



Estimation of Well Field by using Fuzzy Logic in Damghan Plain, Iran

Ghodsieh Ashtianimoghaddam¹, Mohammad Mahdavy*², Arash Malekian³, Baharak Motamedvaziri⁴

Abstract

Water importance is obvious for each country especially for those which are located in arid and semi-arid regions. Water Shortage causes significant pollution and other continuous problems. Recently, groundwater as a main resource of fresh water, has been withdrawn more than the authorized limitation; Damghan Plain is located in south of Alborz mountains, and these days it is faced with serious water table drawdown. This research has been carried out to estimate appropriate well field in order to preserve water table from drawdown. By using Fuzzy Logic in three regions with different drawdowns of water table three models have been made. In each model inputs are hydraulic conductivity (K) and water table drawdown (D), and output is well field (R). The results show that in the first model with low drawdown of water table (0.5 m per year) the well field is about 285 m, in the second model with moderate drawdown of water table (3.5 m per year) the well field is about 371 m and in the third model with drawdown more than 3.5 m per year the well field is obtained about 457 m. It is implied that these well fields may prevent water table from extra drawdown.

Keywords: Fuzzy logic, Water table, Well field.

Received: 2016/07/12
Accepted: 2016/10/17

تعیین حریم برداشت چاه با استفاده از منطق فازی در دشت دامغان ایران

قدسیه آشتیانی مقدم^۱، محمد مهدوی*^۲، آرش ملکیان^۳، بهارک معتمدوزیری^۴

چکیده

اهمیت و نقش گسترده آب در فعالیتهای بشری مدت‌هاست دغدغه تمام کشورها می‌باشد و مناطق خشک و نیمه‌خشک بیشتر از سایرین در معرض بروز مشکلات مربوط به کم‌آبی و آلودگی‌های ناشی از کاهش آب می‌باشند. برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی دشت دامغان واقع در استان سمنان که در ضلع جنوبی کوه‌های البرز و حاشیه کویر مرکزی ایران قرار دارد در سال‌های اخیر باعث افت شدید سطح ایستابی شده است. در این تحقیق با بهره‌گیری از منطق فازی در سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی دشت بسته به مقدار افت سطح ایستابی سه مدل تهیه شده است. در هر سه مدل دو عامل افت سطح ایستابی (D) و میزان نفوذپذیری (K) به عنوان ورودی و حریم برداشت (R) از چاه‌های بهره‌برداری به عنوان خروجی در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که در مدل اول (بخش جنوبی) با تغییرات کم افت سطح ایستابی (۰/۵ متر در سال) مقدار حریم ۲۸۵ متر به دست آمد، در مدل دوم (بخش شمالی) با تغییرات متوسط سطح ایستابی (۳/۵ متر در سال) مقدار حریم ۳۷۱ متر و در مدل سوم (بخش مرکزی) با تغییرات حداکثر افت سطح ایستابی (بیشتر از ۳/۵ متر در سال) مقدار حریم ۴۵۷ متر تعیین شد. با رعایت این فواصل از افت سطح ایستابی جلوگیری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: حریم برداشت، سطح ایستابی، منطق فازی.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۷/۲۶

1- Ph.D student, Department of Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran (IAU).

2- Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, North Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

4- Assistant professor, Department of Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University (IAU), Tehran, Iran.

*- Corresponding Author's E-mail: mahdavy@ut.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد، گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- استادیار، گروه آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

مقدمه

قرارداد (پراتو^۶، ۲۰۰۵). به منظور تعیین عامل مؤثر در مرز آبخوان ایالت بریتیش کلمبیا^۷ واقع در کانادا از ایالت واشنگتن در آمریکا با استفاده از روش فازی سنگ‌شناسی به عنوان مهم‌ترین عامل تفکیک مرز آبخوان تعیین شد (آلن و همکاران^۸، ۲۰۰۷). با استفاده از روش فازی در شهر تیروچی راپالی^۹ واقع در هند با در نظر گرفتن عواملی مانند کل نمک‌های محلول، کلراید، فسفات، اسیدیتته، هدایت الکتریکی، نیترات، کلسیم و منیزیم نتایج نشان داد که هدایت هیدرولیکی مهم‌ترین عامل در تعیین کیفیت آب است (سامسون و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۰). همچنین از روش فازی می‌توان برای کنترل خودکار شبکه‌های آبیاری به منظور کاهش محدودیت‌های ناشی از کانال‌های آبیاری استفاده نمود (نورسته و منعم، ۱۳۹۰).

از آنجایی که برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی باعث افت سطح ایستابی و متعاقب آن مشکلاتی از قبیل نشست زمین، کاهش کیفیت آب، از بین رفتن پوشش گیاهی، بیابان‌زایی و غیره می‌شود، در دشت دامغان به علت برداشت‌های بی‌رویه و عدم رعایت حریم مناسب برای چاه‌ها سطح ایستابی افت شدید کرده است؛ و از سال ۱۳۶۳ تاکنون طرح ممنوعیت برداشت در آن اجرا می‌شود. حریم آب‌های زیرزمینی به عواملی از قبیل عمق سطح ایستابی، نوع سازندها و میزان نفوذپذیری بستگی دارد؛ به طوری که طبق مطالعات سازمان آب منطقه‌ای سمنان (۱۳۸۷) و تهران (۱۳۷۹) هم اکنون فاصله مناسبی برای چاه‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و همین مسئله باعث افت شدید سطح ایستابی شده است. در این تحقیق با هدف تعیین حریم با استفاده از میزان نفوذپذیری و تغییرات افت سطح ایستابی، در برنامه MATLAB^{۱۱} سه مدل تهیه شده است.

