

سیمای منطق فازی و کاربرد آن در مدیریت منابع آب و خاک

سیده مطهره حسینی^۱، ابوالفضل مساعدی^۲، کمال‌الدین ناصری^۳

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
Motahare.hosseini89@gmail.com
Mosaedi@um.ac.ir
KLNaseri@yahoo.com

۲ دانشیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳ استادیار، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

چکیده:

بسیاری از پدیده‌ها و متغیرها در شاخه‌های مختلف علوم منابع طبیعی و محیط زیست از جمله منابع آب و خاک به صورت کمی قابل اندازه‌گیری نبوده و یا اندازه‌گیری کمی آن‌ها مشکل، وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد، از این رو، بسیاری از متغیرها به صورت کیفی توصیف می‌شوند. از طرف دیگر، در بسیاری از مفاهیم و پدیده‌های طبیعی ابهام وجود دارد و بهتر است این ابهامات به عنوان بخش جدانشدنی این علوم در نظر گرفته شوند. بسیاری از روش‌های معمول در مدیریت منابع آب و خاک قادر به پشتیبانی درست حجم زیاد اطلاعات کیفی و کمی نمی‌باشند، از سوی دیگر بسیاری از این اطلاعات همراه با ابهام و عدم قطعیت هستند. منطق فازی به خوبی به این ابهامات، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای تصمیم‌گیری و استدلال در مورد آن‌ها فراهم می‌سازد. به طور کلی طبیعت و محیط زیست، با پیچیدگی، پویایی و عدم قطعیت همراه است. منطق فازی به دلیل دارا بودن مفاهیم ساده و انعطاف‌پذیر، کار با داده‌های مبهم و مدل‌های پیچیده، می‌تواند کارساز واقع شود. بر خلاف کاربرد وسیع منطق فازی در علوم مهندسی، این تکنیک در موضوعات تحقیقاتی منابع آب و خاک و سایر موضوعات مرتبط، هنوز جایگاه خود را پیدا ننموده و فراگیر نشده است. بنابراین لازم است آشنایی بیشتر و متنوع‌تری در ارتباط با به‌کارگیری این تکنیک در شاخه‌های مختلف این علوم صورت پذیرد. در این مقاله سعی شده است تا سیمایی از منطق فازی به زبانی ساده ارائه شده و به برخی از تحقیقات و پژوهش‌هایی که با استفاده از منطق فازی در علوم مختلف منابع طبیعی و محیط زیست انجام شده است، اشاره شود.

واژه‌های کلیدی: پدیده‌های کیفی، مدل‌سازی، منابع آب و خاک، منابع طبیعی و محیط زیست، منطق فازی.

مقدمه:

به طور کلی توانایی اندازه‌گیری هر متغیری محدود بوده و به عبارت دیگر اندازه‌گیری هر متغیری همواره با خطاهایی همراه می‌باشد. علوم مختلف مرتبط با منابع آب و خاک همچون آبخیزداری، مرتعداری، جنگل‌داری و... دارای پدیده‌ها و موضوعاتی هستند که به صورت کمی قابل اندازه‌گیری نبوده و یا اندازه‌گیری کمی آن‌ها مشکل، وقت‌گیر و هزینه‌بر می‌باشد، از این رو، به صورت کیفی توصیف می‌شوند. در این ارتباط از متغیرهای زبانی و قیود آن بسیار استفاده می‌شود، که به گونه‌ای مبهم و نادقیق هستند. فعالیت‌های بشر در طی دهه‌های گذشته باعث تغییرات بسیار زیادی در طبیعت شده است. از طرفی هر تغییری در یک متغیر هیدرولوژیکی، آب و هوایی و یا ... خود می‌تواند باعث تغییر در سایر متغیرها شود. این تغییرات اثرات محیط زیستی منفی فراوانی به دنبال داشته است. یکی از معیارهای توسعه‌پایدار و مدیریت جامع منابع آب و خاک، ارزیابی این اثرات محیط زیستی (EIA) است. مشکل اصلی که در روش‌های معمول EIA وجود دارد این است که قادر به پشتیبانی درست حجم زیاد اطلاعات کیفی و کمی محیط زیستی نبوده، بنابراین، برای حل این مشکل، اطلاعات کیفی را که در اصل نشان‌دهنده یک وضعیت است به مقیاس عددی تبدیل می‌کند. از سوی دیگر، ارزیابی اثرات محیط زیست، با مسائلی از قبیل ابهام در اطلاعات، نبود داده‌های کافی، برون‌یابی آماری و دانش محدود از طبیعت مواجه است، واضح است که بسیاری از تصمیمات و اقدامات در شرایط عدم اطمینان است و حالت‌های واضح غیر مبهم، بسیار نادر و کمیاب می‌باشند. اساساً در طبیعت امکان اندازه‌گیری با

هر درجه خاص ممکن نمی‌باشد، به ویژه هنگامی که اثرات متقابل بین فعالیت‌های مختلف بشر و فاکتورهای زیستی، پیش‌بینی می‌شوند (صالحی و مرادی، ۱۳۹۰).

منطق فازی (Fuzzy Logic)، یک جهان‌بینی جدید است که به رغم ریشه‌داشتن در فرهنگ مشرق زمین با نیازهای دنیای پیچیده امروز بسیار سازگارتر از منطق ارسطویی است. منطق فازی جهان را آن طور که هست به تصویر می‌کشد (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). اساس منطق فازی بر زبان طبیعت بنا گذارده شده‌است (شعبانی‌نیا و سعیدنیا، ۱۳۸۸). در بسیاری از شاخه‌ها و موضوعات مرتبط با منابع آب و خاک از نظرات کارشناسی استفاده می‌شود و ممکن است به دلیل همین توصیفات کیفی، این نظرات با یکدیگر متفاوت باشند. به عبارت دیگر در بسیاری از مفاهیم و پدیده‌های طبیعی ابهام وجود دارد. به عنوان مثال فرسایش زیاد، آبدهی کم، حاصلخیزی ناچیز، میزان پوشش گیاهی کم، مراتع شدیداً تخریب یافته، وضعیت متوسط مرتع، و... جملات مبهمی هستند که در بسیاری از روش‌های توصیفی با آن‌ها مواجه می‌شویم، بنابراین بهتر است این ابهامات به عنوان بخش جدانشدنی این علوم در نظر گرفته شوند. همان‌طور که بیان شد رویکرد فازی ابزار بسیار مناسبی جهت برخورد کردن و کنار آمدن با این ابهامات و عدم قطعیت است. منطق فازی به خوبی به این ابهامات، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای تصمیم‌گیری و استدلال در مورد آن‌ها فراهم می‌سازد. بنابراین تکنیک فازی به خوبی می‌تواند با استفاده از متغیرهای زبانی و عادی روزمره که در توصیف پدیده‌های طبیعی به کار می‌روند، به مدل‌سازی این پدیده‌ها پرداخته و نتایج را به طرف قضاوتی درست‌تر و واقعی‌تر سوق دهد.

