



پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت کرمانشاه

منصور پروین*

استادیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، ایران

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳

وصول مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۱

چکیده

دشت ماهیدشت به علت نزدیکی به شهر کرمانشاه دارای تأسیسات صنعتی متعددی بوده و از اهمیت کشاورزی بالای برخوردار است. توسعه‌ی فعالیت‌های انسانی و رخداد خشکسالی‌ها در چند دهه‌ی گذشته سبب محدودیت تغذیه و کاهش سطح ایستابی منابع آب زیرزمینی در این حوضه شده است. بنابراین شناسایی مناطق مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی در حوضه‌ی آبریز ماهیدشت ضروری به نظر رسیده و هدف پژوهش نیز پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی در حوضه‌ی مورد مطالعه است. روش شاخص پتانسیل تغذیه‌ی مبتنی بر هشت پارامتر تراکم خطواره، تراکم زهکشی، کاربری اراضی، شیب توپوگرافی، خاک، بارش سالانه و ژئومورفولوژی بوده و بر اساس روش ترکیب خطی وزنی محاسبه می‌گردد. نتایج پژوهش نشان داد، که ۶۲٪ مساحت حوضه در پهنه‌های با پتانسیل خیلی زیاد و زیاد تغذیه‌ی آب زیرزمینی قرار گرفته است. دشت آبرفتی ماهیدشت و نواحی تپه‌ماهوری و فرسایشی حاشیه این دشت به ترتیب در پهنه‌ی با پتانسیل تغذیه خیلی زیاد و زیاد واقع شده‌اند. پهنه‌های با پتانسیل متوسط و کم تغذیه‌ی آب زیرزمینی منطبق بر نواحی کوهستانی در شمال و جنوب حوضه بوده و پارامتر لیتولوژی عامل اصلی افتراق این دو پهنه از یکدیگر می‌باشد. به علت مساعدت شرایط زمین‌شناسی و جغرافیایی پهنه‌های مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی حدود ۸۰٪ از مساحت حوضه را در بر گرفته‌اند. بستر و حاشیه رودخانه مرگ و سطح دشت ماهیدشت مناسب‌ترین شرایط را برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی داشته‌اند. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان، با ایجاد طرح‌های تغذیه‌ی مصنوعی در حاشیه‌ی دشت ماهیدشت و جلوگیری از ساخت‌وسازهای گسترده در مناطق با پتانسیل تغذیه‌ی زیاد و خیلی زیاد را جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی حوضه پیشنهاد داد.

کلمات کلیدی: منابع آب زیرزمینی، پتانسیل تغذیه، مدل PRI، دشت آبرفتی، حوضه‌ی آبریز ماهیدشت

۱- مقدمه

منابع آب زیرزمینی حدود ۹۹٪ از کل آب‌های شیرین قابل استفاده دنیا را تشکیل داده (افتخاری اهندانی و همکاران، ۱۳۹۳: ۲) و به دلیل در دسترس بودن و آلودگی کمتر یکی از منابع اصلی آب شیرین بوده (آچو و همکاران^۱، ۲۰۱۹: ۲) و تقریباً ۲/۵ میلیارد نفر در جهان به آنها وابسته‌اند (اترمان و همکاران^۲، ۲۰۱۸: ۱۸۹). در دهه‌های اخیر، میزان تقاضای آب در مناطق خشک و نیمه خشک خاورمیانه و آفریقای شمالی به شدت افزایش یافته است (سویوسی و همکاران^۳، ۲۰۱۹: ۲). این افزایش تقاضا برای مصارف خانگی، صنعتی و کشاورزی می‌باشد (موهانتی و همکاران^۴، ۲۰۱۳: ۴۰). امروزه بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، به یک چالش در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل شده (گور^۵ و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۲۹) و باعث ایجاد مشکلاتی مختلف کمی و کیفی شده و تنش آبی را افزایش می‌دهد (سویوسی و همکاران، ۲۰۱۹: ۲). برای مقابله با بحران هیدرولوژیکی مدیریت منابع آب زیرزمینی ضروری است (سینگ و همکاران^۶، ۲۰۱۷: ۱۴۴۰). تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری مهم‌ترین راه کارهای مدیریت منابع آب بشمار می‌روند (قهراری و پاکرو، ۱۳۸۶: ۳۷۳). تغذیه‌ی آب زیرزمینی در عرصه‌های مناسب بخش مهمی از چرخه‌ی هیدرولوژی است (نّف و همکاران^۷، ۲۰۰۶: ۱۳). لازمه‌ی این امر در نظر گرفتن تمامی عوامل مؤثر در نفوذ آب بوده و این امر نیازمند ایجاد پایگاه داده و تلفیق آنها در نرم‌افزار GIS است. روش‌های مبتنی بر RS و GIS برای مطالعات آب زیرزمینی سریع، ارزان

-
- ۱- Achu et al.,
 ۲- Cotterman et al.,
 ۳- Souissi et al.,
 ۴- Mohanty et al.,
 ۵- Gaur et al.,
 ۶- Singh et al.,
 ۷- Neff et al.,

و مطمئن بوده (آچاریا و همکاران^۱، ۲۰۱۹: ۵۳۵) و کاربرد آنها در این مطالعات اثبات شده است (پاریتا و پاریتا^۲، ۲۰۱۹: ۲۴۵). مطالعات مختلفی در زمینه‌ی تغذیه‌ی آب زیرزمینی انجام شده که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کریمی و همکاران (۱۳۹۱) دریافتند، که در دشت ماهیدشت چاه‌های پیژومتری نزدیک به رودخانه سریع‌تر به تغذیه‌ی واکنش نشان می‌دهند. انتظاری و همکاران (۱۳۹۳) دریافتند، که نواحی شرقی و غربی دشت رومشکان دارای پتانسیل بیشتری برای تغذیه‌ی آب زیرزمینی است. باقری دادوکلابی و همکاران (۱۳۹۶) دریافتند، که حدود ۴۰٪ مساحت دشت گرمسار مناسب تغذیه‌ی مصنوعی است. زارعی و همکاران (۱۳۹۸) دریافتند، که حدود ۲۷٪ مساحت استان یزد مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی است. جمور و ایلی‌بیگی (۱۳۹۸) دریافتند، که ۶٪ مساحت دشت میناب مناسب تغذیه‌ی مصنوعی است. آرچایا و همکاران (۲۰۱۹) دریافتند، که نواحی ساحلی در شمال شرق هند در پهنه‌ی مناسب تغذیه‌ی مصنوعی قرار دارند. ولاپوده (۲۰۱۹) در نیجر دریافت، که ۱۲٪ مساحت منطقه‌ی مناسب تغذیه‌ی مصنوعی است. کاستا و همکاران^۳ (۲۰۱۹) دریافتند، که نواحی جنوب شرقی حوضه‌ی جکوزیبا برزیل مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی است. دشت ماهیدشت از مهم‌ترین دشت‌های کشاورزی استان کرمانشاه و کشور بوده و دارای تأسیسات قابل توجه صنعتی و تمرکز نسبتاً بالای جمعیت است و منابع آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین آب آن می‌باشد. بر اساس مطالعه‌ی زارع (۱۳۸۹) سطح ایستابی دشت ماهیدشت از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۲ کاهش در حدود ۱۱ متر داشته است. رنجبرمنش و همکاران (۱۳۹۲) کاهش سطح ایستابی دشت ماهیدشت از سال ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۰ در حدود ۱۰ تا ۳۲ متر برآورد کردند. بنابراین منابع آب زیرزمینی حوضه‌ی مورد مطالعه‌ی ناپایدار بوده و این امر می‌تواند زمینه‌ساز کاهش سطح ایستابی و کاهش کیفیت آب در دشت ماهیدشت گردد. تا کنون مطالعه‌ی در زمینه پهنه‌بندی تغذیه‌ی آب زیرزمینی در دشت ماهیدشت صورت نگرفته و

