پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشکده بیمه

(وابسته به بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران)

کاربرد منطق فازی، شبکه عصبی و الگوریتم ژنتیک در صنعت بیمه

ترجمه و تدوین: لیلی نیاکان

گزارش موردی، شماره ۱۹

آذر و دی ۱۳۹۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشکده بیمه

معاونت پژوهشی

اداره کتابخانه، اسناد علمی و نشریات

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیشگفتار

موفقیت بلندمدت فرد یا شرکت در یک اقتصاد رقابتی به هوشمندی بستگی دارد. هوشمندی معانی متعددی دارد: در مورد فرد یا گروهی از افراد به قابلیت ذهنی بر می‌گردد و در مورد سازمان‌ها به قابلیت جمع‌آوری اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری گفته می‌شود.

سیستم‌های هوشمند، رویه‌های خودکاری هستند که هوشمندی از نوع داده‌ها را به دانش برای تصمیم‌گیری تبدیل می‌کنند. یکی از مشخصه‌های سیستم‌های هوشمند نوین، "یادگیری" است، یعنی رویه تصمیم‌گیری را در طول زمان به‌طور پیوسته با استفاده از داده‌های جدید بهبود می‌بخشند.

صنعت بیمه یکی از صنایعی است که با توسعه کامپیوترهای پرسرعت و قابلیت جمع‌آوری، ذخیره و پردازش حجم بالای داده‌ها، می‌تواند بهترین بهره را از این مزایا ببرد. لازم نیست شرکت‌های بیمه، خیلی بزرگ باشند تا بتوانند از مزایای این تکنولوژی استفاده کنند. در واقع بیمه‌گر اتومبیل یا درمان با چند صد هزار بیمه‌گذار می‌تواند داده‌های بسیاری از ویژگی‌ها و سوابق بیمه‌گذاران خود را جمع‌آوری کند و با استفاده از تکنیک‌های آماری و ریاضی گوناگون و با بهره‌گیری از مدل‌ها و الگوهای متفاوت اقدام به مدل‌سازی حوادث گذشته نماید و برمبنای آن تصویری مناسب‌تر از آینده داشته باشد.

در این گزارش موردی، دو مقاله با کاربرد تکنیک‌های ریاضی و آماری در بیمه ارائه می‌شود که برخی از تکنیک‌های هوشمند را به همراه تکنیک‌های سنتی نظیر روش‌های آماری بررسی می‌کند.

در این مجموعه به برخی پیشرفت‌های اخیر در تئوری و پیاده‌سازی‌های هوشمندانه و نیز سایر تکنیک‌های محاسباتی در صنعت بیمه اشاره شده است. الگوهای ارائه‌شده شبکه‌های هوشمند و سیستم‌های فازی، مواردی نظیر نسخه‌های مختلف خوشه‌بندی، بهینه‌سازی و روش‌های نمونه‌برداری مجدد، درخت‌های تصمیم‌گیری و نیز رگرسیون را شامل می‌شود. هدف، مستندسازی خصوصیات منحصربه‌فرد بیمه در زمینه‌هایی است که این تکنولوژی‌ها در آنها کاربرد داشته و قابل توسعه هستند. امیدوارم مطالعه مطالب گردآوری‌شده موجب شود کارشناسان صنعت بیمه و اکچوئری‌ها تمایل بیشتری به مطالعه در این حوزه پیدا کنند.

در اینجا لازم است از همکاری سرکار خانم دکتر نیاکان که ترجمه و تدوین مجموعه را به عهده داشته‌اند و همچنین سرکار خانم محمدزاده که زحمت بازبینی متن را کشیده‌اند و سرکار خانم دارنگ که ویراستاری ادبی کار را بر عهده داشته‌اند و در نهایت جناب آقای صفری که صفحه‌بندی و جناب آقای رجبی که طراحی جلد مجموعه را انجام داده‌اند، سپاسگزاری نمایم. امید است این گزارش موردی نیز مانند سایر گزارش‌های موردی، مورد توجه کارشناسان خبره صنعت بیمه قرار گرفته و پژوهشکده را از نقطه‌نظرات ارزشمند خود بی‌بهره نگذارند.

دکتر علی‌رضا دقیقی اصلی

سردبیر

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست

پیشگفتار ۵

مقاله اول: منطق فازی و کاربرد آن در بیمه ۹

مقدمه ۱۱

۱. روش‌شناسی منطق فازی ۱۲

۱-۱. متغیرهای زبانی ۱۲

۲. تعاریف مقدماتی ۱۴

۳. اعداد فازی ۱۵

۴. حساب فازی ۱۶

۵. برنامه‌ریزی خطی فازی ۱۷

۶. سیستم‌های استنتاجی فازی ۱۹

۷. الگوریتم فازی میانگین‌های سی ۲۱

۸. کاربردهای منطق فازی صرف در بیمه ۲۲

۱-۸. طبقه‌بندی ۲۲

۲-۸. بیمه‌گری ۲۷

۳-۸. تعهدات طرح‌ریزی شده ۳۰

۴-۸. ارزش حال و آتی فازی ۳۲

۵-۸. قیمت‌گذاری ۳۴

۶-۸. تخصیص دارایی، جریانات نقدی و سرمایه‌گذاری ۳۹

۹. کاربردهای نرم‌افزاری ۴۲

۱-۹. طبقه‌بندی ۴۲

۲-۹. مدل‌های سرمایه‌گذاری ۴۴

۱۰. نتیجه‌گیری ۴۵

منابع ۴۶

مقاله دوم: ترکیب شبکه عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک ۵۱

مقدمه ۵۳

۱. ادبیات بیمه‌ای ۵۴

۲. کنترل شبکه‌های عصبی با استفاده از منطق فازی ۵۷

۱-۲. ورودی‌ها و وزن‌ها ۵۸

۲-۲. نرخ یادگیری و ضرایب یکنواخت‌گر ۶۱

۳. تولید شبکه‌های عصبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک ۶۳

۴. سیستم‌های استنتاج فازی تنظیم‌شده توسط الگوریتم ژنتیک ۶۴

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵. سیستم‌های استنتاج فازی تنظیم شده توسط یک شبکه عصبی ۶۷
۶. الگوریتم ژنتیک کنترل‌شده توسط منطق فازی ۶۹
۷. سیستم‌های عصبی- فازی- ژنتیک ۷۰
۸. نتیجه‌گیری ۷۱
منابع ۷۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقاله اول

منطق فازی و
کاربرد آن در بیمه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

عمده ابزارهاي متداول براي مدل‌سازي، استدلال و محاسبات از نوع قطعی[1]، معین[2] و کاملاً مشخص هستند. منظور از قطعی بودن، دوبخشی بودن است: بله یا خیر، به‌جاي بیشتر یا کمتر. در منطق دوگان مرسوم، یک عبارت می‌تواند درست یا غلط باشد. در تئوري مجموعه، یک عنصر به مجموعه تعلق دارد یا ندارد. در بهینه‌یابی یک راه حل امکان‌پذیر است یا نیست. اما افکار و احساسات بشري دربرگیرنده مفاهیم یا دریافت‌هایی است که کلمات مورد استفاده ما براي بیان آنها کافی نیست. اگر قدرت یک زبان زنده را با یک زبان منطقی[3] مقایسه کنیم، زبان منطقی فقیرتر خواهد بود. بنابراین، یک نگاشت یک به یک از مسائل و سیستم‌ها با استفاده از زبان حسابی یا منطقی امکان‌پذیر نیست.

زبان‌هاي مرسوم مدل‌سازي دو مشکل عمده دارند. اول، موقعیت‌هاي حقیقی اغلب قطعی و معین نبوده و توصیف صریح آنها امکان‌پذیر نیست. دوم، توصیف کامل یک سیستم اغلب نیازمند داده‌هاي جزئی‌تري است. موقعیت‌هاي حقیقی اغلب نامطمئن و مبهم هستند و به‌دلیل فقدان اطلاعات، وضعیت آتی سیستم‌ها کاملاً شناخته شده نیست. مدت‌ها براي نشان دادن این ویژگی نااطمینانی از تئوري احتمال[4] و آمار استفاده می‌شد. در رویکرد احتمالی فرض می‌شود وقایع یا عبارات کاملاً تعریف شده هستند. این نااطمینانی را می‌توان نااطمینانی تصادفی[5] نامید که متفاوت از ابهام[6] موجود در معناي پدیده‌ها یا عبارات و به‌عبارتی، فازي بودن[7] است.

ویژگی فازي در بسیاري از حوزه‌هاي زندگی که در آنها قضاوت، ارزیابی و تصمیم‌گیري افراد اهمیت دارد، وارد می‌شود. یکی از دلایل فازي بودن، زبان طبیعی ماست. در این زبان طبیعی، معناي کلمات اغلب با ابهام همراه است. زمانی که از کلمه‌اي به‌عنوان نماد یک مجموعه استفاده می‌شود، مرزهایی که موضوعات روي آنها به مجموعه تعلق دارد یا نه، یک مسئله فازي است. به‌عنوان‌مثال، مجموعه "پرندگان" در مقابل مجموعه "مشتریان خوش‌حساب" که توصیف مجموعه دوم ویژگی فازي دارد.

تغییرپذیري تصادفی[8] را می‌توان با استفاده از تئوري احتمال توصیف کرد و سایر انواع نااطمینانی‌ها نظیر اطلاعات ناقص[9] یا عدم صحت[10] را می‌توان با استفاده از زیرمجموعه‌هاي فازي، معرفی شده توسط لطفعلی عسکرزاده (که در میان محققان خارجی به نام زاده[11] شناخته می‌شود) مورد توجه قرار داد.

تئوري مجموعه فازي[12] نخستین بار توسط زاده و گوگون[13] مطرح شد تا مفهوم کلاسیک مجموعه یا عبارت را با فازي بودن همراه کند. زاده می‌نویسد: "مجموعه فازي، حرکتی است براي ساختن یک چارچوب مفهومی در

---

1. Crisp
2. Deterministic
3. Logical Language
4. Probability Theory
5. Stochastic Uncertainty
6. Vague
7. Fuzziness
8. Randomness
9. Incomplete Information
10. Inaccuracy
11. Zadeh, 1965
12. Fuzzy Set Theory (FST)
13. Goguen, 1967

همان چارچوب مجموعه‌هاي معمولی اما کلی‌تر و داراي قابليت کاربرد بيشتر به‌ويژه در زمينه طبقه‌بندي الگو و پردازش اطلاعات. اين چارچوب ابزاري است براي حل مسائلی که در آنها معيار کاملاً تعريف‌شده‌اي از عضويت وجود ندارد". تئوري مجموعه فازي يک چارچوب رياضی است که در آن پديده‌هاي مفهومی مبهم مورد مطالعه قرار می‌گيرد. طی دو دهه گذشته اين تئوري در حوزه‌هاي مختلفی نظير رياضيات، مهندسی، مالی و بيمه و براي موقعيت‌هاي همراه با نااطمينانی توسعه يافته است.

1. روش‌شناسی منطق فازي[1]

منطق فازي در چهار شکل ارائه می‌شود (Shapiro, 2004): شکل منطقی[2]، که همان منطق فازي در شکل محدود آن و بيانگر منطق دلايل تقريبی است؛ شکل نظريه مجموعه[3]، که مربوط به مجموعه‌هاي فازي است که مرزهاي مشخصی ندارند؛ شکل رابطه‌اي[4]، که مربوط به متغيرهاي زبانی است: قوانين و روابط فازي اگر- آنگاه. اين شکل از منطق فازي در مسائل مربوط به کنترل، تحليل تصميم‌گيري، سيستم‌هاي صنعتی و محصولات مشتري کاربرد دارد؛ و شکل ارزشی و معرفتی[5]، که مربوط به دانش، معنا و زبان‌ها می‌شود.

1-1. متغيرهاي زبانی[6]

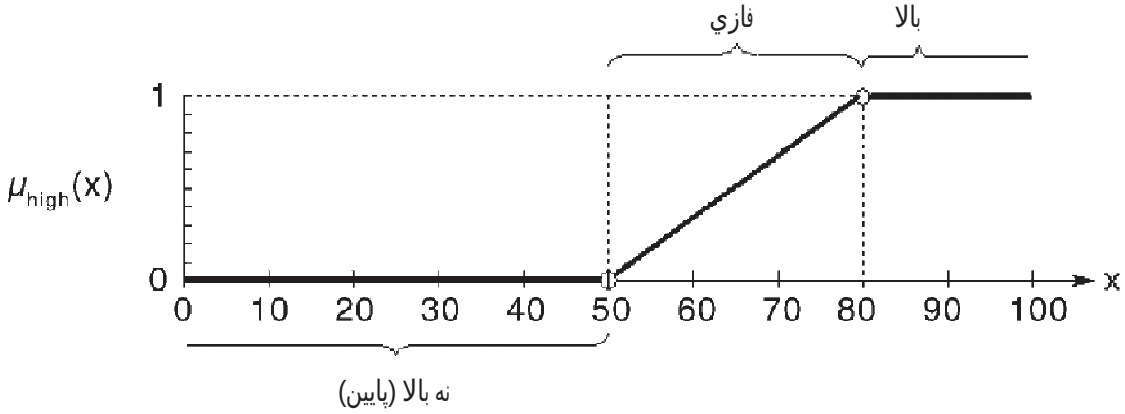
متغيرهاي زبانی، واحدهاي ساختمانی منطق فازي هستند و به‌عنوان متغيرهايی تعريف می‌شوند که مقادير آنها به‌صورت کلمات يا جملات بيان می‌گردند. به‌عنوان‌مثال، ظرفيت ريسک می‌تواند به‌صورت يک مقدار عددي در فاصله [0,%100] يا به‌عنوان يک متغير زبانی با ارزش‌هايی نظير بالا، نه خيلی بالا و ... بيان شود. هر کدام از اين ارزش‌هاي زبانی می‌تواند به‌عنوان نشانی از يک زيرمجموعه فازي از مجموعه جهانی[0,%100] X= تفسير شود که متغير مبناي آن، x، ارزش عددي ظرفيت ريسک است. چنين مجموعه‌اي توسط يک تابع عضويت[7]، $\mu(x)$ مشخص می‌شود که به هر موضوع[8] يک درجه عضويت[9] بين صفر و يک نسبت می‌دهد.

به‌عنوان‌مثال، در نمودار 1 مجموعه مشتريان با ظرفيت ريسک بالا نشان داده شده است. افراد با ريسک 50 درصد يا کمتر درجه عضويت صفر می‌گيرند و افراد با ظرفيت ريسک 80 درصد يا بيشتر، درجه عضويت يک می‌گيرند. بين اين دو ظرفيت ريسک (50 تا 80 درصد) درجه عضويت، فازي است. اين تابع عضويت را "شکل اس"[10] گويند. انواع ديگر توابع عضويت به شکل مثلثی[11]، ذوزنقه‌اي[12]، گوسی[13] و زنگوله‌اي تعميم‌يافته[14] است.

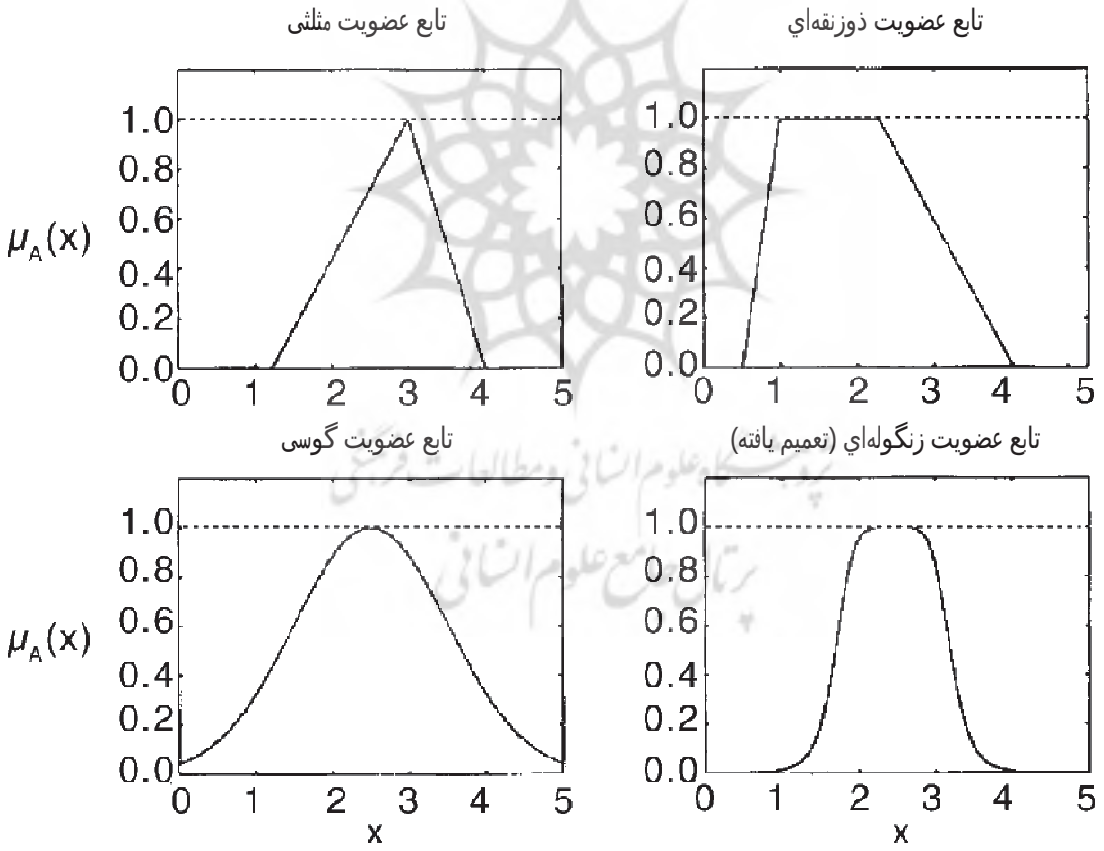
---

1. Fuzzy Logic
2. Logical Facet
3. Set Theoretic Facet
4. Relational Facet
5. Epistemic Facet
6. Linguistic Variables
7. Membership Function
8. Object
9. Grade of Membership
10. S-Shaped
11. Triangular
12. Trapezoidal
13. Gaussian
14. Generalized Bell

نمودار 1. مجموعه فازي مشتريان با ظرفيت ريسک بالا



نمودار 2. انواع توابع عضويت



2. تعاریف مقدماتی

یک مجموعه قطعی به‌عنوان گردایه‌اي[1] از عناصر x X تعریف می‌شود که می‌تواند محدود، قابل شمارش یا غیر قابل شمارش باشد. هر عنصر می‌تواند متعلق به مجموعه A باشد یا نباشد که A X و X همان مجموعه مرجع جهانی است. این مجموعه کلاسیک را به طرق مختلف می‌توان توصیف کرد: فهرست‌کردن عناصر متعلق به مجموعه، توصیف تحلیلی مجموعه، بیان شرایط عضویت و تعریف عناصر عضو مجموعه با استفاده از یک تابع مشخصه[2] که در آن عدد یک نشانگر عضویت و عدد صفر نشانگر عدم عضویت است. در یک مجموعه فازي، تابع مشخصه درجات عضویت[3] مختلفی براي عناصر یک مجموعه قائل می‌شود.

تعریف. اگر گردایه‌اي از موضوعات باشد که با x نشان داده می‌شوند، مجموعه فازي در X مجموعه‌اي از جفت مرتب‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

= (, ( )) (1)

که در آن، (x) تابع عضویت یا درجه عضویت x در نامیده می‌شود که X را به فضاي عضویت M نگاشت[4] می‌کند (زمانی که غیر فازي باشد، M تنها شامل صفر و یک می‌شود و(x) همان تابع مشخصه خواهد بود). برد[5] تابع عضویت، زیرمجموعه‌اي از اعداد حقیقی غیر منفی است و عناصر با درجه عضویت صفر فهرست نمی‌شوند.

در حالت کلی، تابع عضویت محدود به مقادیر بین صفر و یک نیست. اگر 1 = (x) $\sup_x$ باشد، مجموعه فازي را نرمال گویند. یک مجموعه فازي غیر نرمال را می‌توان با تقسیم (x) بر (x) $\sup_x$ نرمالیزه کرد. بنابراین، یک مجموعه فازي، تعمیم یک مجموعه کلاسیک و تابع عضویت تعمیم تابع مشخصه است.

پشتیبان[6] یک مجموعه فازي که با S() نشان داده می‌شود، یک مجموعه قطعی از کلیه x X است که در آن: 0 (x)

تعریف. مجموعه قطعی از همه عناصر متعلق به مجموعه فازي با حداقل درجه عضویت α را مجموعه سطح آلفا[7] گویند:

= ≥ ( ) (2)

مجموعه ( ) را مجموعه سطح آلفاي قوي[8] می‌نامند.

تحدب[9] در تئوري مجموعه فازي نقش مهمی ایفا می‌کند. شرایط تحدب با توجه به تابع عضویت تعریف می‌شود.

---

1. Collection
2. Characteristic Function
3. Degree of Membership
4. Mapping
5. Range
6. Support
7. α-Level Set
8. Strong α-Level Set
9. Convexity

تعریف. مجموعه فازی محدب است اگر:

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq min\{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\},\ x_1, x_2 \epsilon X, \lambda \epsilon [0,1] \quad (۳)$$

یک مجموعه فازی محدب است اگر کلیه مجموعه‌های سطح آلفای آن محدب باشد.

یکی دیگر از مشخصات یک مجموعه فازی، کاردینالیتی[1] یا قدرت[2] آن می‌باشد (Zadeh. 1981).

تعریف. برای یک مجموعه فازی محدود $\tilde{A}$ کاردینالیتی $|\tilde{A}|$ چنین تعریف می‌شود:

$$|\tilde{A}| = \Sigma_{x \epsilon X}\, \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (٤)$$

و $\|\tilde{A}\| = \frac{|A|}{|X|}$ را کاردینالیتی نسبی[3] $\tilde{A}$ گویند. کاردینالیتی نسبی به‌عنوان کسری از عناصر X که در $\tilde{A}$ حضور دارند، تفسیر می‌شود.

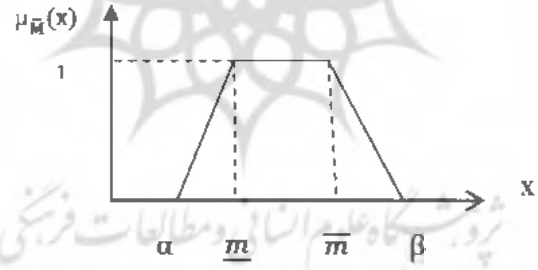
۳. اعداد فازی[4]

اعداد فازی، اعدادی هستند که ویژگی‌های فازی دارند: "حدود ٦ درصد" و "نسبتاً بالا".

تعریف. عدد فازی $\tilde{M}$ یک مجموعه نرمالیزه فازی محدب $\tilde{M}$ از خط حقیقی[5] R است که:

- تنها یک $x_0 \epsilon R$ وجود دارد که برای آن $\mu_{\tilde{M}}(x_0) = 1$. عدد x_0 را مقدار میانگین[6] عدد فازی $\tilde{M}$ گویند.
- شکل تابع عضویت $\mu_{\tilde{M}}(x)$ به‌صورت تکه خطوط[7] پیوسته است.

نمودار ۳. عدد فازی ذوزنقه‌ای



برای کاربری محاسباتی و آسانی کسب داده‌ها از توابع عضویت ذوزنقه‌ای استفاده می‌شود.

عدد فازی ذوزنقه‌ای نشان داده شده، به‌صورت چهارتایی $(\underline{m}, \overline{m}, \alpha, \beta)$ نمایش داده می‌شود. عدد فازی مثلثی حالت خاصی از عدد فازی ذوزنقه‌ای است که در آن $\underline{m} = \overline{m}$. بازه‌های میان "$\alpha, \underline{m}$" و "$\overline{m}, \beta$" را گستره‌های[8] چپ و راست می‌نامند. چنانچه این دو گستره مساوی باشند، عدد فازی را متقارن می‌گویند.

---

1. Cardinality
2. Power
3. Relative Cardinality
4. Fuzzy Numbers
5. Real Line
6. Mean
7. Piecewise
8. Spreads

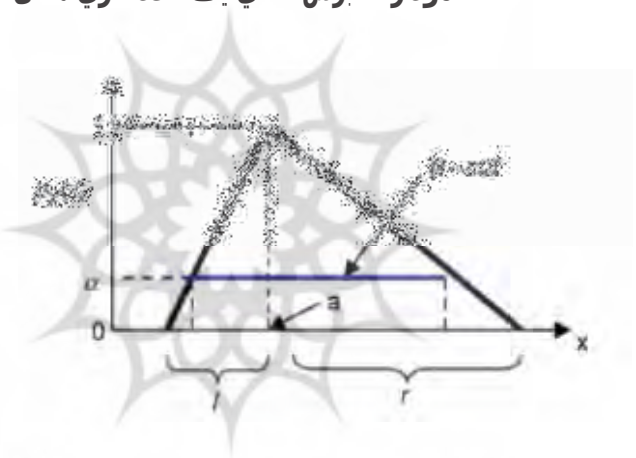
تعريف. يک عدد فازي مثلثی (ـ , ـ ,) = با مرکز a R و گستره چپ و راست (ـ , ـ) توسط تابع عضويت زير تعريف می‌شود (Zimmermann, 1996):

$$\mu_{\tilde{A}}(x)=\begin{cases}1-\frac{|x-a|}{\alpha_l} & \text{for } a-\alpha_l \le x \le a\\ 1-\frac{|x-a|}{\alpha_r} & \text{for } a \le x \le a+\alpha_r\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases} \quad (5)$$

که در آن، نماد " " مقادير قدر مطلق را نشان می‌دهد.

مفهوم مفيد ديگر، برش آلفا[1] است. مفهوم برش آلفا، دامنه مورد نظر را به عناصري با حداقل درجه عضويت آلفا محدود می‌کند. در اين صورت، پشتيبان مجموعه فازي کل مبناي آن است و برش آلفا از تا را شامل می‌شود. مقادير خارج از اين بازه، سطح عضويتی دارند که بی‌معناست و می‌تواند از نظر خارج شود.

نمودار 4. برش آلفاي يک عدد فازي مثلثی



برش‌هاي آلفاي عدد فازي مثلثی (ـ , ـ ,) = چنين تعريف می‌شود:

$$\alpha = [\ ,\ ] = [\ -\ (1-\ ),\ +\ (1-\ )]\quad \alpha\in[0,1] \quad (6)$$

4. حساب فازي

حساب فازي به اعداد فازي اعمال می‌شود. براي کاربرد مجموعه‌هاي فازي بايد از اعداد فازي استفاده کرد و اصل بسط يکی از راه‌هاي بسط عملگرهاي جبري از اعداد قطعی به اعداد فازي است. اگر عملگرهاي جبري نرمال +، - و . براي اعداد فازي بسط داده شوند، با علامات ، و نشان داده می‌شوند.

قضيه. اگر ( ) با توابع عضويت ( ) و ( ) باشند، با اعمال اصل بسط براي عملگر باينارى *، تابع عضويت عدد فازي چنين تعريف می‌شود:

$$\mu_{\tilde{M}\tilde{N}}(z)=\min\{\mu_{\tilde{M}}(\ ),\ \mu_{\tilde{N}}(\ )\},\ z=x*y \quad (7)$$

1. α-Cut

- **جمع بسطيافته**[1]. ازآنجاكه جمع يک عملگر فزاينده است، عملگر جمع بسطيافته براي اعداد فازي، f(M,N) = M N نيز يک عدد فازي است. جمع بسطيافته اعداد فازي داراي خواص جابه‌جايی و شركت‌پذيري است. "صفر" عنصر خنثاي جمع بسطيافته محسوب می‌شود (M 0=M). براي عملگر جمع بسطيافته، عنصر معكوس وجود ندارد؛ به‌عبارتی: M (M) ≠ 0

- در نتيجه، حل معادلات فازي به‌دليل عدم امكان حذف متغيرها بسيار مشكل خواهد بود.

- **ضرب بسطيافته**[2]. ازآنجاكه ضرب يک عملگر فزاينده در R^+ و يک عملگر كاهنده در R^- است، بنابراين، ضرب اعداد فازي مثبت يا منفی نيز يک عدد فازي مثبت است. اگر M يک عدد فازي مثبت و N يک عدد فازي منفی باشد، آنگاه M نيز يک عدد فازي منفی بوده و (N M) = M N نيز يک عدد فازي منفی خواهد بود.

ضرب بسطيافته ويژگی‌هاي جابه‌جايی و شركت‌پذيري دارد و "يک" عنصر خنثاي ضرب بسطيافته محسوب می‌شود (M 1=M). براي عملگر ضرب بسطيافته معكوس وجود ندارد؛ به‌عبارتی: M M^{-1} ≠ 1

- **تفريق بسطيافته**[3]. تفريق نه يک عملگر فزاينده و نه يک عملگر كاهنده است. عملگر N M را هميشه می‌توان به‌صورت (N) M = M N نوشت. براساس اصل بسط می‌توان نوشت:

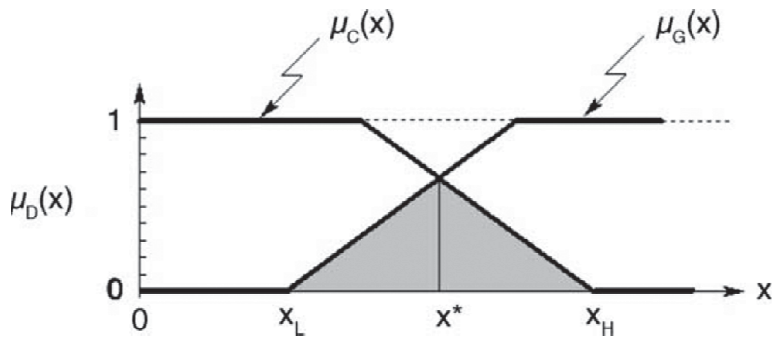
$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{z}}(z) &= \min\{\mu_{\tilde{x}}(\ ), \mu_{\tilde{y}}(\ )\}, z=x-y \\ &= \min\{\mu_{\tilde{x}}(\ ), \mu_{\tilde{y}}(-\ )\}, z=x+y \\ &= \min\{\mu_{\tilde{x}}(\ ), \mu_{\tilde{y}}(\ )\}, z=x+y \end{aligned} \quad (8)$$

اگر M و N اعداد فازي باشند، N M نيز يک عدد فازي خواهد بود.

5. برنامه‌ريزي خطی فازي

بسياري از مطالعات منطق فازي در بيمه، پيرامون مسئله تصميم‌گيري[4] است كه چارچوب اغلب آنها مبتنی بر مقاله بلمن و زاده[5] است. ايده اصلی در اين زمينه آن است كه با وجود يک فضاي غير فازي از انتخاب‌ها (X)، يک هدف فازي (G) و يک قيد فازي (C)، از تركيب هدف و قيد فازي يک تصميم D حاصل می‌شود كه يک مجموعه فازي و نتيجه اشتراك G و C است. نمودار 5 رابطه ميان G، C و D را نشان می‌دهد.

