

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۷، زمستان ۱۳۹۷، صص ۸۴-۶۵

وصول مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۲ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳

## پهنه‌بندی سطوح مناسب تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان‌های دشت سبزآب و گتوند با استفاده از مدل فازی و تطبیق آن با مخروطه افکنه‌های منطقه

نظام اصغری پوردشت بزرگ<sup>۱</sup>

محمدرضا ثروتی<sup>۲\*</sup>

پرویز کردوانی<sup>۳</sup>

سیاوش شایان<sup>۴</sup>

### چکیده

مخروطه افکنه‌ها از عوارض متنوع ژئومورفولوژیکی است که به دلیل تخلخل زیاد از جنبه‌ی تشکیل و تغذیه‌ی طبیعی سفره‌های آب زیرزمینی اهمیت فراوانی دارند و گسترش تمدن‌ها و مناطق مسکونی را در حاشیه‌ی خود با بهره‌برداری از این منابع آبی به وسیله‌ی حفر قنات و چاه به دنبال داشته است. از سوی دیگر برداشت بی‌رویه از این سفره‌های آب زیرزمینی، باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی شده است. تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان‌ها به روش پخش سیلاب راهکاری است که با آن می‌توان سطح ایستابی آب زیرزمینی را افزایش و روند افت سطح آن را کاهش داد. در این پژوهش با تلفیق سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل فازی، مناسب‌ترین عرصه‌های تغذیه‌ی مصنوعی در دشت سبزآب و گتوند شناسایی و میزان انطباق آنها با مخروطه افکنه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، ابتدا نقشه‌ی عوامل مؤثر در تغذیه‌ی مصنوعی شامل - شیب، نفوذپذیری، هدایت الکتریکی، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، تراکم زهکشی - در محیط GIS آماده‌سازی و با استفاده از تابع عضویت خطی فازی شده و با استفاده از عملگرهای اشتراک، جمع، ضرب و گاما با همدیگر تلفیق و نقشه‌ی نهایی تهیه گردید. نتایج این تحقیق

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات گروه جغرافیای طبیعی، تهران، ایران.

E-mail: nasgharipour@gmail.com

۲- استاد دانشگاه شهید بهشتی تهران (نویسنده‌ی مسئول).

۳- استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.

۴- استادیار دانشگاه تربیت مدرس.

نشان داد، اراضی منطقه در چهار طبقه تناسب بالا تا نامناسب از جهت تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب هستند و مناطق با تناسب بالا غالباً در پایین دست سازند زمین‌شناسی کنگلومرای بختیاری بوده و سطح مخروط‌افکنه دارای انطباق متوسط ۸۳ درصدی در عملگرهای مختلف فازی با طبقات تناسب بالا جهت تغذیه‌ی مصنوعی می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی اهمیت این لندفرم ژئومورفولوژی از جهت تغذیه‌ی مصنوعی سفره‌ی آب زیرزمینی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مخروط‌افکنه، تغذیه‌ی مصنوعی، دشت گتوند و سبزاب، مدل فازی.

#### مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین مجموعه‌های مورفوکلیماتیک جهان، مناطق خشک و بیابانی با اشکال و عوارض ژئومورفولوژیکی متفاوتند (مقصودی، ۱۳۹۰: ۱). کشور ایران در کمربند نواحی خشک و بیابانی دنیا قرار گرفته و ۶۴/۲ درصد وسعت آن در این قلمرو واقع شده است (وزارت جهاد کشاورزی ۱۳۸۷: ۱۳). به دلیل حساس بودن اکوسیستم‌های طبیعی نواحی خشک ممکن است در برابر تغییرات ناشی از عملکرد طبیعت یا انسان با کاهش قابلیت‌های زمین همراه باشند. از این رو شناخت ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی این نواحی، ما را در برخورد با چنین محیط‌های آگاه می‌سازد. مخروط‌افکنه‌ها گسترش زیادی در این نواحی داشته و از نظر شکل، نحوه‌ی شکل‌گیری و تکامل تنوع زیادی دارند (مقصودی، ۱۳۹۰: ۴). یک مخروط‌افکنه به هنگام کاهش سرعت جریان رودخانه در ورود از کوهستان به دشت، رسوبات را به شکل پشته‌های مخروطی ته‌نشین می‌دهد (راچوکی<sup>۱</sup>، ۱۹۹۰: ۳۳۸). تخلخل زیاد این رسوبات و تشکیل یک سطح هموار با شیب، ضخامت و لایه‌بندی مناسب بر روی سنگ بستر موجب ایجاد سفره‌های آب زیرزمینی و اراضی مناسب جهت کشاورزی می‌گردد که گسترش تمدن‌ها و مناطق مسکونی را در حاشیه خود با بهره‌برداری از این منابع آبی به وسیله‌ی حفر قنات و چاه به دنبال داشته

1- Rachocki, A.

است. مطالعات بر روی منابع آب کشور نشان می‌دهد که از ۴۳۰ میلیارد مترمکعب کل بارندگی سالانه‌ی کشور حدود ۲۰ درصد آن به صورت سیلاب‌های ناگهانی قابلیت بهره‌برداری دارند (فولتز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲: ۳۶۲)، (محمدنیا و کوثر، ۲۰۰۳: ۱۷۲) و می‌توان قبل از تبدیل شدن به سیلاب‌های مخرب از بخشی از آنها به منظور تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان‌ها استفاده نمود. دشت گتوند در منطقه‌ی نیمه‌خشک استان خوزستان دارای چنین ویژگی‌هایی بوده و کشاورزی آن متکی به منابع آب زیرزمینی می‌باشد. از این رو حفظ تعادل سفره‌ی آب زیرزمینی آن ضرورت دارد. پخش سیلاب بر روی آبخوان‌ها یک استراتژی مناسب برای مهار سیلاب‌ها و مدیریت منابع آب به شمار می‌رود (ASCE، ۲۰۰۱: ۳۶). روش‌های متعددی برای تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی توسعه یافته‌اند. از جمله این روش‌ها می‌توان به روش تغذیه‌ی مستقیم زیرسطحی و تغذیه‌ی سطحی اشاره نمود (کیاحیرتی، ۱۳۸۱، آکفورد<sup>۳</sup>، ۱۹۸۵: ۲۳۸). روش تغذیه‌ی سطحی از کم هزینه‌ترین و ساده‌ترین تکنیک‌های تغذیه‌ی مصنوعی بوده و روش پخش سیلاب که در اراضی مسطح و وسیع با خاک‌های نفوذپذیر قابل اجرا است، را نیز شامل می‌شود (اوهار و همکاران<sup>۴</sup>، ۱۹۸۶: ۱۸۵). سطوح مخروط افکنه غالباً دارای این ویژگی بوده و پهنه‌بندی تغذیه‌ی مصنوعی همراه با شناسایی لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی می‌تواند اهمیت این عوارض را بیشتر نمایان کند.

