نشریه علمی- پژوهشی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

سال یازدهم- شماره ۳۶- بهار ۱۳۹۶ Vol. 11, No. 36, Spring 2017

شناسایی حوزه‌های دارای بیش‌ترین پتانسیل تخریب با رویکرد تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مراوه تپه)

امید اسدی نلیوان[۱]، کهزاد حیدری[۲] و مهدی سرپرست[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۹/۲۱

چکیده:

شناسایی حوزه‌های دارای بیش‌ترین پتانسیل تخریب در یک حوزه آبخیز به دلیل شرایط طبیعی حاکم بر حوزه، مسائل اقتصادی، اجتماعی و همچنین محدودیت‌های فنی و مالی نیازمند نوعی اولویت‌بندی است. اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز بر اساس وضعیت مورفولوژیکی و فیزیوگرافی منجر به عملیات حفاظتی و آبخیزداری در زیرحوزه‌های حساس و بحرانی می‌شود. هدف از این تحقیق، مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیوگرافی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) از طریق تکنیک فرآیند آنالیز سلسله مراتبی فازی (FAHP)، برای شناسایی زیرحوضه‌های بحرانی دارای پتانسیل تخریب در حوزه مراوه‌تپه استان گلستان می‌باشد. ۱۰ پارامتر مورفولوژیکی برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس رویکرد FAHP، زیرحوضه‌ها به عنوان زون‌های آسیب‌پذیر ارزشیابی شده و در پنج سطح اولویت قرار گرفتند: طبقات خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد. نتایج ارزشیابی نشان داد که ۹۳ درصد زیرحوضه‌ها (۲۵ زیرحوضه) در زون متوسط تا خیلی حساس قرار داشتند که نشان از آن دارد اقدامات مدیریتی و حفاظتی به منظور پایداری در این مناطق، ضروری است. نتایج نشان داد که خصوصیات مورفولوژیکی نقش مؤثری در تشخیص رفتار توپوگرافی و هیدرولوژیکی زیرحوضه‌ها دارد. بنابراین تکنیک FAHP، یک رویکرد عملی و مناسب برای نشان دادن مشکلات (مناطق دارای کمبود داده) به منظور تصمیم‌گیری بهتر با استفاده از یک سیستم قانون محور برای شناسایی حوزه‌های با تخریب بالا می‌باشد.

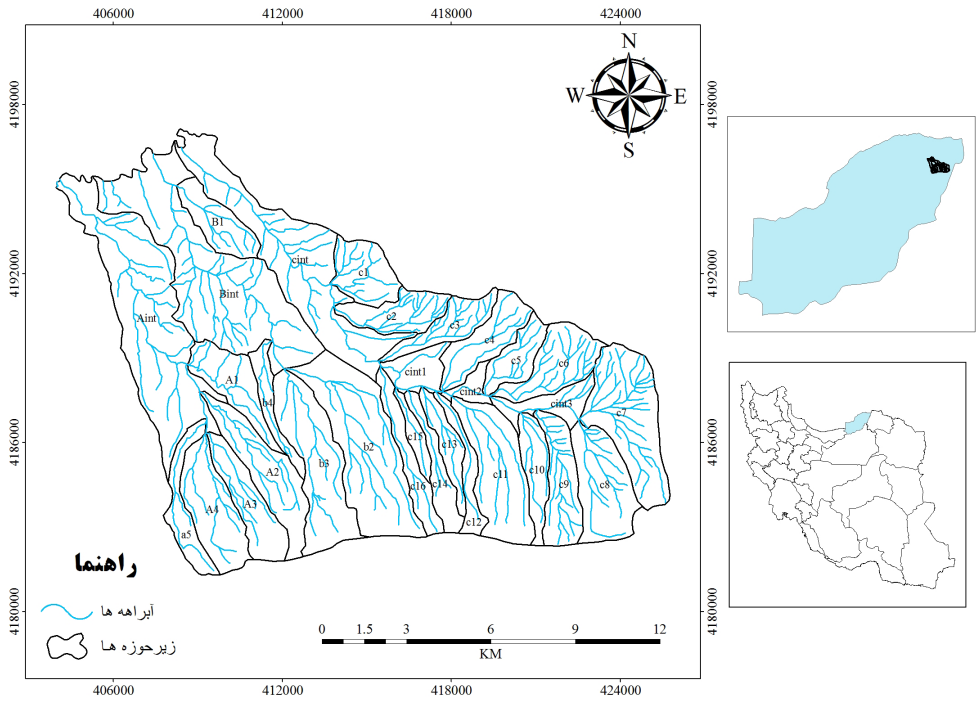
۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان، ایران، پست الکترونیک: Omid.asadi@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

کلید واژه‌ها: *آنالیز سلسله مراتبی فازی، اولویت‌بندی آبخیزها، مراوه‌تپه، تصمیم‌گیری چندمعیاره.*

