# منطق فازی و کاربردهای آن در نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی

دکتر حسین ازادی – مدیریت ترویج و مشارکت مردمی سازمان جهاد کشاورزی خراسان
دکتر منصور شاه‌ولی – دانشیار بخش ترویج و آموزش کشاورزی دانشگاه شیراز

**چکیده**

حدود چهل سال پیش در سال ۱۹۶۵، دانشمند ایرانی و استاد بازنشسته دانشگاه برکلی امریکا؛ دکتر لطفعلی عسگرزاده، مبدع نوعی منطق جدید شد که به اصرار خودش آن را منطق فازی نامیدند که به معنای منطق درهم و برهم، متشتت و گیج است. اما این روش و منطق نوین، اساس بسیاری از نظریه‌های انقلابی در رشته‌های گوناگون علوم و معارف بشری، از جرم‌شناسی و روان‌شناسی گرفته تا متالوژی، زلزله‌شناسی، هوش مصنوعی و عکاسی شد. این منطق که از دیدگاهی فلسفی نشات می گیرد، سابقه‌ای چند هزار ساله به قدمت فلسفه تاریخ دارد. در منطق فازی، همه چیز در حقیقت، نسبی و تابع درجاتی است و اکثر چیزهایی که کاملا درست یا غلط به‌نظر می رسند، نسبتا درست یا غلط هستند و در مورد صحت و سقم پدیده‌های واقعی، همواره درجاتی از عدم قطعیت صدق می کند. ریاضیات فازی بر پایه استدلال تقریبی بنا شده‌اند که منطبق با طبیعت و سرشت انسانی است. به طور کلی، تفکر فازی، یک جهان‌بینی جدید است که علی‌رغم ریشه داشتن در فرهنگ مشرق‌زمین، با نیازهای دنیای فن‌آوری پیچیده امروز بسیار سازگارتر از ریاضیات کلاسیک است. مجموعه‌های فازی دید انسان را نسبت به پدیده‌های پیرامونش از حالت دووجهی خارج کرده و او را متوجه ابعاد گسترده وچندوجهی جهان و پدیده‌های موجود در آن کرده و بدین ترتیب، این تفکر، گامی بزرگ در راستای دسته‌بندی دید چند وجهی بشر به شمار می رود که پدیده‌های محیط اطراف را به همان

**رنگارنگی و تنوع، در قالب مفاهیم و نمادهای ریاضی بیان می کند. این مقاله با هدف معرفی منطق فازی و کاربردهای آن، ضمن تعریف فازی و مجموعه‌های آن، مروری تاریخی بر چگونگی نضج گرفتن این منطق کرده است. سپس، کاربردهای چندگانه این منطق؛ شامل کاربردهای صنعتی، اجتماعی و مدیریتی آن معرفی شده‌اند. در پایان، با توجه به اهمیت کاربردهای منطق فازی در علوم کشاورزی، بویژه در چگونگی تبیین سیستم‌های پایدار کشاورزی، موارد کاربرد این منطق در این زمینه تشریح گردیده است.**

**واژه‌های کلیدی: منطق فازی، مجموعه‌های فازی، کاربردهای فازی، پایداری.**

**مقدمه**

منطق، واژه‌ای یونانی است که افلاطون در سال های (۴۸۰ تا ۵۴۰) قبل از میلاد مسیح از آن برای اصولی که تمام پدیده های جهان را به یکدیگر متصل می سازند، نام برده است. افلاطون معتقد بود که همیشه بین دو چیز متفاوت از هم مثل "زشتی و زیبایی"، "بیماری و سلامتی" و "سردی و گرمی"، ارتباط وجود دارد. او در تمثیل معروف خود گفته است، رودخانه ای که عده ای در آن شنا می کنند، از جاری شدن آب های متفاوتی تشکیل شده است. اما علیرغم جاری شدن آب های متفاوت در این رودخانه، همه آنهایی که در این رودخانه شنا می کنند، متعلق به یک رودخانه هستند (کاسکو، ۱۳۷۷). کلمه فازی (Fuzzy) از نظر لغوی یعنی کرکی، درهم و برهم، پرزدار (غفاری، ۱۳۷۷). به طور کلی، درمنابع مختلف، "فازی" به دو معنا به کار برده شده است:

الف - فازی به معنای (Vagueness): سربسته، نادقیق و لغاتی نظیر "تقریبا" که دقت خاص ریاضی را ندارند.

ب - فازی به معنای (Ambiguity): مبهم و ابهام و شامل اصطلاحاتی نظیر خوب، جوانی و نظایر آن که تعابیر مختلفی از آن می تواند انجام گیرد (مشبکی، ۱۳۷۶).

تفکر فازی[۱] از دیدگاهی فلسفی نشات می گیرد که سابقه‌ای چند هزار ساله و به قدمت فلسفه تاریخ دارد. همان گونه که فلسفه ادیان الهی با طبیعت و سرشت انسان سازگار است، تفکر فازی با الهام از فلسفه شرقی جهان را همان گونه که هست معرفی می کند. در فلسفه ارسطوئی که در مقابل فلسفه شرق قرار دارد، همه چیز به دو دسته سیاه و سفید و آری و نه تقسیم می شود. مفاهیم منطقی و نتایج حاصله از استدلال های منطقی نیز در فلسفه ارسطوئی هیچ گونه حالت میانه‌ای ندارند. در این فلسفه نمی توان تا اندازه‌ای راستگو بود و ضمنا کمی هم دروغگو. نمی شود همزمان نسبتا جوان بود و تا اندازه‌ای هم پیر. در منطق ارسطویی، همه چیز به دو دسته "سیاه" و "سفید"، "آری" و "نه"، "صحیح" و "غلط" و "گرم" و

---

۱ - منطق فازی، از دید افراد مختلف، معانی متفاوتی دارد. از نظر برخی، نوعی فلسفه زندگی است. برخی دیگر، آن را ابزار هستی شناختی می دانند (پله تیر، ۱۳۸۰).

"سرد" تقسیم می شود و مرزها کاملا مشخص و تعریف شده هستند. اما منطق فازی یک منطق چند ارزشی است که ریشه در افکار افلاطون دارد. فازی بودن به معنای چند ارزشی بودن است، بدین معنی که سه یا تعداد بیشتری انتخاب در پاسخ به هر سوال وجود دارد. در منطق فازی همه چیز در حقیقت، نسبی و تابع درجاتی است و اکثر چیزهایی که "کاملا" درست یا غلط به نظر می رسند، نسبتا درست یا غلط هستند و در مورد صحت و سقم پدیده های واقعی، همواره درجاتی از "عدم قطعیت" صدق می کند. به عبارت دیگر، پدیده های واقعی تنها سیاه و یا فقط سفید نیستند، بلکه تا اندازه ای خاکستری هستند. گزاره های واقعی نمی توانند فقط صحیح یا فقط غلط باشند، بلکه کمی صحیح یا خیلی صحیح و یا مثلا نسبتا صحیح هستند. علاوه بر این، نمی توان گفت که ارزش صحیح بودن هر گزاره ای، کاملا صحیح است، بلکه می توان گفت که صحیح است با درجه ای از راستی (کاسکو، ۱۳۷۷).لذا، در منطق فازی، حاکمیت به صورت مرتبه ای ونسبی است، در حالی که در منطق کلاسیک، حاکمیت به صورت مطلق است (صنیعی منفرد، ۱۳۸۰).

بدین ترتیب، در مورد هر مساله ای جواب آری و یا نه صادق نیست و نمی بایست پاسخ های سیاه و سفید را به همه چیز تعمیم داد. در واقع، اشتباه علم[1] در این بوده که به دنبال پاسخ آری و یا نه برای تعمیم به تمام پدیده هاست. به عبارت دیگر، اشتباه علم در آن است که: "آنچه را که تنها برای موارد خاصی مصداق دارد، به تمام پدیده ها تعمیم داده است." همه چیز در حقیقت "به طور نسبی" درست یا غلط است (کاسکو، ۱۳۷۷). بدین ترتیب، منطق کلاسیک ارسطویی[2]، حالت خاصی از منطق فازی است (صنیعی منفرد، ۱۳۸۰) که در آن تمام کارها با سمبل انجام می شوند. یعنی با لغت صحیح یا غلط انجام می شوند و نتیجه گیری در این منطق، معمولا دقیق خواهد بود (بدون نام، ۱۳۷۵). جواهر دشتی (۱۳۷۵) معتقد است که منطق فازی از ابزارهای نیرومند ریاضی است که به نظر می رسد تاکنون تمامی کوشش هایی که برای کاربرد آن در علوم انسانی و از جمله مدیریت، انجام شده، در پی یافتن نوعی الگوریتم برای مدل های تصمیم گیری بوده اما در بطن منطق فازی نوعی تردید و عدم قطعیت نهفته است که شاید تا به حال چندان مورد توجه قرار نگرفته باشد.

ریاضیات فازی بر پایه استدلال تقریبی[3] بنا شده است که منطبق با طبیعت و سرشت انسانی است. در این نوع استدلال حالت های صفر و یک، تنها مرزهای استدلال را بیان می کنند. استدلال ارسطویی، جزیی از استدلال تقریبی است و یا به عبارتی استدلال تقریبی حالت تعمیم یافته استدلال منطق ارسطویی است. غفاری (۱۳۷۷) معتقد است، ریاضیات فازی تنها یک ابزار نیست که کاربردهای بسیار ویژه ای داشته باشد. تفکر فازی، یک جهان بینی جدید است که علی رغم ریشه داشتن در فرهنگ مشرق زمین با نیازهای دنیای فن آوری پیچیده امروز بسیار سازگارتر از ریاضیات کلاسیک است. در منطق فازی

---

۱. منظور علم پوزیتیویستی است.