نمودار 5. تصميم‌گيري



1. Extended Addition
2. Extended Product
3. Extended Subtraction
4. Decision Making
5. Bellman and Zadeh, 1970

همانگونه كه ملاحظه می‌شود، تصميم‌گيري از اشتراك فازي توابع عضويت هدف و قيد و مجموعه انتخاب‌هاي ممكن در فاصله x_L تا x_H حاصل می‌شود. اگر تصميم بهينه، گزينه‌اي با بالاترين درجه عضويت در مجموعه تصميم‌گيري باشد، پاسخ قطعی اين مسئله به‌صورت زير بيان می‌شود:

$$= \arg [\max_{ط} \min \{ \quad ( ), \quad ( )\}] \qquad (9)$$

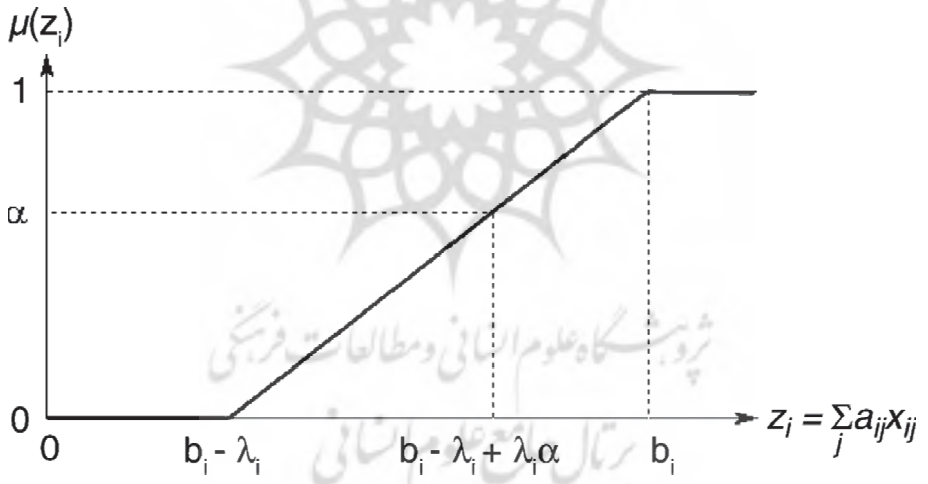
در اين قسمت بر نقش برنامه‌ريزي خطی فازي در تصميم‌گيري متمركز خواهيم شد. برنامه‌ريزي خطی فازي شامل يافتن x است به‌گونه‌اي كه (Zimmermann, 1996):

$$= \text{ضعي} \quad \leq$$

$$= \sum \quad \geq \quad , \qquad \geq 0 \qquad (10)$$

كه در آن، $$ سطح مورد نظر براي تابع هدف بوده و ضرايب $$ ، $$ و $$ ضرورتاً اعداد قطعی نيستند. اين مسئله برنامه‌ريزي خطی فازي را می‌توان با فرمول‌بندي مجدد آن به‌عنوان يک برنامه‌ريزي خطی قطعی حل كرد. اساس اين رويكرد در نمودار 6 نشان داده شده است.

نمودار 6. قيد قطعی معادل



همانگونه كه ملاحظه می‌شود، $$ يک عدد فازي است كه تابع عضويت آن براي بازه $z_i \leq b_i - \lambda_i$ صفر، براي $z_i \geq b_i$ يک و در فاصله ميان اين دو بازه خطی فزاينده است. زيمرمن، λ را بازه تحمل[1] می‌نامد. با استفاده از برش آلفا براي فراهم‌سازي يک حداقل رضايت‌مندي قابل قبول، به‌عبارت‌ديگر انتخاب $\mu(z_i) \geq \alpha$ به‌عنوان يک قيد قابل قبول، از نمودار 6 مشخص می‌شود كه قيد معادل به‌صورت $z_i \geq b_i - \lambda_i + \lambda_i \alpha$ بازتعريف شده و به‌طور مشابه:

$$C = C_0 + \lambda - \lambda\alpha$$

1. Tolerance Interval

بنابراين، با مقادير داده‌شده λ مسئله برنامه‌ريزي قطعی معادل، همان حداكثرسازي α نسبت به قيود معادل خواهد بود. دراين‌صورت می‌توان نوشت:

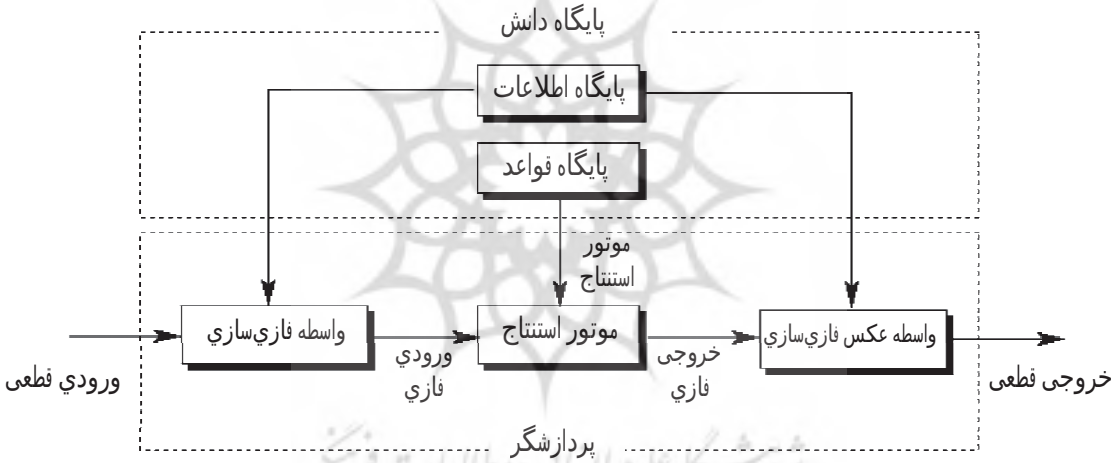
$$\begin{aligned} &\text{Maximize} : \alpha \\ &\text{Subject to} : z_i - \lambda_i\alpha \geq b_i - \lambda_i \\ &\qquad C + \lambda\alpha \leq C_0 + \lambda \\ &\qquad 0 \leq \alpha \leq 1 \end{aligned} \tag{11}$$

كاريترو و ويجو[1] و چانگ[2] از جمله افرادي هستند كه در مقالات خود از برنامه‌ريزي فازي استفاده كرده‌اند.

6. سيستم‌هاي استنتاجی فازي

سيستم استنتاجی فازي[3] يک متدولوژي متداول براي اجراي منطق فازي است. اين سيستم‌ها به‌عنوان سيستم‌هاي مبتنی بر قاعده فازي[4]، سيستم‌هاي خبره فازي[5]، مدل‌هاي فازي[6]، حافظه‌هاي متحد فازي[7]، يا كنترل‌كننده‌هاي منطق فازي[8] نيز شناخته می‌شوند. اساس سيستم استنتاجی فازي در شكل 1 نشان داده شده است.

شكل 1. سيستم استنتاج فازي

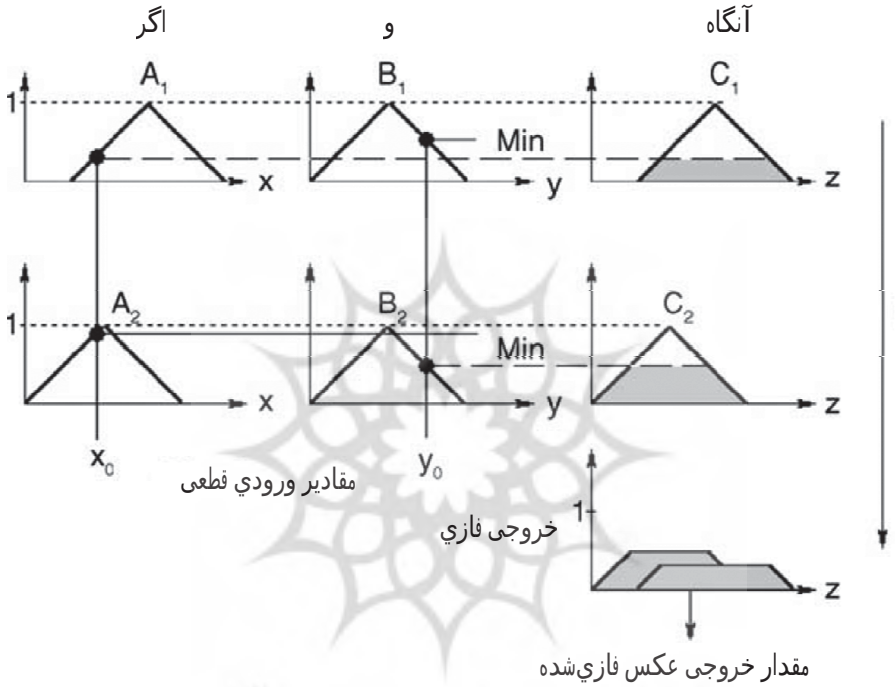


سيستم استنتاجی فازي شامل يک پايگاه (مبناي) دانش[9] و يک مرحله پردازش[10] است. پايگاه دانش، توابع عضويت و قواعد فازي لازم براي پردازش را فراهم می‌كند. در مرحله پردازش، متغيرهاي عددي قطعی ورودي[11] سيستم هستند. اين متغيرها از مرحله فازي‌سازي[12] گذشته و به متغيرهاي زبانی تبديل می‌شوند و به‌عنوان ورودي موتور استنتاج[13] عمل می‌كنند. اين ورودي فازي با استفاده از قواعد موتور استنتاج به خروجی فازي تبديل

1. Carretero and Viejo, 2000
2. Chang, 2003
3. Fuzzy Inference System
4. Fuzzy Rule-based Systems
5. Fuzzy Expert Systems
6. Fuzzy Models
7. Fuzzy Associative Memories
8. Fuzzy Logic Controllers
9. Knowledge Base
10. Process
11. Input
12. Fuzzification
13. Inference Engine

می‌شود و در مرحله عکس فازي‌سازي[1] به مقادير عددي تبديل شده و خروجی قطعی سیستم را تشکیل خواهد داد. عملگرهاي نرم‌هاي مثلثی[2] (تی-نرم) و کونرم‌هاي مثلثی (تی- کونرم به‌عنوان دوگان تی- نرم) در سیستم استنتاجی فازي استفاده می‌شوند تا سیگنال‌ها و وزن‌هاي ورودي را ترکیب کرده و حاصل آنها را یکپارچه کنند. ساده‌ترین مثال از این عملگرها، عملگر min و max است. سیستم استنتاجی فازي ممدانی[3] که در نمودار 7 نشان داده شده است، متداول‌ترین سیستم استنتاجی فازي در ادبیات بیمه است.

نمودار 7. سیستم استنتاج فازي ممدانی



در سیستم استنتاجی فازي ممدانی دو ورودي قطعی x_0 و y_0 و سه مجموعه توابع عضویت A_j، B_j و C_j ($j=1,2$) داریم که هر مجموعه قاعده $A_j\&B_j$ C_j را نشان می‌دهد و رابطه "and" به‌عنوان اجتماع[4] مجموعه فازي تفسیر می‌شود. حداقل ورودي‌هاي فازي در دو ستون اول نشانگر سطوح برانگیختگی[5] (خطوط خط‌چین) و اثر آنها بر نتایج استنتاج (سطوح هاشور زده در ستون سوم) می‌باشند. با اشتراك[6] گرفتن از نواحی هاشور زده در دو ردیف اول ستون سوم، مجموعه فازي نشان داده شده در ردیف سوم حاصل می‌شود که همان نتیجه نهایی است.

1. Defuzzification
2. Triangular-Norms
3. Mamdani, 1974
4. Intersection
5. Firing
6. Union

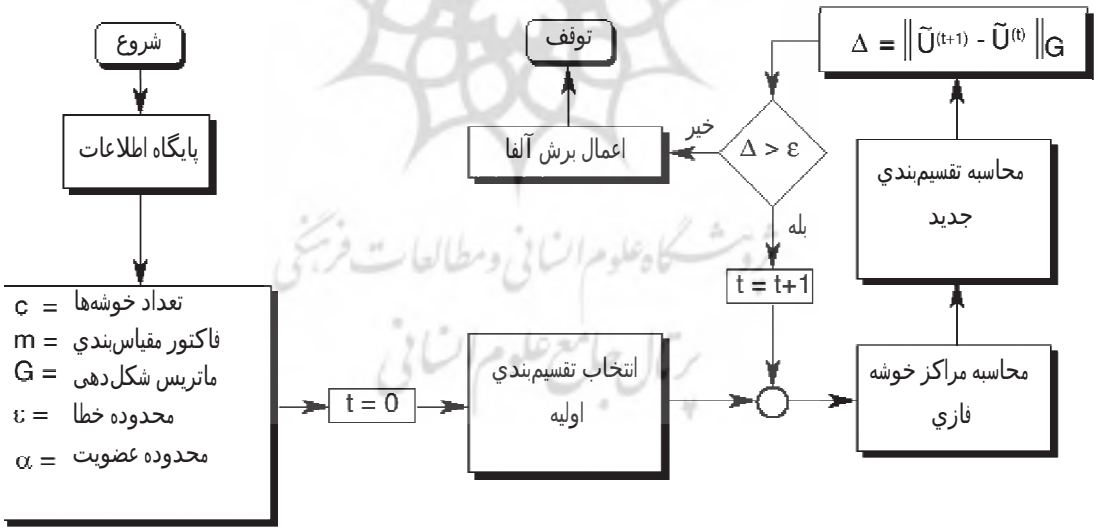
معكوس فازي‌سازي، نتيجه نهايی فازي را به يک مقدار عددي تبـديل مـی‌كنـد كـه از برخـی جهـات بهتـرين تخمين است. يک شيوه متداول در مقالات بيمه‌اي استفاده از رويكرد مركز جاذبه[1] است كه مقدار عددي خروجـی را به‌عنوان طول[2] مركز جاذبه اشتراك تعريف می‌كند. در عمل، اين مقدار به‌صورت $\sum_{ش}$ تعريف می‌شـود كـه وزن ش مقدار نسبی تابع عضويت در ش است؛ يعنی: $= (ش) / \sum_{ش} (ش)$

كو و همكاران[3] و يانگ[4] از جمله افرادي هستند كه در مطالعـات خـود از سيسـتم اسـتنتاجی فـازي اسـتفاده كرده‌اند.

7. الگوريتم فازي ميانگين‌هاي سی[5]

سيستم فازي، ما را قادر می‌سازد تا دانش كيفی تجربی را به سيستم‌هـاي اسـتدلالی تبـديل كـرده و انطبـاق و درون‌يابی الگوي تقريبی را انجام دهيم. اما اين سيستم‌ها نمی‌توانند تطبيق يافته يا بياموزند، زيرا اين سيستم‌ها قادر به استخراج دانش از اطلاعات موجود نيستند. براي حـل ايـن مشـكل، از يـک روش خوشـه‌بنـدي[6] فـازي نظيـر الگوريتم فازي ميانگين‌هاي سی استفاده می‌شـود. اسـاس ايـن الگـوريتم ايـن اسـت كـه مراكـزي[7] منطقـی بـراي خوشه‌هاي داده‌ها فراهم شود، زيرا اين مراكز مشخصات اصلی خوشه را دربرداشـته و بـردار داده‌هـا حـول مراكـز خوشه‌اي گروه‌بندي می‌شوند كه به آنها نزديک‌ترند. فلوچارت الگوريتم فازي ميانگين‌هاي سی در شـكل 2 نشـان داده شده است:

شكل 2. فلوچارت الگوريتم ميانگين سی



همانگونه كه مشاهده می‌شود، پايگاه اطلاعاتی[8] شـامل يـک مـاتريس $x_{n\times p}$ ،n×p اسـت كـه n نشـانگر تعـداد الگوها[1] و p نشانگر تعداد ويژگی‌ها[2] است. الگوريتم اين n الگو را به c خوشه تفكيـک مـی‌كنـد ($2\le c\le n-1$) كـه

1. Center of Gravity
2. Abscissa
3. Kuo et al., 2001
4. Young, 1997
5 . Fuzzy C-means Algorithm
6. Clustering
7. Centers
8. Database

واریانس درون خوشه‌ها حداقل شده و واریانس بین خوشه‌ها حداکثر می‌شود. الگوریتم با ري‌ست شدن شمارنده شروع می‌شود؛ t مساوي صفر قرار داده می‌شود و c انتخاب می‌گردد؛ m وزن نمایی[3] است که تأثیر نویز بر داده‌ها را کم می‌کند؛ G یک ماتریس متقارن مثبت معین p×p است که اهمیت نسبی عناصر مجموعه داده‌ها و هم‌بستگی میان آنها را بیان می‌کند؛ نظیر ماتریس شناسایی و کوواریانس ε، که قاعده توقف را کنترل می‌کند؛ و α قدرت تحمل عضویت، که سهم نسبی توابع عضویت را تعریف می‌کند.

با توجه به پایگاه اطلاعاتی و مقادیر اولیه، شمارندهٔ t، برابر با صفر می‌شود. مرحله بعدي انتخاب تقسیم‌بندي اولیه (ماتریس عضویت)، $\mu_{ik}(0)$ است که می‌تواند بر مبناي بهترین حدس یا تجربه باشد. سپس، مراکز فازي خوشه محاسبه می‌شوند که عناصر دربرگیرنده ویژگی‌هاي خوشه می‌باشند. با استفاده از این مراکز فازي، یک تقسیم‌بندي جدید، $\mu_{ik}(t+1)$، محاسبه می‌شود. تقسیم‌بندي‌ها با استفاده از نُرم ماتریس $\|\mu_{ik}(t+1) - \mu_{ik}(t)\|$ مقایسه می‌شوند و اگر اختلاف بیشتر از ε شود، شمارنده t افزایش یافته و فرایند ادامه می‌یابد. اگر اختلاف بیشتر از ε نباشد، فرایند متوقف می‌شود. به‌عنوان بخشی از مرحله نهایی، برش آلفا اعمال می‌شود تا نتایج آشکار شده و تفسیر آسان‌تر شود. به‌عبارت دیگر، همه مقادیر تابع عضویت کمتر از آلفا برابر با صفر شده و تابع نرمالیزه می‌شود.

الگوریتم فازي میانگین‌هاي سی در مقالات بیمه‌اي دریگ و استازوسکی[4] و ورال و یاکوبوف[5] مورد استفاده قرار گرفته است.

8. کاربردهاي منطق فازي صرف در بیمه

منطق فازي در بیمه در حوزه‌هایی نظیر طبقه‌بندي[6]، صدور و بیمه‌گري[7]، تعهدات طرح‌ریزي شده[8]، ارزش حال حال و آتی فازي[9]، قیمت‌گذاري[10]، تخصیص دارایی[11]، جریانات نقدي[12] و سرمایه‌گذاري[13] کاربرد دارد (Shapiro, 2004).

8-1. طبقه‌بندي

طبقه‌بندي امري بنیادي در بیمه به‌شمارمی‌رود. ازیک‌سو، طبقه‌بندي مقدمه صدور و بیمه‌گري پوشش بالقوه است و ازسوي‌دیگر، ریسک‌ها باید طبقه‌بندي شده و جهت قیمت‌گذاري تفکیک شوند. طبقه‌بندي در بیمه شامل طبقه‌بندي ریسک‌هاي بیمه عمر، طبقه‌بندي ریسک و ادعاي خسارت[14]، کشف تقلب[15] و سوء استفاده، بیمه‌پذیري

1. Patterns
2. Features
3. Exponential Weight
4. Derrig and Ostaszewski, 1994
5. Verrall and Yakoubov, 1999
6. Classification
7. Underwriting
8. Projected Liabilities
9. Fuzzy Future and Present Values
10. Pricing
11. Asset Allocation
12. Cash Flows
13. Investment
14. Claim
15. Fraud

شهرداري‌ها[1]، ريسک آسيب‌هاي ناشی از بيکاري[2]، توسعه شاخص ازکارافتادگی[3] و گروه‌بندي سنی در بيمه عمومی[4] می‌شود.

در طبقه‌بندي ريسک‌هاي بيمه عمر يک فرايند دو مرحله‌اي انجام می‌شود. در مرحله اول، يک ريسک با برداري نشان داده می‌شود که مقدار عناصر آن بيانگر درجه‌اي است که اين ريسک، الزامات ريسک ترجيحی[5] مربوط به آن عنصر را برآورده می‌سازد. در مرحله دوم، کل درجه عضويت در طبقه ريسک ترجيحی محاسبه می‌گردد. اين عمل با استفاده از عملگر اجتماع فازي ليمير[6] يا سيستم استنتاج فازي انجام می‌شود. اندازه‌هاي فازي بودن[7] در حوزه طبقه‌بندي ريسک و با توجه به يک ريسک ترجيحی فازي که حداقل فازي بودن را دارد، بحث و مقايسه می‌شوند. استازوسکی[8] دريافت که فقدان يک طبقه‌بندي مناسب اکچوئرال از نظر اقتصادي معادل قيمت‌گذاري تبعيضی براي افراد با ريسک بالاست و پيشنهاد احتياط در برابر تبعيض را مطرح می‌کند تا روش‌هاي طبقه‌بندي براي کشف الگوها مورد استفاده قرار گيرند. وي استفاده از الگوريتم ميانگين سی را براي طبقه‌بندي در حوزه بيمه پيشنهاد می‌کند.

استازوسکی براي معرفی طبقه‌بندي به اکچوئرها مثالی براي طبقه‌بندي چهار بيمه‌شده ارائه می‌کند (دو مرد و دو زن در دو خوشه براساس ويژگی‌هاي قد، وزن، جنسيت و ضربان قلب). دو خوشه اوليه براساس جنسيت بود. استازوسکی در يک فرايند گام به گام و از طريق سه تکرار، به يک طبقه‌بندي کاراتر براساس کليه ويژگی‌ها دست يافت.

مانتون و همکاران[9] با استفاده از تئوري مجموعه فازي، مسائل آماري با داده‌هاي اندك و چند بعدي با پاسخ‌هاي طبقه‌بندي شده را حل کردند. آنها با يک مفهوم نماي حدي شروع کردند که براي سلامت کامل می‌تواند "فعال، سن 50" و "ضعيف، سن 100" باشد. تمرکز آنها بر امتيازدهی درجه عضويت، g_{ik}، است که بيانگر درجه‌اي است که فرد iاُم به نماي حدي kاُم در يک تقسيم‌بندي فازي تعلق دارد و بدين ترتيب فرايندهاي آماري منعکس‌کننده ويژگی‌هاي مجموعه فازي در تخمين پارامترها بيان می‌شود. سپس پارامترهاي تخمين زده‌شده از مدل، براي پيش‌بينی انواع مختلف وضعيت سلامت مورد استفاده قرار گرفته و درجه عضويت، داده‌هاي حاصل از منابع مختلف را با هم ترکيب کرده و مدل‌هاي مجموعه‌هاي فازي در دامنه گسترده‌اي از شرايط تجربی تحليل می‌شوند. درريگ و استازوسکی[10] نشان دادند که الگوريتم خوشه‌بندي ميانگين سی يک جايگزين براي طبقه‌بندي ريسک و ادعاي خسارت است. آنها خوشه‌بندي فازي را براي گروه‌بندي شهرها براساس نرخ‌گذاري اتوماتيک ناحيه‌اي و نيز طبقه‌بندي ادعاهاي خسارت بيمه براساس سطح مورد انتظار تقلب به‌کارگرفتند. مطالعات آنها براساس داده‌هاي بيمه اتومبيل ماساچوست انجام گرفت.

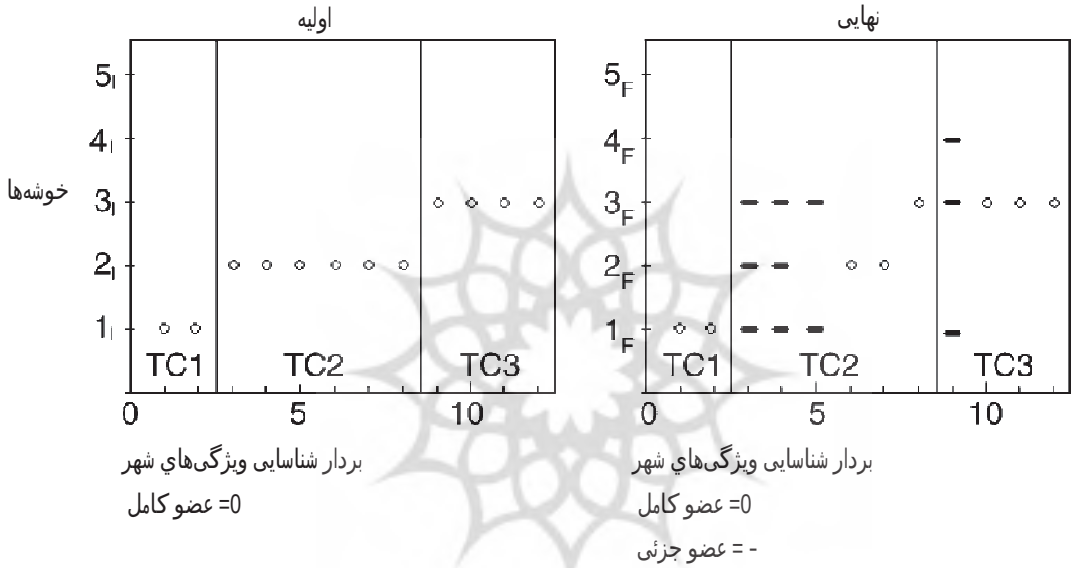
---

1. Insurability of Municipalities
2. Occupational Injury
3. Disability Index
4. Age Groupings in General Insurance
5. Preferred Risk
6. Lemaire, 1990
7. Fuzziness
8. Ostazewski, 1993
9. Manton et al., 1994
10. Derrig and Ostazewski, 1995a

بخش گروه‌بندي شهرها شامل 350 شهر و 10 بخش فرعی نرخ‌گذاري شده بوستون با مسئوليت آسيب بدنی[1]، پوشش آسيب شخصی[2]، مسئوليت خسارت اموال[3]، تصادف و تركيبی از پنج نوع پوشش فردي می‌شد. پارامترهاي الگوريتم ميانگين سی همان تقسيم‌بندي پوشش پنجگانه (c=5) بود كه تعداد طبقه‌بندي‌ها در گروه‌بندي قبلی نواحی نيز بوده است؛ يک فاكتور مقياس‌بندي 2 (m=2)، يک خطاي 5 درصد (ε=0.05) و برش آلفاي 20 درصد.

نمودار 8 بيانی از الگوريتم خوشه‌بندي است كه به نواحی نرخ‌بندي اتوماتيک از زيرمجموعه‌اي از 12 شهر (محور x) و 5 خوشه (محور y) اعمال می‌شود. نشان‌هاي I و F خوشه‌هاي اوليه و نهايی را نشان می‌دهند.

نمودار 8. خوشه‌بندي شهري با استفاده از الگوريتم ميانگين سی



در نمودار سمت چپ، گروه‌هاي اوليه قطعی هستند، زيرا عضويت نواحی يكسان است. در مقابل، در نتيجه اعمال الگوريتم سی، طبقه‌بندي بهينه در شهرهايی نتيجه می‌شود كه به بيش از يک خوشه (طبقه ريسک) تعلق دارند. نتايج مشابهی براي كل پايگاه اطلاعاتی حاصل می‌شود.

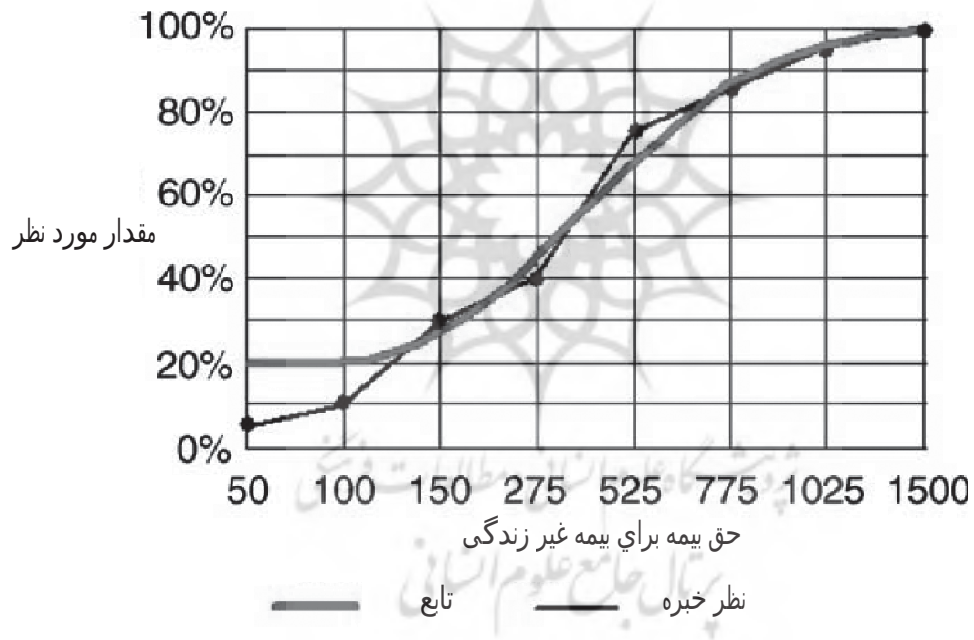
در بخش طبقه‌بندي ادعاي خسارت بيمه، از اطلاعات متخصصان (خبرگان) استفاده شده است. با 387 ادعاي خسارت و دو رمزگذار[4] مستقل، 62 ادعاي خسارت شناسايی شد كه از نظر رمزگذار تقلبی بودند. سپس با 127 ادعاي خسارت شروع كرده و از مديران و ارزيابان باتجربه خواسته شد تا ادعاهاي خسارت را براساس مقياس10-0 رتبه‌بندي كنند. پاسخ‌هاي آنها در 5 خوشه اوليه (c=5) گروه‌بندي شد: به هيچ وجه (0)، ضعيف (3-1)، متوسط (6-4)، قوي (9-7) و مطمئن (10). سه ويژگی در اين مرحله عبارت‌اند از: مقدار بدگمانی[5] (ترديد) تعديل‌كننده[6]، مقدار بدگمانی ارزياب[1] و تعداد منتقدانی كه ادعاي خسارت را تقلبی می‌دانند[2]. نتايج آنها اين

1. Bodily Injury Liability (BI)
2. Personal Injury Protection (PIP)
3. Property Damage Liability (PDL)
4. Coder
5. Suspicion
6. Adjuster

فرضيه را تأييد كرد كه سطوح بدگمانی تعديل‌كنندگان به‌خوبی می‌تواند ادعاي خسارت مورد ترديد را پايش[3] كند. نويسندگان نتيجه گرفتند كه خوشه‌بندي فازي يک روش طبقه‌بندي باارزش است اما نه بهترين روش.