مواد و روش‌ها

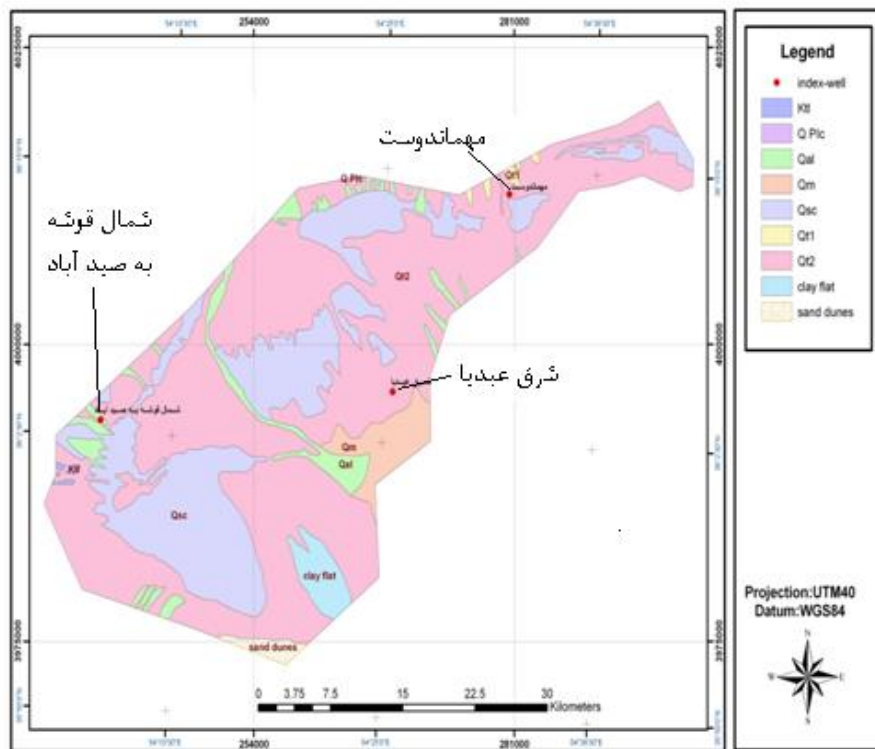
زمین‌شناسی

دشت رسوبی دامغان در زون ایران مرکزی و بخشی جنوبی رشته‌کوه‌های البرز در استان سمنان ایران واقع شده

آب‌های زیرزمینی که ۹۹/۶۵ درصد از کل منابع آب شیرین را به خود اختصاص دادند مهم‌ترین منبع آب شیرین در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (یونسکو^۱، ۱۹۹۶). از ویژگی‌هایی که آب‌های زیرزمینی را از آب‌های سطحی متمایز کرده است می‌توان به سرعت کم؛ که بسته به جنس سازندهای زمین‌شناسی بین 10^{-10} تا 10^{-3} متر در ثانیه متغیر می‌باشد (یونسکو، ۱۹۹۶) و دور بودن از آلودگی (موهان و سایکیا، ۲۰۰۹^۲) اشاره کرد. طبق مطالعات UNEP^۳ (۲۰۰۲) آبخوان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک سالانه بین ۰/۵ تا ۳ متر افت دارد، امروزه ذخیره آب در منابع زیرزمینی بهترین راه برای حفظ و نگهداری آب شناخته شده است (بوور^۴، ۲۰۰۲). طبق بررسی انجام شده روی کیفیت آب در استان یزد با استفاده از روش فازی و توابع عضویت مثلثی و دوزنقه‌ای نتایج نشان داد که علی‌رغم پیچیدگی آب‌های زیرزمینی می‌توان طبق WHO کیفیت آب را در پنج سطح قرارداد (صابری نصر و همکاران، ۲۰۱۳). با استفاده از روش فازی در حوضه رودخانه گاوبندی و عواملی مانند در صد شیب، میزان نفوذپذیری، ضخامت آبرفت و هدایت الکتریکی در تعیین محل مناسب تغذیه مصنوعی نتایج نشان داد که ضخامت رسوبات به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تعیین مناطق مناسب برای تغذیه مصنوعی است (غیومیان و همکاران^۵، ۲۰۰۷). با استفاده از روش فازی در دشت آشکارا واقع در استان هرمزگان و عواملی مانند شیب، رواناب، زمین‌شناسی، هدایت الکتریکی، کاربری اراضی و عمق آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت و بین ۷ تا ۳۴ درصد از سطح دشت مناسب تغذیه مصنوعی تعیین شد (رمضانی و همکاران، ۲۰۱۲). در بررسی پایداری یک زیست‌بوم در منطقه‌ای با استفاده از تنوع زیستی و کیفیت آب در روش فازی نتایج نشان داد که برای ارزیابی و تعیین عامل مهم در یک زیست‌بوم باید عوامل زیست‌محیطی به‌طور پیوسته پایش شود تا بتوان نتایج را در محیط طبیعی مورد استفاده

6- Prato
7- British Colombia
8- Allen et al.
9- Tiruchirappalli
10- Samson et al.
11- Matrix Laboratory

1- United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO)
2- Mohan and Saikia
3- United Nations Environmental Programme (UNEP)
4- Bower
5- Ghayoumian et. al.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی دشت دامغان.

