



دانشگاه ارومیه

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

جلد بیست و پنجم، شماره اول، ۱۳۹۷

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2017.12528.2723

مکان‌یابی میکروکچمنت‌های مستعد استحصال آب در سطح حوضه با استفاده از روش‌های تلفیق در سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی حوضه آبخیز نازلوچای آذربایجان غربی)

* بهزاد حصاری^۱، علی گهرنژاد^۲ و کریم سلیمانی^۳

^۱ استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه و پژوهشکده مطالعات دریاچه ارومیه،

^۲ دانش‌آموخته دکتری گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه شهرکرد، ^۳ آستاد گروه آبخیزداری، دانشگاه مازندران

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۱۵

چکیده

سابقه و هدف: کشور ایران و به تبع آن حوضه مورد مطالعه به علت قرار داشتن بر روی کمربند مناطق خشک جهان همواره با پدیده خشکی و کمبود بارش در مناطق وسیعی از خود مواجه است. بر این اساس استفاده بهینه از آب و مدیریت آن جزء ضرورت‌های لاینفک این مناطق است. اصولاً الگوی بارش در مناطق خشک به‌گونه‌ای است که در زمانی کوتاه رگبارها با شدت زیاد می‌بارد و این موضوع باعث ایجاد رواناب در سطح حوضه شده که علاوه بر حمل خاک سطحی بارزش، فرصت نفوذ آب در خاک نیز از دست می‌رود. تکنیک‌های مختلف برداشت آب در جمع‌آوری آب باران از زمین‌های طبیعی یا زمین‌های اصلاح‌شده در مکان‌های کوچک‌تر یا عرصه‌های زراعی به‌منظور زراعت اقتصادی مطمئن‌تر استفاده شده و رواناب جمع‌آوری شده در خاک، پشت سدها، تراس‌ها، حوضچه‌های آرامش، خندق‌ها و آب‌بندان‌ها ذخیره می‌شود. حوضه مورد مطالعه با بارش ۴۷۰ میلی‌متر و ضریب جریان ۰/۲۶ دارای پتانسیل بالای استحصال آب در سطح حوضه است. مطالعات گذشته نشان می‌دهد که در مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب در سامانه‌های ماکروکچمنت، مقادیر گاما‌های پایین‌تر فازی به‌عنوان مناطق مستعد انتخاب می‌گردند. ولی در زمینه سامانه‌های میکروکچمنت سابقه مطالعاتی با روش عملگرهای فازی مشاهده نگردید.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش مکان‌یابی مناطق مستعد سه روش استحصال آب شامل بانکت هلالی، کنتور فارو و تراس نیمکتی در حوضه آبخیز نازلوچای با مساحت ۹۰۸ کیلومترمربع استفاده از ابزار تلفیق GIS مورد بررسی قرار گرفت. از بین عوامل اقلیمی، هیدرولوژیک و محیطی مؤثر حوضه، شش عامل بارش، شیب، کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، زهکشی و عمق خاک برای شناسایی مناطق مناسب مورد استفاده قرار گرفت. جهت بی‌بعدسازی و وزن‌دهی متغیرهای کمی، از توابع منطق فازی با تابع عضویت دوزنقه‌ای و برای متغیرهای توصیفی، منطق فازی با تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار گرفت. روش‌های تلفیق لایه‌ها شامل منطق بولین و منطق فازی و با کمک عملگرهای بولین AND و بولین OR و همچنین حاصل ضرب، حاصل جمع، گامای فازی از ۰/۱ تا ۰/۹ مورد آزمون قرار گرفت.

* مسئول مکاتبه: b.hessari@urmia.ac.ir

یافته‌ها: نتایج حاصل از مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و خروجی هر یک از روش‌های تلفیق، با "شاخص تشابه" نشان داد که مقدار شاخص گاما ۰/۹ فازی در سیستم بانکت هلالی برابر ۰/۸۲۴ و در سیستم کنتور فارو ۰/۹۰۶ بوده که بیان‌کننده میزان تشابه بیش‌تر مدل گامای ۰/۹ فازی نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد و همچنین مشخص شد که مدل منطق بولین فاقد نتایج مناسب می‌باشد. در منطق فازی با افزایش گاما تا مقدار گامای ۰/۹ تطابق نتایج مدل با داده‌های مشاهده‌ای افزایش می‌یابد و از مقادیر بیش‌تر از ۰/۹ کاهش می‌یابد و این نشان می‌دهد که گاماهای بالاتر جهت مکان‌یابی سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب مناسب می‌باشد. ۳۰ درصد حوضه مستعد توسعه روش بانکت هلالی، ۱۱/۵ درصد مستعد کنتور فارو و ۶/۳ درصد حوضه مستعد تراس نیمکتی هست.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از مطالعه نتیجه‌گیری می‌شود که در سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب از روش‌های بولین به‌خاطر دقت پایین این روش‌ها کم‌تر استفاده گردد و از روش‌های جدیدتر مکان‌یابی مانند مکان‌یابی فازی با گاماهای بالاتر بهره گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: استحصال آب در مقیاس حوضه، منطق فازی، منطق بولین، GIS، حوضه نازلو

مقدمه

استان آذربایجان غربی در اقلیم نیمه‌خشک قرار گرفته و با کمبود بارش، توزیع نامناسب فصلی بارش، بالا بودن میزان تبخیر مواجه است، به‌طوری‌که حدود ۷۰٪ بارش به‌صورت تبخیر از دسترس خارج می‌شود. به‌علاوه وقوع بارش‌هایی با شدت بالا باعث ایجاد سیل‌های مخرب و هدر رفت خاک می‌گردد، در چنین شرایطی، نیاز به احداث سیستم‌های استحصال آب جهت مقابله و تعدیل مشکلات خشک‌سالی این منطقه به‌طور چشمگیری ضرورت پیدا می‌کند. جمع‌آوری آب باران با اهداف و انگیزه‌های گوناگونی صورت می‌گیرد که هدف اصلی آن، بهینه‌سازی و مدیریت بهره‌برداری از آب باران بر اساس نیاز و مصرف است (۱۵). سیستم‌های استحصال آب باران می‌تواند به‌طور معنی‌داری نسبت استقرار درخت در منطقه را از طریق تمرکز بارش و رواناب افزایش دهد (۹ و ۱۹). استحصال آب روشی است که باعث جمع‌آوری رواناب سطحی از سطح حوضه و ذخیره آن در مخازن سطحی یا در زون ریشه در سطوح

زراعی می‌گردد (۲۰). اویس و همکاران (۲۰۱۲) سامانه اطلاعات جغرافیایی را ابزار بسیار توانمند برای مکان‌یابی مناطق مستعد استحصال آب در حوضه‌های آبخیز بزرگ معرفی و پیشنهاد نموده است (۱۷). An و همکاران (۱۹۹۱) پنج عملگر فازی AND، فازی OR، حاصل‌ضرب فازی، حاصل جمع فازی و گامای فازی را که جهت ترکیب مجموعه اطلاعات را بیان کرده‌اند (۳). در مدل منطق بولین، هر واحد نقشه بر اساس منطق باینری، یک یا صفر می‌باشد که به‌طور معمول ترکیب لایه‌ها در مدل منطق بولین به‌صورت دو عملگر بولین AND و بولین OR انجام می‌گیرد که بولین AND عبارت است از استخراج اشتراک مجموعه‌ها و بولین OR عبارت است از استخراج اجتماع مجموعه‌ها (۶). همچنین در ترکیب لایه‌ها به روش مدل شاخص همپوشانی به هر یک از کلاس‌های لایه‌های مختلف بر اساس اهمیت هر یک از آن‌ها وزنی تعلق می‌گیرد (۵). آبرفا و همکاران (۲۰۱۳) اقدام به تعیین پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد سیستم‌های جمع‌آوری آب کردند و به