۱- Acharya et al.,

۲- Pareta and Pareta

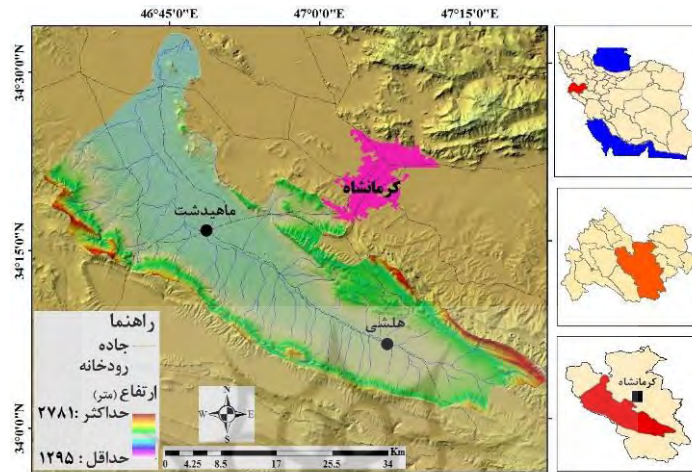
۳- Costa et al.,

انجام این پژوهش مکمل مطالعات ژئوهیدولوژیکی بوده و نقش مهمی در مدیریت و بازیابی تعادل منابع آب زیرزمینی حوضه ایفا می‌کند. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی آب زیرزمینی دشت ماهیدشت با استفاده از روش شاخص پتانسیل تغذیه می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

- موقعیت حوضه‌ی مورد مطالعه

حوضه‌ی آبریز ماهیدشت بین عرض‌های جغرافیایی $34^{\circ}30'$ تا 34° شمالی و طول‌های جغرافیایی $46^{\circ}32'$ تا $47^{\circ}22'$ شرقی واقع شده (شکل ۱) است. حوضه‌ی ماهیدشت از توابع شهرستان کرمانشاه بوده و در محدوده‌ی بخش‌های سرفیروزآباد، ماهیدشت و کوزران قرار دارد. مساحت حوضه‌ی آبریز ماهیدشت 1507 کیلومتر مربع بوده، ارتفاع حداکثر، میانگین و حداقل آن به ترتیب 2781 ، 1524 و 1295 متر است. رودخانه‌ی مرگ زهکش اصلی حوضه-ی ماهیدشت است، که جزء حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کرخه می‌باشد. اقلیم منطقه‌ی مورد مطالعه به علت داشتن فصل‌های مشخص گرم خشک و سرد مرطوب از نوع مدیترانه‌ی بوده و بیش از 89% بارش منطقه در طی ماه‌های آبان تا فروردین رخ می‌دهد. براساس آمار ایستگاه اقلیم‌شناسی ماهیدشت در دوره‌ی آماری $1374-1398$ میانگین بارندگی سالانه حدود 402 میلی‌متر، میانگین دمای سالانه $13/8$ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای یخبندان 106 روز در سال است.



شکل (۱) نقشه‌ی موقعیت حوضه‌ی آبریز مورد مطالعه

Fig (1) Location map of the study area.

- روش تحقیق

پژوهش حاضر شامل چهار مرحله‌ی بررسی پیشینه‌ی تحقیق و جمع‌آوری داده‌ها، تهیه‌ی لایه‌های موضوعی، اجرای روش شاخص پتانسیل تغذیه^۱ و پهنه‌بندی مناطق مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی است. روش مزبور توسط سویوسی و همکاران در سال ۲۰۱۹ ارائه شده و در آن از هشت پارامتر تأثیرگذار اصلی بر تغذیه‌ی آب زیرزمینی شامل تراکم خطواره، تراکم-زهکشی، کاربری اراضی، شیب توپوگرافی، خاک، بارش سالانه و ژئومورفولوژی برای پهنه‌بندی مناطق مناسب تغذیه‌ی آب زیرزمینی استفاده شده است. هر یک از پارامترهای هشت‌گانه بر اساس میزان نفوذپذیری به چهار کلاس تقسیم شده و کلاس کم امتیاز (۱ تا ۲)، کلاس متوسط امتیاز (۲ تا ۴)، کلاس زیاد امتیاز (۴ تا ۶) و کلاس خیلی زیاد امتیاز (۶ تا ۸) را به خود اختصاص می‌دهند (شعبان و همکاران، ۲۰۰۶: ۴۳۵). پارامترهای هشت‌گانه بر اساس میزان تأثیر در میزان نفوذ آب دارای وزن مخصوص خود می‌باشند (جدول ۱).

جدول (۱) رتبه‌ها و وزن‌ها اختصاص داده شده به پارمترهای مورد استفاده (سویویسی و همکاران؛ ۲۰۱۹ با اصلاحات)

Tab (1) Rankings and weights assigned to the parameters used (Sweiss et al., 2019 with corrections)

| پارامتر | کلاس | رتبه | وزن لایه |
|-----------------------|---|-------|----------|
| لیتولوژی LG | نهشته‌های کواترنری جدید | ۸ | ٪۳۳ |
| | نهشته‌های کواترنری قدیم | ۷ | |
| | سازندهای کربناته ایلام، سروک و تله زنگ | ۵ | |
| | سازندهای گورپی، کشکان و رادیولاریت | ۲ | |
| | سازندهای آغاچاری و امیران | ۱ | |
| تراکم خطواره LD | تراکم کم (۰-۱ و ۱ تا ۲ کیلومتر/کیلومترمربع) | ۲ و ۱ | ٪۹ |
| | تراکم متوسط (۲-۳ و ۳-۴ کیلومتر/کیلومترمربع) | ۴ و ۳ | |
| | تراکم زیاد (۴-۵ و ۵-۶ کیلومتر/کیلومترمربع) | ۶ و ۵ | |
| | تراکم خیلی زیاد (۶-۷ و ۷-۸ کیلومتر/کیلومترمربع) | ۷ و ۶ | |
| ژئومورفولوژی GG | نفوذپذیری بسیار بالا (دشت سیلابی و دشت آبرفتی) | ۷ و ۸ | ٪۱۱ |
| | نفوذپذیری بالا (مخروط افکنه) | ۶ | |
| | نفوذپذیری متوسط (دشت فرسایشی) | ۴ | |
| | نفوذپذیری کم (کوهستان و تپه‌ماهور) | ۱ و ۳ | |
| کاربری اراضی LC | نفوذپذیری بسیار بالا (زراعت، باغ) | ۸ | ٪۱۶ |
| | نفوذپذیری بالا (جنگل و مرتع) | ۶ و ۷ | |
| | نفوذپذیری متوسط (رخنمون سنگی) | ۳ | |
| | نفوذپذیری کم (مناطق مسکونی) | ۱ | |
| خاک SC | نفوذپذیری بسیار بالا (گروه A) | ۷ | ٪۳ |
| | نفوذپذیری بالا (گروه B) | ۵ | |
| | نفوذپذیری متوسط (گروه C) | ۳ | |
| | نفوذپذیری کم (گروه D) | ۱ | |
| شیب SG | نفوذپذیری بسیار بالا (طبقات شیب ۰-۲ و ۲-۴ درجه) | ۷ و ۸ | ٪۱۱ |
| | نفوذپذیری بالا (طبقه شیب ۴-۱۰ درجه) | ۶ | |

ادامه‌ی جدول (۱)

Tab (1) continued

| وزن لایه | رتبه | کلاس | پارامتر |
|----------|-------|--|------------|
| | ۳ و ۴ | نفوذپذیری متوسط (طبقه شیب ۱۵-۱۰ و ۲۰-۱۵ درجه) | |
| | ۱ | نفوذپذیری کم (طبقات شیب بیش از ۲۰ درجه) | |
| | ۳ و ۲ | طبقات بارش ۴۰۰-۵۰۰ و ۵۰۰-۵۵۰ میلی‌متر | |
| | ۴ | طبقات بارش ۵۵۰-۶۰۰ میلی‌متر | |
| ٪۱۰ | ۶ و ۵ | طبقات بارش ۶۰۰-۶۵۰ و ۶۵۰-۷۰۰ میلی‌متر | بارش RF |
| | ۷ | طبقات بارش ۷۰۰-۷۵۰ میلی‌متر | |
| | ۸ | طبقه بارشی ۷۵۰-۸۲۰ | |
| | ۲ و ۱ | تراکم کم (۱-۰ و ۱-۰,۵ کیلومتر/کیلومترمربع) | |
| ٪۷ | ۴ و ۳ | تراکم متوسط (۱,۵-۲ و ۲-۲,۵ کیلومتر/کیلومترمربع) | تراکم |
| | ۶ و ۵ | تراکم زیاد (۲,۵-۳ و ۳-۳,۵ کیلومتر/کیلومترمربع) | زهکشی |
| | ۸ و ۷ | تراکم خیلی زیاد (۲,۵-۴ و >۴ کیلومتر/کیلومترمربع) | DD |

