

کاربرد استنتاج منطق فازی در مطالعات برنامه ریزی و توسعه منطقه‌ای

عباس امینی فسخودی^۱

چکیده

اهمیت و ضرورت دیدگاهها و تحلیلهای منطقه‌ای در برنامه‌ریزیهای توسعه‌ای را از طرفی می‌توان ناشی از لزوم تعادل و توازن منطقه‌ای در برنامه‌های توسعه دانست و از طرف دیگر به نقش و کارکردی نسبت داد که در شناسایی نابرابریها و ارائه راهکارهایی در جهت نیل به توازن و عدم تمرکز در تصمیمها و تخصیص ایفا می‌کنند. سهم عمده‌ای از موفقیت مطالعات این رشته نیز در گرو روشهای مورد استفاده آن است. علی‌رغم موفقیت و جامعیت نسبی و عملکرد قابل قبول روشهای نظیر تکنیکهای چندمتغیره آماری و روشهای ارزیابی چندمعیاره (MCA)، انعطاف‌ناپذیری رویکردهای متعارف کمی و مقید بودن و لزوم رعایت پیشفرض‌های اغلب غیرقابل تأمین یا کنترل در روشهای آماری، لزوم بهره‌گیری از رهیافتهای نوین و جست‌وجو برای یافتن روشهای مفیدتر و مناسبتر را به ضرورتی غیر قابل انکار و اجتناب برای تحقیقات این رشته‌ها و محققان علوم تبدیل کرده است.

منطق فازی و استدلال تقریبی را می‌توان به دلیل توانایی بررسی و صورت‌بندی ریاضی مفاهیم نادقیق و ناخوش‌تعریف، شبیه‌سازی نحوه استدلال و تصمیم‌گیری انسانی، همچنین امکان و اجازه شبیه‌سازی پویایی و عدم قطعیت یک سیستم بدون نیاز به توصیفات ریاضیاتی مفصل در شرایط و موقعیت‌هایی که ریاضیات متعارف چندان کارایی ندارد، از جمله این گونه رهیافتهای نوین به حساب آورد.

مقاله حاضر با بهره‌گیری از رویکرد سیستمهای استنتاج فازی (FIS) و بر اساس اطلاعات بیش از ۱۵۰ متغیر مختلف در رابطه با جوانب متعدد توسعه، به تحلیل توسعه‌یافتگی شهرستانهای نه‌گانه استان بوشهر پرداخته است. به این منظور مدلی سه مرحله‌ای برای تحلیل سطوح و مؤلفه‌های متعدد انسانی (اجتماعی و فرهنگی) و فیزیکی (اقتصادی و زیربنایی) توسعه، به کمک نرم‌افزار MATLAB طراحی و با بهره‌گیری روش استلزام‌ممدانی برای استنتاجات فازی مربوطه، اجرا گردیده است. در پایان بر اساس نتایج به دست آمده، وضعیت موجود توسعه استان تشریح و پیشنهادهایی نیز برای ادامه کار و انجام مطالعات تکمیلی ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: توسعه، برنامه‌ریزی منطقه‌ای، منطق فازی و سیستمهای استنتاج فازی

۱ - مقدمه

در اکثر مطالعات برنامه ریزی منطقه ای (اعم از شهری و روستایی) با گونه ای از مسائل تصمیم گیری های چندمعیاره^۱ (MCDM) مواجه هستیم که در بیشتر موارد نیز از نوع روشهای MADM^۲ هستند. در این تصمیم گیریها به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینگی از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد. بدین ترتیب ماتریس تصمیم گیری در این گونه برنامه ریزیها شامل مناطق مختلف یا واحدهای برنامه ریزی به عنوان گزینه ها و شاخصها یا عوامل دخیل در برنامه ریزی به عنوان معیارها خواهد بود.

از جمله مطالعات مقدماتی در برنامه ریزی توسعه، شناخت اولیه و ارزیابی علمی وضعیت موجود مناطق و واحدهای برنامه ریزی (و به عبارت دیگر واحدهای تصمیم گیری^۳) است، که در قالب اندازه گیری و تعیین درجه توسعه یافتگی واحدها یا مناطق مورد مطالعه صورت می گیرند. گرچه در سالهای اخیر روشهای غیر آماری MADM (از قبیل AHP^۴) یا روشهای برنامه ریزی ریاضی نیز از سوی برخی محققین این رشته ها مورد استفاده قرار گرفته است (امینی فسخودی، ۱۳۸۱)، لکن مبنای کار در این گونه مطالعات ماتریس تصمیم گیری فوق و روشهای مورد استفاده نیز به طور عام روشهای چندمتغیره آماری نظیر تحلیل عوامل، تجزیه کلاستر، تحلیل ممیزی و علی الخصوص روش آنالیز تاکسونومی می باشد. علاوه بر آن که این روشها از قابلیت به کارگیری داده های نادقیق^۵ و معیارها، شاخصها و مفاهیم ناخوش تعریف^۶ - از قبیل هنجارها و ارزشها که اغلب سهم و نقش تعیین کننده و غیر قابل اغماضی نیز در رابطه با جنبه های کیفی و انسانی توسعه داشته و از طرفی صریحاً قابل تعریف و دقیقاً قابل سنجش و اندازه گیری نیز نمی باشند - برخوردار نیستند، به دلیل ماهیت آماری و مبنای احتمالاتی خود نیز متکی به حجم نمونه^۷ به اندازه کافی بزرگ بوده و در نتیجه قادر به ارزیابی مستقل از یکدیگر مناطق برنامه ریزی و واحدهای تصمیم گیری (تحلیل جداگانه^۸ تکتک واحدها) نیز نمی باشند.

ابهام^۷ و عدم قطعیت^۸ ذاتی حاکم بر علوم انسانی به طور کلی و به ویژه محیط های برنامه ریزی و تصمیم گیری، نیازمند روش هایی است که امکان بررسی و صورت بندی ریاضی مفاهیم نادقیق و ناخوش

1) Multi Criteria Decision Making

2) Multi Attribute Decision Making

3) Decision Making Units

4) Analytic Hierarchy Process

5) Imprecise Data

6) Ill-defined

7) Vagueness

8) Uncertainty

تعریف این علوم را فراهم نمایند. تئوری مجموعه های فازی^۱ و منطق فازی^۲، به عنوان نظریه ای ریاضی برای مدل سازی و صورت بندی ریاضی ابهام و عدم دقت موجود در فرآیندهای شناختی انسانی (Lootsma, ۱۹۹۷)، ابزارهای بسیار کارآمد و مفیدی برای این منظور به شمار می روند. این نظریه که نخستین بار توسط پروفیسورزاده^۳ دانشمند ایرانی الاصل دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۵ مطرح شد، حوزه های بسیاری از علوم مختلف مانند طبیعی، زیستی، علوم اجتماعی، مهندسی، علوم کامپیوتر، علوم سیستمی و همچنین مدیریت، برنامه ریزی و تصمیم گیری را فرا گرفته است (Klir and Folger, ۱۹۸۸). نظریه مجموعه های فازی ابزارهایی فراهم می آورد که می توان به وسیله آنها نحوه استدلال و تصمیم گیری انسانی را صورت بندی ریاضی بخشید و از الگوهای ریاضی به دست آمده در زمینه های گوناگون علوم و تکنولوژی استفاده کرد (طاهری، ۱۳۷۸).

منطق فازی به علت توانایی رقابت با هوشمندی انسانی و رهیافت سیستمیک خود در بررسی شرایط و موقعیتهای مبهم که ریاضیات متعارف چندان کارایی ندارد، ابزار تکنیکی طبیعی ای را برای ارزیابی پدیده ها و امور فراهم آورده است (Andriantiatsaholinaina et al, ۲۰۰۴). نظریه و منطق فازی ابزاری علمی است که امکان و اجازه شبیه سازی پویایی یک سیستم را بدون نیاز به توصیفات ریاضیاتی مفصل و با استفاده از داده های کیفی و کمی پدید آورده است (Phillis et al, ۲۰۰۱).

منطق فازی همچنین شکاف بین سنجش ها و اندازه گیریهای علمی و نظام مند را با ملحوظ داشتن هم زمان اهداف اجتماعی برطرف نموده و روشی را برای برگردان طیف متنوع و گسترده ای از اطلاعات - داده های عینی، اطلاعات کمی، نظرات و قضاوت های ذهنی و نیازهای اجتماعی - به یک زبان طبیعی برای توصیف اثرات محیط فراهم می آورد (Silvert, ۲۰۰۰ و Kuswandari, ۲۰۰۴).

در اکثر موارد استفاده عملی از شاخصها نیز به عنوان ابزار، به علت فقدان داده های مناسب (مرتبط، معتبر و کافی) محدود می شود (Kuswandari, ۲۰۰۴). متأسفانه ابزارها و روشهای سنتی کمی برای تصمیم گیری نیز به دلایلی از قبیل اطلاعات بیشتر کیفی تا کمی، معیارها و شاخصهای ناکامل، تعاریف، تصورات و ادراکات متعارض، ریسک و عدم قطعیت و هزینه های بالای دسترسی به اطلاعات دقیق، به هنگام مواجهه با اطلاعات نادقیق و مفاهیم ناخوش تعریف بسیار ضعیف عمل می کنند که هرکدام از این موانع نیز در جای خود درخور توجه هستند (Ducy et al, ۱۹۹۹).