۲. منطق دقیق یا منطق معمولی (منطق بولی Boolean logic) (صنیعی منفرد، ۱۳۸۰).

3. Approximate reasoning

مفاهیم فکری و زبانی را نمی توان به صورت مطلوب و دقیقی توصیف کرد. به عبارت دیگر، سازه های زبانی را می توان با درجات آزادی متفاوتی تفسیر و تاویل نمود. در حقیقت مقادیر یک متغیر زبانی را می توان از یک عبارت ساده مثل جوان و متضاد آن پیر، به همراه مجموعه‌ای از اصلاح کننده های مسندی به دست آورد (سرمد سعیدی، ۱۳۸۰). اساسا، اگر چه سیستم های فازی پدیده های غیر قطعی و نامشخص را توصیف می کنند، با این حال خود نظریه فازی، یک نظریه دقیق می باشد (وانگ، ۱۳۷۸؛ مقدم، ۱۳۸۰). در پایان، می توان گفت که منطق فازی، یک منطق بی نهایت مقداری (پیوسته) است که از استدلال تقریبی بشر، الگوبرداری کرده است (وحیدیان کامیاد، ۱۳۷۷).

**مجموعه های فازی** [1]

نظریه مجموعه های فازی را، نظریه‌ای برای اقدام در شرایط نامطمئن می دانند زیرا این نظریه قادر است بسیاری از مفاهیم و متغیرها وسیستم هایی را که نادقیق و مبهم هستند، صورت بندی ریاضی بخشد و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم گیری در شرایط نامطمئن فراهم آورد (طاهری، ۱۳۷۵). مجموعه های فازی دید انسان را نسبت به پدیده های پیرامونش از حالت دووجهی خارج کرده و او را متوجه ابعاد گسترده و چندوجهی جهان و پدیده های موجود در آن می کند (مقدم، ۱۳۸۰) و بدین ترتیب گامی بزرگ در راستای دسته بندی دید چند وجهی بشر است که پدیده های محیط اطراف را به همان رنگارنگی و تنوع در قالب مفاهیم و نمادهای ریاضی بیان می کند. این مجموعه ها به مجموعه هایی گفته می شود که اعضای آنها به طور نسبی متعلق به آنها هستند و به همان اندازه نیز به متضادهایشان تعلق دارند. برای مثال، مجموعه فازی "مدیر خوب" را در نظر بگیرید. از نظر انسانی این مفهوم قابل درک است، حتی علی رغم نداشتن یک تعریف مشخص و ثبت شده که چه مدیری به عنوان مدیر خوب به حساب می آید. اما در منطق ریاضی، تصور یک مدیر خوب همراه با مشخصات دقیق فرد است و بدون در نظر گرفتن یک حد و مرز مشخص و ثبت شده، امکان ندارد که یک قیاس را بتوان گفت راست یا دروغ است. حال فرض کنیم که مشخصه مدیر خوب، قاطعیت باشد. بدین ترتیب، مدیر قاطع، مدیری خوب محسوب می شود و فرد بدون قاطعیت، مدیری خوب به حساب نمی آید. در چنین حالتی، مغز بشر چنین تقسیم بندی را قبول نمی کند، در حالی که در منطق فازی، هر دو فرد، مدیر خوب محسوب می شوند، ولی با درجات مختلف. فرضا فردی با داشتن قاطعیت، درجه مدیر خوبی یک دارد و دیگری بدون قاطعیت، درجه مدیر خوبی ۰/۹ را داراست. پس منطق فازی برای بحث درباره جملات زبانی غیر دقیق نظیر "مدیر خوب"، "بلند قد"، "گرم" "سریع" و غیره مورد استفاده قرار می گیرد و لذا یک وسیله بسیار مناسب برای مدل سازی فکر و گفتار بشری است (زاهدی، ۱۳۷۸). بدین ترتیب، منطق فازی به ابهامات کمیت اختصاص می دهد و به ماشین ها کمک می کند بیشتر شبیه انسان تصمیم گیری کنند (بهرام علی، ۱۳۷۲). یکی از مزایای کنترل فازی از این ارتباط فقط با بیان غیردقیق زبان روزمره کافی خواهد بود. مثلا "اگر سرعت ماشین زیاد و فاصله تا ماشین جلویی کم باشد، به شدت ترمز بگیر"

1. Fuzzy sets

(بهرامعلی، ۱۳۷۲).

در مجموعه های فازی، محدوده بین صفر و یک مانند مجموعه های قطعی[1] گسسته نیست، بلکه نتیجه استنتاج می تواند هر عددی بین این دو عدد باشد (کوثری، ۱۳۷۱). نزدیکی درجه عضویت نسبت به ۱، نشان دهنده تعلق بیشتر به مجموعه و نسبت به صفر مبین تعلق کمتر به آن است. در مجموعه های فازی، همراه هر عنصر عددی است که بیانگر میزان عضویت آن عنصر در آن مجموعه است (کوچک خانی، ۱۳۷۵). درجه عضویت عناصر در یک مجموعه، میزان دارا بودن صفت مشخص کننده مجموعه توسط هر عنصر می باشد که عددی بین ۰ و ۱ است. عنصری که به طور کامل شامل یک صفت باشد، درجه عضویت (۱) و در صورتی که هیچ اثری از آن صفت در عنصر نباشد، درجه عضویت صفر و سایر عناصر نیز عددی متناسب بین ۰ و ۱ خواهند داشت. مشخص است که در این تعریف، حالت قطعی با اطمینانی که در مجموعه های معمولی در مورد عضویت هر عنصر وجود دارد، از بین می رود و به جای آن عددی می نشیند که نمایانگر میزان عضویت عنصر در مجموعه است. تعریف فوق بیانگر این مطلب است که مجموعه های معمولی، حالت خاصی از مجموعه های فازی هستند که درجه عضویت عناصر آنها محدود به ۰ و ۱ است (Zimmerman, ۱۹۹۶).

در تعریف مجموعه های فازی، تابع عضویت یک مجموعه توسط کاربرد آن تعیین می شود و ممکن است دو مجموعه با صفت های یکسان، به علت اختلاف در کاربردشان به اعضای خود درجه عضویت متفاوتی نسبت دهند. بدین ترتیب، درستی یا نادرستی گزاره ها در منطق بولی، جای خود را به درستی به ارزشی مشخص می دهند. یعنی درستی هر جمله دارای درجه ای بین صفر و یک است. به طور مثال، گزاره زیر را در نظر می گیریم:

"ایران کشوری پر جمعیت است".

هر شخص به این جمله از حیث صحیح بودن، ارزشی مشخص نسبت می دهد. یک فرد چینی به این جمله درستی صفر، یک فرد پاکستانی ارزش ۲/۵ و شخص سوندی می تواند ارزش ۰/۹ قایل شود (کوچک خانی، ۱۳۷۵).

## تاریخچه

در زمان ارسطو، این سوال مطرح بود که گزاره هایی وجود دارند که ارزش آنها به غیر از درست یا نادرست بودن است، بنابراین، شاید نیاز به ابزار استدلالی دیگری باشد و بدین ترتیب منطق هایی با بیش از دو ارزش مطرح شدند به دنبال آن دیده شده است که منطق دانان در زمان های مختلف قرون قدیم و وسطی، نظریه هایی دال بر اینکه ممکن است بیش از دو ارزش - درستی یا نادرستی - برای یک گزاره وجود داشته باشد، ارائه داده اند که تماما به وسیله مسایل فلسفی به بن بست کشانده شدند.

برتراندراسل، فیلسوف انگلیسی نیز، منطق کلاسیک را مورد نقد قرار داده بود. راسل معتقد بود:

1. Crisp sets

"هر منطق کلاسیک، به طور عادی از علامات دقیق استفاده می کند. بنابراین، این منطق ها برای این زندگی زمینی کاربرد ندارند، بلکه برای یک وجود آسمانی خیالی قابل استفاده هستند" (وحیدیان کامیاد، ۱۳۷۷).

برای گریز از خشکی و جزمیت مزبور، منطقیون، منطق چند ارزشی را به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی پایه گذاری کرده‌اند. شکی نیست که گزاره ها در منطق سه مقداره که فرضا سه عدد صفر، ۰/۵ و ۱ را اختیار می کند، از منطق دو مقداره دقیق تر مقدارگذاری می شود. این منطق در سال ۱۹۲۰ توسط لوکاسیویچ پایه گذاری شد (Grint, ۱۹۹۷). سپس دیگر منطق دانان، نظیر بوخوار (Bochvar) و لین (Klieene) و هی تینگ (Heyting) نیز، منطق های سه ارزشی دیگری را معرفی کردند که برای مثال برای گزاره "نیمه راست" و "نیمه دروغ" ارزش ۰/۵ را در نظر می گرفتند. با این حال، بدیهی است که منطق سه مقداره نیز با واقعیت بسیار فاصله دارد (وحیدیان کامیاد، ۱۳۷۷).