در ادامه بر اساس معادله (۱) پارامترهای هشت‌گانه با روش ترکیب خطی وزنی تلفیق شده و نقشه‌ای پتانسیل تغذیه^۱ (RPI) تهیه می‌گردد (سینانایاک و همکاران، ۲۰۱۶: ۱۱۸).

$$PRI = (RF_w * RF_r) + (LG_w * LG_r) + (GG_w * GG_r) + (SG_w * SG_r) + (LD_w * LD_r) + (DD_w * DD_r) + (LC_w * LC_r) + (SC_w + SC_r)$$

در این معادله RPI شاخص پتانسیل تغذیه بوده و سایر شاخص‌ها در جدول (۱) معرفی شده‌اند. در این معادله r رتبه بوده که به هر یک از کلاس‌های هر پارامتر اختصاص داده شده و دارای مقادیری بین (۱ تا ۸) بوده و W وزن هر پارامتر است (بیه و همکاران؛ ۲۰۱۴: ۲۵۸۱). داده‌های پژوهش شامل نقشه‌ی زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرمانشاه، DEM سی‌متر SRTM، نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ خاک و ۱:۱۰۰۰۰۰ کاربری اراضی و تصاویر ماهواره‌ی لندست

۱- Potential Recharge

سنجنده OLI به تاریخ ۲۰۱۷/۸/۳۱ است. در ادامه نحوه‌ی تهیه‌ی لایه‌های پارامترهای هشت‌گانه شرح داده می‌شود:

لایه‌ی پارامتر لیتولوژی از نقشه‌ی زمین‌شناسی کرمانشاه استخراج گردید. لایه‌ی پارامتر تراکم خطوره از نقشه‌ی زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ی لندست سنجنده OLI استخراج گردید. در محیط نرم‌افزار ENVI ترکیب‌های رنگی کاذب با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) تهیه گردید (ال‌دجازولی و همکاران^۱، ۲۰۱۹: ۲۴۰). سپس از فیلترهای جهت‌ی مناسب آشکارسازی خطواره‌ها در جهات مورد نظر استفاده شده و در ادامه فیلتر جهت‌ی سوبل^۲ و فیلتر آشکارساز لبه (شعبان و همکاران، ۲۰۰۶: ۴۳۸) در جهت‌های مورد نظر اعمال گردید. در منطقه‌ی زاگرس با توجه روند شکستگی‌ها جهات NW-SE، SW-NE و S-N مورد نظر است. در نهایت نقشه‌ی خطواره‌های منطقه با استفاده از خطوط شکستگی نقشه‌ی زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای تهیه و تصحیح گردید. لایه‌ی پارامتر ژئومورفولوژی با استفاده از تحلیل سیستم‌های ارضی، بازدیدهای میدانی و تفسیر بصری تصاویر نرم‌افزار گوگل ارث تهیه شده است. تحلیل سیستم ارضی یک طبقه‌بندی علمی بر مبنای فرم اراضی و با ساختارهای سلسه‌مراتبی است و بر رابطه‌ی چهره‌زمین (لندفرم‌ها) با قابلیت‌ها و محدودیت‌های ارضی تأکید دارد (رامشت، ۱۳۸۸: ۱۵۴). لایه‌ی پارامتر کاربری اراضی از نقشه‌ی اصلاح شده‌ی کاربری اراضی استان کرمانشاه و لایه‌ی پارامتر خاک از نقشه‌ی خاک این استان استخراج شده است. در ادامه لایه‌ی خاک بر اساس روش وایزمن و همکاران^۳ (۱۹۸۹) به چهار طبقه هیدرولوژیکی تقسیم می‌شود (جدول ۲). برای محاسبه‌ی پارامتر بارش سالانه‌ی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت، معادله‌ی گرادیان بارش بر اساس داده‌های ایستگاه‌های اقلیمی داخل و مجاور حوضه در بازه‌ی زمانی ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۸ محاسبه شده (معادله‌ی ۲) و سپس بر اساس آن نقشه‌ی بارش سالانه حوضه تهیه گردید. مبنای انتخاب این بازه‌ی زمانی وجود

۱- Al-Djazouli

۲- Soble

۳- Viessman et al.,

داده از ایستگاه ماهیدشت به عنوان ایستگاه اصلی داخل حوضه می‌باشد. لایه‌های تراکم زهکشی و شیب نیز از DEM منطقه استخراج شده است.

$$R^2 \cong 0.80 \quad y \cong 0.224x + 271.2 \quad \text{معادله ی ۲:}$$

جدول (۲) طبقه‌بندی هیدرولوژیکی گروه‌های خاک (وایزمن و همکاران، ۱۹۸۹)
classification of hydrological soil group (Viessman et al. 1989)

| ویژگی | گروه A | گروه B | گروه C | گروه D |
|----------------------|------------|---------------------------|-------------------|-------------|
| بافت | ماسه/گراول | نسبتاً درشت تا نسبتاً ریز | نسبتاً ریز تا ریز | رسی |
| عمق | عمیق | نسبتاً عمیق تا عمیق | نسبتاً عمیق | کم عمق |
| زهکشی | زهکشی خوب | زهکشی نسبتاً خوب | زهکشی متوسط | زهکشی کم |
| انتقال آب | زیاد | متوسط | کم | خیلی کم |
| پتانسیل ایجاد رواناب | رواناب کم | رواناب متوسط | رواناب زیاد | رواناب شدید |

یافته‌های پژوهش

- پارامتر لیتولوژی

نوع سنگ‌شناسی میزان تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی را تحت تأثیر قرار و با نفوذ آب در ارتباط است (اویکونومیدیس و همکاران^۱، ۲۰۱۵: ۲۰۳). حوضه‌ی آبریز ماهیدشت در زون زاگرس چین خورده واقع شده و از نظر ساختاری از یک ناودیس مرکب (دشت ماهیدشت) و تاقدیس-های حاشیه‌ی تشکیل شده است. سازندهای با سن کرتاسه تا عهد حاضر در این حوضه رخنمون داشته و از قدیم به جدید عبارتند از: سروک-ایلام (آهک)، گورپی (شیل-شیل آهکی)، رادیولاریت (افیولیت و رادیولاریت)، امیران (شیل - سیلت‌استون)، تله‌زنگ (آهک)، کشکان (سیلت‌استون - ماسه‌سنگ - کنگلومرا)، آغاچاری (مارن - ماسه‌سنگ) و نهشته‌های قدیمی و جدید کواترنری (شکل ۲ الف). سازندهای حوضه‌ی آبریز ماهیدشت با توجه به میزان نفوذپذیری و تأثیرگذاری در تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی رتبه‌بندی شدند. بر این اساس سازندهای آغاچاری، امیران و سازندهای گورپی، کشکان و رادیولاریت‌ها به علت نفوذپذیری