1) Fuzzy Set Theory

2) Fuzzy Logic

3) L. A. Zadeh

۲- متغیرها و شاخصهای تحقیق و معرفی مدل مورد استفاده

بیش از ۱۵۰ متغیر در رابطه با جنبه‌های مختلف توسعه انتخاب و داده‌های مربوط به آنها از طریق آمارنامه‌ها و سالنامه‌های آماری استان بوشهر در سایت سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان و همچنین در برخی موارد (نظیر متغیرهای آموزشی) نیز با مراجعه و تماس با سازمان مربوطه، جمع‌آوری و جهت انجام پردازشهای بعدی به محیط Excel وارد شد. جدول شماره (۱) فهرستی از متغیرهای تحقیق را همراه با دسته‌بندی اولیه‌ای از آنها در قالب ۱۲ شاخص اولیه پایه نشان می‌دهد.

استنتاج معیار و ضابطه واحدی برای ارزیابی توسعه یافتگی مناطق مستلزم اعمال چندین مرحله از فرآیند استنتاج منطقی فازی^۱ و انجام استدلال تقریبی^۲ است، به این ترتیب که در مرحله اول و بر اساس دسته‌بندی اولیه صورت گرفته روی مجموعه متغیرها، هر کدام از شاخصهای ۱۲ گانه حاصل می‌شوند. در مرحله بعد چهار مؤلفه ثانویه^۳ توسعه یافتگی به شرح: توسعه اقتصادی (بر اساس شاخصهای کشاورزی، دامداری و صنعت)، توسعه زیربنایی (بر اساس شاخصهای زیرساختها، ارتباطات و تسهیلات شهری)، توسعه اجتماعی (بر اساس شاخصهای اشتغال، بهداشت و خدمات اجتماعی) و توسعه فرهنگی (بر اساس شاخصهای عوامل فرهنگی، آموزش و انحرافات اجتماعی) استنتاج می‌شوند. در سومین مرحله استنتاج از ترکیب دو مؤلفه ثانویه اقتصادی و زیربنایی توسعه، مؤلفه اولیه توسعه کالبدی و از ترکیب دو مؤلفه ثانویه دیگر اجتماعی و فرهنگی توسعه نیز مؤلفه اولیه توسعه انسانی به دست خواهد آمد. در چهارمین و آخرین مرحله از فرآیند تحلیل نیز دو مؤلفه اولیه^۴ توسعه انسانی و توسعه کالبدی با یکدیگر ترکیب شده و شاخص نهایی توسعه یافتگی کلی مناطق استنتاج می‌شود. شکل شماره (۱) مراحل مختلف استنتاج و پیکره اصلی مدل مورد استفاده را نشان می‌دهد.

۳- تشکیل پایگاه دانش^۵

همان‌طور که از دقت در مدل فوق و مؤلفه‌های توسعه یافتگی توصیف شده در آن استنباط می‌شود، داده‌ها و اطلاعات واقعی تنها در اولین سطح مدل و در رابطه با متغیرهای پایه توسعه یافتگی وجود دارند. بنابراین هر کدام از شاخصها، مؤلفه‌های ثانویه و اولیه و شاخص نهایی توسعه یافتگی در واقع متغیرهای

1) Fuzzy Logic Inference

2) Approximate Reasoning

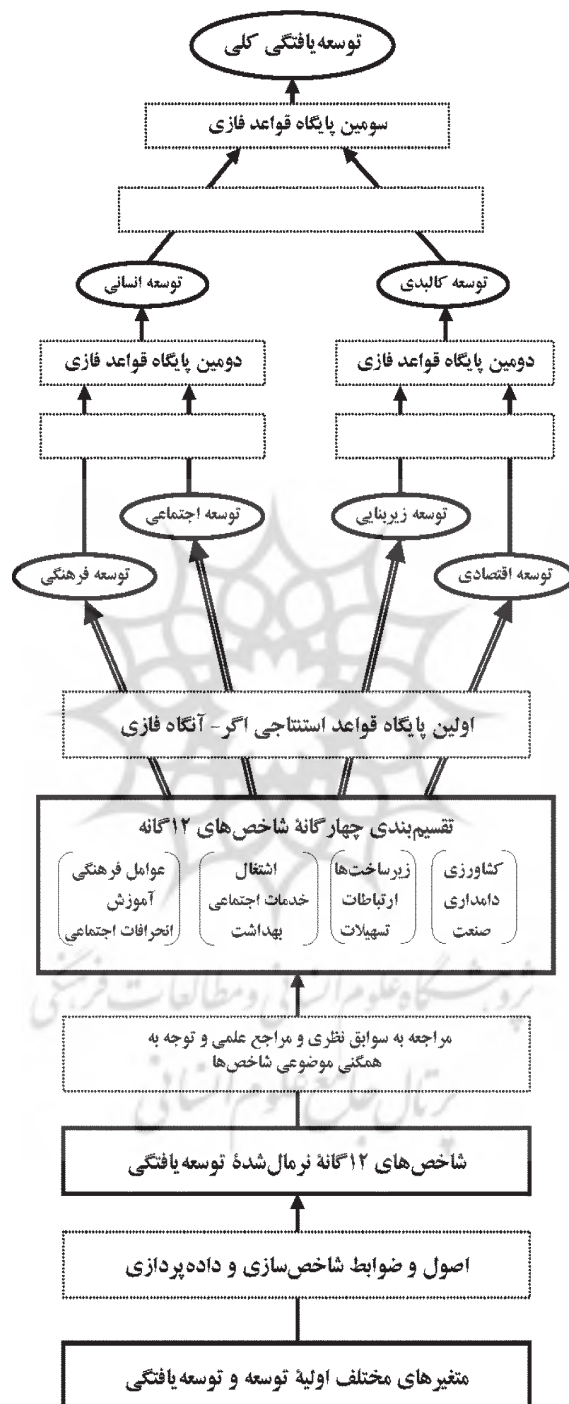
3) Secondary components

4) Primary Components

5) Knowledge Base

جدول (۱) متغیرهای اولیه و شاخصهای پایه ارزیابی توسعه یافتگی در مدل مورد استفاده

شاخصهای اصلی	متغیرهای اولیه مربوطه	شاخصهای اصلی	متغیرهای اولیه مربوطه
(۱) جمعیت و اشتغال	۱- جمعیت ۲۸۱- تراکم جمعیت ۳- جمعیت شهری ۴- جمعیت روستایی ۵- نرخ شهرنشینی ۶- درصد جمعیت شهرستان به کل ۷- متولدین ۱۳۸۱ ۸- میزان مرگ و میر ۹- جمعیت ۱۰ ساله و بیشتر ۱۰- جمعیت فعال اقتصادی ۱۱- جمعیت شاغل ۱۲- جمعیت بیکار ۱۳- تعداد کارکنان استخدامی	(۷) صنعت	تعداد (۱- شناورهای صیادی ۲- کارگاه پرورش میگو ۳- استخر پرورش میگو ۴- کارگاههای صنعتی ۵- پتروشیمی ۶- پالایشگاه ۷- مخازن سوختی ۸- جایگاه فروش مواد سوختی ۹- پمپ بنزین)، مقدار مصرف (۱- بنزین ۲- نفت سفید ۳- گاز مایع)
	(۲) کشاورزی		مساحت کل (۱- اراضی قابل کشت ۲- اراضی زیر کشت ۳- آبی قابل کشت ۴- آبی زیر کشت ۵- باغ و قلمستان آبی ۶- دیم قابل کشت ۷- دیم زیر کشت ۸- باغ و قلمستان دیم ۹- گلخانه ۱۰- جنگل ۱۱- مرتع)، تعداد (۱۲- زارعین ۱۳- باغداران) بهره بردار
(۳) دامداری	آب کشاورزی	(۸) زیر ساخت ها	تعداد (۱- چاه عمیق ۲- چاه نیمه عمیق ۳- رشته قنات ۴- چشمه ۵- تخلیه سالانه آب
	تولیدات		تعداد (۱- چاه عمیق ۲- چاه نیمه عمیق ۳- رشته قنات ۴- چشمه ۵- تخلیه سالانه آب
(۴) خدمات اجتماعی	ماشینها و دیگر نهاده های کشاورزی	(۹) تسهیلات شهری	تعداد (۱- تراکتور ۲- تیلر ۳- کمباین ۴- تریلر ۵- دروگر ۶- موور ۷- ردیف کن ۸- بیلر ۹- چاپر ۱۰- خرمن کوب ۱۱- گاوآهن تراکتوری ۱۲- دیسک ۱۳- فاروور ۱۴- نهرکن ۱۵- کولتیواتور ۱۶- کودپاش ۱۷- سمپاش تراکتوری ۱۸- سمپاش موتوری ۱۹- سمپاش پشته ۲۰- موتور پمپ آب)، مقدار (۲۱- بذر ۲۲- کود ۲۳- سم)
	جمعیت دامی		تعداد کل (۱- گاو اصیل ۲- گاو دورگ ۳- گاو بومی ۴- گوسفند ۵- بز ۶- شتر)
(۵) فرهنگ	تولیدات دامی	(۱۰) ارتباطات	مقدار کل تولید (۱- شیر ۲- گوشت قرمز ۳- گوشت مرغ ۴- تخم مرغ ۵- عسل ۶- میگو)
	خدمات اجتماعی		تعداد (۱- واحدهای ارائه دهنده خدمات توان بخشی ۲- مجتمع روستایی سازمان بهزیستی ۳- واحدهای مهدکودک ۴- مجتمع شهری سازمان بهزیستی ۵- بیمه شدگان تحت پوشش سازمان تأمین اجتماعی ۶- بیمه شدگان تحت پوشش خدمات درمانی ۷- مددجویان دائمی کمیته امداد)
(۶) انحرافات اجتماعی	تولیدات دامی	(۱۱) بهداشت	تعداد (۱- مدارس ۲- کلاسها ۳- دانش آموزان ۴- نفر در کلاس ۵- کارمندان شاغل لیسانس و بالاتر ۶- کارمندان شاغل فوق دیپلم ۷- تعداد کارمندان شاغل دیپلم ۸- کارمندان شاغل کمتر از دیپلم ۹- کلاس نهضت سوادآموزی ۱۰- دانشگاه ملی ۱۱- دانشگاه آزاد ۱۲- دانشگاه پیام نور ۱۳- علمی- کاربردی)
			فرهنگ
(۶) انحرافات اجتماعی	تولیدات دامی	(۱۲) آموزشی	تعداد (۱- قاچاقچی دستگیر شده در ارتباط با مواد مخدر ۲- معتاد دستگیر شده در ارتباط با مواد مخدر ۳- سرقت ۴- مقدار مواد مخدر کشف شده
			انحرافات اجتماعی

