

## تعیین نقاط مناسب تغذیه مصنوعی با استفاده از مدل‌های بولین و فازی (مطالعه موردی: آبخوان سفیددشت)

مصطفی مرادی دشت‌پاگردی<sup>1\*</sup>، دیبا غنچه‌پور<sup>2</sup>، حسن وقارفرد<sup>3</sup>، اسدالله خورانی<sup>4</sup>

<sup>1</sup> کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، شهر بندرعباس، ایران

Moradi2763@yahoo.com

<sup>2</sup> کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، شهر بندرعباس، ایران

<sup>3</sup> استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، شهر بندرعباس، ایران

<sup>4</sup> استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، شهر بندرعباس، ایران

تاریخ پذیرش: 92/2/10

تاریخ دریافت: 91/11/15

### چکیده:

برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی در استان چهارمحال و بختیاری منجر به ممنوعه اعلام شدن برخی از دشت‌های این استان شده است که آبخوان سفیددشت از جمله آنهاست. تغذیه مصنوعی می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر برای افزایش سطح آب زیرزمینی و حل بحران آب زیرزمینی در این استان باشد. مهم‌ترین گام برای انجام موفق تغذیه مصنوعی، مکان‌یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی است. در این پژوهش، به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت، فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، کیفیت آبرفت و کاربری اراضی مورد بررسی قرار گرفتند و نقشه‌های مربوط به هر یک از این فاکتورها در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه شدند. به منظور تلفیق فاکتورهای مؤثر در تغذیه مصنوعی از دو مدل منطق بولین و منطق فازی استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بر اساس منطق بولین، 1/43 درصد و بر اساس منطق فازی، 9/97 درصد از اراضی سفیددشت مناسب تغذیه مصنوعی هستند که با اعمال لایه کاربری اراضی، این مقادیر برای مدل‌های منطق بولین و منطق فازی به ترتیب به 0/92 و 4/12 کاهش یافت؛ بنابراین کاربری اراضی در این دشت، عاملی محدودکننده برای تغذیه مصنوعی است.

واژه‌های کلیدی: تغذیه مصنوعی، منطق بولین، منطق فازی، سفیددشت، استان چهارمحال و بختیاری.

## مقدمه

بر اساس بررسی‌های انجام شده به وسیله سازمان ملل، ایران در زمره کشورهای مواجه با کمبود آب قلمداد می‌شود. شرایط اقلیمی بخش مهمی از کشور ایران که جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک است، موجب گردیده که کمبود آب در این مناطق از مهم‌ترین مشکلات اجتماعی به حساب آید (حکمت‌پور و همکاران، 1386). اوضاع جوی و زمین‌ساختی مناطق خشک، ساکنان این مناطق را به بهره‌برداری بیشتر از آب‌های زیرزمینی واداشته و پایه‌های بسیاری از اجتماعات بشری بر آن استوار گشته است (رضایی و فخرهبادی، 1387)، لذا این منابع از عوامل توسعه اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (نوری و همکاران، 1383).

برداشت بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی و عدم توجه به تغذیه این منابع، باعث ایجاد وضعیت بحرانی در منابع آب زیرزمینی شده است، لذا توجه بیشتر به این منابع برای حفظ پایداری آن‌ها ضروری است (باریکانی و همکاران، 1391؛ فضل‌اولی و همکاران، 1385). از طرف دیگر، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، بارش ناگهانی و سنگین منجر به سیل بسیار تخریب‌کننده می‌شود (فضاوی و همکاران، 2010). بنابراین استفاده از جریان سیل به منظور افزایش سطح آب زیرزمینی به روش تغذیه مصنوعی مهم است (خیرخواه زرکش و همکاران، 2008)

تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی با استفاده از آب برای نفوذ در خاک و حرکت به سمت پایین از طریق ناحیه غیراشباع به سمت آب زیرزمینی انجام می‌شود (بوور، 2002). طرح‌های تغذیه مصنوعی علاوه بر تغذیه آب زیرزمینی، حمایت از تولید مواد غذایی و تأمین آب، مزایای دیگری مانند کاهش خسارات سیل و سبز کردن بیابان‌ها را دارند (خیرخواه زرکش و همکاران، 2008). تعیین مناطق مناسب جهت تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی، اهمیت فراوانی دارد که لازم است با دقت کافی و در حداقل زمان ممکن انجام شود (رضایی و همکاران، 1390). تعیین مناطق مناسب با استفاده از روش‌های سنتی و رایج مشکل است و نتایج حاصل از آن

