیین کننده اولویت سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها می‌باشد (۱۸). لذا توصیه می‌شود در اقدامات آبخیزداری با هدف مبارزه و کنترل سیل در حوزه آبخیز طالقان، به منظور صرفه جویی در هزینه‌ها و کسب نتیجه بهینه از اقدامات آبخیزداری انجام شده، با توجه به اولویت بندی انجام شده زیرحوضه‌های پرخطر که دارای بالاترین اولویت سیلخیزی می‌باشند در اولویت قرار گرفته و تحت عملیات آبخیزداری کنترل سیلاب مانند احداث سازه‌های کوچک، تقویت پوشش گیاهی و مدیریت کاربری اراضی قرار گیرند.

References

1. Amani, F., 1998. Feasibility of flooding. Master Thesis, Shahid Beheshti University, pp 182.(In Persian).
2. Ananda, J. 2007. Implementing Participatory Decision Making in Forest planning, Environmental management. 39: 534-544.
3. Badri, B., R. Zareh Bidaki, A. Honarbakhsh, & F. Atashkhar, 2016. Prioritization of flooding potential in Beheshtabad subbasins, Natural Geographic Researches, 48 (1): 143-158. .(In Persian)
4. Eastman, J.R. 2006. IDRISI Andes, Guide to GIS and image processing. Clark labs, Clark University.
5. Ghaemi, H., 1994. Studies to supplementary identification of watershed project in Karkheh watershed. Watershed management department of the Ministry of Jihad, pp 195.(In Persian).
6. Hassanzadeh, Y. and Aalami, M.T. 2005. An investigation of reasons for the occurrence of Golestan flood and the methods of its preventation. In: Proceedings of the international conference on geohazards, Natural Disasters and Methods of Confronting with them, Tabriz, Iran, PP: 39-40. (In Persian)
7. Izanlou, H., 2006. Time and Place priority of flooding in in Kooshak Abad sub watersheds using HEC-HMS model. Master Thesis, Tarbiat Modares University, pp 76.(In Persian)
8. Jokar, J., 2002. Assessment of flooding in Shapour river sub basins using simulated flood flows. Master Thesis, ،Tehran University, pp 157.(In Persian)
9. Karimi Zadeh, K. 2009. Technical assessment of watershed management measures effects on flood (Case study: Sira- Kalvan watershed), Watershed Management MSc thesis, p. 104. (In Persian)
10. Khosroshahi, M., 2001. Determination of the role of sub basins in the severity of basin flooding (Case study: Damavand basin). PhD Thesis, ،Tarbiat Modares University, pp 177. (In Persian)
11. Mahdavi, M., 1999. Applied Hydrology, Tehran University Publishers, 401 pp.
12. Mohammadi Motlagh, R., N. Jalalkamali, & A. Jalalkamali, 2013. Study of contribution role of sub-basin in intense flooding; Case Study: Dalaki basin in Fars Province, Irrigation and Water Engineering Journal, 4 (13): 31-44.(In Persian)
13. Momeni, M., 2010. New Topics in Operations Research. 352 pp.
14. Nasiri Ghidari, A., A.A. Montazeri, & M. Momeni., 2010. Ensemble AHP and TOPSIS in determination of relative weights of criteria and assessment of drainage and irrigation networks. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 4(2): 284-296.(In Persian)
15. Oujan, M., H. Jalilian, & Gh. Rostaminzad, 2008. AHP, an approach to watershed management. The third conference of Water Resources Management, Tabriz University.
16. Razavizadeh, S., 2010. Land use change Scenarios and their effects on flood features using HEC-HMS model (Case study: Taleghan watershed). Master Thesis, ،Tehran University, pp 157.(In Persian)
17. Saaty, R.W. 2003. Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process. RWS Publications, Pittsburgh, PA.
18. Saghafian, B. & H. Farazjoo, 2007. Determine flood-producing areas and prioritization of flooding in the hydrologic units of Golestan dam basin. Iran-Watershed Management Science & Engineering Journal, 1(1): 1-11.(In Persian)

19. Salajegheh, A., S. Razavizadeh, & S. Salajegheh, 2010. Priority of flooding in Tangab sub basins in Fars province, using Scalogram model. The first international conference on plant, water, soil 7 weather modeling, Kerman, Iran.(In Persian)
20. Samari, D., H. Azadi, K. Zarafshani, G. Hosseininia, & F. Witlox, 2012. Determining appropriate forestry extension model: Application of AHP in the Zagros area, Iran. Forest Policy and Economics, 15, 91-97.(In Persian)
21. Shabanlou, S, & F. Yosefvand, 2015. Calculation of sub-basin participation in total flood of Golestan basin, Golestan, Iran, Agricultural Communications, 3(2): 54-62.(In Persian)
22. Solaimani, K., M. Bashir Gonbad., S.R. Mousavi, & Sh. Khalighi Sigaroudi, 2008. Production potential of flooding in the basins using HEC-HMS model in GIS environment [case study: Kesilian basin], Natural Geographic Researches, p. 60-51.(In Persian)
23. Soleimani Sardoo, F., 2009. Priority of effective regions on flood peak by using of RS & GIS Techniques and HEC-HMS model at Halilrud, Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources, p. 130.(In Persian).