آن را ارائه داده‌اند (۷ و ۱۷). با توجه به عدم قطعیت در عوامل محیطی به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب، در این پژوهش از روش‌های فازی و سلسله‌مراتبی به‌عنوان روش‌های کاهش عدم قطعیت استفاده گردید و به‌علت اختلاف در نتایج مدل‌ها، نتایج حاصل با یکدیگر مقایسه و بهترین نتایج انتخاب شد. فرضیه اصلی پژوهش این است که انتظار می‌رود که روش‌های منطق فازی (بین صفر تا یک) به‌علت کاهش عدم قطعیت متغیرهای محیطی دارای نتایج مناسب‌تری نسبت به روش‌های کلاسیک بولین (صفر و یک) گردد. در این پژوهش، سه سیستم بانکت هلالی، ایجاد فارو در خطوط تراز و تراس‌های نیمکتی مورد بررسی قرار گرفت، هر سه روش جزء سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب می‌باشند که سعی شده است با استفاده از پارامترهای محیطی که شامل پارامترهای شیب، بارش، کاربری اراضی، عمق خاک، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک و زهکشی به بررسی مناطق مناسب سیستم‌های استحصال آب با استفاده از ابزار ArcGIS اقدام گردد. در نهایت میزان تطابق نتایج خروجی روش‌های مختلف استفاده‌شده با داده‌های مشاهده‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

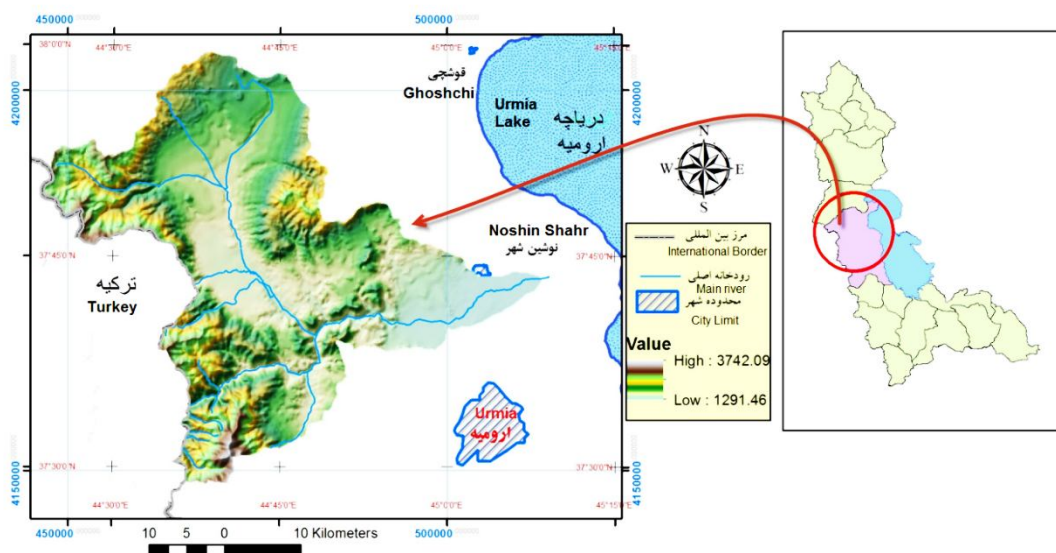
منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه در کشور ایران و در استان آذربایجان غربی می‌باشد که در موقعیت جغرافیایی بین $44^{\circ}23'$ تا $45^{\circ}08'$ طول شرقی و $37^{\circ}28'$ تا $37^{\circ}59'$ عرض شمالی واقع شده است. حوضه آبخیز نازلوچای، یک حوضه مرزی می‌باشد که مساحت کل آن حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. در این مطالعه سطوحی که در کشور ایران واقع شده است یعنی ۱۵۰۸ کیلومتر مربع مورد مطالعه

این نتیجه رسیدند که بارش به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر در مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب می‌باشد و سپس به‌ترتیب بافت خاک، شیب و کاربری اراضی بودند (۱). زهتابیان و همکاران (۲۰۰۱) در سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب اقدام به مقایسه مدل‌های فازی و بولین کردند و نتیجه گرفتند که مدل‌های بولین دارای قابلیت بسیار کمی نسبت به مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب می‌باشد و همچنین در مدل‌های فازی با کاهش گاما، قابلیت مکان‌یابی مناطق مستعد جمع‌آوری آب بیش‌تر می‌گردد (۲۵). بررسی‌ها به‌منظور انتخاب محل‌های ذخیره و استحصال آب در دو حوضه آبخیز ساوفرانسیسکو در کشور برزیل و نیل در شرق آفریقا با استفاده از مدل شاخص همپوشانی نشان داد، که در سطوح با شیب‌های کم تا متوسط، حجم نگهداری آب افزایش پیدا می‌کند (۲۲). پژوهشی که به‌منظور شناسایی مناطق مناسب استحصال آب در حوضه آبخیز ماکانیا در تانزانیا به روش شاخص همپوشانی نشان داد، که $81/4\%$ از اطراف منطقه بانگاما و $52/6\%$ از اطراف منطقه ممبی در محل‌های خوب و بسیار خوب برای استحصال آب می‌باشند، همچنین مناطق با شیب ۱۰-۵ درجه با خاک‌های رسی، سیلتی رسی و شنی رسی مناطق مناسبی جهت احداث تراس‌های نیمکتی می‌باشد و مناطق با شیب ۵-۲ درجه با خاک‌های رسی، سیلتی رسی و شنی رسی مناطق مناسبی جهت احداث پشته‌های خاکی می‌باشد (۱۳).

اویس و همکاران (۲۰۱۲) و دیپائو (۲۰۰۸) از مرکز بین‌المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ایکاردا) استفاده از GIS را برای مکان‌یابی روش‌های بانکت هلالی، ایجاد فارو و خطوط تراس را در مناطق خشک به‌خصوص سوریه گردآوری و روش‌شناسی

می‌باشد. متوسط بارش حوضه ۴۷۰ میلی‌متر و رواناب حوضه ۱۲۳ میلی‌متر و ضریب جریان برابر ۰/۲۶ می‌باشد.