صراف و چودهاری<sup>۵</sup> (۱۹۹۸: ۲۶۱۰) با استفاده از GIS و RS مکان‌های مناسب تغذیه‌ی مصنوعی را با کاربرد نقشه‌های کاربری اراضی، پوشش گیاهی، ژئومورفولوژی، زمین‌ساختی، توپوگرافی و ژئومورفولوژی تعیین و با تلفیق لایه‌های فوق نشان دادند. دشت سیلابی و دشت سرها انطباق بیشتری با عرصه‌های مناسب تغذیه‌ی آب‌های

1- Foltz

2- American Society of Civil Engineers

3- Oakford

4- OHare et al.,

5- Saraf, A.K. &amp; Choudhury, R

زیرزمینی دارد. گیومیان و همکاران (۲۰۰۷: ۳۶۸) در تحقیقی با به کارگیری GIS و معیارهای شیب، نفوذپذیری، ارتفاع سطح ایستابی، کیفیت رسوبات و کاربری اراضی بر پایه منطق بولین و فازی در منطقه گاوبندی، مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی آبخوان ساحلی را شناسایی نمودند که نشان از انطباق خیلی خوب با سطوح مخروط افکنه‌های منطقه دارد. مرادی و همکاران (۱۳۸۹: ۱۵۷) در حوضه‌ی آبخیز شهریاری رابطه‌ی بین نقشه‌ی ژئومورفولوژی با تناسب اراضی برای پخش سیلاب را بررسی کرده و نتیجه گرفتند که واحد مخروط افکنه بالاترین همپوشانی را با این مکان‌ها دارد. چودهاری و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰: ۳۶۳) استفاده از فناوری GIS و RS، روش MCDM و معیارهای شیب، قابلیت انتقال، ضریب زهکشی و زمین‌شناسی مناطق مناسب برای تغذیه‌ی مصنوعی آب‌های زیرزمینی را در منطقه مدیناپورغربی تعیین نمودند و نتایج این روش را دارای کارایی مناسب در تلفیق با GIS بیان داشتند. صفاری و همکاران (۱۳۹۵: ۱۰) با کاربرد تلفیقی مدل FUZZY/AHP و تلفیق نقشه‌های شیب، هدایت الکتریکی، زمین‌شناسی، تراکم زهکشی، قابلیت انتقال، ارتفاع و ضخامت آبرفت مکان‌های مناسب پخش سیلاب را در دشت بوشکان بوشهر انجام داده و نتیجه گرفتند عملگر گامای ۰/۹ بهترین پهنه‌بندی را انجام داده است. همچنین تحقیقاتی توسط زهتابیان و همکاران ۱۳۸۰: ۳۵، فرجی سبکبار، ۱۳۹۲، منجزی و همکاران، ۲۰۱۳: ۲۹۴، مورگه و دکاترامن، ۲۰۱۳: ۴۰۵، مرادی و همکاران، ۲۰۱۳: ۳۷۹، و حبیب‌زاده و همکاران ۱۳۹۵ در خصوص کاربرد GIS و مدل‌های مربوطه در تعیین مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی صورت گرفته است. این پژوهش با هدف کاربرد مدل فازی و بررسی توانمندی آن در پهنه‌بندی و انطباق سطوح مناسب تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب بر روی مخروط افکنه‌ها در منطقه‌ی دشت سبزاب و گتوند انجام گرفت.

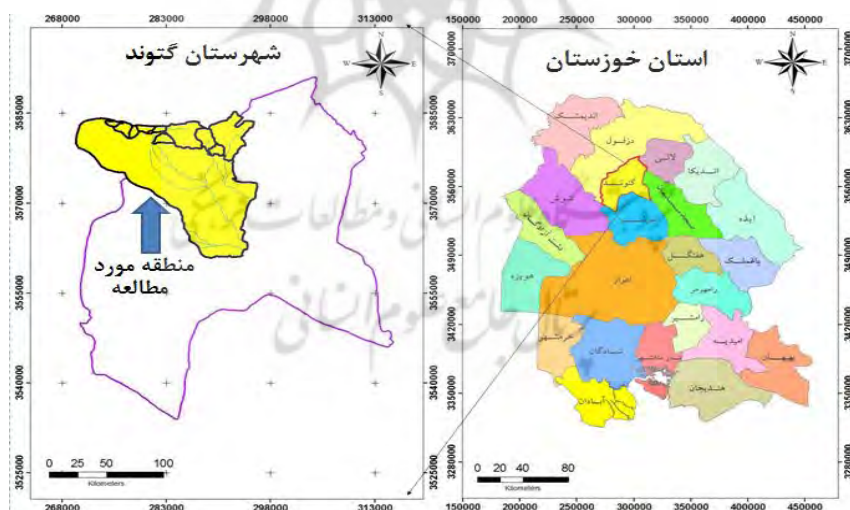
---

1- Chowdhury et al.,

## مواد و روش‌ها

### منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه بخشی از شهرستان گتوند و دزفول در شمال استان خوزستان می‌باشد. این منطقه دارای مختصات جغرافیائی  $48^{\circ}33'$  تا  $48^{\circ}50'$  طول شرقی و  $10^{\circ}$  تا  $32^{\circ}21'$  عرض شمالی با مساحتی معادل  $334$  کیلومترمربع بوده میانگین سالانه‌ی دما  $25/8$ ، حداکثر و حداقل مطلق دما  $52$  و  $-1$  درجه سانتی‌گراد در تیر و دی ماه است. میانگین بارش سالانه در ایستگاه گتوند  $406/7$  میلی‌متر و پربارش‌ترین فصل سال زمستان با متوسط  $205/4$  میلی‌متر می‌باشد. منطقه‌ی مذکور دارای کوه‌های کم ارتفاع تا نسبتاً مرتفع، همراه با شیب‌های تند می‌باشد. سازندهای زمین‌شناسی منطقه شامل کنگلومرای بختیاری (BK)، آغاچاری (AJ)، بخش لهبری (Lbm)، گچساران (GS)، میشان (Mn) و رسوبات کواترنری (Q) می‌باشند. شکل (۱).



شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت منطقه‌ی دشت سبزآب و گتوند

پهنه‌بندی سطوح مناسب تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب تحت تأثیر عوامل مختلفی می‌باشد. در این پژوهش پهنه‌بندی صورت گرفته در قالب مدل منطق فازی انجام گردیده است. در تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی از منابع و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ مناطق گتوند و سریشه و نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه دزفول، داده‌های بارش دوره‌ی آماری ۳۵ ساله ایستگاه‌های باران‌سنجی گتوند و دزفول، آزمایشات نفوذپذیری خاک به روش استوانه مضاعف، اندازه‌گیری هدایت الکتریکی سیلاب‌های منطقه با دستگاه EC متر پرتابل مدل HANA HI98192، همراه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ETM+ مربوط به سال ۲۰۱۰ استفاده شده است. بعد از تهیه منابع و اطلاعات لازم، کلیه‌ی مراحل تحقیق طی سه مرحله شامل: مرحله‌ی اول ساماندهی اطلاعات، که در این مرحله داده‌های فضایی مربوط به لایه‌های شش‌گانه (محدوده‌ی نهشته‌های کواترنری منطقه) مورد استفاده در مدل فازی شامل لایه‌های شیب، نفوذپذیری، هدایت الکتریکی، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال، تراکم زهکشی و همچنین نقشه‌ی کاربری ارضی که در قالب فرمت‌های رستری و برداری در سیستم اطلاعات جغرافیایی و محیط نرم‌افزار ARC GIS10.3 ساماندهی شدند. مرحله‌ی دوم فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر و همپوشانی آنها توسط مدل فازی همراه با به کارگیری عملگرهای Sum، And، OR، Product و Gamma و در مرحله‌ی سوم نیز انطباق پهنه‌بندی تغذیه‌ی مصنوعی با سطوح مخروط‌های افکنه منطقه صورت پذیرفت.

۱) مدل منطق فازی و عملگرهای آن: در نظریه‌ی مجموعه کلاسیک عضویت به صورت درست یا غلط تعریف می‌شود. در حالی که عضویت در مجموعه فازی به صورت صفر (عدم عضویت کامل) تا یک (عضویت کامل) بیان می‌شود (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۴). در روش فازی احتمال عضویت یک پیکسل به مجموعه فازی با توجه به تابع عضویت فازی و با کاربرد عملگرهای فازی ارزیابی می‌گردد (ونگ‌وهال<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶: ۱۱۲). این عملگرها

1- Wang and Hall. 1996.

مجموعه فازی را با هدف رسیدن به مجموعه دلخواه ترکیب می‌کنند، که شامل: عملگر اشتراک مجموعه‌ها And، عملگر اجتماع مجموعه‌ها Or، عملگر متمم ضرب متمم مجموعه‌ها Sum، عملگر ضرب مجموعه‌ها Product و عملگر گاما (Gamma)، که جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر ضرب فازی و دقت خیلی کم عملگر فازی جمع معرفی شده است (بونهام کارتر<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱: ۲۱۵).

۲) معیارهای پخش سیلاب با هدف تغذیه‌ی مصنوعی: با توجه به سوابق موجود در این زمینه از نظر هیدروژئولوژیست‌ها، ژئومورفولوژیست‌ها، متخصصان GIS (دادرسی و خسروشاهی، ۱۳۸۷: ۲۲۷) و شرایط محلی بررسی شده، پارامترهای ضخامت آبرفت، نفوذپذیری، کیفیت سیلاب، شیب، قابلیت انتقال و تراکم زهکشی انتخاب شدند. سپس با استفاده از اطلاعات موجود و کارهای صحرایی در محیط نرم‌افزار ArcGIS10.3 نقشه‌ی هر عامل در محدوده‌ی نهشته‌های کواترنری منطقه‌ی مورد مطالعه، به شرح زیر تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

- ضخامت آبرفت: هرچه ضخامت آبرفت بیشتر، میزان ذخیره‌ی آب زیرزمینی در آن زیادتر می‌شود (چو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). این نقشه از درون‌یابی نتایج آزمایش‌های ژئوالکتریک و لاگ چاه‌ها تهیه گردید (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹: ۸۲)

- نفوذپذیری: نفوذپذیری بالا از ویژگی‌های خاک‌های خوب برای پخش سیلاب می‌باشد. نقشه‌ی نفوذپذیری منطقه شکل (۲)، از درون‌یابی نتایج ۱۱ مورد آزمایش نفوذپذیری خاک جدول (۱) به روش استوانه مضاعف به دست آمد (جهاد کشاورزی، ۱۳۷۵: ۸۵) و (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ۱۳۸۵: ۷۸).