مقدمه

در مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز شناسایی حوزه‌های دارای تخریب و بحرانی و اولویت‌بندی آن‌ها در یک حوزه آبخیز بالاترین تأثیر و اهمیت را در برنامه‌ریزی درازمدت حوزه و ایجاد پایداری منابع آبخیز خواهد داشت. اولویت‌بندی حوزه‌های آبخیز و رتبه‌بندی آن‌ها با توجه به معیارهای مختلف فیزیوگرافی و مورفولوژیکی جهت اقدامات آبخیزداری، یکی از موارد مهم در برنامه‌ریزی و مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز می‌باشد[۱۸]. از آنجایی که هزینه طرح‌های آبخیزداری سنگین و بودجه پروژه‌های عمرانی نیز محدود می‌باشد، ضرورت دارد که اقدامات بر اساس اولویت تخریب حوزه‌های آبخیز صورت بگیرد. در این رابطه تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره راهکار مناسبی برای حل این گونه مسائل است. رتبه‌بندی حوزه‌ها، باعث هدایت صحیح و موثر بودجه، منابع انسانی، تجهیزات و سایر منابع به حوزه‌ای می‌شود که وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر حوزه‌ها دارد. مدیریت منابع طبیعی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک شکننده[۴] یک اصل است که در این مناطق تنوع مقیاس فضایی و زمانی در متغیرهای هیدرولوژیکی و اقلیمی بالا است. تجزیه و تحلیل خصوصیات شبکه زهکشی مانند خصوصیات مورفومتریک، هیدروژئولوژی، زمین و غیره یک نقش کلیدی در تخصیص، طراحی و اجرای اقدامات حفاظتی در واحدهای هیدرولوژیکی کوچک مقیاس دارند. شناخت خصوصیات فیزیکی حوزه آبخیز از اولین گام‌هایی است که در بررسی هیدرولوژیکی مانند فرسایش و رسوب، مطالعه سیلاب و توسعه منابع آب و دیگر مسائل حوضه ضرورت دارد. شناخت خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه همراه با داشتن اطلاعاتی از شرایط آب و هوایی منطقه می‌تواند تصویر نسبتاً دقیقی از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژیکی آن حوضه بدست دهد[٤]. در تحقیقات گذشته، اولویت‌بندی آبخیز از طریق رویکردهای مختلف برای مثال فرسایش خاک یا شاخص بار رسوب[۵]، ویژگی‌های مورفولوژیکی[۳و٤] جنبه‌های اجتماعی- اقتصادی صورت گرفته است. آدریان و همکاران[۲] به روش نیمه کمی از مدل SYI به منظور تعیین اولویت زیرحوضه‌ها در فلات

4 - Arid and Semi-Arid Tropics (SATS)
5 - Sediment Yield Index (SYI)



شکل ۱- موقعیت و شبکه آبراهه حوزه آبخیز مراوه‌تپه در استان گلستان و ایران (نگارندگان)

Fig 1. Location and Drainage Network of the Maraveh Tappeh watershed in Golestan Province, Iran (Authors)

غربی و مناطق اگروکلیماتیک پانیسولای هند استفاده کردند. در تحقیقات دیگر بر روی فرسایش خاک و جنبه‌های مدل‌سازی SYI برای کلاس‌بندی مناطق تحت تأثیر فرسایش، متمرکز هستند[۱۳، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۳، ۲۹]. در سایر تحقیقات، جنبه‌های اقتصادی- اجتماعی[۸، ۱۴، ۱۶، ۲۰] و تخریب زمین و همچنین تغییر کاربری اراضی از جمله فاکتورهای مؤثر برای ارزشیابی زون‌های چشم‌انداز آبخیز هستند [۱، ٤، ۷، ۱۲، ۱٤، ۲۵]. اسدی نلیوان و همکاران[٦] با استفاده از ۱۱ پارامتر مورفولوژیکی به اولویت‌بندی حوزه آبخیز مراوه تپه با استفاده از آنالیز مورفومتری و GIS پرداختند. آن‌ها بیان داشتند که آنالیز مورفومتری روشی مناسب برای اولویت‌بندی حوزه آبخیز است. در تحقیقی دیگر اسدی نلیوان و همکاران[۵] به اولویت‌بندی اقدامات آبخیزداری در حوزه آبخیز زیدشت با استفاده از روش تاپسیس پرداختند. در این تحقیق از ۱۰ شاخص برای اولویت‌بندی استفاده شد.

تکنیک‌های GIS و سنجش از دور (RS) ابزارهای مفیدی برای شاخص‌بندی مورفومتریک زیرحوضه‌ها هستند[۳، ۹، ۲۲، ۲۶، ۲۷]. در بعضی تحقیقات اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها بر اساس تکنیک پارامترهای مرکب انجام شده است[۱۰، ۲۱، ۳۰]. در این روش‌ها، رتبه‌بندی اولویت‌ها براساس مقادیر مرکب یا میانگین متغیرهای مورفولوژیکی است و تمرکز این روش‌ها بر وزن مرتبط با متغیرهایی است که کنار گذاشته شده بودند و این امکان وجود دارد که همین امر موجب خطا در رتبه‌بندی شود[٤]. جین و دبجیوتی [۱۳] میزان رسوب خروجی، مناطق فرسایش‌پذیر و رسوب‌گذاری را در حوزه آبخیز هاهارو در هند بررسی کردند و با استفاده از GIS و سنجش از دور حوزه‌های آبخیز را اولویت‌بندی کردند. بنابراین لزوم اولویت‌بندی حوزه‌ها بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی روشی مفید و کم هزینه می‌باشد. لذا در این تحقیق سعی شده است که اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها از طریق تجزیه و تحلیل سیستم زهکشی طبیعی (پارامترهای مربوط به سیستم زهکشی) انجام شود که این رویکرد جدیدی است که فرآیندهای آنالیز سلسله مراتبی فازی[1] را به منظور در برگرفتن اطلاعات پیچیده که مرتبط با شاخص‌های مورفولوژیکی متنوعند، را بررسی کرده تا در شناسایی و اولویت‌بندی زیرحوزه‌های[2] بحرانی با این رویکرد بهترین دقت حاصل شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی ″۳۱/۲۷ ′۵۵°۵٤ تا ″۲۶/٦۰ ′۵٦°۰۹ طول شرقی و ″۱۸/۷ ′۳۷°٤٦ تا ″۱۲/۱ ′۳۷°۵۵ عرض شمالی واقع شده است. آبراهه‌های اصلی حوزه آبخیز مراوه تپه با جهت کلی

1 - fuzzy analytical hierarchy process (FAHP)
2- Sub-Watersheds (SWD_s)

جنوب به شمال نزولات جوی را جمع‌آوری می‌کنند. پس از رقومی کردن مرز حوضه و زیرحوضه‌ها در نرم افزار ARCGIS، مساحت و محیط کل حوضه مورد مطالعه به ترتیب معادل ۱۹۴۴۴/۱۵۶ هکتار و ۴۲۵/۹ کیلومتر بدست آمد. اختلاف ارتفاع بین پایین‌ترین و بالاترین نقطه حوضه ۱۱۴۰ متر می‌باشد. حداکثر ارتفاع حوضه ۱۳۴۰ متر از سطح دریا و حداقل ارتفاع آن در خروجی حوضه معادل ۲۰۰ متر از سطح دریا است. موقعیت حوضه آبخیز مراوه‌تپه به همراه واحدهای هیدرولوژیکی این حوضه در شکل ۱ آورده شده است. این حوضه دارای ۲۵ زیرحوضه و شش بین حوضه‌ای است. کاربری عمده مناطق جنوبی حوزه جنگل‌های متراکم است و به تدریج به سمت شمال منطقه به زمین‌های کشاورزی و خاک نامرغوب با تنوع بالا می‌رسد.

