

تعیین محل های مناسب جمع آوری رواناب به منظور تغذیه آب های زیر زمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)

مطالعه موردی حوزه آبخیز گلپهار (خراسان رضوی)

## Prepare zone determination to runoff harvesting for ground water recharge by GIS. A case of study, Golbahar watershed

سمانه افتخاری اهندانی<sup>۱</sup>، نادر نورا<sup>۲</sup>، واحدبردی شیخ<sup>۲</sup> و سید جواد طباطبایی یزدی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

دانشکده مرتع و آبخیزداری

۲- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده مرتع و آبخیزداری، گروه آبخیزداری

۳- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

Sama\_eftekhari@yahoo.com

### چکیده

یکی از راهکارهای مناسب حفظ و احیای آب های زیر زمینی، اصلاح و توسعه سیستم های بهره برداری هماهنگ با وضعیت طبیعی می باشد. یکی از بهترین این راهکارها، تغذیه مصنوعی سفره های آب زیر زمینی با بکارگیری سیستم جمع آوری رواناب می باشد. در این مقاله به منظور شناسایی عرصه های مناطق مناسب تغذیه سفره های آب زیر زمینی، محل های مناسب جمع آوری رواناب به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی در حوزه آبخیز گلپهار تعیین گردید. برای این منظور توان تولید رواناب قسمت های مختلف حوزه با در نظر گرفتن تغییرات مکانی عواملی از قبیل خاک، کاربری زمین، بارندگی، شیب، مدل سازی و اثرات احتمالی آن در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد ارزیابی قرار گرفت. در هنگام ترکیب اجزاء توسط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) سطح مکان های تغذیه آب زیرزمینی به صورت نسبی نسبت به سطح تمرکز رواناب و محل توزیع آب ذخیره شده تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان می دهد، ۶۸/۴ درصد از مساحت حوزه مورد مطالعه، دارای پتانسیل بالا و خیلی بالا برای تولید رواناب می باشد، در حالی که ۳۶/۳ درصد از سطح حوزه، دارای پتانسیل بالا برای تغذیه آب زیر زمینی می باشد.

**واژه های کلیدی:** سیستم های جمع آوری آب، تغذیه آب های زیر زمینی، جمع آوری رواناب، سیستم اطلاعات جغرافیایی

## مقدمه

تغذیه یکی از مولفه های مهم سیستم آب زیرزمینی است، این فاکتور اثر مهمی روی کیفیت آب های زیرزمینی کم عمق دارد. تغذیه معمولاً با استفاده از روش های ساده بیلان آبی یا مدل های عددی جریان آب زیرزمینی در مقیاس حوزه آبخیز برآورد می گردد. در حالی که این روش ها یک برآوردی از میانگین تغذیه برای منطقه ای خاص فراهم می کنند، تغذیه می تواند اساساً از یک حوزه به حوزه دیگر به دلیل تغییرات توپوگرافی، رسوبات و اقلیم متفاوت باشد. تغذیه با داده های خاص هر منطقه شامل سطح آب زیرزمینی، سن سفره آبی و داده های منطقه غیر اشباع در عرصه های مختلف برآورد می گردد. این برآورد ها را می توان با استفاده از روش های قابل استفاده در حوزه های آبخیز کامل کرد. تعداد زیاد نقاط برآورد شده در یک منطقه، اگر برآوردها دارای دقت قابل قبولی باشند، می تواند تعیین کننده توزیع مکانی تغذیه باشد. تغییرات تغذیه به عنوان یک پارامتر کلیدی برای شناسایی و تعیین حساسیت آبخوان ها نسبت به آلودگی یک منبع سطحی است.