جدول ۱- راهنمای نقشه زمین‌شناسی دشت دامغان.

| سن | علامت | شرح |
|--------------------------|-----------|---|
| کواترنری (Quaternary) | Cf | پهنه‌های رسی (Clay Flat) |
| | Q^m | پهنه‌های گلی (Mud Flat) |
| | Q^{al} | رسوبات آبرفتی، بستر رودخانه‌ها (Recent Alluvium River beds) |
| | Q^{t2} | تراس‌های جدید و مخروط افکنه‌های آبرفتی (Young Terraces and Alluvial fan) |
| | Q^{t1} | تراس‌های قدیمی و مخروط افکنه‌های گراولی (Old Terraces and Gravel fan) |
| | Q^{sc} | پهنه‌های شنی، رسی سیلتی، و رسی (Sandy, Silty clay & Clay flat) |
| | Sd | (Sand dune تپه ماسه) |
| پالئوژن (Paleogene) | Q^{plc} | کنگلومرا، ماسه‌سنگ (Conglomerate, Sandstone) |
| کرتاسه (Cretaceous) | K_{tl} | سنگ آهک توده‌ای اوربیتولین‌دار (Orbitulina, Massive Limestone) |

است. تشکیلات زمین‌شناسی دشت عمدتاً مربوط به دوره است (درویش زاده، ۱۳۸۲)، این رسوبات شامل کنگلومرا، کواترنری می‌باشد و عمق رسوبات آبرفتی بیش از ۱۱۰۰ متر ماسه‌سنگ، گراول، شن درشت، شن ریز و رس می‌باشد، لذا نوع

می‌باشند. هر گونه برداشت از آب‌های زیرزمینی باعث افزایش شیب هیدرولیکی و در نتیجه سرعت آب افزایش می‌یابد و طبق رابطه دوپویی^۳ (۱۸۵۷) (مارینو و لوتین، ۱۹۸۲)

[۴]

$$Q = k \frac{\Delta(h_a + h_b)}{2R}$$

فاصله بین دو نقطه برداشت یا به عبارتی حریم چاه (R) با افت هد (Δ) رابطه مستقیم دارد، بنابراین برای محاسبه شعاع برداشت چاه به علت ماهیت پیچیده آب‌های زیرزمینی می‌توان از رابطه زیشارد^۴ (وزارت نیرو، ۱۳۹۳) می‌توان استفاده نمود.

[۵]

$$R = 3000\Delta\sqrt{k}$$

در آبخوان یک لایه دامغان با توجه به سازندهای زمین‌شناسی که عمدتاً از نوع شن و گراول هستند مقدار نفوذپذیری 0.005 متر بر ثانیه، و میزان تغییرات افت سطح ایستابی در یک سال بین 0.5 متر در شمال دشت تا بیشتر از 3.5 متر در بخش جنوبی دشت دامغان طبق مطالعات ژئوفیزیک دشت دامغان (آب منطقه ای تهران، ۱۳۷۸) برآورد شده است.

مبانی منطق فازی

مبانی تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط دکتر لطفی زاده استاد دانشگاه کالیفرنیا عنوان شده است (درنونکورت^۵، ۲۰۱۳)، سپس در سال‌های ۱۹۶۸، ۱۹۷۲ و ۱۹۷۳ مبانی فازی توسط ایشان شرح داده شد (زاده، ۱۹۸۸). جعبه ابزار فازی در نرم افزار MATLAB این امکان را به ما می‌دهد که با استفاده از توابع عضویت و روابط شرطی اگر-آنگاه بعد از مشخص نمودن هدف و ورودی‌ها مقادیر خروجی‌ها را تعیین کند. در این جا برای تعیین توابع عضویت از توابع موجود در جعبه ابزار فازی استفاده شده است و برای افزایش دقت در فازی سازی داده‌ها از توابع خطی استفاده شده است که در مبحث مربوط به فازی سازی دلایل آن ذکر شده است. برای استفاده از جعبه ابزار فازی باید به طریق زیر عمل شود:

رسوبات بر میزان برداشت از چاه‌های بهره‌برداری تأثیر یکسان دارد. از آنجایی که بهره‌برداری‌های بی‌رویه باعث افت سطح ایستابی این دشت شده است از سال ۱۳۶۳ (آب منطقه‌ای استان سمنان ۱۳۸۷) طرح ممنوعیت برداشت در این دشت اعلام شده است. این تحقیق برای تعیین حریم برداشت مجاز از چاه‌های بهره‌برداری و جلوگیری از افت بیش از حد سطح ایستابی انجام شده است و اطلاعات مربوط به افت سطح ایستابی و یا میزان برداشت از چاه‌ها ماهانه توسط کارشناسان ماهانه ثبت می‌شود. نقشه و جدول راهنمای موقعیت دشت دامغان را نشان می‌دهد.

روابط حاکم بر آب‌های زیرزمینی

طبق قانون داریسی^۱ (۱۸۵۶) بین شیب هیدرولیکی و سرعت آب در محیط متخلخل یک رابطه خطی وجود دارد که ضریب این رابطه نفوذپذیری (k) نامیده می‌شود (مارینو و لوتین^۲، ۱۹۸۲) و مقدار این ضریب به جنس سازندهای زمین‌شناسی ارتباط دارد، به طوری که هر چه سازندها نفوذپذیرتر و متخلخل‌تر باشند مقدار آن بیشتر می‌باشد:

$$v = -ki = -k \frac{dh}{dl} \quad [1]$$

v = سرعت آب (MT^{-1})، i = شیب هیدرولیکی (1)، k = نفوذپذیری (MT^{-1})

متوسط سرعت آب‌های زیرزمینی بین 10^{-3} الی 10^{-10} متر بر ثانیه (یونسکو، ۱۹۹۶) می‌باشد به طوری که در رابطه برنولی (مارینو و لوتین، ۱۹۸۲) داریم:

[۲]

$$E_v = \frac{\rho v^2}{2} + p + \gamma z$$

با تقسیم رابطه برنولی بر $\gamma = \rho g$ واحد جملات معادله فوق معادل طول می‌شود و با صرف نظر از سرعت آب داریم:

[۳]

$$\Delta = \left(\frac{p_a}{\gamma_w} + z_a \right) - \left(\frac{p_b}{\gamma_w} + z_b \right)$$

