

## انتخاب پارامترهای کیفی مناسب در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت نیشابور با استفاده از روش دلفی فازی

محمد صادق هدایتی<sup>۱\*</sup>، سید محمود حسینی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران، مهندسی و مدیریت منابع آب، دانشگاه فردوسی مشهد، [hedayati.msh@stu.um.ac.ir](mailto:hedayati.msh@stu.um.ac.ir)

۲- استاد، گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد، [shossein@um.ac.ir](mailto:shossein@um.ac.ir)

### چکیده

پارامترهای بسیاری بر ارزیابی کیفی آب زیرزمینی تاثیرگذار هستند. در هر منطقه با توجه به شرایط خاص اقلیمی، زمین شناسی و سایر عوامل، پارامترهای تاثیرگذار در کیفیت آب متفاوت از سایر مناطق است. در این پژوهش، ابتدا نظر پنج گروه خبرگان در مورد بیست و سه پارامتر کیفی آب با هدف تامین آب آشامیدنی، توسط پرسشنامه جمع‌آوری شد. سپس با استفاده از روش دلفی فازی و به صورت سیستماتیک، لیست نهایی پارامترهای کلیدی مناسب در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی از لیست اولیه پارامترها غربال‌سازی گردید. این روش با سرعتی بالا و هزینه‌ای اندک، ابهام، ناهمخوانی و تفاوت نظر خبرگان را کاهش می‌دهد. در نهایت نه پارامتر کلسیم، منیزیم، سدیم، نیترات، کلر، سولفات، پی‌اچ، سختی کل و کل جامدات محلول به عنوان پارامترهای تاثیرگذار در ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت نیشابور برای مصارف آشامیدنی انتخاب شدند. انتخاب این پارامترهای اساسی، برای استفاده در ارائه شاخص‌های کیفیت آب و سایر مطالعات مرتبط با کیفیت آب در دشت نیشابور بسیار کارگشاست.

**واژه‌های کلیدی:** پارامترهای کیفی آب آشامیدنی، آب زیر زمینی، روش دلفی فازی، دشت نیشابور.

### ۱- مقدمه

پارامترهای متفاوتی برای ارزیابی کیفی آب زیرزمینی وجود دارد، اما به دلیل تأثیر عوامل طبیعی و انسانی مختلف بر روی آب زیرزمینی بر اساس مناطق جغرافیایی متفاوت، میزان اهمیت این پارامترها در هر منطقه یکسان نیست [۱]. بنابراین، استفاده از یک مجموعه پارامتر برای ارزیابی کیفیت منابع آب در تمامی مناطق منطقی نیست. هدر رفتن سرمایه و زمان از اثرات انتخاب پارامترهای نامناسب در ارزیابی کیفی آب است. از سوی دیگر، انتخاب پارامترهای مناسب برای ارزیابی کیفی آب زیرزمینی به شدت به نوع مصرف آب وابسته است. مصارف مختلف آب از جمله مصارف آشامیدنی، کشاورزی و صنعتی نقش زیادی در تعیین این پارامترها دارد. در مصارف آشامیدنی به دلیل تأثیر مستقیم بر روی سلامت انسان، انتخاب پارامترهای کیفی مناسب آب زیرزمینی و همچنین مشخص کردن میزان اهمیت هر یک از پارامترها می‌تواند حایز اهمیت باشد. خواص زمین‌شناسی، جنس خاک بالای سطح آب زیرزمینی، کاربری اراضی و نوع منابع آلاینده منطقه مورد مطالعه از عوامل دیگر تاثیرگذار بر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی هستند. فعالیت‌های کشاورزی، کودهای مورد استفاده و نحوه کشت اراضی نیز در دشتهایی که فعالیت کشاورزی در آنها به صورت گسترده انجام می‌شوند، تاثیرگذار در میزان اهمیت و نوع پارامترهای کلیدی در ارزیابی کیفی آب هستند.

در این پژوهش از نظر خبرگان<sup>۱</sup> برای انتخاب پارامترهای کلیدی و تاثیرگذار در ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت نیشابور برای مصارف آشامیدنی استفاده شده است. برای این منظور نظر خبرگانی از قسمت‌های مختلف از جمله سازمان‌های مسئول دولتی، کارشناسان آزمایشگاهی، پژوهشگران و اساتید دانشگاهی جمع‌آوری و تحلیل شده است. مطالعات صورت گرفته بین ۱۰ تا ۵۰ خبره را برای تکمیل پرسشنامه پیشنهاد نموده‌اند که در صورت همگن بودن خبره‌ها می‌توان از نظر ۱۰ تا ۱۵ خبره بهره گرفت [۴-۲]. در پژوهش حاضر، ابتدا ۴۰ خبره شناسایی و پرسشنامه‌ها برای آن‌ها ارسال گردید. از بین آن‌ها ۲۴ خبره در فرآیند تصمیم‌گیری مشارکت نمودند. ۲۴ خبره در پنج گروه خبرگان با تخصص‌های یکسان دسته‌بندی شدند. سه نفر کارشناس در زمینه هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، سه نفر کارشناس زمین‌شناسی، چهار خبره در زمینه محیط زیست، چهار خبره شیمی و ۱۰ متخصص در زمینه بهداشت محیط و سلامت که همگی در زمینه ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی فعالیت داشته‌اند و منطقه مورد مطالعه را به طور کامل می‌شناسند، نظرات خود را در قالب پرسشنامه‌ای که به دو روش حضوری و اینترنتی برای آن‌ها ارسال گردید، اعلام نمودند. ۲۳ پارامتر کیفی مورد استفاده در ارزیابی کیفی آب آشامیدنی بر اساس مطالعات پیشین [۱۳-۵] در این زمینه انتخاب و در پرسشنامه قرار گرفت. هر خبره بایستی نظر خود را در مورد میزان اهمیت هر یک از این پارامترها با توجه به حیطه کاری خود در قالب متغیرهای کلامی<sup>۲</sup> از پیش تعیین شده اظهار نماید. نظرات کارشناسان با استفاده از روش دلفی فازی<sup>۳</sup> تحلیل و بررسی شده است و از بین ۲۳ پارامتر موجود در لیست اولیه تعداد محدودتری انتخاب گردیده است. پژوهشگران در گذشته از روش‌های دیگری از قبیل دلفی کلاسیک، طوفان ذهنی<sup>۴</sup> و سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۵</sup> برای انتخاب پارامترهای مناسب برای ارزیابی کیفی آب در دشت‌های متفاوت بهره‌برده‌اند [۱، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵] که در این پژوهش به تشریح تفاوت‌های میان این روش‌ها با روش دلفی فازی نیز پرداخته شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی کلی منطقه مورد مطالعه