لوکاسیویچ با تعبیری که از نامعلوم بودن آینده در ذهن داشت، تابعی به نام تابع امکان تعریف نمود. توابع "امکان و لزوم" در واقع اساس منطق عرضی و یا منطق مدال (Modal logic) را تشکیل می دهند. از آن زمان به بعد، منطق دانان دیگری نیز به تعریف منطق های چندارزشی متفاوتی پرداخته‌اند که از آن جمله می توان از پی. ال. پست (P.L.Post) نام برد. وی نشان داد که می توان منطق، با بی نهایت ارزش هم داشت. شخص دیگری به نام رز (Rose) از منطق های چند ارزشی[1] در طراحی سیستم های علامتی استفاده کرده است. او همچنین بارها پیشنهاد نموده است که منطق چند ارزشی می تواند ساده تر و روشن تر مسایل مکانیک کوانتومی را توجیه کند، ولی این امر از طرف فیزیک دانان جدی گرفته نشد. بدین ترتیب، منطق چند ارزشی به عنوان تعمیم منطق دو ارزشی به وجود آمد، اما توسعه پیدا نکرد و راه زیادی را طی ننمود. چرا که در این سیستم، منطق دانان خود را مقید می ساختند تا تمام خواص منطق دو ارزشی را به وجود آورند. در این جاست که منطقی به نام منطق فازی به عنوان تعمیمی از منطق چند ارزشی و یا نوعی "منطق پیوسته" متولد می شود، که بسیار فراتر می رود. گرچه هنوز بسیاری آن را نپذیرفته‌اند، ولی عده بسیار زیادی درمورد این منطق به بحث پرداخته و به نتایج کاربردی درخشانی نیز دست یافته‌اند (اسلامی، ۱۳۷۲). بدین ترتیب، حدود چهل سال پیش در سال ۱۹۶۵ دانشمند ایرانی و استاد بازنشسته دانشگاه برکلی آمریکا یعنی دکتر لطفعلی عسگرزاده[2]، مبدع نوعی منطق جدید شد

1 . Multivalued logic

۲ . "لطفعلی عسگرزاده"، ملقب به "لطفی عسگرزاده"، "لطفی زاده"، "پروفسورزاده" و "زاده"، پدر "منطق فازی" دانشمندی معروف و مهندس و نظریه پرداز مجموعه هاست. پدرش ایرانی و مادرش روسی بود. او در سال ۱۹۲۱ در باکو متولد شد و تحصیلات متوسطه خود را در دبیرستان البرز تهران در سال ۱۹۳۸ به پایان رساند. بعد از دبیرستان با شرکت در آزمون دانشگاه سراسری رتبه دوم کشور را کسب کرد و در سال ۱۹۴۲ در رشته مهندسی برق از دانشکده فنی دانشگاه تهران فارغ التحصیل شد. پروفسور لطفی زاده در طول جنگ جهانی دوم، به ایالات متحده رفت و مدرک کارشناسی ارشد خود را در سال ۱۹۴۶ از دانشگاه ماساچوست آمریکا (MIT) انستیتو فن آوری ماساچوست و مدرک دکتری خود را در سال ۱۹۴۹ در رشته مهندسی برق از دانشگاه کلمبیای نیویورک دریافت کرد. در این زمان بود که برای اولین بار در دانشگاه کلمبیا به تدریس نظریه سیستم ها پرداخت و به عنوان عضو هیات علمی دانشگاه کلمبیا پذیرفته شد. لطفی زاده که از سال ۱۹۵۹، به عنوان عضو هیات علمی در دانشگاه برکلی تدریس می کرد، در سال ۱۹۶۳ رئیس دپارتمان مهندسی برق شد و بعدها در بخش علوم کامپیوتر به تدریس پرداخت. وی در سال ۱۹۹۰ از دانشگاه برکلی بازنشسته شد و در حال

بقیه درص بعد

که به اصرار خودش آن را منطق فازی نامیدند، به معنای منطق درهم و برهم، متشتت و گیج. اما این روش منطقی نوین، اساس بسیاری از نظریه های انقلابی در رشته های گوناگون علوم و معارف بشری، از جرم شناسی و روان شناسی گرفته تامتالوژی و زلزله شناسی و هوش مصنوعی و عکاسی شد (Grint, ۱۹۹۷).

**کاربرد مهندسی منطق فازی**

اولین شخصی که امکان سودمند بودن عملی الگوریتم فازی را مشخص کرد، آقای ابراهیم ممدانی، مهندس برق در دانشکده Queen Mary آمریکا (اکنون به نام Queen Mary Westfield) در اوایل دهه ۱۹۷۰ بود (بهرامعلی، ۱۳۷۲). او الگوریتم خود را برای کنترل فشار سرعت یک موتور بخار اعمال کرد. در سال ۱۹۸۰ کمپانی دانمارکی اسمیت (F.L.Smith) از منطق فازی برای کنترل عملکرد یک کوره سیمان استفاده کرد که اولین کاربرد صنعتی این نظریه بود (Zimmerman, ۱۹۹۶). به نظر می رسد که کشورهای خاور دور گرایش شدیدی به کاربرد منطق فازی داشته باشند. شاید بتوان شور و شوق خاور دور نسبت به منطق فازی را از یک سو به ذهنیت شرقی آنها نسبت داد (عسگرزاده، ۱۳۷۲). در ژاپن، بلافاصله بعد از سال ۱۹۶۵ که اولین مقاله آقای لطفی زاده نوشته شد، تحقیق علم فازی لاژیک آغاز می گردد. تحقیقات ابتدا در دانشگاه های صنعتی توکیو و دانشگاه توکیو آغاز شد. در این زمان علاقمندان به این علم حدود ۱۰۰ نفر بودند که در سال ۱۹۷۴، اولین سمپوزیوم مشترک ژاپن - آمریکا را در منطق فازی برگزار کردند (ماشین چی، ۱۳۷۲). در اواسط دهه ۸۰ کاربردهای اولیه صنعتی منطق فازی در ژاپن مشاهده شد: کمپانی فوجی (Fuji Electric) برای اولین بار از منطق فازی برای کنترل یک تصفیه خانه آب مصرفی در شهر آکیتا (Akita) استفاده کرد و کمپانی هیتاچی (Hitachi) سیستم خبر دهنده ای بر طبق منطق فازی برای عمل در ترن های خودکار زیرزمینی در شهر سندایی (Sendai) ترتیب داد (بهرامعلی، ۱۳۷۲). در سال (۱۹۹۰)، امواج فازی در ساخت محصولات مصرفی - بازرگانی هم نفوذ کرد و دوربین ها، ماشین های لباسشویی، اجاق گازهای مایکروویو و دهها کالای مصرفی با خصوصیات منطق فازی به بازار عرضه شدند. در تبلیغ این کالاها، آنها را زیرک می خواندند زیرا به صورتی کارا، قادر بودند تحت شرایط پیچیده (مثل شرایط متغیر نوری دوربین ویدئویی) از خود عکس العمل نشان دهند (بهرامعلی،

---

حاضر در همین دانشگاه به عنوان سرپرست بخش ابتکارات در زمینه محاسبات مشغول به کار است. در کنار همکاری با ۳۰ مجله، او ویراستار افتخاری مجله اتومسیون هوشمند و (Computing Soft) نیز هستند. زاده در سال های ۸۹-۱۹۸۶ موفق به اخذ درجه دکتری افتخاری دانشگاه (Sabatier-Paul) و جایزه هوندای ژاپن گردید. او در سال ۱۹۵۸ یکی از اعضای شاخص انجمن جهانی (IEEE) و در طول سال های ۶۸-۱۹۶۷ یکی از اعضای انجمن (Guggenhiem) و عضو آکادمی بین المللی مهندسی در سال ۱۹۷۳ بود. افتخارات وی، دریافت مدال آموزش (IEEE) در سال ۱۹۸۴، مدال (Richard W. Hamming) در ۱۹۹۲، جایزه (Rufun Olden Burger) در سال ۱۹۹۳ و همچنین مدال افتخار IEEE در سال ۱۹۹۴ است. دفتر او در ساختمان تازه ساز علوم کامپیوتر در برکلی از کف تا سقف پوشیده از مقاله های چاپ فلزی است. شهرت او در حدی است که در فهرست (Who is Who) قرار دارد. جمهوری آذربایجان از جمله کشورهایی است که در سال ۱۹۹۳ از زاده تجلیل به عمل آورد و استادی افتخاری آکادمی نفت ایالات آذربایجان را به او داد. لطفی زاده انسانی فروتن است که مفاهیم مطلق علمی را تا زمانی که واقعیات کاربرد علمی آنها را نشان دهد و بداند که آیا واقعا "برای ما مفید است یا خیر" به کار نمی برد. از آنجا که کاربردهای منطق فازی در موقعیت های زندگی واقعی بدون مرز است، بی شک، نام پروفسور لطفی زاده برای سال های متمادی به گوش خواهد رسید.

۱۳۷۲). ساگنو (Sugeno) از جمله افرادی است که به لحاظ ساخت کنترل کننده های فازی بسیار شهرت دارد. او که یک مهندس ژاپنی است، در طراحی، ساخت و کاربرد بسیاری از کنترل کننده های فازی تبحر داشته و بدین لحاظ در میان فازی دانان کاملا شناخته شده است (Nguyen Prasad, ۱۹۹۹). به طور کلی، مهندسان ژاپنی، اولین افرادی بودند که محصولات تجاری فازی باهوش را طراحی کردند. برخی از این محصولات عبارتند از: دوربین فازی، ماشین های لباسشویی، ماشین ریش تراشی، اجاق مایکروویو، کاربراتورهای فازی، جاروبرقی، سیستم های تهویه مطبوع و صدها وسیله باهوش دیگر.