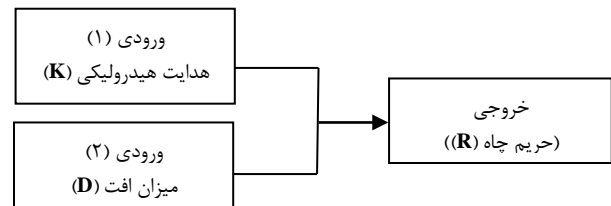
فشار در نقاط a و b را با p_a و p_b ، وزن واحد حجم سیال را با γ_w ، و z_a و z_b سطح ایستابی در نقاط a و b

3- Dupuit
4- Sichert
5- Demoncourt

1- Darcy
2- Marino and Luthin

تعیین هدف؛ در این جا تعیین حریم مجاز برداشت از آبخوان دامغان می‌باشد که در سه مدل؛ بخش شمالی (مهماندوست)، مرکزی (شرق عبدیا) و جنوبی (شمال قوشه به صید آباد)؛ انجام شده است. به طوری که هر مدل در سه بازه متفاوت از تغییرات سطح ایستابی (حداقل-متوسط-حداکثر) تهیه شده است.

تعیین ورودی‌ها و خروجی‌ها؛ که در این مرحله مقدار نفوذپذیری و تغییرات افت سطح ایستابی ورودی، و خروجی حریم مجاز برداشت از چاه بود. در هر سه مدل مقدار نفوذپذیری طبق مطالعات سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان (۱۳۸۷) ثابت (۰/۰۰۰۵ متر بر ثانیه) تعیین شد و مقدار تغییرات سطح ایستابی در سه بازه متفاوت (کم-متوسط-زیاد) بر حسب افت سالانه تعیین شد. شکل ۲ ورودی‌ها و خروجی مورد استفاده در روش فازی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در روش فازی.

فازی سازی؛ در این قسمت توابع عضویت تعیین می‌شوند؛ در این تحقیق به علت عدم قطعیت آب‌های زیرزمینی (دومبی^۱، ۱۹۹۰؛ ودولا و ماژومدار، ۲۰۰۸) و همچنین برای سهولت حل مسئله و کم بودن پارامترهای مورد نیاز در توابع خطی (دومبی (۱۹۹۰) از توابع مثلثی و دوزنقه ای (Help of MATLAB, 2008) استفاده شده است.

[۶] تابع عضویت مثلثی

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \\ 0; & 0 \leq x \end{cases}$$

[۷] تابع عضویت دوزنقه ای

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

استلزام منطقی؛ در این مرحله با استفاده از روابط ریاضی اگر-آنگاه قوانین مربوط به ارتباط ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین می‌شود؛ در این مرحله قوانین طبق جدول (۲) نوشته شده است. علامت‌های اختصاری به کار رفته در جدول (۳) آورده شده است.

جدول ۲- ارتباط کیفی عوامل مورد استفاده در سامانه استنتاج فازی (طبق عوامل رابطه زیشارد).

| افت زیاد (LΔ) | افت متوسط (MΔ) | افت کم (SΔ) | هدایت هیدرولیکی (K) |
|------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| خیلی کم (USR) | کم (SR) | متوسط (MR) | هدایت هیدرولیکی کم (SK) |
| کم (SR) | متوسط (MR) | زیاد (LR) | هدایت هیدرولیکی متوسط (MK) |
| متوسط (MR) | زیاد (LR) | خیلی زیاد (ULR) | هدایت هیدرولیکی زیاد (LK) |

جدول ۳- علامت‌های اختصاری استفاده شده در جدول ۲.

| نام | علامت اختصاری |
|-----------------|---------------|
| حریم چاه | R |
| هدایت هیدرولیکی | K |
| میزان افت | Δ |
| خیلی کم | Ultra Short |
| کم | Short |
| متوسط | Medium |
| زیاد | Large |
| خیلی زیاد | Ultra Large |

است محاسبه شده است؛ زیرا در این روش دامنه تغییرات متغیر وسیع است و هرگونه تغییر در مقدار ورودی در خروجی نشان داده خواهد شد. شکل ۳ عملکرد جعبه ابزار فازی را نشان می‌دهد.

[۹]

$$x_c = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(x) x dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} \mu_A(x) dx}$$

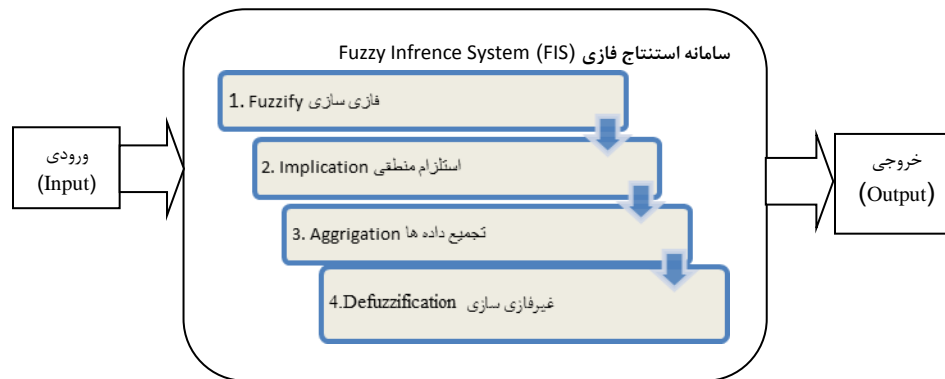
استنتاج داده‌ها؛ در این مرحله برای استخراج منطقی نتایج باید یکی روش‌های زاده، ممدانی و گودل انتخاب شود؛ به علت عدم قطعیت آب‌های زیرزمینی (ودولا و ماژومدار، ۲۰۰۸) و ماهیت پیچیده آن از روش ممدانی که بین دو گزاره کمترین مقدار را به کار می‌برد استفاده شده است.