دارای خطای زیادی می‌باشد (مهرورز و همکاران، 2007). از طرفی، GIS قادر به ایجاد اطلاعات در لایه‌های موضوعی متفاوت و تلفیق آن‌ها با صحت کافی و در یک دوره زمانی کوتاه‌مدت است. استفاده از این روش‌ها برای تحلیل‌های مکانی ناگزیر است (قیومیان و همکاران، 200). تاکنون در زمینه استفاده از روش‌های مختلف تلفیق اطلاعات با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد پخش سیلاب، مطالعات متعددی صورت گرفته است. ساروی و همکاران (2006؛ آل شیخ و همکاران، 1381) برای مکان‌یابی مناطق مناسب برای پخش سیلاب، لایه‌های شیب، نفوذ سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آب رسوب را با استفاده از GIS تلفیق کردند و بدین منظور، دو مدل بولین و فازی را مورد استفاده قرار دادند و در نهایت، عملگر ضرب فازی را نسبت به مدل بولین مناسب‌تر دانستند. قیومیان و همکاران (2007)، منطق بولین و منطق فازی را برای تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی استفاده کردند و منطق فازی را به عنوان روش مناسب‌تر شناختند. حکمت‌پور و همکاران (1386) پنج عامل مقدار شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، توانایی انتقال آب در آبرفت و کیفیت آبرفت را به عنوان عوامل مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در دشت ورامین در نظر گرفتند و برای تلفیق لایه‌های مورد بررسی از GIS استفاده کردند. دادرسی سبزواری و خسروشاهی (1387) در پژوهش خود برای شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب از روش تلفیق عوامل مؤثر با استفاده از تکنیک‌های لایه‌های اطلاعاتی و سپس پهنه‌بندی در مدل‌های مکان‌یابی و قابل اجرا در محیط GIS از جمله مدل‌های منطق بولین، شاخص هم‌پوشانی و منطق فازی استفاده کردند. نیرمالا و همکاران (2011) برای تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در دو روستا در کنیا از GIS استفاده کردند.

به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری، چندین دشت در این استان به عنوان دشت‌های ممنوعه اعلام شده‌اند که نیمی از چاه‌های استان در این دشت‌ها واقع‌اند. از طرفی این استان با وجود وسعت کم، ده درصد از منابع آب کل کشور را داراست؛ بنابراین استفاده

گردید (فائو، 1979). داده‌های نقطه‌ای مربوط به هدایت الکتریکی به عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت آبرفت و ضخامت آبرفت از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهارمحال و بختیاری اخذ شد، و برای تهیه نقشه‌های کیفیت آبرفت و ضخامت آبرفت، این داده‌های نقطه‌ای با استفاده از نرم‌افزار GIS9.3 پهنه‌بندی شدند. در جدول‌های (1)، (2)، (3) و (4) به ترتیب، کلاس‌های فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت و در شکل‌های (1)، (2)، (3) و (4) نیز نقشه‌های تهیه شده برای هر یک از فاکتورهای مورد بررسی، به همان ترتیب نشان داده شده است.

| جدول (1): طبقه‌بندی شیب در سفیددشت و مساحت هریک از طبقات شیب |                      |           |
|--|----------------------|-----------|
| مقدار شیب  | مساحت (کیلومتر مربع) | مساحت (%) |
| 0-2  | 1/15                 | 15/44     |
| 2-4  | 1/95                 | 26/2      |
| 4-6  | 1/93                 | 25/88     |
| >6   | 2/43                 | 32/45     |

| جدول (2): طبقه‌بندی سرعت نفوذ (میلی‌متر بر ساعت) در سفیددشت |                      |           |
|---|----------------------|-----------|
| طبقات   | مساحت (کیلومتر مربع) | مساحت (%) |
| 0-15  | 1/251                | 33/49     |
| 15-25   | 1/253                | 33/53     |
| 25-45   | 0/31                 | 8/27      |
| 45<   | 0/92                 | 24/69     |

| جدول (3): مقادیر ضخامت آبرفت در سفیددشت |                 |           |
|---|-----------------|-----------|
| مقادیر (متر)                            | مساحت (مترمربع) | مساحت (%) |
| 20-30                                   | 143             | 2/09      |
| 30-45                                   | 900             | 13/17     |
| 45<                                     | 5790            | 84/73     |

| جدول (4): طبقات هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) در سفیددشت |                 |           |
|---|-----------------|-----------|
| مقادیر  | مساحت (مترمربع) | مساحت (%) |
| 0-500   | 24600           | 4/89      |
| 500-1000  | 470498          | 93/64     |
| 1000>   | 7326            | 1/45      |