در علوم مرتبط با مدیریت جامع منابع آب و خاک و همچنین منابع طبیعی و مسائل زیست محیطی، مدل‌سازی پدیده‌هایی همچون پیش‌بینی میزان دبی یک رودخانه، وضعیت فرسایش یک منطقه، تعیین گرایش و وضعیت یک مرتع، مدل‌سازی حفاظتی مناطق حفاظت‌شده، و... از اهمیت بالایی برخوردار است. زیرا مدل‌سازی، امکان پیش‌بینی را میسر می‌سازد و با پیش‌بینی یک پدیده، امکان مدیریت بهتر آن فراهم می‌گردد. در بسیاری از این مدل‌سازی‌ها نیاز به توصیف عوامل مختلف انسانی و طبیعی بوده و از همه مهمتر، این عوامل از نظر میزان تاثیرگذاری بر پدیده مورد بررسی وزن‌دهی می‌شوند که الگوی فازی به دلیل در نظر گرفتن محدوده‌ای از احتمالات به جای اختصاص به یک عدد قطعی برای وزن‌دهی به عوامل، می‌تواند تجزیه و تحلیل دقیق‌تری را از نقش عوامل طبیعی و انسانی ارائه نماید. یکی از چالش‌های بزرگ در فرآیند برنامه‌ریزی و مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی مانند مرتع، جنگل و ... عدم درک پیچیدگی‌ها و پویایی این اکوسیستم‌ها در مقابل روند افزایش استفاده از آن‌ها می‌باشد، این گونه محدودیت‌ها دقیقاً ایده اساسی تئوری فازی است.

مفاهیم منطق فازی و روش آن، اولین بار در کنترل سرعت یک موتور بخار به کار گرفته شد. از آن زمان تا به امروز تقریباً در تمام عرصه‌های صنعت و دانش استفاده می‌گردد و در بخش‌های صنعت، اقتصاد، روانشناسی، پیش‌بینی آب‌وهوا، زیست‌شناسی، کشاورزی، منابع آب، منابع طبیعی و... کارایی خود را نشان داده‌است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، استفاده از تکنیک‌های فازی در زمینه منابع طبیعی و محیط زیست، نسبت به سایر علوم به ویژه ریاضیات و صنعت اندک صورت گرفته است و با توجه به قابلیت منطق فازی و ماهیت بسیاری از پدیده‌های طبیعی، تحقیقات کاربردی و بیشتر در زمینه‌ی به کارگیری منطق فازی و تکنیک‌های آن در شاخه‌های مختلف منابع آب و خاک و به طور کلی محیط زیست و منابع طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. در این مقاله سعی شده‌است تا سیمایی از منطق فازی به زبانی ساده ارائه گردد و مختصری به جنبه‌های نظری این منطق، ویژگی‌ها و برخی کاربردهای آن به ویژه در علوم مرتبط با منابع آب و خاک اشاره شود.

فازی و منطق فازی

واژه فازی در فرهنگ لغت آکسفورد به معنای مبهم و نادقیق، آمده‌است. در واقع واژه فازی به مفاهیم بدون مرز دقیق اشاره دارد (آذر و فرجی، ۱۳۸۶). منطق فازی نوعی از منطق بینهایت مقدار و در حقیقت یک ابتکار برای بیان رفتار مطلوب سیستم‌ها با استفاده از زبان روزمره است. در واقع منطق فازی یک منطق پیوسته می‌باشد که از استدلال تقریبی بشر الگوبرداری نموده‌است. منطق فازی معتقد است که ابهام در ماهیت علم است. بر خلاف دیگران که معتقدند باید تقریب‌ها را دقیق‌تر کرد تا بهره‌وری افزایش یابد، زاده (۱۹۶۵) معتقد است که باید به دنبال ساختن مدل‌هایی بود که ابهام را به عنوان

بخشی از سیستم مدل کند. نظریه فازی قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها و سیستم‌هایی که نادقیق و مبهم هستند (چنانچه در عالم واقعیت اکثراً چنین هست) صورت‌بندی ریاضی ببخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). در سیستم‌های فازی عدم قطعیت پدیده‌ها دو نوع هستند، نوع اول عدم قطعیت، ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری در شناخت پیچیدگی‌های یک پدیده است. نوع دوم عدم قطعیت مربوط به عدم صراحت و عدم شفافیت مربوط به پدیده یا ویژگی خاصی می‌باشد (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۷). منطق فازی روش دقیق فکرکردن در امور مبهم، تیره و تار و خاکستری است و اساس آن بر زبان طبیعت بنا گذارده شده‌است. (شعبانی‌نیا و سعیدنیا، ۱۳۸۸).

تاریخچه منطق فازی

دو حادثه در اوایل قرن بیستم منجر به شکل‌گیری منطق فازی یا منطق مبهم شد. اولین حادثه پارادوکس‌های مطرح‌شده توسط برتراند راسل در ارتباط با منطق ارسطویی بود. دومین حادثه، کشف اصل عدم قطعیت توسط هایزنبرگ در فیزیک کوانتوم بود. اصل عدم قطعیت کوانتومی هایزنبرگ به باور کورکورانه انسان به قطعیت در علوم و حقایق علمی خاتمه داد و یا دست کم آن را دچار تزلزل ساخت. بر اساس اصول و مبانی منطق ارسطو همه چیز تنها مشمول یک قاعده ثابت می‌شود که به موجب آن، یا آن چیز درست است یا نادرست (طاهری، ۱۳۸۴). در این میان منطقیون برای گریز از خشکی و جزمیت منطق دو ارزشی، منطق‌های چند ارزشی را به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی پایه‌گذاری کردند. در سال ۱۹۳۰ ریاضیدانی با نام لوکاسیه‌ویچ، منطق سه ارزشی را معرفی نمود. سپس منطق‌دانان دیگری نظیر بوخوار، کلین و هی‌تینگ نیز منطق‌های سه ارزشی دیگری ارائه نمودند. در منطق سه ارزشی، گزاره‌ها بر حسب سه ارزش (۰، ۵/۰، ۱) مقداردهی می‌شوند. لوکاسیه‌ویچ در نهایت اعلام کرد مانعی برای منطق بی‌نهایت ارزشی وجود ندارد.