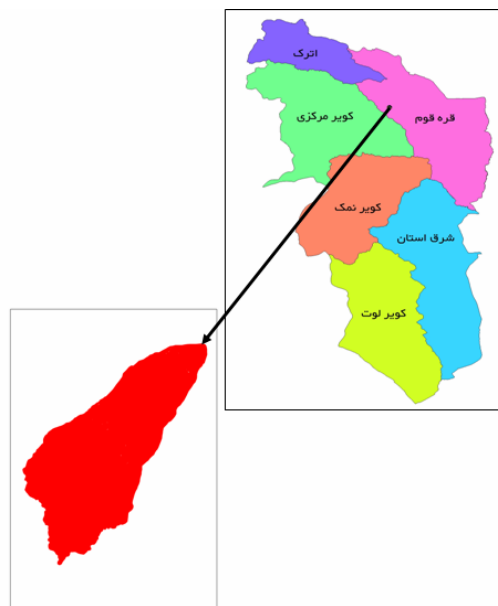
تغذیه را می توان به دو طبقه کلی تغذیه پخش شده و متمرکز طبقه بندی کرد. تغذیه پخش اشاره به این دارد که تغذیه در یک سطح وسیع اتفاق بیفتد، به این صورت که آب باران در خاک نفوذ کند و به سمت منطقه غیر اشباع حرکت نماید تا به سطح آب زیرزمینی برسد. تغذیه متمرکز اشاره به نفوذ آب از قسمت های اشباع مناطقی نظیر کانال، دریاچه و غیره به سطح سفره نفوذ کند. مشخصه معمول مناطق خشک پایین بودن عمق آب زیرزمینی، کمبود رودخانه ها و تغذیه متمرکز است. تغذیه پخش شده در مناطق مرطوب انجام می شود. تغذیه متمرکز که در مناطق مرطوب روی می دهد از جمع شدن رواناب سطحی در داخل چاله های روی سطح زمین ایجاد می شود (یرناردو و همکاران ۲۰۰۷).

باهر و همکاران (۲۰۰۳).<sup>۱</sup> در تحقیقی تغذیه پخش را در ۴۸ منطقه در جنوب نیوجرسی با استفاده از روش داری محاسبه کرده اند. نتایج نشان داد که استفاده از روش های ریاضی در محاسبات تغذیه ضمن صرفه جویی در وقت و زمان می تواند برای کارهای مشابه در مناطق مشابه نیز مفید واقع شود. نولان و همکاران (۲۰۰۳).<sup>۲</sup> مطالعه ای راجع به تغذیه آب زیرزمینی را انجام دادند. آنان در این تحقیق روابط به دست آمده از کار را با رسوب، سیمای اکولوژیک و داده های کیفیت آب آنالیز کردند.

## مواد و روش ها

### معرفی منطقه

حوزه آبخیز گلبهار در ۱۲ کیلومتری جنوب شهر گلبهار و در ۴۱ کیلومتری غرب شهر مشهد، در دامنه شمال شرقی کوه های بینالود قرار گرفته است. متوسط بارندگی اراضی این محدوده مطالعاتی در حدود ۳۰۰ میلی متر می باشد. این حوزه شامل ۱۲ زیر حوزه هیدرولوژیکی است. شکل ۱ موقعیت حوزه آبخیز گلبهار را در استان نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز گلبهار در استان خراسان رضوی

<sup>1</sup> - Baher etal

<sup>2</sup> - Nolan etal

## روش کار

در این تحقیق برای به دست آوردن مقدار شاخص تغذیه آب زیرزمینی که همان مقدار تراوش است در حوزه آبخیز گلپهار از یک مدل بارش- رواناب استفاده شده است. اغلب مدل‌های مورد استفاده در این زمینه، برای حوزه های آبخیز کوچک قابل استفاده می باشند و به شدت بارشهایی که بیشتر از ظرفیت نفوذ پذیری می باشند اشاره دارند. در این بخش برای محاسبه شاخص تغذیه آب زیرزمینی از مدل نفوذپذیری ارائه شده توسط دیسکن و نازیموف<sup>3</sup> استفاده شده است. مدلی که در اینجا شرح داده شده، تنها محدود به ظرفیت نفوذپذیری نبوده، بلکه از این مدل می توان برای محاسبه تغییرات نرخ ظرفیت نفوذپذیری و تولید رواناب موثر برای هر هایتوگراف بارش، استفاده نمود.

## شرح مدل

مدل شامل ۲ محیط است. محیط اول محیط تنظیمی است که دارای یک ورودی و دو خروجی می باشد و محیط دوم، محیط ذخیره نام دارد که یک ورودی دریافت کرده و یک خروجی دارد. دو محیط با این واقعیت که یکی از خروجی های محیط تنظیمی، ورودی محیط ذخیره است، به هم مربوط می شوند. محیط تنظیمی نماینده سطح خاک است که تعیین کننده ظرفیت نفوذ خاک می باشد. این محیط همچنین میزان تبدیل بارش  $r(t)$  را به نفوذ واقعی  $q(t)$  و رواناب  $y(t)$  تعیین می نماید. محیط ذخیره نیز نماینده رطوبت لایه بالایی خاک می باشد که این رطوبت از طریق نفوذپذیری  $q(t)$ ، از بالا به آن اضافه شده و توسط تراوش  $g(t)$ ، از مرز پایین آن تخلیه می شود.