در مجموع ۱۰ پارامتر مورفومتریکی برای اولویت‌بندی آبخیزها مورد استفاده قرار گرفت. این پارامترها عبارتند از: ضریب فشردگی، ضریب گردی، ضریب شکل، ضریب کشیدگی، فراوانی آبراهه، تراکم زهکشی، ضریب انشعاب، بافت زهکشی، زمان تمرکز و شکل حوزه که همه موارد به نوعی با سیستم زهکشی حوزه در ارتباط هستند. از این رو به این روش تجزیه و تحلیل سیستم زهکشی طبیعی هم می‌گویند[۳، ٤].

ضریب فشردگی از روش گراولیوس (نسبت محیط حوزه به محیط یک دایره فرضی که مساحتی برابر مساحت حوزه داشته باشد) محاسبه شد. ضریب گردی از روش میلر، ضریب شکل از روش هورتون و ضریب کشیدگی از روش شیوم بدست آمدند. فراوانی آبراهه نیز از نسبت تعداد آبراهه‌های زیرحوزه به مساحت حوزه (کیلومتر مربع) بدست می‌آید. تراکم زهکشی از نسبت طول کلیه آبراهه‌ها به مساحت بدست آمد. نسبت انشعاب نیز از نسبت تعداد آبراهه در یک درجه مشخص به تعداد درجه بزرگ‌تر بعدی بدست آمد. برای رتبه‌بندی آبراهه‌ها از روش استراهلر استفاده شده است. بافت زهکشی از روش کافمن[1] از نسبت تعداد آبراهه به محیط حوزه به کیلومتر بدست می‌آید. برای بدست آوردن زمان تمرکز از روش کرپیچ استفاده شده است. برای محاسبه شکل حوزه از فرمول بیرکوسکی استفاده شده است[۱۱]. در تمامی مراحل کار از نرم‌افزارهای ARCGIS, Arc Hydro, XTools, Expert Choice و Excel و روش‌های AHP و FAHP برای محاسبات پارامترها و تلفیق نهایی نقشه‌ها استفاده شده است.

از تابع هم‌پوشانی[2] در نرم‌افزار ARCGIS9.3 برای تلفیق نهایی نقشه‌ها استفاده شده است. از Excel برای محاسبات مساحت و درصد مساحت بهره برده شده است. از نرم‌افزار Arc Hydro برای استخراج آبراهه‌ها از مدل رقومی ارتفاعی[3] منطقه و همچنین رتبه‌بندی آبراهه‌ها استفاده شده است. از الحاقیه XTools برای محاسبه مساحت زیرحوضه‌ها استفاده شده است. از نرم‌افزار Expert Choice نیز برای وزن‌دهی به پارامترها استفاده شده است.

در دهه ۱۹۹۰ روش فرآیند آنالیز سلسله مراتبی (AHP) توسط ساعتی پیشنهاد شد[۲٤]. این روش براساس یک رویکرد نظری است که وزن‌ها براساس مقایسه دو به دو بین معیارهای مختلف حاصل از سیاست‌گذاری تصمیم‌گیران تعیین شده است. در تحقیق حاضر، فرآیند آنالیز سلسله مراتبی فازی (FAHP) با روش آنالیز گسترده[۲٤] از تعدادی مثلث فازی برای مقایسه دو به دو و طبق فرمول (۱)، با یک هدف اصلی و مجموعه اهداف فرعی اجرا شده است.

(۱)

$$Z=\{z_1,z_2,....z_m\} \qquad LetX=\{x_1,x_2,....x_n\}$$

مطابق با روش آنالیز گسترده، برای هر تابع هدف، آنالیز گسترده با توجه به مجموعه اهداف فرعی انجام می‌گیرد. از اینرو، مقادیر آنالیز گسترده m برای مجموعه اهداف به صورت فرمول (۲) است:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m \qquad i=1,2,....n \qquad (۲)$$

در اینجا $M_{gi}^j\ (j=1,2,...,m)$، تعداد مثلث فازی (TFNs) است. سپس، مقدار گسترده مرکب فازی با توجه به هدف i^{th} با رابطه (۳) تعریف می‌شود:

$$FS_i=\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^j\otimes\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{gi}^j\right]^{-1} \qquad (۳)$$

برای محاسبه بردارهای اولویت FAHP، ماتریس مقایسه زوجی فازی $A=(a_{ij})_{m\times n}$ در نظر گرفته می‌شود که در آن $a_{ij}=(r_{ij},s_{ij},t_{ij})$، r، s و t به ترتیب مقادیر پایین، میانه و بالای تعداد مثلث‌های فازی (M) هستند. تعداد مثلث‌های فازی $\left(\sum_{j=1}^{m}M_{g_i}^j\right)$ می‌تواند با عملکرد اضافی فازی برای مقادیر آنالیزهای گسترده m از روش زیر بدست می‌آید:

$$\sum_{j=1}^{m}M_{g_i}^j=\left(\sum_{j=1}^{m}r_{ij},\sum_{j=1}^{m}s_{ij},\sum_{j=1}^{m}t_{ij}\right) \qquad i=1,2,.....n \qquad (٤)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}M_{g_i}^j\right]^{-1}=\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}t_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}s_{ij}},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}r_{ij}}\right) \qquad (۵)$$