شهرستان نیشابور با مساحت ۷۳۳۰ کیلومتر مربع واقع در بخش میانی حوضه آبریز کالشور نیشابور و در محدوده‌ای به طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه قرار دارد. حدود ۳۹۳۵ کیلومترمربع از مساحت ۷۳۳۰ کیلومتری آن واقع در دشت است و بقیه آن در ارتفاعات است [۱۶]. آب ذخیره شده در آبخوان این دشت از راه‌ها و مسیرهای مختلف وارد آن می‌گردد. بخشی از طریق نفوذ مستقیم نزولات جوی است که در سطح دشت نازل می‌شود، قسمتی از راه نفوذ در بستر رودخانه‌ها، به‌ویژه در محدوده مخروط افکنه‌ها، بخشی به‌صورت نفوذ جانبی از ارتفاعات اطراف می‌تواند وارد آبخوان گردد و بالاخره قسمتی از آب نفوذ کرده به مخزن از نفوذ آب برگشتی کشاورزی، صنایع و فاضلاب چاه‌های جذبی در شهرها و روستاها می‌باشد. جریان دائمی آب شور از وسط دشت عبور می‌کند. دشت نیشابور به لحاظ ذخیره آب زیرزمینی و به لحاظ حاصلخیزی، پس از دشت مشهد، مهم‌ترین دشت استان خراسان رضوی است که به دلیل برداشت بی‌رویه و تخریب منابع آب زیرزمینی، از سال ۱۳۶۵ به‌عنوان دشت ممنوعه بحرانی اعلام شده است [۱۷].

<sup>1</sup> Experts

<sup>2</sup> Linguistic variables

<sup>3</sup> Fuzzy Delphi Method (FDM)

<sup>4</sup> Brainstorming

<sup>5</sup> Multi Criteria Decision Making (MCDM)

## ۲-۲- روش دلفی فازی

روش دلفی فازی در واقع تلفیقی از روش دلفی کلاسیک و منطق فازی است که توسط ایشیکاوا و همکاران ارائه گردیده است [۱۸]. امروزه کاربرد روش دلفی فازی به صورت گسترده‌ای در پژوهش‌ها با موضوعات مختلف به کار گرفته می‌شود [۱۹-۲۱]. در این روش برای سنجش دیدگاه از عبارات کلامی استفاده می‌شود. عبارات کلامی در انعکاس کامل مکنونات ذهنی پاسخ‌دهنده محدودیت‌هایی دارد. برای نمونه عبارت «زیاد» برای فرد A که فرد سخت‌گیری است با عبارت «زیاد» برای فرد B متفاوت است. اگر برای کمی کردن دیدگاه هر دو فرد از یک عدد قطعی استفاده شود، نتایج دارای ارباب خواهد شد. به عبارت دیگر، اگر چه از شایستگی‌ها و توانایی‌های ذهنی خبرگان برای اخذ تصمیم استفاده می‌شود، اما کمی کردن دیدگاه خبرگان به روش سنتی، امکان انعکاس کامل سبک تفکر انسانی را ندارد. استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با به‌کارگیری اعداد فازی به تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت [۲۲]. روش دلفی فازی با سرعت بالاتر و هزینه کمتر نسبت به روش‌های دیگر به صورت سیستماتیکی نظر خبرگان را تجمیع و از بین پارامترهای مختلف تعداد محدودتری را انتخاب می‌نماید. استفاده از روش دلفی فازی در تصمیم‌گیری گروهی باعث درک مشترک بهتر از نظر کارشناسان می‌گردد [۱۹] و علاوه بر آن کارآمدی و کیفیت پرسشنامه را بالا می‌برد [۲۳]. دلفی فازی در مسائل پیش‌بینی و غربالسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این پژوهش از کاربرد دلفی فازی در غربالسازی معیارها و پارامترها استفاده می‌شود.

## ۲-۳- گام‌های روش دلفی فازی

گام‌های روش دلفی فازی به صورت زیر است:

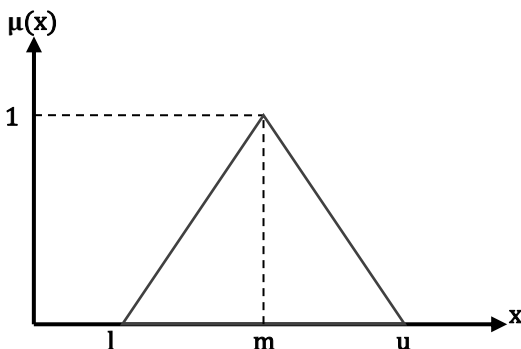
### الف) جمع آوری نظر خبرگان به صورت عبارات کلامی از طریق پرسشنامه

ب) فازی سازی عبارات کلامی: اعداد فازی شکل‌های متفاوتی از جمله گوسی، مثلثی و دوزنقه‌ای دارند. در این مطالعه از اعداد فازی مثلثی استفاده شده است. عدد فازی مثلثی (TFN) یک عدد فازی است که با سه عدد حقیقی به صورت  $F = (l, m, u)$  نمایش داده می‌شود. کران بالا که با  $u$  نشان داده می‌شود، بیشینه مقادیری است که عدد فازی  $F$  می‌تواند اختیار کند. کران پایین که با  $l$  نشان داده می‌شود کمینه مقادیری است که عدد فازی  $F$  می‌تواند اختیار کند. مقدار  $m$  محتمل ترین مقدار یک عدد فازی است. تابع عضویت یک عدد فازی مثلثی به صورت رابطه ۱ است:

$$\mu_f(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l} & l < x < m \\ \frac{u-x}{u-m} & m < x < u \\ 0 & \text{در غیر اینصورت} \end{cases} \quad (1)$$

عدد فازی مثلثی  $F = (l, m, u)$  در فضای هندسی به صورت شکل ۱ نمایش داده می‌شود.

<sup>1</sup> Triangular Fuzzy Numbers



شکل ۱: عدد فازی مثلثی

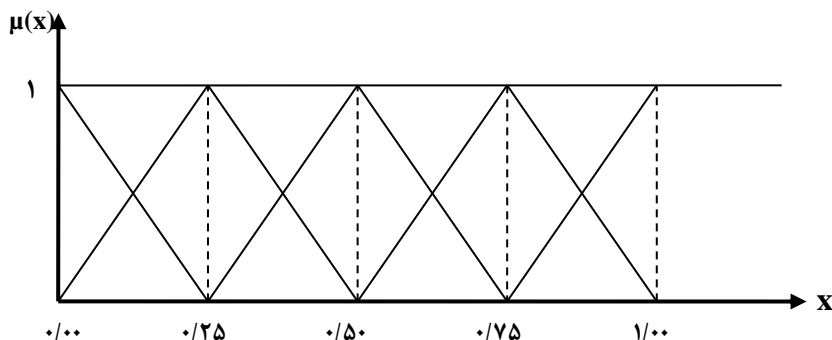
عبارات کلامی که هر خبره از آن به عنوان میزان اهمیت هر پارامتر استفاده نموده است باید با طیف مناسبی به اعداد فازی مثلثی تبدیل گردد. طیف ۵ گانه (جدول ۱، شکل ۳) و ۷ گانه لیکرت<sup>۱</sup> (جدول ۲) جزو پرکارترین طیفها برای تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی است. در این مطالعه از طیف لیکرت ۵ درجه برای تبدیل عبارات کلامی به اعداد فازی استفاده شده است.