هلمن[4] از سيستم خبره فازي براي شناسايی شهرداري‌هاي فنلاندي در سايز متوسط و با مديريت مناسب اما با پوشش بيمه‌اي نامناسب، استفاده كرد. مراحل انجام اين مطالعه عبارت‌اند از: شناسايی و طبقه‌بندي فاكتورهاي اقتصادي و بيمه‌اي، ارزيابی يک خبره از هر فاكتور، پردازش مجدد نتايج خبره، وارد كردن اين پايگاه دانش در يک سيستم خبره. فاكتورهاي اقتصادي شامل اين موارد است: سايز جمعيت، نرخ حاشيه سود ناخالص[5] (براساس وجوه در دسترس براي مخارج سرمايه)، رتبه‌بندي يكپارچگی[6]، رشد بالقوه و اينكه آيا شهرداري در يک موقعيت بحرانی قرار دارد. فاكتورهاي بيمه‌اي نيز شامل حق‌بيمه غير عمر مورد تعهد شركت و نسبت ادعاي خسارت براي سه سال می‌شود. نمودار 9 نشان می‌دهد كه چگونه هلمن ديدگاه خبرگان را با توجه به ميزان توجه آنها به حق‌بيمه‌هاي غير عمر تعهدشده پردازش می‌كند تا تابع عضويت مربوطه را بسازد.

نمودار 9. پردازش نظرات خبره



در اين مرحله دو اصلاح اعمال می‌شود:

- تابع خطی قطعه‌اي مورد نظر[7] خبره با يک تابع يكنواخت جايگزين می‌شود؛
- يک حداقل 20 درصدي به تابع اضافه می‌شود كه نشان‌دهنده مزيت حاصل از شهرداري به‌عنوان يک مشتري است.

---

1. Investigator
2. Fraud Vote
3. Screen
4. Hellman, 1995
5. Gross Margin Rating
6. Solidity Rating
7. Interest

ترکیبات محدب توابع عضویت مورد نظر خبره، همان پایگاه دانش در سیستم خبره فازي خواهد بـود. هلمـن نتیجه می‌گیرد که مهم‌ترین مشخصه‌هاي سیستم خبره فازي آن است که به‌آسانی اصلاح می‌شوند، توابع یکنواخت مقادیر پیوسته‌اي اتخاذ می‌کنند و اضافه کردن یک ویژگی فازي جدید، کار آسانی است.

مک کال-بل و بادیرو[1] یک پروژه تحقیقی دو مرحله‌اي براي توسعه یک سیسـتم خبـره زبـانی فـازي جهـت کمی‌کردن و پیش‌بینی ریسک آسیب‌هاي شغلی براي دست و ساعد پیشنهاد می‌کنند.

مرحله اول: توسعه و بیان متغیرهاي زبانی براي توصیف کردن سطوح ریسک و کمی کردن آنها بـا اسـتفاده از تئوري مجموعه فازي؛

مرحله دوم: استفاده از پردازش سلسله مراتبی تحلیلی[2] براي نسبت دادن وزن‌هاي نسبی به فاکتورهاي ریسـک شناسایی‌شده.

با استفاده از متغیرهاي زبانی حاصل از مرحله اول، یک مبناي قاعده فازي[3] با کلیـه ترکیبـات بـالقوه فاکتورهـا ساخته می‌شود. در واقع آنها از یک رویکرد بازخوردي براي پردازش دیدگاه خبره استفاد کردند. مشخصـه اصـلی کار آنها استفاده از مفهوم نگاشت[4] براي بیان دانش خبره نسبت به فضاي مسئله و درك روابط بین مفاهیم بود.

این مطالعه توسعه داده شد تـا بـا اسـتفاده از یـک مـدل رگرسـیون خطـی، روابـط بـین فاکتورهـاي ریسـک شناخته‌شده و آسیب‌هاي شغلی پیش‌بینی شود. شکل کلی مدل این چنین بود:

$$\text{خروجی فازي} = \text{ضریب فازي} + \text{ضریب فازي} + \cdots + \text{ضریب فازي} \qquad (12)$$

که خروجی فازي، ضریب فازي مثلثی متقارن و $x=(x_1,\ldots,x_n)$ یک بردار ورودي غیـر فـازي n بعـدي است. ایده اصلی رویکرد رگرسیون احتمالی[5]، حداقل کردن فازي بودن مدل از طریق حداقل کـردن کـل پشـتیبان[6] ضرایب فازي با قید این مسئله بود که نقاط داده‌هاي هر نمونه در یک برش آلفـاي مشـخص باشـد. ایـن مـدل از چهار زیرمدل فازي ساخته شده تا ریسک‌هاي مرتبط با کار[7]، آنتروپومتریک، انحراف مشترك[8] و عوامـل شخصـی را بیان کنند. این زیرمدل‌ها با هم ترکیب شده و یک سطح کلی ریسک و یک مدل کـاهش ریسـک نهـایی ایجـاد می‌کنند. نتایج حاکی از آن است که رگرسیون خطی فازي تکنیک مناسبی براي نشان دادن نااطمینـانی مربـوط بـه تعریف و مدل‌سازي فاکتور ریسک آسیب‌هاي شغلی است.

ورال و یاکوبوف[9] نشان دادند که الگوریتم فازي میانگین سی، مشخص‌کننده یک فرایند مبتنی بر داده‌هـا بـراي ارزیابی گروه‌بندي سنی در بیمه عمومی است. پایگاه اطلاعاتی آنها شامل کل هزینه ادعاهاي خسـارت مربـوط بـه بیش از 50,000 بیمه‌نامه اتومبیل بود. با این فرض که اثرات اختلال[10] کنار گذاشته شده و سن دارنده بیمه‌نامه تنها فاکتور مهم است، بر پوشش خسارت بدنه اتومبیل و آسیب‌هاي بدنی تمرکز شده است.

---

1. McCauley-Bell and Badiru, 1996
2. Analytic Hierarchy Processing
3. Fuzzy Rule Base
4. Mapping
5. Possibilistic Regression Approach
6. Support
7. Task
8. Joint Deviation
1. Verrall and Yakoubov, 1999
10. Distortion Effects

آنها ابتدا با گروه‌بندي كردن افراد با سن كم و سن بـالا، داده‌هـا را پـردازش و براسـاس تكـرار در هـر سـن و متوسط شدت خسارت طبقه‌بندي كردند. ابتدا 6 خوشه (c=6) تنظيم كرده و برش آلفـا را برابـر بـا 20 درصـد در نظر گرفتند و با استفاده از الگوريتم ميانگين سی به اين نتيجه رسيدند كه اولين تقريب از گروه‌بندي مناسب سـنی براساس رديف سوم جدول 1 خواهد بود:

جدول 1. گروه‌بندي سنی دارنده بيمه‌نامه

گروه‌بندي‌هاي سنی							
گروه	1	2	3	4	5	6	7
خوشه‌بندي ريسک	1	2	3	4	3	5	6
سن	-25	26-27	28-31	32-47	48-51	52-68	69+
ريسک نسبی	406	136	115	90	100	72	61

ريسک نسبی هر گروه (رديف آخر)، با توجه به اينكه سنين متوالی عضويت مشابه دارند، نشانگر آن است كـه گروه 5 يک خلاف قاعده[1] است و گروه‌هاي 4 و 5 احتمالاً بايد با هم يكی شوند.

نتيجه اين مطالعه نشان داد كه انعطاف‌پذيري رويكرد فازي نسبت به ساير رويكردهـا، آن را بـراي گـروه‌بنـدي سنی دارندگان بيمه‌نامه مناسب می‌كند.

2-8. بيمه‌گري

بيمه‌گري، فرايندي است كه طی آن بيمه‌گر ريسک‌هاي پيشنهاد و پذيرفته‌شده و نيز شرايط و ميزان هر يـک را تعيين می‌كند. هدف از بيمه‌گري رسيدن به يـک توزيـع ريسـک ايمـن و حتـی سـودآور اسـت. منطـق فـازي در بيمه‌گري بيمه‌هاي عمر، تعريف يک دارنده بيمه‌نامه ترجيحی، فرايند انتخـاب بيمـه سـلامت گروهـی، نااطمينـانی ريسک از ديدگاه يک مدير ريسک، بيمه‌گري پزشكی و سيستم پشتيبان تصميمات سلامت كاربرد دارد.

اولين كاربرد منطق فازي در صدور بيمه اشخاص توسط د ويت[2] انجام شد. از نظر او بيمه‌گـري امـري ذهنـی[3] است و از يک شكل پايه‌اي سيستم خبره فازي می‌توان براي تحليل فعاليـت بيمـه‌گـري يـک شـركت بيمـه عمـر استفاده كرد.

د ويت 30 بيمه‌گر فرضی بيمه عمر را ارزيابی و آنها را براساس صفات مختلـف طبقـه‌بنـدي كـرد. سـپس بـا استفاده از اين اطلاعات، پنج تابع عضويت ايجاد كرد: جنبه‌هاي فنی[4] (μ_t)، سلامت[5] (μ_h)، حرفه[6] (μ_p)، تجـارت[7]

1. Anomaly
2. De Wit, 1982
3. Subjective
4. Technical Aspects
5. Health
6. Profession
7. Commercial

(μ_c) و غيره (μ_o). د ويت اين توابع عضويت را با هم ترکيب کرده و آرايه‌اي از عملکردهاي سيستم فازي در يک سيستم بيمه‌گري خبره فازي با استفاده از فرمول زير ايجاد کرد:

$$= ((\quad) \quad \overline{\quad} \quad \min (0.5, \quad))^{[\quad]} \qquad (13)$$

که در آن افزون‌شدگی[1] (( ))، درجه عضويت توابع مذکور را به بالاتر از يک مقدار معين (اغلب 0/5) افزايش يا به کمتر از يک مقدار معين (اغلب 0/5) کاهش می‌دهد، جمع‌شدگی[2] ( )، درجه عضويت را کاهش می‌دهد و اتساع[3] ( )، درجه عضويت را افزايش می‌دهد. سپس قواعد تصميم‌گيري بيمه‌گري فرضی با توجه به مقادير پيشنهاد می‌شود.

البته د ويت معتقد است که تحليل فازي فرايند تصميم‌گيري نمی‌تواند جايگزين قضاوت فردي باشد، اما می‌تواند بينشی در مورد نکات حساس به ما بدهد.

ليمير[4] با استفاده از يک سيستم خبره فازي، تعريف انعطاف‌پذيري از يک دارنده بيمه‌نامه ترجيحی در بيمه عمر ارائه کرد. وي ادبيات صدور بيمه را به سه روش توسعه داد: استفاده از توابع عضويت پيوسته، توسعه تعريف عملگر اجتماع - تفاضل مرزي[5] (عملگرهاي هاماچر و ياگر[6]) را نيز در بر بگيرد- و استفاده از برش آلفا براي تصحيح قاعده تصميم‌گيري. د ويت بر ويژگی‌هاي تکنيکی و رفتاري متمرکز بود، اما تمرکز ليمير بر ويژگی‌هاي دارنده بيمه‌نامه ترجيحی از نظر کلسترول، فشار خون، وزن و وضعيت استعمال دخانيات و اجتماع آنها بوده است.

پس از ليمير، هوسلر[7] و يانگ[8] با استفاده از سيستم خبره فازي فرايند انتخاب در بيمه سلامت گروهی را مدل‌سازي کردند. ابتدا صدور بيمه‌نامه‌هاي انفرادي مورد توجه قرار گرفت و سپس طرح‌هاي چند گزينه‌اي[9] بررسی شدند. در موقعيت طرح‌هاي انفرادي، يانگ بر مشخصات فازي نظير تغيير در عامل سن يا جنسيت در دو سال گذشته، تغيير در سايز گروه، سهم کارمندان در پوشش گروهی، سهم حق‌بيمه کارمند و کارفرما، ادعاي خسارت به‌عنوان بخشی از کل ادعاي خسارت انتظاري، نرخ خسارت برحسب سايز کارفرما، و ميزان گردش مالی[10] متمرکز شد. در انتها ماتريس اثرات متقابل ميان مشخصات مذکور و تفسير آنها براساس عملگر اجتماع فازي مورد بررسی قرار گرفت.

در طرح چند گزينه‌اي، مشخصات فازي اضافی شامل عوامل سنی فردي و خانوادگی، مشارکت در هر طرح، عوامل سنی و جنسيتی، تفاوت هزينه‌هاي هر طرح و غناي نسبی هر طرح نيز وارد می‌شود. عوامل سنی به امکان مشارکت، هزينه دسترسی، غناي منافع، هزينه کارمند، وضعيت تأهل و سن بستگی دارد. در اين مورد براي تصميم‌گيري صدور، تصميمات طرح انفرادي به‌عنوان ملاک در نظر گرفته می‌شود.

کارنو و جانی[11] يک سيستم مبتنی بر دانش[1] را توسعه دادند که پردازش فازي را با سيستم خبره مبتنی بر قاعده[2] ترکيب می‌کند تا يک پشتيبان تصميم‌گيري بهبوديافته[3] براي ارزيابی ريسک‌هاي بيمه عمر فراهم سازد. اين

---

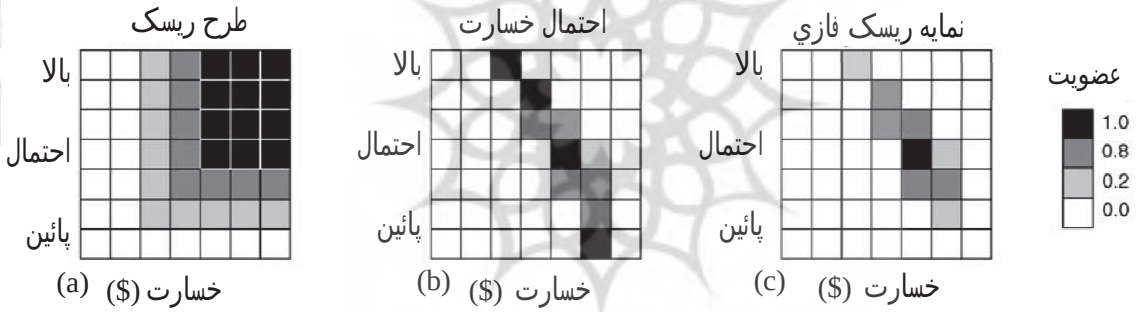
1. Intensification
2. Concentration
3. Dilation
4. Lemaire, 1990
5. Bounded Difference
6. Hamacher and Yager Operators
7. Hosler, 1992
8. Young, 1993
9. Multiple-Option Plans
10. Turnover Rate
11. Carreno and Jani, 1993

سيستم از دو ورودي استفاده می‌کند: ورودي‌هاي پايه سن، وزن و قد؛ و ورودي‌هـاي افزايشـی[4] کـه بـا عـادات و مشخصات ويژه مشتريان سر و کار دارند. خروجی سيستم يک فاکتور ريسک است که براي توسعه هزينه اضـافی حق‌بيمه به‌کارمی‌رود.

يکی از مزاياي منطق فازي که کارنو و جانی آن را دريافتند، توانايی آن در يکنواخت کردن تـوابعی اسـت کـه ناپيوستگی‌هاي پرشی[5] دارند و در روش‌هاي متداول تعريف می‌شوند. آنها با ثبات ساير ويژگی‌ها ريسک را تابعی از سن درنظرگرفته و تابع ريسکی را که در سنين 30، 60 و 90 پرش‌هايی داشت، بـا يـک تـابع فـازي جـايگزين کردند که در کل سنين يکنواخت بود.

جابلونوسکی[6] با استفاده از تئوري مجموعه فازي، نااطمينانی در تعريف و اندازه‌گيـري ريسـک را بيـان کـرد. تحليل او شامل بيان فازي از ريسک مشاهده شده به‌عنوان تابعی از تواتر و شدت خسـارت، احتمـال خسـارت و نمايه[7] ريسک می‌شود. درجه عضويت بين صفر و يک تغيير می‌کند. در مورد توزيع احتمال، نقاط سياه (بـا درجـه عضويت يک) تخمينی از نقاط احتمالی هستند. نمايه ريسک نيز از اجتمـاع تـواتر و شـدت خسـارت و احتمـال خسارت با استفاده از عملگر "min" حاصل می‌شود. وي نتيجه گرفت که تئوري مجموعه فازي نسبت بـه تحليـل متداول ريسک، رويکرد واقعی‌تري ارائه می‌کند.

شکل 3. توسعه نمايه ريسک فازي



جابلونوسکی مسائل مربوط‌به مديران ريسک در فضـاي نقصـان دانـش[8] را مـورد بررسـی قـرار داد کـه در ايـن فضـا پارامترهاي مدل و اندازه‌ها تنها در يک دامنه احتمالی بيان می‌شوند و استفاده از منطق فازي در چنين فضايی مفيد است.

موسمانز و همکاران[9] توسعه ابزارهـاي روش‌شـناختی بـراي ارزيـابی بودجـه سـلامت بلژيـک بـا اسـتفاده از داده‌هاي خُرد و ملی را مورد بحث قرار دادند. مدل آنهـا شـامل چهـار مرحلـه مـی‌شـود: پـردازش اوليـه داده‌هـا، جداسازي کانال‌هاي سلامت[10]، اعتبار کانال‌ها و تحليل داده‌ها و محاسبه تخصيص طبقات مختلف بيمه‌شدگان بـه اين کانال‌ها با استفاده از يک فرايند قوي چند معياري براساس تی- نرم‌هاي وزنی عملگرهاي فـازي. نويسـندگان به اين نتيجه رسيدند که فرايند قوي چند معياري آنهـا مـی‌توانـد در حـوزه‌هـاي کلـی‌تـر و کاربردهـاي جديـدتر به‌کارگرفته‌شود.

---

1. Knowledge Based System (KBS)
2. Rule-Based Expert System
3. Improved Decision Aid
4. Incremental
5. Jump Discontinuities
6. Joblonowski, 1997
7. Profile
8. Knowledge Imperfections
9. Mosmans et al., 2002
10. Care Channels

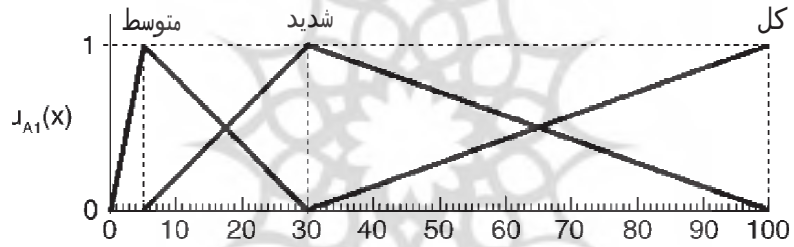
در مجموع می‌توان گفت که تکنیک‌هاي بیمه‌گري فازي، ابزارهاي استانداردي براي بیمه‌گري در آینده خواهند بود.

3-8. تعهدات طرح‌ریزي شده

ارزیابی تعهدات و مسئولیت‌هاي طرح‌ریزي‌شده در صنعت بیمه اساسی است، ازاین‌رو کاربردهاي منطق فازي در این زمینه را بررسی خواهیم کرد.

بویسوناد[1] با استفاده از تئوري‌هاي شناخت الگو[2] و منطق فازي به ارزیابی شدت زلزله و پیش‌بینی خسارت و توسعه مدل‌هاي تخمین نرخ حق‌بیمه زلزله و راهبردهاي بیمه زلزله پرداخت. عواملی از قبیل فاکتورهاي قابل کمی‌سازي که توسط مدل‌هاي احتمالی نشان داده می‌شوند و فاکتورهاي غیر قابل کمی‌سازي نظیر کیفیت ساختمان و جزئیات معماري که بر عملکرد ساختارها مؤثرند، توسط مدل‌هاي مجموعه فازي فرموله می‌شوند. به‌عنوان‌مثال، درصد خسارت ناشی از زلزله به ساختمان را با عبارات فازي نظیر متوسط، شدید و کلی می‌توان بیان کرد که تابع عضویت این عبارات در نمودار 10، نشان داده شده است.

نمودار 10. توابع عضویت خسارت ساختمان



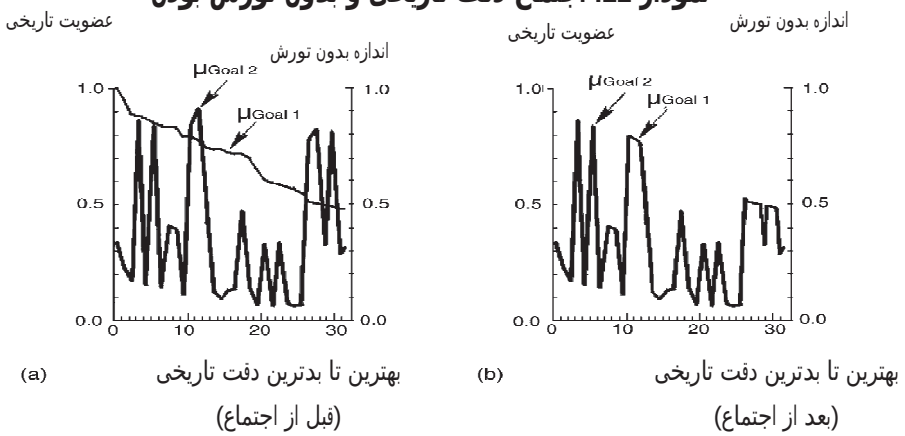
دو روش شناسایی شدت زلزله عبارت‌اند از: روش مبتنی بر تئوري شناخت الگو که در آن یک تابع تبعیضی[3] با استفاده از معیار بیز[4] توسعه می‌یابد و روش استفاده از منطق فازي.

کامینز و دریگ[5] روندهاي فازي در هزینه‌هاي ادعاي خسارت بیمه اموال و مسئولیت را مورد مطالعه قرار دادند تا این ادعا که "رویکرد اکچوئرال به پیش‌بینی ناقص است"، را پیگیري کنند. آنها بر انتخاب یک پیش‌بینی "خوب"[6] تأکید داشتند که خوبی پیش‌بینی با استفاده از معیارهاي چندگانه فازي و مبهم تعریف می‌شود. ایشان با استفاده از فرایندهاي آماري قابل قبول، چندین روند ممکن را محاسبه کرده و براي هر روند، درجه خوبی تخمین آن را با استفاده از اجتماع اهداف فازي دقت تاریخی، بدون تورش بودن و مستدل بودن[7] تعیین کردند. نمودار 11 مقادیر عضویت 30 پیش‌بینی را براساس دقت تاریخی (هدف اول) و بدون تورش بودن (هدف دوم)، قبل و بعد از اجتماع نشان می‌دهد که از بهترین تا بدترین، رتبه‌بندي شده‌اند.

---

1. Boissonnade, 1984
2. Pattern Recognition
3. Discriminative Function
یک روش تحلیل آماري براي پیش‌بینی یک متغیر وابسته با استفاده از یک یا چند متغیر مستقل پیوسته یا باینارى.
4. Bayes' Criterion
5. Cummins and Derrig,1993
6. "Good" Forecast
7. Reasonableness

نمودار 11. اجتماع دفت تاریخی و بدون تورش بودن



براساس پیشنهاد کامینز و دریگ، روندي باید انتخاب شود که بالاترین درجه خوبی را داشته باشد و روندي کـه دربرگیرنده کلیه روندها باشد، با محاسبه متوسط وزنی و استفاده از درجات عضـویت بـه‌عنـوان وزن‌هـا انتخـاب خواهد شد. آنها نتیجه گرفتند که منطق فـازي یـک روش مـؤثر بـراي ترکیـب معیارهـاي آمـاري و قضـاوتی در تصمیم‌گیري بیمه‌اي است.

کامینز و دریگ در سال 1993 برش آلفاي عوامل روندي را بررسی کردند کـه براسـاس نظـر آنهـا مضـربی از انحراف استاندارد عوامل روندي از میانگین می‌باشد. در تحلیل آنها برش‌هاي آلفا تنها عوامل رونـدي بـا انحـراف استاندارد حداکثر $2(1-\alpha)$ را شامل می‌شود.

چن و هی[1] یک متدولوژي براي تعیین یک شاخص ناتوانی کلی[2] جهـت انـدازه‌گیـري نـاتوانی فـرد پیشـنهاد کردند. در رویکرد آنها مسئله تعیین شاخص ناتوانی کلی تبدیل به یک مسئله تصمیم‌گیري چند معیـاره مـی‌شـود. ایشان از فرایند سلسله مراتبی تحلیلی به‌همراه تئوري انتروپی و تئوري مجموعه فازي استفاده کردند تـا وزن‌هـاي مربوط به گرایشات را استخراج کرده و همه گرایشات را در یک شاخص ناتوانی کلی یکپارچه کنند.

سانچز و گومز[3] بر یک مدل خسارت‌هاي واقع شده ولی گزارش نشده[4] بـا اسـتفاده از رگرسـیون احتمـالی[5] متمرکز شدند. رویکرد آنها استفاده از روش نردبان زنجیره‌اي[6] و رابطه خطی فازي، به‌جـاي اسـتفاده از رگرسـیون حداقل مربعات معمولی[7] است:

$$\text{خسارت}_{ij} = \text{مجموع}_{ij} + \text{IBNR}_{ij} \qquad (14)$$

که در آن، خسارت_{ij} مجموع خسارت واقع‌شده از سال وقوع حادثه j تا انتهاي سال i و IBNR_{ij} و مجموع_{ij} اعداد فـازي مثلثـی متقارن هستند. پیش‌بینی_{ij} یک عدد فازي مثلثی متقارن نیست، زیرا حاصل یک فرایند تکرار است، اما می‌تـوان آن را بـا یک عدد فازي مثلثی متقارن تقریب زد. در مرحله آخر این مـدل، یـک عـدد فـازي بـراي ذخـایر خسـارت‌هـاي واقع‌شده ولی گزارش‌نشده براي اُمین سال رخداد حادثه به‌دست‌مـی‌آیـد کـه کـل ذخـایر را از روي آن مـی‌تـوان محاسبه کرد.

---

1. Chen and He, 1997
2. Overall Disability Index (ODI)
3. Sanchez and Gomez, 2003
4. Incurred But Not Reported (IBNR)
5. Possibilistic Regression
6. Chain Ladder Method
7. Ordinary Least Square (OLS)

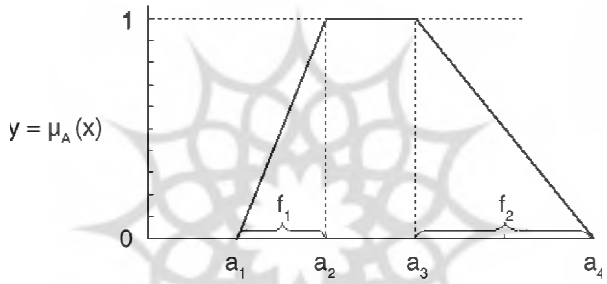
4-8. ارزش حال و آتی فازي[1]

باکلی[2] اولین محققی است که به ارزش زمانی پول از جنبه فازي براي قیمت‌گذاري اکچوئرال اشاره کـرد و از آن براي ارزیابی ارزش حال و آتی فازي مقادیر نقدي فازي با استفاده از نرخ بهره فازي و دوره‌هاي زمانی قطعـی و فازي استفاده نمود. رویکرد باکلی مبتنی بر این فرض منطقی است که "حسـاب اعـداد فـازي بـه‌سـادگی قابـل کاربرد است اگر x تابعی از y باشد". براي یک عدد فازي یکنواخت با قسـمت‌هـاي خطـی بـراي تـابع عضـویت $\mu_{ق}(x)$ روي فاصله‌هاي $[a_1,a_2]$ و $[a_3,a_4]$، می‌توان نوشت:

$$\mu_{پ}(\ |\ ) = \ _{پ} + (\ _{پ} - \ _{پ})$$
$$\mu_{پ}(\ |\ ) = \ _{پ} - (\ _{پ} - \ _{پ}) \qquad (15)$$

نقاط $_{ش}$ ، توابع $\mu_{ش}(\ |\ )$ ، $j=1,2,3,4$ که توابع معکوسی هستند که تابع عضویت را بـه خـط حقیقـی نگاشـت می‌کنند و عدد ، همگی اعداد فازي هستند.

نمودار 12. تابع عضویت و معکوس آن



اگر سرمایه‌گذاري در هر دوره و نرخ بهره در هر دوره i باشد و وقتی که هر دو اعداد فازي باشند، می‌تـوان نشان داد که ارزش انباشته$_{ص}$ پس از n دوره یک عدد فازي به‌صورت زیر خواهد بود:

$$_{ص} = \quad (1 \quad)^{ص} \qquad (16)$$

زیرا براي یک عدد فازي مثبت، ضرب نسبت به جمع توزیع‌پذیر و شرکت‌پذیر اسـت. تـابع عضـویت $_{ص}$ بـه شکل زیر خواهد بود:

$$\mu_{ص}(\ |\ ) = \ _{پص}, \frac{\mu_{پص}(\ |\ )}{\ _{پص}}, \frac{\ _{پص}}{\mu_{پص}(\ |\ )}, \ _{پص}$$
$$\mu_{شص}(\ |\ _{ص}) = \mu_{ش}(\ |\ ).(1 + \mu_{ش}(\ |\ )^{ص}, j=1,2 \qquad (17)$$

در مرحله بعد، با استفاده از اصل بسط، تحلیل بسط می‌یابد تا مدت زمان فازي را نیز دربربگیرد. باکلی ادبیـات خود را با واردکردن بحث ارزش تنزیل‌شده فازي و مستمري‌هاي فازي توسـعه داد. او نشـان داد کـه اگـر A یـک عدد فازي باشد، آنگاه:

$$PV_2(S,n)=\begin{cases} A \ \& \quad = \quad (1 \quad)^{\ ص} & if\ S>0 \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad (18)$$

1. Fuzzy Future & Present Value
2. Buckley, 1987

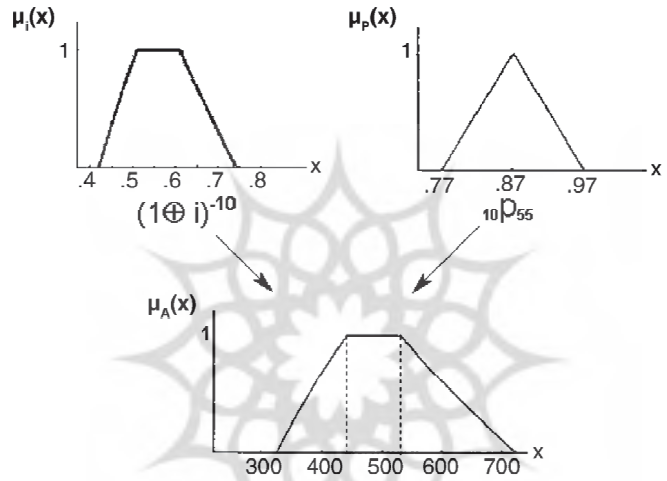
اساس این رابطه آن است که تابع $PV_2(S,n)$ وجود ندارد اگر استفاده از آن بـه تنـاقض‌هـایی نظیـر $a_2<a_1$ یـا $a_4<a_3$ منتهی شود. تابع عضویت معکوس $PV_2(S,n)$ به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\mu_{PV^{-1}}(\cdot \mid \cdot) = \mu_{PV}(\cdot \mid \cdot).(1 + \mu_{PV}(\cdot \mid \cdot)^{p_j}, \quad j=1,2 \qquad (19)$$

ارزش انباشته و ارزش حال مستمري‌هاي فازي نيز مورد بحث قرار گرفته‌اند.