Mamdani method :

[۸]

$$\mu_{QM}(p, q) = \min(p, q)$$

غیر فازی سازی؛ در این جا باید استفاده از نتایج نهایی اقدام به غیر فازی سازی نتایج کرد؛ که با استفاده از روش مرکز ثقل اقدام به غیر فازی سازی نتایج شده است. سپس مقدار خروجی با استفاده از روش میانگین وزنی که در رابطه ۸ آمده



شکل ۳- مراحل عملکرد جعبه ابزار فازی (Help of MATLAB, 2008).

ایستایی حریم مناسب تعیین شد. دامنه تغییرات افت طبق نوسانات سطح ایستایی در سال آبی ۱۳۸۸-۸۹ و دامنه تغییرات حریم نیز با توجه به جنس رسوبات تعیین شد که در جدول ۴ مشخصات آن آورده شده است.

جدول ۴- دامنه تغییرات سطح ایستایی و حریم چاه‌ها.

| تغییرات افت (متر) | تغییرات حریم (متر) | طبقه‌بندی |
|----------------------|-----------------------|-----------|
| ۰-۰/۷ | ۵۰-۲۰۰ | کم |
| ۰/۷-۳/۵ | ۲۰۰-۳۵۰ | متوسط |
| ۳/۵-۷ | ۳۵۰-۵۰۰ | زیاد |

مدل اول (تغییرات کم افت سطح ایستایی)

نتایج

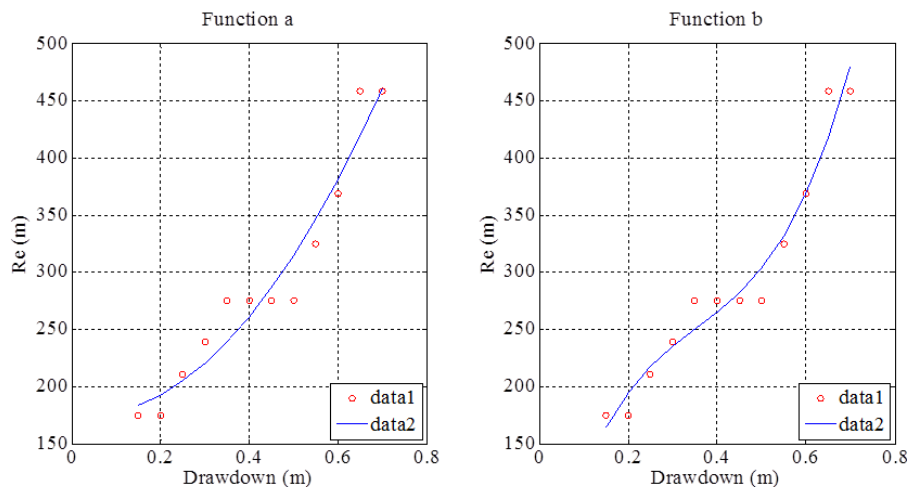
در این تحقیق بر اساس دامنه تغییرات سطح ایستایی سه مدل تهیه شده است، مدل اول تغییرات کم افت سطح ایستایی (شمال قوشه به صید آباد) را در بر می‌گیرد و در بخش مرکزی دامنه این تغییرات طوری تعیین شده است تا حداقل افت سطح ایستایی در این بازه قرار گیرد. مدل دوم در بخش شمالی (مهماندوست) با متوسط تغییرات افت سطح ایستایی اجرا شد و مدل سوم در بخش مرکزی (شرق عبدیا) با حداکثر تغییرات افت سطح ایستایی یعنی افت بیشتر از ۳/۵ متر در سال تهیه شد. سپس از هر مدل دوازده نقطه در فواصل متفاوت استخراج شد و میزان حریم تعیین شد، سپس این نقاط با دو تابع درجه دو و درجه سه مورد برازش قرار گرفتند و در پایان برای سه مدل در سه حالت متفاوت افت سطح

سه برازش داده شد؛ تا با استفاده از همبستگی (r) و مجموع مربعات RMSE بتوان حریم چاه را تعیین نمود، نتایج حاصل از برازش در دو حالت تابع درجه دوم، تابع درجه سوم و توابع برازش در جدول ۵ آورده شده است، در پایان متوسط حریم برای افت ۰/۵ متر در سال ۲۸۵ متر تعیین شد. نمودار برازش دو تابع در شکل ۴ نشان داده شده است.

در این مدل ورودی اول نفوذپذیری و ورودی دوم تغییرات کم افت سطح ایستابی (شمال قوشه به صید آباد) بود، به طوری که در جدول ۴ آورده شده است مقدار حداقل افت که ۰/۵ متر در بخش جنوبی بود در این بازه قرار گرفت (برنامه این مدل در ضمیمه تحت عنوان FISDD1MIN آورده شده است). بعد از اجرای مدل اول با روش فازی از این مدل دوازده نقطه استخراج شد سپس این نقاط توسط دو تابع درجه دو و درجه

جدول ۵- نتایج به دست آمده از مدل اول در دو حالت برازش (D مقدار افت و R_e حریم می باشد).

| | Fitness Function | r^2 | RMSE |
|------------|--|-------|-------|
| Function a | $R_e = 509.39D^2 + 60.23D + 164.63$ | 0.98 | 0.004 |
| Function b | $R_e = 3.54D^3 - 4.01D^2 + 1.79D - 0.03$ | 0.95 | 0.002 |



شکل ۴- نتایج به دست آمده از دو تابع تابع برازش با استفاده از نقاط استخراج شده از جعبه ابزار فازی در مدل اول.

استخراج شد و سپس این نقاط توسط دو تابع درجه دو و تابع درجه سه برازش داده شد؛ تا با استفاده از همبستگی (r) و مجموع مربعات (RMSE) بتوان حریم چاه را تعیین نمود، نتایج به دست آمده از این مرحله در جدول ۶ ارائه شده است، و مقدار حریم با توجه به تابع برازش ۳۷۱ متر به دست آمد. نمودار برازش دو تابع در شکل ۵ نشان داده شده است.