- کیفیت سیلاب: کیفیت سیلاب تعیین‌کننده‌ی مصارف مختلف آب می‌باشد (قرمز چشمه و همکاران، ۱۳۷۹: ۴۲). در این پژوهش از ۳ واقعه‌ی سیلاب در ۶ آبراهه‌ی

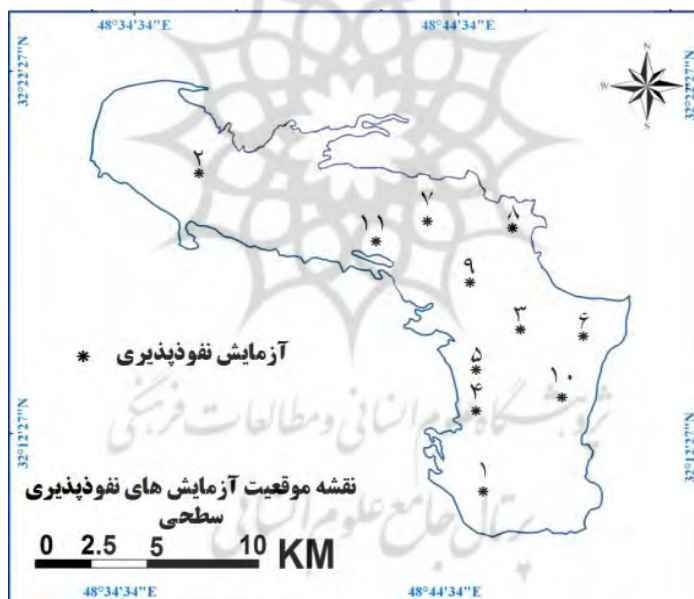
1- Bonham Carter

2- Cho et al.,

اصلی و جمعاً ۱۸ نمونه در فصل بارش از آبان و آذر ۱۳۹۱ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ نمونه‌گیری شد، که حداقل هدایت الکتریکی (EC) در سیلاب‌ها ۳۸۰ و حداکثر ۸۵۰۰ میکروموس اندازه‌گیری شد و نقشه‌ی کیفیت سیلاب بر این مبنا تهیه گردید.

جدول (۱) مقادیر نفوذ متوسط اندازه‌گیری شده بروش استوانه مضاعف

شماره آزمایش	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
نفوذپذیری	۱۷/۳	۵۳/۷	۴۲/۴	۱۴/۶	۲۲/۵	۳۸/۴	۳۳/۲	۴۰	۵۷/۸	۲۴/۸	۶۳/۶
میلی‌متر بر ساعت											



شکل (۲) نقشه‌ی موقعیت آزمایش‌های نفوذپذیری خاک بروش استوانه مضاعف

- شیب: شیب نقش بسیار مهمی در کنترل عواملی مانند سیل‌خیزی و نفوذپذیری دارد. نقشه‌ی شیب از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری و تبدیل آنها به مدل رقومی ارتفاع استفاده شده است.



- ضریب قابلیت انتقال: این ضریب نشان‌دهنده‌ی حرکت آب در محیط متخلخل است (قرمزچشمه، ۱۳۷۹: ۴۵). نقشه‌ی قابلیت انتقال از درون‌یابی نتایج ۸ مورد آزمایش پمپاژ به دست آمده است (سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۸۹).

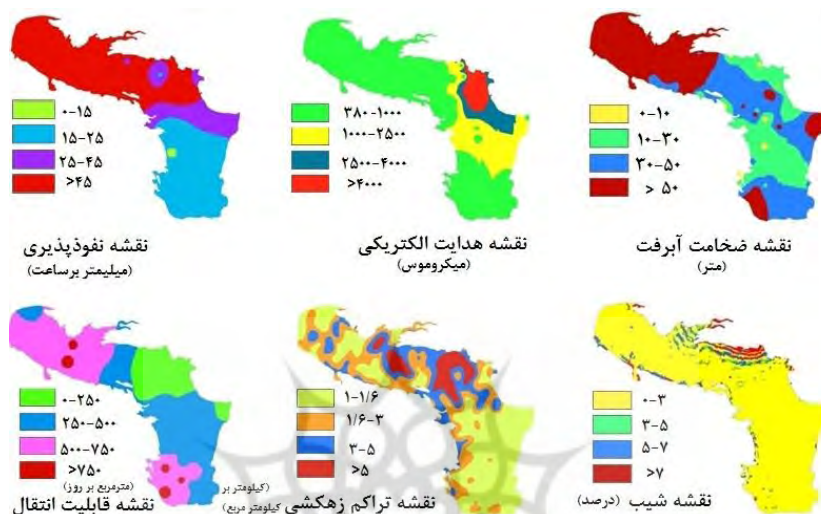
- تراکم زهکشی: نسبت طول کلیه‌ی آبراهه‌ها در یک حوضه‌ی آبخیز به مساحت آن، تراکم آبراهه می‌باشد و رابطه‌ی مستقیمی با دبی حداکثر در حوضه دارد (چودهاری و همکاران، ۲۰۱۰: ۳۷۷). نقشه‌ی تراکم زهکشی از لایه آبراهه‌ها در نقشه‌ی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ تهیه گردید.

- نقشه‌ی ژئومورفولوژی: با تفسیر تصاویر سنجنده  $ETM^+$  ماهواره لندست سال ۲۰۱۰ و بازدیدهای صحرائی، نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی تهیه و به منظور بررسی انطباق طبقات مختلف اراضی برای تغذیه‌ی مصنوعی با واحد ژئومورفولوژی مخروط افکنه استفاده گردید.

- کاربری اراضی: از منظر کاربری اراضی منطقه شامل: بستر رودخانه، اراضی شهری، کشاورزی آبی، کشاورزی دیم و مرتع می‌باشد. اراضی مرتعی جهت اجرای پروژه‌های آبخوانداری اهمیت بسیار بالای دارند و احداث این پروژه‌ها بیشتر در این نوع کاربری امکان‌پذیر است کوثر، آهنگ (۱۳۷۴). برای تهیه‌ی این نقشه از تفسیر تصاویر چند طیفی سنجنده  $ETM^+$  ماهواره لندست سال ۲۰۱۰ استفاده شد.