ليمير[1] با توجه به مدل باكلی، حق‌بيمه فازي براي يک بيمه‌نامه عمر و پس‌انداز به شرط حيات[2] را با اسـتفاده از حساب فازي محاسبه كرد. نمودار 13 محاسبات ليمير را بيان می‌كند.

نمودار 13. ارزش حال فازي يک بيمه عمر و پس‌انداز به شرط حيات

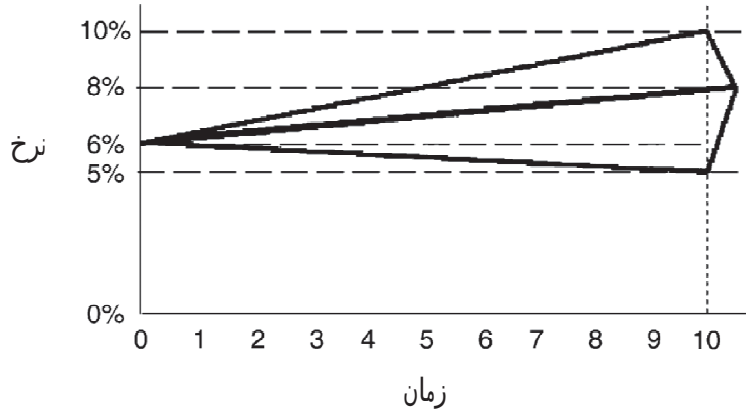


نمودار بالا سمت چپ، تابع عضويت ارزش تنزيل‌شده بعد از 10 سال با نرخ بهره مـؤثر سـالانه فـازي (0/03، 0/05، 0/07، 0/09) را نشان می‌دهد، درحالی‌كه نمودار بـالا سـمت راسـت، نشـانگر تـابع عضـويت ${}_{10}P_{55}$ اسـت. نمودار پايين بيانگر تابع عضويت ارزش حال يک سرمايه عمر به شرط حيات 1000 در سن 65 سالگی است.

استازوسكی تحليل بيمه عمر به شرط حيات ليمير را توسعه داد. او از يک نرخ بهـره فـازي اسـتفاده كـرد كـه فازي بودن آن تابعی از طول زمان بود. در نتيجه، يک نرخ بهره جاري قطعی 6 درصـد، يـک عايـدي 8 درصـدي اوراق خزانه‌داري 10 ساله و يک افزايش خطی فازي بين اين دو نرخ وارد مدل شد. نمودار 14 تصوير اين داده‌هـا را نشان می‌دهد.

1. Lemaire, 1990
2. Pure Endowment Policy

نمودار 14. نرخ بهره فازي



سپس استازوسکی موقعیت یک حق‌بیمه منفرد خالص[1] براي یک بیمه‌نامه زمانی[2] را ارزیابی کرد که فازي‌سازي فزاینده نرخ‌ها نقشی اساسی در آن ایفا می‌کند.

ترسنو و همکاران[3] تابع عضویت مربوط به حق‌بیمه منفرد خالص برخی محصولات بیمه عمر پایه با فرض نرخ مرگ‌ومیر[4] قطعی و نرخ بهره فازي را استخراج کردند. آنها با تمرکز بر برش آلفا و با استفاده از نرخ بهره فازي، حق‌بیمه مربوط به محصولات بیمه عمر زمانی و مستمري‌هاي تأخیري[5] را به‌صورت اعداد فازي بیان کردند.

8-5. قیمت‌گذاري

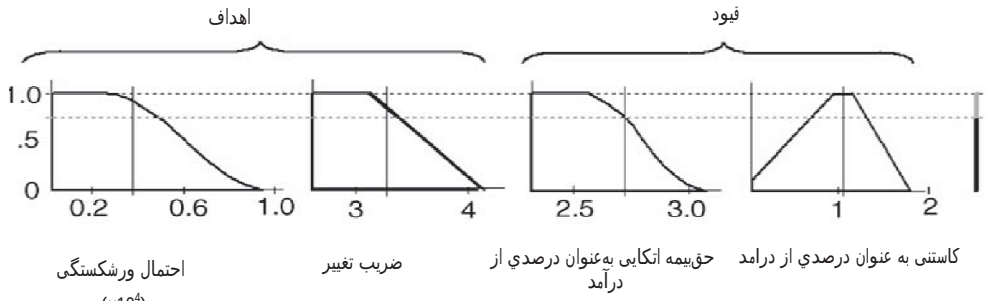
د ویت محدودیت‌هاي تحلیل خود را در مقاله‌اي بیان کرد که در سال 1982 نوشته بود و به این نتیجه رسید که "ازآنجاکه تئوري ریسک در برخی شاخه‌ها از امکانات کافی برخوردار نیست، باید به محاسبه حق‌بیمه فازي توجه داشت". پس از آن ما شاهد کاربردهاي منطق فازي در بیمه اتکایی، تخمین رتبه اعتباري، پاسخ فروش به تغییرات قیمت، قیمت‌گذاري بیمه سلامت گروهی، حق‌بیمه قراردادهاي اموال و مسئولیت و سیستم امتیاز پاداش-جریمه[6] بوده‌ایم.

لیمیر[7] فرایند تصمیم‌گیري در انتخاب نگهداري مازاد خسارت[8] بهینه در یک برنامه بیمه اتکایی به‌عنوان یک تکنیک حداقل- حداکثرسازي را مورد توجه قرار داد. او چهار متغیر تصمیم‌گیري (دو هدف و دو قید) و توابع عضویت آنها را درنظرگرفت: احتمال ورشکستگی[9]، ضریب تغییر، حق‌بیمه اتکایی به‌عنوان درصدي از درآمد

1. Net Single Premium
2. Term Insurance
3. Terceno et al.,1996
4. Mortality Rate
5. Deferred Annuity
6. Bonus-Malus Rating System
7. Lemaire, 1990
8. Excess of Loss Retention
9. Probability of Ruin

حق‌بيمه واگذارنده[1] و كاستنى[2] (نگهداري[3]) به‌عنوان درصدي از درآمد حق‌بيمه واگذارنده. درجه عضويت متغيرهاي تصميم‌گيري و درجه كاربست‌پذيري[4] متغيرها، يا استحكام قاعده، در نمودار 15 نشان داده شده است.

نمودار 15. نگهداري مازاد خسارت بهينه با توجه به اهداف و قيود فازي



حق‌بيمه اتكايى نسبى، حداقل ارزش عضويت را داشته و درجه كاربست‌پذيري اين برنامه اتكايى مازاد خسارت را بيان مى‌كند. برنامه بهينه، بالاترين درجه كاربست‌پذيري را دارد.

استازوسكى و كاروسكى[5] از روش خوشه‌بندي فازي به‌عنوان يک ابزار جايگزين براي تخمين اعتبارسنجى استفاده كردند. اگر $\{x_{i,j}, i=1,\ldots,n, j=1,\ldots,p\}$ مجموعه داده‌هاي بيانگر تجربيات خسارت در گذشته و $\{ \quad , \ = 1,\ldots, \ \}$ = _ { ش مجموعه داده‌هاي بيانگر تجربيات اخير (مشخصات ريسک و خسارت) باشد، مى‌توان از يک الگوريتم خوشه‌بندي استفاده كرد تا تجربيات اخير را به خوشه‌هاي فازي نسبت داد. بنابراين، اگر μ حداكثر درجه عضويت _ در يک خوشه باشد، Z=1-μ اندازه اعتبار تجربيات فراهم شده توسط _ را نشان مى‌دهد و μ درجه عضويت تجربيات گذشته، نشان داده شده توسط خوشه است.

آنها بيمه‌گري را با تجربيات گذشته در سه ناحيه جغرافيايى بزرگ در نظر گرفتند كه كسب‌وكار خود را به ناحيه چهارم توسعه داده است. بيمه‌گر مى‌تواند داده‌هاي جديد ناحيه چهارم را درون الگوهاي حاصل از ساير نواحى خوشه‌بندي كند و درنتيجه، يک رتبه‌بندي اعتباري براي تجربيات خسارت خود در بازار جديد به‌دست‌آورد. آنها با استفاده از الگوريتم ميانگين سى و انتخاب ميانگين و انحراف استاندارد به‌عنوان ويژگى‌ها و دو قسمت‌بندي (c=2)، به فاكتور اعتبارسنجى براي داده‌هاي حاصل از ناحيه چهارم دست يافتند.

كراستوا و همكاران[6] براي مطالعه تغييرات فروش بيمه عمر در پاسخ به تغييرات قيمت، از مدل رگرسيون فازي اعمال شده در يک منحنى پاسخ اس- شكل[7]، استفاده كردند:

$$\quad = \quad \Pi \quad ( ) \qquad (20)$$

- S_j : پاسخ فروش؛

1. Cedent
2. Deductible
3. Retention
4. Degree of Applicability
5. Ostaszewski and Karwowski, 1992
6. Krasteva et al., 1994
7. S-Shaped Response Curve

- P_i: قيمت محصول iأم؛
- α : يک ضريب مقياس‌بندي؛
- $\cap$: کشش‌هاي مستقيم و متقاطع؛
- ( ) : بيانگر عواملی نظير هزينه‌هاي تبليغات و تعداد نمايندگی‌هاي بيمه است.

آنها اندازه‌گيري امکان[1]، همتاي آن و اندازه‌گيري ضرورت[2] را نيز در مدل خود وارد کرده و بر مواردي متمرکز شدند که نمونه‌اي از داده‌ها وجود ندارد (نظير اقتصاد بازارهاي جديد در کشورهاي سوسياليستی سابق).

يانگ[3] توضيح داد که چگونه می‌توان از منطق فازي براي تصميمات قيمت‌گذاري در بيمه سلامت گروهی با داده‌هاي تکميلی نظير اهداف مبهم يا زبانی بيمه‌گر استفاده کرد. ساختار مدل رتبه‌بندي استنتاجی فازي وي شامل يک فاز تجويزي[4] مبتنی بر نظرات خبره براي بيان قواعد زبانی و تعيين ارزش خروجی؛ و يک فاز توصيفی[5] مبتنی مبتنی بر فعاليت‌هاي گذشته شرکت با استفاده از تنظيم قوانين فازي می‌شد. يانگ عملکرد مدل فازي حاصل‌شده را با رگرسيون خطی مقايسه کرد.

با استفاده از داده‌هاي بيمه سلامت از يک شرکت بيمه، يک مدل رقابتی تغيير نرخ[6] ايجاد شد که با استفاده از قيود زبانی، نرخ‌هاي بيمه را تعديل می‌کند. جدول 2 اساس قاعده فازي يانگ را نشان می‌دهد.

جدول 2. قواعد تغيير نرخ فازي

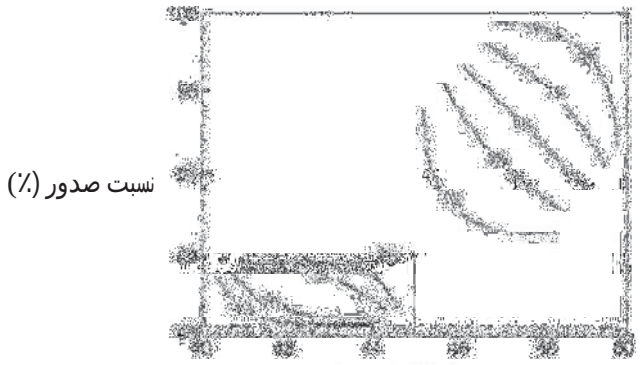
نسبت صدور (%)	اندازه شرکت		
	کوچک	متوسط	بزرگ
کم	-	NA	NA
متوسط	NA	0	NA
زياد	NA	Na	+

تذکر: نماد NA مخفف Not Applicable (غير قابل اجرا) است.

به‌عنوان‌مثال، اگر اندازه شرکت کوچک و نسبت صدور کم (سود بزرگ) باشد، نرخ‌ها کاهش می‌يابد، درحالی‌که اگر اندازه شرکت بزرگ و نسبت صدور زياد (سود کم) باشد، نرخ‌ها افزايش می‌يابد. يانگ تصويري از اجتماع اين قوانين براساس عملگر min فراهم کرد که در نمودار 16 نشان داه شده است.

1. Possibility Measure
2. Necessity Measure
3. Young, 1996
4. Prescriptive Phase
5. Descriptive Phase
6. Rate Changing

نمودار 16. حد فاصل تغيير نرخ



در اين مثال، حدفاصل تغييرات نرخ در فضاي [10% ، 5%-] قرار دارد كه براساس اندازه شركت (حجم حق‌بيمه‌ها [40 ميليون دلار ، 500 ميليون دلار]) و نسبت صدور [100% ،80%] محاسبه شده است. تغييرات نرخ منطبق با نسبت‌هاي صدور و اندازه شركت خارج از محدوده ذكر شده، توسط تغييرات نرخ در فاصله مذكور محدود خواهند شد.

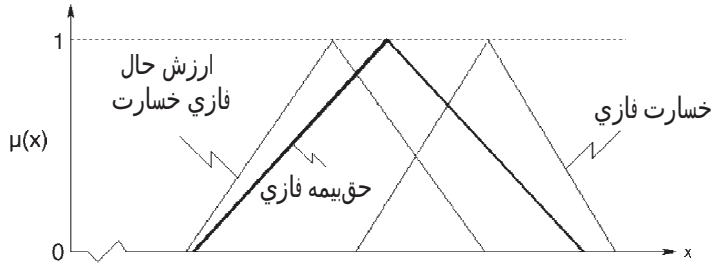
يانگ[1] در مقاله‌اي به‌صورت گام‌به‌گام توضيح داد كه چگونه يک اكچوئر يا تصميم‌گيرنده با استفاده از منطق فازي مي‌تواند نرخ بيمه غرامت كارگران[2] را تعديل كند. او از فازهاي تجويزي و توصيفي و تمركز بر تعديل‌هاي هدف‌گذاري‌شده براي ثبت نرخ‌ها و انحرافات نرخ استفاده كرد. در اين مقاله، مدل‌هاي فازي به‌وسيله حداقل‌كردن مجموع مربعات وزني خطاها به‌خوبي تنظيم شده و وزن‌ها منعكس‌كننده اندازه نسبي شركت در هر وضعيت است. يانگ نتيجه گرفت كه اگرچه يک مدل منطق فازي تنها اندكي برازش بهتري نسبت به مدل رگرسيون خطي استاندارد دارد، مزيت اصلي منطق فازي آن است كه يک اكچوئر با قوانين كلامي[3] روبرو بوده و مي‌تواند يک مدل رياضي ايجاد كند كه از اين قوانين تبعيت كند.

كامينز و دريگ[4] از منطق فازي براي قيمت‌گذاري مالي قراردادهاي بيمه اموال و مسئوليت استفاده كردند. آنها با توجه به اين ديدگاه كه اطلاعات جريانات نقدي، شرايط اقتصادي آينده، صرف ريسک[5] و ساير عوامل مؤثر بر تصميمات قيمت‌گذاري، ذهني هستند و بنابراين كمي‌كردن آنها با استفاده از روش‌هاي متداول، كار مشكلي است، انواع نااطميناني‌هاي احتمالي و غير احتمالي را در مدل خود وارد كردند. نويسندگان بر جنبه‌هاي مورد نياز منطق فازي براي حل مسئله قيمت‌گذاري بيمه متمركز شدند و در پردازش يک مدل قيمت‌گذاري مالي فازي، مثال‌هايي از قيمت‌گذاري فازي ارائه كردند و قواعد فازي را براي تصميم‌گيري طرح پيشنهاد نمودند. روش‌شناسي آنها براساس معكوس تابع عضويت باكلي بود (نمودار 12).

1.Young, 1997
2. Worker Compensation Insurance
3. Verbal Rules
4. Cummins and Derring, 1997
5. Risk Premium

نمودار 17 یک خسارت فازي، ارزش حال فازي آن خسارت و حق‌بیمه فازي خالص از مالیات فازي با استفاده از مدل یک دوره‌اي را تصویر می‌کند.

نمودار 17. حق‌بیمه فازي



آنها به این نتیجه رسیدند که منطق فازي نسبت به رویکرد متداول می‌تواند به تصمیم‌گیري‌هاي قیمت‌گذاري کاملاً متفاوتی منجر شود.

کارترو و ویجو[1] استفاده از برنامه‌ریزي ریاضیات فازي براي تصمیمات قیمت‌گذاري بیمه با توجه به یک سیستم پاداش- جریمه در بیمه اتومبیل را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها با استفاده از عملگر max-min و دنبال کردن رویکرد زیمرمن به راه حل بهینه زیر رسیدند:

$$_{ن}(\quad) = \max_{ط}\{\min_{ط}\{\ _{پ}(\ ),\ _{حد}(\ )\}\} \qquad (21)$$

که در آن، $_{ن}$ ، $_{پ}$ و $_{حد}$ به‌ترتیب نشانگر توابع عضویت "مجموعه فازي تصمیم D"، "تابع هدف فازي" و "قیود فازي" می‌باشند. "درآمد حاصل از حق‌بیمه‌ها"، اهداف فرضی آنها و گستره بیمه‌نامه‌ها در بین طبقات ریسک، مجموع وزنی قدر مطلق تغییرات حق‌بیمه و انحراف از کشش کامل پرداخت‌هاي بیمه‌گذار نسبت به تواتر ادعاي خسارت آن، قیود آنها را تشکیل می‌داد. سیستم پیشنهادي کارترو و ویجو در یک پایگاه اطلاعاتی بزرگ از داده‌هاي ادعاي خسارت مسئولیت فردي شخص ثالث یک بیمه‌گر اسپانیایی آزمون شد و این نتیجه حاصل شد که رویکرد برنامه‌ریزي خطی فازي از مدل‌سازي غیر واقعی اجتناب کرده و هزینه اطلاعات را کاهش می‌دهد. کارترو[2] تفسیر بیشتري بر این رویکرد ارائه کرد و یک مدل غیر متقارن[3] با استفاده از برش آلفا را ارزیابی نمود.

لیو و همکاران[4]، استفاده از تئوري بازي‌ها براي تصمیم‌گیري در یک خط تولید در یک موقعیت رقابتی با فاکتورهاي تصمیم‌گیري فازي را مورد ارزیابی قرار دادند. جهت تطابق جنبه‌هاي فازي این مطالعه، بر اهمیت و برتري[5] عملگرهاي زبانی تمرکز شد. در مدل آنها با فرض اطلاعات کامل و بازي ایستا، با دو شرکت و دو خط تولید بالقوه، تعادل نش[6] حاصل شد.

1. Carretero and Viejo, 2000
2. Carretero, 2003
3. Nonsymmetrical Model
4. Lu et al., 2001
5. Importance & Superiority
6. Nash Equilibrium

8-6. تخصيص دارايی[1]، جريانات نقدي و سرمايه‌گذاري

تحليل دارايی و سرمايه‌گذاري يک مؤلفه اصلی در امر مديريت بيمه است. البته اين مطلب براي هر واسطه مالی صادق بوده و بسياري از وظايف انجام‌شده در شرکت‌هاي مالی يکسان است. با توجه به اين مطلب، بيمه‌گران با پيش‌بينی بازار و قيمت سهام، پيش‌بينی آتی‌هاي نرخ ارز، تصميم‌گيري اعتباري، پيش‌بينی جهت و ميزان تغييرات در شاخص‌هاي سهام و ... سروکار دارند. بنابراين، مطالعه تحليلی تخصيص دارايی و سرمايه‌گذاري در ساير واسطه‌هاي مالی می‌تواند مفيد باشد.

باکلی بر توسعه روشی متمرکز شده بود که جريانات نقدي خالص فازي را با هم مقايسه کرده و براساس آن، آلترناتيوهاي سرمايه‌گذاري از بهترين تا بدترين رتبه‌بندي می‌شوند. او نشان داد که براي جريانات نقدي منفی ($S<0$) داريم:

$$PV_1(S,n)=A \;\&\; = \quad (1 \quad)^{ص} \tag{22}$$

که در آن، Aيک عدد فازي بوده و تابع عضويت معکوس $PV_1(S,n)$ چنين تعريف می‌شود:

$$_{ش}(\mid) = \; _{ش}(\mid).(1 + \; _{ش}(\mid)^{ص ژ}, \; j=1,2 \tag{23}$$

باکلی[2] فرض کرد که نرخ بازدهی داخلی[3] فازي نيست.

هوسلر[4] نشان داد که با استفاده از توابع عضويت می‌توان ريسک خريد يک اوراق قرضه[5] را توصيف کرد. او او بيان کرد که تصادفی‌بودن، مربوط به رفتار نرخ بهره بازار است و فازي‌بودن، از انتخاب ذهنی سرمايه‌گذار ناشی می‌شود. بنابراين، تابع عضويت بايد به‌گونه‌اي تغيير کند که منعکس‌کننده مطلوبيت دارايی براساس ريسک خريد باشد.

بولمن و برلينر[6] با استفاده از اعداد فازي مربوط به جريانات نقدي دارايی‌ها و تعهدات در زمان‌ها و مقادير مختلف، به يک تقريب از جريانات نقدي دست يافتند. اساس رويکرد آنها که آن را "زوم فازي[7]" ناميدند، اين است که مجموعه‌اي از جريانات نقدي $\{G_t\}$ را می‌توان جايگزين يک پرداخت منفرد $(\sum \; ^{ص} \; _{ص})^{ب}(\; + 1)$ در زمان D با مقدار فازي مثلثی (D-M,D,D+M) کرد که M^2 ميزان پراکندگی است و $\sum \; _{ص} \; = \; ،$

$\sum_{ب} \; _{ص} \; ^{ب} - \; _{ص}$ = هي و $\frac{\text{نخ ت خ ط}}{\sum \text{نخ ت خ ط}} = \; _{ص}$ می‌باشد.

با اين روش، نرخ بهره نامطمئن آينده توسط اعداد فازي مدل‌سازي می‌شود و براي محاسبه ارزش حال مورد استفاده قرار می‌گيرد. بولمن و برلينر مفهوم زوم فازي را توسعه داده و نحوه استفاده از آن براي کاهش پيچيدگی جريانات نقدي بلندمدت را نشان دادند.

---

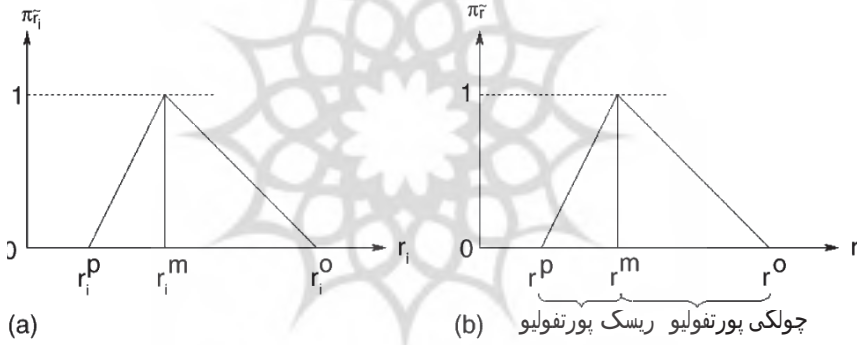
1. Asset Allocation
2 . Buckley, 1987
3. Internal Rate of Return
4. Hosler, 1992
5. Call of a Bond
6. Buehlman and Berliner, 1992
7. Fuzzy Zooming

چانگ[1] تئوري كلاسيک ايمن‌سازي[2] و انطباق دارايی‌ها و مسئوليت‌ها را براساس رويكرد فازي توسعه داد. او مفاهيم مربوط به ايمن‌سازي و انطباق دارايی‌ها و تعهدات[3] را مجدداً در حساب فازي فرمول‌بندي كرد. اين رويكرد مزاياي انعطاف‌پذيري، انطباق بهبوديافته با موقعيت‌هاي پيش آمده در عمل و توسيع راه‌حل‌ها را به‌دنبال دارد.

گيو و هوانگ[4] از روش برنامه‌ريزي خطی احتمالی براي تخصيص بهينه دارايی براساس حداكثرسازي بازدهی بازدهی پورتفوليو، حداقل‌سازي ريسک پورتفوليو و حداكثرسازي امكان رسيدن به بازدهی بالاتر به‌طورهم‌زمان استفاده كردند. اين كار مشابه حداكثرسازي بازدهی متوسط، حداقل‌سازي واريانس و حداكثرسازي چولگی[5] براي يک نرخ بازدهی تصادفی می‌باشد. آنها توزيع احتمالی ( ) نرخ بازدهی مبهم اُمين دارايی از پورتفوليو را براساس نمودار 18(a) تصوير كردند كه در آن:

و خوش‌بين‌ترين ارزش[6]، ممكن‌ترين ارزش[7] و بدبين‌ترين ارزش[8] براي نرخ بازدهی می‌باشد.

نمودار 18. توزيع احتمالی بازدهی پورتفوليو



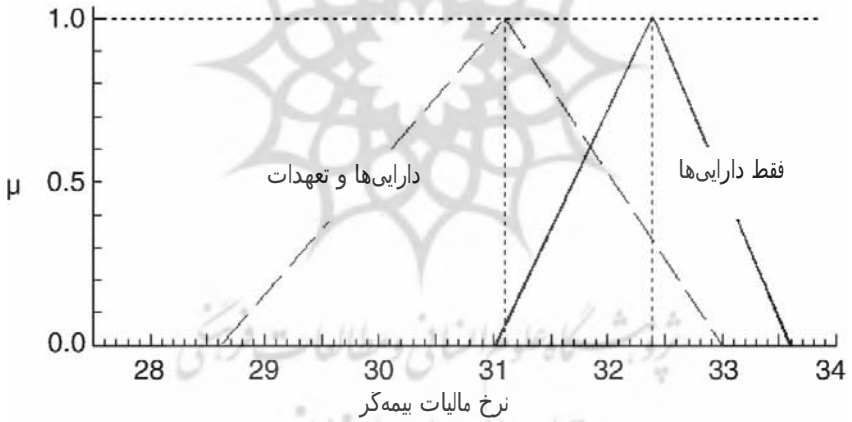
همانگونه كه در قسمت b از نمودار 18 نشان داده شده است، ميانگين وزنی اين متغيرها نرخ بهره مبهم براي كل پورتفوليو را به‌صورت ( ) = ، ريسک پورتفوليو را به‌صورت ( ) و چولگی پورتفوليو را به‌صورت ( ) تعيين می‌كند. سپس نويسندگان مقاله طی يک فرايند گام‌به‌گام چگونگی بهينه‌سازي پورتفوليو با استفاده از روش برنامه‌ريزي فازي زيمرمن[9] را نشان دادند. نتايج حاكی از آن بود كه الگوريتم آنها حداكثر انعطاف‌پذيري را براي تصميم‌گيرندگان جهت برقراري تعادل ميان ريسک و بازدهی پورتفوليو فراهم می‌كند.

1. Chang, 2003
2. Classical Immunization Theory
3. Matching of Assets and Liabilities
4. Guo and Huang, 1996
5. Skewness
6. The Most Optimistic Value
7. The Most Possible Value
8. The Most Pessimistic Value
9. Zimmermann, 1978

دريگ و استازوسکی[1] نشان دادند که چگونه می‌توان از منطق فازي براي تخمين نرخ ماليات مؤثر و نرخ بازدهی پس از مالیات روي پورتفوي دارایی و مسئولیت یک شرکت بیمه اموال و مسئولیت استفاده کرد. آنها ملاحظه کردند که نرخ مالیات مؤثر و نرخ بهره بدون ریسک[2] می‌توانند ارزش حال تعهدات مالیاتی سرمایه‌گذاري سرمايه‌گذاري انتظاري[3] را تعیین کنند. این امر به رفتار مالیاتی تفاضلی[4] براي سهام و اوراق قرضه منجر می‌شود که به‌همراه پوشش مالیاتی خسارت‌هاي بيمه‌گري، نرخ مالیات مؤثر بنگاه را تعیین می‌کند. ایشان نشان دادند که تخمین نرخ مالیات، ابزار مهمی در مدیریت دارایی- مسئولیت بوده و منطق فازي، تکنیک مناسبی براي این تخمین خواهد بود.

نمودار 19 اساس کار دریگ و استازوسکی را نشان می‌دهد که بیانگر تابع عضویت براي نرخ‌هاي مالیاتی سرمايه‌گذاري فازي در یک شرکت با سرمايه‌گذاري، تعهدات و سود بيمه‌گري مفروض، قبل و بعد از تأثیر پوشش مالیات تعهدات است. همانگونه که مشاهده می‌شود، براي دارایی‌ها نرخ مالیات غیر فازي 32/4 درصد است، اما وقتی بازدهی انتظاري سهام، اوراق قرضه، سود تقسیم شده[5] و عايدي سرمايه[6] فازي می‌شوند، نرخ مالیات، عدد فازي (33/6، 32/4، 31/4، 32 درصد) خواهد بود. اگر دارایی و مسئولیت (تعهدات) هم‌زمان مورد توجه قرار گیرند، نتایج مشابهی حاصل می‌شود.

نمودار 19. نرخ مالیات سرمايه‌گذاري فازي



بوت و دالاد[7] استفاده از اصل بسط زاده براي تبدیل مفاهیم مالی قطعی به مفاهیم فازي و کاربرد روش‌شناسی روش‌شناسی فازي براي انطباق جریان نقدي[8] را مورد ارزیابی قرار دادند. اصل بسط، آنها را قادر می‌ساخت تا معادل فازي مفاهیم مالی و اقتصادي نظیر تداوم[9] و مطلوبیت[10] را تعریف و تفسیر کنند. آنها انطباق جریانات نقدي با داده‌هاي نامطمئن را نیز ارزیابی نمودند.

---

1. Derrig and Ostaszewski, 1997
2. Risk Free Rate
3. Expected Investment Tax Liability
4. Differential Tax Treatment
5. Dividend
6. Capital Gain
7. Bouet and Dalaud, 1996
8. Cash Flow Matching
9. Duration
10. Utility

روماهی و شن[1] از یک سیستم خبره مبتنی بر قاعده[2] براي پیش‌بینی مالی استفاده کردنـد. آنهـا منطـق فـازي و قواعد را ادغام کردند تا یک سیستم با قابلیت تعمیم و جامعیت بالا را توسعه دهند. در این روش، تغییرات پیوسته در دینامیک بازار به‌عنوان پیشرفت‌هاي زمانی مورد توجه قرار می‌گیرد. سانچز و گومز[3] از رگرسیون امکانی[4] بـراي براي تحلیل ساختار زمانی نرخ بهره استفاده کردند. اساس روش‌شناسی آنها، ساخت یک تـابع گسسـته از ترکیـب خطی نوارهاي باریک مربعی[5] بود که ضرایب این تابع به‌عنوان اعداد فازي مثلثـی متقـارن درنظـرگرفتـه‌شـدند. بـا استفاده از حداقل و حداکثر قیمت دارایی‌هاي با درآمد ثابت، گستره مشاهدات متغیر وابسته به‌دست‌می‌آید. سـپس با یک تابع تنزیل فازي، تقریب عدد فازي مثلثی براي نرخ‌هاي نقـدي و سـلف[6] محاسـبه شـده و تـک حـق‌بیمـه خالص[7] براي برخی قراردادهاي اصلی بیمه عمر به‌دست‌می‌آید.