از این منابع آب به منظور تغذیه مصنوعی منابع آب زیرزمینی، می‌تواند در پیشگیری از بحران آب زیرزمینی مؤثر باشد. از جمله دشت‌های ممنوعه در استان چهارمحال و بختیاری، آبخوان سفیددشت است، لذا پژوهش حاضر با هدف تعیین مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت انجام شد و بدین منظور، از سیستم اطلاعات جغرافیایی و دو مدل منطق بولین و منطق فازی برای تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مورد بررسی استفاده شد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

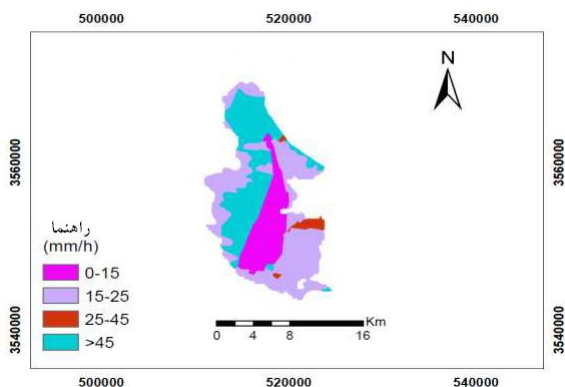
آبخوان سفیددشت در استان چهارمحال و بختیاری با مختصات  $90^{\circ} 02' 02''$  تا  $50^{\circ} 27' 40''$  طول شرقی و  $2^{\circ} 45' 35''$  تا  $6^{\circ} 05' 35''$  عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع دشت مورد مطالعه 2150 متر از سطح دریا و مساحت آن 201 کیلومتر مربع است.

### فاکتورهای مؤثر در تغذیه مصنوعی

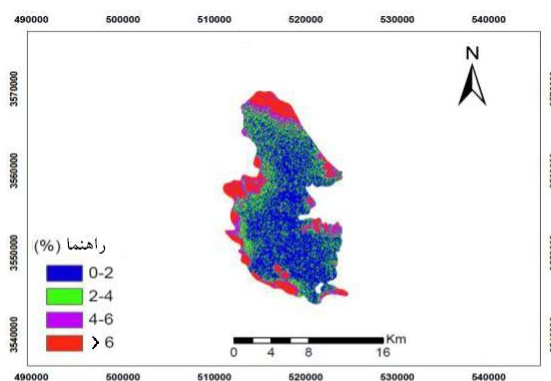
عوامل مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی متعدّدند. بدیهی است که استفاده از همه مشخصه‌های مؤثر در مدل‌های مکان‌یابی میسر نیست. با توجه به هدفی که در این تحقیق دنبال می‌شود و نیز مطالعات محققان گذشته، اغلب عواملی مورد توجه قرار گرفتند که در تغذیه سفره آب زیرزمینی مؤثرتر باشند.

بنابراین، به منظور مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت، فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آبرفت، کیفیت آبرفت و کاربری اراضی مورد استفاده قرار گرفتند و از آنجا که از نظر فاکتور بارش در استان چهارمحال و بختیاری و محدوده مورد مطالعه، محدودیتی برای تغذیه مصنوعی وجود ندارد؛ بنابراین این فاکتور مورد بررسی قرار نگرفت.

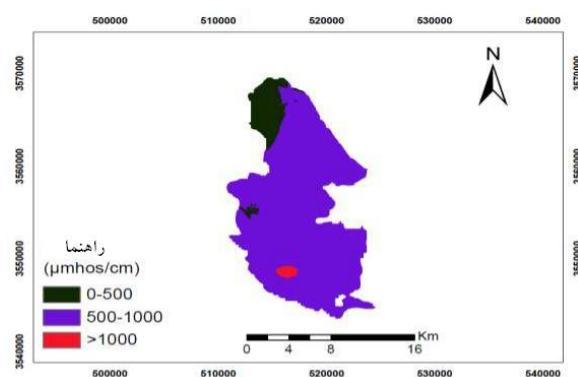
برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز به این صورت عمل شد: با استفاده از نقشه توپوگرافی دارای مقیاس 1:25000 و تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه شیب به دست آمد. نقشه نفوذپذیری خاک، با استفاده از نقشه بافت خاک طبق روش سازمان خوار و بار جهانی (FAO) تهیه