قرار گرفته است. حداکثر ارتفاع منطقه مورد مطالعه ۳۶۰۰ متر و حداقل ارتفاع ۱۲۸۴ متر می‌باشد. موقعیت حوضه آبخیز نازلوچای در شکل ۱ نشان داده شده است. سیستم مختصات نقشه UTM-Zone 38N

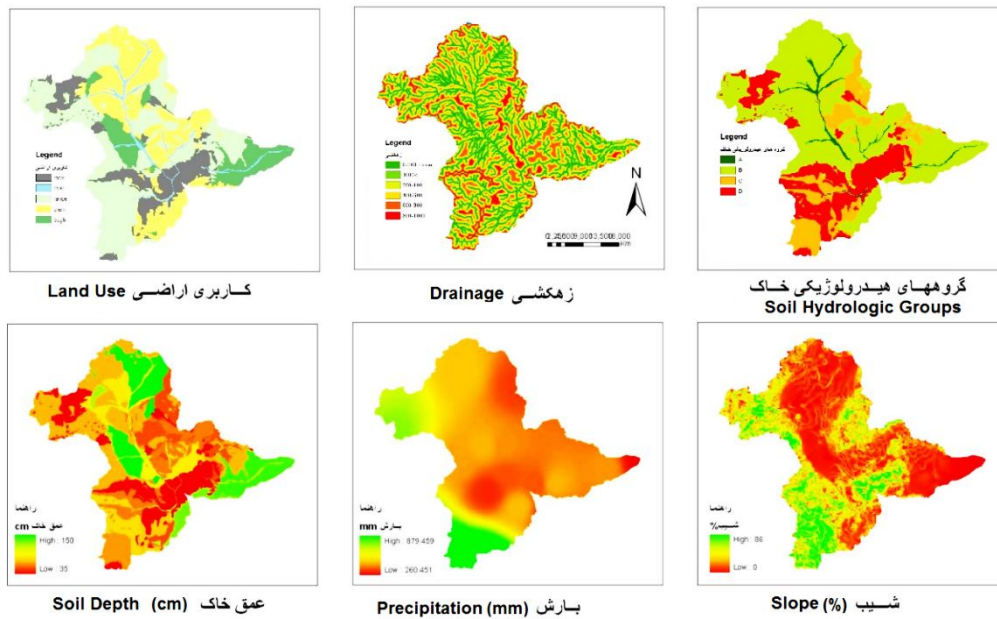


شکل ۱- محدوده مورد مطالعه حوضه آبخیز نازلوچای ارومیه.

Figure 1. The study region of Nazlu Chai basin in Urmia.

مطالعات (۱۰) و برای تهیه نقشه شیب از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استفاده گردید. پس از تهیه مدل رقومی ارتفاعی DEM حوضه در محیط GIS، در نهایت نقشه شیب حوضه تهیه گردید. جهت تهیه نقشه زهکشی حوضه با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ حوضه آبخیز نازلوچای اقدام به تهیه رودخانه‌های اصلی حوضه گردید. سپس با ایجاد بافرهایی نسبت به رودخانه‌های اصلی حوضه، نقشه زهکشی حوضه تهیه شد.

مواد: بر اساس توصیه منابع (۱۱ و ۱۳) در زمینه مهم‌ترین عوامل مؤثر در سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب، از پارامترهای بارش، شیب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، عمق خاک، کاربری اراضی و سیستم زهکشی حوضه جهت لایه‌های ورودی مکان‌یابی استفاده گردید که در شکل ۲ این لایه‌ها نشان داده شده است. این اطلاعات به صورت لایه‌های GIS و به صورت توزیعی در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.3 و با اندازه سلولی ۱۰۰×۱۰۰ متر گردآوری و تهیه گردید. به منظور تهیه نقشه بارش از



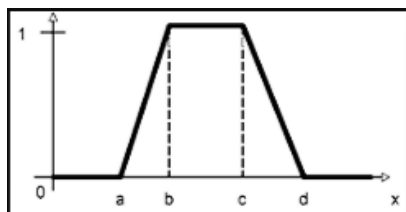
شکل ۲- متغیرهای مکانی ورودی به مدل در حوضه آبخیز نازلوچای.
Figure 2. The spatial input variables of the model in the Nazlo basin.

از تابع عضویت ذوزنقه‌ای فازی بر اساس شکل ۳ و تعریف هر یک از پارامترها در این رابطه بر اساس مطالعات (۱۱)، (۱۳) و نظرات کارشناسی انجام گرفت. مقدار تعریف شده هر یک از پارامترهای تابع عضویت ذوزنقه‌ای فازی در سیستم‌های مورد بررسی در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از اعمال روابط فوق، این نقشه‌های به کدهای صفر تا یک تبدیل می‌گردند. در این روش بازه اول و انتهایی نامناسب، بازه وسط که هسته نامیده می‌شود مطلوب و دو بازوی کناری آن به‌طور خطی از ۰ تا ۱ متغیر است.

(ج) روش‌ها

بی‌بعدسازی متغیرهای کمی و کیفی: جهت وزندهی کلاس‌های داده‌های ورودی از دو روش تابع عضویت ذوزنقه‌ای فازی و AHP استفاده شد.

بی‌بعدسازی متغیرهای کمی: متغیرهای بارش، شیب، زهکشی و عمق خاک دارای واحدهای مختلفی می‌باشند. برای بی‌بعدسازی آن‌ها از منطق فازی استفاده گردید. تابع عضویت یکی از اجزاء اساسی مجموعه‌های فازی می‌باشد که عملگرهای فازی بر اساس توابع عضویت فازی تعریف شده‌اند (۱۶).



$$\mu(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & c \leq x < d \\ 0 & x \geq d \end{cases}$$

شکل ۳- تابع عضویت ذوزنقه‌ای فازی.

Figure 3. The Trapezoid fuzzy membership function.

جدول ۱- مقادیر محاسبه‌شده پارامترهای تابع عضویت ذوزنق‌های فازی در سیستم‌های مورد بررسی استحصال آب.
Table 1. Calculated values of trapezoid fuzzy logic membership function for the understudy water harvesting systems.

پارامترها Parameters	D			C			B			A		
	تراس نیمکتی bench terrace	کتور فارو contour furrow	بانکت هالی semi-circular bunds	تراس نیمکتی bench terrace	کتور فارو contour furrow	بانکت هالی semi-circular bunds	تراس نیمکتی bench terrace	کتور فارو contour furrow	بانکت هالی semi-circular bunds	تراس نیمکتی bench terrace	کتور فارو contour furrow	بانکت هالی semi-circular bunds
بارش (mm) Precipitation	600	600	750	450	400	500	350	300	400	200	100	200
شیب (%) Slope	100	30	15	50	10	10	20	2	2	10	1	1
عمق خاک (cm) Soil Depth	-	-	-	-	-	-	100	100	100	50	30	40
زهکشی (m) Drainage	1000	100	1000	0	0	0	-	-	-	-	-	-

اکسل تعیین گردید. تعیین اهمیت هر یک از کلاس‌ها نسبت به یکدیگر نیز بر اساس مطالعات (۱۲) و نظرات کارشناسی ۲۰ نفر صورت گرفت. مقدار شاخص ناسازگاری^۲ (IR) معیار پذیرش مقایسات زوجی می‌باشد و در صورتی که کم‌تر از ۰/۱ باشد، مقایسات زوجی قابل قبول خواهد بود (۲۱). پارامترهای کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک با استفاده از این روش بی‌بعد و کمی شدند. مقادیر وزندهی شده پارامترهای کاربری اراضی در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص سازگاری بین ۰/۳۲ تا صفر متغیر بوده است.