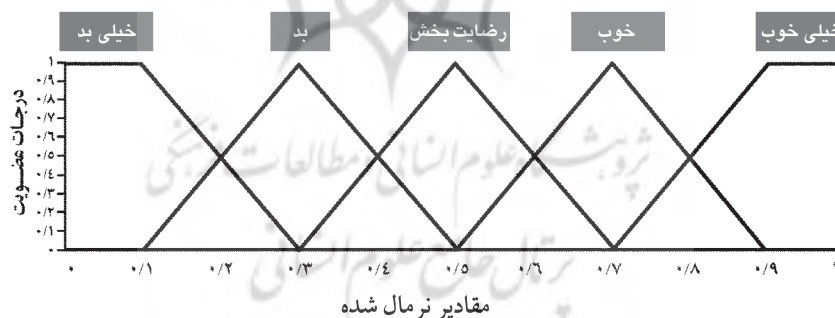


شکل (۱) مؤلفه‌های ارزیابی توسعه، مراحل اصلی استنتاج و پیکره مدل فازی مورد استفاده

زبان‌شناختی^۱ هستند که با به کارگیری منطق فازی و استدلال تقریبی از داده‌های پایه استنتاج می‌شوند. از این رو ضرورت اصلی در طراحی یک سیستم خبره فازی، نخست انتخاب توابع عضویتی^۲ با کارایی بالا برای متغیرهای زبان‌شناختی فوق و تعریف مجموعه‌های فازی ورودی و خروجی هر مرحله (تشکیل پایگاه داده) و سپس جمع‌آوری دانش در مورد مسأله مورد بررسی و کدکردن دانش جمع‌آوری شده در قالب قوانین منطقی اگر-آن گاه فازی^۳ (تشکیل پایگاه قانون) می‌باشد (کاتبی، ۱۳۸۱؛ با تغییر). در ادامه مجموعه‌های فازی متناظر با شاخصها و مؤلفه‌های توسعه یافتگی را تعریف کرده، قواعد منطقی برای ترکیب آنها و استنتاجات مرحله‌ای توسعه یافتگی را بیان نموده و با پیاده‌کردن آن در *Tool Box* منطق فازی نرم افزار *MATLAB*، استدلالات تقریبی مربوطه را انجام خواهیم داد.

۳-۱- تشکیل پایگاه داده^۴ (مجموعه‌های فازی و توابع عضویت)

هرکدام از سه متغیر زبانی توسعه یافتگی کلی^۵ (ODI) و مؤلفه‌های اولیه توسعه انسانی^۶ (HD) و توسعه کالبدی^۷ (PD) را به صورت مجموعه‌هایی فازی با ۵ مقدار (ارزش) زبانی^۸ خیلی بد (VB)، بد (B)، رضایتبخش (S)، خوب (G) و خیلی خوب (VG) و با توابع عضویتی ذوزنقه‌ای^۹ مانند آنچه در شکل شماره (۲) آمده است، در نظر می‌گیریم.



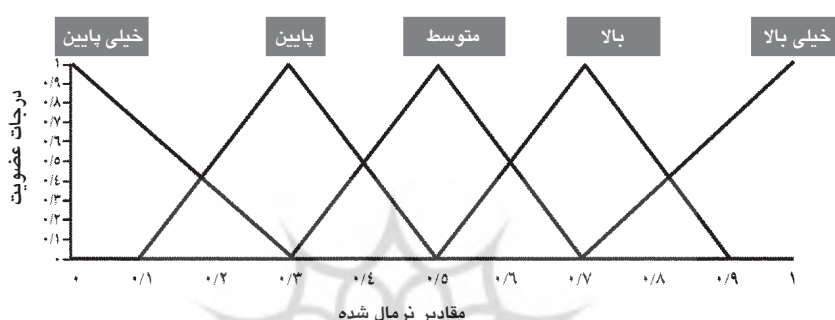
شکل (۲) مجموعه فازی، ارزشهای زبانی و توابع عضویت مربوطه برای ODI، HD و PD

مقادیر نرمال شده در محور افقی (ورودیهای مرحله سوم)، خروجیهای نافازی شده و نرمال شده مرحله دوم است که با ترکیب هرکدام از دو گروه مؤلفه‌های ثانویه، مؤلفه‌های اولیه HD و PD استنتاج

1) Linguistic Variables	2) Membership Functions (MF)	3) Fuzzy IF-THEN Logical Rules
4) Data Base	5) Overall Development Index	6) Human Development
7) Physical Development	8) Linguistic Value	9) Trapezoidal Shape MFs

می شوند.

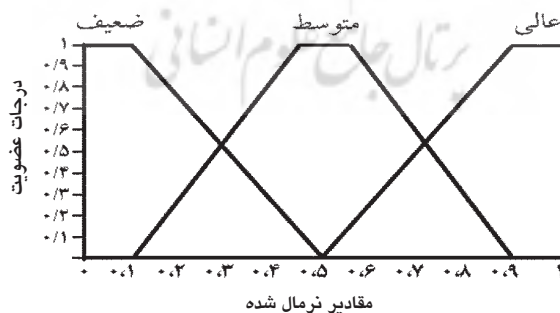
برای هر کدام از چهار مؤلفه ثانویه توسعه یافتگی یعنی توسعه اقتصادی (ED)، توسعه زیربنایی (ID)، توسعه اجتماعی (SD) و توسعه فرهنگی (CD) نیز توابع عضویتی مثلثی شکل^۱ و بصورت مجموعه های فازی دیگری با ۵ ارزش یا مقدار زبانی خیلی پائین (VL)، پائین (L)، متوسط (I)، بالا (H) و خیلی بالا (VH) به شکل زیر تعریف شد.



شکل (۳) مجموعه فازی، ارزشهای زبانی و توابع عضویت مربوطه برای مؤلفه های ثانویه

مجدداً مقادیر نرمال شده در محور افقی یا به عبارت دیگر ورودیهای دومین مرحله استنتاج، خروجیهای مرحله اول بوده که در آن هر کدام از ۴ گروه شاخصهای سه گانه برای استنتاج هر کدام از ۴ متغیر ثانویه به طور مجزا ترکیب می شوند.

در اولین پایگاه داده نیز شاخصهای ۱۲ گانه فوق در قالب مجموعه های فازی با توابع عضویت دوزنقه ای شکلی به صورت زیر و با سه مقدار یا ارزش زبانی عالی (E: Excellent)، متوسط (M: Moderate) و ضعیف (W: Weak) تعریف می شوند.



شکل (۴) مجموعه فازی، ارزشهای زبانی و توابع عضویت مربوطه برای شاخصهای ۱۲ گانه

1) Triangular Shape MFs

ورودیه‌ها یا مقادیر نرمال شده در محور افقی نیز از آماده سازی و پردازش داده های^۱ اولیه متغیرهای پایه بر اساس اصول و روشهای آماری شاخص سازی و سپس نرمال نمودن آنها در دامنه ای بین ۰ تا ۱ حاصل می شوند .

لازم به یادآوری است که دلیل استفاده از توابع مثلثی و ذوزنقه ای، علاوه بر سادگی محاسبات در قسمتهای بعدی، قابلیت بیشتر آنها در به تصویر کشیدن و انتقال مفاهیم و روش شناسی منطقی فازی نسبت به انواع دیگر است، که خود هدفی برای مقاله حاضر محسوب می شود .