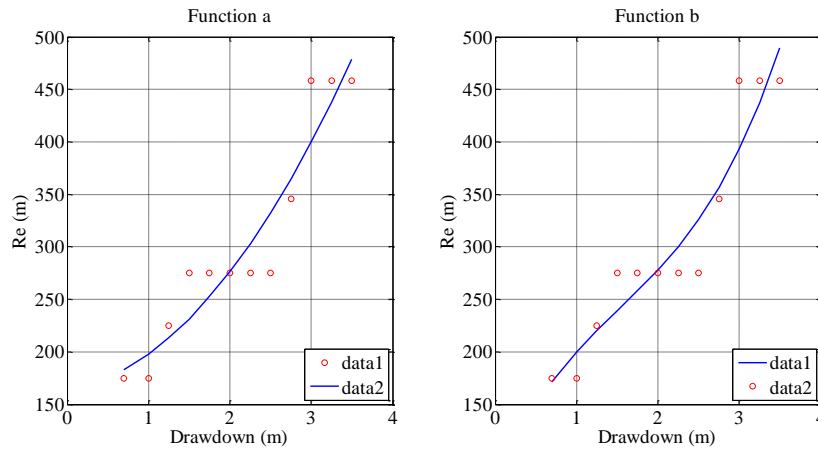
مدل دوم (تغییرات متوسط افت سطح ایستابی)

در این مدل ورودی اول نفوذپذیری و ورودی دوم تغییرات متوسط افت سطح ایستابی واقع در بخش شمالی (مهماندوست) بود، به طوری که در جدول ۶ آورده شده است مقدار افت ۲/۵ متر در این بازه قرار گرفت (برنامه این مدل در ضمیمه تحت عنوان FISDD2MEAN آورده شده است). بعد از اجرای مدل دوم با روش فازی از این مدل دوازده نقطه

جدول ۶- نتایج به دست آمده از مدل دوم در دو حالت برازش (D مقدار افت و R_e حریم می باشد).

| | Fitness Function | r^2 | RMSE |
|------------|------------------------------------|-------|-------|
| Function a | $R_e = 15.66D^2 + 38.93D + 145.06$ | 0.99 | 0.012 |

Function b $R_e = 16.89D^3 - 90.87D^2 + 239.73D + 36.73$ 0.98 0.020



شکل ۵- نتایج به دست آمده از دو تابع تابع برازش با استفاده از نقاط استخراج شده از جعبه ابزار فازی در مدل دوم.

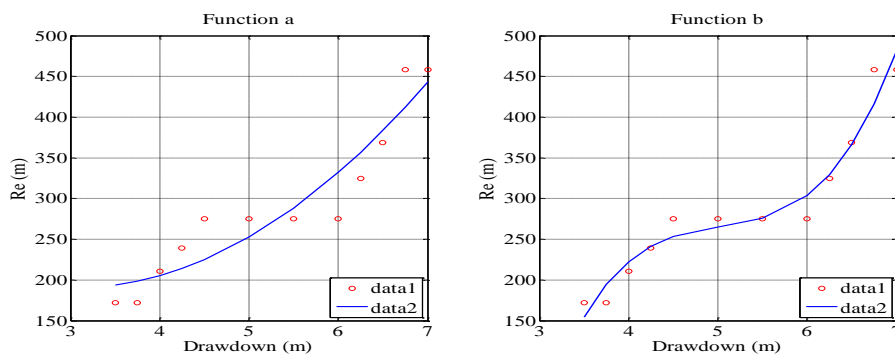
درجه دو و درجه سه در برازش داده شد؛ تا با استفاده از همبستگی (r) و RMSE بتوان حریم چاه را تعیین نمود، نتایج به دست آمده از توابع برازش در جدول ۷ آورده شده است. در پایان متوسط حریم برای افت بیشتر از ۳/۵ متر در سال ۴۵۷ متر تعیین شد. نمودار برازش دو تابع در شکل ۶ نشان داده شده است.

مدل سوم (تغییرات زیاد افت سطح ایستابی)

در مدل سوم ورودی اول نفوذپذیری و ورودی دوم تغییرات زیاد افت سطح ایستابی واقع در بخش مرکزی (شرق عبدیا) بود، به طوری که در جدول ۲ آورده شده است مقدار حداکثر افت که بیشتر از ۳/۵ متر بود در این بازه قرار گرفت (برنامه این مدل در ضمیمه تحت عنوان FISDD3MAX آورده شده است). بعد از اجرای مدل سوم با روش فازی از این مدل دوازده نقطه استخراج شد و سپس این نقاط توسط دو تابع

جدول ۷- نتایج به دست آمده از مدل سوم در دو حالت برازش (D مقدار افت و R_e حریم می باشد).

| | Fitness Function | r^2 | RMSE |
|------------|--|-------|------|
| Function a | $R_e = 11.41D^2 - 51.75D + 238.14$ | 0.97 | 0.34 |
| Function b | $R_e = 0.03D^3 - 0.41D^2 + 2.09D - 3.32$ | 0.87 | 0.17 |