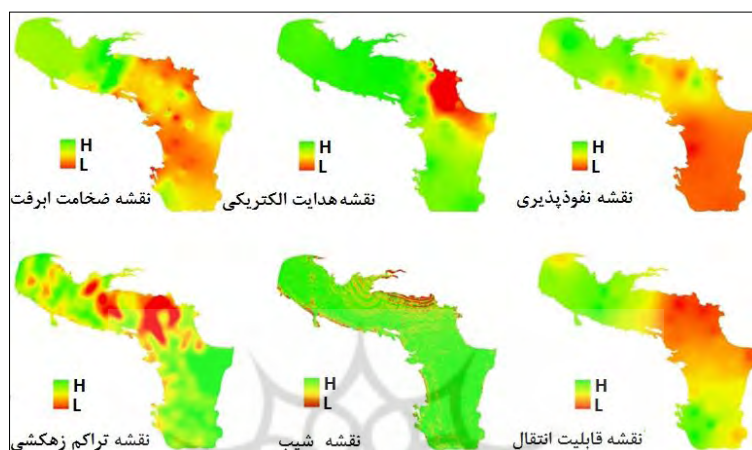
### بحث و نتایج

(۱) نقشه‌ی عوامل موثر در مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب: با توجه به عوامل مؤثر در مدل‌سازی برای مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب، ابتدا اطلاعات اولیه هر لایه در محیط نرم‌افزار ARCGIS10.3 با درون‌یابی به نقشه‌ی رستری با پیکسل سایز مورد نظر تبدیل گردید شکل (۳).



شکل (۳) نقشه‌ی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب

۲) فازی سازی و تلفیق لایه‌ها: جهت انجام تصمیم‌گیری به روش فازی بعد از تهیه‌ی نقشه‌ی عوامل مؤثر، شامل: شیب، نفوذپذیری، کیفیت سیلاب، ضخامت آبرفت، قابلیت انتقال و تراکم زهکشی، تابع عضویت خطی با توجه به رفتار هرعامل به صورت افزایشی یا کاهش‌ی انتخاب شد و در محیط نرم‌افزار ARC GIS10.3 و با دستور FUZZY MEMBERSHIP این فرایند بر لایه‌ها اعمال و نقشه‌ی وزنی فازی تهیه گردید شکل (۴). در ادامه با همپوشانی کردن لایه‌های فازی شده با عملگرهای فازی شامل اجتماع، اشتراک، ضرب، جمع و عملگر فازی گاما شامل مقادیر ۰/۱ تا ۰/۹ در نرم‌افزار ARC GIS10.3 نقشه‌ی اولیه مکان‌یابی در چهار طبقه (تناسب بالا تا نامناسب) تهیه گردید. از آن جایی که پروژه‌های پخش سیلاب با محدودیت کاربری اراضی برای اجرا مواجه هستند، بنابراین نقشه‌ی کاربری اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی تهیه و از نقشه‌ی مکان‌یابی اولیه کسر گردید. شکل (۵) نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه را نشان می‌دهد.



شکل (۴) نقشه‌های فازی شده عوامل موثر بر مکان‌یابی تغذیه‌ی مصنوعی در مدل فازی

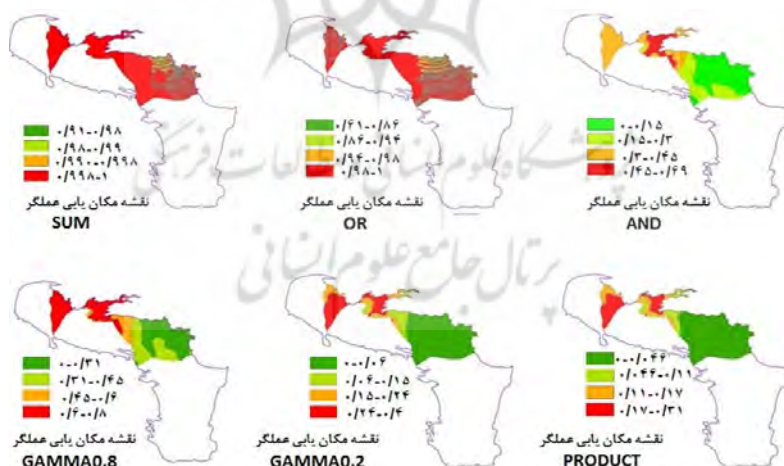
(۳) مناطق مناسب برای تغذیه‌ی مصنوعی: پس از تلفیق نقشه‌ی عوامل مؤثر با به کارگیری عملگرهای فازی، نقشه‌ی مناطق مناسب تغذیه‌ی مصنوعی در چهار طبقه (تناسب بالا تا نامناسب) تهیه شد که مساحت طبقات مختلف به دست آمده در جدول (۲) و محدوده‌ی آنها در شکل (۶) آمده است.



شکل (۵) کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه

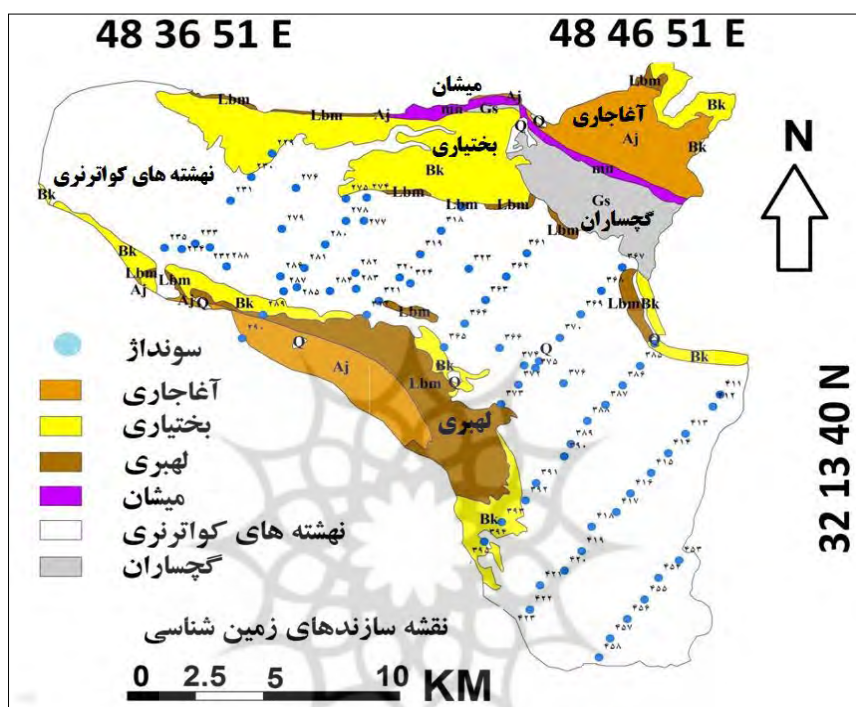
جدول (۲) مساحت کلاس‌های مختلف مکان‌یابی شده با اعمال مناطق دارای محدودیت