شایان ذکر است که ۱۲ شاخص فوق را نیز می توان با در نظر گرفتن مرحله دیگری از استدلالات تقریبی فازی و بر اساس متغیرهای پایه استنتاج نمود، لکن به دلیل کثرت تعداد قوانین لازم برای تشکیل پایگاه قانون مربوطه و ابهام زیاد در تعریف توابع عضویت متفاوت و مناسب برای تک تک متغیرها، پیچیدگی سیستم بسیار افزایش یافته و به زمان بسیار زیادی نیز برای تشکیل پایگاه دانش لازم نیاز است . به همین دلیل برای تهیه و استخراج آنها از روشهای آماری استفاده شد و عملیات نرمال سازی^۲ نیز به شرحی که در ادامه خواهد آمد، جهت آماده نمودن آنها به عنوان ورودیهای اصلی سیستم فازی مورد استفاده، انجام شد .

۳-۲- تشکیل پایگاه قانون^۳ (قواعد منطقی فازی)

مهمترین بخش در روش استنتاج فازی ساختن پایگاه قانون است که قوانینی را از سطح شاخصهای پایه تا بالاترین سطح توسعه یافتگی به دست می دهد . این قوانین در واقع بیانگر وابستگی های متقابل بین شاخصها و مؤلفه های توسعه و نحوه تعامل و تأثیر و تأثر آنها بر یکدیگر است (۲۰۰۱ Fuller & Carelsson). مثالی از قواعد اگر- آن گاه مورد استفاده در مدل عبارت است از :

(۱) اگر توسعه انسانی خوب باشد و توسعه کالبدی بد باشد، آن گاه توسعه یافتگی کلی بد است (از پایگاه سوم)؛

(۲) اگر توسعه اجتماعی خیلی پایین باشد یا توسعه فرهنگی خیلی پایین باشد، آن گاه توسعه انسانی خیلی بد است (از پایگاه دوم)؛

(۳) اگر اشتغال متوسط باشد و خدمات اجتماعی عالی باشد و بهداشت ضعیف باشد، آن گاه توسعه

1) Data Processing

2) Normalization

3) Rule Base

اجتماعی پایین است (از پایگاه اول).

همان طور که ملاحظه می شود هر قانون از دو بخش مقدم^۱ (اگر) و تالی^۲ (آن گاه) تشکیل می شود که بخش تالی همواره یک عبارت اسمی ولی بخش مقدم معمولاً شامل چندین عبارت اسمی (یا اصطلاحاً چندین شرط) است که با رابط «و» منطقی^۳ با هم مرتبط می شوند. تعداد این قوانین به تعداد ورودیها و تعداد طبقات بین ورودیها (سطوح مختلف مؤلفه ها) و همچنین نوع مجموعه های فازی تعریف شده در پایگاه داده (تعداد ارزش های زبانی هر کدام از مؤلفه های اولیه، ثانویه و شاخصها) بستگی دارد (Attar, ۲۰۰۲).

با به کارگیری «و» منطقی و متناظر آن عملگر^۴ min برای ترکیب شرایط در بخش مقدم قوانین، تعداد $5^2 = 25$ قانون برای استنتاج توسعه یافتگی کلی (ODI) از روی مؤلفه های اولیه HD و PD توسعه، در سومین پایگاه قانون لازم است، چون در بخش مقدم قوانین از ۲ متغیر زبانی که هر کدام دارای ۵ مقدار زبانی هستند استفاده می شود. همچنین در دومین پایگاه قانون نیز استنتاج هر کدام از ۲ مؤلفه اولیه انسانی و کالبدی توسعه از روی مؤلفه های ثانویه مربوطه مستلزم تنظیم $5^2 = 25$ قانون (۲ متغیر زبانی و ۵ مقدار زبانی برای هر کدام) است. بدین ترتیب در دومین پایگاه تعداد ۵۰ قانون اگر-آن گاه فازی خواهیم داشت. در اولین پایگاه قانون نیز هر کدام از ۴ مؤلفه ثانویه از ترکیب $3^3 = 27$ قانون استنتاج می شوند که ۳ شاخص (متغیر زبانی) و هر کدام با ۳ ارزش زبانی ضعیف، متوسط و عالی در آن دخیل هستند. بنابراین تعداد $4 \times 27 = 108$ قانون نیز در اولین پایگاه قانون وجود خواهد داشت. جدول شماره (۲) نحوه ترکیب قوانین و نتایج حاصل از آنها را در ۳ پایگاه قانون فوق نشان می دهد. در این جدول از دومین پایگاه تنها یک گروه ۲۵ تایی (در رابطه با توسعه انسانی) و از اولین پایگاه نیز تنها یک گروه ۲۷ تایی (در رابطه با توسعه اجتماعی) آمده است.

۴. نرمال سازی داده های پایه

در اولین مرحله از فرآیند استنتاج داده های پردازش شده کمی و عینی شاخصهای پایه به سیستم وارد می شوند. این اطلاعات با وجود پردازشهای موازی و اعمال روشهای استاندارد، دارای مقیاس های

1) Antecedent

2) Consequent

3) Logical And Connective

4) Min Operator

جدول (۲) قواعد زبانی (فازی) مربوط به استنتاج مؤلفه های اولیه، ثانویه و کلی توسعه یافتگی در پایگاههای مربوطه

الف - ۲۵ قانون پایگاه سوم برای استنتاج توسعه یافتگی کلی (OD)					
توسعه انسانی (HD)	خیلی بد (VB)	بد (B)	رضایت بخش (S)	خوب (G)	خیلی خوب (VG)
توسعه کالبدی (PD) خیلی بد (VB) بد (B) رضایت بخش (S) خوب (G) خیلی خوب (VG)	VB B VB B VB	VB B B B B	VB B S S S	VB B S G G	VB B S G VG
ب - ۲۵ قانون پایگاه دوم برای استنتاج مؤلفه اولیه توسعه انسانی و به طریقی مشابه برای دیگر مؤلفه اولیه توسعه کالبدی					
توسعه اجتماعی (SD)	خیلی پایین (VL)	پایین (L)	متوسط (A)	بالا (H)	خیلی بالا (VH)
توسعه فرهنگی (PD) خیلی پایین (VL) پایین (L) متوسط (A) بالا (H) خیلی بالا (VH)	VL L VL L VL	VL L L L L	VL L A A S	VL L A H H	VL L A H VH
پ - ۲۷ قانون پایگاه اول برای استنتاج مؤلفه های ثانویه					
ورودها (شرایط قسمت مقدم قوانین) و خروجی (قسمت تالی قوانین) (توسعه اجتماعی و به طریقی مشابه هر کدام از ۳ دیگر مؤلفه ثانویه)					
قانون	اجزای اشتغال	خدمات اجتماعی	و «بهداشت» باشد :	آنگاه «توسعه اجتماعی»	
۱	عالی	عالی	عالی	خیلی بالا	
۲	عالی	عالی	متوسط	بالا	
۳	عالی	عالی	ضعیف	رضایت بخش	
۴	عالی	متوسط	عالی	بالا	
۵	عالی	متوسط	متوسط	رضایت بخش	
۶	عالی	متوسط	ضعیف	رضایت بخش	
۷	عالی	ضعیف	عالی	بالا	
۸	عالی	ضعیف	متوسط	پایین	
۹	عالی	ضعیف	ضعیف	خیلی پایین	
۱۰	متوسط	عالی	عالی	بالا	
۱۱	متوسط	عالی	متوسط	بالا	
۱۲	متوسط	عالی	ضعیف	پایین	
۱۳	متوسط	متوسط	عالی	بالا	
۱۴	متوسط	متوسط	متوسط	رضایت بخش	
۱۵	متوسط	متوسط	ضعیف	پایین	
۱۶	متوسط	ضعیف	عالی	رضایت بخش	
۱۷	متوسط	ضعیف	متوسط	پایین	
۱۸	متوسط	ضعیف	ضعیف	خیلی پایین	
۱۹	ضعیف	عالی	عالی	بالا	
۲۰	ضعیف	عالی	متوسط	رضایت بخش	
۲۱	ضعیف	عالی	ضعیف	خیلی پایین	
۲۲	ضعیف	متوسط	عالی	رضایت بخش	
۲۳	ضعیف	متوسط	متوسط	پایین	
۲۴	ضعیف	متوسط	ضعیف	خیلی پایین	
۲۵	ضعیف	ضعیف	عالی	پایین	
۲۶	ضعیف	ضعیف	متوسط	خیلی پایین	
۲۷	ضعیف	ضعیف	ضعیف	خیلی پایین	

متفاوت و همچنین در دامنه های متفاوتی هستند. لذا به جای استفاده از اطلاعات هر شاخص به صورت مستقیم، جهت به دست آوردن یک مقیاس عمومی و واحد برای تمامی شاخصها به منظور سهولت تلفیق قوانین، انجام عملیات استنتاج و محاسبات فازی، تک تک شاخصها در دامنه از ۰ تا ۱ نرمال شدند. ضرورت این عملیات از گستردگی دامنه و پراکندگی بسیار مقادیر ورودیهای سیستم و در نتیجه نامناسب بودن آنها برای بیان مستقیم در قالب مجموعه های فازی همانند ناشی می شود (Dixon, 2001).