در حال حاضر، حکومت ژاپن و موسسات تجارتی، صنعتی و علمی آن به طور فعال مشغول مطالعه درباره نظریه منطق فازی و نحوه استفاده از آن در زمینه های مختلف هستند. برخی از طرح های در دست اقدام عبارتند از: شبیه سازی آلودگی هوا در جهان، پیش بینی زمین لرزه، مدل سازی رشد گیاهان، سیستم کنترل نیروگاههای هسته ای و رایانه های فازی و غیره. محققان ژاپنی سیستم های فازی، انتظار دارند که منطق فازی بتواند در توسعه سیستم های رایانه ای، خدمات بیشتر و مناسب تری به بهره برداران ارائه دهد. مهندسین چینی، سیستم های فازی را در ساخت و تولید امور نظامی به کار بستند. کاربردهایی نظیر کنترل بهینه ورقه های پلاستیکی مورد استفاده در بسته بندی کالاهای صنعتی و آسان سازی کنترل ناوبری و هدایت هواپیماهای جنگنده از جمله مواردی است که کشور چین بدان مشغول می باشد (کاسکو، ۱۳۷۷). مهندسان ژاپنی همچنین از منطق فازی برای بهبود کارآیی انتقادات خودکار در اتومبیل، کنترل تزریق مواد شیمیایی در تصفیه خانه ها (به منظور تصفیه آب خوراکی) و شبیه سازی از کارافتادگی راکتورهای اتمی بر روی کامپیوتر استفاده می کنند. صنایع ژاپن در حال حاضر چندین کالای مصرفی با خصوصیت منطق فازی، از ماشین های لباسشویی گرفته تا خوراک پزها، به بازار عرضه کرده اند. کارکرد این وسایل بسیار ساده است (معمولا فقط با یک کلید همه کارها انجام می شود و ظاهرا کارکرد آنها بهتر از مدل های مرسوم قبلی است. در سال (۱۹۹۱)، کارخانه میسوشیتا به تنهایی کالاهایی را به ارزش بیش از یک میلیارد دلار که بر پایه منطق فازی طراحی شده بودند به فروش رساند. کمپانی توشیبا (Toshiba) یک سیستم کنترل کننده فازی را برای آسانسورها ایجاد کرده است که مدت زمان انتظار متقاضیان را کاهش می دهد. کنترل فازی برای استعمال اطلاعات نامطمئن مانند "تعداد توقف آسانسور قبل از رسیدن به مقصدی که از طرف متقاضی درخواست شده است" مناسب تر از سیستم های مرسوم غیرفازی است. در زمینه پزشکی، سیستم های هوشمند با استفاده از "استنتاج های فازی" به پزشکان در تشخیص دیابت و سرطان پروستات کمک کرده و متخصصین بیهوشی نیز برای کنترل فشار خون بیمارانی که جراحی می شوند، بر منطق فازی متکی هستند. "فازی کردن" همچنین در مدیریت سرمایه گذاری و تصمیم گیری در معاملات عمده راه یافته است و اولین کامپیوترهای فازی به زودی به بازار عرضه خواهند شد(بهرامعلی، ۱۳۷۲). از مهم ترین استفاده های منطق فازی، در دوربین فیلمبرداری است، به طوری که سیستم هوشمند آن قادر به جبران لغزش ایجاد شده توسط دست فیلمبردار به هنگام فیلمبرداری است، به طوری که تصویر را در نهایت ثابت نگه می دارد. از کاربردهای دیگر آن می توان به حل مساله ترافیک و اکتشاف نفت اشاره کرد (بدون نام، ۱۳۷۵). اکنون ناسا (NASA)

نیز درحال افزایش کنترل کننده های فازی در محیط های فضایی است (بهرامعلی، ۱۳۷۲). از دیگر کاربردهای منطق فازی می توان از سیستم های کنترل زیردریایی ها، دنده های اتوماتیک و سیستم های جدید ترمز (ABS) نام برد (پورسعید، ۱۳۷۹). پروفسور لطفی زاده معتقد است که تاکنون بخش کوچکی از توانایی های منطق فازی مورد بهره برداری قرار گرفته است. وی پیش بینی می کند که در آینده شبکه های عصبی فازی (Neurofuzzy) در استنتاج قوانین و توابع عضویت از طریق مشاهدات نقش بیشتری را بازی کرده و از منطق فازی در کاربردهای پیچیده تری استفاده خواهد شد (بهرامعلی، ۱۳۷۲).

**کاربرد اجتماعی منطق فازی**

کمیته بهره وری وزارت جهاد سازندگی درسال (۱۳۷۹)، در طرحی به منظور شناسایی کارکنان مستعد مدیریت از مجموعه های فازی به منظور کمی نمودن معیارهای کیفی استفاده می کند. در این طرح با معیارهای کیفی نظیر قدرت استدلال قوی، مدیریت بحران و امثال آنها برمی خوریم که با قاطعیت نمی توان اظهار نظر کرد که داوطلبی این ویژگی ها را داراست یا خیر و شدت آنها چه میزان است. در این طرح چنین معیارهایی به عنوان واژه های فازی تلقی می شوند و با استفاده از منطق فازی، واژگان زبانی به اعداد کمی تبدیل می شوند. دیمیتروف (Dimitrov, ۱۹۹۹) به ماهیت اجتماعی نظریه فازی بیشتر اشاره می کند و معتقد است که این منطق نه تنها در عرصه های مهندسی کاربرد فراوان دارد بلکه می تواند در علوم اجتماعی نیز کارساز باشد. به طور کلی ایشان ابعاد اجتماعی منطق فازی را در چهار محور به شرح زیر مورد بررسی قرار می دهد:

**اول - تصمیم سازی های گروهی**

منطق فازی قادر است از هر گونه تزلزل و آشفتگی در تصمیم گیری های گروهی جلوگیری کند. دیمیتروف ضمن اشاره به قضیه "هدف غیرممکن" که اشاره به دشواری دستیابی به یک هدف نهایی مطلوب برای کل گروه در تصمیم گیری های گروهی دارد، منطق فازی را به عنوان راه حلی مناسب برای این منظور پیشنهاد می کند. حالت فازی در رجحان فردی نوعی نرمش ایجاد کرده و در نهایت شرایط را برای توافق آراء در انتخاب بهترین گزینه فراهم می سازد. علاوه بر این با استفاده ازمجموعه های فازی می توان از هر گونه تضادهای اجتماعی جلوگیری به عمل آورد.

**دوم - سامان دهی شرایط بحرانی**

اصولا در سیستم های پیچیده، هم نظم و هم آشفتگی وجود دارد. برای مثال، در نظریه مدیریت بر ناشناخته ها یا مدیریت آشوب، ناآگاهی از رفتار سازمانی، یک سری پیچیدگی ها و سختی هایی را به وجود می آورد که موجب می شود سازمان در حالت ناپایداری به سر برد. این در حالی است که بین نظم و آشفتگی نوعی حالت فازی وجود دارد. این حالت از یک سو به سازمان ها قدرت انطباق پذیری با تحولات و ازسوی دیگر نظم و پایداری را به ارمغان می آورد.

**سوم - پذیرش وجود نداشتن مطلق ها**

نکته قابل توجه در مفاهیم فازی، معانی ذاتی و بالقوه آنها است. به عبارت دیگر، در قلب مفاهیم فازی تفسیر و تاویل های متفاوتی نهفته است و لذا این مفاهیم هیچ گاه مطلق نیستند. دیمیتروف، معتقد است

مفاهیم بالقوه منطق فازی مانند کاتالیزوری عمل می کنند که خلاقیت انسان ها را در تلاش و کوشش برای رسیدن به انسجام درونی خود زیاد می کند، و در واقع در ذات خود دارای نوعی "تشتت در معنی" است، بدین صورت که از یک سو می خواهیم احساس تعلق اعضاء سازمان را به یکدیگر افزایش دهیم و از سوی دیگر احساس تعلق آنان به سازمان را بهبود بخشیم. به نظر می رسد که از طریق مفاهیم ذاتی فازی می توان نوعی همبستگی و انسجام در بین گروه ها ایجاد کرد و به آنها هویت گروهی بخشید.

**چهارم - سطوح انسجام سازمانی**

از آنچه گفتیم نباید این نتیجه گیری شود که با استفاده از تعاریف و قواعد مجموعه های فازی می توان به نوعی ترجمه ریاضی فعالیت های روزمره دست زد. هدف از آنچه تا به حال مطرح شد این است که نشان دهیم بسیاری از فعالیت ها و صفاتی که فکر می کنیم به طور قطعی معنای آن را می دانیم و می توانیم به راحتی به یک عضو سازمان نسبت دهیم و یا یک عضو سازمان را فاقد آن بدانیم، در واقع در ذات خود دارای نوعی تشتت در معناست. این تشتت درمعنا یا به عبارت دیگر، بی نهایت ارزشی بودن، می تواند به ما کمک کند تا با درک واقعیت درصحت بسیاری از مفاهیم، در فعالیت های سازمانی و غیرسازمانی، تساهل بیشتری داشته باشیم. در واقع از یک سو می خواهیم‌زبان گفتاری را ترجمه ریاضی کنیم و از سوی دیگر نشان دهیم که منطق فازی و استدلال های مبتنی بر آن به آن نوع موضوعات سازمانی تعلق می گیرند که دارای قطعیت نیستند. علاوه بر آن، سعی بر این است که نشان دهیم صفاتی مانند "مدیر خوب" از جمله مفاهیم چند ارزشی هستند و لذا برای دریافت بهترین مصادیق برای مفاهیم مذکور هیچ وقت در یک جا متوقف نشویم و نظر خود را به عنوان آخرین حجت قبول نکنیم و علاوه بر آن تا حد امکان از قضاوت های تک بعدی بپرهیزیم. دیمیتروف (Dimitrov, ۲۰۰۰) همچنین در مقاله ای با عنوان "مقدمه ای بر فازی شناسی اجتماعی"، حالت هایی از فازی شدگی[1] را در درک و شناخت آدمی مطرح می کند. او بر این باوراست که فازی شناسی اجتماعی به دنبال مطالعه چنین حالت هایی است و لذا نباید به دنبال حذف و یا از بین بردن منطق فازی بود، بلکه باید تلاش کرد تا آن را بهتر بشناسیم و به عنوان یک تسهیل گر، محرک و تقویت کننده برای توسعه دانش و درک خود بکار ببریم. وی معتقد است که به طور کلی فازی شناسی اجتماعی بر موارد زیر تاکید دارد:

۱- فازی بودن در فرآیند درک و شناخت؛

۲- فازی بودن در فرآیند ارتباطات، شکل گیری و پیدایش معانی؛

۳- فازی بودن در توصیف کلان و خرد هستی پویا؛

۴- فازی شدن افکار خشک، رفتارهای سازش ناپذیر، تجارب عاطفی و انعطاف پذیری انسان؛

۵- تمایز بین فازی بودن طبیعی که به طور ذاتی در پیچیدگی های اجتماعی وجود دارد و فازی بودن ساختگی که می کوشد در روح و روان انسان ها برای نیل به اهداف سلطه جویی و غرض ورزی رسوخ کند.

---

1. Fuzzification

کاربرد منطق فازی در مسایل ریاضی و مهندسی بر اساس مجموعه فازی و به صورت توابع عضویت[1] آن تعریف می شود و برای هر یک از توابع مذکور، نظام بین ۰ و ۱ در نظر گرفته می شود. اما در مسایل اجتماعی بر خلاف مسایل فنی که مقیاس ها به صورت کمی مطرح می شوند، توابع عضویت از نوع کیفی هستند و برای آنها اصطلاح توابع کاذب[2] به کار می رود. به عبارت دیگر، ما در مسایل اجتماعی، درگیر یک نوع فازی شدگی هستیم. احساسات ما نسبت به علت و معلول های زندگی به صورت فازی ظهور می کنند و بالاخره شناخت ما نسبت به اینکه برای مثال، چگونه می توان شکاف طبقاتی در جامعه را کاهش داد، همگی به صورت فازی متجلی می شوند. در طول زندگی، دانش فازی گونه ما نه تنها به‌صورت ذخیره انباشت نمی شود، بلکه برای انجام فعالیت های مختلف به نسل های دیگر منتقل می شوند (Dimitrov, ۲۰۰۰).

**کاربرد مدیریتی منطق فازی**

اگر چه مشهورترین کاربردفازی در کنترل سیستم ها است، ولی زمینه های دیگری نظیر مدیریت (نظریه عملیات)، پردازش اطلاعات، فنآوری سیستم های هوشمند و تشخیص الگو هم از این نظریه سود می جویند. مطالب زیادی نیز در مورد ریاضیات فازی به چاپ رسیده است. ریاضیدانان فازی، قضایای غیر فازی را در مورد ساختارهای جبری فازی و فضای توپولوژی فازی اثبات کرده‌اند (بهرامعلی، ۱۳۷۲).

در نظریه مدیریت فازی، فرآیند درک دستورات فازی توسط یک فرد در سازمان سبب می شود که او مجموعه هایی از فازی در ذهن خود تشکیل دهد. این مجموعه های فازی همان تفسیر و تاویل های متناوبی است که فرد از دستورات فازی به عمل می آورد. پس از اینکه دستورات فازی به تفسیر و تاویل برده شد، آنگاه وزن گذاری و یا اولویت بندی شده و مناسب ترین آنها که به دستورات اولیه فازی نزدیک تر هستند، انتخاب می شوند. اغلب اوقات، دستورات فازی به گروهی از افراد در سازمان صادر می شوند. در این حالت، این گروه است که باید برداشت های متفاوتی که در بین اعضاء آن گروه شکل می گیرد، سر و سامان دهد و در نهایت به یک تفسیر واحد همگی در آن اتفاق نظر دارند برسند. دیمیتروف (Dimitriv , ۲۰۰۰) به اصل عدم انسجام در سازمان ها اشاره می کند که چرا کلیه فرامین و دستورات در سطوح مختلف سازمانی یکنواخت نبوده و بین افراد و گروه های مختلف در سازمان برداشت های یکسانی از دستورات و فرامین صادره به عمل نمی آید. در چهارچوب مفاهیم ذاتی و بالقوه، مدیریت فازی این توانایی را دارد که هر گاه بین گزینه های افراد در سازمان از یک طرف و گزینه های گروهی از طرف دیگر تضاد ایجاد شد، انسجام و هماهنگی ایجاد کند.

تلنگی (۱۳۷۷)، نیز رویکرد منطق فازی را برای تعیین ارزش های مورد انتظار و کاربرد آنها در مدیریت پروژه بکار برده است. وی معتقد است این رویکرد بویژه زمانی کاربرد دارد که متغیر های تصمیم گیری

1 . Membership Functions
2 . Pseudo-Functions

غیر ثابت[1] وجود داشته باشند.

**کاربرد منطق فازی در دستیابی به پایداری سیستم‌های کشاورزی[2]**

آندریان (Andriantiatsaholiniaina , ۲۰۰۱) معتقد است، در فرموله کردن سیاست ها برای دستیابی به توسعه پایدار، دولت ها به طور فزاینده ای به مسیر اقتصادی بدون تخریب محیط طبیعی اشاره می کنند. با این وجود، کارگزاران توسعه، نمی توانندبدون دانستن و داشتن برخی ایده های اساسی از اینکه چرا توسعه ناپایدار رخ می دهد، اقدام به سیاست گذاری کنند. در اغلب موارد این سیاست گذاری ها بر اساس آزمون و خطا طراحی شده و به مورد اجرا گذاشته می شوند. اگر نتوانیم پارامترهایی را که ناظر بر پویایی پایداری است، بطور مناسب تعریف کنیم، در نهایت، به ناپایداری می رسیم. اجرای پروژه های پایدار، به راهبردهای مناسب پایداری نیازمند است و اتخاذ راهبردهای مناسب، به تعریف مناسب پایداری و در نتیجه انتخاب شاخص های مناسب بستگی دارد. برای این منظور، قبل از هر چیز باید پرسید "پایداری چیست و چه ابعادی دارد؟" سپس با توجه به تعریف و انتخاب مناسب شاخص های پایداری، به سنجش مناسب آنها اقدام کرد و با توجه به نتایج این سنجش، تصمیم گیری کرد. بدین ترتیب، کاربرد منطق فازی برای ارزیابی پایداری یک سیستم در سه بخش اهمیت دارد:

۱- تعریف مناسب شاخص های پایداری سیستم

۲- سنجش مناسب شاخص های پایداری سیستم

۳- تسهیل فرآیند تصمیم گیری در راستای پایداری سیستم (Silvert , ۱۹۹۷).

سیلورت معتقد است (Silvert, ۲۰۰۰) یکی از نارسایی های سیستم کنونی کشاورزی پایدار تعریف نامناسب ابعاد پایداری در بخش های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی است. این در حالی است که زمانی می توانیم به سیستم کشاورزی پایدار دست یابیم که تعریف صحیحی از آن داشته باشیم چرا که مفهوم پایداری، ذاتا مبهم و تعریف دقیق و قطعی آن بسیار مشکل و حتی غیر ممکن است. وی در مقاله ای دیگر (Silvert, ۲۰۰۰) استدلال می کند که با توجه به اینکه منطق روش های کلاسیک ارزیابی پایداری، منطق قطعی می باشد که پیرامون وجود یا عدم وجود ابعاد مختلف پایداری، کار می کنند تا به گونه ای "قطعی" حکم رانند، در نتیجه پس از ارزیابی یک سیستم، به نوعی سوگیری[3] دچار می شوند. این سوگیری و قطعیت موجب می شود تا نهایتا به علت تلاش برای تصمیم گیری و بحث پیرامون "وجود یا عدم وجود" سازه های موثر، برخی از ابعاد پایداری نادیده گرفته شده (عدم عضویت یا صفر)

1 .Fluctuating

۲. بطور کلی دو نوع توجیه برای استفاده و بکار گیری نظریه سیستم های فازی وجود دارد: الف - دنیای واقعی ما بسیار پیچیده تر از آن است که بتوان یک توصیف و تعریف دقیق برای آن بدست آورد، بنابراین باید یک توصیف تقریبی یا همان فازی که قابل قبول و قابل تجزیه و تحلیل باشد، برای یک مدل معرفی شود. ب - با حرکت ما به سوی عصر اطلاعات، دانش و معرفت بشری بسیار اهمیت پیدا می کند. بنابراین، ما به فرضیه ای نیاز داریم که بتواند دانش بشری را به شکلی سیستماتیک فرموله کرده و آنرا به همراه سایر مدل های ریاضی در سیستم های مهندسی قرار دهد (وانگ، ۱۳۷۸).