## معرفی فاکتورهای مدل

کاربرد مدل در فرایند نفوذپذیری نیاز به تعریف سه پارامتر دارد که عبارتند از:  $S_m$  (حد اکثر رطوبت موجود در خاک) ،  $f_0$  (حداکثر نرخ میزان نفوذپذیری) و  $f_c$  (حداقل نرخ میزان نفوذپذیری). این سه پارامتر برای تعریف محیط های مدل و شرح فرایند نفوذپذیری با هم ترکیب می شوند

## چگونگی محاسبه فاکتورهای مدل:

تهیه اطلاعات نفوذ پذیری و خاک و همچنین رگبار برای اجرای مدل:

برای تست مدل به یک سری اطلاعات دیگر نیاز است این اطلاعات شامل  $S_m$  (حد اکثر رطوبت موجود در خاک) ،  $f_0$  (حداکثر نرخ میزان نفوذپذیری) و  $f_c$  (حداقل نرخ میزان نفوذپذیری) می باشد.

## تهیه آمار رگبارهای وقوع یافته در منطقه:

آمار رگبارهای وقوع یافته در حوزه آبخیز گلپهار از سازمان آب منطقه ای شهرستان مشهد تهیه شده است. این آمار در یک دوره ۳۰ ساله در اداره کل منابع طبیعی استان خراسان رضوی و مدیریت آبخیزداری شهرستان مشهد موجود می باشد.

## تعیین فاکتور های نفوذ پذیری و خاک

برای اجرای مدل ، به یک سری پارامترهای ورودی که شامل حداکثر میزان ظرفیت نفوذپذیری ، حداقل میزان ظرفیت نفوذپذیری و حداکثر رطوبت موجود در خاک می باشد، نیاز است. به منظور استخراج اطلاعات فوق بر روی نقشه توپوگرافی طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای مقاطع مورد نظر مشخص گردید و پس از انجام مطالعات میدانی و با کمک موقعیت یاب جغرافیایی<sup>4</sup> (GPS) موقعیت مقطع در عرصه مشخص گردید و سپس مطالعات زیر صورت گرفت.

## مطالعات نفوذپذیری

به منظور محاسبه حداکثر و حداقل میزان ظرفیت نفوذپذیری، بر روی هر یک از قطعات کاربری اراضی حوزه مورد مطالعه، میزان آبدزدی سطحی خاک به کمک استوانه های دوتایی در سه تکرار اندازه گیری شد.

## مطالعات خاکشناسی

به منظور محاسبه حداکثر رطوبت موجود در خاک ، اقدام به نمونه برداری از خاک سطحی در هرواحد کاربری از منطقه گردید . سپس در آزمایشگاه درصد وزنی رطوبت خاک تعیین و با استفاده از روابط موجود در خاکها، درصد حجمی رطوبت یا رطوبت موجود در خاک با استفاده از روابط زیر تعیین گردید که نتایج آن در فصل نتایج آورده شده است.

$$\theta_m = \frac{A-B}{B-C} \times 100$$

<sup>3</sup> -Diskin and nazimov

<sup>4</sup> Global Position System

$\theta_m$  ← درصد وزنی رطوبت

$A$  ← وزن ظرف + خاک اشباع شده

$B$  ← وزن ظرف + خاک خشک شده توسط آون

$C$  ← وزن ظرف

$$\theta_v = \theta_m \times \rho_b / \rho_w$$

۲۸-۳

$\theta_v$  ← درصد حجمی رطوبت

$\rho_b$  ← وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۳)

$\rho_w$  ← وزن مخصوص ظاهری آب (۱)

- منظور از درصد حجمی رطوبت این است که در هر صد سانتیمتر مکعب خاک، چند سانتیمتر مکعب آب وجود دارد.

### اجرای مدل

مدل معرفی شده به محاسبه تغییرات نفوذ پذیری و تولید رواناب موثر در طول رگبار بارندگی می پردازد. در این مرحله با انتخاب یک پریود زمانی برای رگبارهای بارندگی و محاسبه شدت بارندگی در هر پریود و همچنین با مشخص بودن پارامترهای مدل (حد اکثر و حداقل مقدار نفوذ و حداکثر رطوبت موجود در خاک) محاسبات شروع می شود و به ترتیب مقادیر ذخیره رطوبتی خاک، ظرفیت نفوذ، بارش مازاد و سپس مقدار تراوش برای آن پریود زمانی محاسبه می شود. سپس محاسبات برای پریود های زمانی متوالی انجام می شود. نتایج حاصل از این بخش در قسمت نتایج آورده شده است.