۱- Oikonomidis et al.,

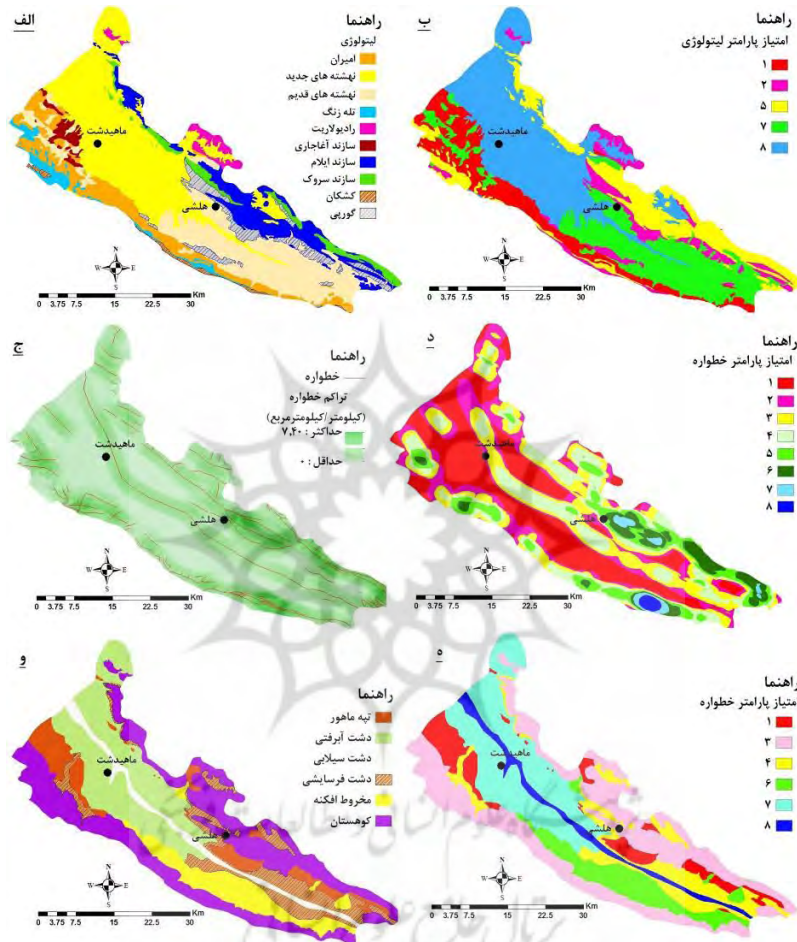
ناچیز به ترتیب امتیازهای ۱ و ۲ را به خود اختصاص داده‌اند. بر این اساس ارتفاعات جنوبی حوضه و بخش‌های از ارتفاعات شمالی حوضه کمترین امتیاز را دارا می‌باشند. سازندهای کربناته ایلام، سروک و تله‌زنگ به علت نفوذپذیری مناسب امتیاز ۵ را دارا بوده و ارتفاعات آهکی شمالی حوضه دارای امتیاز ۵ می‌باشند. نهشته‌های کواترنری قدیم و جدید رخنمون یافته در سطح دشت ماهیدشت و حاشیه‌ای آن به علت نفوذپذیری زیاد به ترتیب امتیازهای ۷ و ۸ را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲ب).

- پارامتر تراکم خطواره

خطواره‌ها ویژگی‌های خطی ساختاری بوده و شامل گسل‌ها، شکستگی‌ها و سطوح بین لایه‌ای است (اولیاری و همکاران^۱، ۱۹۷۶: ۱۴۶۸). حوضه‌ی مورد مطالعه به علت قرارگیری در زون زاگرس تکتونیزه می‌باشد. گسل ماهیدشت اصلی‌ترین گسل حوضه بوده و امتداد محور ناودیس ماهیدشت را دنبال می‌کند. از نظر زمین ساختی ارتفاعات شمالی حوضه‌ی رورانده بوده و گسل‌های رانده مرز بین سازندها را تشکیل می‌دهند. در ارتفاعات جنوبی حوضه نیز گسل‌های امتدادلغز شکل گرفته است. در این پژوهش علاوه بر گسل‌ها، شکستگی‌های بزرگ نیز استخراج شده است. بیشتر شکستگی‌ها در سازندهای کربناته قرار دارند (شکل ۲ج). بر اساس مبانی نظری گسل‌ها و شکستگی‌ها نقش زیادی در نفوذ آب داشته و نواحی با تراکم بالای شکستگی بیشترین میزان نفوذ آب را دارا می‌باشند. بر اساس نقشه‌ی تراکم خطواره (شکل ۵۲) بیشترین تراکم در محدوده سازندهای کربناته و کشکان وجود دارد. این سازندها ارتفاعات شمالی و جنوبی حوضه را تشکیل داده و بدین ترتیب بیشترین میزان امتیاز (۷ و ۸) را دارا هستند. نواحی حاشیه‌ی دشت ماهیدشت منطبق بر نهشته‌های کواترنری دارای کمترین میزان تراکم خطواره بوده و کمترین امتیازها (۱ و ۲) را به خود اختصاص داده‌اند.

- پارامتر ژئومورفولوژی

ژئومورفولوژی یک منطقه نقش مهمی در ارزیابی حرکت و ذخیره‌ی آب زیرزمینی دارد (کومار و همکاران^۱، ۲۰۱۷: ۵۵۸۶). قرارگیری حوضه‌ی مورد مطالعه در زون زاگرس چین خورده و شرایط ژورانی حاکم بر آن سبب تأثیر قاطع زمین‌ساخت در ژئومورفولوژی آن گردیده است. همچنین تنوع سنگ‌شناسی، دخالت گسل‌ها و فعال بودن فرایندهای فرسایش بیرونی از دیگر عوامل تأثیرگذار بر ژئومورفولوژی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت هستند. در محدوده‌ی این حوضه شش عارضه دشت آبرفتی، دشت سیلابی، دشت فرسایشی، کوهستان، تپه‌ی ماهور و مخروط افکنه وجود دارند (شکل ۲و). دشت سیلابی، دشت آبرفتی، مخروط افکنه‌ها و بخش‌های از دشت سیلابی منطبق بر دشت ساختمانی ماهیدشت با منشأ ناودیسی است. دشت‌های سیلابی و آبرفتی در مجموع ۳۲٪، دشت فرسایشی و مخروط افکنه به ترتیب ۱۳٪ و ۱۱٪، کوهستان و تپه‌ی ماهور نیز به ترتیب ۳۴٪ و ۱۰٪ مساحت حوضه‌ی آبریز ماهیدشت را به خود اختصاص داده‌اند. لندفرم‌های کارستی همچون لاپیه‌ها، دره‌های خشک، چشمه‌ها و پهنه‌های کارستی در محدوده‌ی ارتفاعات شمالی حوضه شکل گرفته‌اند. پارامتر ژئومورفولوژی بر اساس میزان تأثیر لندفرم‌ها بر نفوذ آب و تغذیه‌ی آب زیرزمینی (جدول ۱)، کلاس‌بندی و امتیازدهی شده است. لندفرم‌های دشت سیلابی، دشت آبرفتی و مخروط افکنه‌ها به علت نفوذپذیری زیاد به ترتیب امتیازهای ۸، ۷ و ۶ را به خود اختصاص داده‌اند. دشت فرسایشی دارای امتیاز ۴ بوده و دامنه‌های کوهستان کارستی دارای امتیاز ۳ می‌باشند. تپه‌ماهور و دامنه‌های غیرکارستی کوهستان‌ها عمدتاً از سازندهای آگاجاری و گورپی با نفوذپذیری کم تشکیل شده و دارای امتیاز ۱ می‌باشند (شکل ۵۲).



شکل (۲) الف) - نقشه لیتولوژی؛ ب) - نقشه امتیازدهی لیتولوژی؛ ج) - نقشه تراکم گسل؛ د) - نقشه

امتیازدهی تراکم گسل؛ و) - نقشه ژئومورفولوژی؛ ه) - نقشه امتیازدهی ژئومورفولوژی

Fig (2) A) - Lithology map; b) - Lithology scoring map; C) - Fault density map; D) - Fault density rating map; F) - Geomorphological map; E) Geomorphological scoring map

- کاربری اراضی

کاربری اراضی و پوشش زمین یک عامل مهم در تغذیه و شناسایی مناطق با پتانسیل منابع آب زیرزمینی است (شعبان و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۳۷). در حوضه‌ی آبریز ماهیدشت کاربری‌های جنگل، مرتع و رخنمون سنگی در نواحی کوهستانی و تپه‌ماهوری قرار گرفته و کاربری زراعت، باغ و مناطق مسکونی در سطح دشت ماهیدشت قرار دارند (شکل ۳الف). کاربری زراعت وسیع‌ترین کاربری بوده و ۶۵٪ مساحت حوضه را به خود اختصاص داده است. کاربری‌های مرتع و جنگل به ترتیب ۲۲٪ و ۱۰٪ مساحت حوضه‌ی آبریز ماهیدشت را در بر گرفته‌اند. کاربری‌های رخنمون سنگی، باغات و مناطق مسکونی نیز به ترتیب ۱،۳٪، ۰،۵٪ و ۰،۲٪ مساحت این حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. نقشه‌ی امتیازدهی پارامتر کاربری اراضی (شکل ۳ب) نشان می‌دهد، که کاربری‌های زراعت، باغ و جنگل و به علت نفوذپذیری بالا به ترتیب امتیازهای ۸ و ۷ را به خود اختصاص داده‌اند. کاربری مرتع دارای امتیاز ۶، کاربری‌های رخنمون سنگی و مناطق مسکونی نیز به ترتیب با امتیازهای ۳ و ۱ کمترین امتیاز را دارا می‌باشند.