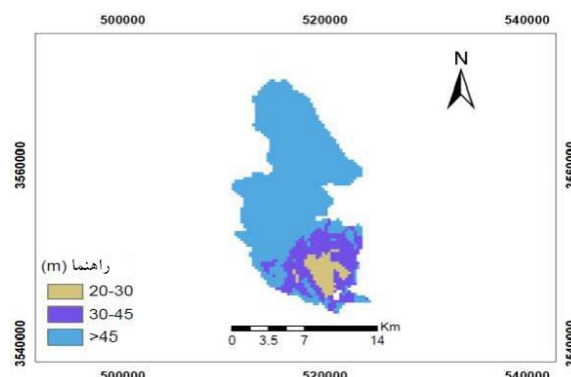
شکل (2): نقشه نفوذپذیری سطحی در سفیددشت



شکل (1): نقشه شیب سفیددشت



شکل (4): نقشه هدایت الکتریکی در سفیددشت



شکل (3): نقشه طبقات ضخامت آبرفت در سفیددشت

Suit B: نقشه عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در مدل بولین؛

Infiltr B: عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در نقشه نفوذپذیری سطحی بر اساس مدل بولین؛

Slope B: عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در نقشه شیب بر اساس مدل بولین

EC B: عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در نقشه شوری خاک بر اساس مدل بولین؛

T B: عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در نقشه توانایی انتقال آبرفت بر اساس مدل بولین؛

B B: عرصه‌های مناسب پخش سیلاب در نقشه ضخامت آبرفت بر اساس مدل بولین.

همان‌طور که ذکر شد، وزن‌دهی به کلاس‌های هر لایه اطلاعاتی در مدل‌های بولین بر اساس منطق صفر و یک است که به هر کدام از لایه‌های اطلاعاتی، عضویت یک یا

مدل‌های مورد استفاده برای تلفیق لایه‌های اطلاعات مدل بولین

این مدل شامل ترکیبات منطقی از نقشه‌های دودویی بر اساس عملگرهای شرطی است و هر نقشه به عنوان یک لایه در نظر گرفته می‌شود (بوهمن، 1996) در مدل منطق بولین، وزن همه لایه‌های مورد بررسی یکسان در نظر گرفته می‌شود و در واقع، وزن‌دهی برای کلاس‌های هر یک از لایه‌های مورد بررسی انجام می‌شود، به این صورت که اگر کلاس مورد نظر، برای هدف در نظر گرفته شده مطلوب باشد، وزن یک و در غیر این صورت، وزن صفر را دریافت خواهد کرد؛ بنابراین، بر اساس فرمول (1)، لایه‌های اطلاعاتی در قالب مدل منطق بولین در محیط GIS تلفیق شدند.

$$\text{Suit Bo} = (\text{Infiltr B}) \text{ AND } (\text{Slope B}) \text{ AND } (\text{EC B}) \text{ AND } (\text{T B}) \text{ AND } (\text{B B}) \quad (1)$$

در این فرمول هر کدام از پارامترها عبارت‌اند از:

BF: نقشه حاصل از وزن‌دهی به کلاس‌های ضخامت آبرفت در قالب مدل فازی (0-1):

ECF: نقشه حاصل از وزن‌دهی به کلاس‌های کیفیت آبرفت در قالب منطق فازی (0-1):

در نهایت، وزن‌دهی لایه‌های اطلاعاتی در مدل فازی براساس جدول (6) انجام شد.

جدول (6): میزان عضویت هر یک از طبقات لایه‌های اطلاعاتی در مکان‌یابی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی (روش منطق فازی)

| عضویت | طبقات     |  |
|-------|-----------|--|
| 0/7   | 0-2       | شیب (%)                                |
| 0/5   | 2-4       |  |
| 0/3   | 4-8       |  |
| 0/01  | 8<        |  |
| 0/01  | 0-15      |  |
| 0/34  | 15-25     | سرعت نفوذ (میلی‌متر بر ساعت)           |
| 0/74  | 25-45     |  |
| 0/95  | 45<       |  |
| 0/01  | 0-10      |  |
| 0/5   | 10-20     | ضخامت آبرفت (متر)                      |
| 0/65  | 20-30     |  |
| 0/8   | 30<       |  |
| 0/6   | 0-1000    |  |
| 0/45  | 1000-2250 | هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) |
| 0/25  | 2250-4000 |  |
| 0/01  | 4000<     |  |

مأخذ: (نوری و همکاران، 1383)

### نتایج

در نهایت با روی هم‌گذاری لایه‌های اطلاعاتی شیب، سرعت نفوذ، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت با استفاده از منطق بولین و عملگر ضرب فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، نقشه مناطق مناسب تغذیه مصنوعی بر اساس هر یک از مدل‌های مذکور به دست آمد. شکل‌های (5) و (6) نقشه‌های به دست آمده بر این اساس را نشان می‌دهد. در جدول (7) مقادیر مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی سفیددشت بر اساس مدل‌های بولین و ضرب فازی نمایش داده شده است.