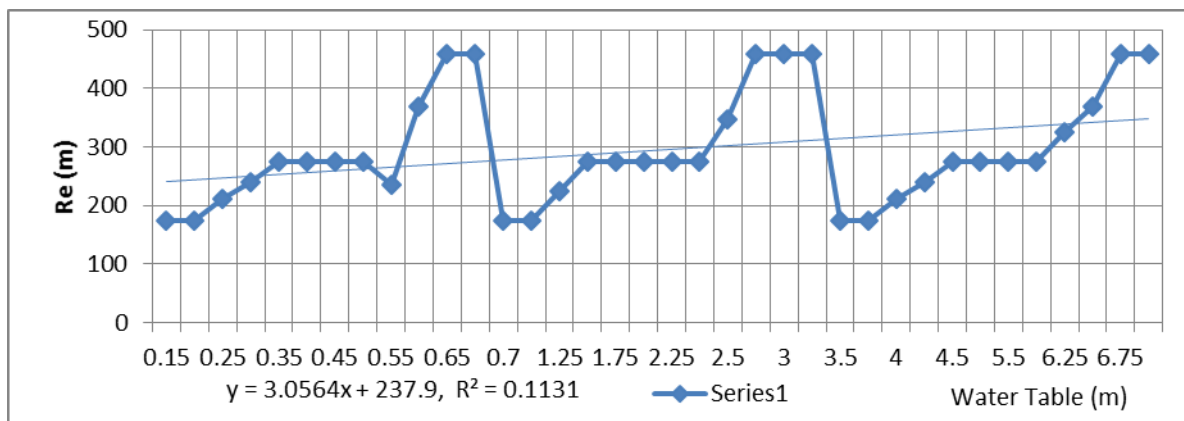


شکل ۶- نتایج به دست آمده از دو تابع تابع برازش با استفاده از نقاط استخراج شده از جعبه ابزار فازی در مدل سوم.

بحث

سطح ایستابی حداقل در بخش جنوبی نشان داد که هنگامی که افت سطح ایستابی ۰/۵ متر است حریم مناسب ۲۸۵ متر است و نتایج حاصل از مدل دوم با افت سطح ایستابی متوسط در بخش شمالی دشت دامغان در بازه ۰/۷-۳/۵ متر برای افت ۲/۵ متر حریم مناسب ۳۷۱ متر و به همین صورت در مدل سوم در بخش مرکزی دشت دامغان برای افت سطح ایستابی ۳/۵ متر حریم مناسب ۴۵۷ متر می‌باشد. با توجه به نوسانات افت سالانه در بخش های متفاوت دشت که شکل ۷ در ادامه نحوه تکرار این نقاط را نشان می‌دهد. پیشنهاد می‌شود میزان بهره برداری با توجه به تغییرات افت سطح ایستابی در یک سال تعیین شود در این صورت نه تنها از افت سطح ایستابی جلوگیری می‌شود بلکه از مشکلات مربوط به کم‌آبی نیز کاسته می‌شود.

طبق نتایج به دست آمده از سه مدل حریم مناسب در سه حالت تعیین شد، طبق مطالعات غیومیان و همکاران (۲۰۰۷)، آلن و همکاران (۲۰۰۷) و رضانی و همکاران (۲۰۱۲) از ضخامت رسوبات و سنگ شناسی منطقه می‌توان به عنوان مناطق مناسب برای ذخیره آب نام برد. بنابراین بعد از تهیه سه مدل از رابطه زیشارد با روش فازی بعد از اجرای هر مدل دوازده نقطه استخراج شد و سپس این نقاط با توابع درجه دوم و درجه سوم برازش داده شد. همانطور که از نتایج به دست آمده پیداست در هر سه مدل مقدار همبستگی در تابع درجه دو بیشتر از تابع درجه سه می‌باشد، و تابع برازش در این حالت به خط راست نزدیک است که می‌توان از آن برای بررسی تغییرات وضعیت سطح ایستابی در آینده استفاده نمود. نتایج مدل اول با افت



شکل ۷- نحوه تکرار وضعیت تغییرات افت سطح ایستابی در سه بازه متفاوت.

واحد علوم و تحقیقات و کارکنان سازمان آب منطقه‌ای تهران، سمنان و دامغان تشکر و قدردانی شود.

تشکر و قدردانی

در ادامه لازم است از همکاری صمیمانه همه عزیزان دانشکده منابع طبیعی کرج، دانشگاه آزاد اسلامی

OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='D'
Range=[0.15 0.7]
NumMFs=3
MF1='SD': 'trapmf', [-Inf -Inf 0.2 0.35]

[System]
Name='FISDD1MIN'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=9
AndMethod='min'

ضمیمه

NumMFs=3
MF1='SK':trapmf,[-71010 -7881 19800 60710]
MF2='MK':trapmf,[19400 60310 99510 140400]
MF3='LK':trapmf,[100000 141000 Inf Inf]

[Output1]
Name='R'
Range=[50 500]
NumMFs=5
MF1='RUS':trapmf,[-Inf -Inf 75 175]
MF2='RS':trimf,[75 175 275]
MF3='RM':trimf,[175 275 375]
MF4='RL':trimf,[275 375 475]
MF5='RUL':trapmf,[375 475 Inf Inf]

[Rules]

1 1, 2 (1) : 1
2 1, 2 (1) : 1
3 1, 4 (1) : 1
1 2, 2 (1) : 1
2 2, 3 (1) : 1
3 2, 5 (1) : 1
1 3, 1 (1) : 1
2 3, 4 (1) : 1
3 3, 5 (1) : 1

[System]

Name='FISDD3MAX'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=9
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='D'
Range=[3.5 7]
NumMFs=3
MF1='SD':trapmf,[-Inf -Inf 3.75 4.5]
MF2='MD':trapmf,[3.75 4.5 6 6.75]
MF3='LD':trapmf,[6 6.75 Inf Inf]

[Input2]

Name='K'
Range=[1.5768e-006 157700]
NumMFs=3
MF1='SK':trapmf,[-71010 -7881 19800 60710]
MF2='MK':trapmf,[19400 60310 99510 140400]
MF3='LK':trapmf,[100000 141000 Inf Inf]

[Output1]

MF2='MD':trapmf,[0.2 0.35 0.5 0.65]
MF3='LD':trapmf,[0.5 0.65 Inf Inf]

[Input2]