- پارامتر خاک

نوع خاک یک عامل اساسی در تعیین مناطق بالقوه برای تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی است (پانمیا و جاین^۱، ۲۰۰۵: ۹۸). وایزمن و همکاران^۲ (۱۹۸۹) بر اساس سرعت نفوذ، بافت، عمق، شرایط زهکشی و ظرفیت انتقال آب خاک‌ها را به چهار گروه هیدرولوژیکی طبقه‌بندی کردند. بر اساس طبقه‌بندی وایزمن و همکاران (۱۹۸۹) خاک‌های حوضه‌ی مورد مطالعه در چهار گروه هیدرولوژیکی قرار گرفته‌اند. خاک سطح دشت ماهیدشت از نوع خاک‌های عمیق با بافت ماسه‌ی و نسبتاً درشت، زهکش مناسب و نفوذ بالا و پتانسیل رواناب کم در گروه هیدرولوژیکی A قرار داشته و حدود ۴۹٪ مساحت حوضه را شامل می‌گردد. خاک دشت‌های فرسایشی با بافت نسبتاً درشت، عمق نسبتاً زیاد، زهکشی مناسب و پتانسیل رواناب متوسط در گروه هیدرولوژیکی B قرار داشته و ۹٪ مساحت حوضه را در بر گرفته‌اند. خاک نواحی

۱- Punmia and Jain

۲- Viessman et al.,

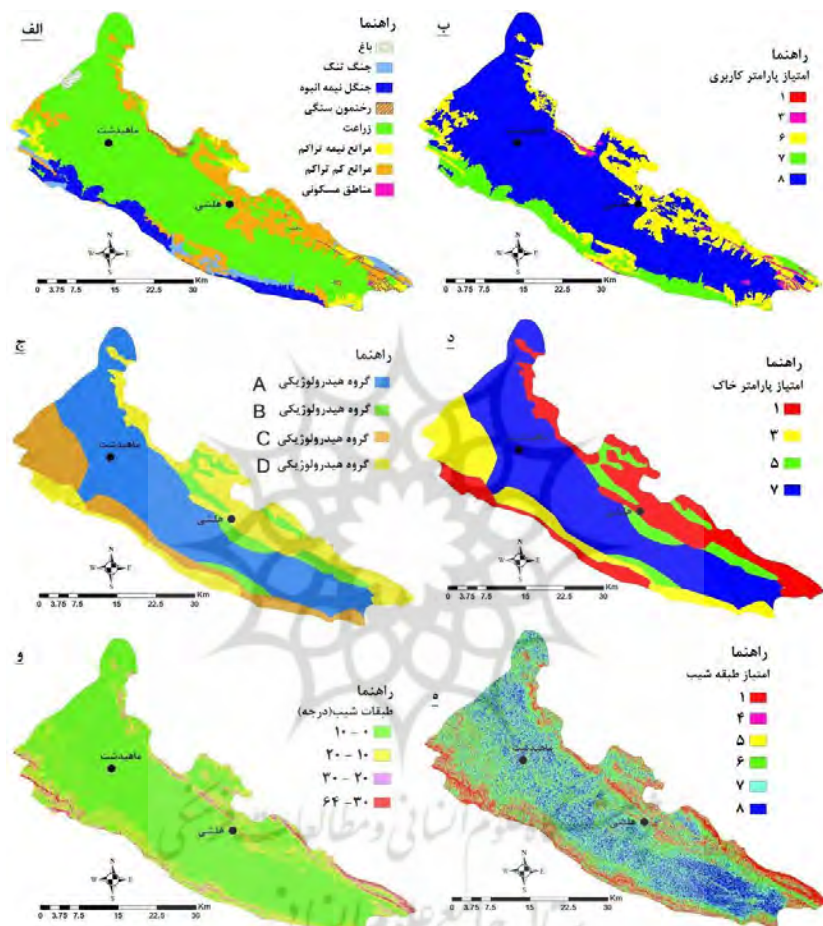
تپه‌ماهوری به علت بافت نسبتاً متوسط تا ریز، عمق متوسط، زهکشی کم و رواناب بالا در گروه هیدرولوژیکی C جای گرفته و ۱۷٪ مساحت حوضه ماهیدشت را به خود اختصاص داده‌اند. خاک‌های تکامل نیافته مناطق کوهستانی با عمق بسیار کم در گروه هیدرولوژیکی D قرار دارند و ۲۵٪ مساحت حوضه ماهیدشت را شامل می‌شوند (شکل ۳). خاک‌های با گروه‌های هیدرولوژیکی A، B، C و D به ترتیب امتیازهای ۷، ۵، ۳ و ۱ را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳).

- پارامتر شیب

شیب توپوگرافی به علت تأثیر مستقیم بر میزان نفوذ، یک عامل بسیار مهم برای شناسایی مکان‌های مناسب برای تغذیه آب‌های زیرزمینی است (سیلوم و همکاران^۱، ۲۰۱۵: ۳۷۹۰). در دامنه‌های شیب‌دار، میزان تغذیه کم است زیرا آب به سرعت به سمت پایین حرکت می‌کند (ماچیوال و همکاران^۲، ۲۰۱۱: ۱۳۶۶). شیب توپوگرافی حوضه آبریز ماهیدشت بین ۰ تا ۶۴ درجه متغیر است. طبقه‌ی شیب ۰ تا ۱۰ درجه منطبق بر محدوده‌ای دشت ماهیدشت بوده و ۷۹٪ مساحت حوضه به خود اختصاص داده است (شکل ۵). طبقه‌ی شیب ۱۰ تا ۲۰ درجه منطبق بر نواحی تپه‌ماهوری و دامنه‌های کم ارتفاعات حاشیه حوضه-ی ماهیدشت بوده و ۱۵٪ مساحت حوضه را در بر گرفته است. طبقه‌ی شیب ۲۰ تا ۳۰ درجه منطبق بر دامنه‌های کوهستان حاشیه حوضه بوده و طبقه‌ی شیب بیش از ۳۰ درجه نیز منطبق بر دیواره‌های گسلی و پرتگاه‌های فرسایش بوده و به ترتیب ۵٪ و ۱٪ مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. طبقات شیب ۰ تا ۲، ۲ تا ۴ و ۴ تا ۱۰ به ترتیب امتیازهای ۸، ۷ و ۶ را به خود اختصاص داده و عموماً منطبق بر سطح دشت ماهیدشت می‌باشند. طبقه‌ی شیب ۱۰-۲۰ درجه در نواحی تپه‌ماهوری و دامنه‌های ارتفاعات دارای امتیاز ۵ و طبقات شیب ۲۰ تا ۳۰ دارای امتیاز ۴ و طبقات شیب بیش از ۳۰ درجه در کوهستان‌های حاشیه‌ی حوضه دارای امتیاز ۱ می‌باشند (شکل ۳).