صفر تعلق می‌گیرد. به منظور تعیین امتیاز صفر یا یک در مدل بولین، از جدول (5) استفاده شد که مقادیر پذیرفته شده در مدل بولین برای هر یک از لایه‌های اطلاعاتی مورد بررسی، نشان داده شده است.

جدول (5): مقادیر پذیرفته شده در مدل بولین

| نقشه‌های پایه                          | محدوده‌های پذیرفته شده |
|--|------------------------|
| شیب (%)                                | 0-4                    |
| ضخامت آبرفت (متر)                      | بیش از 20              |
| سرعت نفوذ (میلی‌متر بر ساعت)           | بیش از 25              |
| هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر) | کمتر از 1000           |

مأخذ: (قیومیان و همکاران، 200).

### مدل فازی

در مدل فازی، مجموعه جدیدی معرفی می‌شود که در آن، عضویت عناصر دارای درجاتی از قطعیت است؛ بر خلاف روش بولین که با قطعیت بیان می‌شود (کردی و همکاران، 2006). بنابراین در بحث تغذیه مصنوعی هیچ واحدی نمی‌تواند قطعاً به عنوان مناسب یا نامناسب برای تغذیه مصنوعی شناخته شود (قیومیان و همکاران، 200). تحلیل منطق فازی دارای حالات مختلفی (جمع، ضرب و گاما) است که به علت حساسیت بالای عملگر ضرب جبری فازی در مکان‌یابی، در این تحقیق از آن استفاده شده است. در این عملگر، تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند. در این اپراتور، تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند. بر اساس فرمول (2) نقشه استعداد اراضی برای تغذیه مصنوعی در این اپراتور استخراج شد.

$$\text{Suit FP} = (\text{InfilterF} * \text{SlopeF} * \text{ECF} * \text{TF} * \text{BF}) \quad (2)$$

در این فرمول هر کدام از پارامترها عبارت‌اند از:

Suit FP: نقشه عرصه‌های مناسب پخش سیلاب بر

اساس اپراتور ضرب جبری فازی؛

Slope F: نقشه حاصل از وزن‌دهی به کلاس‌های شیب

در قالب مدل فازی (0-1)؛

InfilterF: نقشه حاصل از وزن‌دهی به کلاس‌های نفوذ

در قالب مدل فازی (0-1)؛

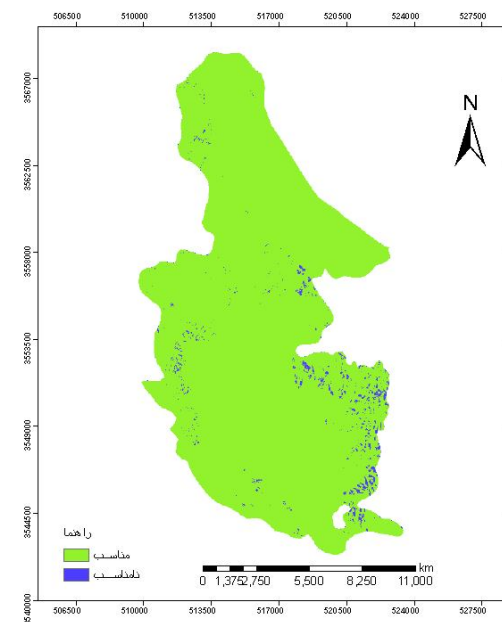
TF: نقشه حاصل از وزن‌دهی به کلاس‌های توانایی انتقال