بی‌بعدسازی متغیرهای توصیفی: برای بی‌بعدسازی متغیرهای توصیفی، ابتدا اهمیت هر یک از کلاس‌ها نسبت به یکدیگر تعیین گردید و سپس بر اساس اهمیت کلاس‌ها، وزندهی در بازه (۱ تا ۰) انجام شد. در مواردی که نظرات پیشنهادی برای بازه و وزن هر کلاس متفاوت باشد از روش فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ (AHP) استفاده می‌گردد. این روش بر پایه مقایسات زوجی و حل ماتریس مربوطه استوار است. در تعیین بازه متناسب هر نوع روش استحصال آب، بر اساس مقادیر پیشنهادی و نتایج ارائه شده در مراجع (۴)، (۱۹) و (۷) و با حل ماتریس مربوطه در

جدول ۲- ماتریس مقایسات زوجی واحدهای کاربری اراضی.

Table 2. The pair comparison matrix of Land use units.

وزن‌های بولین Boolean weights	وزن‌های فازی Fuzzy weights	اهمیت هر کلاس Importance of each class	سایر موارد Other cases	باغ Garden	مرتع Range	دیم Rainfed	
1	0.99	0.41	9	3	1	1	دیم Rainfed
1	0.99	0.41	9	3	1	1	مرتع Range
0	0.34	0.14	3	1	0.33	0.33	باغ Garden
0	0.1	0.04	1	0.33	0.11	0.11	سایر موارد Other cases

مدل منطق فازی: با استفاده از دو یا چند نقشه با توابع عضویت فازی برای مجموعه‌های یکسان می‌توان تنوعی از عملگرها را استخراج کرد که جهت ترکیب ارزش‌های عضویت باهم به کار می‌رود. زیمرمن (۱۹۸۵)، در مورد تنوعی از قوانین ترکیب بحث می‌کند (۲۳). An و همکاران (۱۹۹۱)، پنج عملگر فازی AND، فازی OR، حاصل ضرب فازی،

مدل منطق بولین: در این مدل وزن هر واحد نقشه بر اساس منطق باینری یک یا صفر می‌باشد که به صورت یک (درست) یا صفر (غلط) تعریف می‌شود (۶). در این پژوهش ترکیب لایه‌ها در مدل منطق بولین از دو عملگر بولین AND و بولین OR استفاده شد (۲۴).

1- Analytical Hierarchical Process

2- Inconsistency ratio

حاصل جمع فازی و گامای فازی در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته است.

حاصل جمع فازی، گامای فازی را که جهت ترکیب مجموعه اطلاعات به کار برده شده، بیان کرده است (۳). مطابق جدول ۳ سه عملگر حاصل ضرب فازی،

جدول ۳- روابط عملگرهای فازی.

Table 3. Fuzzy operation equations.

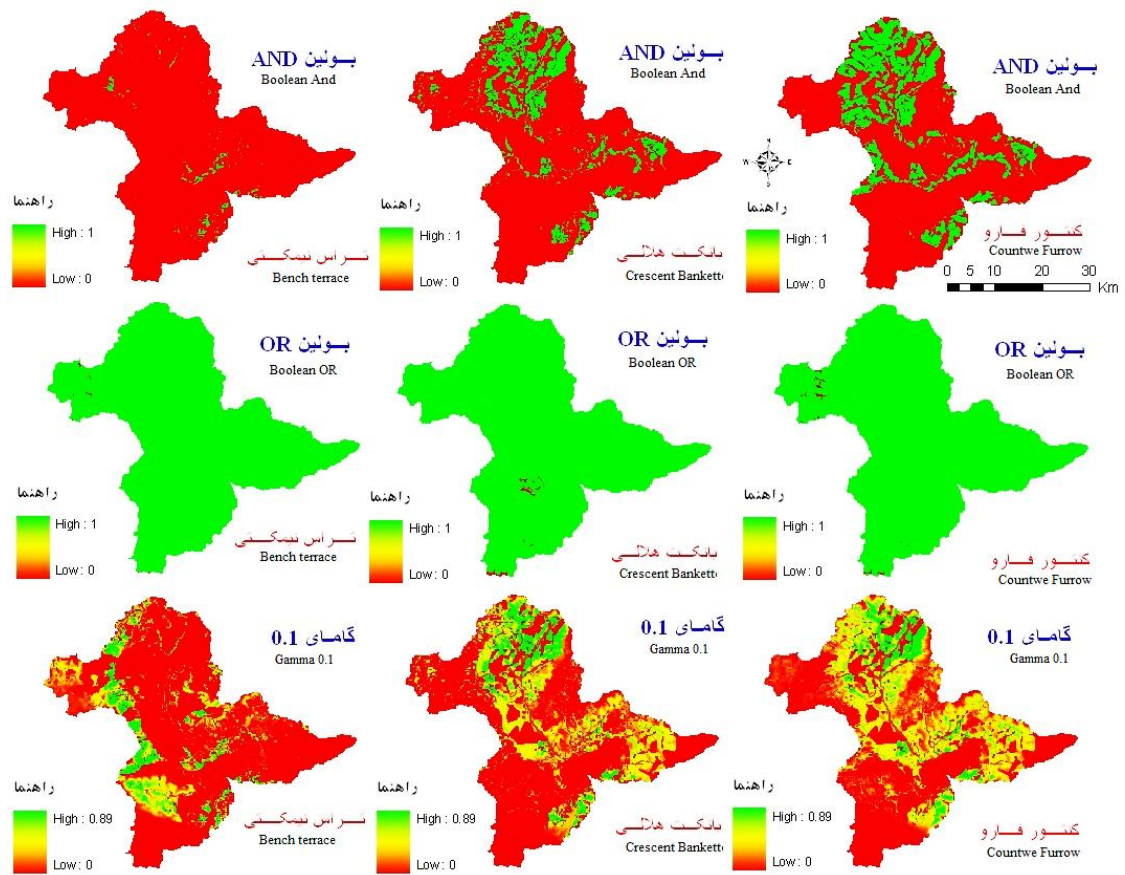
روابط عملگرها Operator relations	عملگرهای فازی Fuzzy Operators
$\mu_{\text{combine}} = \prod_{i=1}^n \mu_i$	حاصل ضرب فازی Fuzzy product
$\mu_{\text{combine}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$	حاصل جمع فازی Fuzzy aggregate
$\mu_{\text{combine}} = (1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i))^{\gamma} * (\prod_{i=1}^n \mu_i)^{1-\gamma}$	عملگر گاما Gamma Operators

مشاهده شده ۳۴ نقطه بانکت هلالی و ۳۲ نقطه کنتورفارو در حوضه مطالعاتی نازلوچای مشاهده گردید. نتایج نقاط مشاهده‌ای در مقایسه با خروجی مدل‌های مورد بررسی در جدول‌های ۴ و ۵ و شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده عملگرهای بولین AND، بولین OR، حاصل ضرب فازی (گامای صفر) و حاصل جمع فازی (گامای یک) دارای نتایج مناسبی نیست و در عملگر گامای فازی، با افزایش گاما تا مقادیر گامای بین ۰/۸ و ۰/۹ فازی تطابق مدل با داده‌های مشاهده‌ای افزایش، سپس کاهش می‌یابد که بر همین اساس گامای ۰/۹ فازی به‌عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب گردید.