۱- Selvam et al.,

۲- Machiwal et al.,



شکل (۳) الف) - نقشه‌ی کاربری اراضی؛ ب) - نقشه امتیازدهی کاربری اراضی؛ ج) - نقشه‌ی خاک؛ د) -

نقشه‌ی امتیازدهی خاک؛ و) - نقشه‌ی شیب؛ ه) - نقشه‌ی امتیازدهی شیب

Fig (3) A) - Land use map; b) - Land use rating map; c) - Soil map; D) - Soil scoring map; F) - slope map; E) - Slope scoring map

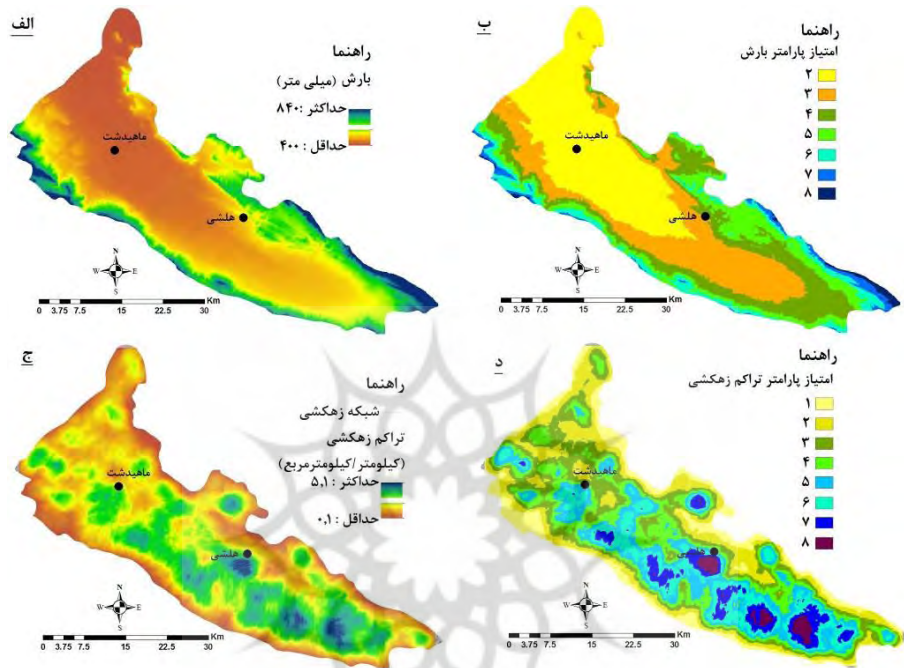
- پارامتر بارش

میانگین بارش سالانه‌ی ایستگاه اقلیم‌شناسی ماهیدشت حدود ۴۰۲ میلی‌متر می‌باشد. میانگین بارش سالانه‌ی این حوضه بر اساس گرادیان بارش محاسبه شده بین ۴۰۰ تا ۸۱۰

میلی‌متر در سال می‌باشد. طبقه بارش کمتر از ۵۰۰ میلی‌متر در سال منطبق بر دشت ماهیدشت بوده و با افزایش ارتفاع میزان بارش سالانه افزایش یافته و در ارتفاع بالای ۲۵۰۰ متر به حدود ۸۱۰ میلی‌متر در سال می‌رسد (شکل ۴ الف). طبقات بارشی ۷۵۰ تا ۸۲۰ و ۷۰۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر در نواحی کوهستانی حوضه به ترتیب امتیازهای ۸ و ۷ را به خود اختصاص داده‌اند. طبقات بارشی ۵۵۰ تا ۶۰۰، ۶۰۰ تا ۶۵۰ و ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر نیز به ترتیب امتیازهای ۴، ۵ و ۶ را دارا بوده و طبقات بارشی کمتر از ۵۵۰ میلی‌متر نیز کمترین امتیاز را دارا می‌باشند (شکل ۴ ب).

- تراکم زهکشی

تراکم زهکشی زیاد باعث افزایش رواناب و در نتیجه نفوذپذیری و تغذیه‌ی بیشتر آب زیرزمینی می‌گردد (هانگ و همکاران^۱، ۲۰۱۳: ۲۷۳). الگوی شبکه‌ی زهکشی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت از نوع دندریتی بوده و رودخانه‌ی مرگ به عنوان زهکش اصلی حوضه دارای رتبه‌ی ۶ می‌باشد. تراکم شبکه‌ی زهکشی محدوده‌ی مورد مطالعه ۳/۵ کیلومتر/کیلومترمربع است. دشت‌های فرسایشی و نواحی حاشیه‌ی تاقدیس‌ها بیشترین تراکم آبراهه را دارا بوده و نواحی کوهستانی مرتفع در راس تاقدیس‌های کمترین میزان تراکم آبراهه را دارا هستند (شکل ۴ ج). بر اساس نقشه‌ی حاصل از وزن‌دهی پارامتر تراکم زهکشی (شکل ۴ د) سطح دشت ماهیدشت که دارای تراکم ۳ تا ۳,۵، ۳,۵ تا ۴ و بیش از ۴ Km/Km^2 بوده به ترتیب امتیازهای ۶، ۷ و ۸ را به خود اختصاص داده‌اند. نواحی با تراکم آبراهه ۲ تا ۲/۵ و ۲/۵ تا ۳ Km/Km^2 به ترتیب امتیاز ۴ و ۵ را دارا بوده و نواحی با تراکم آبراهه ۰ تا ۱، ۱ تا ۱/۵ و ۱/۵ تا ۲ Km/Km^2 به ترتیب امتیازهای ۱، ۲ و ۳ را به خود اختصاص داده‌اند.

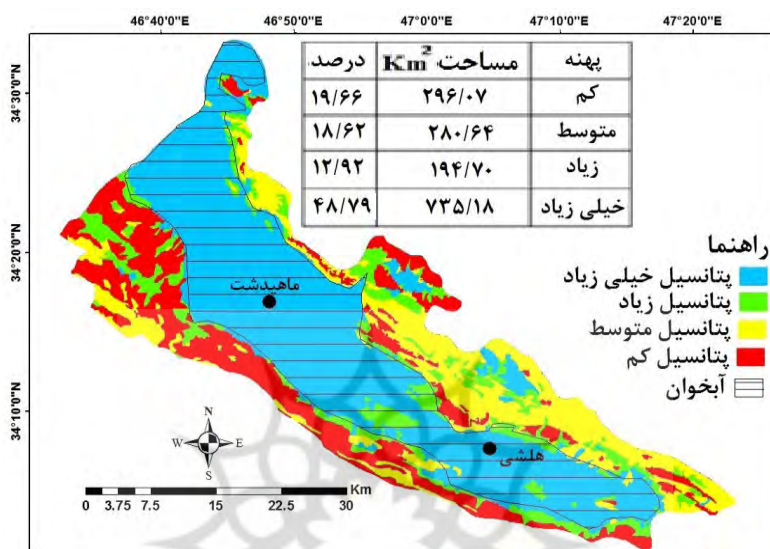


شکل (۴) الف) - نقشه‌ی بارش؛ ب) - نقشه‌ی امتیازدهی بارش؛ ج) - نقشه‌ی تراکم زهکشی؛ د) - نقشه‌ی امتیازدهی تراکم زهکشی

Fig (4) a) - Rain map; b) - Rain scoring map; c) - Drainage density map; D) - Drainage density scoring map

- پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی حوضه‌ی ماهیدشت

نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی پس از امتیازدهی به لایه‌ها و بر اساس معادله‌ی (۱) تهیه گردید. این نقشه‌ی دارای چهار پهنه‌ی با پتانسیل کم تغذیه (۲/۱۵ تا ۳/۹۳)، پهنه با پتانسیل متوسط تغذیه (۳/۹۳ تا ۴/۹۹)، پهنه با پتانسیل زیاد تغذیه (۴/۹۹ تا ۵/۸۸) و پهنه با پتانسیل خیلی زیاد تغذیه (۵/۸۸ تا ۷/۰۴) می‌باشد (شکل ۵). پهنه‌های با پتانسیل خیلی زیاد و زیاد به ترتیب ۴۹٪ و ۱۲/۹۳٪ مساحت حوضه‌ی آبریز ماهیدشت را به خود اختصاص داده‌اند. پهنه‌های با پتانسیل کم و متوسط برای تغذیه‌ی آب زیرزمینی نیز به ترتیب ۱۹/۶۵٪ و ۱۸/۶۲٪ مساحت حوضه‌ی ماهیدشت را دربرگرفته‌اند.