9. کاربردهاي نرم‌افزاري

مقالاتی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفتند، بر منطق فازي متمرکز شـده بودنـد. اگرچـه ایـن رویکـرد بسـیار سودمند است، می‌تواند به‌دلیل مقیدکردن مطالعات به محدودیت‌هاي منطق فازي زیربهینـه باشـد و از مزیـت‌هـاي بالقوه سایر تکنیک‌ها غافل بماند.

این نکته توسط زاده[8] با عنوان محاسبات نرم‌افزاري[9] مورد تأکید قرار گرفته است: مدل‌هـاي محاسـباتی کـه در آن علاوه بر دقت، انعطاف‌پذیري، قوت و آسانی اجرا نیز اهمیت دارد. محاسبات نرم‌افـزاري شـامل تکنیـک‌هـاي منطق فازي، الگوریتم ژنتیک[10] و شبکه عصبی[11] می‌شود که به‌عنوان ابزاري مؤثر در مسائل کنتـرل، مـدل‌سـازي و تصمیم‌گیري در سیستم‌هاي پیچیده کاربرد دارند. منطق فازي با مسائل مربوط به عدم‌دقت و نااطمینـانی سـروکـار دارد؛ الگوریتم ژنتیک براي جستجو[12] و بهینه‌یابی مورد استفاده قـرار مـی‌گیـرد و شـبکه عصـبی در یـادگیري[13] و برازش منحنی[14] به‌کار می‌رود. علی‌رغم دوگانگی ظاهري، این سه تکنیک ماهیتاً با هم هم‌افزایی دارند.

در ادامه مروري بر مقالات بیمه‌اي خواهیم داشت که در حوزه‌هاي طبقه‌بندي و سرمایه‌گذاري، منطق فـازي را با الگوریتم ژنتیک و شبکه عصبی ادغام کرده‌اند.

9-1. طبقه‌بندي

یو و همکاران[15] رویکرد محاسبات نرم‌افزاري را به‌عنوان یک سیستم پردازش ادعاي خسارت بیمه اتومبیـل در کره پیشنهاد نمودند. در کره پس از خسارت فرد یا اموال در یک حادثه اتومبیل، نرخ جبـران[1] بـه اهمـال تطبیقـی[2]

1. Romahi and Shen, 2000
2. Rule-Based Expert System
3. S’anchez and G’omez, 2003
4. Possibilistic Regression
5. Quadratic Splines
6. Spot & Forward Rates
7. Net Single Premium
8. Zadeh, 1992
9. Soft Computing (SC)
10. Genetic Algorithm
11. Neural Network
12. Search
13. Learning
14. Curve Fitting
15. Yoo et al., 1994

بستگی دارد که با استفاده از نرخ مسئوليت‌پذيري[3] تعيين می‌شود. نويسندگان ابتدا به تشريح ساختار دانش خبره[4] و سيستم پردازش ادعاهاي خسارت پرداخته‌اند وسپس شيوه تعيين نرخ مسئوليت‌پذيري و درنتيجه، نرخ جبران را با استفاده از يک پايگاه اطلاعاتی فازي، يک سيستم مبتنی بر قاعده و يک مکانيزم يادگيري شبکه عصبی توضيح داده‌اند.

کاکس[5] از يک سيستم کشف تقلب و سوء استفاده مبتنی بر محاسبات نرم‌افزاري در بيمه سلامت استفاده کرد. اساس اين روش آن است که رفتارهاي "خلاف قاعده[6]" با مقايسه هر فراهم‌کننده خدمات پزشکی فردي با يک گروه هم‌درجه[7] شناسايی می‌شود. اين سيستم شامل سه مرحله می‌شود: شناسايی جمعيت هم‌درجه مناسب، شناسايی الگوهاي رفتاري و تحليل ويژگی‌هاي الگوي رفتاري. جمعيت هم‌درجه به‌عنوان يک فضاي سه بعدي برحسب نوع سازمان، ناحيه جغرافيايی و اندازه سازمان ترسيم می‌گردد.

الگوهاي رفتاري با استفاده از تجربيات يک بخش کشف تقلب، به‌صورت يک شبکه عصبی غير نظارتی[8] (که روابط ذاتی بين داده‌هاي ادعاي خسارت را آموزش می‌دهد)، و يک رويکرد غير نظارتی (که با استفاده از دانش متغيرهاي تصميم‌گيري، يک مدل فازي را ايجاد می‌کند)، توسعه يافته است. در نهايت، ويژگی‌هاي الگوي رفتاري با استفاده از اندازه‌هاي آماري ميانگين، واريانس، انحراف استاندارد، ميانگين قدرمطلق انحرافات، آزمون کالموگوروف-اسميرنوف[9] براي تعيين توزيع احتمال، چولگی و کشيدگی[10] تحليل می‌شود.

ويژگی‌هاي مدل فازي براساس سه معيار استاتيک و يک معيار متغير زمانی کشف شده‌اند. اندازه‌هاي استاتيک شامل مواجهه بيمه‌گر با رفتار متقلبانه (که توسط کل ادعاهاي خسارت برحسب دلار محاسبه می‌شود)، درجه پراکندگی از مرکز جمعيت هم‌درجه براي هر الگوي رفتاري (که به آن عدد سازگاري جمعيت[11] گفته می‌شود) و تعداد رفتارهايی است که در پراکندگی واقع می‌شوند؛ و اندازه متغير زمانی، در واقع تغيير در ديناميک رفتار جمعيت در طول زمان است. با توجه به سيستم مناسب و ويژگی‌هاي کشف‌شده، توزيع نقاط داده‌ها براي الگوهاي رفتاري هر فراهم‌کننده در اين جمعيت محاسبه و با فراهم‌کنندگان از نوع مشابه، داراي اندازه سازمانی مشابه و در منطقه جغرافيايی مشابه مقايسه می‌شود. بنابراين، سيستم کشف تقلب و سوء استفاده، مبتنی بر سيستم فازي، فراهم‌کننده‌اي را شناسايی می‌کند که پراکندگی قابل توجهی نسبت به جمعيت هم‌درجه دارد.

کاکس نتيجه گرفت که قابليت اين سيستم در کشف رفتارهاي خلاف قاعده با قابليت بخش کشف تقلب، همسان و حتی بالاتر است.

---

1. Compensation Rate
2. Comparative Negligence
3. Responsibility Rate
4Expert Knowledge Structure
5. Cox, 1995
6. Anomalous
7. Peer Group
8. Unsupervised NN
9. Kolmogorov-Smirnov Test (KS)
10. Kurtosis
11 .Population Compatibility Number

پنا- ريز و سيپر[1] با استفاده از سيستم استنتاج فازي و الگوريتم ژنتيک، سيستم‌هاي تشخيصی[2] براي تشخيص سرطان سينه ايجاد كردند. آنها از روش پيتسبورگ الگوريتم ژنتيک[3] و داده‌هاي تهيه شده توسط متخصصان براي ايجاد پايگاه اطلاعاتی[4] و پايگاه قاعده[5] در سيستم استنتاج فازي استفاده كردند كه شامل 444 مورد خوش‌خيم و 239 مورد بدخيم می‌شد كه براساس 9 ويژگی ارزيابی شده بودند. آنها ادعا كردند كه به بهترين عملكرد طبقه‌بندي براي تشخيص سرطان سينه تا آن زمان دست يافته‌اند؛ زيرا سيستم نهايی آنها تنها از چند قاعده ساده با قابليت تفسير بالا تشكيل می‌شود.

بنتلی[6] از يک رويكرد فازي تكاملی[7] براي ارزيابی ادعاهاي خسارت مشكوك[8] بيمه ساختمان‌هاي مسكونی استفاده كرد. تا آن زمان، از برنامه‌ريزي ژنتيک براي استخراج قواعد منطق فازي جهت طبقه‌بندي ادعاهاي خسارت در دو طبقه "مشكوك" و "غير مشكوك" استفاده می‌شد. ويژگی قابل توجه روش بنتلی، استفاده از خوشه‌بندي براي توسعه توابع عضويت و استفاده از تصميمات كميته[9] براي شناسايی بهترين قواعد استخراج‌شده است. ويژگی‌هاي ادعاهاي خسارت در گروه‌هاي اندك، متوسط و زياد خوشه‌بندي شده و حداقل و حداكثر مقدار در هر خوشه، دامنه توابع عضويت را تعيين می‌كنند. تصميمات كميته مبتنی بر ورژن‌هاي مختلف سيستم است كه به موازات يكديگر در مجموعه يكسانی از داده‌ها حركت كرده و متناسب با تعداد قواعد، وزن‌دهی می‌شوند. بنتلی ادعا كرد كه زمانی كه نتايج مدل وي به داده‌هاي حقيقی اعمال می‌شود، با نتايج تحليل قبلی يكسان خواهد بود.

2-9. مدل‌هاي سرمايه‌گذاري

آبراهام و همكاران[10]، استفاده از تكنيک‌هاي محاسبات نرم‌افزاري براي پيش‌بينی خودكار بازار سهام و تحليل روندها را مورد ارزيابی قرار دادند. آنها از تحليل مؤلفه‌هاي اصلی[11] براي پردازش داده‌هاي ورودي، از يک شبكه عصبی براي پيش‌بينی سهام روز قبل[12] و از يک سيستم عصبی- فازي براي تحليل روند ارزش سهام پيش‌بينی‌شده استفاده كردند. براي شفاف‌شدن تكنيک پيشنهادي، ايشان اطلاعات 24 ماهه در مورد سهام براي شاخص اصلی نزداك 100[13] و سهام شش شركت فهرست‌شده در آن را آناليز كردند. آنها به اين نتيجه رسيدند كه نتايج پيش‌بينی و پيش‌بينی روند با استفاده از سيستم هيبريدي پيشنهادي، تضمين‌كننده امكان انجام تحقيقات و تحليل‌هاي بيشتر است.

1. Pena-Reyes and Sipper, 1999
2. Diagnostic Systems
3. Pittsburgh-Style of GA
4. Database
5. Rule Base
6. Bentley, 2000
7. Evolutionary Fuzzy Approach
8. Suspicious
9. Committee Decisions
10. Abraham et al., 2001
11. Principal Component Analysis
12. 1-Day Ahead Stock
13. Nasdaq-100 Main Index

كيو و همكاران[1] با استفاده از يک شبکه عصبی فازي مبتنی بر الگوريتم ژنتيک، پايگاه دانش[2] قواعد استنتاج فازي را فرمول‌بندي كرده و با استفاده از آن اثرات كيفی[3] (نظير اثرات سياسی) بر بازار سهام را اندازه‌گيري نمودند. اين اثرات از طريق شبکه عصبی با شاخص‌هاي تكنيكال يكپارچه می‌شوند. آنها با استفاده از اطلاعات خريد- فروش و عملكرد خريد- فروش در بازار سهام تايوان، سيستم هوشمند پيشنهادي خود را آزمودند و به اين نتيجه دست يافتند كه يک شبکه عصبی مبتنی بر عوامل كمی (نظير شاخص‌هاي تكنيكال) و عوامل كيفی نسبت به يک شبکه عصبی كه تنها مبتنی بر يكی از اين دو نوع عوامل باشد، برتري دارد.

10. نتيجه‌گيري

هدف از اين نوشتار، مروري بر كاربردهاي منطق فازي در بيمه بوده است. منطق فازي در بسياري از حوزه‌هاي بيمه از قبيل طبقه‌بندي، صدور و بيمه‌گري، تعهدات طرح‌ريزي شده، ارزش حال و آتی فازي، قيمت‌گذاري، تخصيص دارايی، جريانات نقدي و سرمايه‌گذاري كاربرد دارد. بسياري از تكنيک‌هاي منطق فازي نظير حساب فازي، سيستم‌هاي استنتاج فازي و خوشه‌بندي فازي در زمينه بيمه به‌كارگرفته‌می‌شوند.

در مجموع ملاحظه می‌شود كه منطق فازي به‌خوبی در بيمه مورد استفاده قرار گرفته است. البته مسائل زيادي در بيمه وجود دارد كه می‌تواند با استفاده از سيستم‌هاي فازي حل شود و كاربردهاي جديد منطق فازي در بيمه پديدار گردد. براي اين ادعا حداقل دو دليل وجود دارد: اول، صنعت بيمه درحال‌حاضر حوزه‌هاي بالقوه بسياري دارد كه توسط شرايط كيفی مشخص شده و به مدل‌هاي رياضی براي انعكاس اين شرايط نياز است. دوم، ازآنجاكه سيستم‌هاي فازي در بسياري از اشكال كسب‌وكار وارد شده‌اند، در اغلب موارد، كاربرد آنها در هم‌افزايی ميان تكنيک‌هاي محاسبات نرم‌افزاري مورد توجه قرار نگرفته است و در نتيجه، موقعيت براي توسعه اين‌گونه مطالعات وجود دارد. با توجه به اين نكات، كاربرد منطق فازي در بيمه و حوزه‌هاي مرتبط با آن براي يک آينده قابل پيش‌بينی مفيد خواهد بود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Kuo et al., 2001
2. Knowledge Base
3. Qualitative Effect

منابع

1. Abraham, A., Nath, B. and Mahanti, P.K., 2001. *Hybrid intelligentsystems for stock market analysis*. In: Alexandrov, V.N. etal. (Eds.), EBT Computational Science. Springer-Verlag, Germany/San Francisco, USA, pp. 337–45 (ISBN 3-540-42233-1).

2. Bellman, R. and Zadeh, L.A., 1970. *Decision-making in a fuzzy environment*. Manage. Sci. 17, 141–164.

3. Bentley, P.J., 2000. Evolutionary, my dear Watson investigatingcommittee-based evolution of fuzzy rules for the detection ofsuspicious insurance claims. *In: Proceedings of the Second Geneticand Evolutionary Computation Conference (GECCO)*, pp.8–12.

4. Bouet, G., and Dalaud, R., 1996, Extension de concepts financiers en calcul flou et application a l' adossement de flux. *Proceedings of the 6th AFIR*, 2, pp. 827-43.

5. Buckley, J.J., 1987. The fuzzy mathematics of finance. *Fuzzy SetsSyst*. 21, pp.257–73.

6. Buehlmann, N. and Berliner, B., 1992. Fuzzy zooming of cash flows. In*: Proceedings of the 24th TICA*, 6, pp. 437–53.

7. Carreno, L.A. and Jani, Y., 1993. *A fuzzy expert system approach to insurance risk assessment using FuzzyCLIPS.* WESCON Conf. Rec., pp.536–41.

8. Carretero, R.C., 2003. *Fuzzy logic techniques in the non-life insurance industry.* In: Shapiro, A.F., Jain, L.C. (Eds.), Intelligent and Other Computational Techniques in Insurance: Theory and Applications.World Scientific Publishing Company, River Edge: NJ, pp. 229–57.

9. Carretero, R.C. and Viejo, A.S., 2000. A Bonus–Malus system in the fuzzy set theory [insurance pricing decisions]. *IEEE Int. Conf.Fuzzy Syst*., 2, p. 1036.

10. Chang, C., 2003. *A fuzzy set theoretical approach to asset and liability management and decision making*. In: Shapiro, A.F., Jain, L.C. (Eds.), Intelligent and Other Computational Techniques in Insurance: Theory and Applications. World Scientific PublishingCompany, River Edge: NJ, pp. 301–33.

11. Chen, J.J.G. and He, Z., 1997. Using analytic hierarchy process and fuzzy set theory to rate and rank the disability. *Fuzzy Sets Syst*., 88, pp.1–22

12. Cox, E., 1995. *A fuzzy system for detecting anomalous behaviors in healthcare provider claims*. In: Goonatilake, S., Treleven, P.(Eds.), Intelligent Systems for Finance and Business. Wiley: Chichester, UK, pp. 111–35.

13. Cummins, J.D. and Derrig, R.A., 1993. Fuzzy trends in property-liability insurance claim costs. *J. Risk Insur*. 60, pp. 429–65.

14. Cummins, J.D. and Derrig, R.A., 1997. Fuzzy financial pricing of property-liability insurance. *North Am. Actuarial* J. 1 (4), pp. 21–44.

15. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K.M., 1994. Fuzzy techniques of pattern recognition in risk and claim classification. *Proceedings of the 4th AFIR International Colloquium*, 1, pp. 141–71.

16. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K.M., 1995a. Fuzzy techniques of pattern recognition in risk and claim classification. *J. Risk Insur*. 62, pp. 447–82.

17. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K.M., 1995b. The fuzzy problem of hedging the tax liability of a property-liability insurance company. *Proceedings of the 5th AFIR International Colloquium*, 1, pp. 17– 42.

18. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K.M., 1997. Managing the tax liabilityof a property-liability insurance company. *J. Risk Insur*. 64 (4), pp. 695–711.

19. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K.M., 1999. *Fuzzy sets methodologies in actuarial science*. Zimmerman, H.J. (Ed.), Practical Applications of Fuzzy Technologies. Kluwer Academic Publishers,Boston (Chapter 16).

20. DeWit, G.W., 1982. Underwriting and uncertainty. *Insur.Math.Econ*. 1, pp. 277– 85.

21. Dubois, D. and Prade, H., 1980. *Fuzzy sets and systems: Theory and applications.* Academic Press, San Diego: CA.

22. DuBois, D. and Prade, H., 1997. Fuzzy *sets and systems: Theory and applications.* Academic Press, San Diego: CA.

23. Goguen, J.A., 1967. L-Fuzzy Sets. J*MAA*, 18, pp. 145-74.

24. Guo, L. and Huang, Z., 1996. A possibilistic linear programming method for asset allocation. *J. Actuarial Pract*., 2, pp. 67–90.

25. Hellman, A., 1995. A fuzzy expert system for evaluation of municipalities: an application. *Proceedings of the 25h TICA*, 1, pp. 159– 87.

26. Hosler, V.R., 1992. The application of fuzzy sets to group health underwriting. *ARCH*, 2, pp.1–63.

27. Jablonowski, M., 1996. A new perspective on risk. *Chartered Property Casualty Underwriters J*. 49 (4), pp. 225–36.

28. Jablonowski, M., 1997. Modeling imperfect knowledge in risk management and insurance. *Risk Manage. Insur. Rev*., 1 (1), pp.98–105.

29. Krasteva, E.B., Singh, M.G., Sotirov, G.R., Bennavail, J.C. and Manicoff, N.C., 1994, Model building for pricing decision making in an uncertain environment , system, man and cybernetics. *IEEE Int. Conf. Hum. Inf. Technol.,* 1, pp.194-9.

30. Kuo, R.J., Chen, C.H. and Hwang, Y.C., 2001. An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network. *Fuzzy Sets Syst.*, 118 (1), pp. 21–45.

31. Lemaire, J., 1990. Fuzzy insurance. *ASTIN Bull.*, 20 (1), pp. 33–55.

32. Lu, Y., Zhang, L., Guan, Z. and Shang, H., 2001. Fuzzy mathematics applied to insurance game. *Proceedings of the IFSA World Congress and 20th NAFIPS International Conference*, 2, pp. 941– 45.

33. Mamdani, E. H., 1974, Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant, *Proc. Inst. Elec. Eng.*, 121, pp. 1585-8.

34. Manton, K.G., Woodbury, M.A. and Tolley, H.D., 1994. *Statistical applications using fuzzy sets*. New York: Wiley.

35. McCauley- Bell, P.R. and Badiru, A., 1996. Fuzzy modelling and analytic hierarchy processing to quantify risk levels associated with occupational injuries. Parts I and II. *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 4, pp. 124–38.

36. Mosmans, A., Praet, J.C. and Dumont, C., 2002. A decision support system for the budgeting of the Belgian health care systems. *Eur. J. Operational. Res.*, 139(2), pp. 449- 60.

37. Ostaszewski, K., 1993. *Fuzzy Set Methods in Actuarial Science*. Society of Actuaries: Schaumburg, IL.

38. Ostaszewski, K. and Karwowski, W., 1992. An analysis of possible applications of fuzzy set theory to the actuarial credibility theory. *Proceeding of the Annual Meeting of the North American Fuzzy Information Processing Society*, Puerto Vallaria.

39. Pe˜na-Reyes, C.A. and Sipper, M., 1999. A fuzzy-genetic approach to breast cancer diagnosis. *Artif. Intell. Med.*, 17, pp. 131– 55.

40. Romahi, Y. and Shen, Q., 2000. Dynamic financial forecasting with automatically induced fuzzy associations. *Proceedings of the9th International Conference on Fuzzy Systems*, 1, pp. 493–98.

41. S´anchez, J.de A. and G´omez, A.T., 2003. Applications of fuzzy regression in actuarial analysis. *J. Risk Insur.*, 70 (4), pp. 665–99.

42. Shapiro, A.F., 2002. The merging of neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms. *Insur. Math. Econ.*, 31, pp. 115–31.

43. Shapiro, A.F., 2003. Capital market applications of neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms. *Proceedings of the 13th International AFIR Colloquium*, 1, pp. 493–514.

44. Shapiro, A.F., 2004. Fuzzy logic in insurance. *Insurance: Mathematics and Economics*, 35, pp. 399–424.

45. Tanaka, H., Uejima, S. and Asai, K., 1982. Linear regression analysis with fuzzy model. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern*. 12 (6), pp. 903–7.

46. Terceno, A., De Andres, J., Belvis, C. and Barbera, G., 1996. Fuzzy methods incorporated to the study of personal insurances. *Int.Symp. Neuro-Fuzzy Syst.*, pp.187–202.

47. Verrall, R.J. and Yakoubov, Y.H., 1999. A fuzzy approach to grouping by policyholder age in general insurance. *J. Actuarial Pract.*, 7, pp.181–203.

48. Yager, R.R., Ovchinnikov, S., Tong, R.M. and Ngugen, H.T., 1987. *Fuzzy sets and applications: collected papers of Lotfi A. Zadeh*. New York: Wiley.

49. Yakoubov, Y.H. and Haberman, S., 1998. *Review of actuarial applications of fuzzy set theory*. Actuarial Research Paper No.105. Department of Actuarial Science and Statistics, City University, London.

50. Yoo, J.H., Kang, B. H. and Choi, J. U., 1994. A hybrid approach to auto-insurance claim processing system. *IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, 1, pp. 537– 42.

51. Young, V.R., 1993. The application of fuzzy sets to group health underwriting. *Trans. Soc. Actuaries.*, 45, pp.551–90.

52. Young, V.R., 1996. Insurance rate changing: A fuzzy logic approach. *J. Risk Insur.*, 63, pp. 461–83.

53. Young, V.R., 1997. Adjusting indicated insurance rates: fuzzy rules that consider both experience and auxiliary data. Proc. *Casualty Actuarial Soc.*, 84, pp.734–65.

54. Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Inform. Control.*, 8, pp. 338–53.

55. Zadeh, L.A., 1975/1976. The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning (Parts 1–3). *Information Sciences,*. 8, pp. 43-301.

56. Zadeh, L.A., 1981. *Fuzzy systems theory: A framework for the analysis of humanistic systems*. In: Cavallo, R.E. (Ed.), Recent Developments in Systems Methodology in Social Science Research. Boston: Kluwer, pp. 25–41.

57. Zadeh, L.A., 1992. *Foreword of the Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Logic and Neural Networks*, Iizuka, Japan, pp. xiii–xiv.

58. Zimmermann, H.J., 1978. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. *Fuzzy Sets Syst.*, 1, pp. 45–5.

59. Zimmermann, H.J., 1983. Fuzzy mathematical programming. *Comput. Operat. Res*., pp. 281–98.

60. Zimmermann, H.J., 1985. Applications of fuzzy set theory to mathematical programming. *Inform. Sci.*, 36, pp. 29–58.

Zimmermann, H.J., 1996. *Fuzzy set theory and its applications*, third ed. Kluwer Academic Publishers, Boston: MA

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقاله دوم

ترکیب شبکه عصبی، منطق فازی و الگوریتم ژنتیک[1]

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۱. این مقاله ترجمه‌ای است از:

Shapiro, A.F., 2001. The merging of neural networks, fuzzy logic, and genetic algorithms. *Insurance Mathematics and Economics*, 31, pp. 115-31.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مقدمه

طی دهه گذشته استفاده از شبکه‌هاي عصبی[1]، منطق فـازي[2] و الگـوريتم‌هـاي ژنتيـک[3] در کاربردهـاي بيمـه‌اي افزايش يافته است. با اين حال، تمرکز اغلب اين کاربردها بر استفاده از يک تکنيـک در حـل مـسئله بـوده اسـت. به‌عنوان مثال، براکت و همکاران[4] به محاسبه تعداد واحدهاي لازم در يک لايه پنهان[5] شبکه عـصبی پرداختـه‌انـد و ورال و ياکوبوف[6] تعداد خوشه‌ها در يک کاربرد خوشه‌بندي فازي را محاسبه کرده‌اند. اگرچه تمرکز بـر اسـتفاده از يک تکنيک سودمند است، اما ممکن است به‌دليل محدوديت‌هاي هر تکنيک و عدم اسـتفاده از مزيـت هـم‌افزايـی بين تکنيک‌هاي مختلف، زيربهينه[7] باشد. باخيت[8] از ارزيابی ريسک با استفاده از شبکه عصبی دريافت که بـه‌دليـل ماهيت زبانی متغيرهاي تصميم‌گيري، استفاده از شبکه عصبی فازي می‌تواند سودمند باشـد. در جـدول 1 مزايـا و معايب هر يک از تکنيک‌هاي ذکر شده، فهرست شده است.

جدول 1. مزايا و معايب شبکه عصبی، منطق فازي و الگوريتم ژنتيک

تکنيک	مزايا	معايب
شبکه عصبی	قابليت سازگاري، يادگيري و تقريب	سرعت اندك همگرايی، ساختار پردازش ديتاي جعبه سياه
منطق فازي	علت‌يابی تقريبی	مشکل بودن تنظيم، نداشتن قابليت يادگيري مؤثر
الگوريتم ژنتيک	جستجوي تصادفی سيستماتيک، بهينه‌يابی بدون استفاده از مشتق‌گيري	مشکل بودن تنظيم، نبود معيار هم‌گرايی

شبکه عصبی که نخستين بار توسط رزنبلات[9] و ويدرو و هـاف[10] معرفـی شـد، يـک سـاختار محاسـباتی بـا قابليت‌هاي يادگيري[11] و تعميم[12] است. در واقع، در شبکه عصبی از يک تکنيک توزيعی براي يـادگيري و ذخيـره دانش از طريق نمونه‌هاي شناخته‌شده استفاده می‌شود. وربوس[13] از يـک مجموعـه‌ي يـادگيري متـشکل از نمونـه

1. Neural Networks (NNs)
2.Fuzzy Logic (FL)
3. Genetic Algorithms (Gas)
4. Brockett et al., 1997
5. Hidden Layer
6. Verrall and Yakoubov, 1999
7. Sub- optimal
8. Bakheet, 1995
9. Rosenblatt, 1956
10. Widrow and Hoff, 1960
11. Learning
12. Generalization
13. Werbos, 1974

روابط میان ورودي-خروجی و یک الگوریتم یادگیري که اصطلاحاً انتشار پس‌نگر[1] نامیده می‌شود، براي فرموله کردن الگوریتم یادگیري نظارتی[2] و اجراي بهینه‌یابی استفاده کرد.

همانگونه که در جدول 1 اشاره شد، شبکه‌هاي عصبی مزایاي تطبیق[3]، یادگیري و تقریب[4] دارند، درحالی‌که سرعت نسبتاً کند همگرایی[5] و ویژگی منفی سندرم "جعبه سیاه"[6] از معایب شبکه‌هاي عصبی به‌شمارمی‌رود.

منطق فازي را که زاده[7] فرمول‌بندي کرده است، چهارچوبی براي علت‌یابی تقریبی[8] و تبدیل دانش کیفی به مجموعه‌اي از قواعد قابل اجرا[9] است. این رویکرد مبتنی بر علت‌یابی و قاعده، براي پاسخ‌گویی و واکنش نسبت به ورودي‌هاي جدید به‌کار می‌رود. همانگونه که در جدول 1 اشاره شد، منطق فازي مزیت علت‌یابی تقریبی را دارد، درحالی‌که مشکل بودن ساخت، تنظیم و کنترل[10] توابع عضویت[11] فازي و قواعد و عدم قابلیت یادگیري مؤثر از معایب منطق فازي به‌شمارمی‌روند.

الگوریتم ژنتیک توسط هلند[12] به‌عنوان روشی براي اجراي یک جستجوي کلی تصادفی[13] در یک فضاي حل مسئله[14] پیشنهاد شده است. در این فضا، مجموعه‌اي از راه‌حل‌هاي موجود با میزان برازش[15] مشخص، توسط یک تابع برازش و براساس عملکرد ارزیابی می‌شوند. سپس با استفاده از عملکردهاي ژنتیکی، بهترین راه‌حل‌ها انتخاب و براي استخراج مجموعه‌اي جدید به‌کارمی‌روند که راه‌حل‌هاي بهتري ارائه می‌دهد. الگوریتم ژنتیک از مزایاي جستجوي تصادفی سیستماتیک و بهینه‌یابی بدون استفاده از مشتق برخوردار است، درحالی‌که مشکل تنظیم و عدم وجود معیار هم‌گرایی از معایب آن محسوب می‌شود.

ویژگی مشترك این سه تکنیک آن است که منعکس‌کننده ویژگی‌هاي محاسباتی دقیق براي استخراج میزان نااطمینانی مبهم می‌باشند. البته به‌دلیل محدودیت‌هاي هر تکنیک، پتانسیل هر یک تنها از طریق هم‌افزایی میان آنها آشکار می‌شود. ترکیب این تکنیک‌ها قدرت آنها را افزایش داده و نقایص آنها را جبران می‌نماید.

1. ادبیات بیمه‌اي

سه تکنیک شبکه عصبی، منطق فازي و الگوریتم ژنتیک در برخی مقالات بیمه‌اي اجرا شده‌اند.

موضوعات مقالات بیمه‌اي که در آنها از شبکه عصبی استفاده شده است، شامل طبقه‌بندي[16]، مدل‌هاي جریانات نقدي[17]، عدم توانگري[18] و مطالعات مرگ‌و میر[19] و بیماري‌ها[20] می‌شود.