3 .Bias

و برعکس بر برخی از ابعاد آن، تاکید بیش از حد شود (عضویت ۱ یا کامل). اما در منطق فازی، به علت تعریف ابعاد پایداری در قالب "مجموعه های پایداری"، نهایتا میزان یا درجه عضویت هر یک از مجموعه های مذکور در پایداری سنجیده شده و بدین ترتیب شاخص های پایداری در قالب "مجموعه های فازی" بطور کامل تری معرفی می شوند. این تعریف کامل تر و صحیح تر، از آنجا ناشی می شود که بطور کلی مجموعه های فازی با شرایط دنیای واقعی ما ارتباط بیشتری دارند و روش قابل اجراتر و رضایت بخش تری را برای استدلال های منطقی ما ارائه می دهند، زیرا انسان ها در طیف وسیعی با اشکال و ابعاد قرار می گیرند و نمی توان انتظار داشت که هر فرد دقیقا در داخل یک مجموعه معین از مشخصات خاصی قرار گیرد (بدون نام، ۱۳۸۰الف). این در حالی است که در یک مجموعه قطعی، هر عضو مجموعه دارای یک درجه عضویت ۱ می باشد. در واقع، وضعیت صفر یا یک، طبیعت دو دویی یک مجموعه قطعی را منعکس کرده (بدون نام، ۱۳۸۰الف) و در مواردی نظیر پایداری، تعریف مناسب شاخص ها را با نقصان روبرو می کند. منطق فازی، همراه با انقلابات عظیمی که در نظریه سیستم ها بر پا کرده است، در ذات خود به نوعی تشتت - که از لحاظ معنی با بی نظمی متفاوت است - باور دارد. به عبارت دیگر، مفاهیمی وجود دارند که به جای صفر و یک، می توانند "نزدیک به صفر" در نظر گرفته شوند و این یعنی قبول عدم وجود مطلق ها. از آنجا که در بسیاری موارد، مطلقی وجود ندارد، بنابراین، معیارهای کمی نیز که بر پایه سنجش دو ارزشی ارسطویی بنا شده اند، تنها "تصویری" از حقیقت هستند و نه "خود حقیقت". باید به یاد داشت که هیچ معیار کمی نمی تواند نشان دهنده ابعاد انسانی یک نفر باشد (جواهردشتی، ۱۳۷۵). در واقع، با پیچیده تر شدن سیستم، توصیف دقیق آن مشکل تر می شود (مهاجری، ۱۳۷۶). در همین رابطه پروفسور لطفی زاده می گوید در سال های اوایل دهه ۶۰میلادی و مدت ها قبل از آن که به تفکر فازی بیاندیشم، یک سوال مهم ذهن مرا به خود مشغول کرده بود. او که خود از بنیان گزاران تفکر سیستماتیک و مولف اصلی کتاب بسیار معروف سیستم های خطی[1] بود، با این سوال اساسی مواجه شده بود که چرا مدل سازی سیستم هایی که با انسان و روابط انسانی سروکار دارند (نظیر پایداری)، در مقایسه با مدل سازی سیستم هایی که صرفا از اجزاء فیزیکی و غیر انسانی درست شده اند تا این اندازه پیچیده تر و در برخی موارد، اصولا غیر ممکن است. پاسخی که وی برای این سوال یافت، آن بود که مبنای مدل سازی های ما ریاضیاتی است که بر اساس منطق ارسطویی و استدلال صفر و یک استوار[2] است (غفاری، ۱۳۷۲).

یکی از مصادیق پیچیدگی مسایل اجتماعی و مربوط به انسان، افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای تامین غذا است. این افزایش تقاضا، تخریب محیط زیست را به همراه داشته است. به عبارت دیگر،

1.Linear Systems

۲. آتانز (Athans) معتقد است که برای هر کنترل فازی، یک کنترل گر متعارف وجود دارد و بنابراین، نیازی به منطق فازی نیست. وی با طرح مثالی در این زمینه بر منطق فازی خرده می گیرد: چنانچه یک اتومبیل فراری (نمادی از منطق مرسوم) و یک الاغ (نمادی از منطق فازی) در اتوبانی در حال حرکت باشند، حرکت اتومبیل فراری می توانست در صورت نبود الاغ در اتوبان، سریع تر صورت گیرد. مثال او به خوبی قابل درک است. با این وجود، از این قیاس، دلایلی را که سبب می شود، کسی از الاغ استفاده نکند را نادیده می گیرد. الاغ در بزرگراه قابل استفاده است (اشاره به محیطی هموار و غیر پیچیده؛ غیر فازی)، ولی وقتی از جاده خارج شویم و به راه های صعب العبور قدم نهیم (اشاره به محیطی ناهموار و پیچیده؛ نظیر پایداری) کاملا به کار می آید. در این حالت بی معنی و غیر منطقی است که باز هم اتومبیل فراری را انتخاب کنیم (بدون نام، ۱۳۷۸).

افزایش رشد جمعیت باعث افزایش تقاضا برای غذا و الیاف شده که می بایست از طریق گسترش سطح زیر کشت و یا بالا بردن عملکرد تولید تامین شود. افزایش محصولات کشاورزی گویای رابطه نا متعادل بین بهره وران و طبیعت است که پایداری طبیعت را کاهش داده و تعادل اکولوژیک را متزلزل کرده است. صاحب نظران همواره پیشنهاد نموده اند که نظام کنونی کشاورزی که بر بکار گیری هر چه بیشتر فن آوری و بهره وری از طبیعت تاکید دارد با نظامی که اصول آن بر بکار گیری هر چه کمتر نهادها است، جایگزین شود. عده ای از دانشمندان، نظام کشاورزی ای را مطلوب می دانند که از لحاظ محیط زیست بی خطر، از نظر اقتصادی کارآ و از دیدگاه انسانی و اخلاقی شایسته جامعه بشری باشد. چنین نظامی را نظام کشاورزی پایدار نامگذاری کرده اند (Andriantiatsahiliniaina , ۲۰۰۱).

همچنین گفته شده است که یکی از نارسایی های نظام کنونی کشاورزی نادیده گرفتن عوامل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در انجام فعالیت های زراعی است. این در حالی است که نظام کشاورزی پایدار به هر یک از این عوامل توجه ویژه ای دارد. سنجش میزان پایداری با توجه به عوامل فوق می تواند به تامین نیازهای غذایی بشر، کیفیت محیط و حفظ ذخایر منابع طبیعی کمک شایانی نماید.

علی رغم پیشرفت های نظری و علمی مهمی که در راستای شفاف سازی موضوع پایداری به دست آمده است، هنوز هم به لحاظ نظری و علمی، فاصله زیادی بین کسانی که اهداف پایداری و افرادی که اهداف توسعه را دنبال می کنند، وجود دارد. دلایل چنین فاصله ای، وجود ویژگی های اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی متفاوت در جوامع است و دوم، نگرش های متفاوت افراد به مقوله پایداری است که نشات گرفته از دیسیپلین ها و تخصص های علمی مختلف آنها است (Comer et al., ۱۹۹۹) که به برداشت های متفاوت از مقوله توسعه پایدار منجر شده است. همچنین، نحوه پیوند دو مقوله پایداری و توسعه، به گونه ای که هم پایداری محیط زیست حفظ شود و هم فرآیند توسعه بتواند پاسخگوی نیازهای در حال رشد جمعیت باشد، بسیار حائز اهمیت است. بنابراین، امروزه، بحث ها بر سر مخالفت با پایداری یا توسعه نیست؛ بلکه بیشتر بر سر نحوه پیوند آنها است (مشفق، ۱۳۸۱). به عبارت دیگر، نظریه پردازان توسعه، در مواجهه با واژه "توسعه پایدار" پایداری را در دل اهداف توسعه مطرح نموده و تلویحا دچار سوگیری شده و اولویت را به تامین اهداف توسعه و دردرجه دوم به اهداف پایداری می دهند. این در حالی است که متخصصان محیط زیست در مواجهه با این واژه، اهداف توسعه را در دل پایداری می بینند و این افراد نیز به نوعی دچار سوگیری شده و اولویت را به پایداری و حفظ زیست بوم می دهند تا تامین اهداف توسعه.

در هر صورت، توسعه پایدار از هر منظری که نگریسته شود؛ در متن و بطن خود بیانگر نوعی تضاد و تناقض مفهومی است (Pretes , ۱۹۹۷؛ Lele, ۱۹۹۱). این تناقض، به ویژه در ارتباط با توسعه و عوامل زیست محیطی مطرح است؛ سیاست توسعه پایدار از جنبه های مختلف با سیاست توسعه متداول تفاوت دارد. توسعه پایدار به منابع طبیعی به عنوان نخستین عامل محدود کننده تولید اهمیت زیادی می دهد،

در حالی که در توسعه متداول بر سرمایه و قابلیت دسترسی به سرمایه به عنوان نخستین محدودیت تاکیدمی ورزد.

بدین ترتیب، در نگرش رایج به مقوله توسعه پایدار، نوعی تفکر ارسطویی حاکم است که پایداری و دستیابی به اهداف توسعه (که مهمترین آن تامین غذای جمعیت رو به رشد است (Seers, ۱۹۸۲) به عنوان دو قطب متضاد و گاها جمع ناپذیر مطرح می شود). با چنین نگرشی، هیچگاه نمی توان به اهداف "توسعه پایدار" به طور کامل دست یافت، زیرا سوگیری به سمت هر یک از این دو قطب، موجب غفلت از اهداف طرف مقابل می شود. دقت شود که با این تعریف، همانطور که ملاحظه می گردد، این دو هدف در تضاد و نه در کنار یکدیگر مطرح شده و بدین ترتیب، پایداری و توسعه دو قطب متضاد به نظر می رسند. این در حالی است که چنانچه منطق ارسطویی سیاه و سفید را در برخورد با توسعه پایدار، به منطق فازی تغییر دهیم، نه تنها این دو مقوله در مقابل یکدیگر قرار نمی گیرند، که جمع پذیر بوده و در دو سر یک طیف قرار می گیرند. بدین معنی که منطق فازی، هم به اهداف پایداری و هم اهداف توسعه با درجات عضویتی در اهداف "توسعه پایدار" نگریسته و این دو را مجموعه هایی می داند که بر روی یک طیف قرار داشته و از یکدیگر جدا نیستند. بدین ترتیب، در منطق فازی بین اهداف این دو مقوله به ظاهر از هم جدا، نوعی آشتی و نه تضاد برقرار است.