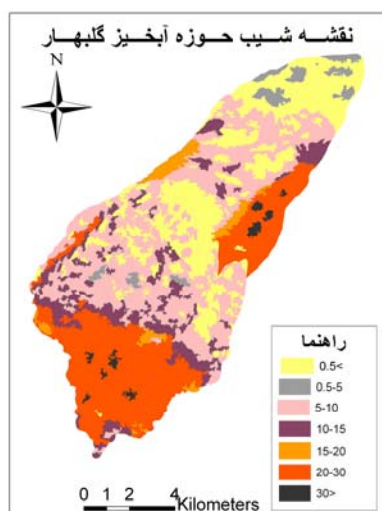
### تهیه نقشه تغذیه آب زیرزمینی

#### جمع آوری داده های مورد نیاز

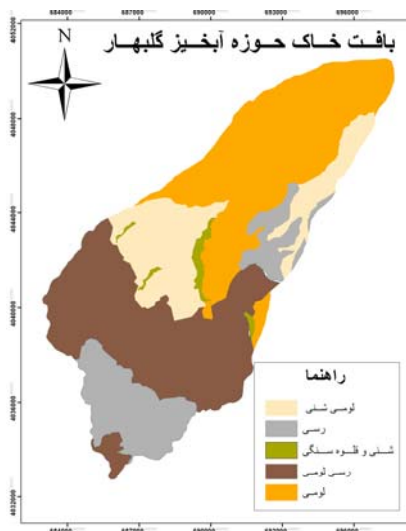
در این مطالعه داده های ورودی مورد نیاز برای خصوصیات بیوفیزیکی و پارامترهای اقتصادی- اجتماعی حوزه از نقشه های موجود، عکس های هوایی و ارزیابی های زمینی و میدانی جمع آوری گردید. عکس هوایی حوزه با قدرت تفکیک بالا (۱ متر)، با گرفتن عکس هایی با پوشش مشترک از حوزه بوسیله نرم افزار گوگل ارس ۵ در سال ۲۰۱۰ و موزائیک نمودن آنها در نرم افزار فتوشاپ ۷، تهیه و با استفاده از نقاط کنترلی با سیستم موقعیت یاب جهانی ۶ (GPS) در نرم ARC GIS زمین مرجع گردید.

کاربری های مختلف و نقشه کاربری اراضی حوزه در ۵ گروه شامل: مناطق مسکونی، اراضی آبی و باغی، دیم، مرتع و بستر رودخانه تهیه گردید. (شکل ۲). همچنین با نمونه برداری از خاک، ۵ کلاس بافت خاک شامل رسی، شنی و قلوه سنگی، رسی لومی، لومی و لومی شنی، در حوزه شناسایی شد. جهت ارزیابی خاک حوزه نسبت به واکنش به بارندگی ها و تولید رواناب و تغییرات مکانی آن در حوزه، آزمایشات میدانی نفوذ پذیری با استفاده از استوانه مضاعف انجام گرفت. این آزمایشات در سازندهای زمین شناسی و کاربری های مختلف حوزه انجام شد. (شکل ۳)

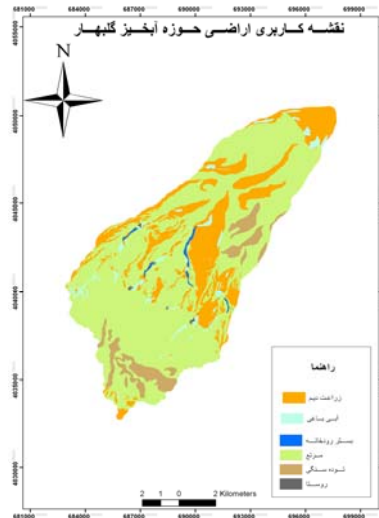
نقشه شیب حوزه با استفاده از مدل رقومی ارتفاع، با نرم افزار ARC GIS در ابعاد پیکسلی ۱ متر تهیه گردید (شکل ۴).