در گام بعدی درجه احتمال $M_2=(r_2,s_2,t_2)\geq M_1=(r_1,s_1,t_1)$ می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$V(M_2\geq M_1)=\sup_{x\geq y}\left[\min(\mu_{M1}(x),\mu_{M2}(y))\right] \qquad (٦)$$

1 - Kaufman
2- Overlay
3- DEM

جدول ۱- ماتریکس مقایسه اجزاء مورفومتریک حوزه آبخیز مراوه‌تپه

Table. 1 Comparison matrix of morphometric properties of Maraveh Tappeh

شکل حوضه	زمان تمرکز	بافت زهکشی	ضریب انشعاب	تراکم زهکشی	فراوانی آبراهه	ضریب کشیدگی	ضریب شکل	ضریب گردی	ضریب فشردگی	واحد هیدرولوژیکی
Form Factor	Time of concentration	Drainge Texture	Bifurcation Ratio	Drainage Density	Stream Frequency	Elongation Ratio	Basin Shape	Circulatory Ratio	Compactness Constant	Hydrologic unit
1.91	2.55	0.58	6	2.34	1.50	0.48	0.18	0.41	1.56	A_1
2.23	2.26	0.70	3.3	2.43	1.58	0.43	0.15	0.35	1.67	A_2
1.94	1.66	0.50	2.5	2.31	1.19	0.49	0.20	0.44	1.49	A_3
2.00	1.86	0.82	2.75	2.17	1.49	0.60	0.31	0.57	1.31	A_4
1.85	2.52	0.22	2	2.39	0.88	0.38	0.09	0.23	2.07	A_5
3.13	5.09	0.37	0.9	1.55	0.60	0.44	0.09	0.24	2.04	A_{int}
1.70	2.05	0.86	3.5	2.42	2.04	0.58	0.32	0.58	1.31	B_1
2.58	2.73	0.67	3.5	1.96	0.93	0.57	0.23	0.47	1.45	B_2
2.32	2.16	0.57	4.5	1.79	1.02	0.55	0.18	0.41	1.55	B_3
1.69	2.34	0.34	3	2.63	1.73	0.33	0.08	0.22	2.13	B_4
3.00	4.35	1.12	4.1	2.05	1.59	0.55	0.11	0.28	1.86	B_{int}
1.64	1.40	1.63	3.75	3	3.23	0.73	0.61	0.74	1.16	C_1
1.76	1.88	2.12	2.6	3.94	5.36	0.54	0.23	0.48	1.43	C_2
1.80	1.75	1.35	4	3.95	4.24	0.43	0.15	0.36	1.66	C_3
1.81	1.60	0.63	3	2.47	1.47	0.58	0.24	0.48	1.43	C_4
1.71	1.30	0.92	3.5	2.87	2.61	0.44	0.26	0.51	1.39	C_5
1.89	1.61	1.48	4.5	3.57	3.17	0.57	0.25	0.51	1.39	C_6
2.28	1.68	2.26	3.6	3.09	3.31	0.61	0.31	0.57	1.31	C_7
1.97	1.42	1.15	3.75	2.22	1.96	0.68	0.35	1.28	1.28	C_8
1.92	1.78	1.59	4.5	3.49	3.72	0.51	0.21	0.45	1.48	C_9
1.76	1.72	0.46	4	2.69	1.52	0.43	0.15	0.36	1.66	C_{10}
2.21	1.99	0.42	5	2.05	0.70	0.56	0.27	0.52	1.37	C_{11}
1.69	1.65	0.08	0.5	2.2	0.43	0.33	0.07	0.19	2.27	C_{12}
1.70	1.69	0.48	4	2.98	1.93	0.37	0.12	0.30	1.83	C_{13}
1.79	1.34	0.25	2	1.82	1.03	0.36	0.10	0.26	1.96	C_{14}
1.38	1.29	0.13	0.2	2.42	0.71	0.39	0.12	0.30	1.81	C_{15}
1.93	2.08	0.22	2	2.22	0.86	0.33	0.09	0.23	2.07	C_{16}
2.99	4.67	0.68	2.38	1.96	1.29	0.40	0.08	0.22	2.14	C_{int}
1.39	1.83	0.12	0.1	2.01	0.36	0.77	0.28	0.54	1.35	C_{int1}
1.16	1.17	0.15	0.11	1.59	0.82	0.60	0.16	0.37	1.64	C_{int2}
1.60	1.33	0.43	1	2.46	1.75	0.51	0.10	0.26	1.94	C_{int3}

$$V\left(M_2 \geq M_1\right)=hgt\left(M_1 \cap M_2\right)=\mu_{M2}(d)=\begin{cases}1, & \text{if} \quad s_2 \geq s_1 \\ 0, & \text{if} \quad r_2 \geq t_2 \\ \dfrac{r_2 \geq t_2}{(s_2 \geq t_2)-(s_1 \geq r_1)}, & otherwise\end{cases} \qquad (۷)$$

در اینجا d، عرض بلندترین نقطه تقاطع شبکه فازی مثلثی بین μ_{M1} و μ_{M2} است. علاوه بر این، دنباله آماری برای تعداد فازی محدب بزرگ‌تر از Miتعداد فازی محدب k است و برای $i=1,2,....,k$ از روش زیر محاسبه می‌شود:

$$V\left(M \geq M_1, M_2, ..., M_k\right)=V\left(M \geq M_1\right) and \left(M \geq M_2\right) ... and \left(M \geq M_k\right)$$
$$= \min V\left(M \geq M_i\right) \quad for\left(i=1,2,...,k\right) \qquad (۸)$$

در اینجا فرض می‌شود که

$$d'\left(A_i\right)=\min V\left(FS_i \geq FS_k\right) for\left(K=1,2,...,n\right) and \ \ k \neq 1 \qquad (۹)$$