---

1. Backpropagation (BP)
2. Supervised Learning Algorithm
3. Adaptation
4. Approximation
5. Slow Convergence Speed
6. Black Box Syndrome
7. Zadeh, 1965
8. Approximate Reasoning
9. Executable Rule Set
10. Tune
11. Membership Functions (MFs)
12. Holland, 1975
13. Randomized Global Search
14. Solution Space
15. Fitness
16. Classification
17. Cash Flow Models
18. Insolvency
19. Mortality
20. Morbidity

باخیت[1] از شبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر[2] و انتشار پس‌نگر به‌عنوان ابزار طبقه‌بندي الگـو در تعهـد اوراق قرضه[3] استفاده کرد؛ واگن و همکاران[4] از یک شبکه پرسپترون چند لایه‌اي[5] براي طبقه‌بنـدي متقاضـیان بیمـه عمـر برحسب ریسک استاندارد و غیر استاندارد استفاده نمودند؛ براکـت و همکـاران[6] بـا اسـتفاده از نقـشه سـازماندهی ویژگی کوهونن[7]، ادعاهاي تقلبی آسیب بدنی اتومبیل در صنعت بیمه را شناسـایی کردنـد و بـا اسـتفاده از شـبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر و انتشار پس‌نگر، اعتبار رویکرد نقشه ویژگی را ارزیابی نمودند؛ لاکمیک و اسـمیت[8] با استفاده از مدل جریان نقدي، مسئله پیش‌بینی الزامات جریان نقدي روزانـه در زمـان صـدور چـک ذي‌نفعـان و بازنشستگان را مورد ارزیابی قرار دادند.

پارك[9] از یک شبکه عصبی طراحی شده توسط یک الگوریتم ژنتیک براي پیش‌بینی ورشکستگی شـرکت‌هـاي بیمه استفاده کرد؛ براکت و همکاران با استفاده از یک شبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر سه‌لایه و انتشار پس‌نگر، یک سیستم هشدار اولیه به بیمه‌گران اموال و مسئولیت آمریکا را دو سال قبل از مواجهه با عدم تـوانگري توسـعه دادند؛ هوانگ و همکاران[10] از یک شبکه عصبی بهینه‌یابی‌شده توسط الگوریتم ژنتیک بـراي پـیش‌بینـی تنگناهـاي مالی در بیمه‌هاي عمر استفاده کردند و جانگ[11] نیز از یک تحلیل تطبیقی مشابه بهره گرفت.

تی‌یو[12] به مقایسه شبکه عصبی و مدل رگرسیون لوجستیک برمبناي توانایی آنها در پیش‌بینی مدت زمان توقف در واحد مراقبت‌هاي ویژه به‌دنبال عمل جراحی قلب پرداخت؛ سائموندسون[13] براي بیان مشکلات مرتبط بـا بیمـه سلامت دندان از شبکه عصبی استفاده نمود و اسمعیل[14] امکان‌پذیري استفاده از تکنیک شبکه عصبی در پیش‌بینـی مشکلات بیمارستانی و مرگ‌ومیر ماهانه بیماران حاد انفارکتوس قلبی را ارزیابی کرد.

منطق فازي در پنج حوزه عمده بیمه‌اي اجرا شده است: بیمه‌گري و صدور، طبقه‌بندي، قیمت‌گذاري، دارایـی و سرمایه‌گذاري، و تعهدات طرح‌ریزي شده.

د ویت[15] نخستین کسی بود که از تئوري فازي براي تحلیل منطق درونی بخش ادراکی بیمه‌گري اسـتفاده کـرد؛ لیمیر[16] بر تعریف یک بیمه‌گذار ترجیحی در بیمه عمر متمرکز شد؛ یانگ[17] از مجموعه‌هاي فازي براي مـدل‌سـازي فرایند انتخاب در بیمه سلامت گروهی استفاده نمود؛ ارباخ و سیاه[18] در مورد یک بیمه‌گذار عمـر نمونـه براسـاس

پرتال جامع علوم انسانی

1. Bakheet, 1995
2. Feed-Forward NN (FFNN)
3. Bond Underwriting
4. Vaughn et al., 1997
5. Multilayer Perceptron Network
6. Brockett et al., 1998
7. Kohonen Self-Organizing Feature Map (SOFM)
8. Lokmic and Smith, 2000
9. Park, 1993
10. Huang et al., 1994
11. Jang, 1997
12. Tu, 1993
13. Saemundsson, 1996
14. Ismael, 1999
15. De Wit, 1982
16. Lemaire, 1990
17. Young, 1993
18. Erbach and Seah, 1993

ترکیبی از تکنیک فازي و سایر تکنیک‌ها بحث نمودند؛ هورگبی و همکاران[1] منطق فازي را در کاربردهاي بیمه‌گري درمان بیمه عمر به‌کارگرفتند.

ابانکس و همکاران[2] از اندازه‌هاي فازي در طبقه‌بندي ریسک‌هاي بیمه عمر استفاده کردند؛ استازوسکی[3] استفاده از خوشه‌بندي فازي در طبقه‌بندي چهار فرد را توضیح داد؛ کاکس[4] رفتار فراهم‌کننده بیمه درمان انفرادي را با رفتار فراهم‌کننده بیمه درمان گروهی مقایسه و سوء استفاده‌هاي بالقوه در بیمه درمان را شناسایی نمود؛ دریگ و استازوسکی[5] نشان دادند که چگونه خوشه‌بندي فازي را می‌توان براي طبقه‌بندي مطالبات بیمه‌اي براساس سطح تقلب مورد تردید به‌کار برد؛ هلمن[6] از سیستم خبره فازي براي شناسایی شهرداري‌هاي در اندازه و مدیریت متوسط اما با پوشش بیمه‌اي نامناسب استفاده نمود؛ ورال و یاکوبوف[7] استفاده از خوشه‌بندي فازي در مشخص نمودن روشی براي ارزیابی گروه‌بندي سنی در بیمه‌هاي عمومی را نشان دادند.

لیمیر[8] در مورد محاسبه حق‌بیمه فازي یک بیمه‌نامه عمر به شرط حیات[9] بحث نمود؛ یانگ[10] با یک فرایند مرحله‌اي نشان داد که چگونه یک تصمیم‌گیرنده اکچوئر از منطق فازي براي تعدیل نرخ بیمه جبران خسارت کارگران در بیمه درمان گروهی استفاده می‌کند؛ و کامینز و دریگ [11] از منطق فازي براي قیمت‌گذاري مالی قراردادهاي بیمه اموال و مسئولیت استفاده نمودند.

چانگ و وانگ[12] استفاده از آنالوگ‌هاي ریاضیات فازي تئوري کلاسیک ایمن‌سازي و انطباق دارایی و بدهی را توسعه دادند و دریگ و استازوسکی[13] استفاده از منطق فازي در برآورد نرخ مالیات مؤثر و نرخ بازدهی پس از مالیات پورتفوي دارایی و بدهی یک شرکت بیمه اموال و مسئولیت را بیان نمودند.

بویسوناد[14]از شناسایی الگو و منطق فازي در ارزیابی شدت زلزله و پیش‌بینی خسارت و توسعه مدل‌هاي برآورد نرخ حق بیمه و راهبردهاي بیمه‌اي زلزله استفاده کرد؛ کامینز و دریگ[15] روندهاي فازي در هزینه‌هاي ادعاي خسارت بیمه اموال و مسئولیت را مورد مطالعه قرار دادند؛ ژائو[16] به موضوعات پیشگیري از برخورد دریایی و مسئولیت پرداخت.

الگوریتم ژنتیک در طبقه‌بندي، بهینه‌سازي رقابت یک محصول بیمه‌اي و تخصیص دارایی کاربرد دارد. فریک و همکاران[17] از الگوریتم ژنتیک براي ایجاد استراتژي‌هاي خرید و فروش سهام براساس طبقه‌بندي تشکل‌هاي

---

1. Horgby et al., 1997
2. Ebanks et al., 1992
3. Ostaszewski, 1993
4. Cox, 1995
5. Derrig and Ostazewski, 1995
6. Hellman, 1995
7. Verrall and Yakoubov, 1999
8. Lamaire, 1990
9. Endowment
10. Young, 1996
11. Cummins and Derrig, 1997
12. Chang and Wang, 1995
13. Derrig and Ostazewski, 1995
14. Boissonnade, 1984
15. Cummins and Derrig, 1993
16. Zhao, 1996
17. Ferick et al., 1996

تفاوت قیمت[1] استفاده کردند و لی و کیم[2] با استفاده از الگوریتم ژنتیک، سیستم طبقه‌بندي بیمه اتومبیل شخصی کره را اصلاح نمودند. تان[3] مبادله[4] میان سوددهی، ریسک، و رقابت‌پذیري را آزمود؛ ونت[5] و جکسون[6] تخصیص دارایی را ارزیابی نمودند (ونت از طریق مقایسه مرز کارایی پورتفولیو با استفاده از الگوریتم ژنتیک و مرز کارایی پورتفولیو با استفاده از بهینه‌یابی پیچیده غیر خطی، و جکسون از طریق ارزیابی عملکرد الگوریتم ژنتیک در فضاي جستجو به‌عنوان یک تابع ناپیوسته).

تا همین اواخر، محققان از مزایاي هم‌افزایی بین این سه تکنیک غافل بودند. پارك[7]، هوانگ و همکاران[8]، باخیت[9]، و براکت و همکاران[10] به استفاده از الگوریتم ژنتیک جهت تعیین معماري[11] و پارامترهاي شبکه عصبی اشاره کرده‌اند. ژائو[12] نیز در مطالعات خود از ترکیب منطق فازي و شبکه عصبی و ترکیب منطق فازي و سایر تکنیک‌هاي محاسباتی نرم‌افزاري استفاده کرده است.

دلیل عمده عدم استفاده از ترکیب این تکنیک‌ها، آشنا نبودن نویسندگان با مزایاي این ترکیب بوده است. ازاین‌رو، در این مقاله مروري بر موقعیت‌هاي ترکیب سه تکنیک شبکه عصبی، منطق فازي و الگوریتم ژنتیک خواهد شد.

2. کنترل شبکه‌هاي عصبی با استفاده از منطق فازي

سیستمی که در آن شبکه‌هاي عصبی توسط منطق فازي کنترل می‌شود، شبکه‌هاي عصبی فازي[13] نامیده می‌شود. این سیستم در اواسط دهه 1970 توسط لی و لی[14] و با معرفی توابع عضویت در مدل مک‌کالوچ و پیتس[15] پدیدار گشت. از آن پس، منطق فازي بر بسیاري از مؤلفه‌ها و پارامترهاي شبکه‌هاي عصبی نظیر ورودي‌ها[16]، وزن‌ها[17]، نرخ یادگیري[18] و ضرایب یکنواخت‌گر[19] اعمال شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

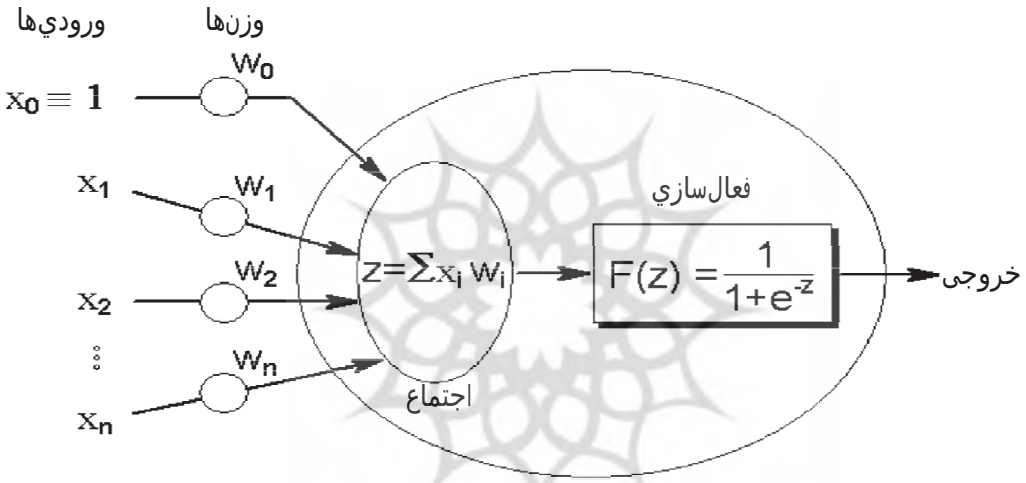
1. Difference Price Formations
2. Lee and Kim, 1999
3. Tan, 1997
4. Tradeoff
5. Wendt, 1995
6. Jackson, 1997
7. Park, 1993
8. Huang et al., 1994
9. Bakheet, 1995
10. Brockett et al., 1998
11. Architecture
12. Zhao, 1996
13. Fuzzy NNs
14. Lee and Lee, 1975
15. McCulloch and Pitts, 1943
16. Inputs
17. Weights
18. Learning Rate
19. Momentum Coefficient

2-1. ورودي‌ها و وزن‌ها

واحد پردازش عصبی[1] شکل 1 را در نظر بگیرید که مرکز[2] شبکه عـصبی اسـت. ورودي‌هـاي (سـیگنال‌هـاي) عصب[3]، x_j، در وزن‌هاي مربوطه، w_j، ضرب شده و یکپارچه می‌شوند. وزن w_0 همان وظیفه عرض از مبدأ (مقدار ثابت) در فرمول رگرسیونی را دارد. سپس مجموع وزنی از یک تابع فعال‌سازي[4]، F، عبور کرده و خروجی واحـد را ایجاد می‌کند. تابع فعال‌سازي اغلب به شکل لوجستیک است، اما سایر اشکال توابع نیز امکان‌پذیر است.

$$F(z) = (1 + e^{-z})^{-1}, where\ z = \sum_j w_j x_j \quad (1)$$

شکل 1. واحد پردازش عصبی



باکلی و هایاشی[5] نشان دادند که براي تبدیل یک شبکه عصبی به یک شبکه عصبی فازي، سـیگنال یـا وزن‌هـا باید مجموعه‌هاي فازي باشند. در این صورت، سه حالت امکان‌پذیر است:

- شبکه عصبی فازي، یک شبکه عصبی با ورودي‌هاي حقیقی و وزن‌هاي فازي است؛
- شبکه عصبی فازي، یک شبکه عصبی با ورودي‌هاي فازي و وزن‌هاي حقیقی است؛
- شبکه عصبی فازي، یک شبکه عصبی با ورودي‌هاي فازي و وزن‌هاي فازي است.

علاوه‌براین، باکلی و هایاشی یک شبکه عصبی فازي را یک شبکه عصبی فازي منظم[6] می‌نامند، اگر واحـدهاي پردازش عصبی آن از عملگرهاي حاصل‌ضرب و حاصل‌جمع و یک تابع فعال‌سازي لوجستیک استفاده کند(شـکل 1). در مقابل، یک شبکه عصبی فازي هیبریدي[7] از عملگرهایی نظیر نرم مثلثی (تی- نـرم) و کـونرم مثلثـی (تـی- کونرم) استفاده می‌نماید تا سیگنال‌هاي ورودي و وزن‌ها را ترکیب کرده و خروجی آنها را نیز با هم ترکیـب کنـد.

---

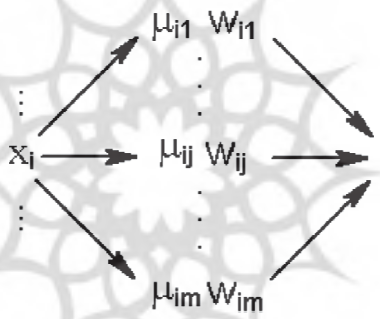
1. Neural Processing Unit
2. Core
3. Neuron
4. Activation Function
5. Buckley and Hayashi, 1994a
6. Regular FNN
7. Hybrid FNN

در مورد تفاوت این دو شبکه باید گفت که، شبکه عصبی فازي منظم که از ریاضیات فازي مبتنی بـر اصـل بـسط[1] زاده استفاده می‌کند، یک تقریب‌زن[2] جامع[3] نیست، درحالی‌که یک شبکه عـصبی فـازي هیبریـدي یـک تقریـب‌زن جامع است.

نمونه‌اي از کاربرد شبکه عصبی حالت اول، در کارهاي یاماکاوا و همکاران[4] مـشاهده مـی‌شـود. دراین‌حالـت، به‌جاي یک وزن w_j به‌ازاي هر ورودي x_j، آرایه‌اي از وزن‌ها $\{w_{ij},j=1,\ldots,m\}$ وجود دارد که هـر کـدام مربـوط بـه یک عدد فازي مثلثی[5] μ_{ij} است. ازآنجاکه به‌ازاي هر x_j تنها دو تابع عضویت مجاور غیر صفر وجـود دارد، ورودي عصب مربوط به هر x_j، میانگین وزنی دو وزن مجاور خواهد بود: $\mu_{ij}w_{ij}+\mu_{i,j+1}w_{i,j+1}$

ورودي کل، مجموع این ورودي‌ها خواهد بود. در مطالعات یاماکاوا، یادگیري از طریق بـه‌روز کـردن وزن‌هـا با استفاده از یک قاعده ابتکاري انجام می‌شود.

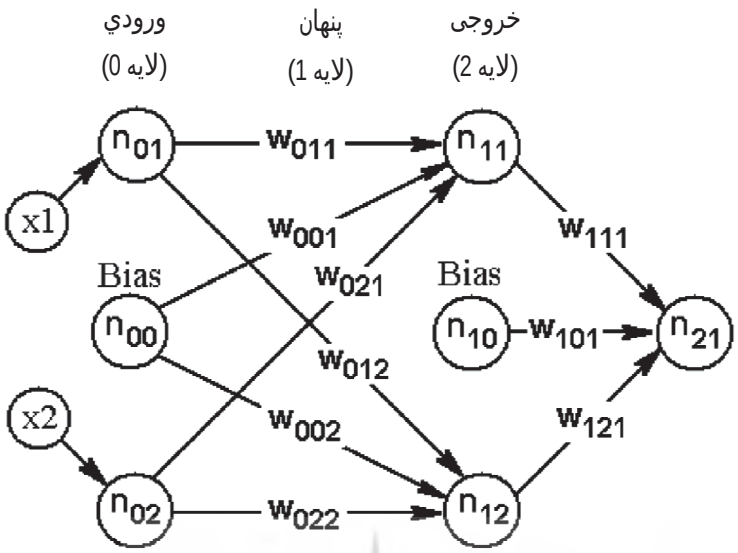
شکل 2. وزن‌هاي فازي یاماکاوا



شبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر (FFNN) سه لایه‌اي شکل 3 را درنظربگیرید. لایه اول، لایـه ورودي، سـه عصب دارد ($n_{0j},j=0,1,2$)، لایه دوم، لایه پـردازش پنهـان[6]، سـه عـصب دارد ($n_{1j},j=0,1,2$)، و لایـه سـوم، لایـه خروجی، نیز یک عصب دارد (n_{21}). دو سیگنال x_1 و x_2 ورودي‌هاي سیـستم را تـشکیل مـی‌دهنـد. عـصب‌هـا از طریق وزن‌هاي w_{ijk} به‌هم مرتبط می‌شوند که در آن اندیس‌هاي i، j و k به اُمین لایه، اُمین گره[7] از اُمـین لایـه و kاُمین گره از i+1اُمین لایه اشاره دارد. بنابراین، به‌عنوان مثال w_{021} وزنی است که دومین گره از لایه ورودي (لایـه صفر) را به اولین گره از لایه پنهان (لایه یک) متصل می‌کند.

1. Extension Principle
2. Approximator
3. Universal
4. Yamakawa et al., 1992
5. Triangular Fuzzy Number
6. Hidden Processing Layer
7. Node

شکل 3. بیان ساده یک شبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر

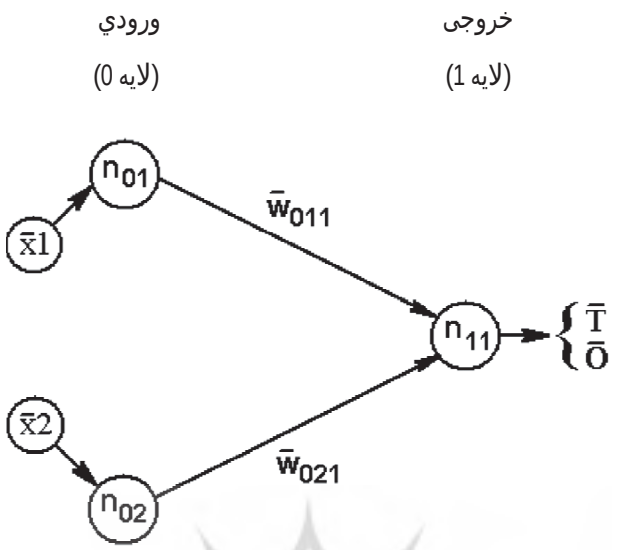


نمونه‌اي از کاربرد شبکه عصبی حالت دوم، در کارهاي ايشيبوچی و همکاران[1] مشاهده می‌شود کـه در آن هـم ورودي‌ها، $\overline{x_i}$، و هم خروجی، $\overline{y}$، اعداد فازي هستند. در اين فرايند، اُمين لحظه آموزش[2] بـه‌عنـوان جفـت اعـداد ورودي فازي و هدف $(\overline{X_j}, \overline{T_j})$ درنظرگرفته‌می‌شود که در آن $\overline{X_j} = (\overline{x_{1j}}, \ldots, \overline{x_{nj}})$، و از رياضيات بازه‌هـا[3] بـراي محاسبه خطا استفاده می‌گردد. در انتها وزن‌ها با استفاده از قاعده دلتاي اصلاح‌شده[4] به‌روز می‌شوند.

نمونه ساده‌اي از کاربرد شبکه عصبی حالت سوم، در شکل 4 مشاهده می‌شود. همانند حالت دوم، اُمين لحظه آموزش[5] به‌عنوان جفت اعداد $(\overline{X_j}, \overline{T_j})$ در نظر گرفته می‌شود. اگر تقريب کلی مورد نظر نباشد، از رياضيات فـازي استاندارد براي ورودي عصب می‌توان استفاده کرد و اصل بسط را به تابع فعال‌سازي اعمال نمـود. بـراي محاسـبه خطا با استفاده از تفريق فازي، فرايند تکرار زمانی متوقف می‌شود که خطا در يک بازه قابل قبول نزديک بـه صـفر قرار گيرد. الگوريتم يادگيري مبتنی بر يک قاعده دلتاي فازي‌شده خواهد بود. البته، کاربردهاي بالقوه شبکه عصبی نوع سوم محدود خواهد بود اگر روش‌شناسی تحقيق مقيد به شبکه عصبی فازي مـنظم باشـد. نمونـه‌اي از شـبکه عصبی هيبريدي حالت سوم در نوشته‌هاي باکلی و هاياشی[6] مشاهده می‌شود.

1. Ishibuchi et al., 1992a, b
2. Training Instance
3. Interval Arithmetic
4. Modified Delta Rule
5. Training Instance
6. Buckley and Hayashi, 1994a

شکل 4. شبکه عصبی فازي حالت سوم



ادبیات موجود در این زمینه عمدتاً بر مشخص کردن قابلیت‌هاي مدل‌سازي شبکه عصبی فازي و تغییرات در معماري یا عملگرهاي داخلی متمرکز شده‌اند تا شبکه عصبی فازي را به‌عنوان تقریب‌زن کلی معرفی کنند. فیورینگ و همکاران[1] از روش مبتنی بر انتشار پس‌نگر براي تعدیل وزن‌ها استفاده کردند و جیائو و همکاران[2] بر مسائلی متمرکز شدند که در آنها ورودي قطعی[3] بوده و هدف فازي است.

2-2. نرخ یادگیري و ضرایب یکنواخت‌گر

منطق فازي علاوه بر اصلاح ورودي‌ها و وزن‌هاي یک شبکه عصبی، می‌تواند پارامترهاي شبکه عصبی را پایش و کنترل نماید. فرض کنید وزن‌ها براساس فرمول زیر تغییر می‌کنند:

$$\Delta w(t) = -\eta \nabla E[w(t)] + \alpha \Delta w(t-1) \qquad (2)$$

- $\Delta w(t)$: نشانگر تغییر در وزن؛
- η : نرخ یادگیري؛
- $E[w(t)]$ نشانگر تابع خطا در طول تکرار اُام؛
- ∇E: شیب E در فضاي وزن؛
- α: نشانگر ضریب یکنواخت‌گر.

کیو و همکاران[4] و بونیسون[5] نرخ یادگیري و ضریب یکنواخت‌گر را با استفاده از تابع عضویت کل خطاي آموزش و تغییر در خطاي میان دو تکرار متوالی اصلاح نمودند. در حالت استفاده از تابع عضویت، کل بحث

1. Feuring et al., 1998
2. Jiao et al., 1999
3. Crisp
4. Kuo et al., 1993
5. Bonissone, 1998

می‌تواند اندك، متوسط یا زیاد باشد، درحالی‌که در حالت استفاده از تغییر در خطاي میـان دو تکـرار متـوالی، کـل بحث می‌تواند منفی، صفر یا مثبت باشد. در جدول 2 نمونه‌اي از ماتریس قواعد فازي نشان داده شده است.

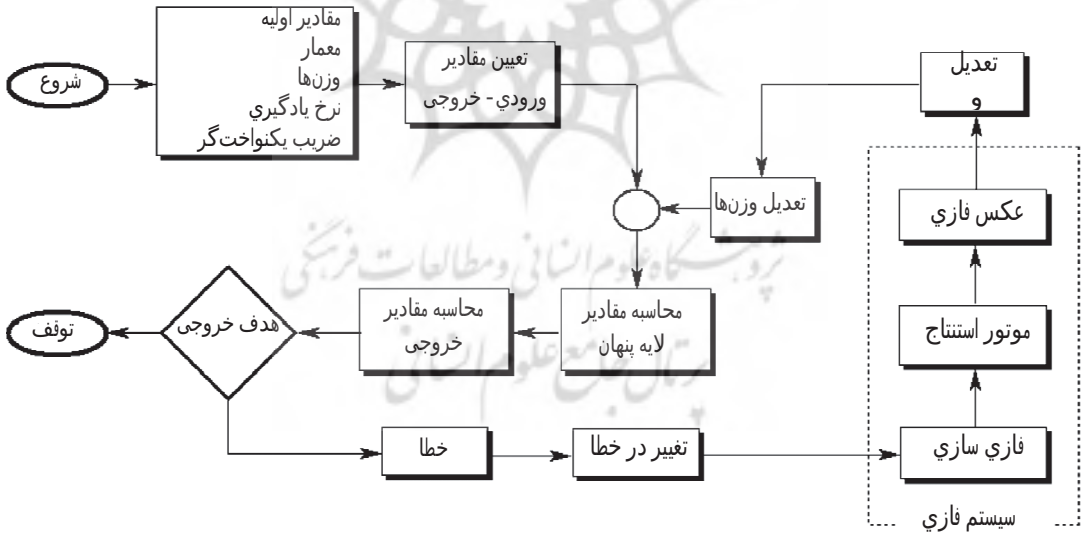
جدول 2. قواعد فازي براي نرخ یادگیري (η) و ضریب یکنواخت‌گر (α)

تغییر در خطا	خطاي آموزش		
	اندك	متوسط	زیاد
منفی	افزایش بسیار اندك	افزایش بسیار اندك	افزایش اندك
صفر	بدون تغییر	بدون تغییر	افزایش اندك
مثبت	کاهش اندك	کاهش متوسط	کاهش زیاد

حتی با چنین قواعد فازي ساده‌اي، زمان آموزش به‌طـور قابـل تـوجهی کـاهش خواهـد یافـت (Bonissone, 1998). با فرایند مشابهی می‌توان پارامتر سرعتی[1] تابع فعال‌سازي را پایش و کنترل کرد، مگر اینکه تغییـرات خطـا به‌وسیله زمان آموزش که به‌صورت اندك، متوسط و زیاد تقسیم‌بندي شده است، جایگزین شود.

براساس منطق فازي جدول 2، مدل عصبی- فازي به‌صورت شکل 5 قابل طراحی است:

شکل 5. سیستم عصبی- فازي



در شکل 5 کل سیستم از دو بخش تشکیل شده است: مؤلفه شبکه عصبی و سیستم فـازي. شـبکه عـصبی بـا توجه به مقدار اولیه و مقادیر ورودي و هدف، مقادیر مؤلفه لایه پنهـان را محاسـبه و مقـادیر خروجـی را تخمـین می‌زند. سپس عملکرد سیستم ارزیابی شده و چنانچه خروجی به‌اندازه کافی نزدیک به مقدار هدف نباشد، خطـا و میزان تغییر خطا به سیستم فازي وارد می‌شود. سیستم فازي براساس قواعد فازي جدول 2، تغییرات لازم در نـرخ

1. Steepness Parameter

اگر تابع فعال‌سازي به‌صورت $(1+\exp\{-\frac{z\beta}{2}\})^{-1}$ تعریف شده باشد، β همان پارامتر سرعتی است.

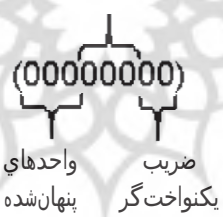
یادگیري و ضریب یکنواخت‌گر را تعیین می‌کند. چنانچه سیستم فازي از رویکـرد ممـدانی[1] اسـتفاده کنـد، نتـایج موتور استنتاج از شکل فازي به قطعی تبدیل شده و در صورت نیاز براي تعدیل نـرخ یـادگیري و میـزان ضـریب به‌کارمی‌روند. پس از آن، از سیستم انتشار پس‌نگر براي تعدیل ماتریس وزن‌ها استفاده شده و فرایند ادامه می‌یابد.

3. تولید شبکه‌هاي عصبی با استفاده از الگوریتم ژنتیک

روش‌هاي استفاده از الگوریتم ژنتیک براي بهبود عملکرد شبکه‌هاي عـصبی نخـستین بـار در مقالـه مونتانـا و دیویس[2] مطرح شد. این روش‌ها عبارت‌اند از: توسعه معماري، شامل تعداد لایه‌هاي پنهان، تعداد گره‌هاي هر لایـه و اتصالات؛ بهینه‌سازي وزن‌ها براي یک معماري مشخص و سپس جـایگزین‌کـردن انتـشار پـس‌نگـر؛ و انتخـاب پارامترهاي شبکه عصبی نظیر نرخ یادگیري و ضرایب یکنواخت‌گر. البتـه بایـد توجـه داشـت کـه الگـوریتم یـک ارگودیک[3] نبوده و براي پوشش کاراي فضا طراحی نشده است.

پارك[4] فرایند عمومی اجراي الگوریتم ژنتیک را در مطالعه ورشکستگی شرکت‌هاي بیمه مورد استفاده قرار داد. وي از الگوریتم ژنتیک براي پیشنهاد ساختار بهینه شبکه عصبی استفاده نمود. در شکل 6، هشت رقم تولیـد شـده توسط الگوریتم ژنتیک نشان داده شده است: سه رقم اول، عدد واحدهاي پنهان‌شده را تعیـین مـی‌کنـد؛ سـه رقـم بعدي، نرخ یادگیري را تعیین می‌کند و دو رقم آخر، ضریب یکنواخت‌گر را تعیین می‌نماید.