شکل (۵) نقشه‌ی پتانسیل تغذیه‌ی آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت
 Fig(4) Groundwater recharge potential zone map of the Mahidasht catchment area

۳- بحث

در روش شاخص پتانسیل تغذیه، پارامترهای انتخابی با تحت تأثیر قرار دادن دو عامل مهم ضریب رواناب و میزان نفوذ، بیشترین تأثیر را در تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی دارند. در حوضه‌ی آبریز ماهیدشت حدود ۶۲٪ مساحت حوضه دارای پتانسیل تغذیه‌ی خیلی زیاد و زیاد است و تنها ۲۰٪ مساحت این حوضه دارای پتانسیل تغذیه‌ی کم می‌باشد. نوع لیتولوژی با تعیین ظرفیت نفوذ بر میزان تغذیه‌ی آب زیرزمینی تأثیر دارد (اویکونومیدیس و همکاران؛ ۲۰۱۵: ۲۰۰). از نظر لیتولوژی حدود ۸۰٪ مساحت حوضه‌ی مورد مطالعه از نهشته‌های کواترنری و سازندهای کربناته تشکیل شده و این امر نقش بسیار زیادی در تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی دارد. در امتداد خطواره‌ها تغذیه‌ی آب‌های زیرزمین صورت می‌گیرد (عبدالله؛ ۲۰۱۲: ۱۰). در حوضه‌ی ماهیدشت رودخانه مرگ مسیر گسل ماهیدشت را دنبال کرده و

نواحی کوهستانی حوضه‌ی تکتونیزه بوده و این امر باعث نفوذ بیشتر و تغذیه‌ی بالای منابع آب زیرزمینی می‌گردد. ژئومورفولوژی یک منطقه نقش مهمی در نفوذ و جریان آب‌های زیرزمین داشته، به طوری که بیشترین نفوذ در دشت‌های سیلابی-آبرفتی، مخروط‌افکنه‌ها رخ می‌دهد (دینس کومار و همکاران^۱، ۲۰۰۷: ۵۵۸۴). شرایط ژئومورفولوژیکی دشت ماهیدشت مستعد تغذیه‌ی مناسب آب زیرزمینی بوده، زیرا ۴۳٪ مساحت آن از لندفرم‌های دشت سیلابی - آبرفتی و مخروط افکنه تشکیل شده است. کاربری اراضی یک عامل مهم در پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه‌ی آب زیرزمینی بوده و مناطق جنگلی و زراعی به علت پوشش مناسب گیاهی نقش مهمی در نفوذ آب دارند (شعبان و همکاران^۲، ۲۰۰۶: ۴۳۶). کاربری‌های زراعت، باغ و جنگل ۷۸٪ مساحت حوضه‌ی مورد مطالعه را در بر گرفته و این امر نقش مهمی در تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی این حوضه دارد. بررسی نوع خاک به علت کنترل میزان نفوذ یک عامل مهم در تعیین پتانسیل تغذیه آب‌های زیرزمینی است. حدود ۵۸٪ مساحت حوضه‌ی ماهیدشت دارای خاک‌های با گروه‌های هیدرولوژیکی A و B بوده و این امر باعث ایجاد پتانسیل تغذیه‌ی مناسب آب زیرزمینی در این حوضه شده است. شیب توپوگرافی به علت تأثیر مستقیم بر نفوذ و ایجاد رواناب تأثیر مهمی بر میزان تغذیه داشته و در دامنه‌های شیب‌دار، میزان تغذیه‌ی ناچیز می‌باشد. حدود ۸۰٪ مساحت حوضه‌ی مورد مطالعه در سطح دشت ساختمانی ماهیدشت دارای شیب کمتر از ۱۰ درجه بوده و این امر زمینه‌ساز شرایط مساعد برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی در این حوضه می‌باشد. میزان بارش رابطه‌ی مستقیمی با میزان تغذیه‌ی آب زیرزمینی دارد. میانگین بارش سالانه حوضه‌ی مورد مطالعه ۵۷۰ میلی‌متر است و شرایط بارشی آن برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی مناسب است. نواحی با مقادیر بالای تراکم زهکشی دارای سطح بیشتری از میزان تغذیه می‌باشند (شعبان و همکاران، ۲۰۰۶: ۴۳۶). بخش‌های وسیعی از حوضه‌ی آبریز ماهیدشت به خصوص در نواحی کوهپایه‌ی دارای تراکم زهکشی بالا بوده و این امر تأثیر بسزایی در تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی دارد. بررسی نقشه‌ی پهنه‌بندی نهایی نشان می‌دهد، که سطح دشت ماهیدشت

۱- Dinesh Kumar et al.,

۲- Shaban et al.,

و نواحی تپه‌ماهوری به علت مساعد بودن شرایط لیتولوژی (رخنمون نهشته‌های کواترنری)، شیب کمتر از ۱۰ درجه، وجود لندفرم‌های دشت سیلابی، دشت آبرفتی و مخروط افکنه‌ها (مساعدت شرایط ژئومورفولوژیکی)، تراکم بالای آبراهه‌ها، کاربری اراضی کشاورزی و جنگ و خاک‌های با گروه هیدرولوژیکی A و B به ترتیب در پهنه‌ها با پتانسیل تغذیه‌ی خیلی زیاد و زیاد قرار دارند. بیشتر نواحی کوهستانی شمال حوضه‌ی ماهیدشت به علت رخنمون سازنده‌های نفوذپذیر کربناته و کاربری مرتع در پهنه‌ی با پتانسیل تغذیه‌ی متوسط قرار داشته و نواحی کوهستانی جنوب حوضه به علت رخنمون سازنده‌های نفوذناپذیر کشکان و آغاچاری در پهنه با پتانسیل کم تغذیه قرار گرفته‌اند. تطبیق محدود آبخوان آبرفتی با نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی مناطق مستعد تغذیه نشان می‌دهد، که آبخوان در محدوده‌ی پهنه‌های با پتانسیل تغذیه خیلی و زیاد واقع شده است (شکل ۵). واقعیت‌های میدانی نیز نشان‌دهنده‌ی مساعدت شرایط طبیعی دشت ماهیدشت برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی می‌باشد.

۴- نتیجه‌گیری

بر اساس مطالعات صورت گرفته منابع آب زیرزمینی حوضه‌ی آبریز ماهیدشت در سه دهه‌ی اخیر با افت سطح ایستابی مواجه است. تغذیه‌ی مصنوعی از جمله راهکارهای مدیریتی و حفظ منابع آب زیرزمینی می‌باشد. روش شاخص پتانسیل تغذیه مبتنی بر پارامترهای کنترل‌کننده‌ی میزان نفوذ و رواناب بوده و نتایج آن بیانگر آن است، که حدود ۸۰٪ مساحت این حوضه دارای پتانسیل تغذیه‌ی خیلی زیاد، زیاد و متوسط است. دلیل این امر را می‌توان به مناسب بودن شرایط جغرافیایی و زمین‌شناسی این حوضه نسبت داد. محدوده‌ی پهنه‌های با توان تغذیه‌ای مناسب منطبق بر سطح دشت ماهیدشت بوده، زیرا پارامترهای هشت‌گانه انتخابی بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده در جدول (۱) دارای بیشترین امتیازهای ممکن در این محدوده هستند. پهنه‌ی با پتانسیل تغذیه‌ی زیاد منطبق بر نواحی تپه‌ماهوری و نواحی فرسایشی حاشیه‌ی دشت ماهیدشت بوده و شرایط ژئومورفولوژیکی، شیب و لیتولوژیکی دارای محدودیت بیشتری نسبت به سطح دشت ماهیدشت می‌باشد. پهنه‌ی با پتانسیل متوسط منطبق بر نواحی کوهستانی شمال حوضه و بخش‌های از نواحی کوهستانی جنوب

حوضه بوده و دارای محدودیت در پارامترهای خاک، تراکم آبراهه، کاربری‌اراضی، ژئومورفولوژی و شیب می‌باشد. رخنمون سازندهای نفوذپذیر کربناته، تراکم خطوره بالا و بارش زیاد سبب پتانسیل تغذیه‌ی متوسط در این نواحی شده است. بیشتر مساحت ارتفاعات جنوبی حوضه و بخش‌های از ارتفاعات شمالی حوضه به علت رخنمون سازندهای نفوذناپذیر کشکان، امیران، گورپی و رادیولاریت و مساعد نبودن سایر شرایط در پهنه با پتانسیل تغذیه‌ی کم قرار گرفته‌اند. در نهایت می‌توان اذعان داشت، حوضه‌ی ماهیدشت از نظر پهنه‌های مناسب برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی با محدودیت روبرو نبوده و بستر و حاشیه‌ی رودخانه مَرگ و سطح دشت ماهیدشت مناسب‌ترین مناطق برای تغذیه‌ی منابع آب زیرزمینی می‌باشد. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش‌های دیگر منطبق بوده و بیانگر مناسب بودن شرایط اطراف رودخانه و دشت ماهیدشت برای تغذیه‌ی مصنوعی است. همچنین تطابق کامل پهنه‌های با پتانسیل تغذیه‌ی زیاد و خیلی زیاد با سطح آبخوان آبرافتی و واقعیت‌های میدانی حوضه بیان‌گر کارایی روش شاخص پتانسیل تغذیه در محدوده‌ی مورد مطالعه بوده و این روش می‌تواند کارایی مناسبی را در حوضه‌های مشابه در محدوده‌ی زون زاگرس دارا باشد. با توجه به تمرکز بارش‌های حوضه‌ی ماهیدشت در فصل سرد و نیاز کم آبی، می‌توان با ایجاد طرح‌های تغذیه‌ی مصنوعی در سطح دشت ماهیدشت به تغذیه‌ی آبخوان کمک کرد. برای جلوگیری از کاهش نفوذپذیری ناشی از ساخت‌وساز پروژه‌های صنعتی بزرگ، این‌گونه پروژه‌ها در نواحی حاشیه‌ی دشت ماهیدشت ایجاد گردند.