جدول ۱: اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه

خیلی بی اهمیت	بی اهمیت	متوسط	با اهمیت	خیلی با اهمیت
(۰، ۰، ۰/۲۵)	(۰، ۰/۲۵، ۰/۵)	(۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵)	(۰/۵، ۰/۷۵، ۱)	(۰/۷۵، ۱، ۱)

جدول ۲: اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۷ درجه

کاملاً بی اهمیت	خیلی بی اهمیت	بی اهمیت	متوسط	با اهمیت	خیلی با اهمیت	کاملاً با اهمیت
(۰، ۰، ۰/۱)	(۰، ۰/۱، ۰/۳)	(۰/۱، ۰/۳، ۰/۵)	(۰/۳، ۰/۵، ۰/۷۵)	(۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹)	(۰/۷۵، ۰/۹، ۱)	(۰/۹، ۱، ۱)



شکل ۲: اعداد فازی مثلثی معادل طیف لیکرت ۵ درجه

<sup>1</sup> Likert

پ) **تجمیع فازی مقادیر فازی شده:** پس از انتخاب طیف مناسب برای تبدیل متغیرهای کلامی به اعداد فازی و ثبت نظر خبرگان به صورت اعداد فازی بایستی دیدگاه تمامی خبرگان را تجمیع نمود. راه‌های متعددی برای تجمیع فازی دیدگاه خبرگان پیشنهاد شده است. اگر دیدگاه هر کارشناس به صورت عدد فازی مثلثی (l, m, u) نمایش داده شود، ساده‌ترین روش، محاسبه میانگین فازی دیدگاه خبرگان است که در رابطه ۲ به آن اشاره شده است [۲۲].

$$F_{avg} = \frac{\sum l}{n} \cdot \frac{\sum m}{n} \cdot \frac{\sum u}{n} \quad (2)$$

به جای استفاده از میانگین فازی، روش‌های متنوع دیگری نیز برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده می‌شود. در واقع این روش‌های تجمیع، روش‌هایی تجربی هستند که توسط پژوهشگران مختلف ارائه شده‌اند. برای نمونه یک روش مرسوم برای تجمیع مجموعه‌ای از اعداد فازی مثلثی با کمینه l، میانگین m و بیشینه u در رابطه ۳ آورده شده است [۱۹، ۲۳].

$$F_{AGR} = \left( \min\{l\}, \left\{ \frac{\sum m}{n} \right\}, \max\{u\} \right) \quad (3)$$

در برخی منابع نیز به جای میانگین حسابی ساده، میانگین هندسی (رابطه ۴) پیشنهاد شده است [۲۴].

$$F_{AGR} = \left( \min\{l\}, \prod \{m\}, \max\{u\} \right) \quad (4)$$

در منابع دیگری هم پیشنهاد شده است کران‌های بالا و پایین نیز با میانگین هندسی محاسبه شود. انتخاب روش تجمیع دیدگاه خبرگان، به نظر پژوهشگر بستگی دارد. استفاده از روش‌های تجمیع فازی به جای میانگین فازی باعث می‌شود تا حداکثر پراکندگی دیدگاه افراد در نظر گرفته شود. اما مشکل این روش‌ها آن است که دیدگاه یک فرد خوش‌بین یا یک فرد بدبین به شدت نتایج را تحت تاثیر قرار دهد. اگر برای یک کارشناس مقدار  $u_i$  از  $n$  کوچکتر باشد یک کارشناس بدبین در نظر گرفته می‌شود. همچنین اگر برای یک کارشناس مقدار  $l_i$  از  $n$  بزرگتر باشد یک کارشناس خوشبین در نظر گرفته می‌شود. برای اطمینان بیشتر می‌توان از دیدگاه خبرگان بدبین و خوش‌بین صرف نظر کرد [۲۲].

ت) **فازی‌زدایی (مقادیر):** میانگین نظرات خبرگان که در مرحله قبل، از تجمیع نظرات آن‌ها با میانگین حسابی کمینه، متوسط و حداکثر مقدار حاصل شده است برای مقایسه و تحلیل بهتر نتایج وارد مجموعه اعداد قطعی می‌شود که به این عمل فازی‌زدایی گویند. با این عمل نتایج بیش‌تر قابل درک خواهند شد. روش‌های فازی‌زدایی نیز مورد بحث پژوهشگران بوده است. در این پژوهش از میانگین‌گیری ساده از سه کران هر عدد مثلثی برای فازی‌زدایی آن استفاده شده است (رابطه ۵) که مقدار قطعی (Cv) برای هر پارامتر با رابطه ۶ به دست خواهد آمد [۲۲].

$$F_{avg} = (L.M.U) \quad (5)$$

$$Cv = \frac{L+M+U}{3} \quad (6)$$

<sup>1</sup> Defuzzification

<sup>2</sup> Crisp value

ث) **غربال سازی پارامترها:** برای غربال سازی پارامترها، در این پژوهش دو ملاک در نظر گرفته شده است.

ث-۱) غربال سازی با استفاده از آستانه تحمل: اولین ملاک در غربال سازی پارامترها این است که اکثر خبرگان اهمیت زیادی را در پرسشنامه برای پارامتری انتخاب کرده باشند. برای این منظور باید از میانگین فازی زدایی شده برای هر یک از پارامترها استفاده کرد. باید مقداری برای مقایسه مقدار قطعی هر پارامتر با آن انتخاب کرد که به آن آستانه تحمل ( $T_v$ ) گویند. آستانه تحمل براساس دیدگاه پژوهشگر از پژوهشی به پژوهش دیگر می تواند متفاوت باشد. در این پژوهش با توجه به این که مقدار فازی زدایی شده متغیر کلامی "با اهمیت"  $0.75$  است و در نظر گرفتن مقداری کمتر برای اطمینان از مقدار  $0.7$  برای آستانه تحمل استفاده شده است. رابطه  $7$  شرط تایید هر پارامتر برای حضور در لیست نهایی را نشان می دهد که در آن، اگر مقدار قطعی حاصل از فازی زدایی دیدگاه تجمیع شده خبرگان، بزرگتر از آستانه تحمل باشد شاخص مورد نظر تایید می شود [۱۹]. اگر این مقدار کوچکتر از آستانه تحمل باشد شاخص مورد نظر حذف می شود.