نتایج

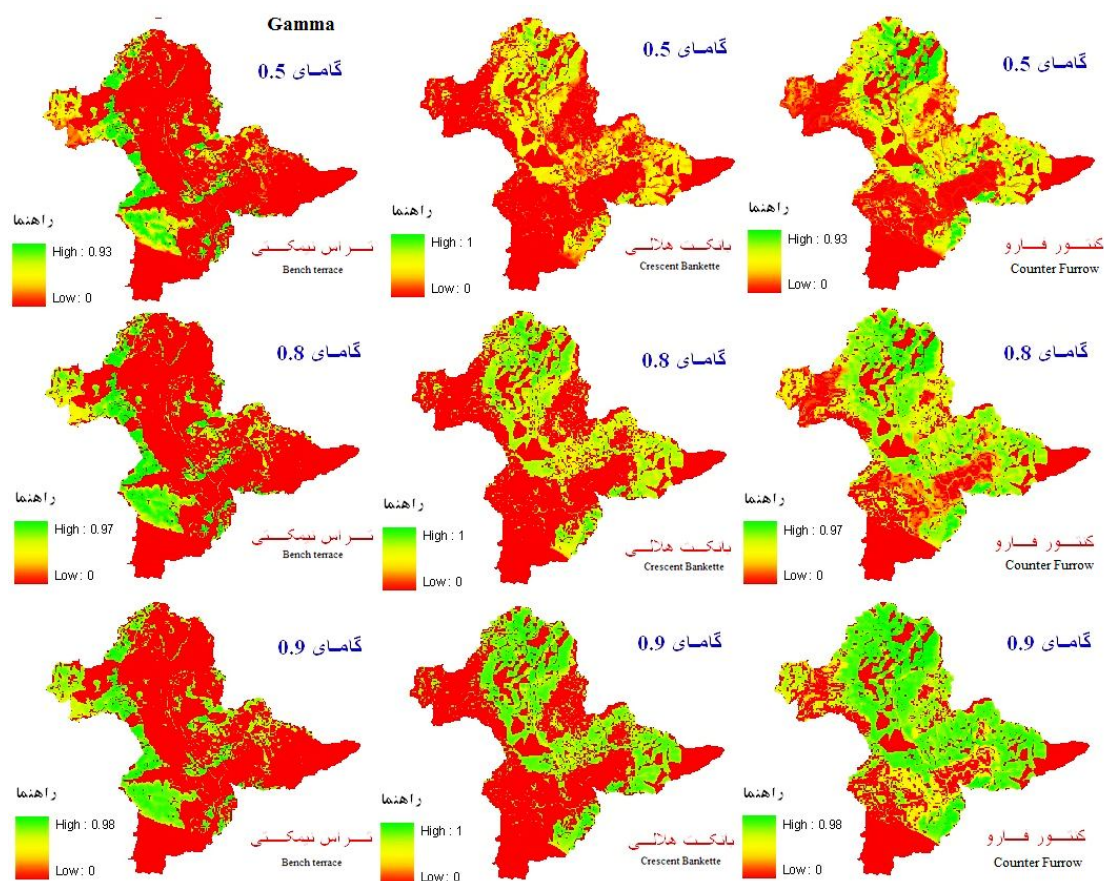
هر یک از نقشه‌های پتانسیل مناطق مستعد سیستم‌های استحصال آب در عملگرهای بولین AND، بولین OR و گامای فازی از مقادیر گامای ۰/۱ تا ۰/۹ مطابق شکل‌های ۴ به دست آمد. هر یک از نقشه‌ها به پنج کلاس با فواصل یکسان تقسیم شد. به‌منظور صحت‌یابی مدل از روش شاخص تشابه^۱ فاصله اقلیدسی نرمال شده^۲ بین داده‌های مشاهده‌ای و خروجی برای هر یک از مدل‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده گردید، به طوری که بیش‌تر بودن مقدار این شاخص نشان‌دهنده بالا بودن میزان تشابه داده‌های مشاهده‌ای و مدل می‌باشد. در این روش علاوه بر صحت‌یابی کل مدل، می‌توان بهترین روش را از میان روش‌های مورد بررسی تعیین کرد. بر اساس داده‌های

1- Measure of Similarity
2- Normalized Euclidian distance



شکل ۴- نقشه‌های خروجی عملگرهای بولین و فازی.

Figure 4. Boolean and Fuzzy operation output maps.



ادامه شکل ۴- نقشه‌های خروجی عملگرهای بولین و فازی.

Continue Figure 4. Boolean and Fuzzy operation output maps.

جدول ۴- نتایج شاخص تشابه هر یک از روش‌ها با داده‌های مشاهده‌ای در بانکت هلالی.

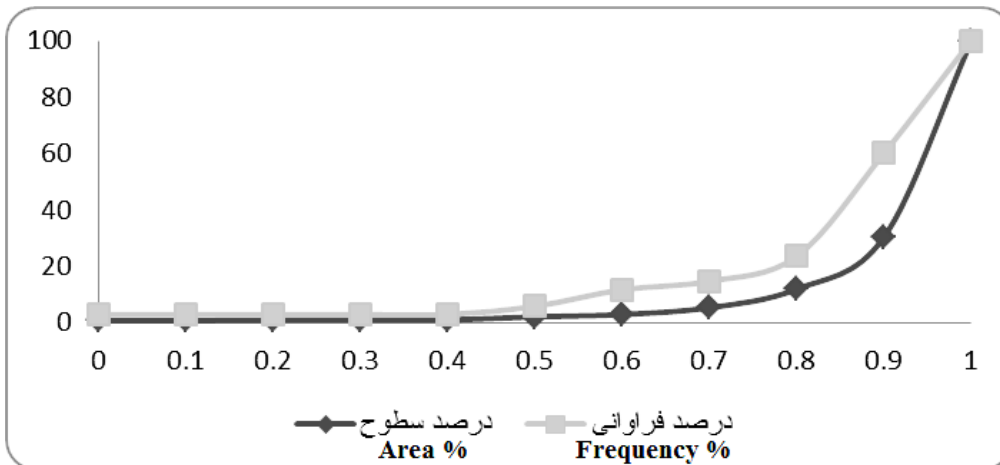
Table 4. The results of the similarity of each method with observed data in the Crescent Bankette.

Gamma	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	Gamma	Boolean	Boolean	Models	
0.9								0.1	And	Or		
	0.824	0.618	0.559	0.5	0.353	0.294	0.206	0.176	0.118	0.324	1	شاخص تشابه Similarity values

جدول ۵- نتایج شاخص تشابه هر یک از روش‌ها با داده‌های مشاهده‌ای در کنور فارو.