۵- منابع

- Abdalla, F. (2012). Mapping of groundwater prospective zones using remote sensing and GIS techniques: A case study from the Central Eastern Desert, *Egypt, Journal of African Earth Sciences*, 70, 8-17.
- Acharya, T., Kumbhakar, S., Prasad, R., Mondal, S., Biswas, A. (2019). Delineation of potential groundwater recharges zones in the coastal area of north-eastern India using geoinformatics, *Sustainable Water Resources Management*, 5(2), 533-540.
- Achu, A. L., Reghunath, R., Thomas, J. (2019). Mapping of Groundwater Recharge Potential Zones and Identification of Suitable Site-Specific Recharge Mechanisms in a Tropical River Basin, *Earth Systems and Environment*, 1-15.
- Al-Djazouli, M. O., Elmorabiti, K., Zoheir, B., Rahimi, A., & Amellah, O. (2019). Use of Landsat-8 OLI data for delineating fracture systems in subsoil regions: implications for groundwater prospection in the Waddai area, eastern Chad, *Arabian Journal of Geosciences*, 12(7), 241.
- Bagheri Dadvokalaii, O., Mohammad Vale Samani, J., Sarvarian, J., (2017). Determine the best place to implement groundwater artificial pond design by using two methods of boolean and AHP, *Journal of Engineering Constuction Management*, V. 02, 12-16.
- Costa, A. M., de Salis, H. H. C., Viana, J. H. M., Leal Pacheco, F.A. (2019). Groundwater recharge potential for sustainable water use in urban areas of the Jequitiba River Basin, Brazil, *Sustainability*, 11(10), 2955.
- Cotterman, K. A., Kendall, A. D., Basso, B., & Hyndman, D. W. (2018). Groundwater depletion and climate change: future prospects of crop production in the Central High Plains Aquifer, *Climatic change*, 146(1-2), 187-200.
- Dinesh Kumar, P. K., Gopinath, G., & Seralathan, P. (2007). Application of remote sensing and GIS for the demarcation of groundwater potential zones of a river basin in Kerala, southwest coast of India, *International Journal of Remote Sensing*, 28(24), 5583-5601.
- Eftekhari Ahandani, S., Sheykh V.B, Noura N., Tabatabaee Yazdi S.J., Akhzari, D, (2014). Identifying and prioritizing the appropriate places in the

- underground water supply of watershed system (Case study: Golbahar watershed, Khorasan Razavi), *J. of Water and Soil Conservation*, 21(3), 1-30.
- Entezari, M., Gholami, M. (2014). Potential ground water resources of Romeshgan basin with GIS technique, *Applied Geomorphology of Iran*, 2(4), 31-43.
- Gaur, S., Chahar, B. R., & Grailot, D. (2011). Combined use of groundwater modeling and potential zone analysis for management of groundwater, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(1), 127-139.
- Huang, C., et al., (2013). Groundwater recharge and exploitative potential zone mapping using GIS and GOD techniques. *Environmental Earth Sciences*, 68 (1), 267-280.
- Jamour R. and Eilbeigy M. (2019). Site selection and determination of the most suitable artificial recharge method in the Minab Plain based on AHP method, *J. Environ. Water Eng.*, 5(2), 166-173.
- Machiwal, D., Jha, M. K., Mal, B. C. (2011). Assessment of groundwater potential in a semi-arid region of India using remote sensing, GIS and MCDM techniques, *Water resources management*, 25(5), 1359-1386.
- Neff, B.P., Piggott, A.R., and Sheets, R.A. (2006). Estimation of shallow groundwater recharge in the great lakes basin, *Scientific Investigations Report 2005-5284, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, USA*.
- O'Leary, D.W., Friedman, J.D., Pohn, H.A., (1976). Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms, *Geological Society of America Bulletin*, 87 (10), 1463-1469.
- Oikonomidis, D., Dimogianni, S., Kazakis, N., & Voudouris, K. (2015). A GIS/remote sensing-based methodology for groundwater potentiality assessment in Tirnavos area, Greece, *Journal of Hydrology*, 525, 197-208.
- Olabode, O. F. (2019). Potential groundwater recharge sites mapping in a typical basement terrain: a GIS methodology approach, *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 3(1), 5.
- Pareta, K., Pareta, U. (2011). Hydromorphogeological study of Karawan watershed using GIS and remote sensing techniques, *International Scientific Research Journal*, 3(4), 243-268.

- Porhemat, J, Heydarizadeh, M., Abdeh-Kolahchi, A., Karimi, Z, (2012). Interaction of groundwater and surface water in MahiDasht Aquifer, *Journal of the Earth, in Issue 23*. 65-79.
- Punmia, B.C. and Jain, A.K., (2005). Soil mechanics and foundations, *New Delhi: Firewall Media*.
- Ramisht, M H, (2009). Geomorphology Maps (Symbols and Permits), Samt Publications, First Edition, *Winter 2009*.
- Ranjbarmanesh, N, Entezari, M, Ramisht, MH,(2013). Groundwater crisis caused by tectonic activity in Mahidasht plain, *Applied Geomorphology of Iran, 1(4)*, 1-18.
- Selvam, S., Magesh, N. S., Chidambaram, S., Rajamanickam, M., & Sashikkumar, M. C. (2015). A GIS based identification of groundwater recharge potential zones using RS and IF technique: a case study in Ottapidaram taluk, Tuticorin district, Tamil Nadu. *Environmental earth sciences, 73(7)*, 3785-3799.
- Senanayake, I.P., et al., (2016). An approach to delineate groundwater recharge potential sites in Ambalantota, Sri Lanka using GIS techniques, *Geoscience Frontiers, 7 (1)*, 115–124.
- Shaban, A., Khawlie, M., & Abdallah, C. (2006). Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon, *Hydrogeology Journal, 14(4)*, 433-443.
- Singh, L. K., Jha, M. K., & Chowdary, V. M. (2017). Multi-criteria analysis and GIS modeling for identifying prospective water harvesting and artificial recharge sites for sustainable water supply, *Journal of cleaner production, 142*, 1436-1456.
- Souissi, D., Msaddek, M. H., Zouhri, L., Chenini, I., El May, M., & Dlala, M. (2019). Mapping groundwater recharge potential zones in arid region using GIS and Landsat approaches, southeast Tunisia, *Hydrological sciences journal, 63(2)*, 251-268.
- Viessman, J.R.W., Lewis, G.L., and Knapp, J.W., (1989). *Introduction to Hydrology*, 3rd ed. Singapore: Harper and Row, 780.
- Yeh, H. F., Lin, H. I., Lee, C. H., Hsu, K. C., & Wu, C. S. (2014). Identifying seasonal groundwater recharge using environmental stable isotopes, *Water, 6(10)*, 2849-2861.

- Zaraii, M, (2010). *Evaluation of Artificial Feeding Using Conceptual and Mathematical Modeling in Mahidasht Plain Aquifer*, Master's thesis Razi University.
- Zareei1, A, Zareei, S, Nekouei Esfahani, A, Kakapour, V, Kanani, B, (2019). Locating Suitable Lands for Artificial Nutrition of Groundwater Aquifers Using Regional Data and Satellite Images in Yazd Province, *Environmental Science Studies*, 4(1), 1132-1142.