شکل ۴) نقشه شیب حوزه آبخیز گلبهار



شکل ۳) نقشه بافت خاک حوزه آبخیز گلبهار



شکل ۲) نقشه کاربری حوزه آبخیز گلبهار

<sup>5</sup> - Google Earth

<sup>6</sup> - Global Positioning System

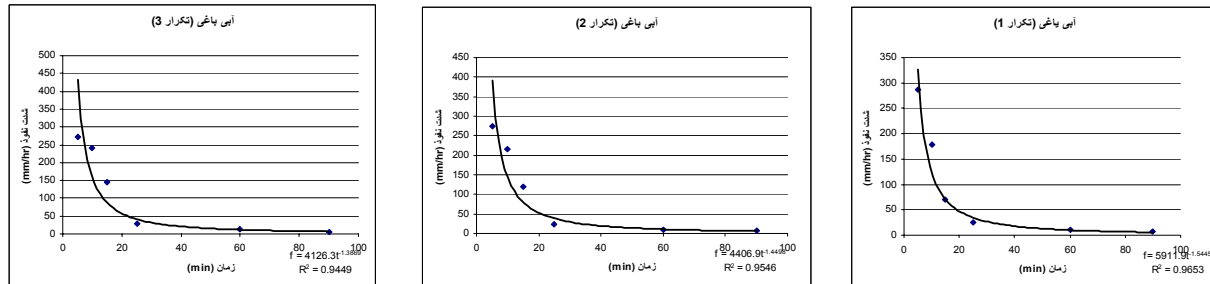
## پردازش داده‌ها

داده‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه تغذیه آب زیرزمینی در نرم افزار ARC GIS پردازش گردید. این پردازش شامل تلفیق ۳ نقشه بافت خاک، شیب و کاربری اراضی می باشد. حاصل کار نقشه رستری پتانسیل رواناب است که در ۵ کلاس تهیه شده است. روش رستری بر مبنای تجزیه و تحلیل سیستم اطلاعات جغرافیایی برای پیش‌بینی رواناب مورد استفاده قرار گرفت (روزنیلد، ۱۹۹۲؛ وان بلارگان، ۱۹۸۹)

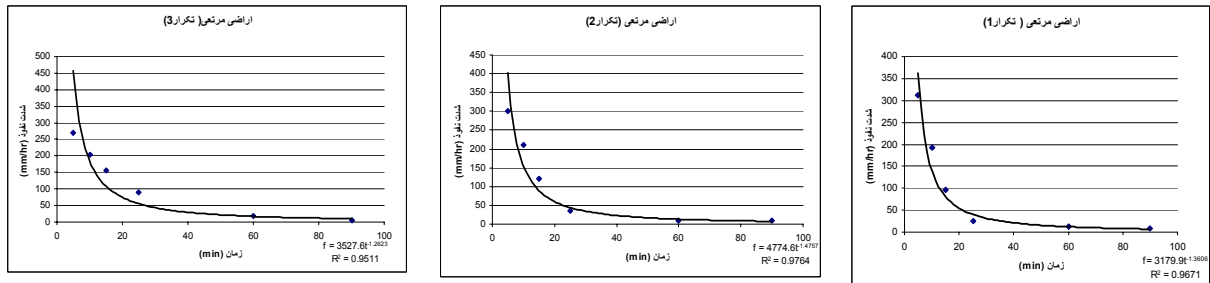
## نتایج

ابتدا نتایج مربوط به آزمایشات نفوذ پذیری که با استفاده از استوانه های دو تایی به دست آمده است در قالب نمودار هایی برای هر کاربری ارائه می شود.