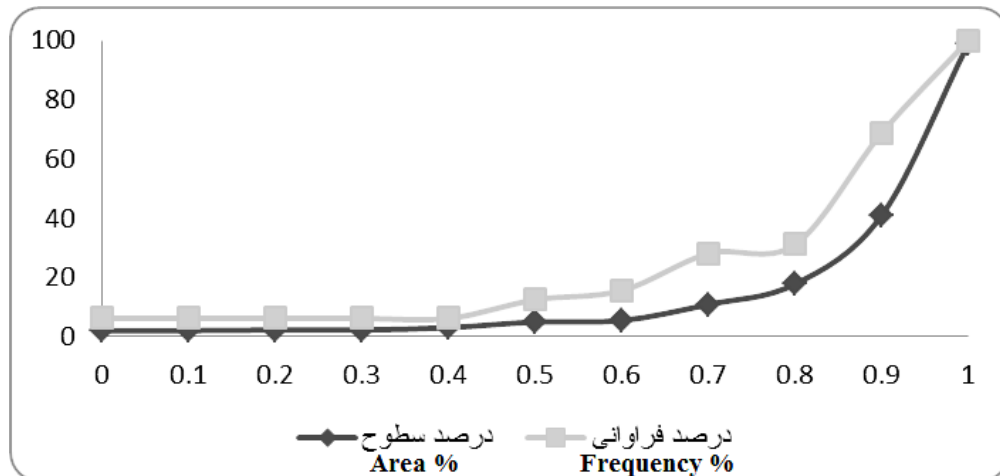
Table 5. The results of similarity of each method with observed data in the Counter Furrow.

Gamma	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	Gamma	Boolean	Boolean	Models	
0.9								0.1	And	Or		
	0.906	0.75	0.688	0.531	0.469	0.375	0.313	0.219	0.156	0.406	1	شاخص تشابه Similarity values



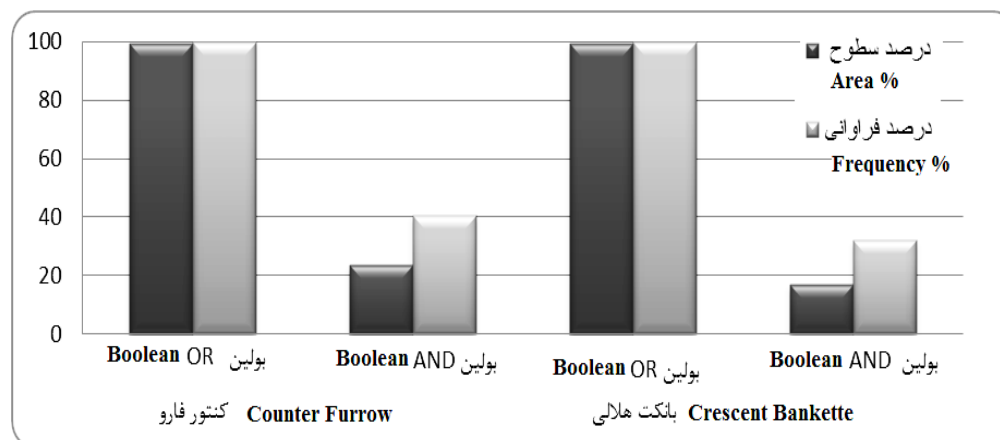
شکل ۵- نتایج مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با خروجی عملگرهای گامای فازی در سیستم بانکت هلالی.

Figure 5. The fitness of observed data with output of fuzzy logic in crescent bankette system.



شکل ۶- نتایج مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با خروجی عملگرهای گامای فازی در سیستم کنتور فارو.

Figure 6. The fitness of observed data with output of fuzzy logic in contour furrow system.



شکل ۷- نتایج مقایسه داده‌های مشاهده‌ای با خروجی منطق بولین.

Figure 7. The comparison of observed data with output of Boolean logic.

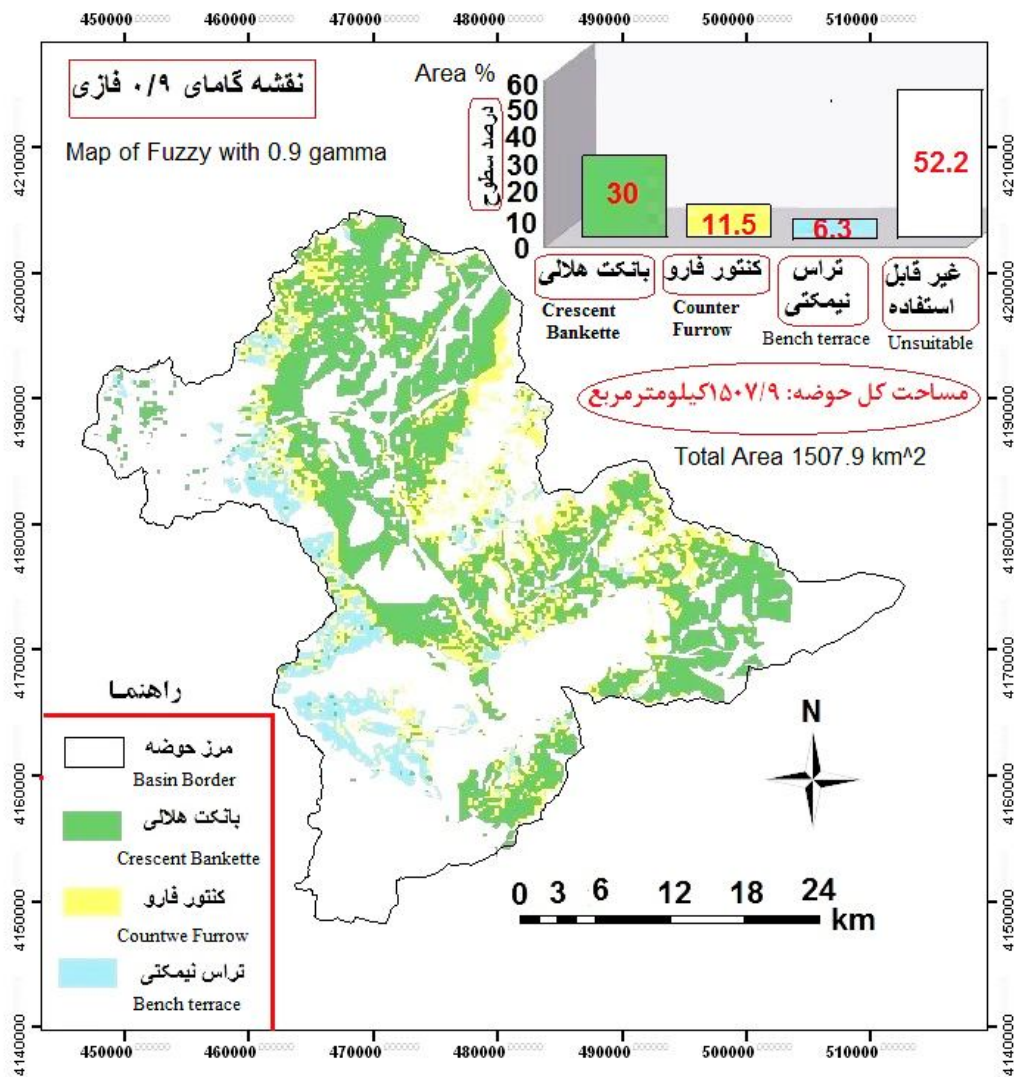
مشاهدات میدانی و نظرات کارشناسی به ترتیب اولویت، سیستم‌های بانکت هلالی، کنتور فارو و تراس نیمکتی انتخاب گردید. مطابق جدول ۶ و در نهایت نقشه نهایی مناطق مستعد سیستم‌های استحصال آب در روش گامای ۰/۹ فازی مطابق شکل ۵ به دست آمد.