برای هر شاخص پایه I_i ، مقادیری به عنوان هدف، یک حداقل I و یک حداکثر \bar{I} اختصاص می دهیم. مقدار هدف T_i ، مقدار واحدی است برابر مقدار ماکزیمم شاخص (در صورتی که وضعیت واحد یا منطقه دارای مقدار ماکزیمم، بهینه و ایده ال باشد) و در غیر این صورت (که اغلب نیز چنین است) مقداری بزرگتر از مقدار ماکزیمم و با توجه وضعیت تمامی واحدها خواهد بود. مقدار مینیمم نیز از مجموعه اندازه گیریهای در دسترس شاخص از مجموعه واحدهای مورد ارزیابی (واحدهای برنامه ریزی یا مناطق مختلف) اخذ می شود (Andrian, 2004).

چنانچه x_i مقدار شاخص I از واحد مورد ارزیابی باشد، مقدار نرمال شده آن (y_i) از رابطه زیر به دست می آمده و به عنوان ورودی سیستم استفاده خواهد شد.

$$y_i(x_i) = \frac{x_i - I}{T_i - I} \quad (1)$$

جدول زیر مقادیر نرمال شده شاخصهای ۱۲ گانه را برای واحدها (مناطق) مورد مطالعه نشان می دهد.

جدول (۳) مقدار نرمال شده شاخصهای ۱۲ گانه براساس رابطه فوق

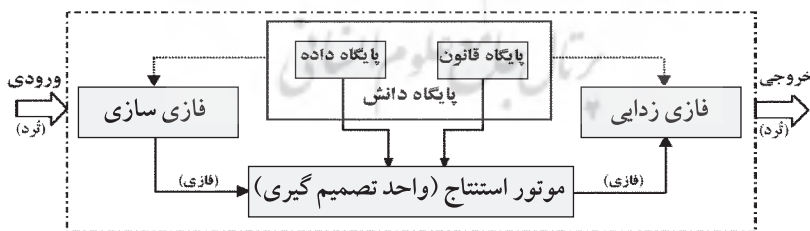
مکان	توسعه اقتصادی			توسعه زیربنایی			توسعه اجتماعی			توسعه فرهنگی								
	کشاورزی دامداری	صنعت	زیرساختها ارتباطات	تسهیلات شهری	جمعیت و اشتغال اجتماعی	خدمات بهداشت	عوامل فرهنگی	آموزش	انحرافات اجتماعی	کشاورزی دامداری	صنعت	زیرساختها ارتباطات	تسهیلات شهری	جمعیت و اشتغال اجتماعی	خدمات بهداشت	عوامل فرهنگی	آموزش	انحرافات اجتماعی
بوشهر	۰٫۰۸۳	۰	۰٫۸۷۵	۰٫۰۷	۰٫۸۶۷	۰٫۷۷۱	۰٫۸۴۵	۰٫۸۶۷	۰٫۸۴۵	۰٫۷۸۸	۰٫۷۷۱	۰٫۸۶۷	۰٫۸۶۷	۰٫۸۶۷	۰٫۷۸۸	۰٫۸۶۷	۰٫۸۶۷	۰٫۸۴۵
تنگستان	۰٫۲۱۷	۰٫۳۱۸	۰٫۵۷۳	۰٫۱۲۵	۰٫۷۳۲	۰٫۲۹	۰٫۴۸۷	۰٫۱۸۳	۰٫۲۰۵	۰٫۲۰۵	۰٫۲۹	۰٫۴۸۷	۰٫۱۸۳	۰٫۲۰۵	۰٫۲۰۵	۰٫۲۰۵	۰٫۱۸۳	۰٫۴۸۷
دشتستان	۰٫۹۷۵	۰٫۸۶۷	۰	۰٫۰۷	۰٫۶۶۴	۰٫۵۵۱	۰٫۷۵۴	۰٫۸۶۷	۰٫۵۱۳	۰٫۷۵۴	۰٫۵۵۱	۰٫۸۶۷	۰٫۸۶۷	۰٫۵۱۳	۰٫۷۵۴	۰٫۸۶۷	۰٫۸۶۷	۰٫۵۱۳
دشتی	۰٫۳۸۳	۰٫۴۸۹	۰	۰٫۱۷	۰٫۴۵۶	۰٫۱۴۳	۰٫۲۶۷	۰٫۳۳۳	۰٫۴۱۲	۰٫۲۶۷	۰٫۱۴۳	۰٫۳۳۳	۰٫۳۳۳	۰٫۴۱۲	۰٫۲۶۷	۰٫۳۳۳	۰٫۳۳۳	۰٫۴۱۲
دیلم	۰٫۰۸۳	۰	۰٫۵۸۶	۰٫۸۱	۰٫۳۶	۰٫۰۸۶	۰٫۰۷۷	۰٫۱۶۷	۰٫۳۰۳	۰٫۰۷۷	۰٫۰۸۶	۰٫۱۶۷	۰٫۱۶۷	۰٫۳۰۳	۰٫۰۷۷	۰٫۱۶۷	۰٫۱۶۷	۰٫۳۰۳
دیر	۰	۰	۰٫۸۴	۰	۰٫۷۱۲	۰٫۳	۰٫۴۹۴	۰	۰	۰	۰٫۳	۰	۰	۰	۰٫۴۹۴	۰	۰	۰
کنگان	۰٫۲۱۷	۰	۰٫۷۷۵	۰٫۲۰۲	۰٫۲۴	۰٫۲۳۳	۰٫۱۶۵	۰٫۲	۰٫۱۳	۰٫۱۶۵	۰٫۲۳۳	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۱۳	۰٫۱۶۵	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۱۳
گناوه	۰٫۰۸۳	۰٫۵۳۳	۰٫۳	۰٫۶۵	۰	۰	۰٫۲۲۵	۰٫۳۴۲	۰٫۲۲۵	۰٫۲۳	۰٫۲	۰٫۳۴۲	۰٫۳۴۲	۰٫۲۲۵	۰٫۲۳	۰٫۳۴۲	۰٫۳۴۲	۰٫۲۲۵
جم	۰٫۲۴۲	۰	۰٫۸۷۵	۰٫۶۵۳	۰	۰	۰٫۲۵۸	۰	۰٫۳۴	۰٫۲۵۸	۰	۰٫۳۴	۰	۰٫۲۵۸	۰	۰٫۳۴	۰	۰٫۳۴

مقادیر صفر در جدول فوق مربوط به مقادیر حداقل در داده‌های نرمال نشده است. گرچه می‌توان فرمول (۱) را طوری تعریف کرد که مقادیر حداقل نیز صفر نشوند، لکن از آن جایی که در تعریف تابع عضویت برای فازی سازی داده‌های نرمال (شکل شماره ۴)، برای تمامی مقادیر کوچکتر از $0/1$ ارزش زبانی ضعیف و با درجه عضویت ۱ در نظر گرفته شده است، نتیجه فرآیند فازی سازی برای تمامی مقادیر کمتر از $0/1$ یکسان خواهد بود.

۵. فرآیند استنتاج و محاسبات فازی مدل

در مراحل قبل با تشکیل پایگاه داده هر کدام از متغیرهای توسعه یافتگی کلی، مؤلفه‌های اولیه توسعه انسانی و کالبدی و چهار مؤلفه ثانویه توسعه اقتصادی، زیربنایی، اجتماعی و فرهنگی به صورت متغیرهایی زبانی (فازی) و در قالب توابع عضویت مشخصی برای سیستم تعریف و مشخص شدند. داده‌های اولیه شاخصهای پایه نیز نرمال شده و به عنوان ورودیهای اصلی به سیستم معرفی شدند.

تشکیل پایگاه قوانین نیز دانش، مبنا و زمینه منطقی لازم برای فرآیند استدلال را فراهم آورده و اینک در این مرحله، به عنوان اصلی ترین مرحله تحلیل، استدلال تقریبی و استنتاج فازی به شکل قواعد اگر-آن گاه فازی بر روی ورودیهای مدل در مراحل مختلف آن اعمال شده، از خروجی هر مرحله به عنوان ورودی مرحله بعد استفاده خواهد شد تا آخرین خروجی فازی سیستم استخراج شده و در گام بعدی مقادیر قطعی نهایی از طریق عملیات نافازی سازی برای توسعه یافتگی کلی سیستم و هر کدام از مؤلفه‌های اولیه و ثانویه آن حاصل شود. نمودار زیر مراحل اصلی و شمای کلی فرآیند استنتاج را در منطق فازی نشان می‌دهد.