$$C_v \geq T_v \quad (7)$$

$$T_v = 0.7$$

ث-۲) غربال سازی با استفاده از درصد اجماع خبرگان: دومین ملاک برای حضور پارامتری در لیست نهایی پارامترها، سنجش میزان اجماع و اتفاق نظر خبرگان بر روی هر یک از پارامترها با روندی سیستماتیک است. برای سنجش میزان اجماع خبرگان بر روی هر یک از پارامترها، با استفاده از رابطه  $9$  باید تفاوت نظر هر خبره را با میانگین نظرات خبرگان به دست آورد [۲۵]. در این رابطه  $f_{ij}$  دیدگاه فازی خبره شماره  $i$  در مورد پارامتر  $j$  (رابطه  $8$ )،  $F_{avg}$  میانگین نظرات خبرگان (رابطه  $5$ ) و  $d_{aij}$  تفاوت بین نظر خبره شماره  $i$  با میانگین نظر خبرگان بر روی پارامتر  $j$  است. مقدار  $d_{aij}$  باید کمتر از  $0.2$  باشد و در صورتی که بیش از  $0.2$  باشد نشان دهنده وجود تفاوت قابل توجه بین نظر خبره با میانگین نظرات تمامی خبرگان است [۲۱].

$$f_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) \quad (8)$$

$$d_{aij} = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_{ij} - L)^2 + (m_{ij} - M)^2 + (U_{ij} - U)^2]} \quad (9)$$

در نهایت درصد اجماع خبرگان بر روی هر پارامتر ( $PoC_j$ ) از تبدیل نسبت تعداد خبرگانی که نظر آن ها بیش از  $0.2$  با میانگین نظر خبرگان تفاوت دارد ( $OE_j$ ) به تعداد کل خبرگان ( $TE_j$ ) به درصد، به صورت رابطه  $10$  برای هر پارامتر محاسبه می گردد [۲۶].

$$PoC_j = \frac{OE_j}{TE_j} \times 100 \quad (10)$$

در این پژوهش، نظر نویسندگان بر در نظر گرفتن درصد اجماع بالای  $70$  است. معنای اجماع بالای  $70$  درصد آن است که  $70$  درصد از خبرگان بر روی نظر خاصی اتفاق داشته اند. با توجه به تعداد کل خبرگان در این مطالعه ( $24$  خبره) اگر درصد اجماع پارامتری بیش از  $70$  باشد به این معناست که بالای  $16$  نفر از تمام خبرگان نظر خاصی را بر روی یک پارامتر داشته اند. بالا بودن درصد اجماع فقط نشان دهنده میزان اهمیت بالای آن پارامتر نیست، بلکه پارامتری با درصد اجماع بالا می تواند وجود داشته باشد که مقدار قطعی فازی زدایی برای آن پایین باشد و نشان دهنده این است که نظر اکثر خبرگان بر این بوده است که این پارامتر برای هدف مورد مطالعه کاملاً بی اهمیت است. بنابراین پارامتر با درصد اجماع بالا و مقدار قطعی

<sup>1</sup> Threshold value

<sup>2</sup> Percentage of Consensus

<sup>3</sup> Outrange Experts

<sup>4</sup> Total Experts

فازی‌زدایی پایین، علاوه بر این که به هیچ نحو جزو پارامترهای کلیدی و اساسی برای حضور در لیست نهایی نیست بلکه ممکن است پارامتری باشد که با موضوع بحث کاملاً بی ارتباط است و پژوهشگران در آینده می‌توانند این پارامتر را در مطالعات موردی خود از ابتدا در لیست اولیه پارامترها دخیل نکنند.

### ۲-۳- مزایای روش دلفی فازی نسبت به سایر روش‌ها

#### ۲-۳-۱- مزایای روش دلفی فازی نسبت به روش طوفان ذهنی

برگزاری کارگاه‌ها یا انجام ملاقات‌های حضوری با حضور تمامی خبرگان، برای جمع‌آوری نظر آن‌ها و رسیدن به اجماع، یکی دیگر از روش‌های جمع‌آوری نظرات است که با طوفان ذهنی و بحث حضوری و موردی روی پارامترها صورت می‌گیرد. در این روش فرآیند خسته‌کننده‌ای بر تصمیم‌گیری گروهی حاکم است. تماس‌های مکرر تلفنی و ایمیلی برای دعوت از خبرگان، انجام هماهنگی برای زمان و مکان برگزاری جلسه ملاقات، هزینه سفر، در نظر گرفتن محل استراحت خبرگان و صرف زمان و هزینه بسیار بالا برای جمع‌آوری نظرات و اجماع خبرگان از ضعف‌های این روش است [۲۳]. واضح است که در روش دلفی فازی با صرف زمان کمتر و هزینه بسیار اندک می‌توان از اتفاق نظر خبرگان بر روی پارامترها مطلع شد. علاوه بر این در روش دلفی فازی، با انجام محاسبات عددی سیستماتیک به جای گفت‌وگو و مذاکره خبرگان منجر به نتایج قابل اعتمادتری نسبت به روش طوفان ذهنی خواهد شد که این امکان در دیدارهای حضوری و کارگاه‌ها وجود ندارد.

مزیت دیگر دلفی فازی نسبت به دیدارهای حضوری خبرگان، گمنام ماندن خبرگان و احترام به نظرات تمامی خبرگان است. در روش دلفی فازی کارشناسان می‌توانند بدون هراس از قضاوت دیگران، تاثیرگذاری نظرات دیگران و به خطر افتادن نظرات اصلی و اولیه که معمولاً در ملاقات‌های حضوری رخ می‌دهد، نظر قاطع و مستقل خود را اعلام نمایند. استفاده از نظر گروه‌های مختلف خبرگان با تخصص‌های گوناگون در روش دلفی فازی و در نظر گرفتن نظر افراد دانشگاهی، با تجربه و متخصصین اجرایی شاغل در سازمان‌های مسئول دولتی منجر به نتایج کارآمد و مطلوبی از فرآیند تصمیم‌گیری چند معیاره خواهد شد که در گردهمایی حضوری خبرگان به دلیل متفاوت بودن تخصص، تجربه و دانش هر یک از آن‌ها، تلفیق نظرات کلیه گروه‌های خبرگان بسیار دشوار است.

تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از فرآیند تصمیم‌گیری که جزو اساسی‌ترین بخش‌های مسائل تصمیم‌گیری گروهی است، در روش طوفان ذهنی به دلیل نبود داده عملاً غیر ممکن است. در روش دلفی فازی به دلیل انسجام مراحل به راحتی می‌توان نتایج را بررسی و تحلیل نمود.

#### ۲-۳-۲- مزایای روش دلفی فازی نسبت به روش دلفی کلاسیک

در روش دلفی کلاسیک پس از طراحی پرسشنامه و ارسال آن برای خبرگان از پیش شناسایی شده نظرات آن‌ها در قالب اعداد قطعی پرسیده می‌شود. پس از گردآوری نتایج و انجام تحلیل بر روی آن، پرسشنامه دوباره برای خبرگان ارسال خواهد شد تا این بار با دانستن نظر سایر خبرگان در دفعه اول نظرسنجی، نظر خود را تصحیح نمایند و دوباره ارسال نمایند. ارسال پرسشنامه برای خبرگان و تحلیل نتایج در چندین دفعه انجام می‌شود تا نتایج حاصل از پرسشنامه در دفعه آخر با دفعه قبل خود تفاوت ناچیزی داشته باشد.