بر اساس نتایج به دست آمده بر اساس صحت‌یابی مدل مورد بررسی با داده‌های مشاهده‌ای و انتخاب روش گامای ۰/۹ فازی به عنوان بهترین روش‌های ترکیب لایه‌ها و همچنین جهت تعیین اولویت سیستم‌های مورد بررسی، با در نظر گرفتن جنبه‌های فنی، اقتصادی و مقبولیت ساکنین محلی و بر اساس مطالعات داوسکی (۸) و استفاده از مطالعات و

جدول ۶- جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و فنی سیستم‌های مورد بررسی، بر اساس مطالعات داوسکوگ و همکاران (۲۰۰۸).

Table 6. Socioeconomic and technical aspects of the considered systems: according to Duveskog et al. (2008).

تراس نیمکتی Bench Terrace	کنتور فارو Contour Furrow	بانکت هلالی Semi-circular bunds	جنبه‌های مورد بررسی Aspects
عملیات احداث و نگهداری نیاز به هزینه زیادی دارد. Construction and maintenance are costly.	عملیات احداث و نگهداری نیاز به هزینه نسبتاً کمی دارد. Construction and maintenance operations require very little cost.	عملیات احداث و نگهداری نیاز به هزینه کمی دارد. Construction and maintenance operations require little cost.	اقتصادی Economic
در مناطقی که ارزش زمین بالاست احداث می‌شود. به طوری که، به علت هزینه بالای احداث و ارزش کم اراضی، مقبولیت ساکنین محلی و کارشناسان منابع طبیعی کم می‌باشد. In areas where the value of land is high. Due to the high cost of construction and low land value, the acceptability of local residents and natural resource experts is low.	مقبولیت ساکنین محلی و کارشناسان منابع طبیعی نسبتاً زیاد است. The acceptability of local residents and natural resource experts is relatively high.	مقبولیت ساکنین محلی و کارشناسان منابع طبیعی زیاد است. The acceptance of local residents and natural resource experts is high.	اجتماعی Social
نیاز به عملیات فنی به شدت زیاد می‌باشد. Need high technical operation.	نیاز به عملیات فنی نسبتاً زیاد می‌باشد. The need for relatively high technical operations.	نیاز به عملیات فنی کم می‌باشد. The need for technical operation is low.	فنی Technical



شکل ۸- نقشه نهایی مناطق مستعد سیستم‌های استحصال آب.

Figure 8. Final suitable areas of the water harvesting systems.

نتیجه‌گیری می‌شود که در بررسی مناطق مستعد، مدل‌های کلاسیک شامل عملگر بولین AND، به‌علت این‌که تعداد داده‌های مشاهده‌ای اندکی در کلاس بسیار خوب سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب قرار می‌گیرد و در عملگر بولین OR باوجود قرارگیری کل داده‌های مشاهده‌ای در کلاس بسیار خوب سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب به‌عنوان روش‌های مناسب جهت تلفیق لایه‌ها در انتخاب محل مناسب انتخاب نمی‌گردند. این نتیجه با

بحث و نتیجه‌گیری

از آن‌جا که هنوز روش علمی دقیقی برای تعیین مکان‌های مناسب جمع‌آوری آب بر اساس اطلاعات کمی و کیفی در سطح حوضه وجود ندارد، در این پژوهش با استفاده از تکنیک فازی اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی مکان‌های مناسب سیستم‌های جمع‌آوری میکروکچمنت بر اساس فاکتورهای محیطی در حوضه آبخیز نازلوچای گردید. بر اساس نتایج به‌دست آمده از روش‌های مورد بررسی با داده‌های مشاهده‌ای

برمی‌گیرند بنابراین، بر اساس نتایج به‌دست آمده نتیجه‌گیری می‌گردد که با افزایش گاما، تعداد داده‌های مشاهده‌ای از سیستم‌های استحصال آب در کلاس بسیار خوب از نقشه‌های خروجی، افزایش پیدا می‌کند، که این روند افزایشی در محدوده گامای بین ۰/۸ و ۰/۹ به‌طور چشمگیر می‌باشد و با افزایش گامای بالاتر از ۰/۹ به مقادیر فازی OR نزدیک می‌گردد. نتایج مطالعه بیانگر آن بود که میزان شاخص فاصله‌ای تشابه داده‌های مشاهده‌ای با داده‌های حاصل از هر یک از مدل‌ها در گاما ۰/۹ فازی در سیستم بانکت هلالی برابر ۰/۸۲۴ و در سیستم کنتور فارو ۰/۹۰۶ می‌باشد که نشان‌دهنده میزان تشابه بیش‌تر مدل گامای ۰/۹ فازی نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد. همچنین مشاهده می‌گردد که سیستم بانکت هلالی با ۳۰ درصد سطح بیش‌ترین درصد سطح را از بین سه سیستم مورد بررسی در روش گامای ۰/۹ فازی به خود اختصاص داد و سیستم کنتور فارو کم‌ترین درصد سطح را در روش گامای ۰/۹ فازی شامل شد.

نتایج موجود در منابع مانند مهرورز (۲۰۰۳) و زهتابیان و همکاران (۲۰۰۱) (۱۴ و ۲۵) که منطق بولین به‌عنوان روشی مناسب در تلفیق لایه‌ها به‌شمار نمی‌آید، همخوانی دارد. در این پژوهش، عملگر گامای فازی شامل گامای ۰/۱ تا ۰/۹ و همچنین، از عملگرهای حاصل جمع فازی و حاصل‌ضرب فازی استفاده شد، نتایج بررسی‌ها نشان داد، بر خلاف نتایج آل‌شیخ و همکاران (۲۰۰۸) و زهتابیان و همکاران (۲۰۰۱) (۲ و ۲۵) که گاماهاى پایین‌تر جهت احداث سیستم‌های ماکروکچمنت اصلاحی (پخش سیلاب) مناسب می‌باشد، دلیل این می‌تواند در این مفهوم نهفته باشد که در روش‌های پخش سیلاب، به‌خاطر محدوده ارتفاعی کم عرصه‌ها، دامنه متغیرها اختلاف کم‌تری را شامل می‌گردند. در سیستم‌های میکروکچمنت استحصال آب، گاماهاى بالاتر مناسب می‌باشد و این به‌خاطر این موضوع می‌باشد که در روش‌های استحصال آب میکرو، تغییرات پارامترهای دخیل به‌خاطر گستره زیاد ارتفاعی، دامنه بزرگ‌تری را پوشش داده و در

منابع

1. Abrefa, K., Forkuob, K., and Asamoaha, J. 2013. Using a GIS-based model as a decision support framework for identifying suitable rain water harvesting sites. *Inter. J. Adv. Technol. Engin. Res. (IJATER)*. 3: 4. 25-33.
2. Alesheikh, A.A., Soltani, M.J., Nouri, N., and Khalilzadeh, M. 2008. Land assessment for flood spreading site selection using geospatial information system. *Inter. J. Environ. Sci. Technol.* 5: 4. 455-462. (In Persian)
3. An, P., Moon, W.M., and Rencz, A. 1991. Application of fuzzy set theory to integrated mineral exploration. *Can. J. Exp. Geophysic.* 27: 1. 1-11.
4. Awulachew, S.B., Lemperiere, P., and Tulu, T. 2009. Water harvesting and development for improving productivity. *Improving productivity and market success. (IPMS)*. 90p.
5. Bonham-Carter, G.F. 1994. *Geographic information systems for geoscientists: Modeling with GIS*. Paragon press, Oxford, 398p.
6. Brown, F.M. 2003. *Boolean reasoning the logic of Boolean equations*. Dover publications, 304p.
7. De Pauw, E., Oweis, T., and Youssef, J. 2008. Integrating expert knowledge in GIS to locate biophysical potential for water harvesting: methodology and a case study for Syria. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria*.
8. Duveskog, D., Nyagaka, D., Mweri, B., Shiribwa, M., and Kaumbutho, P. 2003. *Soil and water conservation with a focus on water harvesting and soil moisture retention*. Published by the farm level applied research methods for east and southern Africa, 86p.