شکل (۵) شمای کلی و مراحل اصلی در یک سیستم استنتاج فازی (Roger Jang, ۱۹۹۳)

همان طور که ملاحظه می‌شود، این مرحله از تحلیل خود ترکیبی از سه مرحله عملیات فازی سازی^۱،

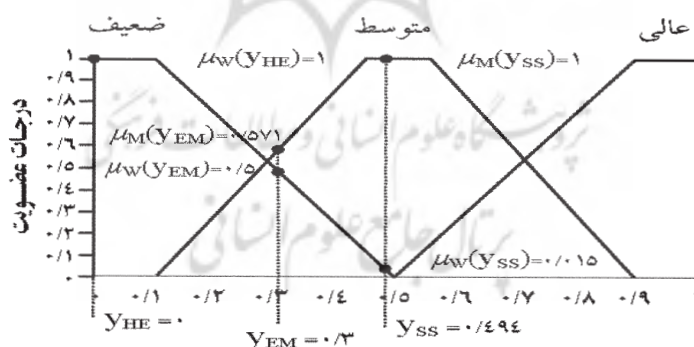
1) Fuzzification

استنتاج^۱ و نافازی سازی^۲ است و هرکدام از مراحل سه گانه تحلیل در مدل معرفی شده در این مقاله برای ارزیابی فازی توسعه یافتگی در برنامه ریزی های منطقه ای، این سه سری عملیات را شامل می شود. در ادامه با ذکر مثالی به تشریح جداگانه عملیات فازی سازی، استنتاج و نافازی سازی و محاسبات مربوطه خواهیم پرداخت.

مقادیر نرمال سه شاخص «اشتغال»، «خدمات اجتماعی» و «بهداشت» برای شهرستان دیراز جدول شماره (۳) به ترتیب برابر با $Y_{EM} = 0.3$ ، $Y_{SS} = 0.494$ و $Y_{HE} = 0$ را انتخاب نموده و مؤلفه ثانویه توسعه اجتماعی را برای این شهرستان، بر اساس قوانین منطقی جدول شماره (۲) (پایگاه قانون) و با توجه به توابع عضویت اشکال (۳) و (۴) (پایگاه داده) استنتاج خواهیم نمود.

۵-۱- فازی سازی

اولین گام، فازی کردن مقادیر قطعی فوق برای سه شاخص مورد نظر به عنوان ورودیهای سیستم است. نتایج این عملیات با توجه به شکل شماره (۴) در پایگاه داده مربوطه و معادلات خطی توابع عضویت آن (که جهت رعایت اختصار از آوردن آنها در متن مقاله خودداری شده است)، ورودیهای فازی زیر برای بخش محاسباتی موتور استنتاج خواهد بود. شکل (۶) نمایش تصویری عملیات فازی سازی فوق است.



شکل (۶) مقادیر زبانی و فازی سازی ورودیهای قطعی

ورودی اول: اشتغال به میزان $\mu_W(Y_{EM}) = 0.5$ ضعیف و به میزان $\mu_M(Y_{EM}) = 0.57$ متوسط

است.

1) Inference

2) Defuzification

ورودی دوم: خدمات اجتماعی به میزان $\mu_W(y_{SS}) = 0.15$ ضعیف و به میزان $\mu_M(y_{SS}) = 1$ متوسط است.
 ورودی سوم: بهداشت به میزان $\mu_W(y_{HE}) = 1$ ضعیف است.

۵-۲- استنتاج

تنها قوانینی از پایگاه قانون با این ورودیها سازگاری دارند که در آنها اشتغال با مقادیر زبانی ضعیف یا متوسط، خدمات اجتماعی نیز با مقادیر زبانی ضعیف یا متوسط و بهداشت نیز تنها با ارزش زبانی ضعیف بیان شده باشند. با مراجعه به قوانین مربوط به استنتاج مؤلفه ثانویه توسعه اجتماعی (جدول شماره ۲) تنها ۴ قانون ۲۷، ۲۴، ۱۸ و ۱۵ بیانگر این شرایط بوده و همان طور که ملاحظه می شود، توسعه اجتماعی را تنها با دو مقدار زبانی خیلی پایین و پایین استنتاج می کنند (تالی ۴ قانون فوق).

به کمک ورودیهای فازی شده و قوانین چهارگانه فوق، اینک توسعه اجتماعی را بر اساس «قانون ترکیبی استنتاج»^۱ (CRI) و طی دو مرحله استنتاج می کنیم (Cornelissen, ۲۰۰۱).

در مرحله اول که به فرآیند استلزام^۲ معروف است، بر اساس مقادیر عضویت مقدمات (صغرای^۳ منطقی) هر قانون، برای ترم زبانی بخش تالی (کبرای^۴ منطقی) نیز درجه ای از عضویت محاسبه می شود. روشهای استلزام برای محاسبه درجه عضویت تالی فراوانند. از جمله معروفترین و رایجترین آنها روش استلزام ممدانی^۵ و روش استلزام سوگنو^۶ می باشند. در روش ممدانی - که در این مقاله نیز از همین روش استفاده می شود - از عملگر min برای بیان «و» منطقی در قسمت مقدمات قوانین استفاده می شود. بدین ترتیب حداقل مقادیر عضویت مقدمات هر قانون تعیین کننده درجه عضویت تالی آن قانون خواهد بود (Storm, ۲۰۰۵ و وحیدیان، ۱۳۸۱).

بر این اساس نتیجه قوانین چهارگانه فوق عبارت خواهند بود از:

قانون ۱۵: اگر اشتغال به میزان 0.571 متوسط و خدمات اجتماعی به میزان 1 متوسط و بهداشت به میزان 1 (0.100 ٪) ضعیف باشد؛ آن گاه توسعه اجتماعی به میزان 0.571 ($\min\{0.571, 1, 1\}$)^۱ پایین است.

قانون ۱۸: اگر اشتغال به میزان (با درجه عضویت) 0.571 متوسط و خدمات اجتماعی به میزان

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1) Compositional Rule of Inference | 2) Implication Process |
| 3) Minor Promise | 4) Major Promise |
| 5) Mamdani Implication Method | 6) Sugeno Implication Method |

۰/۰۱۵ ضعیف و بهداشت به میزان ۱ ضعیف باشد؛ آن گاه توسعه اجتماعی به میزان $\{0.15 \text{ و } 1\}$ و 0.571 خیلی پایین است.

قانون ۲۴: اگر اشتغال به میزان ۰/۵ ضعیف و خدمات اجتماعی به میزان ۱ متوسط و بهداشت به میزان ۱ (۱۰۰٪) ضعیف باشد؛ آن گاه توسعه اجتماعی به میزان $\{0.5 \text{ و } 1 \text{ و } 1\}$ خیلی پایین است.

قانون ۲۷: اگر اشتغال به میزان ۰/۵ ضعیف و خدمات اجتماعی به میزان ۰/۰۱۵ ضعیف و بهداشت به میزان ۱ (۱۰۰٪) ضعیف باشد؛ آن گاه توسعه اجتماعی به میزان $\{0.5 \text{ و } 0.15 \text{ و } 1\}$ خیلی پایین است.

مقدار عضویت یا نتیجه ۲۳ قانون دیگر برای استنتاج توسعه اجتماعی در شهرستان دیر صفر است. شکل شماره (۷) استلزام فوق را به صورت ترسیمی نشان می دهد. همان طور که نشان داده شده است، در روش ترسیمی، تعیین درجه عضویت تالی از طریق عملیات سرزنی^۱ توابع عضویت مقدمات هر قانون انجام شده است.

مرحله دوم استنتاج، ترکیب نتایج فازی چهار قانون مورد استفاده و تولید خروجی واحدی برای توسعه اجتماعی در قالب یک مجموعه فازی است. در مورد شهرستان دیر، همانگونه که دیدیم، از پنج مقدار زبانی خیلی بالا، بالا، رضایتبخش، پایین و خیلی پایین تعریف شده برای توسعه اجتماعی در پایگاه داده، تنها دو مقدار خیلی پایین و پایین در نتایج چهار قانون مورد استفاده وجود داشتند. بنابراین در خروجی فازی نهایی نیز همین دو مقدار نقش داشته و این مرحله در واقع محاسبه درجه عضویت این دو مقدار است. درجات عضویت سه مقدار دیگر نیز صفر خواهد بود.