شکل 6. کد ژنتیک



مقادیر مربوط به کروموزوم باینارى در مطالعه پارك در جدول 3 نشان داده شده است. بنابراین، به‌عنـوان‌مثـال اگر ارقام باینارى تولید شده به‌صورت (00100100) باشد، تعداد واحـدهاي پنهـان‌شـده 3، نـرخ یـادگیري 0/3 و ضریب یکنواخت‌گر 0/1 خواهد بود.

جدول 3. مقادیر مربوط به کروموزوم

سه رقم اول	000	001	010	011	100	101	110	111
سلول‌هاي پنهان‌شده	2	3	4	5	6	7	8	9
سه رقم دوم	000	001	010	011	100	101	110	111
نرخ یادگیري	0/1	0/3	0/5	0/7	0/9	1/1	1/3	1/5
دو رقم آخر	00	01	10	11				
ضریب یکنواخت‌گر	0/1	0/3	0/5	0/7				

1. Mamdani Approach
2. Montana and Davis, 1989
3. Ergodic
4. Park, 1993

اجراي فرايند كاملاً مشخص است. يک پاسخ از جمعيت الگوريتم ژنتيک، نظير (00100100) براي ساختن شبکه‌اي مورد استفاده قرار مي‌گيرد که توسط روش انتشار پس‌نگر و با استفاده از مجموعه‌اي از مشاهدات آموزش داده مي‌شود. سپس شبکه توسط مجموعه‌اي از مشاهدات آزمون[1] مورد آزمون قرار گرفته و خروجي آن براي تعيين برازش شبکه به‌کارمي‌رود. در اين ترکيب، تابع برازش اغلب به اين شکل است:

$(MSE+c)^{-1}$

که در آن MSE بيانگر مجموع مربعات خطاي[2] خروجي و c يک عدد مثبت کوچک براي اجتناب از تطابق بيش از حد حسابي[3] است. اين فرايند براي هر راه حل در جمعيت الگوريتم ژنتيک تکرار مي‌شود.

در مطالعات شبکه عصبي از انتشار پس‌نگر به‌عنوان الگوريتم تنظيم استفاده مي‌شود. البته اين رويکرد زماني کاراست که سطح خطا محدب باشد. اگر سطح خطا چند وجهي[4] باشد، اين روش مي‌تواند به يک مينيمم موضعي[5] زيربهينه منجر شود. اين مشکل را مي‌توان با تکرار جستجو و شرايط اوليه متفاوت يا تغيير وزن‌ها حل کرد.

البته الگوريتم ژنتيک با وجود جستجوي کلي مؤثر و جداسازي سريع يک مينيمم کلي[6]، خالي از اشکال نبوده و در يافتن مينيمم واقعي، ناکارا عمل مي‌کند. در رويکرد ترکيبي کيتانو[7] از الگوريتم ژنتيک براي جداسازي مينيمم کلي و از انتشار پس‌نگر براي جستجوي موضعي استفاده شد. اگر الگوريتم ژنتيک بدون انتشار پس‌نگر مورد استفاده قرار گيرد، به يک مينيمم موضعي خواهد رسيد. قابل توجه است که باخيت[8] به‌جاي استفاده از ساختار پيشنهادي توسط بهينه‌گر ژنتيک، ساختار شبکه عصبي را بهينه‌سازي کرد و به راه حل بهتري دست يافت.

4. سيستم‌هاي استنتاج فازي تنظيم‌شده توسط الگوريتم ژنتيک

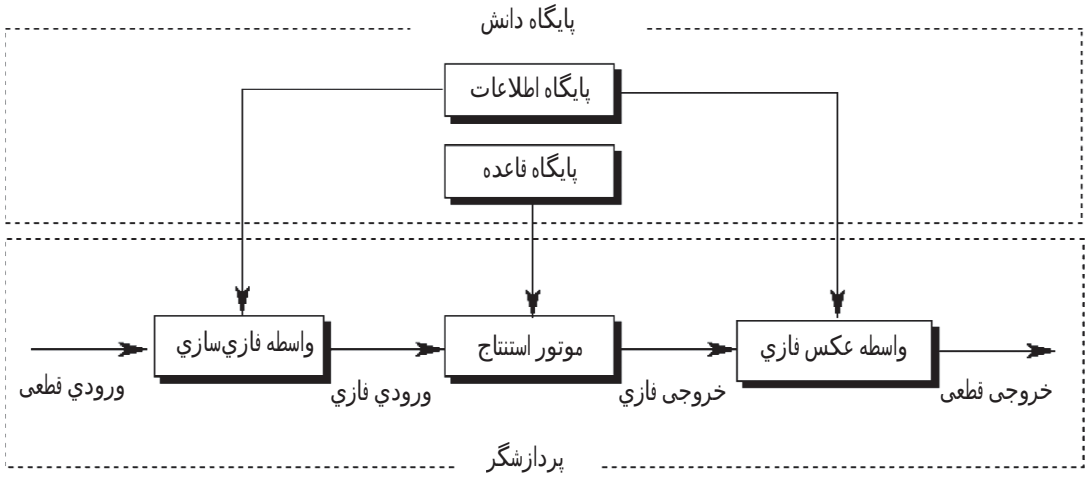
سيستم استنتاج فازي[9] يک روش‌شناسي متداول براي اجراي منطق فازي است. اساس اين سيستم در شکل 7 نشان داده شده است.

سيستم استنتاج فازي از يک پايگاه دانش[10] و مرحله پردازش[11] تشکيل شده است. پايگاه دانش، توابع عضويت و قواعد فازي مورد نياز فرايند را فراهم مي‌سازد. در مرحله پردازش، متغيرهاي عددي قطعي ورودي‌هاي سيستم بوده و از مرحله فازي‌سازي گذشته و به متغيرهاي زباني[12] تبديل مي‌شوند و به‌عنوان ورودي فازي موتور استنتاج عمل مي‌کنند. اين ورودي فازي توسط قواعد موتور استنتاج به خروجي فازي تبديل مي‌شود و در مرحله بعد اين نتايج زباني به مقادير عددي تبديل شده و خروجي سيستم را تشکيل مي‌دهند.

---

1. Test Set of Observations
2. Mean Square Error (MSE)
3. Arithmetic Overflows
4. Multimodal
5. Local
6. Global
7. Kitano, 1990
8. Bakheet, 1995
9. Fuzzy Inference System (FIS)
10. Knowledge Base
11. Processing Stage
12. Linguistic Variables

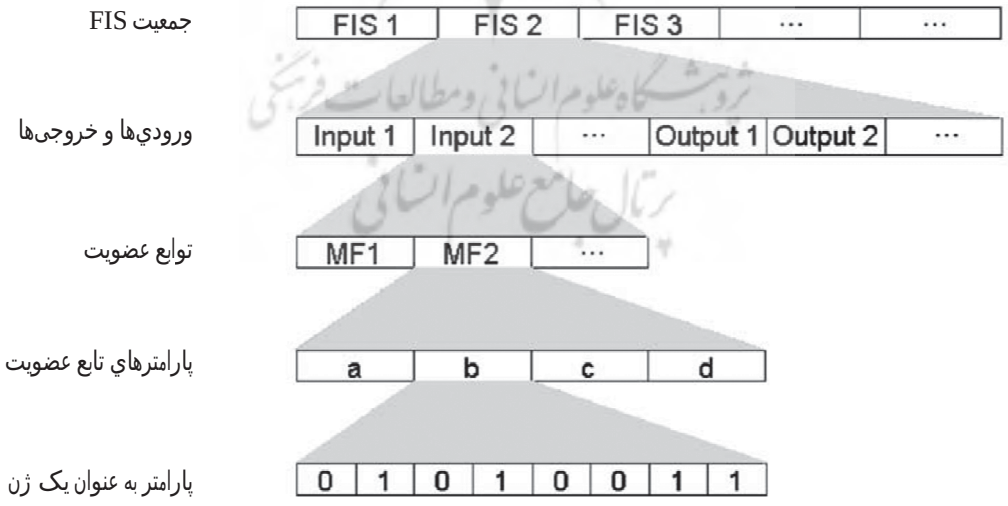
شکل 7. سیستم استنتاج فازي



الگوریتم ژنتیک به‌وسیله تطبیق توابع عضویت فازي یا تسهیل یادگیري قواعد فازي اگر- آنگاه[1]، سیستم‌هاي فازي را کنترل می‌کند. مزیت الگوریتم ژنتیک آن است که از عملیات ساده‌اي براي فراهم‌کردن روش‌هاي قوي طراحی و کنترل اتوماتیک پارامترهاي سیستم فازي استفاده می‌کند.

جانگ و همکاران[2] یک ساختار سلسله مراتبی بخش ورودي و خروجی الگوریتم ژنتیک کنترل‌کننده سیستم استنتاج فازي معرفی کردند که در شکل 8 نشان داده شده است.

شکل 8. بیان سلسله مراتبی الگوریتم ژنتیک به‌عنوان بخش ورودي و خروجی یک سیستم استنتاج فازي



ملاحظه می‌شود که الگوریتم ژنتیک مبتنی بر جمعیتی از سیستم‌هاي استنتاج فازي است. هر سیستم استنتاج فازي، ورودي و خروجی‌هایی دارد که بخش فازي آنها توسط توابع عضویت بیان می‌شود. توابع عضویت از نوع

1. If-Then
2. Jang et al., 1997

ذوزنقه‌اي بوده و چهار پارامتر دارد که از توابع عضويت مثلثی و گوسی نيز می‌توان استفاده کـرد. در نهايـت، هـر پارامتر توسط يک واحد هشت بيتی[1] به‌نام ژن[2] بيان می‌شود.

علاوه بـر بخـش ورودي و خروجـی کرومـوزوم، يـک زيـربخش[3] پايگـاه قواعـد[4] و يـک زيـربخش قواعـد حاصل‌شده[5] وجود دارد.

شکل 9. زيربخش‌هاي پايگاه قواعد و قواعد حاصل‌شده

در شکل 9، x_iها (i=1,…,N) و y متغيرهاي ورودي و خروجی و M تعـداد قواعـد اسـت. زيـربخش پايگـاه قواعد که از مقادير صحيح[6] ساخته شده است، ساختار هر قاعده را به‌صورت رمز نوشته و بـه هـر تـابع عـضويت يک عدد اختصاص می‌دهد. عدد صفر به معناي آن است که متغير ورودي در قاعده وارد نـشده اسـت. زيـربخش قواعد حاصل‌شده نيز توضيح مشابهی دارد، با اين تفاوت که عدد صفر به معنـاي آن اسـت کـه قاعـده مـذبور از پايگاه قواعد سيستم استنتاج فازي حذف شده است. استفاده از رقم صفر، تغيير پوياي تعداد متغيرهـاي ورودي در هر قاعده و تعداد قواعد در طول جستجوي الگوريتم ژنتيک را امکان‌پذير می‌سازد.

در اين قسمت به تعريف برخی عبارات نظيـر فـاکتور مقيـاس‌بنـدي[7]، مجموعـه روابـط[8] و مجموعـه قـوانين[9] خواهيم پرداخت: فاکتور مقياس‌بندي، دامنه ارزش متغيرهاي وضعيت[10] و خروجـی را تعيـين مـی‌کنـد؛ مجموعـه روابط، تابع عضويت مربوط به ارزش هـر متغيـر وضـعيت و خروجـی را تعريـف مـی‌کنـد؛ و مجموعـه قواعـد، مشخص‌کننده يک نگاشت ترکيبی[11] از يک وضعيت به يک خروجی می‌باشد. ساختار مدل پايـه، همـان مجموعـه قواعد است، درحالی‌که پارامترهاي مدل، تشکيل‌دهنـده فاکتورهـاي مقيـاس‌بنـدي و مجموعـه روابـط مـی‌باشـند (Bonissone et al., 1999).

---

1. Bits
2. Gene
3. Substring
4. Rule Base
5. Rule Consequence
6. Integer Values
7. Scaling Factor
8. Termset
9. Ruleset
10. State Variables
11. Syntactic Mapping

یک رویکرد پایه‌اي براي تنظیم سیستم استنتاج فازي با استفاده از الگوریتم ژنتیک، استفاده از الگوریتم ژنتیک براي یادگیري مجموعه توابع عضویت فازي به‌کمک مجموعه ثابتی از قواعد است. کار[1] از یک الگوریتم ژنتیک براي اصلاح توابع عضویت در مجموعه روابط متغیرها بهره گرفت. او از یک رمزگذاري باینـاري بـراي بیـان پارامترها و تعریف مقدار عضویت در هر مجموعه روابط و سپس پیوند دادن مجموعه‌هاي روابط براي تولید کروموزوم باینـاري استفاده نمود.

لی و تاکاجی[2] براي تنظیم پایگاه قواعد و مجموعه روابط، از توابع عضویت مثلثی و یک رمزگذار باینـاري استفاده کردند. براساس قاعده تاکاجی- سوگنو- کانگ[3]، یک چندجمله‌اي درجه اول در فضاي وضعیت تعریف می‌شود که خروجی هر قاعده در مجموعه قواعد بوده و کروموزوم‌ها از پیوند توزیع‌هاي عضویت با ضرایب چندجمله‌اي ساخته می‌شوند.

5. سیستم‌هاي استنتاج فازي تنظیم شده توسط یک شبکه عصبی

نخستین بار لی و لی[4] ترکیب منطق فازي و شبکه عصبی با استفاده از یک شبکه عصبی نمونه با چند ورودي و چند خروجی را پیشنهاد کردند. اکثر مطالعاتی که پس از آن صورت گرفت، تغییراتی در نمونه اولیه داده و سیستم عصبی فازي را به‌عنوان یک شبکه عصبی فراهم‌آورنده پیش‌نگر چند لایه‌اي معرفی نمودند. سایر مطالعات، فرایند را به‌عنوان ترکیب علت‌یابی و استنتاج فازي در یک شبکه اتصال‌دهنده[5] تفسیر کردند.

در رویکرد متداول (He et al., 1999)، شبکه عصبی با توجه به یک مجموعه قواعد از پیش تعریف شده، توابع عضویت را کنترل کرده یا اینکه به‌صورت خودگردان قواعد را تولید می‌کند.

در سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی[6] (Jang, 1993)، از قاعده تاکاجی- سوگنو- کانگ استفاده می‌شود و ترکیب وزنی خطی ورودي‌هاي قطعی، قاعده حاصل‌شده فازي را تشکیل می‌دهد. در یک مدل درجه اول تاکاجی- سوگنو- کانگ، مجموعه قواعد با n قاعده فازي اگر- آنگاه چنین تعریف می‌شود:

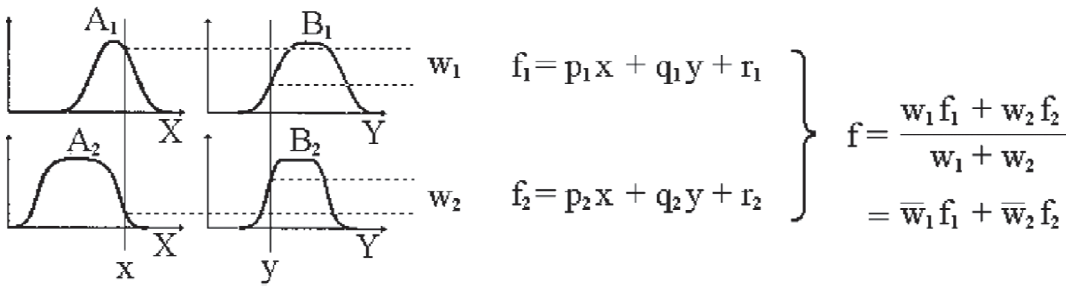
اگر x برابر با A_i و y برابر با B_i باشد، آنگاه $f_i=p_ix+q_iy+r_i$, i=1,…,n.

- x و y: متغیرهاي زبانی ورودي؛
- A_i و B_i: مجموعه‌هاي فازي مربوطه، f_i خروجی هر قاعده؛
- p_i، q_i و r_i: پارامترهاي خطی.

نمودار 1 نمونه ساده‌اي از این سیستم با دو ورودي و یک خروجی آورده شده است.

1. Karr, 1991a, b
2. Lee and Takagi, 1993b
3. Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Rule
4. Lee and Lee, 1974
5. Connectionist Network
6. Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)

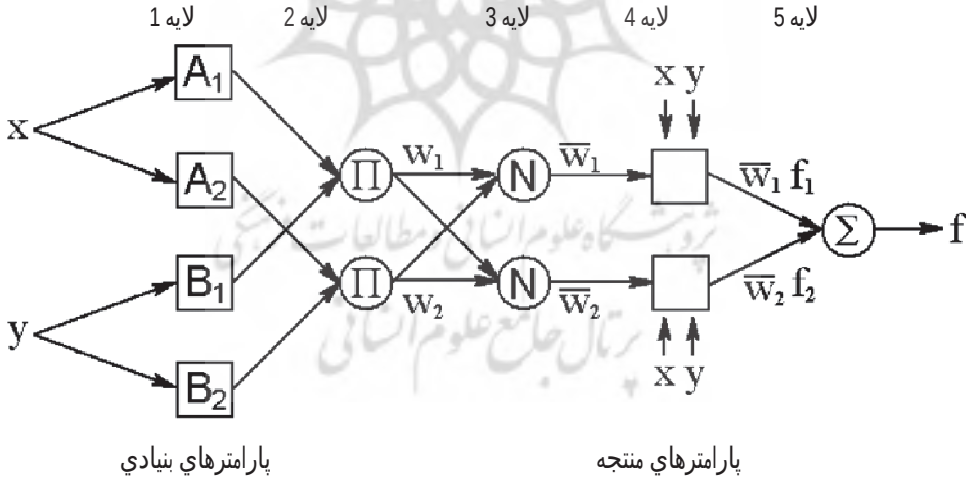
نمودار 1. سیستم استنتاج فازي از نوع تاکاجی- سوگنو- کانگ



در مرحله اول، درجه عضویت بخش IF (اگر) از قواعد باید مشخص شود که در نمودار 1 توسط ارتفاع خطوط خط‌چین بیان می‌گردد. سپس با توجه به اینکه شرایط اولیه در بخش IF توسط عملگر AND به‌هم متصل می‌شوند، قدرت هر قاعده با استفاده از عملگر ضرب تقویت می‌شود. به‌عنوان‌مثال، قدرت قاعده اول، w_1، برابر با حاصل‌ضرب ارتفاع دو خط چین بالاست. با توجه به مقادیر w_1 و w_2، خروجی به‌عنوان یک میانگین وزنی محاسبه می‌شود.

جانگ[1] عملکرد سیستم فوق را معادل سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی شکل 10 می‌داند.

شکل 10. سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی با دو ورودي و دو قاعده



در شکل 10، گره‌هاي مربعی، همان گره‌هاي انطباق‌یافته بوده و پارامتر دارند، درحالی‌که گره‌هاي دایره‌اي ثابت بوده و پارامتر ندارند. همچنین، اتصالات[2] تنها نشانگر جهت جریان سیگنال‌ها بین گره‌ها بوده و برخلاف شبکه عصبی منظم، وزنی براي آنها تعیین نمی‌شود. پنج لایه به‌صورت زیر مشخص می‌شوند:

لایه اول، به‌عنوان "پارامترهاي بنیادي[1]"، داراي گره‌هاي انطباقی بوده و A_jها و B_jها نمادهاي زبانی (نظیر اندك یا زیاد) هستند. خروجی لایه، درجه عضویت و مشخص‌کننده درجه کمی ورودي است.

1. Jang, 1993
2. Links

لایه دوم، که گره‌هاي ثابت آن با Π مشخص شده‌اند، سیگنال‌هاي وارد شونده را تکثیر کرده و به‌عنوان خروجی ارسال می‌کند. هر عملگر تی- نرم که براساس عملگر AND تعمیم‌یافته عمل می‌کند، می‌تواند به‌عنوان یک تابع گره‌اي در این لایه مورد استفاده قرار گیرد.

لایه سوم، گره ثابت N است که براي نرمال‌سازي به‌کاررفته و وزن نسبی قدرت اُمین قاعده را محاسبه می‌کند. خروجی این لایه را قدرت نرمالیزه شده[2] می‌نامند: $w_i/\Sigma w_j$

لایه چهارم، به‌عنوان "پارامترهاي حاصل‌شده[3]"، قواعد اگر- آنگاه فازي درجه اول تاکاجی- سوگنو- کانگ را به خروجی لایه سوم اعمال می‌کند. خروجی گره اُام این لایه برابر است با: $f_i w_i/\Sigma w_j$

لایه پنجم، گره ثابتی است که با نماد Σ نشان داده شده و خروجی کل را به‌عنوان مجموع همه سیگنال‌هاي ورودي به این صورت محاسبه می‌کند: $\Sigma f_i w_i/\Sigma w_j$

بونیسون[4] رویکرد جانگ را فرایند بهینه‌یابی "دو حرکتی[5]" می‌نامد. در طول حرکت به‌جلو، مجموعه روابط لایه اول مقدار تکرار قبلی خود را یکسان می‌سازند و ضرایب لایه چهارم با استفاده از روش حداقل میانگین مربعات محاسبه می‌شوند. پس از آن، سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی، یک خروجی محاسبه می‌کند که در مقایسه با مقدار مجموعه آموزش مربوطه، میزان خطا را مشخص می‌کند. سپس اطلاعات شیب خطا در حرکت به‌سمت عقب، بخش‌هاي لایه اول را اصلاح می‌کنند. این فرایند تا زمان حصول به هم‌گرایی ادامه می‌یابد.

میزوتانی[6] مدل تک خروجی سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی را با استفاده از قواعد فازي غیر خطی به مدل چند خروجی سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی توسیع داد. جانگ و لین[7] یک شبکه استنتاج فازي عصبی خودساخت را توسعه دادند که ذاتاً یک مدل مبتنی بر قاعده فازي از نوع تاکاجی- سوگنو- کانگ با قابلیت یادگیري شبکه عصبی است. عبدالرحیم و یاحقی[8] از روش‌شناسی مؤلفه اصلی براي ناهم‌بسته کردن و حذف افزونگی از دامنه ورودي یا سیستم استنتاج فازي عصبی انطباقی استفاده نمودند.

6. الگوریتم ژنتیک کنترل‌شده توسط منطق فازي

محدودیت اصلی الگوریتم ژنتیک، پتانسیل آن براي هم‌گرایی نابهنگام به یک راه‌حل نامناسب است. اگرچه الگوریتم ژنتیک در جستجوي کلی در فضاي راه‌حل، بسیار کارا عمل می‌کند، اما در زمان جستجوي موضعی، ناکارا ظاهر می‌شود. براي حل این مشکل محققان پارامترهاي الگوریتم ژنتیک را پایدار درنظرمی‌گرفتند تا اینکه رویکرد تطبیقی معرفی شد.

منطق فازي یکی از گزینه‌هاي طبیعی براي حل این مشکل بود، زیرا قابلیت ترجمه اطلاعات کیفی مسئله به مجموعه قواعد قابل اجرا را دارد. منطق فازي می‌تواند در گذار از جستجوي کلی به جستجوي موضعی بر منابع

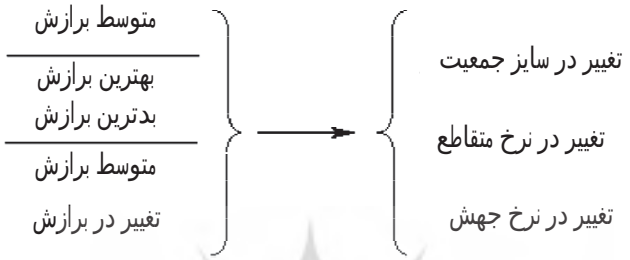
---

1. Premise Parameters
2. Normalized Firing Strength
3. Consequence Parameters
4. Bonissone, 1999
5. “Two-Stroke” Optimization Process
6. Mizutani, 1997
7. Jaund and Lin, 1999
8. Abdelrahim and Yahagi, 2001

الگوريتم ژنتيک (نظير سايز جمعيت، فشار انتخاب[1] و احتمال هم‌گذري و تغيير[2]) کنتـرل پويـا داشـته و عملکـرد منطق فازي را بهبود ببخشد.

لی و تاکاگی[3] فرايند کنترل زمان اجرا با استفاده از سيستم فازي با سه متغير ورودي را توضيح داده و وضعيت جاري تغييرات الگوريتم ژنتيک براي توليد سه خروجی را تعيين کردند. همچنين آنها يک محدوديت تغيير نـسبی بر متغيرهاي خروجی و شرايط مرزي اعمال نمودند (شکل 11).

شکل 12. نمونه متغيرهاي ورودي- خروجی



بنابراين، يک طرح کنترل فازي نوعی می‌تواند دربرگيرنده قواعد زير باشد:

- اگر (ميانگين برازش/خوبی برازش) بزرگ باشد، آنگاه سايز جمعيت بايد افزايش يابد،
- اگر (بدي برازش/ميانگين برازش) کوچک باشد، آنگاه سايز جمعيت بايد کاهش يابد.

اين قواعد با استفاده از ماتريسی از قواعد فازي، نظير جدول 2، اجرا می‌شوند.

7. سيستم‌هاي عصبی- فازي- ژنتيک

با توجه به نکات مطرح‌شده در قسمت‌هاي قبل، برخی متدولوژي‌ها هر سه تکنيک شبکه عصبی، منطق فـازي و الگوريتم ژنتيک را ترکيب کرده‌اند. البته پيچيدگی مضاعف اين ترکيب می‌تواند مسائل جديـدي را ايجـاد کنـد: تنظيم تعداد زيادي پارامتر و افزايش در زمان لازم براي يادگيري قواعد. حل اين مسائل نيازمند تحقيقات مؤثرتري است. به‌عنوان‌مثال، به‌جاي توابع عضويت سه (مثلثی) يا چهار (ذوزنقه‌اي) پارامتري مـی‌تـوان از توابـع عـضويت گوسی براي توسعه سلسله جستجوهاي مؤثرتر استفاده کرده و نرخ احتمال هم‌گـذري و تغييـر پويـا را وارد کـرد. علاوه براين، مراحل طراحی تکميل‌شده نبايد مستقل بوده و اگر طرح جديد مقيد بـه فـضاي جـستجوي محـدود باشد، ممکن است منجر به راه‌حل‌هاي زيربهينه يا نسبتاً بهينه شـود. دراين‌صـورت، بايـد در کنـار سـاير شـرايط بهينه‌يابی هم‌زمان اجرا شود.

سنگ و همکاران[4] يک کنترل‌کننده عصبی- فازي مبتنی بر شبکه عصبی با توابع پايه شعاعی از نوع گوسـی را پيشنهاد کردند که کليه پارامترهاي آن به‌طور هم‌زمان توسـط يـک الگـوريتم ژنتيـک کنتـرل مـی‌شـوند. دوارت و تومی[5] يک شبکه کنترل يادگيري تطبقی فازي توسعه دادند که در آن از الگوريتم ژنتيک براي پيدا کـردن اتـصالات

1. Selection Pressure
2. Probabilities of Crossover and Mutation
3. Lee and Takagi, 1993a
4. Seng et al., 1999
5. Duarte and Tome, 2000

بین لایه‌هاي شبکه عصبی و مقادیر پارامتر گره‌ها استفاده می‌شود. کیو و همکاران[1] یک شبکه عصبی فـازي مبتنـی بر الگوریتم ژنتیک توسعه دادند که در آن ابتدا از الگوریتم ژنتیک براي رسیدن به یک راه حل حدسـی و اجتنـاب از مینیمم موضعی استفاده می‌شود و سپس شبکه عصبی فازي، نتایج را کنترل می‌کند. هوانگ و همکاران[2] ترکیبی از الگوریتم ژنتیک- فازي- شبکه عصبی پیشنهاد نمودند که در آن از شبکه عصبی براي تولید قواعد فازي و توابع عضویت استفاده می‌شود و الگوریتم ژنتیک، پارامترهاي عملگر معکوس فازي‌سازي[3] را بهینه‌یابی می‌کند.

8. نتیجه‌گیري

هدف از این مقاله، معرفی روش‌هاي هـم‌افزایـی شـبکه عـصبی، منطـق فـازي و الگـوریتم ژنتیـک و بررسـی مطالعاتی است که با ترکیب این سه تکنیک به توسعه سیستم‌هاي هیبریدي منجر شده‌اند.

ملاحظه شد که ترکیب تکنیک‌ها جایگزینی براي سیستم علت‌یابی مبتنی بـر اطلاعـات یـا سیـستم مبتنـی بـر داده‌هاي صرف بوده و تکنیک‌هاي ترکیبی نسبت به یک تکنیک منفرد به راه حل دقیق‌تر و قوي‌تر منجر مـی‌شـود. علاوه براین، ازآنجاکه این تکنیک‌ها به حل یک مسئله به‌صورت مـوازي نپرداختـه و آن را از طریـق یـک فراینـد متقابل مکمل حل می‌کنند، از اطناب نیز جلوگیري می‌شود.

برخی مطالعات بیمه‌اي از هم‌افزایی تکنیک‌هاي ذکرشده بهـره بـرده‌انـد. بـه‌عنـوان‌مثـال، در ایـن مطالعـات از سیگنال‌ها و وزن‌هاي فازي استفاده شده است. بسیاري از مطالعاتی که از متغیرهاي ورودي زبانی (که توسط توابع عضویت قطعی بیان می‌شوند)، استفاده کرده‌اند، می‌توانند با استفاده از شبکه عصبی فازي باکلی و هایاشی[4] توسیع یابند. زمانی که محققان از الگوریتم ژنتیک براي انتخاب پارامترهاي شبکه عصبی نظیـر نـرخ یـادگیري و ضـریب یکنواخت‌گر استفاده می‌کنند، رویکرد مورد استفاده از نوع ایستاست. نتایج این رویکرد را می‌توان با نتایج حاصـل از رویکرد قواعد فازي پویا مقایسه کرد.

براي توسعه استفاده از سیستم‌هاي ترکیبی می‌توان از الگوریتم ژنتیک براي تنظیم سیستم‌هـاي فـازي از طریـق تطبیق توابع عضویت فازي یا قواعد یادگیري فازي اگر- آنگاه استفاده کرد. الگوریتم ژنتیک به‌همراه مجموعـه‌اي از قواعد ثابت براي یادگیري توابع عضویت مجموعه فازي به‌کارمی‌رود. علاوه‌بـراین، از شـبکه عـصبی مـی‌تـوان براي کنترل سیستم استنتاج فازي استفاده نمود.

مسئله دیگري که باید مورد توجه قرار گیرد، تمایل الگوریتم ژنتیک به همگراشـدن بـا یـک راه حـل حدسـی است. باید بررسی کرد که آیا یک روش‌شناسی نظیر لی و تاکاگی[5] مـی‌توانـد نتـایج مطالعـات بیمـه‌اي مبتنـی بـر الگوریتم ژنتیک را بهبود بخشد.