آب در آبرفت در قالب مدل فازی (0-1)؛

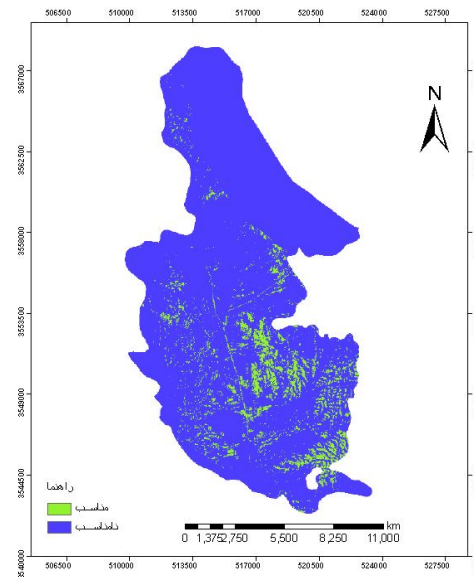
کاربری پس از تلفیق سایر لایه‌های مورد بررسی اعمال شده است تا از این طریق درصد مناطق مستعد تغذیه مصنوعی قبل از اعمال لایه کاربری اراضی و بعد از آن مشخص شود و تأثیر کاربری اراضی در حذف مناطق مستعد پخش سیلاب مشخص گردد. از بین کاربری‌های اراضی مختلف، تنها اراضی مرتعی مناسب تغذیه مصنوعی هستند؛ بنابراین، پس از تهیه نقشه‌های اولیه بر اساس فاکتورهای شیب، نفوذپذیری سطحی، ضخامت آب‌رفت و کیفیت آب‌رفت لازم است که لایه کاربری اراضی به عنوان فیلتر مورد استفاده قرار گیرد. در نتیجه نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه شد و اراضی مرتعی کد 1 و اراضی غیرمرتعی کد صفر دریافت کردند. با اعمال این لایه بر روی نقشه‌های اولیه، نقشه‌های نهایی مناطق مناسب تغذیه مصنوعی در سفیددشت تهیه شد. در شکل‌های (7) و (8)، نقشه‌های نهایی و در جدول (8)، مقادیر مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت بر اساس مدل‌های بولین و ضرب فازی نشان داده شده است.

**جدول (8): مساحت نهایی اراضی مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت بر اساس مدل‌های بولین و فازی**

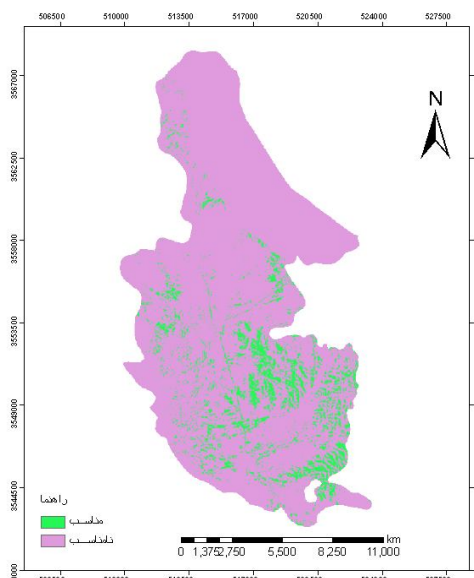
| نام مدل | وضعیت   | مساحت (کیلومتر مربع) | مساحت (%) |
|---------|---------|----------------------|-----------|
| بولین   | مناسب   | 0/03                 | 0/917     |
|         | نامناسب | 3/27                 | 99/082    |
| فازی    | مناسب   | 0/05                 | 4/118     |
|         | نامناسب | 1/17                 | 95/881    |



**شکل (7): نقشه نهایی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت بر اساس مدل منطق بولین با اعمال محدودیت کاربری اراضی**



**شکل (5): مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت بر اساس مدل بولین**



**شکل (6): مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت بر اساس مدل فازی**

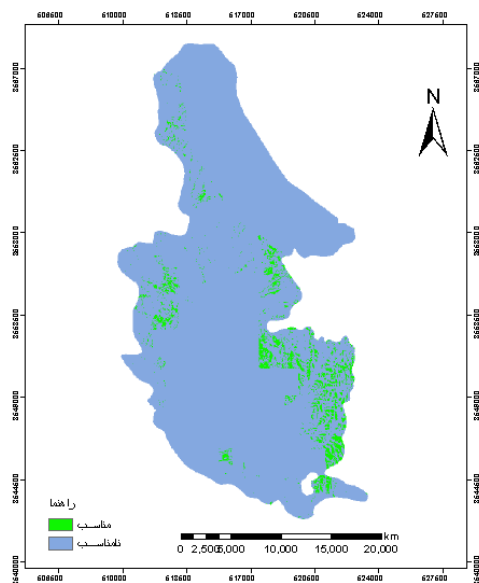
**جدول (7): مساحت اراضی مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت بر اساس مدل‌های بولین و فازی**

| نام مدل | وضعیت   | مساحت (کیلومتر مربع) | مساحت (%) |
|---------|---------|----------------------|-----------|
| بولین   | مناسب   | 0/018                | 1/43      |
|         | نامناسب | 1/22                 | 98/57     |
| فازی    | مناسب   | 0/12                 | 9/97      |
|         | نامناسب | 1/11                 | 90/03     |