مقدار زبانی پایین تنها در نتیجه قانون ۱۵ و با درجه عضویت 0.571 (حاصل فرآیند استلزام) وجود دارد که عیناً با همین درجه در خروجی توسعه اجتماعی نیز وجود خواهد داشت. مقدار زبانی خیلی پایین در نتیجه سه قانون دیگر و با درجات مختلف 0.15 ، 0.5 و 0.15 ظاهر شده است. درجه عضویت نهایی برای مقدار خیلی پایین از تلفیق^۲ (یا تجمیع) این درجات محاسبه میگردد. در روش ممدانی از عملگر max برای این منظور استفاده می شود (Storm, 2005 و وحیدیان، ۱۳۸۱). به این ترتیب میزان خیلی پایین بودن توسعه اجتماعی در شهرستان دیر نیز برابر با 0.5 و 0.15 و

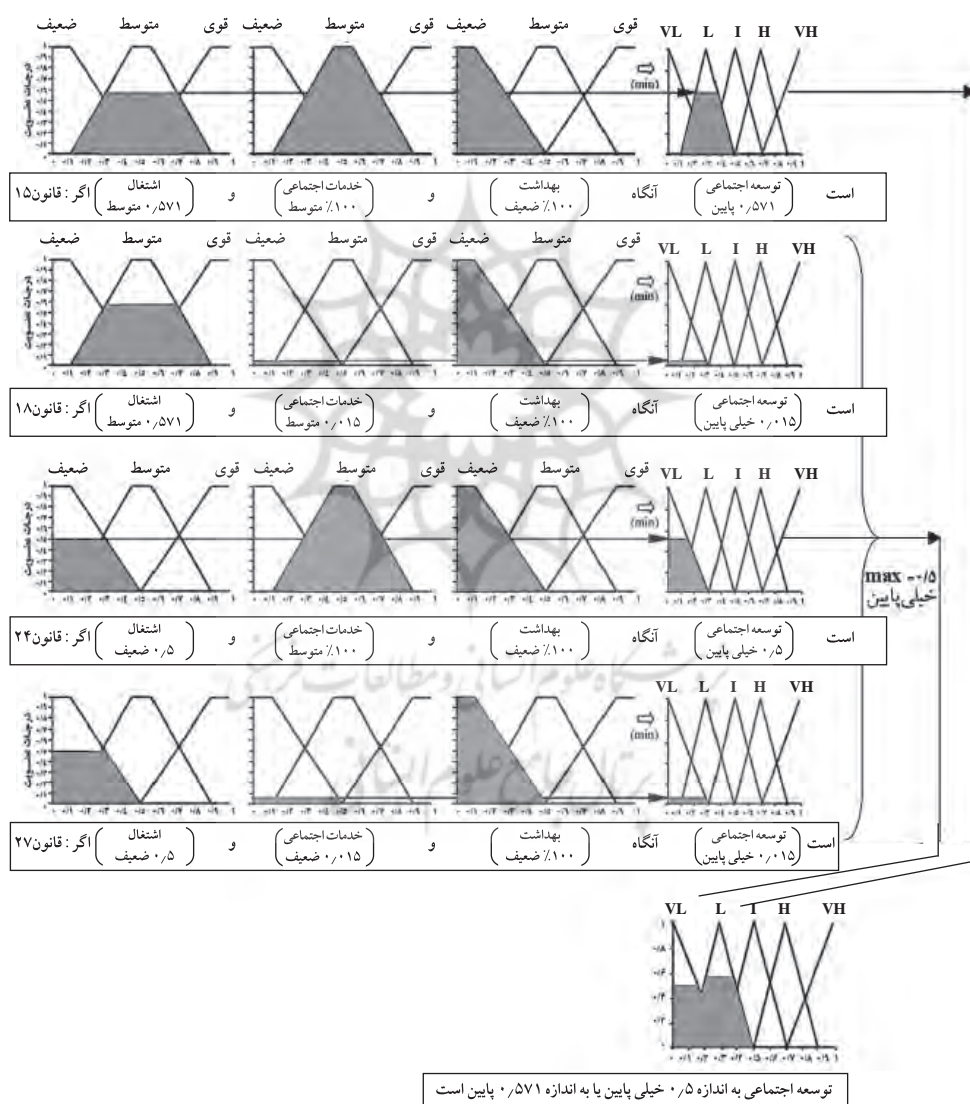
1) Truncation

2) Aggregation

عضویت 0.571 (= $\max\{0.5, 0.15\}$) خواهد بود. بنابراین توسعه اجتماعی دیر با درجه عضویت 0.5 خیلی پایین و با درجه عضویت 0.571 نیز پایین است.

$$T_{SD} = \left\{ \frac{VL}{0.5}, \frac{L}{0.571} \right\} \quad (2)$$

نمایش ترسیمی فرآیند تجمیع نیز در شکل (۷) آمده است.



شکل (۷) استنتاج با استفاده از قوانین ۱۵ ، ۱۸ ، ۲۴ و ۲۷

۵-۳- نافیازی سازی

همان طور که ملاحظه شد، نتیجه نهایی فرآیند استنتاج یک خروجی فازی است. برای استفاده عملی و امکان به کارگیری آن در تحلیلها، برنامه ریزیها و تصمیم گیریهای بعدی و مشخص شدن ماهیت عمل انجام گرفته به وسیله سیستم (Ross, ۱۹۹۵)، لازم است که خروجی فوق از حالت فازی به مقداری قطعی برگردانده شود.

سومین و آخرین قسمت فرآیند استنتاج، که به نافیازی سازی معروف است، در واقع واحدی است که به صورت تابعی از یک مجموعه فازی به یک مقدار قطعی عمل کرده (Dixon, ۲۰۰۱) و با توجه به خیلی پایین بودن توسعه اجتماعی به اندازه ۰/۰۵ و پایین بودن آن به اندازه ۰/۵۷۱ در شهرستان دیر، مقدار عددی و قطعی واحدی را به عنوان درجه و میزان توسعه اجتماعی در این شهرستان به دست می دهد. روشهای متنوع و زیادی برای نافیازی سازی نتایج فازی فرآیند استنتاج نیز توسعه پیدا کرده اند. از میان آنها دو روش مرکز ثقل^۱ (یا مرکز سطح) و نافیازی ساز ارتفاع^۲ رواج و کاربرد بیشتری یافته است. در روش مرکز ثقل - که اولین بار در سال ۱۹۸۵ توسط سوگنو معرفی شد - مقدار قطعی نهایی در واقع مرکز سطح زیر منحنی در مجموعه فازی نهایی است. بر این اساس فرمول محاسبه مرکز ثقل در مثال مورد بررسی عبارت خواهد بود از:

$$Def(T_{SD}) = \frac{\sum_j x_j \cdot \mu_{T_{SD}}(x_j)}{\sum_j \mu_{T_{SD}}(x_j)} \quad (3)$$

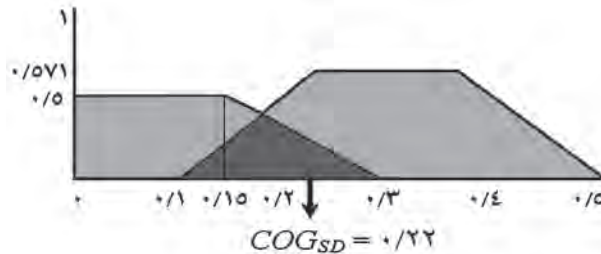
x_j معرف مقدار یا مرکزیت j امین عضو یا مقدار زبانی (سطح زیر منحنی تابع عضویت مربوطه) در مجموعه فازی خروجی روی محور افقی و $\mu_{T_{SD}}(x_j)$ نیز درجه عضویت j امین مقدار زبانی در مجموعه فازی خروجی است. به این ترتیب ملاحظه می شود که مرکز ثقل را می توان نقطه ای روی محور X (افقی) در نظر گرفت که با فرض سطح کل زیر منحنی به عنوان صفحه ای با چگالی یکسان، حول آن تعادل داشته باشد (Ross, ۱۹۹۵).

در مثال مورد بررسی (استنتاج توسعه اجتماعی در شهرستان دیر)، مقدار نافیازی نهایی به عنوان خروجی سیستم استنتاج فازی، عبارت خواهد بود از:

$$T_{SD \text{ دیر}} = ((0/125 \times 0/5) + (0/3 \times 0/5715)) / (0/5 + 0/5715) = 0/22$$

1) Centroid, Center of Gravity (COG) or Center of Area

2) Height Difuzzification



شکل (۸) نمایش گرافیکی نافیکی ساززی به روش مرکز ثقل

که در آن مقدار $0/125$ برای مرکزیت سطح زیرمنحنی خیلی پایین از معادله $((0/15/3) + (0/15/2))$ به دست آمده است. عدد $0/15$ نیز مختصات x برای $y = 0/571$ روی منحنی مقدار زبانی خیلی پایین می باشد که بر اساس معادله تابع عضویت مربوطه محاسبه شده است. (به شکل شماره ۳ مراجعه شود)

۶- نتیجه گیری

فرآیند استنتاج تشریح شده در فوق برای ارزیابی و محاسبه تک تک مؤلفه های ثانویه، اولیه و شاخص کلی توسعه یافتگی و برای هر کدام از شهرستانهای نه گانه مورد مطالعه، به طور جداگانه و به کمک Tool Box منطق فازی نرم افزار MATLAB اجرا شد. جدول زیر نتایج حاصل از این استنتاجات را نشان می دهد.