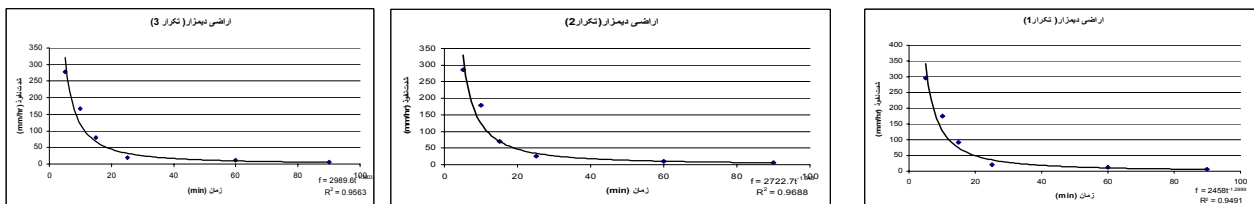
### الف) کاربری آبی باغی



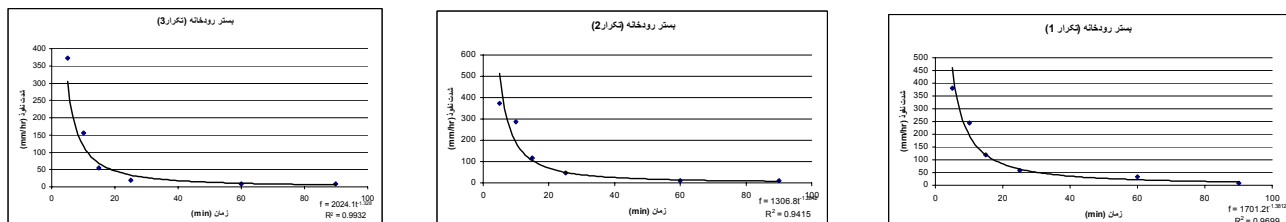
### ب) کاربری مرتعی



### ج) کاربری دیمزار



### د) کاربری بستر رودخانه



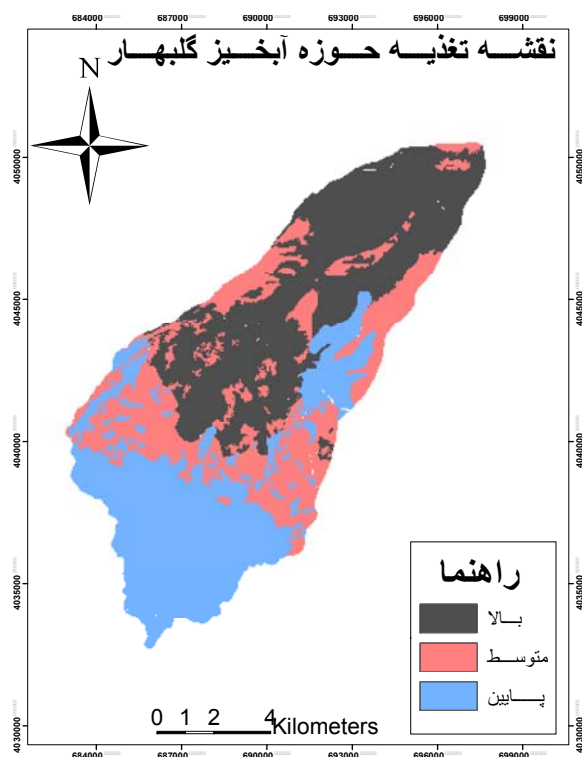
نتایج حاصل از اجرای مدل به دست آوردن مقدار تراوش یا همان مقدار نفوذ عمقی که شاخصی برای تغذیه آب های زیرزمینی است، می باشد. در مرحله بعد برای اینکه بتوانیم برای سایر نقاط حوزه مورد مطالعه نیز این مقدار را به دست آوریم، اقدام به توسعه روشی شد که ضمن اینکه با شرایط حوزه مورد مطالعه سازگار باشد، همچنین بتواند سایر نقاط حوزه را نیز پوشش دهد. طبق مطالعات صورت گرفته بهترین روش ممکن استفاده از روش رگرسیون خطی چند متغیره می باشد. با استفاده از این روش اقدام به توسعه یک معادله رگرسیونی بین تغذیه و عوامل موثر بر آن شامل درصد شیب، درصد تاج پوشش، درصد سیلت، رس و شن و همچنین کاربری شد. برای اجرای این روش از نرم افزار آماری SPSS استفاده شده است. شیوه عمل این نرم افزار به صورتی است که به صورت گام به گام تمامی عوامل موثر بر تغذیه را مورد بررسی قرار می دهد و در نهایت به یک معادله نهایی می رسد که این معادله تعیین کننده اثر گذاری و یا عدم اثر گذاری عوامل مورد بررسی بر شاخص تغذیه آب زیرزمینی می باشد. معادله به دست آمده به شرح زیر است:

$$Y = 0.4X_1 + 0.6X_2 + 3.2$$

X1 = عامل شیب

X2 = درصد رس

در مرحله بعد با استفاده از اطلاعات به دست آمده و تلفیق چند نقشه که بسترین تاثیر را بر تغذیه آب زیرزمینی دارند به ایجاد نقشه تغذیه آب زیرزمینی پرداخته شد. نقشه حاصل یک نقشه رستری پنج کلاسه می باشد که مقدار تغذیه را از خیلی بالا تا خیلی پایین نشان می دهد. (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه تغذیه حوزه آبخیز گلبهار