یکی از فاکتورهای مؤثر در مکان‌یابی مناطق مستعد تغذیه مصنوعی، لایه کاربری اراضی است. در این پژوهش، نقشه

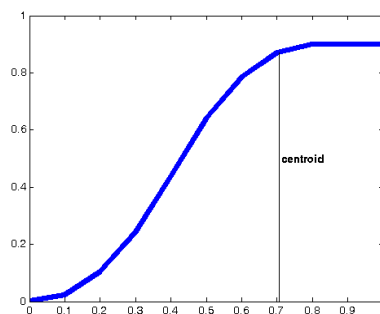
### بحث و نتیجه گیری

به دلیل بیلان منفی آب زیرزمینی در آبخوان سفیددشت، تغذیه مصنوعی می تواند راهکاری مناسب در افزایش سطح آب زیرزمینی در این دشت باشد. البته این هدف زمانی محقق می گردد که مکان های مناسب جهت تغذیه مصنوعی با دقت و صحت انجام گیرد؛ بنابراین، پژوهش حاضر برای مشخص کردن مکان های مناسب برای تغذیه مصنوعی در سفیددشت انجام شد و بدین منظور، از سیستم اطلاعات جغرافیایی و دو مدل پرکاربرد بولین و فازی استفاده شد. بر اساس نقشه های حاصل از روی هم گذاری لایه های شیب، سرعت نفوذ، ضخامت آبرفت و کیفیت آبرفت سفیددشت با استفاده از مدل بولین و فازی به ترتیب  $1/43\%$  و  $9/97\%$  از مساحت منطقه برای تغذیه مصنوعی مناسب تشخیص داده شد و با اعمال لایه کاربری اراضی، این مقادیر به  $0/92\%$  و  $4/12\%$  کاهش یافت؛ بنابراین، کاربری اراضی در این دشت عاملی محدودکننده برای تغذیه مصنوعی است. علاوه بر کاربری اراضی، بافت خاک و نفوذپذیری خاک از دیگر عوامل محدودکننده برای تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت هستند. همچنین مقادیر مشخص شده برای تغذیه مصنوعی بر اساس مدل بولین کمتر از مقادیر مشخص شده بر اساس عملگر ضرب فازی است و این به دلیل ماهیت عملکرد این دو مدل است. در مدل بولین، عضویت بر اساس صفر و یک است و در منطق فازی به صورت بازه ای از صفر و یک است و این امکان را به وجود می آورد که اراضی بیشتری مناسب تغذیه مصنوعی شناخته شوند، چنان که نوری و همکاران (1383) نیز در پژوهش خود، بر اساس مدل منطق بولین  $13/66\%$  درصد و بر اساس مدل منطق فازی  $14/17\%$  درصد از منطقه مورد مطالعه خود را برای تغذیه مصنوعی مناسب دانستند؛ این مناطق بیشتر در واحدهای مخروطی و دشت سر قرار داشتند. همچنین ساروی و همکاران (2006) بر اساس مدل منطق بولین  $13/7\%$  درصد و بر اساس منطق فازی  $14/2\%$  درصد از منطقه مورد مطالعه خود را برای تغذیه مصنوعی مناسب دانستند. در مجموع می توان گفت استفاده از ابزار قدرتمند سیستم اطلاعات جغرافیایی در مکان یابی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی می تواند تا حد زیادی موجب صرفه جویی در زمان و هزینه شود و علاوه بر آن، دقت و صحت را افزایش دهد.



شکل (8): نقشه نهایی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در آبخوان سفیددشت بر اساس مدل منطق فازی با اعمال محدودیت کاربری اراضی

همچنین لازم به ذکر است که برای تصمیم گیری نهایی و قطعی در مورد مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی در روش فازی، باید عمل غیر فازی سازی انجام گیرد. غیر فازی سازی روشی است برای تعیین مقادیری که به عنوان یک ماهیت ایزوله، نمایانگر مجموعه فازی خروجی هستند (ساده و دیاب، 2004) بنابراین در این پژوهش، از دیفازی سازی به روش مرکز مساحت استفاده شد که نمودار آن در شکل (9) نشان داده شده است.