جدول (۴) مقادیر مؤلفه های مختلف توسعه در منطقه مورد مطالعه

مؤلفه های توسعه	بوشهر	تنگستان	دشتستان	دشتی	دیلم	دیر	کنگان	گناوه	جم
توسعه اجتماعی (SD)	0/719	0/162	0/569	0/245	0/11	0/228	0/225	0/274	0/109
توسعه فرهنگی (CD)	0/609	0/42	0/677	0/491	0/339	0/097	0/212	0/435	0/0967
توسعه انسانی (HD)	0/607	0/209	0/575	0/273	0/136	0/118	0/253	0/287	0/118
توسعه اقتصادی (ED)	0/967	0/308	0/675	0/26	0/0979	0/099	0/293	0/228	0/187
توسعه زیربنایی (ID)	0/436	0/415	0/281	0/0967	0/374	0/364	0/278	0/104	0/479
توسعه کالبدی (PD)	0/117	0/314	0/291	0/113	0/119	0/117	0/29	0/125	0/234
شاخص توسعه یافتگی کلی (ODI)	0/153	0/251	0/295	0/141	0/155	0/148	0/278	0/16	0/149

نتایج فوق هیچ گونه ارتباط معنی داری را بین ابعاد انسانی و فیزیکی توسعه نشان نمی دهد $(r_{HD,PD} = 0/071)$ ، همچنین شاخص کلی توسعه یافتگی نیز تنها با بعد فیزیکی توسعه دارای رابطه معنی دار است $(r_{ODI,PD} = 0/872)$ و با بعد انسانی توسعه همخوانی و ارتباط معنی داری ندارد

($\Gamma_{ODI, HD} = 0/329$). از میان مؤلفه‌های چهارگانه اولیه نیز تنها با توسعه اقتصادی به میزان ۸۲/۶ درصد دارای رابطه مثبت معنادار بوده و با سه مؤلفه دیگر نیز هیچگونه رابطه معنی داری ندارد. به علاوه از دو مؤلفه اقتصادی و زیربنایی نیز تنها توسعه اقتصادی دارای رابطه و همخوانی معنیدار با مؤلفه اولیه کالبدی توسعه است. به عبارت دیگر زیرساختها نیز از چندان توسعه‌ای برخوردار نیستند. مؤلفه فرهنگی توسعه علاوه بر آن که رابطه معناداری با ابعاد اقتصادی و فیزیکی و شاخص کلی توسعه یافتگی ندارد، دارای رابطه‌ای منفی (گرچه نه در سطحی معنی دار) با آنهاست. رابطه رگرسیونی نیز تنها بیانگر تأثیر و نقش توسعه اقتصادی در شاخص کلی توسعه است.

به طور کلی نتایج حاکی از ناهمخوانی و عدم تناسب شدیدی بین ابعاد انسانی و فیزیکی توسعه در منطقه مورد مطالعه است. به لحاظ تفاوت‌های مکانی نیز نتایج تجزیه کلاستر بر اساس شاخص کلی توسعه، نشان دهنده دوقطبی بودن شهرستانهای استان به دو گروه تنگستان، دشتستان و کنگان به عنوان شهرستانهای توسعه یافته تر و مابقی شهرستانها به عنوان مناطق کمتر توسعه یافته است. خوشه بندی بر اساس ابعاد اقتصادی و کالبدی توسعه، گروه بندی متفاوتی را ارائه می دهد، به طوری که بوشهر در این تقسیم بندیها در گروه اول جای می گیرد. بنابراین در گروه دوم واقع شدن آن بر اساس شاخص کلی، به دلیل ضعف جنبه های غیرمادی و انسانی توسعه در آن است. برای مثال در انحرافات اجتماعی دارای رتبه اول است (به جدول شماره (۳) مراجعه شود).

چنین به نظر می رسد که طرحها و پروژه های توسعه ای کلانی که در سالهای اخیر در استان بوشهر به اجرا درآمده، گرچه در شکوفایی اقتصادی و کاهش نابرابری منطقه با سایر مناطق کشور مؤثر بوده است، لکن تأثیر چندانی بر وضعیت فرهنگی و انسانی منطقه نداشته و چه بسا که اثرات منفی نیز در این حوزه ها بر جای گذاشته است. تحلیل جامعه شناسانه و عمیقتر این موضوع مجال دیگری می طلبد و از توان این مقاله نیز خارج است.

۷- بحث

بررسی های آماری فوق گرچه وضعیت توسعه ای موجود منطقه را بر اساس نتایج حاصل از استنتاجات فازی مدل به خوبی نشان می دهد، اما قادر به ارائه راهکارهایی برای آینده نیست. در واقع پس از ارزیابیهای فازی فوق و سنجش عددی مؤلفه ها و ابعاد به طور معمول و با روشهای متداول سنجش ناپذیر توسعه،

گام بعدی ارزیابی راهبردهای توسعه ای متفاوت در هر منطقه به طور جداگانه (بر اساس شرایط و اقتضائات آن منطقه) و اخذ تصمیمات مناسب برای بهبود توسعه در هر منطقه است. به عبارت دیگر تشخیص مسیر مناسب برای نیل به توسعه بهتر و تعیین عواملی که در این مسیر کمک کننده، مزاحم یا بی تأثیر هستند، مرحله بعدی و ادامه تحلیلی است که در مقاله حاضر انجام گرفت.

علاوه بر جنبه آینده نگرانه و پیش بینانه داشتن چنین تحلیلی، استقلال واحدهای برنامه ریزی و تصمیم گیری در تحلیل و بررسی مستقل و جداگانه هر یک بنا به مقتضیات خاص خودش، نیز ویژگی دیگر آن است. این هر دو ویژگیهایی هستند که روشهای معمول آماری فاقد آنها هستند (نیازمندی تحقیق در علوم برنامه ریزی و توسعه به روشهایی علاوه بر روشهای متداول تحقیق در دیگر حوزه های علوم انسانی نیز از همین جا ناشی می شود). از جمله روشهای مناسب برای انجام چنین بررسی و تحلیلی، به کارگیری سازوکار تحلیل حساسیت^۱ با استفاده از قاعده مشتقات جزئی است. تحلیل حساسیت در واقع سازوکاری برای تشخیص نحوه و چگونگی تأثیرپذیری توسعه از هر کدام از مؤلفه های اولیه و ثانویه و حتی متغیرهای پایه است و راهنمایی برای تصمیم گیری در مورد نحوه برخورد، دست کاری و تغییر در این متغیرها و مؤلفه ها برای بهبود در وضعیت کلی توسعه در هر منطقه محسوب می شود.

پرداختن به این مبحث از حوصله مقاله حاضر خارج بوده و از آن جا خود بحثی مستقل و مفصل است، مستلزم مقاله جداگانه دیگری است.

منابع و مأخذ

- امینی فسخودی، عباس (۱۳۸۱)، «طراحی مدلی برای مکان یابی و تعیین ظرفیت بهینه کارخانجات صنایع شیر و فرآورده های لبنی (و آزمون آن در منطقه کرمانشاه)»، دانشگاه رازی، کرمانشاه.
- طاهری، سید محمود (۱۳۷۸)، «آشنایی با نظریه مجموعه های فازی»، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.
- کاتبی، سراج الدین (۱۳۸۱)، «یادگیری تکاملی سیستمهای فازی»، (مجموعه مقالات مباحثی در نظریه مجموعه های فازی، گردآورنده: رجبعلی برزوئی)، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
- وحیدیان کامیاد، علی و حامد رضا طارقیان (۱۳۸۱)، «مقدمه ای بر منطق فازی برای کاربردهای

1) Sensitivity Analysis

عملی آن»، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.

- Adriaenssens, V., B. D. Baets, et al. (2004), "Fuzzy Rule-Based Models for Decision Support in Ecosystem Management", The Science of Total Environment, In Press.

- Andriantiatsaholiniaina, L. A., V. S. Kouikoglou, et al. (2004), "Evaluating strategies for sustainable development: fuzzy logic reasoning and sensitivity analysis", Ecological Economics, 48(2): 149-172.

- Attar Software (2002), "Fuzzy Logic in Knowledge Builder", A White Paper in: www.elsevier.com.

- Carlsson, C. and R. Fuller (2001), "Optimization under Fuzzy IF-THEN Rules", Fuzzy Sets and Systems, 119(1): 111-120.

- Cornelissen, A.M.G., J. van den Berg et al. (2001), "Assessment of the contribution of sustainability indicators to sustainable development: a novel approach using fuzzy set theory", Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 86, 173-185.

- Dixon, Lucas (2001), "A Comparison of the Interpretation Methods for Fuzzy Inference", University of Edinburgh, in: www.elsevier.com.

- Ducey, M. J. and B. C. Larson (1999), "A Fuzzy Set Approach to the Problem of Sustainability", Forest Ecology and Management, 115(1), 29- 40.

- Klir, G. J. and T. A. Folger (1988), "Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information", New Jersey, Prentice Hall.

- Kuswandari, R., (2004) "Assessment of Different Methods for Measuring the Sustainability of Forest Management", International Institute for Geo-information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands.

- Lootsma, F. A. (1997), "Fuzzy Logic for Planning and Decision Making",

Dordrecht, Kluwer Academic Publisher.

- Phillis, Y. A. and L. A. Andriantiatsaholiniaina (2001), "Sustainability: an ill-defined concept and its assessment using fuzzy logic", *Ecological Economics*, 37(3): 435- 456.

- Roger Jang, J. S. (1993), "ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System", *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 23(3):665-685.

- Ross, T. J. (1995) "Fuzzy Logic with Engineering Applications", McGraw-Hill, Inc, in: www.elsevier.com.

- Silvert, W. (2000), "Fuzzy indices of environmental conditions", *Ecological Modelling*, 130 (1-3): 111- 119.

- Storm, (2005), "Artificial Intelligence: Fuzzy Expert Systems", Demola Popoola, Department of Computing, University of Surrey, in: www.elsevier.com.