روش	کلاس ۱ (هکتار)	کلاس ۲ (هکتار)	کلاس ۳ (هکتار)	کلاس ۴ (هکتار)
Sum	۱۵	۱۷۸	۶۱۶	۴۹۷۳
And	۲۳۷۱	۱۳۶۶	۱۴۵۴	۵۹۲
OR	۲۸	۱۵۴	۱۲۶۱	۴۳۳۹
product	۳۷۶۵	۴۸۲	۶۰۸	۹۲۸
Gamma0.9	۱۴۹۱	۱۴۵۸	۸۱۵	۲۰۱۸
Gamma0.8	۲۰۳۹	۱۳۹۰	۶۰۰	۱۷۵۵
Gamma0.7	۲۴۰۰	۱۱۳۸	۶۰۴	۱۶۴۱
Gamma0.6	۲۵۶۴	۱۰۵۰	۶۰۱	۱۵۶۸
Gamma0.5	۳۳۹۳	۵۵۶	۵۵۹	۱۲۷۵
Gamma0.4	۳۴۴۲	۵۷۴	۵۵۷	۱۲۰۹
Gamma0.3	۳۵۵۶	۵۵۲	۵۷۹	۱۰۹۶
Gamma0.2	۳۶۰۱	۵۳۵	۵۸۴	۱۰۶۳
Gamma0.1	۳۶۵۹	۵۱۷	۵۹۸	۱۰۰۹



□ دامنه عددی بزرگتر (رنگ قرمز) نشان دهنده ارزش عددی فازی بالاتر و مناطق با تناسب بیشتر را نشان می‌دهد.  
 □ رنگ سفید در مرز محدوده، مناطق دارای محدودیت کاربری شامل اراضی مسکونی و کشاورزی بوده و در نقشه‌های نهایی در نظر گرفته نشده‌اند.

شکل (۶) نقشه‌های مکان‌یابی تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب با عملگرهای فازی

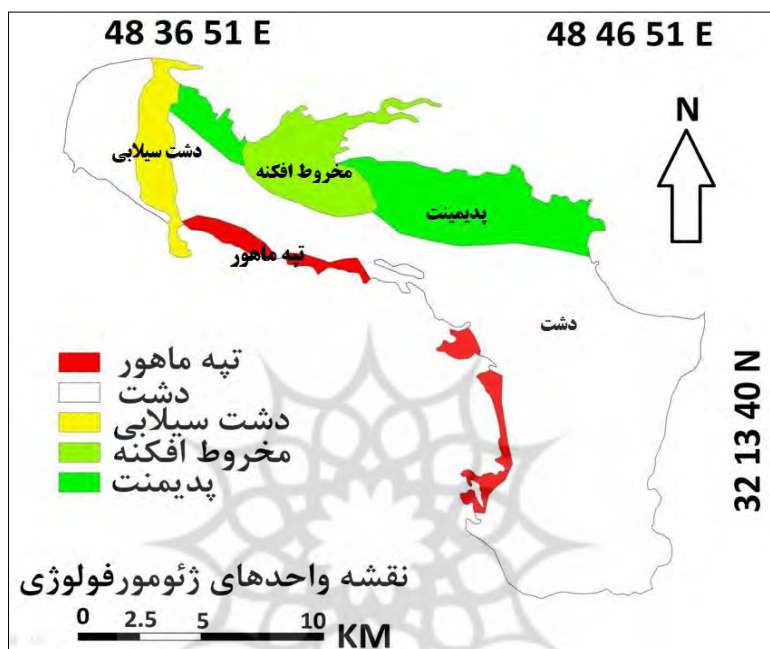


شکل (۷) نقشه‌ی سازندهای زمین‌شناسی و موقعیت سونداژهای ژئوالکتریک

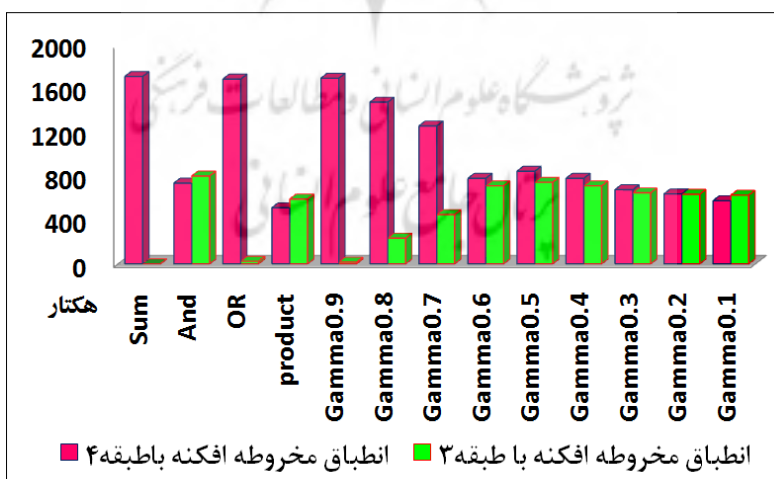
۴) تبیین ارتباط سازندهای زمین‌شناسی با مکان‌های مناسب تغذیه‌ی مصنوعی: توزیع جغرافیایی مکان‌یابی نشان از ارتباط بالای مناطق با تناسب بالا با سازندهای زمین‌شناسی دارای فرسایش فیزیکی، بار بستر و مواد آبرفتی دارد. بدین صورت که در پایین دست سازند کنگلومرای بختیاری (BK) پهنه‌های دارای تناسب بالا بیشترین مساحت را داشته که حکایت از ارتباط زیاد این مکان‌ها با عمق زیاد مواد آبرفتی و نفوذپذیری بالای آنهاست. در مقابل مناطق با تناسب پایین و نامناسب جهت تغذیه‌ی مصنوعی پراکنش بیشتری در پایین دست سازندهای با فرسایش غالب شیمیایی و بار