9. Frasier, G.W. 1980. Harvesting water for agricultural, wildlife, and domestic uses. *J. Soil Water Cons.* 35: 3. 125-128.
10. Hessari, B., Ghani-Poor, R., Khalili, K., and Heydari, A. 2006. Water balance of West Azarbijan with GIS, technical reports of regional water authority. 214p. (In Persian)
11. Makhdoom, M. 2001. Foundation land. Tehran: Tehran University Press, 304p. (In Persian)
12. Mbilinyi, B.P., Tumbo, S.D., Mahoo, H.F., Senkondo, E.M., and Hatibu, N. 2005. Indigenous knowledge as decision support tool in rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 11-16. 792-798.
13. Mbilinyi, B.P., Tumbo, S.D., Mahoo, H.F., and Mkiramwinyi, F.O. 2007. GIS-based decision support system for identifying potential sites for rainwater harvesting. *Physics and Chemistry of the Earth*. 32: 1074-1081.
14. Mehrvarze, M.K. 2003. Investigation of Quaternary Deposits Suitable for Floodwater Spreading, Case study (Tassuj Plain), M.Sc. Thesis, Tehran University. 111p. (In Persian)
15. Mkiramwinyi, F.O. 2006. Identification of potential sites for rainwater harvesting using remote sensing and GIS in the Makanya catchment, same district, Northern Tanzania. M.Sc. Thesis, Sokoine University of Agriculture, Morogoro, Tanzania.
16. Murray, J., Ogden, A.T., and Mcdaniel, P.M. 2003. Development of a GIS database for ground water recharge assessment of the Palo use. *Soil Sci.* 168: 11. 759-768.
17. Oweis, T., Prinz, D., and Hachum, A.Y. 2012. Water harvesting for agriculture in the dry areas, Taylor & Francis Group, London, UK, 262p.
18. Prinz, D. 1996. Water harvesting-past and future: Proceeding, NATO Advanced Research Workshop. Pereira, L.S. (eds), 21-26 March 1994, Balkema, Rotterdam, Pp: 135-144.
19. Prinz, D. 2001. Water harvesting for a forestation in dry areas. Proceedings, 10th. International conference on rain water catchment systems, Mannheim, 10-14 sep. 2001, Pp: 195-198.
20. Reij, C., Mulder, P., and Begemann, L. 1988. Water harvesting for plant production [World Bank Technical Series ed.]: Washington D.C, The World Bank, 98p.
21. Saaty, T.L. 1980. The analytical hierarchy process, Planning, Priority, resources allocation, RWS Publications, USA.
22. Weerasinghe, H., Schneider, U., and Low, A. 2010. Water harvesting and storage location optimization model using GIS and remote sensing. Balwois, 2010, Ohrid, Republic of Macedonia, 25, 29 May 2010.
23. Zadeh, L. 1965. Fuzzy sets. *IEEE Information and Control*, 8: 3. 338-353.
24. Zimmermann, H.J. 1985. Fuzzy Set Theory and its Applications. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 114p.
25. Zehtabian, G.R., Alavipanah, S.K., and Hamedpanah, R. 2001. Determination of an appropriate area for flood spreading by remote sensing data and GIS. In: Proceedings of the international conference on new technology for a new century, Seoul, Korea, Pp: 1-6.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 25(1), 2018

<http://jwsc.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwsc.2017.12528.2723

Site selection of Micro-catchment water harvesting systems at basin scale, with intersecting methods in GIS (a case study; NazlouChay Basin, Western Azerbaijan)

*B. Hessari¹, A. Goharnejad² and K. Solaimani³

¹Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Urmia University and Urmia Lake Research Institute,

²Ph.D. Graduate, Dept. of Rangeland and Watershed Management, University of Sharekord,

³Professor, Dept. of Watershed Management, University of Mazandaran

Received: 01/06/2017; Accepted: 02/04/2018

Abstract

Background and Objectives: Iran and accordingly the study area due to placing on the dry belt region of the world are always faced with the drought phenomenon and shortage of rainfall. Accordingly, the efficient use of water and the management of these areas are integral component requirements of such areas. Precipitation pattern in arid areas occurs as storms with the high intensity usually in short time and causing huge runoff in the basin that will carry valuable surface soil and decreasing water infiltration opportunity in the soil. Different techniques of rainwater harvesting from natural lands, improved micro-catchments or agricultural micro-basins will lead to developing sustainable economical agriculture and store runoff into soils, dams, terraces, ponds, ditches and reservoirs. The study area with 470 mm rainfall and runoff coefficient of 0.26 has the high potential of water harvesting at the basin scale. Previous studies show that lower gammas fuzzy logic values target macro-catchment systems of water harvesting well, but in micro-catchment systems with using fuzzy operators are less researched.

Materials and Methods: In this research for finding suitable areas for water harvesting, 3 systems including semi-circular bunds, contour furrow and bench terrace with using GIS in Nazlu basin with 908 km² area, of west Azarbijan were investigated. Watershed factors such as climate, physiographic and hydrological factors, six important layers of precipitation, slope, land use, hydrologic soil groups and drainage and soil depth were selected. For intersecting and making layers dimensionless, Fuzzy logic with trapezoidal membership function and Fuzzy logic with the analytical hierarchical process (AHP) were used for the quantitative and qualitative variables respectively. AND for combining of layers Boolean AND, Boolean OR, Fuzzy algebraic Product, Fuzzy algebraic sum, Fuzzy gamma of 0.1 to 0.9 methods were examined.

Results: The “measure of similarity” is used for comparisons of filed observed and combination outputs. The results show for the crescent bankette and the Gamma-0.9 Fuzzy, this figure equals 0.824 and for counter furrow, equals 0.906. These figures indicate that fuzzy gamma 0.9 has better suitability than other method and also Boolean logic model do not show suitable results. Similarity index in fuzzy logic increases up to 0.9 gamma and returns below 0.9. High Gamma for site selection of Micro-catchment water harvesting systems shows better results. The 30% of the basin is suitable for semi-circular bunds, the 11.5% for contour furrow and 6.3% for bench terrace.

Conclusion: The results show that for determining the locations suitable to micro-catchment water harvesting methods, Boolean methods are less useful due to low precision and the usage of newer methods of gamma fuzzy logic should be considered, instead.

Keywords: Water harvesting at basin scale, Fuzzy logic, Boolean logic, GIS, NazlouChay Basin

* Corresponding Author; Email: b.hessari@urmia.ac.ir