در نتیجه، مقدار بردار وزنی (W') برای $H_i=1,2,...,n$ برای تعداد n عنصر می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

$$W'=\left(d'\left(H_1\right), d'\left(H_2\right), ..., d'\left(H_n\right)\right)^T \qquad (۱۰)$$

بعد از نرمال کردن معادله (۱۰)، تعداد غیر فازی (W) با رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$W = \left(d\left(H_1\right), d\left(H_2\right), \ldots, d\left(H_n\right)\right)^T \quad (۱۱)$$

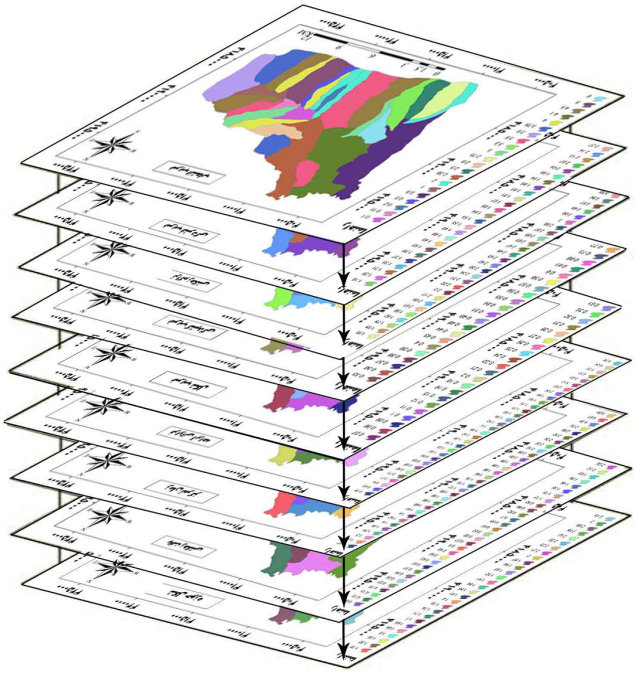
در نهایت نرخ‌دهی اولویت‌بندی توسط تکنیک آنالیز FAHP برای همه زیرحوضه‌های مراوه‌تپه نشان داده خواهد شد.

نتایج

جدول ۱ متغیرهای مورفومتریک استفاده شده برای ماتریکس مقایسه جفتی در فرایند آنالیز سلسله مراتبی فازی را برای زیرحوضه‌ها نشان می‌دهد.

شکل آبخیز و سایر پارامترهای خطی به ترتیب با فاکتورهای ارزیابی خطر مانند رواناب، فرسایش خاک و غیره همبستگی منفی و مثبتی داشتند که با مطالعه تاکار و دیمن هم‌خوانی دارد[۳۰]. برای تابع هدف اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها، ۱۰ شاخص ارزشیابی مورفومتریک به صورت درخت سلسله مراتبی نشان داده شد. البته به دلیل تعداد زیاد واحد هیدرولوژیکی در این حوزه از نشان دادن این شکل چشم‌پوشی شده است.

مطابق روش FAHP، هر معیار مورفومتریک از طریق تشکیل ماتریکس مقایسه جفتی براساس مقیاس فازی و وزن‌های بدست آمده از نرمال‌سازی محاسبات فازی، ارزشیابی شد (جدول ۲). بعلاوه، رتبه‌بندی بدست آمده از وزن‌های پیشنهادی و معیارهای شاخص مورفومتریک وارد محیط ARCGIS شد تا نقشه ارزیابی



شکل ۲- تخصیص وزن‌ها برای آنالیز هم‌پوشانی

Fig 2. Assignment of weightings for overlay analysis

خطر جامع برای اجرای اقدامات حفاظتی اولیه ساخته شود (شکل ۲).

در این تحقیق، مقادیر آنالیز FAHP بین ۰/٦٤٦ و ۰/۱۱۵ قرار دارد (جدول ۲). اولویت‌بندی هر متغیر بر اساس نمره آنالیز FAHP

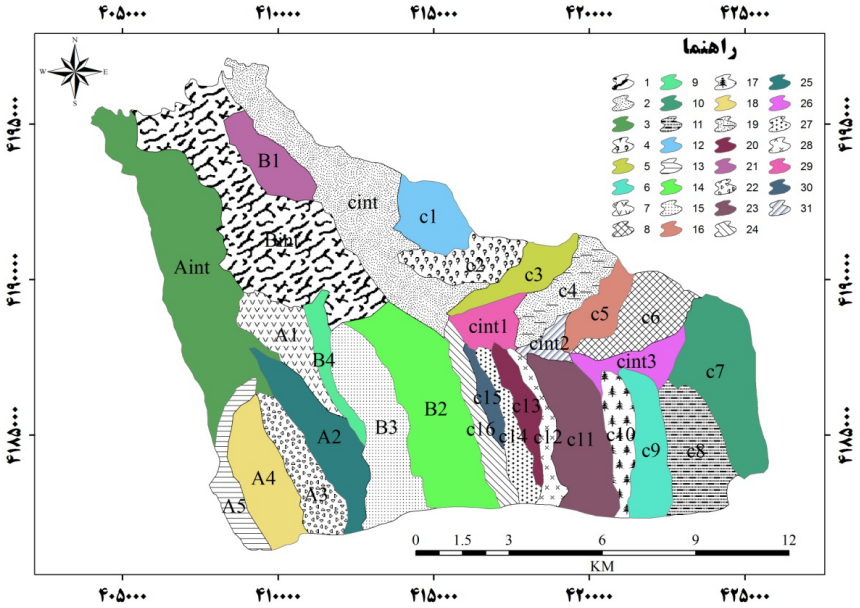
جدول ۲- رتبه‌بندی اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها

Table. 2 Prioritization rankings of the sub-watersheds

رتبه آبخیز	امتیاز FAHP	زیر حوزه	رتبه آبخیز	امتیاز FAHP	زیر حوزه	رتبه آبخیز	امتیاز FAHP	زیر حوزه
Rank of watershed	Score of FAHP	Sub-watersheds	Rank of watershed	Score of FAHP	Sub-watersheds	Rank of watershed	Score of FAHP	Sub-watersheds
17	0.485	C10	1	0.646	Bint	7	0.537	A1
23	0.462	C11	12	0.499	C1	25	0.456	A2
28	0.211	C12	4	0.571	C2	22	0.463	A3
20	0.472	C13	5	0.567	C3	18	0.476	A4
27	0.331	C14	19	0.474	C4	13	0.498	A5
30	0.121	C15	16	0.489	C5	3	0.613	Aint
24	0.461	C16	8	0.524	C6	21	0.471	B1
2	0.622	Cint	10	0.512	C7	14	0.496	B2
29	0.123	Cint1	11	0.511	C8	15	0.493	B3
31	0.115	Cint2	6	0.545	C9	9	0.513	B4
26	0.461	Cint3						

انجام شد که اولین رتبه بالاترین مقدار آنالیز را در آن واحد سیستم زهکشی به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین واحد B_{int} بالاترین اولویت را با مقدار ۰/٦٤٦ به خود اختصاص داد و به دنبال آن واحدهای دیگر رتبه‌های بعدی را به خود اختصاص دادند.

بر اساس آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره اولویت‌بندی زیرحوزه‌ها (شکل ۳) و همچنین نقشه ارزیابی آسیب‌پذیری جامع آبخیزمراوه‌تپه که از ۳۱ زیرحوضه حاصل شده در شکل ٤ ارائه شده است و بر طبق آن مناطق با اولویت بالا B_{int}, C_{int}, و A_{int} (اولویت ۱ تا ۳) مشخص و بایستی این مناطق به دلیل وسعت تخریب منابع طبیعی تحت مدیریت اصولی قرار گیرند. بعلاوه، زیرحوضه‌ها بر اساس وزن کلی مختص به طبقه‌بندی پارامترهای مورفومتریک با استفاده از روش MCDM و آنالیز FAHP (جدول ۳) در پنج کلاس خیلی کم



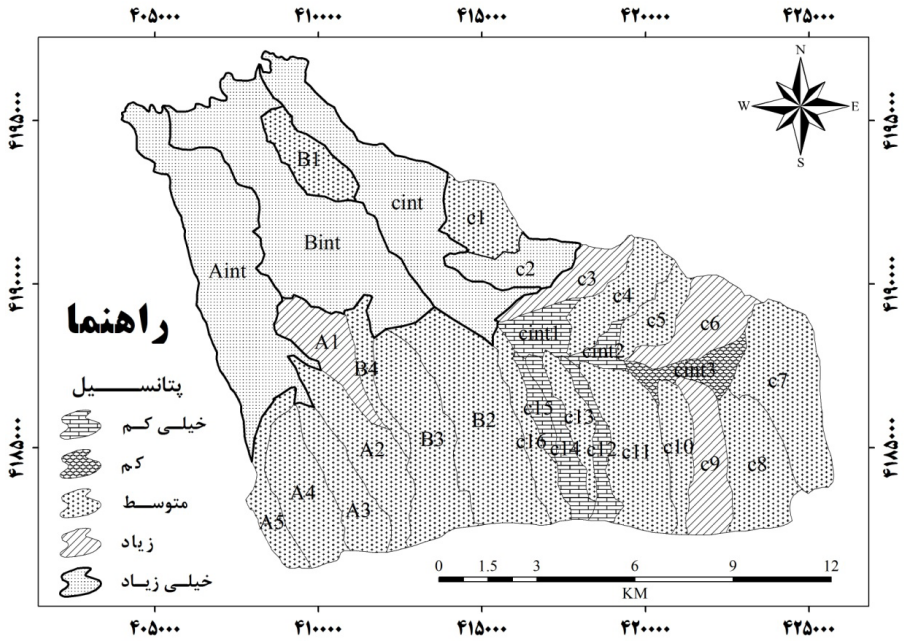
شکل ۳- اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها توسط آنالیز FAHP

Fig 3. Prioritization of sub-watershed by FAHP analysis

جدول ۳- امتیازات FAHP در اولویت‌های مختلف

Table. 3 Alienation of FAHP scores into different priorities

ردیف	نوع اولویت‌بندی	سطح اولویت‌بندی	زیرحوزه‌ها	مساحت (درصد)
S. No	Priority Types	Priority Levels	Sub-watersheds	Percentage of Area
1	خیلی زیاد	>0.568	B_{int}, C_{int}, A_{int}, C_2	32.14
2	زیاد	0.567 – 0.514	C_3, C_9, A_1, C_6	9.61
3	متوسط	0.513 – 0.454	B_4, C_7, C_8, C_1 A_5, B_2, B_3, C_5 C_{10}, A_4, C_4, C_{13} B_1, A_3, C_{11}, C_{16}, A_2	51.32
4	کم	0.453 – 0.397	C_{int3}	1.47
5	خیلی کم	0.396 – 0.057	C_{14}, C_{12}, C_{int1}, C_{15}, C_{int2}	5.46



شکل ٤- تعیین کردن زون‌های حساس به تخریب (زون‌های پتانسیل)

Fig 4. Demarcation of natural resources degradation susceptibility zones

تا خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. در مقایسه با طبقه‌بندی فوق، مشخص شد که ۹۰ درصد منطقه جزء زون متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند که نیاز به توجه ویژه به دلیل مساحت زیاد این مناطق دارند.

هدف استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره براساس تکنیک FAHP، استفاده از رویکردی مناسب برای شناسایی حوزه‌های دارای اولویت مدیریتی و دارای تخریب و همچنین بهترین تصمیم‌گیری از طریق تکمیل فعالیت‌های مدیریتی مانند اقدامات مهندسی حفاظت آب و خاک، جنگل‌کاری و غیره است.