رسوبی ریزدانه دارند که می‌توان به سازندهای آجاجاری (AJ)، گچساران (GS)، میشان (Mn) اشاره نمود. سازند آجاجاری و میشان به دلیل داشتن لیتولوژی غالب مارنی بار رسوبی ریزدانه زیادی دارند و مانع از تشکیل آبخانه و همچنین ایجاد لایه‌های رسوبی با نفوذپذیری بسیار پایین می‌گردند، از طرف دیگر سازند گچساران با داشتن لیتولوژی گچی و نمکی غالب، کیفیت سیلاب‌های فصلی را به شدت پایین آورده و باعث بالا رفتن شوری سیلاب‌ها می‌گردد که در نهایت این سیلاب‌ها قابلیت استفاده جهت تغذیه‌ی مصنوعی را از دست داده و در صورت نفوذ دادن چنین سیلابی کیفیت آب زیرزمینی نیز به مخاطره می‌افتد. شکل (۷) موقعیت سازندهای زمین‌شناسی و دشت آبرفتی را نشان می‌دهد.

۵) تبیین ارتباط لندفرم مخروط افکنه با مکان‌های مناسب تغذیه‌ی مصنوعی: در ادامه نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی شکل (۸)، و نقشه‌ی مکان‌یابی با روش جداول تقاطعی انطباق داده شد و میزان همپوشانی با واحدهای مذکور به دست آمد. انطباق بسیار بالای سطح لندفرم مخروط افکنه با طبقات مناسب و تناسب بالا نشان از وجود رسوبات آبرفتی گراولی و سیلتی با دانه‌بندی مناسب داشته که حاصل از فرسایش سازند کنگلومرای بختیاری (BK) و کیفیت خوب رسوبات از جهت انحلال کم در سیلاب و نفوذپذیری زیاد این لندفرم ژئومورفولوژی دارد. میزان سطح انطباق با طبقات چهارگانه و درصد انطباق با طبقات مناسب و تناسب بالا (طبقات ۳ و ۴) در جدول (۳) و شکل (۹) نشان داده شده است و اشکال (۱۰ و ۱۱) مخروط افکنه دشت گتوند و سبزاب و عملیات تغذیه‌ی مصنوعی بر روی آن را نشان می‌دهد.



شکل (۸) نقشه‌ی واحدهای ژئومورفولوژی دشت گتوند و سبزآب



شکل (۹) نمودار انطباق سطح مخروط افکنه با طبقات ۳ و ۴ مکان‌یابی شده



شکل (۱۰) مخروط افکنه‌ی منطقه‌ی سبزاب شکل (۱۱) عملیات تغذیه‌ی مصنوعی بر روی مخروط افکنه

جدول (۳) انطباق سطوح مخروطه افکنه با طبقات پهنه‌بندی در عملگرهای مدل فازی

درصد انطباق با طبقات ۳ و ۴	انطباق سطح مخروطه افکنه با طبقات پهنه‌بندی تغذیه‌ی مصنوعی (هکتار)				نوع عملگر فازی
	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	
۱۰۰	۰	۰	۰	۱۷۱۴	Sum
۹۰	۰	۱۷۲	۸۰۳	۷۳۸	And
۱۰۰	۰	۰	۲۳	۱۶۹۰	OR
۶۵	۱۵	۵۹۱	۵۹۲	۵۱۳	product
۱۰۰	۰	۰	۱۵	۱۶۹۸	Gamma0.9
۱۰۰	۰	۰	۲۳۵	۱۴۷۹	Gamma0.8
۱۰۰	۰	۱	۴۵۰	۱۲۶۱	Gamma0.7
۸۷	۰	۲۱۸	۷۱۳	۷۸۲	Gamma0.6
۹۳	۰	۱۲۰	۷۴۶	۸۴۷	Gamma0.5
۸۷	۰	۲۱۸	۷۱۳	۷۸۲	Gamma0.4
۷۷	۲	۳۸۵	۶۴۹	۶۷۸	Gamma0.3
۷۴	۷	۴۳۱	۶۳۶	۶۳۹	Gamma0.2
۷۰	۹	۴۹۹	۶۲۸	۵۷۷	Gamma0.1
۸۳	درصد متوسط انطباق با طبقات ۳ و ۴				



## نتیجه‌گیری

مخروطه‌افکنه دشت گتوند و سبزآب در مکان‌یابی صورت گرفته، در سه عملگر Sum، OR و Gmma0.7 تا Gmma0.9 بالاترین انطباق (۱۰۰ درصد) را با طبقات مناسب و تناسب بالا جهت تغذیه‌ی مصنوعی به روش پخش سیلاب دارد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت تخلل زیاد و مواد آبرفتی حاصل از فرسایش سازند گنگلومرای (BK) که موجب تشکیل مخروطه افکنه منطقه شده، امکان به کارگیری ویژگی‌های ذاتی این لند فرم را در شناسایی سریع و آسان به عنوان مناطق مستعد تغذیه‌ی مصنوعی آب زیرزمینی فراهم می‌نماید. نتایج غیومیان و همکاران (۲۰۰۷)، مرادی و همکاران (۱۳۸۹)، چودهاری و همکاران (۲۰۱۰) در به کارگیری لایه ژئومورفولوژی و تطبیق بیشتر سطوح دشت سر و مخروط افکنه‌ها نیز بر این موضوع تأکید دارد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت، توجه به رخساره‌های فرسایش آبراهه‌ای و مخروط افکنه‌ها که عرصه‌های وسیعی از مناطق خشک و بیابانی کشور را تشکیل می‌دهند، از جهت تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی اهمیت فراوان دارد و لزوم توجه به این اشکال به عنوان راهی سریع‌تر جهت مدیریت و بهره‌برداری از این لندفرم‌ها را نشان داده و ما را در استفاده و تغییر کاربری این اشکال ژئومورفولوژی آگاه‌تر می‌نماید. از این رو پیشنهاد می‌گردد، با انجام پروژه‌های تغذیه‌ی مصنوعی بر روی سطوح نفوذپذیر مخروط افکنه‌ها و استفاده از سیلاب‌های فصلی علاوه بر جلوگیری از آثار تخریبی آنها، منابع آب زیرزمینی را تقویت نماییم.