ماکس بلک، فیلسوف کوانتوم، در سال ۱۹۳۷ مقاله‌ای در ارتباط با آنالیز منطق به نام ابهام منتشر نمود، ولی جهان علم و فلسفه مقاله وی را نادیده گرفت. پس از ایشان، لطفی‌زاده (مشهور به زاده) با یک تغییر جدید (تغییر واژه ابهام به فازی) راه تازه‌ای را برای قبولاندن این ایده باز نمود. پروفیسور لطفی‌زاده در سال ۱۹۶۵ نظریه فازی را در مقاله‌ای به نام مجموعه‌های فازی معرفی کرد. در این مقاله، لطفی‌زاده چیزی را که برتراند راسل، جان لوکاسیه‌ویچ، ماکس بلک و دیگران ابهام یا چند ارزشی نامیده‌بودند، فازی نامید. وی پس از معرفی مجموعه فازی در سال ۱۹۶۵، مفاهیم الگوریتم فازی را در سال ۱۹۶۸، تصمیم‌گیری فازی را در سال ۱۹۷۰ و ترتیب فازی را در سال ۱۹۷۱ ارائه نمود (جعفری خالیدی و میروکیلی، ۱۳۸۶).

منطق فازی در مقایسه با تئوری احتمالات و منطق کلاسیک

یکی از مباحث مهم در منطق فازی، تمیزدادن آن از نظریه احتمالات در علم ریاضیات است. غالباً نظریه فازی با نظریه احتمالات اشتباه می‌شود. درحالی که این دو مفهوم کاملاً با یکدیگر متفاوتند. منطق فازی با حقایق نادقیق سروکار دارد و به حدود و درجات یک واقعیت اشاره دارد، حال آن که نظریه احتمالات بر شالوده مجموعه حالات تصادفی یک پدیده استوار است و درباره شانس وقوع یک حالت خاص صحبت می‌کند، حالتی که وقتی اتفاق بیفتد، دقیق فرض می‌شود (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷). می‌توان با ذکر یک مثال منطق فازی را با دیدگاه کلاسیک مورد مقایسه قرار داد. اگر میانگین درازمدت بارندگی سالانه در یک منطقه ۵۰۰ میلی‌متر باشد. با توجه به این مقدار، می‌توان سه حالت خشکسالی (Drought)، نرمال (Normal) و ترسالی (Wet) را برای یک منطقه بر اساس دو رویکرد کلاسیک و فازی به‌گونه‌ای تعریف نمود که با معلوم بودن مقدار بارندگی در سال R_i بتوان وضعیت سال مزبور را از لحاظ قرارگرفتن در یکی از سه حالت بیان شده تشخیص داد. حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی را با استفاده از رویکرد کلاسیک همان‌گونه که در شکل ۱ نشان داده‌شده‌است، می‌توان به صورت زیر تعریف نمود.

Wet State

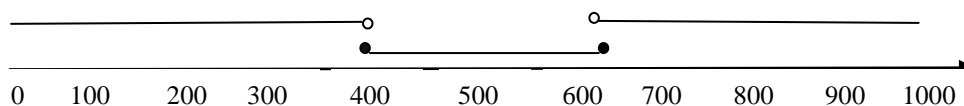
$$\text{if } R_i > 120\% * 500 = 600 \quad (1)$$

Normal State

$$\text{if } 400 \leq R_i \leq 600$$

Dry State

$$\text{if } R_i < 80\% * 500 = 400$$



شکل ۱- تعریف حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی در رویکرد کلاسیک در منطقه‌ای با میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر

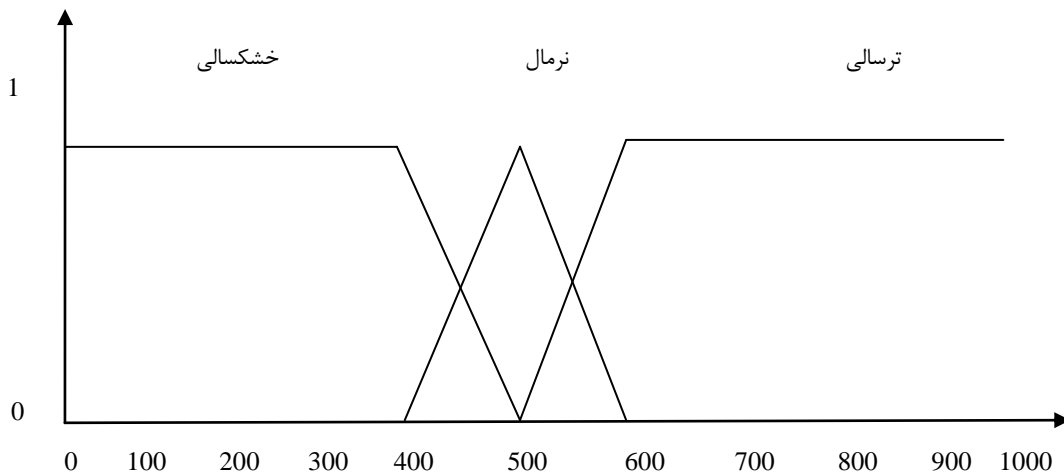
با توجه به شکل ۱ اگر به عنوان مثال $R_i=399.9$ میلی‌متر باشد، وضعیت خشکسالی و در صورتی که $R_i=400.1$ میلی‌متر باشد وضعیت نرمال اتفاق افتاده است، در حالی که مشاهده می‌شود اختلاف این دو عدد بسیار ناچیز و تنها برابر 0.2 میلی‌متر می‌باشد. به همین ترتیب این مساله در مورد مرز بین حالت‌های ترسالی و نرمال نیز صادق است. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در این مساله رویکرد کلاسیک به دلیل این که مرز بین حالت‌های مختلف را به صورت صریح و قطعی بیان می‌کند، رویکرد مناسبی نمی‌تواند باشد.

با توجه به مطالب بیان شده، برای در نظر گرفتن عدم قطعیت ناشی از عدم صراحت در تعریف حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی بهتر است که از توابع عضویت فازی استفاده شود و مرزهای بین حالت‌های مزبور به طوری که در شکل ۲ نشان داده شده است، به صورت غیر صریح در نظر گرفته شود. با توجه به شکل ۲ و معادلات مربوط به توابع عضویت، حالت‌های خشکسالی $\mu_{\bar{D}}(R_i)$ ، نرمال $\mu_{\bar{N}}(R_i)$ و ترسالی $\mu_{\bar{W}}(R_i)$ را می‌توان به صورت زیر بیان نمود. به عنوان مثال اگر $R_i=430$ باشد درجه عضویت به حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی به ترتیب برابر 0.7 ، 0.3 ، و 0 خواهد بود. به طوری که مشاهده می‌شود اگر $R_i=430$ باشد، امکان رخداد حالت‌های خشکسالی و نرمال با درجه عضویت‌های متفاوت وجود دارد، به بیان دیگر اگر $R_i=430$ باشد، 70% شواهد و نشانه‌ها سازگار با وقوع رخداد خشکسالی، 30% سازگار با وقوع وضعیت نرمال و صفر درصد سازگار با وقوع رخداد ترسالی می‌باشد (کوره‌پزان دزفولی، ۱۳۸۷).