اولین مزیت دلفی فازی نسبت به شکل کلاسیک خود، استفاده از مجموعه‌های فازی و متغیرهای کلامی به جای استفاده از اعداد قطعی است. تصمیم‌های اتخاذ شده توسط خبرگان، براساس صلاحیت فردی آن‌ها بوده و به شدت ذهنی است [۱۹]. در این گونه موارد استفاده از اعداد قطعی بدون توجه به عدم قطعیت و ابهام موجود در نظر افراد، منجر به نتایجی دور از واقعیت خواهد شد. علاوه بر این، افراد در تصمیمات روزمره خود در مورد میزان اهمیت یک پارامتر، نیز از متغیرهای کلامی به جای اعداد قطعی استفاده می‌کنند. بنابراین استفاده از روش دلفی فازی باعث سهولت خبرگان در تکمیل پرسشنامه می‌گردد.

فرآیند دلفی کلاسیک که در چند مرحله تکراری تکمیل، ارسال و تحلیل نتایج تا رسیدن به اجماع نظر انجام می‌شود باعث کندشدن روند تصمیم‌گیری، افزایش هزینه و کاهش رغبت خبرگان برای مشارکت در نظرسنجی می‌گردد. در نهایت نبود قاعده و قانون مشخصی برای اجماع نظرات استفاده از روش دلفی کلاسیک را دشوار می‌کند. این ضعفها در روش دلفی فازی با انجام فقط یک مرحله نظرسنجی و اجماع نظرات در یک مرحله از بین رفته است و باعث همگرایی سریع‌تر در رسیدن به نتایج نهایی و صرف هزینه و زمان کم‌تر در انجام تصمیم‌گیری خبره محور خواهد شد [۲۳]. علیرغم همگرایی سریع‌تر روش دلفی فازی، محاسبات آن نیز بسیار ساده است و باعث سهولت ترکیب آن با سایر مسائل تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای، چند شاخصه و چند معیاره می‌شود.

### ۳- نتایج و بحث

۲۴ خبره فعال در زمینه ارزیابی کیفیت آب و آشنا با دشت نیشابور و تاریخچه تحلیل ارزیابی‌های کیفی این دشت، نظر خود را در مورد هر یک از ۲۳ پارامتر کیفی آب آشامیدنی به صورت جدول ۳ اعلام نمودند. در این جدول VU به جای عبارت کلامی "خیلی بی‌اهمیت" قرار می‌گیرد و U "بی‌اهمیت"، MI "متوسط"، I "با اهمیت"، VI "خیلی بااهمیت" را نشان می‌دهد.

پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها و ثبت دیدگاه خبرگان، میانگین فازی نظرات خبرگان، مقدار قطعی و درصد اجماع خبرگان برای هریک از پارامترهای کیفی آب محاسبه می‌گردد که نتایج حاصل در جدول ۴ آورده شده است. طبق شروط بیان شده برای غربال‌سازی پارامترها، دو شرط اعمال گردیده است. پارامترهای کیفی آب آشامیدنی که از دید خبرگان اهمیت بیشتری داشته باشند، یعنی مقدار قطعی محاسبه شده برای آنها بیش‌تر از شدت آستانه  $0/7$  باشد و در حله بعدی بالای  $70$  درصد خبرگان بر روی آن اجماع نظر داشته باشند، در لیست نهایی حضور پیدا خواهند کرد.



جدول ۳: فلفل خیسوگان در مورد اهمیت هر یک از پارامترها در قالب متغیرهای کلاسی

گروه	پارامترهای کیفی	شماره خبره																								
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱	۲۲	۲۳	۲۴	
کاتیون ها	کلسیم	MI	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	I	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	منیزیم	MI	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	I	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	سدیم	MI	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	پتاسیم	MI	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	آهن	MI	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
آنیون ها	منگنز	I	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	I	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	نیترات	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	I	VI	VI	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	نیتریت	U	VU	U	U	U	U	U	U	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	فسفات	U	U	U	U	U	U	U	U	VU	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	فلوراید	U	U	U	U	U	U	U	U	VI	MI	MI	VI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	کلر	I	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	I	MI	I	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	سولفات	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	MI	MI	VI	I	MI	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	کربنات	U	VU	U	U	U	U	U	U	I	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	بی کربنات	MI	U	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
	پارامترهای فیزیکی و سختی	کدورت	VU	VU	U	U	U	U	U	U	MI	MI	VI	MI	U	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI
هدایت الکتریکی		MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	I	MI	MI	I	MI	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
دما		U	U	U	U	U	U	U	U	MI	MI	VI	MI	U	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
قلیائیت کل		U	U	U	U	U	U	U	U	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
بی اچ		I	I	I	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	MI	U	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
سختی کل		I	MI	MI	I	I	I	I	I	MI	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
کل جامدات نامحلول		VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	MI	MI	VI	VI	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
پارامترهای میکروبی		انتریشیا کلی	U	U	U	U	U	U	U	U	VU	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI
		توتال کلبفرم	U	U	U	U	U	U	U	U	VU	MI	VI	MI	I	VI	VI	VI	I	I	VI	VI	VI	VI	VI	VI

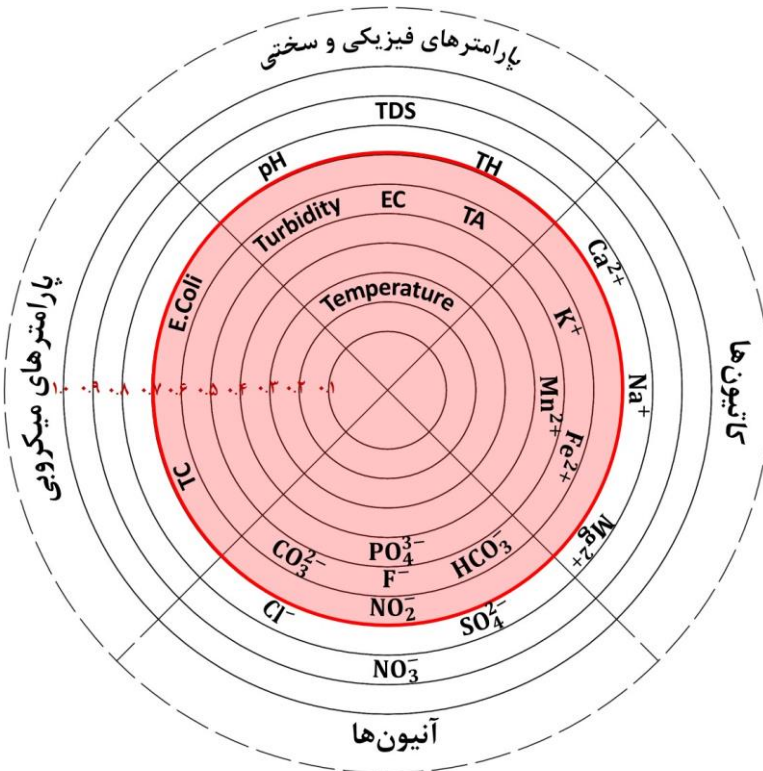
جدول ۴: خلاصه نتایج حاصل از غربال سازی پارامترها توسط روش دلفی فازی