بحث و نتیجه‌گیری

این تحقیق قابلیت کاربرد سنجش از دور، GIS و تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک‌های FAHP در اولویت‌بندی و به همان اندازه شاخص‌های مورفومتریک برای برنامه‌ریزی و مدیریت زیرحوضه‌ها را نشان داده است. در این مطالعه، یک رویکرد جدید و منطقی از فرایندهای MCDM به عبارت دیگر آنالیز FAHP اساس اولویت‌بندی موفقیت‌آمیزی شده است که خود نقش مؤثری در شفاف‌سازی مشکلاتی که از تلفیق فاکتورهای ارزیابی خطری که از تخریب منابع طبیعی ایجاد شده است، دارد.

این تکنیک در آبخیزهایی که با کمبود داده مواجه هستند بسیار مؤثر و مناسب است. هنگامی که پیچیدگی‌هایی به علت وجود چندین معیار کمی و کیفی ایجاد شده است، MCDM نقش مؤثری را ایفا می‌کند. شرایط نشان می‌دهد که تکنیک FAHP در طرح زون‌های پتانسیل برای اجرای استراتژی‌های مدیریتی کارآمد در سطح آبخیز می‌تواند برای ذینفعان مختلف همچون کشاورزان، جوامع روستایی، مدیران منابع طبیعی و غیره مفید باشد. در نهایت می‌توان گفت که بدون نیاز به هزینه‌های سنگین و اتلاف وقت می‌توان بر اساس شاخص‌های مورفومتریک زیرحوزه‌های یک حوزه آبخیز را برای اقدامات حفاظتی آبخیز و به دنبال آن حفاظت از منابع طبیعی اولویت‌بندی کرد که این موضوع با نتایج آهار و همکاران هم‌خوانی دارد[٤]. از طرفی اسدی نلیوان و همکاران[٦] آنالیز مورفومتری را در این حوزه جهت اولویت‌بندی اقدامات آبخیزداری انجام داده‌اند و به نتایج متفاوتی دست پیدا کردند. البته در آن مطالعه به پارامترهای مورفومتری به صورت کیفی عددی داده می‌شد و در نهایت از طریق میانگین‌گیری نتیجه ارائه می‌شد. در حالی که در این مطالعه اول داده‌ها وزن‌دار شده و سپس عملیات فازی بر روی آن‌ها انجام گرفته است و به نتایج متفاوتی منجر شده است. با توجه به اینکه تمرکز جمعیت در زیرحوزه‌های دارای حساسیت تخریب (A_{int} و B_{int}, C_{int})، بالا می‌باشد می‌توان از اطلاعات آن برای اقدامات آبخیزداری استفاده کرد. دلیل تخریب بالا در این زیرحوزه‌ها تمرکز بالای جمعیت می‌تواند باشد.

منابع

1. Adinarayana, J. 2003. Spatial decision support system for identifying priority sites for Watershed management schemes. In Proc. First Interagency Conference on Research in the Watersheds (ICRW),

405-408. Benson, Arizona, USA: U. S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 27-30 October.

2. Adinarayana, J. Rama Krishna, N. and Gopal Rao, K. 1995. An Integrated Approach for Prioritization of Watersheds. Journal of Environmental Management. 44(4): 375-384.

3. Aher, P.D. Singh, K.K. and Sharma, H.C. 2010. Morphometric characterization of Gagar Watershed for management planning. In Twenty Third National Convention of Agricultural Engineers and National Seminar. Rahuri, India: Mahatma Phule Agril. University, 6-7 February.

4. Aher, P.D. Adinarayana, J. and Gorantivar, S.D. 2013. Prioritization of Watersheds using multi-criteria evaluation through fuzzy analytical hierarchy process. Agric Eng Int: CIGR Journal. 15(1): 11-18.

5. Asadi Nalivan, O. Rostami, M. Mohseni saravi, M. and Sour, A. 2015. Prioritizing of Watershed Management Planning using TOPSIS Method in the Watershed (Case Study: Zydasht-Taleghan). Journal of Watershed Management Research. 6(12): 98- 107. (In Persian)

6. Asadi Nalivan, O. Saghazadeh, N. Salahshur dastgerdi, M. and Bye, M. 2015. Sub-basin prioritization suing morphometric analysis and GIS for watershed management measures (Case study: Maraveh Tappeh watershed, Golestan). Iranian Journal of Ecohydrology. 2(1): 91-103. (In Persian)

7. Deb, D. and Talukda, B. 2010. Remote Sensing and Geographic Information System for Assessment, Monitoring, and Management of Flooded and Waterlogged Areas, North District of Tripura State, India. Watershed Management: Innovations in Watershed Management under Land Use and Climate Change, 1013-1024. Madison, USA, August 23-27.

8. Gosain, A.K. and Rao, S. 2004. GIS-based technologies for Watershed management. Current Science. 87(7): 948-953.

9. Grohmann, C.H. 2004. Morphometric analysis in Geographic Information Systems: applications of free software GRASS and R star. Computers and Geosciences. 30(10): 1055-1067.

10. Hlaing, K. Haruyama, S. and Maung, A. 2008. Using GIS-based distributed soil loss modeling and morphometric analysis to prioritize Watershed for soil conservation in Bago river basin of Lower Myanmar. Frontiers of Earth Science in China. 2(4): 465-478.

11. Brikowski, T. 2007. GEOS 5313 Lecture Notes. University of Texas at Dallas, Geosciences Department.

12. Javed, A. Khanday, M.Y. and Ahmed, R. 2011. Watershed prioritization using morphometric and land use/land cover parameters: a remote sensing and GIS based approach. Journal Geological Society of India. 78(1): 63-75.

13. jain, K. and Debjyoti, D. 2010. Estimation of SYI and areas of Soil erosion and deposition for watershed prioritization using GIS and RS. Water Resource Manage. 24: 2091-2112.