$$\mu_{\bar{D}}(R_i) \begin{cases} 1 & \text{if } R_i \leq 400 \\ \frac{500 - R_i}{100} & \text{if } 400 \leq R_i \leq 500 \\ 0 & \text{if } R_i \geq 500 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\bar{N}}(R_i) \begin{cases} \frac{R_i - 400}{100} & \text{if } 400 \leq R_i \leq 500 \\ \frac{600 - R_i}{100} & \text{if } 500 \leq R_i \leq 600 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\bar{W}}(R_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } R_i \geq 600 \\ \frac{R_i - 500}{100} & \text{if } 500 \leq R_i \leq 600 \\ 0 & \text{if } R_i \leq 500 \end{cases} \quad (۴)$$



شکل ۲- تعریف حالت‌های خشکسالی، نرمال و ترسالی در رویکرد فازی در منطقه‌ای با میانگین بارندگی سالانه ۵۰۰ میلی‌متر

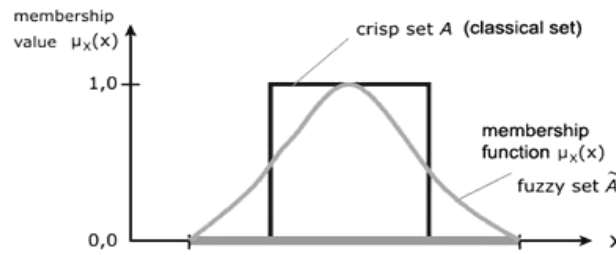
روش‌شناسی فازی

مجموعه‌های فازی

بنیاد منطق فازی بر شالوده نظریه فازی استوار است. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها در علم ریاضیات است. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها، یک عنصر، یا عضو مجموعه هست و یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند. اما تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی و نه کاملاً عضو یک مجموعه باشد. در این تئوری، عضویت اعضای مجموعه از طریق تابع $U(x)$ مشخص می‌شود که x نمایانگر یک عضو مشخص و U تابعی فازی است که درجه عضویت x در مجموعه مربوطه را تعیین می‌کند و مقدار آن بین صفر و یک است. همچنین $\mu_{\bar{U}}(x)$ بیانگر درجه عضویت (Degree of membership) به مجموعه فازی \bar{U} می‌باشد.

$$\bar{U} = \{(x, \mu_{\bar{U}}(x)) | x \in X\} \quad (۵)$$

شکل ۳ می‌تواند نموداری از قانون عضویت در یک مجموعه فازی فرضی را نشان کند (نخعی و مهداد، ۱۳۸۷).



شکل ۳- تابع عضویت مجموعه فازی \tilde{A}

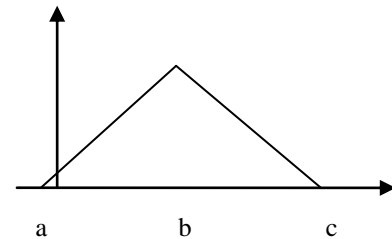
متغیر زبانی و پایگاه قواعد «اگر-آنگاه» فازی

متغیر زبانی، متغیری است که مقادیرش کلمات یا جملات یک زبان طبیعی و یا مصنوعی باشد. مثلاً با در نظر گرفتن سن یک فرد، اگر مقادیری که سن اختیار می‌کند با کلماتی مثل: نوزاد، نونهال، نوجوان، جوان، میان‌سال، مسن، و پیر نشان داده شود، متغیر سن، یک متغیر زبانی است. یکی از ویژگی‌های منطق فازی، استفاده از ساختار قانون پایه منطق فازی است که در طی آن مسائل کنترلی به یک سری قوانین IF x And y THEN z تبدیل می‌شوند که پاسخگوی خروجی مطلوب سیستم برای شرایط ورودی داده شده به سیستم می‌باشد. قسمت IF x And y را مقدم یا فرض گویند در حالی که قسمت دوم قانون، برآیند یا نتیجه نامیده می‌شود. در این قوانین ساده و آشکار، برای توصیف پاسخدهی مطلوب سیستم از متغیرهای زبان شناختی به جای فرمول‌های ریاضی استفاده می‌شود. نکته جالب اینجاست که اگرچه سیستم‌های فازی پدیده‌های غیرقطعی و نامشخص را توصیف می‌کنند با این حال تئوری فازی یک تئوری دقیق می‌باشد (قاسم‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۷).

توابع عضویت

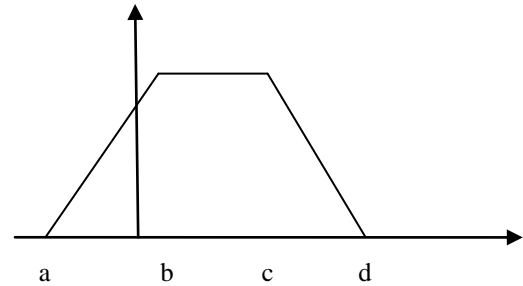
یک تابع عضویت یک منحنی است که نشان می‌دهد هر نقطه از فضای ورودی چگونه به یک مقدار عضویت (درجه عضویت) بین صفر و یک نگاشته می‌شود. از فضای ورودی غالباً به جهان مباحثه یاد می‌شود. تنها شرطی را که یک تابع عضویت باید ارضا کند این است که مقدار آن بین صفر و یک باشد. شکل یا معادله تابع می‌تواند هر نوع تابع دلخواه باشد. شکل این تابع می‌تواند از نقطه نظر سادگی، راحت بودن و بازده تغییر کند تا رضایت کاربر جلب شود. ساده‌ترین توابع عضویت از خط‌های راست تشکیل می‌شوند. برخی از رایج‌ترین انواع آن، توابع عضویت مثلثی (Trimf) و دوزنقه‌ای (Trapmf) می‌باشند. توابع گوسی (Gaussmf)، زنگوله‌ای (Gbellmf)، منحنی حلقوی، و ... از انواع دیگر توابع عضویت محسوب می‌شوند (شعبانی‌نیا و سعیدنیا، ۱۳۸۸). شکل‌های ۴ و ۵ دو نوع تابع عضویت مثلثی و دوزنقه‌ای را نشان می‌دهند.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & : x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & : a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & : b \leq x \leq c \\ 0 & : c \leq x \end{cases} \quad (6)$$



شکل ۴- نمونه ای از یک تابع عضویت مثلثی

$$f(x, a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & : x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & : a \leq x \leq b \\ 1 & : b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & : c \leq x \leq d \end{cases} \quad (7)$$