نتیجه	درصد اجماع خبرگان (%)	مقدار قطعی	میانگین دیدگاه			نماد شیمیایی	پارامترهای کیفی	گروه
			L	M	U			
قابل قبول	۷۵	۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۷۹	۰/۹۴	Ca <sup>2+</sup>	کلسیم	کاتیون ها
قابل قبول	۷۵	۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۷۹	۰/۹۴	Mg <sup>2+</sup>	منیزیم	
قابل قبول	۷۵	۰/۷۶	۰/۵۵	۰/۸	۰/۹۴	Na <sup>+</sup>	سدیم	
حذف	۶۲/۵	۰/۵۹	۰/۳۵	۰/۶	۰/۸	K <sup>+</sup>	پتاسیم	
حذف	۳۷/۵	۰/۵۴	۰/۳	۰/۵۵	۰/۷۶	Fe <sup>2+</sup>	آهن	
حذف	۳۷/۵	۰/۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۴	Mn <sup>2+</sup>	منگنز	
قابل قبول	۹۵/۸	۰/۸۷	۰/۷	۰/۹۵	۰/۹۸	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	نیترات	آنیون ها
حذف	۱۶/۶	۰/۶۲	۰/۴۲	۰/۶۶	۰/۷۸	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	نیتريت	
حذف	۲۵	۰/۴۸	۰/۲۷	۰/۴۸	۰/۶۸	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	فسفات	
حذف	۳۷/۵	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۶۱	۰/۷۸	F <sup>-</sup>	فلوراید	
قابل قبول	۷۵	۰/۷۳	۰/۵۱	۰/۷۶	۰/۹۳	Cl <sup>-</sup>	کلر	
قابل قبول	۷۵	۰/۷۶	۰/۵۴	۰/۸	۰/۹۴	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	سولفات	
حذف	۳۳/۵	۰/۵۱	۰/۲۸	۰/۵۲	۰/۷۴	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	کربنات	
حذف	۷۵	۰/۵۷	۰/۳۳	۰/۵۸	۰/۸	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	بی کربنات	
حذف	۲۵	۰/۵۲	۰/۳۴	۰/۵۳	۰/۷۱	Turbidity	کدورت	پارامترهای فیزیکی و سختی
حذف	۶۶/۶	۰/۶	۰/۳۷	۰/۶	۰/۸	Electrical Conductivity(EC)	هدایت الکتریکی	
حذف	۸۳/۳	۰/۳۵	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۵۸	Temperature	دما	
حذف	۳۷/۵	۰/۵۴	۰/۳	۰/۵۵	۰/۷۶	Total Alkalinity(TA)	قلیابیت کل	
قابل قبول	۸۳/۳	۰/۷۳	۰/۵۱	۰/۷۶	۰/۹۲	PH	پی اچ	
قابل قبول	۷۵	۰/۷۳	۰/۵	۰/۷۵	۰/۹۴	Total Hardness(TH)	سختی کل	
قابل قبول	۸۳/۳	۰/۸۴	۰/۶۵	۰/۹	۰/۹۵	TDS	کل جامدات نامحلول	
حذف	۱۶/۶	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۶۶	۰/۷۸	E.Coli	اشریشیا کُلی	
حذف	۱۶/۶	۰/۶۳	۰/۴۵	۰/۶۶	۰/۷۹	Total Coliform(TC)	توتال کلیفرم	

شرط اول و اساسی حضور یک پارامتر در لیست نهایی پارامترهای کلیدی و تاثیرگذار آن است که مقدار قطعی نظرات خبرگان در مورد آن پارامتر، بالاتر از ۰/۷ باشد. در مطالعات صورت گرفته با روش دلفی فازی عمدتاً از شکل‌های گرافیکی برای نمایش نتایج استفاده نشده است. شکل‌های گرافیکی می‌توانند با در نظر گرفتن گروه‌بندی اولیه پارامترها، نتایج را به گونه آشکارتری برای پژوهشگران و تصمیم‌گیران به نمایش در آورند. شکل ۳ به صورت گرافیکی، مقدار قطعی هر یک از پارامترهای موجود در چهار گروه کلی کاتیون‌ها، آنیون‌ها، پارامترهای فیزیکی و سختی و پارامترهای میکروبی را نشان می‌دهد. شعاع‌های

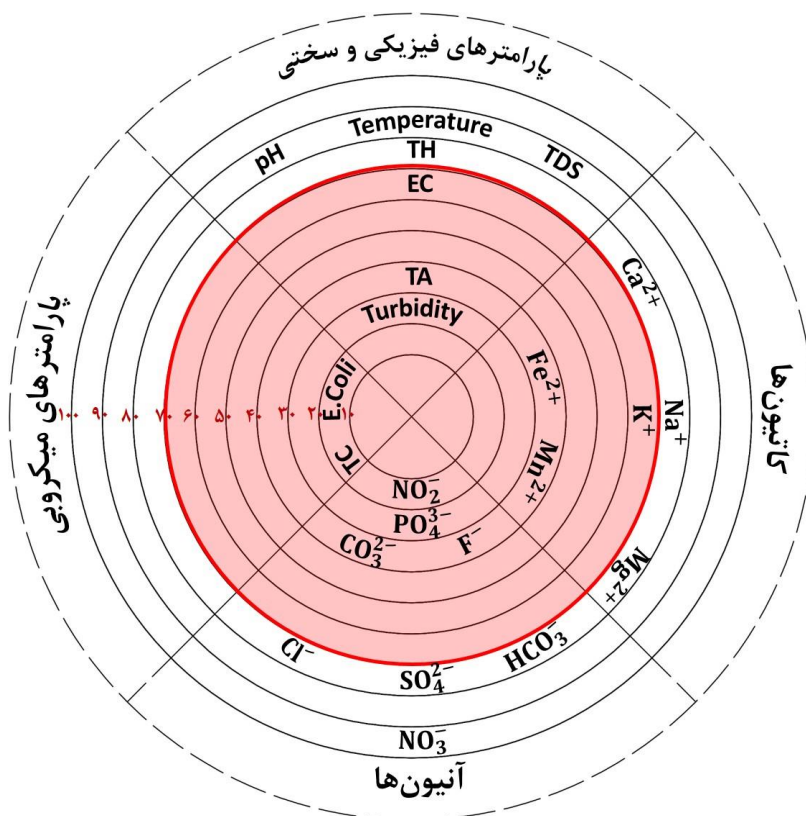
مختلف در این دایره نمایش دهنده مقدار قطعی یا همان امتیاز کسب شده برای هر پارامتر است. مقدار آستانه تحمل یا همان کمینه مقدار قابل قبول امتیاز هر پارامتر با شعاع ۰/۷ مشخص شده است. بر این اساس در هر گروه، آن دسته از پارامترها که شعاع دایره امتیاز آن‌ها از ۰/۷ بیش تر باشد، می‌تواند یکی از پارامترهای تاثیرگذار و کاندید حضور در لیست نهایی باشد. TDS از گروه پارامترهای فیزیکی و سختی و  $NO_3^-$  از دسته آنیون‌ها، با مقدار قطعی بین ۰/۸ تا ۰/۹ جزو بیش‌ترین مقادیر قطعی هستند. با توجه به خشکسالی‌های پی در پی دشت نیشابور، پایین بودن میزان متوسط بارش و اقلیم خشک منطقه و از طرف دیگر وجود رسوبات تخریبی میوسین در دشت نیشابور، می‌توان انتظار داشت که میزان شوری و عوامل مرتبط با آن از جمله  $EC$ ،  $Na^+$ ،  $Cl^-$  و به تبع آن TDS از اهمیت زیادی در ارزیابی کیفی آب آشامیدنی برخوردار باشد [۱۷] که این انتظار کاملا مطابق با نظر خبرگان گروه‌های مختلف و موید نظر آنان می‌باشد.