در این زمینه، کرنلیسن و همکاران وی (Cornelissen et al ., ۲۰۰۱) نیز معتقدند که نمی توان برای سنجش میزان پایداری یک نظام کشاورزی از منطق ارسطویی استفاده کرد، زیرا با پیچیدگی هایی که در آن وجود دارد نمی توان بطور یقین ادعا نمود که سیستم پایدار "است" و یا "نیست". در این حالت، در مورد تاثیر متغیری که موجود است "اغراق" می کنیم و برای متغیری که به نوعی در سنجش های (غالبا کمی) ما وارد نشده "هیچ" گونه تاثیری در نظر نگرفته و از آن چشم پوشی می کنیم. در نتیجه، در این حالت نتیجه قطعی عبارت خواهد بود از: بود یا نبود تاثیر. این ضعف، به دلیل استفاده از منطق قطعی یا کلاسیک است که به دلیل تلاش برای ارائه پاسخی قطعی، در بیان تاثیرات واقعی متغیر ها ناتوان است[1] اما چنانچه متغیر های مذکور را از طریق منطق فازی مورد سنجش قرار دهیم، به دلیل استفاده از درجه عضویت متغیرمذکور در قالب مجموعه فازی، دو حالت اخیر، تنها حد نهایی[2] تاثیر یا عدم تاثیر آن متغیر است. لذا، نوع نتیجه گیری در این حالت در مقایسه با منطق قطعی نسبی و عبارت خواهد بود از: میزان تاثیر. در حالی است که می توان با استفاده از منطق فازی میزان پایداری یک نظام کشاورزی را بهتر سنجید. وی به همراه دیگر همکاران خود (Cornelissen et al ., ۲۰۰۱) برای آزمون این ادعا، پس از انتخاب متغیر های پایداری و با استفاده از نظریه مجموعه های فازی به کمی نمودن این متغیر ها اقدام کردند. ایشان بیان می دارند، چنانچه به متغیر های نظام کشاورزی پایدار نظری داشته باشیم با متغیر های کیفی نظیر کاهش سموم و یا فرسایش خاک برمی خوریم که با قاطعیت نمی توان اظهار نظر کرد که

---

۱ .لطفی زاده: وقتی تنها وسیله شما چکش باشد، در آن صورت هر چیزی را به صورت میخ می بینید (ماشینچی، ۱۳۷۲).

2 .Extreme

سیستم تولیدات کشاورزی تا چه اندازه پایدار است. این متغیر ها اساسا واژه های فازی تلقی می شوند که می توان از آن طریق واژه گان کیفی زبانی را به اعداد کمی تبدیل نمود.

کوشش هایی که در چند دهه قبل به منظور پیشرفت نظریه مجموعه ها و منطق فازی یا منطق نادقیق به عمل آمده، گامی به سوی بهبود ابزارهایی است که قادر به حل مسایلی از نوع مسایل انسانی با رویکرد های مشابه مغز انسان در فرآیند یادگیری و تصمیم گیری است (حقانی، ؛۱۳۷۷ سرمد سعیدی، ۱۳۸۰). مجموعه های فازی و منطق فازی در ابتدا بر اساس همین موضوع پدید آمدند تا بتوانند به شبیه سازی رفتار انسان بپردازند و سپس با انتقال این رفتار و بوجود آمدن الگوریتم های مناسب، الگویی را بوجود آورند که در موارد غیر قطعی، تصمیم گیری درستی داشته باشند (کوچک خانی، ۱۳۷۵). در واقع، هدف منطق فازی، تنها ترجمه ریاضی زبان گفتاری نیست، بلکه از طریق این منطق سعی داریم نشان دهیم که بسیاری از پدیده ها، دارای قطعیت نبوده و چند ارزشی اند. درک نکته اخیر باعث می گردد با سعی همیشگی در یافتن بهترین مصادیق برای مفاهیم مذکور، هیچ وقت در یکجا متوقف نشویم و نظر خود را به عنوان آخرین حجت قبول نکنیم و علاوه بر آن تا حد امکان از قضاوت های تک بعدی بپرهیزیم (جواهر دشتی، ۱۳۷۵).

بدین ترتیب، یکی از مهمترین مزایای کاربرد منطق فازی، تسهیل فرآیند تصمیم گیری است و از آنجا که تصمیم گیری در باره میزان پایداری یک سیستم کشاورزی، بسیار حساس و ظریف است، کاربرد منطق فازی در ارزیابی میزان پایداری، بسیار اهمیت می یابد. سیلورت (Silvert ۱۹۹۷ ,) استدلال می کند که به دلیل پیچیدگی و چند بعدی[1] بودن یک زیست بوم، باید در اتخاذ تصمیم در مورد میزان پایداری آن حساس بود، چرا که هر گونه تصمیم گیری در مورد پایداری آن، مبادلاتی[2] در بر دارد. بدین معنی که ترجیح برخی شاخص ها برای ارزیابی پایداری یک زیست بوم، علیرغم داشتن مزایایی چند، موجب از دست دادن سایر شاخص هایی خواهد شد که انتخاب نشده اند.

در مسائل مربوط به کشاورزی پایدار، دان و همکاران وی (Dunn et al., ۱۹۹۵) به این نتیجه رسیدند که به علت پیچیدگی هایی که در ابعاد سه گانه کشاورزی پایدار یعنی "تعریف مناسب شاخص های پایداری"، "سنجش آنها" و "تصمیم گیری" در مورد آنها وجود دارد، فرآیند تصمیم گیری در انتخاب روش های کشاورزی پایدار و کشاورزی سنتی برای کشاورزی مشکل به نظر می رسد. ایشان این پیچیدگی را به علت کمی و کیفی بودن مقایسه های اندازه گیری این ابعاد سه گانه می دانند. برای مثال، عوامل اقتصادی و زیست محیطی کشاورزی پایدار را با مقیاس کمی و عوامل اجتماعی را با مقیاس کیفی اندازه گیری می کنند. به نظر می رسد که امکان بکار گیری ویژگی زبانی مجموعه های فازی که می تواند متغیر های کمی و کیفی نظیر ابعاد سه گانه کشاورزی پایدار را با یکدیگر تلفیق نماید، جوابگوی این معضل باشد.

در همین رابطه، مارکس و همکارانش (Marks et al., ۱۹۹۵) از منطق فازی در مدل های

1-Multi-dimensional
2-Trade-offis

تصمیم گیری چند معیاری برای انتخاب مناسب ترین نظام کشاورزی پایدار استفاده کرده اند. در نظام کشاورزی سنتی از الگو های تک معیاری که بیشتر با هدف دستیابی به حداکثر تولید خلاصه می شود، استفاده می گردد. به عبارت دیگر، مسایل اقتصادی محور برنامه ریزی قرار می گیرید. اما به مرور زمان محققان متوجه شدند که پایداری نظام کشاورزی از عوامل مختلفی تشکیل شده است که بدون در نظر گرفتن آنها، کلیه محاسبات اشتباه خواهند بود. در الگوی تصمیم گیری چند معیاری می خواهیم بدانیم چه عواملی در انتخاب نظام کشاورزی پایدار از دیدگاه کشاورزان مهم تلقی می شوند. با کمک منطق فازی هر یک از عوامل کیفی تبدیل به مقیاس کمی می شوند. به عنوان مثال، چنانچه متغیر زیبایی محیط در عملکرد محیطی به صورت "خیلی زشت"، "زشت"، "معمولی"، "زیبا" و "خیلی زیبا" تعریف شده باشد، برای هر یک از این گزینه ها ارزش یک تا پنج قرار داده می شود. ایشان به این نتیجه رسیدند که منطق فازی می تواند آنها را در وزن گذاری معیار ها که از نوع کیفی می باشند، کمک دهند تا از این طریق بتوانند مقادیر قابل برای هر معیار را مشخص کنند.

در نظام های بهره برداری متداول مرتعداری نیز مساله کاملا به چشم می خورد. در نظام های مذکور، هم سیاست گذاران و هم بهره برداران با این چالش عمده روبرو هستند که چگونه از مراتع به نحوی بهره برداری شود که هم بتوان به تولید گوشت قرمز برای عظیم جمعیت روبه رشد موجود اقدام کرد و هم منابع را به گونه ای پایدار حفظ کرد. تا به امروز و از آنجا که منطق ارسطویی در نگرش سیاست گذاران و بهره برداران حاکم بوده است، در مقاطع مختلف، نوعی یکسونگری به نفع حفاظت و یا بهره برداری از مراتع از سوی این افراد اعمال می شده است، به نوعی که در نهایت نه قادر به حفظ مراتع برای نسل های آتی شده اند و نه توانسته اند در تولید گوشت قرمز به خود کفایی دست یابند. این دو پیامد که ناشی از تفکر سیاه و سفید به مقوله بهره برداری و حفاظت از مراتع بوده است، موجب شده تا نه تنها هر ساله مقادیر زیادی گوشت قرمز وارد کشور گردد، بلکه تاکنون خسارات فراوانی به عرصه منابع طبیعی کشور از طریق چرای بی رویه دام و تخریب مراتع وارد شود.