شکل ۵- نمونه ای از یک تابع عضویت دوزنقه‌ای

عملگرهای فازی

منطق فازی از عملگرهای متنوعی برخوردار است، از آنجا که تابع عضویت، عامل اصلی تعیین یک مجموعه فازی می‌باشد، انتظار می‌رود که در تعریف عملگرهای مجموعه‌های فازی از توابع عضویت آن‌ها استفاده گردد. در منطق کلاسیک، تعدادی عملگر از جمله عملگرهای AND (اشتراک) و OR (اجتماع) و NOT (متمم) استفاده می‌شود. در منطق فازی معادل همین عملگرها وجود دارد که به آن‌ها عملگرهای «زاده» می‌گویند. این عملگرها به صورت زیر تعریف می‌شوند.

$$\text{عملگر اشتراک فازی: } \tilde{A} \cap \tilde{B} = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(X), \mu_{\tilde{B}}(X) \} \quad (8)$$

$$\text{عملگر اجتماع فازی: } \tilde{A} \cup \tilde{B} = \max \{ \mu_{\tilde{A}}(X), \mu_{\tilde{B}}(X) \} \quad (9)$$

$$\text{عملگر متمم فازی: } \mu_{\tilde{A}}(X) = 1 - \mu_A(X) \quad (10)$$

به عنوان مثال در رابطه ۸ اشتراک دو مجموعه فازی \tilde{A} و \tilde{B} مجموعه‌ای فازی است که درجه عضویت متغیر X در آن، کمترین درجه عضویت این متغیر در مجموعه‌های فازی \tilde{A} و \tilde{B} می‌باشد. عملگرهای دیگری نظیر ضرب جبری و تفاضل کراندار نیز در گروه عملگرهای اشتراک قرار می‌گیرند. عملگرهای جمع جبری و جمع کران‌دار نیز در گروه عملگرهای اجتماع قرار می‌گیرند (شعبانی‌نیا و سعیدنیا، ۱۳۸۸).

انواع سیستم فازی

سیستم‌های فازی خالص

موتور استنتاج فازی، این قواعد را به یک نگاشت از مجموعه‌های فازی در فضای ورودی، به مجموعه‌های فازی در فضای خروجی بر اساس اصول منطق فازی ترکیب می‌کند. مشکل اصلی در رابطه با سیستم‌های فازی خالص، این است که ورودی‌ها و خروجی‌های آن، مجموعه‌های فازی می‌باشند. در حالی که تصمیم‌گیری در مورد اعداد حقیقی است و نمی‌توان مستقیماً از آن استفاده کرد.

سیستم‌های فازی تاکاگی-سوگنو و کانگ (TSK)

بدین ترتیب قاعده فازی از یک عبارت توصیفی با مقادیر زبانی (ورودی فازی)، به یک رابطه ساده ریاضی تبدیل شده‌است. مشکلات عمده سیستم فازی TSK این است که بخش آنگاه قاعده، یک فرمول ریاضی بوده و بنابراین چهارچوبی را برای نمایش دانش بشری فراهم نمی‌کند.

سیستم‌های فازی با فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز

این سیستم، معایب سیستم فازی خالص و سیستم فازی TSK را می‌پوشاند. در این مبحث از این پس، سیستم فازی با فازی‌ساز و غیرفازی‌ساز منظور خواهد بود (جعفری خالدي و میروکیلی، ۱۳۸۶).

ساختار اصلی یک سیستم فازی با فازی ساز و غیر فازی ساز

بطور کلی یک مدل فازی در سه مرحله فازی سازی، سیستم استنتاج فازی و غیر فازی سازی کار خود را انجام می دهد. با توجه به اینکه در اغلب کاربردها، ورودی و خروجی سیستم فازی اعداد حقیقی هستند، باید واسطه هایی بین موتور استنتاج فازی و محیط به وجود آید. این واسطه ها همان فازی سازها و غیر فازی سازها هستند. عمل فازی سازی با استفاده از توابع عضویت انجام می گیرد. تابع عضویت مقدار فازی بودن یک کمیت را مشخص می کند و در واقع میزان درجه عضویت المان های مختلف را به یک مجموعه نشان می دهد، که این میزان تعلق به مجموعه با عددی بین صفر تا یک مشخص می گردد. غیر فازی سازی در واقع عکس عمل فازی سازی است و نتایج حاصل از استنباط فازی را که به صورت فازی یعنی اعدادی بین صفر و یک است به اعداد حقیقی تبدیل می کند. سیستم استنتاج فازی بر اساس قواعد اگر - آنگاه بنا نهاده شده است به طوری که با استفاده از قواعد مزبور می توان ارتباط بین تعدادی متغیر ورودی و یا خروجی را به دست آورد. بنابراین از منطق فازی می توان به عنوان یک مدل پیش بینی برای شرایطی که داده های ورودی و خروجی دارای عدم قطعیت بالایی باشند، استفاده نمود.

روش های غیر فازی ساز (د فازی کردن)

علیرغم این که بسیاری از مسایل موجود در زندگی روزمره، فازی می باشند، اما اغلب تصمیماتی که به وسیله انسان ها یا ماشین ها (مثلا کامپیوترها) گرفته می شود به صورت صفر و یک می باشد و از آن جایی که ماشین، قدرت درک زبان انسان را ندارد، باید نتایج حاصله از تحلیل های فازی را به اعداد کلاسیک (معمولی) تبدیل نمائیم. همچنین در بسیاری از کاربردهای منطق فازی در مسایل مهندسی نظیر خوشه بندی، سیستم های استنتاج و ... لازم است که نتایج فازی به شکل کلاسیک بیان گردند. به بیان دیگر، ورودی هر فرآیند د فازی، یک مجموعه فازی است (حاصل اجتماع مجموعه های فازی خروجی) که در این فرآیند به یک عدد خروجی تبدیل می شود. برای این منظور روش های مختلفی وجود دارد، که می توان به روش های اولین (یا آخرین) ماکزیمم، مرکز سطح، میانگین وزنی، روش میانه ماکزیمم، مرکز مجموع ها و ... اشاره کرد. در روش اولین ماکزیمم (یا آخرین)، اولین (یا آخرین) مقداری که درجه عضویت آن برابر یا مساوی بیشترین درجه عضویت موجود در آن تابع عضویت فازی باشد، انتخاب می گردد. رایج ترین و عامه پسندترین روش د فازی سازی محاسبه مرکز ثقل می باشد، که مرکز سطح زیر منحنی را می دهد. (کوره پزان دزفولی، ۱۳۸۷).