14. Kalin, L. and Hantush, M. 2009. An auxiliary method to reduce potential adverse impacts of projected land developments: Sub-Watershed prioritization. Environmental Management. 43(2): 311-325.

15. Kanth, K.A. and Hassan, Z.U. 2010. Prioritization of Watersheds in Wular catchment for sustainable development and management of natural resources. Recent Research in Science and Technology. 2(4): 12-16.

16. Mishra, A. Kar, S. and Singh, V.P. 2007. Prioritizing structural management by quantifying the effect of land use and land cover on Watershed runoff and sediment yield. Water Resources Management. 21(11): 1899-1913.

17. Newbold, S.C. and Siikamäki, J. 2009. Prioritizing conservation activities using reserve site selection methods and population viability analysis. Ecological Applications. 19(7): 1774-1790.

18. Niraula, R. Kalin, L. Wang, R. and Srivastava, P. 2011. Determining Nutrient and Sediment Critical Source Areas with SWAT: Effect of Lumped Calibration. Transactions of the ASABE. 55(1): 137-147.

19. Pai, N. Saraswat, D. and Daniels, M. 2011. Identifying priority sub-Watersheds in the Illinois river drainage area in Arkansas Watershed using a distributed modeling approach. Transactions of the ASABE. 54(6):

26. Sarma, S. and Saikia, T. 2011. Prioritization of Sub-Watersheds in Khanapara–Bornihat area of Assam–Meghalaya (India) based on land use and slope analysis using remote sensing and GIS. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 40(3): 435-446.

27. Singh, N. 1994. Remote sensing in the evaluation of morphohydrological characteristics of the drainage basin of Jojri catchment. Annals of Arid Zone. 33(4): 273-278.

28. Sreedevi, P.D. Owais, S. Khan, H.H. and Ahmed, S. 2009. Morphometric analysis of a Watershed of South India using SRTM data and GIS. Journal Geological Society of India. 73(4): 543-552.

29. Srivastava, R.K. Sharma, H.C. and Raina, A.K. 2010. Suitability of soil and water conservation measures for Watershed management using geographical information system. Journal of Soil and Water Conservation. 9(3): 148-153.

30. Suresh, M. Sudhakar, S. Tiwari, K.N. and Chowdary, V.M. 2004. Prioritization of Watersheds using morphometric parameters and assessment of surface water potential using remote sensing. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 32(3): 249-259.

31. Thakkar, A.K. and Dhiman, S.D. 2007. Morphometric analysis and prioritization of mini-Watersheds in a Mohr Watershed, Gujarat using remote sensing and GIS techniques. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 35(4): 313-321

2181-2196.

20. Pandey, A. Chowdary, V.M. Mal, B.C. and Billib, M. 2009. Application of the WEPP model for prioritization and evaluation of best management practices in an Indian Watershed Hydrological Processes. 23(21): 2997-3005.

21. Patil, G.P. 2007. Statistical geoinformatics of geographic hotspot detection and multicriteria prioritization for monitoring, etiology, early warning and sustainable management for digital governance in agriculture, environment, and ecohealth. Journal of the Indian Society of Agricultural Statistics. 61(2): 132-146.

22. Paul, J.M. and Inayathulla, M. 2012. Morphometric analysis and prioritization of Hebbal Valley in Bangalore. Journal of Mechanical and Civil Engineering. 2(6): 31-37.

23. Rao, L.A.K. Rehman, A.Z. and Alia, Y. 2011. Morphometric analysis of drainage basin using remote sensing and GIS techniques: a case study of Etmadpur Tehsil, Agra District, U.P. International Journal of Research in Chemistry and Environment. 1(2): 36-45.

24. Ratnam, N.K. Srivastava, Y. K. Rao, V.V. Amminedu, E. and Murthy, K.S.R. 2005. Check dam positioning by prioritization micro-Watersheds using SYI model and morphometric analysis – remote sensing and GIS perspective. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. 33(1): 25-38.

25. Saaty, T.L. 1980. The analytic hierarchy process. New York, U.S.: Mc Graw Hill.

نشریه علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 11, No. 36, Spring 2017
سال یازدهم- شماره ۳۶- بهار ۱۳۹۶

Abstract

Identifying Sub-Watersheds with High Potential of Degradation Using Fuzzy Hierarchical Analysis Approache (Case Study: Maravetappe Watershed)

O. Asadi Nalivan[1], K. Heidary[2], M. Sarparast[3]
Received: 2015/01/04 Accepted: 2016/12/11

Identifying sub-watersheds with high potential of degradation requires a prioritization because of prevailing natural conditions, economic and social as well as technical and financial constraints in a Watershed. Prioritization watersheds based on morphological and physiographical state Lead to conservation practices and watershed management in the critical basins. He present research attempted to study various morphological and physiographical characteristics by using of Geographical Information System (GIS) and Multi Criteria Decision Making (MCDM) through Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) techniques to Identify sensitive and critical sub-watersheds situated in Maraveh Tappeh watershed, Golestan province. 10 morphological parameters were used for prioritization of sub-watersheds. Based on FAHP approach, sub-watersheds were evaluated as vulnerability assessment zones and alienated into five prioritization levels: very less, less, medium, high and very high classes. The results of Evaluation, illustrated that 93% of sub-watersheds (25-watersheds) were in the medium to very high susceptible zones, Which shows that conservation and management measures in order to stability is essential in these areas. Results showes that the morphological Characteristics plays an important role in behavior recognizing of topographical and hydrological sub-watersheds.Hence, FAHP technique is a Practical and convenient approach to illustrating the problem (data deficient areas) in order to make better decisions using a rule -based system to identify areas with high degradation.

Keywords: Fuzzy Analytical Hierarchy Process, Watershed Prioritization, Maravetappe, Multiple Criteria Decision Making

1- Young Researchers and Elite Club, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran Corresponded Author, Email: omid.asadi@ut.ac.ir
2- PhD Student of Watershed Management of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources..
3- PhD Student of Combting Desertification of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.