پرتال جامع علوم انسانی

## منابع


۱- اسلامی، اسفندیار (۱۳۷۲). فازی لاژیک، منطق فن آوری فردا است. جام: ماهنامه جامعه اسلامی مهندسین، دوره دوم، شماره ۲۰، صص (۴۵-۴۲).

۲- بدون نام (۱۳۷۵). منطق فازی. ماهنامه رایانه، دوره هفتم، شماره ۵۶، صص (۹۱-۸۸).

۳- بدون نام (۱۳۷۸). کنترل فازی یک فن آوری گسیخته. صنعت هوشمند، دوره (۲)، شماره (۱۱و ۱۲)، صص (۲۲-۱۷).

۴- بدون نام (۱۳۸۰الف). منطق فازی. بزرگراه رایانه، دوره چهارم، شماره ۳۷، صص (۹۳-۸۸).

۵- بدون نام (۱۳۸۰ ب). لطفی عسگرزاده، پدر منطق فازی و نظریه پرداز مجموعه های فازی. صنعت هوشمند، شماره ۲۶، صص (۵۲-۵۱).

۶- بهرامعلی، اصغر (مترجم)(۱۳۷۲). منطق فازی به بازار می آید. رایانه: ماهنامه کامپیوتری، دوره سوم، شماره ۲۷، صص (۵۳-۴۷).

۷- پله تیر، فرانسیس، جعفری (۱۳۸۰). فرا ریاضیات منطق فازی. ترجمه: سیامک کاظمی. نشر ریاضی، دوره ۱۲، شماره (۱و ۲)، صص (۷۹-۷۷).

۸- پورسعید، طلایه (۱۳۷۹). منطق فازی. صنعت هوشمند، دوره ۳، شماره (۱۹ و ۲۰)، صص (۵۳-۵۲).

۹- تلنگی، احمد (۱۳۷۷). رویکرد منطق فازی برای تعیین ارزش های انتظاری و کاربرد آن در مدیریت پروژه. روش، سال هشتم، شماره ۴۷، صص (۱۰-۶).

۱۰- جواهردشتی، رضا (۱۳۷۵). بیان روابط انسانی در چارچوب منطقی: دیدگاهی نو درباره قابلیت های منطق فازی. تدبیر: ماهنامه ویژه مدیران، دوره هفتم، شماره ۶۸، صص (۲۶-۲۴).

۱۱- حقانی، محمود (۱۳۷۷). کاربرد منطق فازی در استاندارد کردن نیروی انسانی. تدبیر: ماهنامه ویژه مدیران، دوره نهم، شماره ۸۵، صص (۳۹-۳۶).

۱۲- زاهدی، مرتضی (۱۳۷۸). نظریه مجموعه های فازی و کاربردهای آن. تهران: نشر کتاب دانشگاهی سرمد سعیدی، سهیل (۱۳۸۰). کاربرد منطق فازی در تصمیم گیری مدیران. روش، دوره دهم، شماره ۶۴، صص (۴۱-۳۷).

۱۳- صنیعی منفرد، محمد علی (۱۳۸۰). توسعه مفهوم جمهوری اسلامی در نظریه فازی. نامه پژوهش، دوره ۵، شماره (۲۰ و ۲۱)، صص (۲۵۲-۲۳۷).

۱۴- طاهری، محمود (۱۳۷۵). آشنایی با نظریه مجموعه های فازی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.

۱۵- غفاری، علی (۱۳۷۷). تفکر فازی و ارتباط آن با مهندسی صنایع. روش، هشتم، شماره ۴۷، صص (۱۳-۱۲).

۱۶- کاسکو، بارت (۱۳۷۷). تفکر فازی (چاپ اول). ترجمه: علی غفاری، عادل مقصودپور، علیرضاپور ممتاز و جمشید قسیمی. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

۱۷- کمیته بهره وری وزارت جهاد سازندگی (۱۳۷۹). شناسایی کارکنان مستعد مدیریت (رویکرد فازی). مجموعه مقالات تجربه های موفق بهره وری در کشور، چهارمین کنگره ملی بهره وری ایران. موسسه فرهنگی و هنری شقایق روستا.

۱۸- کوچک خانی، سیامک (۱۳۷۶). مقدمه ای بر منطق فازی و کاربردهای آن. رایانه: ماهنامه کامپیوتری. دوره هفتم، شماره ۵۶، صص (۸۷-۸۲).

۱۹- کوثری، فرامرز (۱۳۷۱). هفت پرسش فازی، هفت پاسخ فاز. رایانه: ماهنامه کامپیوتری، دوره سوم، شماره ۲۲، صص (۳۱-۳۰).

۲۰- ماشینچی، ماشاءالله (۱۳۷۲). فازی لاژیک، منطق فن آوری فرداست. جام: ماهنامه جامعه ایلامی مهندسین، دوره دوم، شماره ۲۰، صص (۴۵-۴۲).

۲۱- مشبکی، اصغر (۱۳۷۶). کاربرد منطق فازی در مطالعه رفتار سازمانی. نگرشی جدید از گفته های پنهان در رفتار انسانی. عملی، پژوهشی، اقتصادی و مدیریت، شماره ۳۳، صص (۶۱-۳۷).

۲۲- مشفق، ژیلا (۱۳۸۱). بررسی کاربرد کاریکاتور در تغییر نگرش کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان شیراز نسبت به کشاورزی پایدار. پایان نامه کارشناسی ارشد. شیراز: دانشکده کشاورزی.

۲۳- مقدم، رضوان (۱۳۸۰). نگاهی به نظریه فازی. دانش و مردم، دوره دوم، شماره ۱۰، صص (۶۳۴-۶۳۲).

۲۴- مهاجری، کامران(۱۳۷۶). منطق فازی (قسمت اول). علم الکترونیک و کامپیوتر. دوره ۲۱، شماره ۲۶۰، صص (۴۹-۴۶).
۲۵- وانگ، لی (۱۳۷۸). سیستم های فازی و کنترل فازی. ترجمه: محمد تشنه لب، نیما صفارپور و داریوش افیونی. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
۲۶- وحیدیان کامیاد، علی (۱۳۷۷). روش شناسی منطق فازی در بینش اسلامی. دانشگاه اسلامی، دوره دوم، شماره ۵، صص(۱۵۰-۱۴۵).

27- Andriantiatsaholiniaina, L. A. (2001). Sustainability Assessment Using Fuzzy Logic. Ph.D Dissertation. Chania : Dept. of
Production Engineering and Management, Technical University of Crete, Greece.
28- Comer, S., Ekanem, E., Muhammad, S., Singh, S. P. & Tegegne, F. (1999). Sustainable and conventional farmers : A
comparision of socio-economic characteristics, attitude, and beliefs. Journal of Sustainable Agriculture, 15(1) : (24-45).
29- Cornelissen, A. M. G., van deb Berg, J., Kops, W. J., Grossman, M. & Udo, H.M.J. (2001). Assessment of the contribution of
sustainability indicators to sustainable development : a novel approach using fuzzy set theory. Agriculture, Ecosystems and
Environment, 86(2001), (173-185).
30- Dimitrov, V. (1999). Fuzzy Logic in Service to a Better World: The Social Dimensions of Fuzzy Sets. Center for systemic
development. University of Western Sydney. Hawkesbury, Australia.
31- Dimitrov, V1 (2000). Introduction to social fuzziology. Available on: v.dimitrov@edu.au.
32- Dunn, E.G. Keller,. J.M., / Marks, L. A., Ikerd, J. E., Gader, P.D., Godsey, L.D. (1995). Extending the application of fuzzy sets
to the problem of agricultural sustainability. Dept. of Agricultural Economics and Dept. of Electrical and Computer Engineering. University of Missouri-Coumbia. Available on : ssedunn@muccmail.missouri.edu.
33- Grint, K. (1997). Fuzzy Management. Oxford: Oxford University Press. Lele, S. (1991). Sustainable development: A critical review. World Development. 19(6), (607-621).
34- Marks, L. A. Dunn, E. G. Keller, J. M. & Godsey, L. D. (1995). Multiple criteria decision making (MCDM) using fuzzy logic : An innovative approach to sustainable agricultrue. Dept. of Agricultural Economics and Dept. of Electrical and Computer Engineering. University of Missouri-Coumbia. Available on : ssedunn@muccmail.missouri.edu.
35- Work of M. Sugeno. Baco Raton : CRC Press.
36- Pretes, M. (1997). Development and Infinity. Word Development, 25(9), (1421-1430).
37- Seers, D. (1982). The meaning of development. In : Progress in Rural Extension and Community Development, Vol. 1. G. E. Jones and M. J. Rolls (Eds.) pp. (7-24).
38- John Wiley & Sons, Itd...
39- Silvert, W. (1997). Ecological impact classification with fuzzy sets. Ecological Modelling, 96, (1-10).
40- Silvert, W. (2000). Fuzzy indices of environmental conditions. Ecological Modelling, 130(1-3), (111-119).
41- Silvert, W. (2000). Fuzzy aspects of systems science. Presented at Systems Science 2000 in Osnabruck, Germany (in press). Available on : silvert@milpah.com.
42- Zimmerman, H. J. (1996). Fuzzy Set Theory and It's Applications (Third Edition). Boston: Kluwer Academic Publishers.