برخی از تحقیقات کاربردی منطق فازی در علوم مرتبط با منابع آب و خاک

همان گونه که بیان شد، منطق فازی به دلیل در نظر گرفتن محدوده ای از امکان ها به جای اعداد، علاوه بر مزایای روش های آماری به دلیل قابلیت در فرموله نمودن دانش بشری در قالب ریاضی، ابزاری سودمند در مدل سازی پدیده های طبیعی به شمار می آید.

در سال های اخیر استفاده از تئوری مجموعه های فازی جهت مدل سازی پدیده های هیدرولوژیکی که دارای عدم قطعیت بالایی هستند، مورد توجه محققین قرار گرفته است. در این راستا نبی زاده و همکاران (۱۳۹۱b) مدل فازی را جهت پیش بینی جریان روزانه رودخانه استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن ها نشان داد که مدل فازی با دقت بالا و خطای کم به خوبی می تواند به عنوان روشی کارآمد و دقیق در پیش بینی جریان رودخانه به کار گرفته شود. همچنین دقت مدل فازی در پیش بینی دبی بیشتر از مدل رگرسیون خطی بوده و این مدل مقادیر دبی پیک را با دقت بسیار بیشتری نسبت به مدل رگرسیون خطی برآورد کرده است. از مدل های مبتنی بر منطق فازی شامل سیستم استنتاج فازی (FIS) و سیستم استنتاج تطبیقی عصبی - فازی (ANFIS) به منظور پیش بینی جریان روزانه رودخانه، نیز استفاده شده است، در یکی از این پژوهش ها، از سه پارامتر بارندگی، دما و دبی روزانه حوضه آبریز ليقوان چای برای پیش بینی جریان روزانه رودخانه ليقوان، استفاده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده، به طور کلی، در بررسی دوره های سالیانه، دما در پیش بینی جریان روزانه این رودخانه تأثیر چندانی نداشته و بارندگی روز جاری مؤثرتر از دبی دو روز قبل در پیش بینی جریان روزانه می باشد (نبی زاده و همکاران، ۱۳۹۱a). نبی زاده و مساعدی (۱۳۹۰) با هدف بررسی تأثیر دمای روزانه بر افزایش دقت پیش بینی آبدهی روزانه با استفاده از روش های مبتنی بر

منطق فازی در مناطق سردسیر، اعلام داشتند دما در ماه‌های آذر و فروردین برای مدل FIS، بر فرآیند پیش‌بینی مؤثر بوده و باعث افزایش دقت پیش‌بینی آبدهی می‌گردد. ایشان علت این موضوع را به تاثیرپذیری نوع بارش از دمای هوا در ماه‌های آذر و فروردین در منطقه مورد مطالعه نسبت دادند و کارایی بالای مدل FIS را مورد تایید قرار داده‌اند.

یکی دیگر از کاربردهای منطق فازی در زمینه مطالعات هیدرولوژی و آب‌شناسی، تعیین عرصه‌های همگن است، زیرا در صورت کمبود آمار و نقص داده‌های هیدرولوژی، اطلاعات هیدرولوژیکی فقط در مناطق همگن قابل انتقال می‌باشند. در مطالعات هیدرولوژیکی از منطق فازی در سایر موضوعات همچون مدل‌سازی خشکسالی، برآورد تبخیر و تعرق و ... نیز استفاده شده‌است. شو و برن (۲۰۰۴). با مقایسه روش‌های مختلف تعیین مناطق همگن هیدرولوژیکی در انگلستان نشان دادند که سیستم فازی از دقت بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است، اما آن‌ها در مطالعات خود تنها از تابع عضویت گوسی استفاده نمودند.

منطق فازی در زمینه مطالعات آبخیزداری نسبت به سایر بخش‌های منابع طبیعی بیشتر به کار برده شده است. از مطالعات موجود در این زمینه می‌توان به تحقیق یمانی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی پهنه‌بندی فرسایش در حوضه آبخیز داورزن به کمک منطق فازی اشاره کرد. نتایج آن‌ها نشان داد که در تعیین پهنه‌های فرسایش‌پذیر، اپراتور فازی گاما با تابع $0/5$ بهترین پهنه‌بندی را برای فرسایش حوضه داورزن ارائه نموده‌است. بر اساس نتایج این محققین، این اپراتور دقت بالایی را نشان داده‌است و مطابق با آن نیمی از حوضه دارای فرسایش خیلی زیاد بوده‌است. قدوسی (۱۳۸۲)، در زمینه کاربرد الگوی منطق فازی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی برای الگوسازی مورفولوژی فرسایش خندقی، تحقیقی را انجام داده‌است. نتایج حاصل از ارزیابی الگوهای مورد استفاده وی نشان می‌دهد که اپراتورهای الگوی منطق فازی بیشترین درصد همپوشانی را با عرصه‌های کنترل دارا هستند. تیفر و همکاران (۲۰۰۳)، منطق فازی را به منظور تخمین بار رسوب از سطح خاک لخت به کار گرفتند و کارایی آن را با مدل شبکه عصبی مصنوعی و مدل‌های فیزیکی مقایسه نمودند و نتیجه گرفتند که استفاده از مدل فازی تحت شرایط بارندگی‌های شدید در شیب‌های متفاوت بهتر است و همچنین در شیب‌های زیاد دامنه، تحت بارندگی‌هایی با شدت‌های متفاوت، مدل فازی کارایی بهتری در توضیح قابلیت فرسایش خاک و میزان رسوب دارد. میتر و همکاران (۱۹۹۸)، برای پیش‌بینی فرسایش خاک در حوضه‌های آبخیز بزرگ از منطق فازی استفاده نمودند. آن‌ها در این تحقیق نشان دادند که در محدوده مورد مطالعه، مدل فازی دو متغیره (با دو متغیر زاویه شیب و ضریب استفاده از زمین به عنوان متغیرهای ورودی) با مدل USLE مشابه هم فرسایش خاک را شبیه‌سازی کرده‌اند.

دادرسی و خسروشاهی (۱۳۸۷) به منظور مهار بیابان‌زایی، در ۶ شهرستان از استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی، اقدام به شناخت مناطق مستعد گسترش سیلاب نمودند. آن‌ها جهت این پهنه‌بندی، از مدل‌های فازی، بولین و شاخص هم-پوشانی استفاده نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که روش استفاده از مدل مکان‌یابی فازی با اپراتور جمع فازی از کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار است. آزادی‌نصرآباد (۱۳۸۴) در پایان‌نامه دکتری خود برای تعیین نرخ واقعی دامگذاری در سه منطقه از استان فارس با استفاده از پارامترهای ورودی نرخ‌دامگذاری در مراتع، تراکم پوشش گیاهی در هر هکتار مرتع و تعداد گله‌دارانی که در مرتع زندگی می‌کنند، از منطق فازی استفاده نمود. نتایج مدل‌سازی وی حاکی از چرای بیش‌از حد دام در این سه منطقه از استان فارس می‌باشد.