## منابع

- صغری پوردشت بزرگ، نظام (۱۳۹۲)، تعیین مکان‌های مناسب تغذیه‌ی مصنوعی آب زیرزمینی به روش پخش سیلاب با به کارگیری مدل‌های Fuzzy و AHP، پایان‌نامه‌ی دکتری رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران، ص ۱۵۵.
- حبیب‌زاده، احد؛ روستایی، شهرام؛ نیکجو، محمدرضا و عطاءاله ندیری (۱۳۹۵)، ارائه‌ی مدل مفهومی-چینه‌ای نهشته‌های کواترنر شمال دریاچه‌ی ارومیه با استفاده از GMS، نشریه‌ی علمی و پژوهشی هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۱، تابستان ۹۶، صص ۲۰-۱.
- دادرسی، ابولقاسم و محمد خسروشاهی (۱۳۷۸)، شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای بیابان‌زدایی)، فصلنامه‌ی تحقیقات بیابان ایران، جلد ۱۵، شماره‌ی ۲، صص ۲۴۱-۲۲۷.
- زهتابیان، غلامرضا؛ علوی‌پناه، سیدکاظم و رامین حامدپناه (۱۳۸۱)، بررسی کارایی مدل‌های مختلف در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوضه‌ی طغروود قم، ماهنامه‌ی بیابان، جلد ۷، شماره‌ی ۱، صص ۴۳-۳۰.
- صفاری، امیر؛ جان‌احمدی، مریم و منیره رعیتی شوازی (۱۳۹۵)، کاربرد مدل تلفیقی AHP/FUZZY در مکان‌یابی عرصه‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه‌ی مصنوعی (مطالعه‌ی موردی: دشت بوشکان-استان بوشهر)، مجله‌ی علمی و پژوهشی هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۳، صص ۹۷-۸۱.
- فرجی سبکبار، حسنعلی؛ حسن‌پور، سیروس؛ عزیزی، علی؛ ملکیان، آرش و سیدکاظم علوی پناه (۱۳۹۲)، بررسی و مقایسه کارایی روش‌های FAHP و GCA برای مان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آبریز گریبایگان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ساب ۴۵، شماره‌ی ۲، صص ۷۶-۵۵.
- قرمزچشمه، باقر؛ غیومیان، جعفر؛ مهدیان، محمدحسین (۱۳۷۹)، تعیین شاخص‌های مورد نیاز در مکان‌یابی پخش سیلاب در دشت میمه اصفهان، دومین همایش آبخوانداری، تهران، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، ۱۴-۱۳ اسفندماه، صص ۵۰-۳۹.

- کوره‌پزان دزفولی، امین (۱۳۸۴)، منطق‌فازی و کاربرد آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ اول، ص ۲۶۱.
- کیاحیرتی، جواد (۱۳۸۱)، بررسی عملکرد شبکه‌های پخش سیلاب موغار اردستان در تغذیه‌ی مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی، مجله‌ی منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره‌ی ۲، صص ۱۷۱-۱۵۹.
- مرادی، حمیدرضا: خیرخواه، میرمسعود؛ قاسمیان، داوود و مهدی غلامعلی‌فرد (۱۳۸۹)، ارزیابی کارآیی نقشه‌های ژئومورفولوژی در مکان‌یابی پخش سیلاب در حوضه‌ی آبخیز شهریار، ششمین همایش ملی علوم مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۸ و ۹ اردیبهشت، صص ۱۶۲-۱۵۴.
- مقصودی، مهران و وحید محمدنژاد (۱۳۹۰)، ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۲۲.
- وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۸۷)، گزارش برنامه راهبردی بیابان در چشم‌انداز ۱۴۰۴، ص ۱۱۲.
- Bonham- Carter, F.G. (1991), **Geographic Information System for Geoscientists: Modelling with GIS**, Pergamon, Ontario, PP. 568.
- Foltz, RC., (2002), **Iran's water crisis: cultural, political, and ethical dimensions**, Journal of Agricultural and Environmental Ethics, Vol.15, PP. 357-380.
- Ghayoumian, J., Mohseni Saravi, M., Feiznia, S., Nouri, B., Malekian, A., (2007), **Application of GIS techniques to determine areas most suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran**, Journal of Asian Earth Sciences, Vol.30, PP. 364-374.
- Mohammadnia M., Kowsar, A., (2003), **Clay translocation in the artificial recharge of a groundwater system in the Southern Zagros Mountains, Iran**, Journal of Mountain Research and Development, Vol. 23, PP. 169-185.
- Monjezi, N., Rangzan, K., Taghizadeh, A., And Neyamadpour, A., (2013), **Site selection for artificial groundwater recharge using GIS and Fuzzy logic**, International Journal of Engineering & Technology Sciences (IJETS) 1.No. (5): PP. 294-309.

- Moradi Dashtpajardi, M., Vagharfard, H., Honarbakhsh, A., And Khoorani, A.,(2013), **GIS Based Fuzzy Logic Approach for Identification of Groundwater Artificial Recharge Site**, Open Journal of Geology, No.3, PP. 379-383.
- Murugiah, M., and Venkatraman, P., (2013), **Role of Remote Sensing and GIS in artificial recharge of the ground water aquifer in Ottapidaram taluk, Tuticorin district, SouthIndia**, International Journal of Geomatics And Geosciences. Vol. 3, No. 3, PP, 405-415.
- O'Hare, M.P., Fairchild, D.M., Hajali, P.A., Canter, L.W., (1986), **Artificial recharge of groundwater**, Lewis, New York, PP. 419.
- Oakford, E.T., (1985), **Artificial recharge: Methods, hydraulics, and monitoring**, In: **Asano Ted Artificial recharge of groundwater**, Butterworth, PP. 767.
- Sarraf, A.K., Choudhury, R., (1998), **Integrated remote sensing and GIS groundwater exploration and identification of artificial recharge sites**, INT.J.Remote sensing, Vol.19, No.10, PP. 2595-2618.
- Wang, F. and Hall, G.B. (1996), **Fuzzy representation of geographical boundaries in GIS**, International journal of geographical information science, Vol.10. No.5. PP. 573-590.