علاوه بر TDS و  $NO_3^-$ ، هفت پارامتر دیگر با قرار داشتن در فاصله بین ۰/۷ تا ۰/۸ مقدار قطعی بالاتر از مقدار آستانه تحمل دارند و می‌توانند در لیست نهایی حضور پیدا کنند. سایر پارامترها که در ناحیه رنگی قرار دارند به دلیل داشتن مقدار قطعی کمتر از آستانه تحمل، مسلما نمی‌توانند در لیست نهایی پارامترهای تاثیرگذار حضور داشته باشند. بر اساس شکل ۳ هر دو پارامتر موجود در گروه پارامترهای میکروبی امتیازی پایین‌تر از مقدار شدت تحمل دارند. با وجود اهمیت بسزای این پارامترها بر روی سلامت انسان‌ها ولی عوامل میکروبی از دید خبرگان در آب زیر زمینی دشت نیشابور پارامترهای تاثیرگذاری نبوده‌اند. از دیدگاه منطقی، با توجه به پایین بودن سطح آب زیرزمینی در دشت نیشابور در حد چند ده متر، عوامل میکروبی شامل E.Coli و Total Coliform(TC) نمی‌توانند از خلل و فرج موجود در خاک رسوخ نمایند و به آب زیرزمینی برسند مگر به دلیل نشت لوله‌های فاضلاب موجود در شهرها، که در عمق زمین مدفون شده‌اند.



شکل ۳: دواير متحدالمركز نشان دهنده مقدار قطعی پارامترها در هر گروه

نه پارامتر دارای مقدار قطعی بالاتر از مقدار شدت آستانه ۰/۷ می‌توانند در لیست نهایی حضور پیدا کنند، ولی بایستی تمامی خبرگان از پنج گروه گوناگون بر روی انتخاب آن‌ها اتفاق نظر داشته باشند. برای این منظور می‌توان از شکل گرافیکی دیگری برای نمایش درصد اجماع خبرگان استفاده نمود. در شکل ۴ شعاع دوایر متحدالمرکز درصد اجماع خبرگان را نشان می‌دهد.  $NO_3^-$  با اختصاص درصد اجماع بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد پارامتر کیفی دارای بیش‌ترین اتفاق نظر کارشناسان است. معنای این درصد اجماع بالا و مقدار قطعی بالای این پارامتر آن‌است که نیترات از نظر بیش از ۹۰ درصد خبرگان (حدود ۲۱ نفر از ۲۴ خبره) میزان اهمیت بالای ۰/۸ به خود اختصاص داده‌است. تمامی نه پارامتر دارای مقدار قطعی بالاتر از شدت آستانه، جزو پارامترهای کیفی مورد اتفاق نظر خبرگان با درصد اجماع بیش‌تر از ۷۰ هستند پس با قاطعیت می‌توان گفت که تمام آن‌ها در لیست نهایی پارامترهای کلیدی و تاثیرگذار ارزیابی کیفی دشت نیشابور می‌توانند حضور داشته باشند. در دیگر سو، دما (Temperature) با بیش از ۸۰ درصد اجماع و مقدار قطعی بین ۰/۲ تا ۰/۳ از جمله پارامترهایی است که اکثر خبرگان (بیش از ۱۹ نفر) بر کم اهمیت بودن این پارامتر در منطقه مورد مطالعه تاکید کرده‌اند. این پارامتر حتی می‌تواند در مطالعات ارزیابی کیفی در سایر دشت‌ها، در لیست ابتدایی پارامترهای مورد مطالعه حضور نداشته باشد، مگر این‌که منطقه مورد مطالعه به شدت تحت تاثیر دماهای بالا و یا بسیار پایین باشد که در این صورت توجه به دما برای حضور در لیست اولیه پارامترهای مورد مطالعه الزامی به‌نظر می‌آید.



شکل ۴: دوایر متحدالمرکز نشان‌دهنده درصد اجماع خبرگان بر روی پارامترهای موجود در هر گروه

## ۷- نتیجه گیری

در مطالعات ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی، دیدگاه معمول پژوهشگران انتخاب یک دسته از پارامترهای مشخص بدون توجه به عوامل مختلف و متمایز منطقه مورد مطالعه و یا متکی بر استفاده از روش‌های زمان‌بر، مشکل و فاقد جذابیت برای مشارکت خبرگان برای مشخص نمودن پارامترهای حساس و مهم کیفیت آب در منطقه مورد مطالعه، است. همان‌طور که در نتایج این تحقیق نمایان شد، روش دلفی‌فازی می‌تواند به عنوان روشی کارآمد در انتخاب پارامترهای مناسب ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی استفاده شود. استفاده از این روش باعث صرفه‌جویی در زمان و هزینه از دو منظر می‌شود. اول اینکه، در مراحل جمع‌آوری دیدگاه خبرگان، به دلیل کاهش تعداد دفعات انجام نظرسنجی این صرفه‌جویی در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. از دیگر سو در انجام آزمایشات، نمونه‌گیری و تحلیل نتایج به دلیل در اختیار داشتن تعداد محدودتری از پارامترها که کلیدی هستند، صرفه‌جویی در زمان و هزینه صورت می‌گیرد. بدون شک، حضور پارامترهای کم‌اثر و یا حذف شدن پارامترهای کلیدی از لیست اولیه پارامترها، جهت مطالعه را به نادرستی تغییر خواهد داد و باعث رسیدن به نتایج دور از واقعیت در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی می‌گردد. بنابراین، در این مطالعه از دو ملاک سنجش مناسب برای غربال‌سازی پارامترها استفاده شد. مقدار قطعی نظر خبرگان در مورد هر پارامتر انتخابی بایستی بالای ۰/۷ و درصد اجماع خبرگان باید بالای ۷۰ درصد باشد. این بدان معناست که پارامتری در لیست نهایی حضور پیدا خواهد کرد که از دید خبرگان "با اهمیت" (مقدار قطعی با اهمیت ۰/۷۵ است) و "خیلی با اهمیت" باشد و همچنین بیش از شانزده نفر از خبرگان بر روی این دو گزاره کلامی برای آن پارامتر تاکید نموده باشند. در نهایت، بر مبنای فرآیند اجرا شده، نه پارامتر کلسیم، منیزیم، سدیم، نیترات، کلر، سولفات، پی‌اچ، سختی کل و کل جامدات محلول به عنوان پارامترهای تاثیرگذار در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت نیشابور برای مصارف آشامیدنی انتخاب شدند. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به عنوان ورودی مناسب برای مطالعات ارزیابی کیفی آب زیرزمینی دشت نیشابور برای مصارف آشامیدنی استفاده گردد. انجام این‌گونه تحلیل‌ها برای انتخاب پارامترهای تاثیرگذار در مطالعات کیفی سایر دشت‌ها نیز توصیه می‌گردد.