عدم دقت، نااطمینانی و صحت نسبی از ویژگی‌هاي بسیاري از مسائل اکچـوئرال و بیمـه‌اي اسـت. ازآنجـاکـه شبکه عصبی، منطق فازي و الگوریتم ژنتیک می‌توانند به حل این مسائل کمک کنند، اجراي این تکنیک‌ها در ایـن حوزه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. اگر با مزایا و معایب و ویژگی‌هاي ایـن تکنیـک‌هـا بـه‌خـوبی آشـنا شـویم، می‌توان آنها را در روش‌شناسی اکچوئرال به‌خوبی مورد استفاده قرار داد.

---

1. Kuo et al., 2001
2. Huang et al., 2001
3. Defuzzification Operator Parameters
4. Buckley and Hayashi, 1994
5. Lee and Takagi, 1993a

منابع

1. Abdelrahim, E.M. and Yahagi, T., 2001. A new transformed input-domain ANFIS for highly nonlinear system modeling and prediction. *Proceedings of the Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, 1, pp. 655–60.

2. Anders, U., 1996. Statistical model building for neural networks, *Proceedings of the Sixth AFIR Colloqu.*

3. Bakheet, M.T., 1995. *Contractors risk assessment system (surety, insurance, bonds, construction, underwriting).* Ph.D. Dissertation. Georgia Institute of Technology.

4. Boissonnade, A.C., 1984. *Earthquake damage and iInsurance risk*. Ph.D. Dissertation. Stanford University.

5. Bonissone, P.P., 1998. Soft computing applications: The advent of hybrid systems, Bosacchi, B., Fogel, D.B., Bezdek, J.C. (Eds.), *Applications and Science of Neural Networks, Fuzzy Systems, and Evolutionary Computation, Proceedings of the SPIE*, 3455, pp. 63–78.

6. Bonissone, P.P., 1999. *Hybrid soft computing systems: Where are we going*, Working Paper. GE Corporate Research and Development.

7. Bonissone, P.P., Chen, Y., Goebel, K. and Khedkar, P.S., 1999. Hybrid soft computing systems: Industrial and commercial applications. *Proceedings of the IEEE*, 87 (9), pp. 1641– 67.

8. Brockett, P.L., Cooper, W.W., Golden, L.L. and Pitaktong, U., 1994. A neural network method for obtaining an early warning of insurer insolvency. *Journal of Risk and Insurance*, 61 (3), p. 402.

9. Brockett, P.L., Cooper, W.W., Golden, L.L. and Xia, X., 1997. A case study in applying neural networks to predicting insolvency for property and casualty insurers. *Journal of the Operational Research Society*, 48 (12), pp. 1153–62.

10. Brockett, P.L., Xia, X. and Derrig, R.A., 1998. Using Kohonen's self-organizing feature map to uncover automobile bodily injury claims fraud. *JRI* , 65 (2), pp.245–74.

11. Buckley, J.J. and Hayashi, Y., 1994a. *Fuzzy neural networks*. In: Yager, R.R., Zadeh, L.A. (Eds.), Fuzzy Sets, Neural Networks and Soft Computing, Van Nostrand Reinhold, New York, pp. 233–49.

12. Buckley, J.J. and Hayashi, U., 1994b. Hybrid fuzzy neural nets are universal approximators. *Proceedings of the Third IEEE Conference on Fuzzy Systems*, 1, pp. 238– 43.

13. Chang, C. and Wang, P., 1995. The matching of assets and liabilities with fuzzy mathematics. *Proceedings of the 25th International Congress of Actuaries*, p. 123.

14. Cox, E., 1995. *A fuzzy system for detecting anomalous behaviors in healthcare provider claims*. Goonatilake, S., Treleven, P. (Eds.), Intelligent Systems for Finance and Business, New York: Wiley.

15. Cummins, J.D. and Derrig, R.A., 1993. Fuzzy trends in property-liability insurance claim costs. *Journal of Risk and Insurance*, 60, pp. 429– 65.

16. Cummins, J.D. and Derrig, R.A., 1997. Fuzzy financial pricing of property-liability insurance. *North American Actuarial Journal*, 1 (4), p. 21.

17. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K., 1995. Fuzzy techniques of pattern recognition in risk and claim classification. *Journal of Risk and Insurance*, 62, pp. 447– 82.

18. Derrig, R.A. and Ostaszewski, K., 1997. Managing the tax liability of a property-liability insurance company. *Journal of Risk and Insurance*, 64, p. 694.

19. DeWit, G.W., 1982. Underwriting and uncertainty. *Insurance: Mathematics and Economics*, 1, pp. 277– 85.

20. Duarte, C. and Tomé, J.A.B., 2000. An evolutionary strategy for learning in fuzzy neural networks. *Proceedings of the 19th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society (NAFIPS)*, pp. 24–28.

21. Ebanks, B., Karwowski, W. and Ostaszewski, K., 1992. Application of measures of fuzziness to risk classification in insurance. *Computing and Information, Proceedings of the ICCI'92, Fourth International Conference*, pp. 290–1.

22. Erbach, D.W. and Seah, E., 1993. Discussion of the application of fuzzy sets to group health underwriting by V.R. Young. *Transactions of the Society of Actuaries*, 45, p. 585.

23. Feuring, T., Buckley, J.J. and Hayashi, Y., 1998. Adjusting fuzzy weights in fuzzy neural nets. *Proceedings of the Second International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems*, pp. 402– 6.

24. Frick, A., Herrmann, R., Kreidler, M., Narr, A. and Seese, D., 1996. Genetic-based trading rules- a new tool to beat the market with—first empirical results. *AFIR*, 2, pp. 997–1017.

25. Fullér, R., 1995. *Neural fuzzy systems*, Lecture Notes. Abo Akademi University.

26. Graupe, D. and Kordylewski, H., 1999. *A large-memory neural network for controlling unknown systems from exact and fuzzy observations*. In: Dagli, C.H., Buczak, A.L., Ghosh, J.,Embrechts, M.J., Ersoy, O. (Eds.), Smart Engineering System Design. ASME Press, New York, pp. 89–94.

27. Ham, F.M. and Kostanic, I., 2001. *Principles of neurocomputing for science and engineering*. New York: McGraw-Hill.

28. Hayashi, Y., Buckley, J.J. and Czogala, E., 1992. Direct fuzzification of neural network and fuzzified delta rule. *Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Logic Neural Networks (IIZUKA'92)*, Iizuka, Japan, July 17- 22, pp. 73–6.

29. Hayashi, Y., Buckley, J.J. and Czogala, E., 1993. Fuzzy neural network with fuzzy signals and weights. *International Journal of Intelligent Systems*, 8, pp. 527– 37.

30. He, L., Wang, K., Jin, H., Li, G. and Gao, X.Z., 1999. The combination and prospects of neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms. *Proceedings of the 1999 IEEE Midnight-Sun Workshop on Soft Computing Methods in Industrial Applications*. Kuusamo, Finland, June 16–18.

31. Hellman, A., 1995. A fuzzy expert system for evaluation of municipalities—an application. *Proceedings of the 25th TICA*, 1 ,pp. 159– 87.

32. Holland, J.H., 1975. *Adaptation in natural and artificial systems*. MIT Press, Cambridge: MA.

33. HorgbyHorgby, P., Lohse, R. and Sittaro, N., 1997. Fuzzy underwriting: An application of fuzzy logic to medical underwriting. *J. Actuarial Pract*, 5 (1), pp. 79–104.

34. Huang, C., Dorsey, R.E. and Boose, M.A., 1994. Life insurer financial distress prediction: A neural network model. *Journal of Insurance Regulation*, 13(2), pp. 131–67.

35. Huang, Y., Gedeon, T.D. and Wong, P.M., 2001. An integrated neuralfuzzy- genetic-algorithm using hyper-surface membership functions to predict permeability in petroleum reservoirs. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14, pp. 15– 21.

36. Ishibuchi, H., Fujioka, R. and Tanaka, H., 1992a. An architecture of neural networks for input vectors of fuzzy numbers. *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy System (FUZZ-IEEE 92)*, San Diego, March 8–12, pp. 1293– 300.

37. Ishibuchi, H., Okada, H. and Tanaka, H., 1992b. Interpolation of fuzzy if-then rules by neural networks. *Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Logic Neural Networks (IIZUKA'92)*, Iizuka, Japan, July 17–22, pp. 337– 40.

38. Ismael, M.B., 1999. *Prediction of mortality and in-hospital complications for acute myocardial infarction patients using artificial neural networks. Ph.D. Dissertation.* Duke University.

39. Jackson, A., 1997. Genetic algorithms for use in financial problems. *AFIR*, 2, pp. 481– 503.

40. Jang, J. S.R., 1993. ANFIS: adaptive-network-based fuzzy inference systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 23 (3), pp. 665– 85.

41. Jang, J., 1997. *Comparative analysis of statistical methods and neural networks for predicting life insurers' insolvency (bankruptcy).* Ph.D. Dissertation. University of Texas, Austin.

42. Jang, J. S.R., Sun, C.-T. and Mizutani, E., 1997. *Neuro-fuzzy and soft computing: A computational approach to learning and machine intelligence.* Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

43. Jiao, L.C., Liu, F., Wang, L. and Zhang, Y.N., 1999. *Fuzzy wavelet neural networks: Theory and applications*. Chen, G., Ying, M., Cai, K.-Y. (Eds.), Fuzzy Logic and Soft Computing. Boston: Kluwer Academic Publishers,.

44. Juang, C.F. and Lin, C. T., 1998. An online self constructing neural fuzzy inference network and its applications. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 6 (l), pp. 12–32.

45. Karr, C.L., 1991a. Genetic algorithms for fuzzy controllers. *AI Expert*, 6 (2), pp. 27–33.

46. Karr, C.L., 1991b. Design of an adaptive fuzzy logic controller using genetic algorithms. *Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithms (ICGA'91)*, San Diego: CA, USA, pp. 450– 56.

47. Karr, C.L., 1993. Fuzzy control of pH using genetic algorithms. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 1, pp. 46– 53.

48. Kim, J. and Pearl, J., 1983. A computational model for causal and diagnostic reasoning in inference engines. *Proceedings of the Eighth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, Karlsruhe, Germany.

49. Kitano, H., 1990. Empirical studies on the speed of convergence of neural network training using genetic algorithms. *Proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-90)*, 2, pp. 789- 95.

50. Kuo, R.J., Chen, Y.T., Cohen, P.H. and Kumara, S., 1993. Fast convergence of error back propagation algorithm through fuzzy modeling. *Intelligent Engineering Systems through Artificial Neural Net works*, pp. 239–44.

51. Kuo, R.J., Chen, C.H. and Hwang, Y.C., 2001. An intelligent stock trading decision support system through integration of genetic algorithm based fuzzy neural network and artificial neural network. *Fuzzy Sets and Systems*, 118 (1), pp. 21–45.

52. Lee, B. and Kim, M., 1999. Application of genetic algorithm to automobile insurance for selection of classification variables: the case of Korea. *Paper Presented at the 1999 Annual Meeting of the American Risk and Insurance Association*.

53. Lee, S.C. and Lee, E.T., 1974. Fuzzy sets and neural networks. *Journal of Cybernetics*, 4, pp. 83–103.

54. Lee, S.C. and Lee, E.T., 1975. Fuzzy neural networks. *Mathematical Biosciences*, 23, pp. 151–77.

55. Lee, M.A. and Takagi, H., 1993a. Dynamic control of genetic algorithm using fuzzy logic techniques. Forrest, S. (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms*, Morgan Kaufmann, Los Altos, CA, pp. 76–83.

56. Lee, M.A. and Takagi, H., 1993b. Integrating design stages of fuzzy systems using genetic algorithms. *Proceedings of the Second IEEE Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE'93)*, San Francisco: CA, USA, pp. 612– 17.

57. Lemaire, J., 1990. Fuzzy insurance. *ASTIN Bulletin*, 20 (1), pp. 33–55.

58. Li, H. and Chen, C.L.P., 1999. *The equivalence between fuzzy logic systems and feed-forward neural networks*. Dagli, C.H., Buczak, A.L., Ghosh, J., Embrechts, M.J., Ersoy, O. (Eds.), Smart Engineering System Design. ASME Press, New York, pp. 535– 40.

59. Lokmic, L. and Smith, K.A., 2000. Cash flow forecasting using supervised and unsupervised neural networks. *Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference on Neural Networks*, 6, pp. 343–7.

60. McCulloch, W.S. and Pitts, W., 1943. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, pp. 115–33.

61. Mizutani, E., 1997. *Coactive neuro-fuzzy modeling: toward generalized ANFIS*. Jang, J. S.R., Sun, C. T., Mizutani, E. (Eds.), Neuro-fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, pp. 369–400.

62. Montana, D.J. and Davis, L., 1989. Training feedforward neural networks using genetic algorithms. *Proceedings of the Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI89)*, l, pp. 762–7.

63. Ostaszewski, K., 1993. *Fuzzy set methods in actuarial science. Society of Actuaries*, Schaumburg: IL.

64. Park, J., 1993. *Bankruptcy prediction of banks and insurance companies: An approach using inductive methods*. Ph.D. Dissertation. University of Texas, Austin.

65. Pearl, J., 1988. *Probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of plausible inference.* Morgan Kaufmann, San Mateo: CA.

66. Rosenblatt, F., 1959. Two theorems of statistical separability in the perceptron. *Mechanization of Thought Processes, Symposium held at the National Physical Laboratory*, HM Stationary Office, pp. 421–56.

67. Saemundsson, S.R., 1996. *Dental caries prediction by clinicians and neural networks*. Ph.D. Dissertation. University of North Carolina, Chapel Hill.

68. Seng, T.L., Khalid, M.B. and Yusof, R., 1999. Tuning of a neuro-fuzzy controller by genetic algorithm. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 29 (2), pp. 226–36.

69. Takagi, T. and Sugeno, M., 1983. Derivation of fuzzy control rules from human operator's control actions. *Proceedings of the IFAC Symposium on Fuzzy Information, Knowledge Representation and Decision Analysis*, July, pp. 55–60.

70. Takagi, T. and Sugeno, M., 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15(1), pp.116– 32.

71. Tan, 1997. Seeking the profitability-risk-competitiveness frontier using a genetic algorithm. *Journal of Actuarial Practice*, 5 (1), p. 49.

72. Thammano, A., 1999. *Neural-fuzzy model for stock market prediction*. Dagli, C.H., Buczak, A.l., Ghosh, J., Embrecht, M.J., Ersoy, O. (Eds.), Smart engineering system design. ASME Press, New York, pp. 587-91.

73. Tu, J.V., 1993. A comparison of neural network and logistic regression models for predicting length of stay in the intensive care unit following cardiac surgery. Ph.D. Dissertation.University of Toronto.

74. Vaughn, M.L., Ong, E. and Cavill, S.J., 1997. Interpretation and knowledge discovery from a multilayer perceptron network that performs whole life assurance risk assessment. *Neural Computing and Applications*, 6, pp. 201–13.

75. Verrall, R.J. and Yakoubov, Y.H., 1999. A fuzzy approach to grouping by policyholder age in general insurance. *Journal of Actuarial Practice*, 7, pp. 181–203.

76. Wendt, R.Q., 1995. Build your own GA efficient frontier. *Risks and Rewards*, December.

77. Werbos, P., 1974. *Beyond regression: New tools for predictions and analysis in the behavioral science*. Ph.D. Thesis. Harvard University, Cambridge: MA.

78. Widrow, B. and Hoff, M.E., 1960. Adaptive switching circuits. *IRE Western Electric Show and Convention Record*, 4, pp. 96– 104.

79. Yamakawa, T., 1990. Pattern recognition hardware system employing a fuzzy neuron. *Proceedings of the International Conference on Fuzzy Logic, Iizuka, Japan*, July 20–24, pp. 943– 38.

80. Yamakawa, T. and Furukawa, M., 1992. A design algorithm of membership functions for a fuzzy neuron using example-based learning. *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy System (FUZZIEEE 92)*, San Diego, March 8–12, pp. 943– 48.

81. Yamakawa, T. and Tomoda, S., 1989. A fuzzy neuron and its application to pattern recognition. *Proceedings of the Third IFSA Congress*, Seattle, August 6–11, pp. 30–8.

82. Yamakawa, T., Uchino, E., Miki, T. and Kusanagi, H., 1992. A neo fuzzy neuron and its application to system identification and prediction of the system behavior. *Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Logic Neural Networks (IIZUKA 92)*, Iizuka, Japan, July 17–22, pp. 477– 83.

83. Yao, X., 1999. Evolving artificial neural networks. *Proceedings of the IEEE*, 87(9), pp. 1423– 47.

84. Young, V.R., 1993. The application of fuzzy sets to group health underwriting. *Transactions of the Society of Actuaries*, 45, pp. 551– 90.

85. Young, V.R., 1996. Insurance rate changing: A fuzzy logic approach. *Journal of Risk and Insurance*, 63, pp. 461– 83.

86. Young, V.R., 1997. Adjusting indicated insurance rates: Fuzzy rules that consider both experience and auxiliary data. *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, 84, p. 734.

87. Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8, pp. 338– 53.

88. Zadeh, L.A., 1994. The role of fuzzy logic in modeling, identification and control. *Modeling Identification and Control*, 15 (3), p. 191.

89. Zhao, J., 1996. *Maritime collision and liability*. Ph.D. Dissertation. University of Southampton.

90. Zimmermann, H.J., 1996. *Fuzzy set theory and its applications*, third ed. Kluwer Academic Publishers, Boston: MA.

فراخوان ارسال مقاله

پژوهشکده بیمه وابسته به بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران با هدف ارتقا، بسط، گسترش و نهادینه کردن علم بیمه با رویکرد مطالعه موردی یک موضوع خاص بیمه‌ای و تحلیل مباحث آن، نشریه «گزارش موردی» را منتشر می‌کند

این نشریه قابل استفاده برای کسانی است که به دنبال مباحث خاص بیمه‌ای به‌صورت تئوریک هستند که از آن میان می‌توان به دانشجویان بیمه و اقتصاد، مدیران عالی‌رتبه صنعت بیمه کشور، اساتید دانشگاه‌ها و دست‌اندرکاران صنعت بیمه اشاره کرد، لذا از کلیه استادان، پژوهشگران، صاحب‌نظران و کارشناسان محترم برای ارائه مقالات دعوت به عمل می‌آید.

الف . شرایط پذیرش مقاله

۱. مقالات می‌توانند به‌صورت تألیفی یا ترجمه باشند. باید همراه با مقالات ترجمه‌شده، نسخه اصلی آنها نیز ارسال شود.

۲. مقالات باید به مطالعه موردی یک موضوع خاص بیمه‌ای بپردازند.

۳. حجم مقالات باید باتوجه به شرایط مندرج در بند «ب» حداقل 40 صفحه باشد.

٤. مقالات ارسالی نباید قبلاً در نشریه‌های داخلی و خارجی یا مجموعه مقالات سمینارها و مجامع علمی چاپ شده باشند و نباید همچنین برای انتشار به جای دیگر واگذار شده باشند.

۵. مقالات باید دارای فهرست منابع و مأخذ مستند و اطلاعات کتاب‌شناختی معتبر باشند.

٦. مقالات ترجمه‌ای حداکثر در سال ۲۰۰۹ چاپ شده باشند (مگر در موارد خاص و با تأیید داور).

۷. مقالات ارسال‌شده پس از طی فرآیند داوری و تأیید سردبیر نشریه قابل پذیرش و چاپ می‌باشند.

۸. حق ویرایش مقالات برای نشریه محفوظ است.

۹. مسئولیت مطالب، نظریات و اطلاعات ارائه‌شده در مقاله‌ها و صحت‌وسقم آنها برعهده مؤلف(ان)/مترجم(ان)است.

۱۰. دریافت مقاله به‌صورت الکترونیکی امکان‌پذیر است.

۱۱. مقالات دریافت‌شده به مؤلف(ان)/ مترجم(ان) بازگردانده نمی‌شوند.

ب . نحوه نگارش مقاله

۱. مقاله حداقل در۵۰ صفحهٔ A4 با فاصلهٔ خطوط multiple1.1 و حاشیه‌های ۲ سانتی‌متر از هر طرف در نرم‌افزار Wordتایپ شود.

۲. نوع قلم و اندازهٔ آن مطابق با شرایط مندرج در جدول(۱) باشد.

۳. اصول نگارش زبان فارسی به‌طور کامل رعایت شود و از به کاربردن اصطلاحات انگلیسی که معادل فارسی آنها در فرهنگستان زبان فارسی تعریف شده است، حتی‌الامکان خودداری شود.

جدول (۱). نوع قلم و اندازه

موقعیت استفاده	نام قلم	اندازه قلم
عنوان مقاله	lotus B پررنگ	۱۶
متن مقاله	B lotus	۱۴
تیترهای اصلی	B lotus پررنگ	۱۵
تیترهای فرعی	B lotus پررنگ	۱۴
عناوین جدول‌ها و شکل‌ها	B lotus	۱۴
متن جدول‌ها، شکل‌ها و منابع	B lotus	۱۴
پاورقی فارسی	B lotus	۱۱
پاورقی انگلیسی	Times New Roman	۱۰

ج. شیوه تنظیم منابع

در ذکر منابع، سبک Harvard (ویرایش سال ۲۰۱۱) رعایت شود؛ به‌عنوان‌مثال:

- منابع انتهای متن

– کتاب

نام‌خانوادگی، حرف ابتدای نام.، سال انتشار. عنوان کتاب (ایتالیک). نام مترجم. ویرایش (اگر کتاب ویرایش اول باشد، نیازی به ذکر نوبت ویرایش نیست). محل نشر (باید نام شهر ذکر شود نه کشور): ناشر. شماره صفحات (در صورت موجود بودن).

- Redman, P., 2008. Business and the organization. 3rd ed. Chester: Pearsou.

– جهانخانی، ع. و پارسائیان، ع.،۱۳۷۶. مدیریت سرمایه‌گذاری و ارزیابی اوراق بهادار. تهران: دانشکده مدیریت. صص۵–۲۰.

توجه: اگر منبعی بیش از یک نویسنده داشته باشد، نام نویسندگان را به‌ترتیب زیر ذکر می‌کنیم:

- Barker, R., Kirk, J. and Munday, R.J., 1988. Narrative analysis. 3rd ed. Bloomingtou: Indiana Uuiversity Press.

درصورتی‌که منبع بیش از سه نویسنده داشته باشد، لزومی به ذکر نام تمام نویسندگان نیست و فقط نام نویسنده اول را ذکر می‌کنیم و به جای نام نویسندگان دیگر از عبارت"et al./ همکاران" استفاده می‌کنیم.

- Grace, B. et al., 1988. A history of the world. Princeton, NJ: Princeton University Press.

– اگر در میان منابع مقاله، دو منبع با تاریخ انتشار و نام نویسنده مشابه داشته باشیم برای تفکیک منابع از حروف "a,b /

الف، ب" در کنار تاریخ انتشار استفاده می‌کنیم و در منابع درون‌متنی نیز این حروف را در کنار تاریخ انتشار ذکر می‌کنیم.

- Soros. G.. 1966a. The road to serfdom. Chicago: University of Chicago Press.
- Soros. B.. 1966b. Beyond the road to serfdom. Chicago: University of Chicago Press.

و در منابع درون‌متنی، این دو منبع را به این شکل ذکر می‌کنیم:

-(Soros. 1966a)
-(Soros. 1966b)

– منابع الکترونیکی (E-book; pdf; journal online. ...)

نام خانوادگی، حرف ابتدای نام.، سال. عنوان (ایتالیک). [نوع منبع الکترونیکی] محل نشر: ناشر. Available through (قابل دسترسی از طریق)؛ نام منبع الکترونیکی (شامل وب‌سایت یا آدرس اینترنتی)[تاریخ دسترسی].

- Fishman. R.. 2005. The rise and Fall of suburbia. [e-book] Chester: Castle Press. Available through: Anglia Ruskin University Library website <http://libweb.anglia. ac.uk>[Accessed 5 June 2005].

– مقاله

نام خانوادگی و حرف ابتدای نام.، سال. عنوان مقاله. عنوان نشریه (ایتالیک)، شماره جلد (شماره بخش یا فصل انتشار)، صفحه یا صفحات.

- Boughtou. J.M.. 2002. The Brettou Woods proposal: a brief look. Political Science Quarterly. 42(6). p.564.

• منابع درون متنی

(نام‌خانوادگی نویسنده، سال انتشار اثر)

– (کریمی، ۱۳۸۷)؛ (Wang. 2008)

توجه: اگر اثری بیش از چهار نویسنده داشته باشد، فقط نام نویسنده اول را ذکر می‌کنیم و به جای نام دیگر نویسندگان از عبارت "همکاران / et al." استفاده می‌کنیم:

– (نفیسی و همکاران، ۱۳۸۹)؛ (Soha. et al.. 1995)

برای اطلاعات بیشتر در زمینهٔ سبک Harvard به آدرس الکترونیکی زیر مراجعه کنید:

http://libweb.anglia.ac.

علاقمندان برای دریافت اطلاعات تکمیلی می‌توانند به نشانی زیر مراجعه فرمایند:

آدرس: تهران- سعادت آباد – میدان شهید تهرانی مقدم (کاج) - خیابان سروغربی- شماره ۴۳- دفتر نشریه گزارش موردی- شماره تماس ۲۲۰۸۴۰۸۴. جهت مکاتبه با نشریه به آدرس الکترونیکی workingpaper.irc.ac.ir مراجعه فرمایید.

فهرست گزارش موردی‌های منتشرشده در پژوهشکده بیمه

گزارش موردی۱ (دی ۱۳۸۹): کلیات اقتصاد برنامه‌های بیمه اجتماعی

گزارش موردی ۲ (اسفند ۱۳۸۹): آمارهای حوادث جاده‌ای در کشورهای منتخب و تحلیل خسارت‌های پرداختی بیمه شخص ثالث در ایران

گزارش موردی ۳ (فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۰): اوراق بهادار بیمه‌ای

گزارش موردی ٤ (خرداد و تیر ۱۳۹۰): نقش شاخص‌ها در انتقال ریسک در صنعت بیمه

گزارش موردی ٥ (مرداد و شهریور ۱۳۹۰): شاخص‌های پایه‌ای نرخ بیمه زلزله ساختمان‌های ایران

گزارش موردی ٦ (مهر و آبان ۱۳۹۰): اصلاح سیستم خدمات درمانی در ژاپن: کنترل هزینه‌ها،ارتقای کیفیت و تضمین برابری

گزارش موردی ۷ (آذر و دی ۱۳۹۰): بیمه در کشورهای درحال‌توسعه: بهره‌گیری از فرصت‌های موجود در بیمه‌های خرد

گزارش موردی ۸ (بهمن و اسفند ۱۳۹۰): پولشویی و روش‌های جلوگیری از آن در صنعت بیمه

گزارش موردی ۹ (فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۱): کاربرد ملی مقررات ساختمان در مدیریت ریسک و نرخ‌گذاری بیمهٔ آتش‌سوزی

گزارش موردی ۱۰ (خرداد و تیر ۱۳۹۱): پیشگیری شناسایی و مقابله با کلاهبرداری در بیمه

گزارش موردی ۱۱ (مرداد و شهریور ۱۳۹۱): تجربه کشور هندوستان در حذف تعرفه‌های بیمه‌های غیرزندگی

گزارش موردی ۱۲ (مهر و آبان ۱۳۹۱): تدوین بیمه‌نامه زلزله در بخش مسکن و ارائه مدلی کاربردی جهت بررسی نقش بیمه در بهبود کیفیت ساختمان در ایران

گزارش موردی ۱۳ (آذر و دی ۱۳۹۱): رابطه بیمه و رشد اقتصادی- تحلیل نظری و تجربی

گزارش موردی ١٤ (بهمن و اسفند ۱۳۹۱): ارزیابی وتحلیل ریسک قراردادهای بیمه عمر: ترکیب رویکردهای اکچوئرال و مالی

گزارش موردی ۱۵ (فروردین و اردیبهشت ۱۳۹۲): (مقاله اول): ارزیابی عملکرد صنعت بیمه کشور و تبیین چشم‌انداز آینده- (مقاله دوم): بررسی و سنجش سطح رضایت‌مندی بیمه‌گذاران (مشتریان) شرکت‌های فعال در صنعت بیمه کشور

گزارش موردی ١٦ (خرداد و تیر ۱۳۹۲): بیمه سلامت و بیمه نوین سلامت (مطالعه موردی: کشورهای چین، ژاپن و کره جنوبی)

گزارش موردی ۱۷ (مرداد و شهریور ۱۳۹۲): راهکارهای عملی افزایش تقاضای بیمه عمر انفرادی و تدوین چهارچوبی برای ارائه بیمه‌های عمر جدید

گزارش موردی ۱۸ (مهر و آبان ۱۳۹۲): چهارچوب نظارتی انجمن بین‌المللی ناظران بیمه

راهنمای اشتراک دو ماهنامه گزارش موردی

لطفاً قبل از پر کردن برگه درخواست اشتراک به نکات زیر توجه نمایید:

۱. کلیه مکاتبات خود را با ذکر شماره اشتراک انجام دهید.

۲. نشانی خود را کامل و خوانا و با ذکر کدپستی بنویسید.

۳. بهای اشتراک را پس از هماهنگی با کتابفروشی پژوهشکده بیمه به شماره حساب ۲۱۷۸۹۵۹۰۰۱۰۰۰، بانک ملی (ملیا)، شعبه سعادت‌آباد، کد ۱۰۱۱ به نام تمرکز وجوه درآمد اختصاصی پژوهشکده بیمه واریز کنید و فیش بانکی را به همراه فرم اشتراک تکمیل‌شده به دفتر گزارش موردی ارسال نمایید.

۴. اشتراک از جدیدترین شماره به بعد پذیرفته می‌شود.

دفتر گزارش موردی: تهران – سعادت‌آباد- میدان شهید تهرانی مقدم (کاج)-

خیابان سرو غربی- پلاک ۴۳ (صندوق پستی: ۴۴۹۹-۱۹۳۹۵)

تلفن: ۲۲۰۸۴۰۸۴ فکس: ۲۲۰۷۷۰۷۵

«مسئول بخش اشتراک: علی احمدی»

برگ درخواست اشتراک دو ماهنامه «گزارش موردی»

قبلا مشترک بوده‌ام ☐ قبلاً مشترک نبوده‌ام ☐ شماره اشتراک .....

نام کتابخانه، شرکت، سازمان، مؤسسه .....

نام و نام‌خانوادگی: .....

مدت اشتراک: ..... تعداد مورد درخواست: ..... شروع اشتراک از شماره: .....

نشانی دقیق: .....

کدپستی: ..... کد شهرستان و تلفن: ..... نمابر: .....

به پیوست رسید بانکی شماره ..... بانک ملی شعبه ..... کد ..... به مبلغ ..... ریال بابت اشتراک ارسال می‌گردد.

تاریخ و امضا