استفاده از منطق فازی در مطالعات زیست محیطی در ایران نیز توسط تعداد زیادی از محققان انجام شده‌است، عمده بررسی‌ها، پیرامون مکان‌یابی محل دفن زباله‌های شهری با استفاده از منطق فازی و GIS می‌باشند. اما در زمینه ارزیابی زیست محیطی و زون‌بندی مناطق حفاظت‌شده مطالعات بسیار اندکی حتی در سطح دنیا مطرح است. در این رابطه می‌توان به بررسی کاربرد مدل فازی برای مدیریت احیاء زیست محیطی بزرگراه‌ها توسط فیلیپو و همکاران (۲۰۰۷) اشاره نمود. مطالعه فوق روشی برای رتبه‌بندی زیست محیطی بزرگراه‌ها از طریق اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از منطق فازی است. در این راستا در تحقیقی که قدیمی و همکاران (۱۳۸۹) انجام دادند، منطق فازی را برای مدل‌سازی حفاظتی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلارنگ در شمال استان ایلام به کار گرفتند. ایشان با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) از میان ۱۲ فاکتور مؤثر، فاکتورهای شیب، خاک‌شناسی، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، فرسایش، کاربری اراضی و فاصله از آبراه را به دلیل وزن بیشتر،

به عنوان فاکتورهای موثر بر حفاظت بررسی کردند. پس از تهیه نقشه هر یک از عوامل مذکور، نقشه پهنه‌بندی حفاظتی منطقه را با استفاده از اپراتورهای فازی جمع (Sum)، ضرب (Product)، و مقادیر مختلفی از اپراتور گاما (Gama)، (از ۰/۳ تا ۰/۹۷۵) ترسیم نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که اپراتور فازی گامای ۰/۹۷۵ بیشترین دقت و صحت را در منطقه مورد مطالعه از خود نشان می‌دهد. یکی از مسائلی که توجه بیشتر محققین محیط زیست را به خود جلب کرده‌است، افت سطح آب دریاچه ارومیه است که از لحاظ زیست محیطی این دریاچه را با خطر جدی مواجه ساخته‌است. یکی از راه‌های جلوگیری از این فاجعه، پیش‌بینی جریان ورودی به این دریاچه و اتخاذ تصمیمات مدیریتی صحیح با توجه به نتایج آن می‌باشد. برای این منظور از دو روش سیستم استنتاج فازی (FIS, Fuzzy Inference System) و سیستم استنتاج فازی-عصبی تطبیقی Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) استفاده شده‌است. سپس با مقایسه نتایج این دو مدل با استفاده از معیارهای مختلف آماری مشاهده شد که روش ANFIS نتایج دقیق‌تری را نسبت به روش FIS ارائه داده‌است (نبی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹). امروزه تکنیک فازی به منظور تهیه نقشه در علوم مختلف به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به این که عوامل موثر در حاصلخیزی خاک دارای یک اثر پیوسته بر عملکرد گیاه می‌باشد، بنابراین بررسی آن‌ها با استفاده از منطق صفر و یک منجر به نتایج مبهم و غیرمنطبق با واقعیت می‌شود، در نتیجه استفاده از مدل فازی به عنوان یک تکنیک مفید برای تهیه نقشه حاصلخیزی خاک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا از غدی و همکاران (۱۳۸۹)، از منطق فازی جهت ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای یک گونه گیاهی مشخص استفاده نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به ویژگی‌های منطق فازی، بسیاری از این ویژگی‌ها در پدیده‌های زیستی و طبیعی نیز وجود دارد. به عنوان نمونه بسیاری از پدیده‌های طبیعی دارای ابهام و عدم قطعیت هستند. بهتر است این ابهامات به عنوان بخش جدانشدنی این پدیده‌ها در نظر گرفته شوند. منطق فازی به خوبی به این ابهامات، صورت‌بندی ریاضی بخشیده و زمینه را برای تصمیم‌گیری و استدلال در مورد آن‌ها فراهم می‌سازد.

تمامی اکوسیستم‌های طبیعی، همراه با پیچیدگی، پویایی و عدم قطعیت می‌باشند. بسیاری از پدیده‌های طبیعی بر اساس توصیف برخی عوامل موثر بر آن‌ها و وزن‌دهی به این عوامل، تعیین یا پیش‌بینی می‌شوند، در بسیاری از این توصیفات عدم قطعیت و ابهام موجود است. در بررسی برخی عوامل و پدیده‌های زیستی، امکان اندازه‌گیری برخی پارامترها وجود ندارد و یا اندازه‌گیری آن‌ها، مشکل، پر هزینه و وقت‌گیر است. در این جاست که منطق فازی به دلیل دارا بودن مفاهیم ساده و انعطاف‌پذیر، کار با داده‌های مبهم و مدل‌های پیچیده، می‌تواند کارساز واقع شود. به‌طور کلی کاربرد منطق فازی در بسیاری از مباحث مرتبط با منابع آب و خاک هنوز به‌طور جدی مورد استفاده قرار نگرفته است، به ویژه در ایران تحقیقات فازی در علوم منابع طبیعی و محیط زیست، تحقیقاتی جدید به‌شمار می‌روند. بنابراین لازم است تحقیقات بیشتر و متنوع‌تری در ارتباط با به-کارگیری این منطق در شاخه‌های مختلف مدیریت جامع منابع آب و خاک صورت پذیرد تا در نهایت بتوان با صرف وقت و هزینه کمتر راه‌حل‌های دقیق‌تر و صحیح‌تری را در موضوعات مرتبط با آن بدست آورد و دقت پیش‌بینی‌ها و مدل‌سازی‌ها را افزایش داد.

منابع

۱. ازغدی، ع.ا، خراسانی، ر.، مکرّم، م.، معزی، ع. ۱۳۸۹. ارزیابی حاصلخیزی خاک بر اساس فاکتورهای فسفر، پتاسیم و مواد آلی برای گندم با استفاده از تکنیک فازی-AHP و GIS. نشریه آب و خاک، جلد ۲۴ شماره ۵ صفحات ۹۷۳-۹۸۴.
۲. آذر، ع.، و فرجی ح. ۱۳۸۶. علم مدیریت فازی. انتشارات موسسه کتاب مهربان نشر، تهران، ۳۰۸ ص.
۳. آزادی نصرآباد، ح. ۱۳۸۴. تبیین تعادل دام و مرتع با منطق فازی. پایان‌نامه دکتری رشته ترویج کشاورزی، دانشگاه شیراز، ۱۰۲ص.