## ۸- قدردانی

بدین وسیله، نویسندگان از تمام خبرگانی که در این مطالعه همکاری و صادقانه نظرات خود را اعلام نمودند، صمیمانه قدردانی می‌نمایند. بی‌شک نظر علمی به همراه تجربه و تخصص این عزیزان، ما را در رسیدن به نتایج قابل اتکا کمک نموده است.

## مراجع

- [1] Z. Nourbakhsh, N. Mehrdadi, N. Moharamnejad, A. H. Hassani, and H. Yousefi, "Evaluating the suitability of different parameters for qualitative analysis of groundwater based on analytical hierarchy process," *Desalination and Water Treatment*, vol. 57, pp. 13175-13182, 2016.
- [2] H. Jones and B. C. Twiss, "Forecasting technology for planning decisions," 1978.
- [3] M. Adler and E. Ziglio, *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*: Jessica Kingsley Publishers, 1996.
- [4] G. Skulmoski, F. Hartman, and J. Krahn, "The Delphi method for graduate research," *Journal of Information Technology Education: Research*, vol. 6, pp. 1-21, 2007.
- [5] B. Backman, D. Bodiš, P. Lahermo, S. Rapant, and T. Tarvainen, "Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia," *Environmental Geology*, vol. 36, pp. 55-64, 1998.
- [6] A. J. Melloul and M. Collin, "A proposed index for aquifer water-quality assessment: the case of Israel's Sharon region," *Journal of Environmental Management*, vol. 54, pp. 131-142, 1998/10/01/ 1998.

- [7] T. Y. Stigter, L. Ribeiro, and A. M. M. Carvalho Dill, "Application of a groundwater quality index as an assessment and communication tool in agro-environmental policies – Two Portuguese case studies," *Journal of Hydrology*, vol. 327, pp. 578-591, 2006/08/20/ 2006.
- [8] I. S. Babiker, M. A. A. Mohamed, and T. Hiyama, "Assessing groundwater quality using GIS," *Water Resources Management*, vol. 21, pp. 699-715, 2007.
- [9] K. Ramesh and L. Elango, "Groundwater quality and its suitability for domestic and agricultural use in Tondiar river basin, Tamil Nadu, India," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 184, pp. 3887-3899, 2012.
- [10] P. Hosseinzadeh Talaei, "Analysis of groundwater quality in the northwest of Iran," *Desalination and Water Treatment*, vol. 56, pp. 2323-2334, 2015.
- [11] M. Abtahi, N. Golchinpour, K. Yaghmaeian, M. Rafiee, M. Jahangiri-rad, A. Keyani, et al., "A modified drinking water quality index (DWQI) for assessing drinking source water quality in rural communities of Khuzestan Province, Iran," *Ecological Indicators*, vol. 53, pp. 283-291, 2015.
- [12] M. R. Mohebbi, R. Saeedi, A. Montazeri, K. A. Vaghefi, S. Labbafi, S. Oktaie, et al., "Assessment of water quality in groundwater resources of Iran using a modified drinking water quality index (DWQI)," *Ecological indicators*, vol. 30, pp. 28-34, 2013.
- [13] S. Sadat-Noori, K. Ebrahimi, and A. Liaghat, "Groundwater quality assessment using the Water Quality Index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran," *Environmental Earth Sciences*, vol. 71, pp. 3827-3843, 2014.
- [14] S. A. Pratap and S. Parnika, "A Comparative Study on Water Quality Assessment of A River Using AHP and Promethee Techniques," *Hydraulics, Water Resources, Coastal and Environmental Engineering (HYDRO 2014)*, 2014.
- [15] M. Saeedi, O. Abessi, F. Sharifi, and H. Meraji, "Development of groundwater quality index," *Environmental monitoring and assessment*, vol. 163, pp. 327-335, 2010.
- [۱۶] ابطحی، س. م.، دانش، ش.، داوری، ک.، قاسمی، س.ع. بررسی روند تغییرات زمانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت نیشابور و دلایل احتمالی آن، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، سال ۱۳۹۴، شماره ۴: ۱۷۱-۱۸۶.
- [۱۷] ولایتی، س.، مهمترین عوامل موثر بر تغییرات کیفی آبخان دشت نیشابور، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۱۳۷۹، شماره ۳-۴: ۱۱۹-۱۳۴.
- [18] A. Ishikawa, M. Amagasa, T. Shiga, G. Tomizawa, R. Tatsuta, and H. Mieno, "The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration," *Fuzzy sets and systems*, vol. 55, pp. 241-253, 1993.
- [19] Y.-L. Hsu, C.-H. Lee, and V. B. Kreng, "The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 419-425, 2010.
- [20] Y.-F. Kuo and P.-C. Chen, "Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method," *Expert Systems with Applications*, vol. 35, pp. 1930-1939, 2008.
- [21] C.-H. Cheng and Y. Lin, "Evaluating the best main battle tank using fuzzy decision theory with linguistic criteria evaluation," *European journal of operational research*, vol. 142, pp. 174-186, 2002.
- [22] A. Habibi, F. F. Jahantigh, and A. Sarafrazi, "Fuzzy Delphi Technique for Forecasting and Screening Items," *Asian Journal of Research in Business Economics and Management*, vol. 5, pp. 130-143, 2015.
- [23] S. K. Manakandan, I. Rosnah, R. J. Mohd, and R. Priya, "Pesticide applicators questionnaire content validation: A fuzzy delphi method," *Med J Malaysia*, vol. 72, p. 229, 2017.
- [24] S. J. Young and L. M. Jamieson, "Delivery methodology of the Delphi: A comparison of two approaches," *Journal of Park & Recreation Administration*, vol. 19, 2001.
- [25] C.-T. Chen, "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 114, pp. 1-9, 2000/08/16/ 2000.
- [26] H.-C. Chu and G.-J. Hwang, "A Delphi-based approach to developing expert systems with the cooperation of multiple experts," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, pp. 2826-2840, 2008/05/01/ 2008.