Name='K'
Range=[1.577e-006 157700]
NumMFs=3
MF1='SK':trapmf,[-71010 -7881 19800 60710]
MF2='MK':trapmf,[19400 60310 99510 140400]
MF3='LK':trapmf,[100000 141000 Inf Inf]

[Output1]

Name='R'
Range=[50 500]
NumMFs=5
MF1='RUS':trapmf,[-Inf -Inf 75 175]
MF2='RS':trimf,[75 175 275]
MF3='RM':trimf,[175 275 375]
MF4='RL':trimf,[275 375 475]
MF5='RUL':trapmf,[375 475 Inf Inf]

[Rules]

1 1, 2 (1) : 1
2 1, 2 (1) : 1
3 1, 4 (1) : 1
1 2, 2 (1) : 1
2 2, 3 (1) : 1
3 2, 5 (1) : 1
1 3, 1 (1) : 1
2 3, 4 (1) : 1
3 3, 5 (1) : 1

[System]

Name='FISDD2MEAN'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=9
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='D'
Range=[0.7 3.5]
NumMFs=3
MF1='SD':trapmf,[-Inf -Inf 1 1.5]
MF2='MD':trapmf,[1 1.5 2.5 3]
MF3='LD':trapmf,[2.5 3 Inf Inf]

[Input2]

Name='K'
Range=[1.5768e-006 157700]

وزارت نیرو. ۱۳۹۳. پیش‌نویس دستورالعمل تعیین محدوده حریم کمی چاه‌ها و قنات. استاندارد صنعت آب و آبفا. ۷۶ ص.

Allen, D., Schuurman, N., Zhang, Q., 2007. Using fuzzy logic for modeling aquifer architecture. *Journal Geography*, 9, 289-310.

Bouwer, H., 2002. Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering, *Hydrogeology Journal*, 10, 121-142.

Dombi, J., 1990. Membership function as an evaluation. *Research Group of Theory of Automata*. 1-19.

Ghayoumian J., Mohseniaravi M., Feiznia S., Nouri B. and A. Malekian, 2007. Application of GIS techniques to determine areas suitable for artificial groundwater recharge in a coastal aquifer in southern Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 30, 364-374.

Dernoncourt, F., 2013. *Fuzzy Logic Introduction*. Massachusetts Institute of Technology, 21p.

Help of MATLAB software, 2008. *Fuzzy Logic Toolbox*.

Mohan D., Saikia, M., 2009. *Hydrology*. Eastern Economy Edition, PHI Learning Private Limited, New Dehli-110001, 340p.

Prato, T., 2005. A fuzzy logic approach for evaluating ecosystem sustainability. *Ecological Modelling*, 187, 361-368.

Ramezani, M., B. Malekmohammadi, and Y. Rafii, 2012. Application of Fuzzy Logic in Site Selection of Artificial Groundwater Recharge Using Integrated Method of APH and FTOPSIS. *Journal of Environmental Studies*, Vol. 38, No. 63, Nov. pp. 25-27.

Saberinasr, A., Rezaei, M., Dashtibarmaki, M., 2013. Groundwater contamination analysis using Fuzzy Water Quality index (EWQI): Yazd province, Iran. *Journal Geope*, 3(1), 47-55.

Samson, M., 2010. Swaminathan and N. V. Kumar. Assessing groundwater quality for potability using a Fuzzy Logic and GIS- A case study of Tiruchirappalli city-India. *Computer Modeling and New Technologies*, vol. 14, No. 2, 58-68.

UNESCO/WHO/UNEP, 1996. *Water Quality Assessments- A Guide to use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring- Second Edition. Chapter 1*, 37-78.

UNEP, 2002. *A Survey of Methods for Groundwater Recharge in Arid and Semi-arid regions*. UNEP/DEWA/RS. 02-2, p101.

Zadeh L., 1988. *Fuzzy Logic*. University of California, Berkeley, 83-93.

Name='R'
Range=[50 500]
NumMFs=5
MF1='RUS': 'trapmf', [-Inf -Inf 75 175]
MF2='RS': 'trimf', [75 175 275]
MF3='RM': 'trimf', [175 275 375]
MF4='RL': 'trimf', [275 375 475]
MF5='RUL': 'trapmf', [375 475 Inf Inf]

[Rules]

1 1, 2 (1) : 1
2 1, 2 (1) : 1
3 1, 4 (1) : 1
1 2, 2 (1) : 1
2 2, 3 (1) : 1
3 2, 5 (1) : 1
1 3, 1 (1) : 1
2 3, 4 (1) : 1
3 3, 5 (1) : 1

منابع

آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۷۸. گزارش مطالعات ژئوفیزیک دشت دامغان.

آب منطقه‌ای تهران، ۱۳۷۹. گزارش مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت دامغان.

آب منطقه‌ای سمنان، ۱۳۸۷. گزارش تمدید و اصلاح ممنوعیت دشت دامغان.

درویش زاده، ع.، ۱۳۸۲. زمین‌شناسی ایران. امیرکبیر تهران، چاپ سوم، ۹۰۱ ص.

نورسته، ر.، منعم، م.، ۱۳۹۰. ارزیابی و مقایسه کارکرد سامانه کنترل خودکار فازی با دو نوع پایگاه قواعد برای سرریز لولایی. مجله علمی پژوهشی هیدرولیک، دوره ۶، شماره ۳، پاییز، ۱-۱۲.

میگل، م.، لوتین، ج.، ۱۹۸۲. نشن و آب‌های زیرزمینی. ترجمه: حیدر علی کشکولی، انتشارات دانشگاه شهید چمران (اهواز) (۱۹۶). ۵۵۲ ص.

ودولا، اس.، ماژومدار، پ.، ۱۳۸۷. مدل‌سازی و تحلیل سیستم‌های منابع آب. ترجمه: حسین بابازاده و محمدرضا بهشتی. چاپ اول، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، ۴۰۳ ص.