در این مطالعه با استفاده از قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، محل‌های مناسب برای تغذیه آب زیرزمینی و کاربرد این سیستم‌ها در حوزه آبخیز گلبهار تعیین گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، ۳۶/۳ درصد از مساحت زیرحوزه دارای پتانسیل بالا می‌باشد. جدول ۱ تناسب، مساحت و نسبت سطح مناطق دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی به سطح کل حوزه آبخیز گلبهار را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تناسب، مساحت و نسبت سطح مناطق دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی به سطح کل حوزه آبخیز گلبهار

تناسب	پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی	
	مساحت به هکتار	درصد مساحت
بالا	۳۶۳/۸	۳۶/۳
متوسط	۲۹۸/۲	۲۹/۸
پایین	۳۳۸	۳۳/۸

## بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه روشی برای تعیین نقاط دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی با استفاده از کاربرد سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه داده شد. بنابراین برای تعیین این مناطق مستلزم داشتن اطلاعات رقومی و متضمن چیدن این اطلاعات در کنار هم می‌باشیم. درصد مکان‌های دارای پتانسیل بالای تغذیه آب زیرزمینی در حوزه آبخیز گلبهار ۳۶/۳ درصد مساحت کل حوزه می‌باشد. این وضعیت می‌تواند برای مناطقی از حوزه مورد مطالعه مفید باشد که در آن محل زمین کشاورزی وجود داشته باشد. همان‌طور که نقشه کاربری و نقشه تغذیه آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهند قسمت عظیمی از اراضی آبی و باغی و اراضی دیم در قسمت‌هایی از حوزه قرار دارند که در آن قسمت‌ها پتانسیل تولید تغذیه بالا می‌باشد. این امر می‌تواند برای احداث چاه‌های مختلف در منطقه مفید واقع شود چراکه هر چه میزان سطح تغذیه آب زیرزمینی در منطقه بالا باشد، هزینه‌های مربوط به احداث چاه یعنی هزینه تاسیسات، لوله گذاری و پمپ کاهش یابد. پس این وضعیت در منطقه از لحاظ اقتصادی سود زیادی را برای زمین‌های کشاورزی منطقه به همراه دارد.

ارائه اطلاعات مکانی از مناطق دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی، یک گام مهم و ضروری در بکارگیری سیستم‌های جمع‌آوری رواناب به منظور تغذیه آب زیرزمینی درون یک حوزه آبخیز می‌باشد. روش ارائه شده در این مطالعه، سیستم اطلاعات جغرافیایی را به عنوان یک ابزار قدرتمند و مفید جهت ترکیب، ذخیره، آنالیز و مدیریت داده‌های مکانی معرفی می‌نماید که می‌تواند در هر مقیاس از سطح حوزه آبخیز مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان یک روش منطقی برای کمک به تصمیم‌گیری‌ها از طریق شناسایی سطح حوزه، نقشه برداری و ارزیابی‌های مکانی، در مطالعات مکان‌یابی استفاده گردد. خروجی حاصل از این روش نمایش مکانی از مناطق دارای پتانسیل تغذیه آب زیرزمینی را درون یک حوزه آبخیز نشان می‌دهد. بدین ترتیب با به کارگیری از روش‌های مکان‌یابی تغذیه آب زیرزمینی در این منطقه و مناطق مشابه صرفه جویی زیادی در وقت و هزینه صورت می‌گیرد.

1- Baehr, A.L., Kauffman, L.J., Perkins, K., Nolan, B.T., 2003. Estimating spatial variability of recharge in southern New Jersey from unsaturated-zone measurements. US Geological Survey Water-Resources Investigations Report. Pp: 02-4288.

2- Bernard T. Nolan, Richard W. Healy, Patrick E. Taber, Kimberlie Perkins, Kerie J. Hitt, David M. Wolock. 2007. Factors influencing ground-water recharge in the eastern United States. The Journal of Hydrology. Vol: 205. Pp: 332-187.

3- Nolan, B.T., Baehr, A.L., Kauffman, L.J., 2003. Spatial variability of ground-water recharge and its effect on shallow ground-water quality in southern New Jersey. Vadose Zone Journal. Vol: 2. Pp: 677-691.