شکل (9): نمودار غیر فازی سازی مجموعه فازی

بر اساس نمودار شکل (9)، عدد  $0/72$  به عنوان مرز مناطق مناسب و نامناسب برای تغذیه مصنوعی تعیین شد. به این صورت که مقادیر بیشتر از عدد مذکور به عنوان اراضی مناسب و مقادیر کمتر از عدد مذکور به عنوان اراضی نامناسب شناخته شدند.

## منابع

- Computer Methods in the Geosciences. Pergamon, Love Printing Service Ltd., Ontario, Canada, 398 p.
10. Bouwer, H. 2002. *Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering*. Hydrogeology Journal 10:121-142.
  11. FAO Soil Bulletin. 1979. Soil Survey Investigations for Irrigation. FAO, No. 42.
  12. 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 Science 30, 364-347.
  13. Ghazavi, R., Abbasali, V., Ghasemi, R. 2010. *Investigation the Impact of Flood Spreading Project on Groundwater level. The 1<sup>st</sup> International Applied Geological Congress*, Department of Geology. Islamic Azad University - Mashad Branch. Iran.
  14. Kheirkhah Zarkesh, M. M. *Decision Support System for Floodwater Spreading Site Selection in Iran*. Ph.D. Thesis Wageningen University. 273. 2005.
  15. Kheirkhah Zarkesh, M. M., Meijerink, A. M. J. Goodarzi, M. 2008. Decision support system (DSS) for site selection floodwater spreading schemes using remote sensing (RS) and geographical information systems (GIS). DESERT Journal 12.149-164.
  16. Kordi, A., Moussavi, A. 2006. *on Fuzzy of BCI-algebras*, PU.M.A. 18 (3-4): 301-310.
  17. Mehrvarz, K., Kalantari, A. 2007. *Investigation of Quaternary Deposits Suitable for Floodwater Spreading*. International Congress on River Basin management.
  18. Nirmala, R., Shankara, M. Nagaraju, D. 2011. *Artificial groundwater recharge studies in Sathyamangalam and Melur villages of Kulathur taluk, Pudukottai district, Chennai, using GIS techniques*. International Journal of Environmental Sciences. Volume 1, No 7, ISSN 0976-4402.
  19. Saade, J. J., Diab, H. B. 2004. *Defuzzification Methods and New Techniques for Fuzzy Controller*, Iranian Journal of Electrical and Computer Engineering, 3 (2): pp. 161-174
  20. Saravi, M. M., Malekian, A. Nouri, B. 2006. *Identification of Suitable Sites for Groundwater Recharge*, The 2<sup>nd</sup> International Conference on Water Resources & Arid Environment.
1. آل شیخ، ع. آ.، سلطانی، م. ج.، هلالی، ح. 1381. «کاربرد GIS در مکان‌یابی عرصه‌های پخش سیلاب»، تحقیقات جغرافیایی، 67: 38-22.
  2. باریکانی، ا.، احمدیان، م.، خلیلیان، ص. 1391. «استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین»، مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، 77: 29-56.
  3. حکمت‌پور، م.، فیض‌نیا، س.، احمدی، ح.، خلیل‌پور، ا. 1386. «پهنه‌بندی مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی در دشت ورامین به کمک GIS و سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS)»، مجله محیط‌شناسی، 42: 1-8.
  4. دادرسی سبزواری، ا.، خسروشاهی، م. 1387. «شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای بیابان‌زایی)»، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. 15 (2): 227-241.
  5. رضایی، م.، ایزدخواه، م.، شریفی، ف.، شعبانی، ف. 1390. «به کارگیری تکنیک‌های GIS و RS جهت شناسایی عرصه‌های مستعد تغذیه مصنوعی آبخوان (مطالعه موردی: دشت مشهد)»، پانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
  6. رضایی، م.، فخر بهابادی، م. 1387. «مکان‌یابی اجرای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در دشت شور و با استفاده از GIS و سنجش از دور»، چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلامشهر.
  7. فضل‌اولی، ر.، شریفی، ف.، بهنیا، ع. 1385. «بررسی تأثیر پخش سیلاب در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی دشت موسیان (استان ایلام)»، مجله منابع طبیعی ایران. 59 (1): 57-74.
  8. نوری، ب.، غیومیان، ج.، محسنی ساروی، م.، درویش‌صفت، ع.، فیض‌نیا، س. 1383. «تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی به روش حوضچه‌های تغذیه با استفاده از GIS»، مجله منابع طبیعی ایران، 57 (3): 635-647.
  9. Bonham, C. G. 1996. *Geographic information systems for geoscientists modelling with GIS*.