۴. جعفری خالدی، و.، میروکیلی، م. ۱۳۸۶. مقدمه‌ای بر منطق فازی و کاربردهای آن. ماهنامه روش، جلد ۱۶ شماره ۱۰۸ صفحات ۴۵-۴۰.
۵. دادرسی سبزواری، ا.، و خسروشاهی، م. ۱۳۸۷. شناخت مناطق مستعد برای گسترش سیلاب به روش کاربرد مدل‌های مفهومی (راهکاری برای مهار بیابان‌زایی). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان، جلد ۱۵ شماره ۲ صفحات ۲۲۷-۲۴۱.
۶. شعبانی‌نیا، ف.، و سعیدنیا، س. ۱۳۸۸. منطق فازی با استفاده از MATLAB. چاپ دوم، انتشارات خانیان، تهران، ۱۳۵ ص.
۷. صالحی، ج.، و مرادی، ح. ۱۳۹۰. منطق فازی و کاربرد آن در ارزیابی اثرات محیط زیستی، محیط زیست و توسعه، جلد ۲ شماره ۳ صفحات ۳۷-۴۴.
۸. طاهری، س.م. ۱۳۸۴. سیمای منطق فازی. فرهنگ و اندیشه ریاضی، جلد ۳۵ صفحات ۷۳-۹۲.
۹. قاسم‌نژاد مقدم، ن.، ف. بقائی‌نیا و بافنده زنده، ع. ۱۳۸۷. منطق فازی به زبان ساده. ماهنامه کنترل کیفیت، جلد ۲۴ صفحات ۴۳-۵۰.
۱۰. قدوسی، ج. ۱۳۸۲. الگوسازی مرفولوژی فرسایش خندقی و پهنه‌بندی خطر آن مطالعه موردی حوضه آبخیز زنگان‌رود. پایان‌نامه دکتری، ۲۴۰ ص.
۱۱. قدیمی، م.، س.م. حسینی، ح. ر. پورقاسمی، مرادی، ح.ر. ۱۳۸۹. مدل‌سازی حفاظتی منطقه حفاظت‌شده مانشت و قلازنگ با استفاده از منطق فازی. علوم محیطی، جلد ۸ شماره ۱ صفحات ۸۵-۱۰۶.
۱۲. کوره‌بازان دزفولی، ا. ۱۳۸۷. اصول تئوری مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن در مدل‌سازی مسایل مهندسی آب. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیر کبیر، تهران، ۲۶۱ ص.
۱۳. نبی‌زاده، م.، مساعدی، ا. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر دما در پیش‌بینی جریان روزانه با استفاده از روش‌های مبتنی بر منطق فازی در حوضه آبریز ليقوان. مجله پژوهش آب ایران، جلد ۹ پذیرفته شده جهت چاپ.
۱۴. نبی‌زاده، م.، مساعدی، ا.، حسام، م.، دهقانی، ا.ا.، ذاکری‌نیا، م.، مفتاح هلقی، م. ۱۳۸۹. تعیین بهترین روش پیش‌بینی جریان رودخانه ليقوان (مطالعه موردی حوضه ليقوان‌چای)، از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه. اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساحلی، ساری، آذر ۱۳۸۹.
۱۵. نبی‌زاده، م.، مساعدی، ا.، حسام، م.، دهقانی، ا.ا. ۱۳۹۱ا. مقایسه عملکرد مدل‌های مبتنی بر منطق فازی در پیش‌بینی آبدهی روزانه رودخانه ليقوان. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد ۱۹ شماره ۱، پذیرفته شده جهت چاپ.
۱۶. نبی‌زاده، م.، مساعدی، ا.، دهقانی، ا.ا. ۱۳۹۱ب. بررسی کارایی منطق فازی در پیش‌بینی جریان روزانه رودخانه. نشریه مرتع و آبخیزداری، جلد ۶۵ شماره ۴ پذیرفته شده جهت چاپ.
۱۷. نخعی، ع.، و مهداد، م. منطق فازی. ۱۳۸۷. بهبود، جلد ۱۰ شماره ۲۴ صفحات ۴۲-۴۵.
۱۸. یمانی، م.، ا. دادرسی و داورزنی، ز. ۱۳۸۴. پهنه‌بندی فرسایش در حوضه آبخیز داورزن با استفاده از الگوهای منطق فازی. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، جلد ۵ صفحات ۱۸۵-۲۰۰.
19. Filippo, S., P.C. Martins Ribeiro & S.K. Ribeiro, 2007. A Fuzzy Multi-Criteria Model applied to management of the environmental restoration of paved highways, Transportation Research Part D, 12: 423-436.
20. Mitra B.;H.D. Scott., J.C. Dixon & J.M. McKimney, 1998. Applications of fuzzy logic to the prediction of soil erosion in a large watershed, Journal of Geoderma, 86: 183-209.
21. Shu, C., Burn, D.H. 2004. Homogeneous pooling group delineation for flood frequency analysis using a fuzzy expert system with genetic enhancement. Journal of Hydrology, 291: 132-149.
22. Tayfur G., S. Ozdemir & V. Singh, 2003. Fuzzy logic algorithm for runoff-induced sediment transport from bare soil surfaces, Journal of Advances in Water Resources, 26: 1249-1256.
23. Zadeh, L. A. 1965. Quantative fuzzy sets. Information and Control, 8: 338-353.

Features of Fuzzy logic and its application in water and soil resources managements

Seyyede Motahareh Hosseini

M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad,
motahare.hosseini89@gmail.com

Abolfazl Mosaedi

Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad,
Mosaedi@um.ac.ir

Kamal-e-din Naseri

Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad,
KLNaseri@yahoo.com

Abstract

Various branches of natural resources such as water and soil resources consist of phenomena and issues which cannot be measured by quantitative methods and since their quantitative approach is difficult, time-consuming and costly, qualitative approach is applied for establish them. The obscurities observed in natural meanings and phenomena had better be considered as an integral part of these fields of science. Most common methods in water and soil management is not able to support a large volume of qualitative and quantitative of environmental information. In addition, many of these information are associated with ambiguity and uncertainty. Fuzzy logic puts these obscurities in mathematical formation and preparations for decision-making and reasoning. Nature and the Environment, with complexity, dynamism and uncertainty are associated. Fuzzy logic can be instrumental because of first having simple and flexible meanings and then using ambiguous data and complex models. In spite of, measureless application of Fuzzy logic in engineering, this technique in research purpose of water and soil resources and other relative objectives is not popular yet. Especially in some fields of this science it is not documented yet. As a result, it seems necessary to learn about this technique and how to apply it in different branches of these sciences. This paper aims to offer features of Fuzzy logic simply and indicate diffrent natural resources and environment studies in which Fuzzy systems were applied.

Keywords: Fuzzy logic, qualitative phenomena, natural resources and environment, water and soil resources, modeling