

## استفاده از داده کاوی و تکنیک سیستم های ژنتیکی فازی جهت پیش بینی موجودی های نقد در بانکها و موسسات مالی

دکتر محمد تشنلاب	دکتر کارولوکس	دکتر محمد ابراهیم محمد پور زرندی	مانی عابدینی
M.Teshnelab@hotmail.com	Lucas@karun.ipm.ac.ir	Pourzarandi@yahoo.com	Maniabedini@yahoo.com
دانشگاه آزاد اسلامی،	دانشگاه تهران،	دانشگاه آزاد اسلامی،	دانشگاه آزاد اسلامی،
دانشگاه خواجه نصیرالدین	مرکز تحقیقات و	مرکز تحقیقات و	مرکز تحقیقات و
طوسی	برنامه ریزی بانک ملت	برنامه ریزی بانک ملت	برنامه ریزی بانک ملت

### چکیده:

موسسات مالی و بانکها، با داشتن بخش بزرگی از سرمایه در گردش، نقش اصلی و حیاتی در جهت گیری سرمایه ها دارند. اگر مدیریت سرمایه گذاری در این بخش بدرستی صورت گیرد، می توان انتظار داشت که منابع سرمایه ای بطور صحیح و در زمان مناسب فراهم شده و به بخش های مورد نیاز تزریق می شود. اما فراهم آوردن منابع سرمایه، خود از مشکلات اصلی بخش مالی است. از ابزار داده کاوی بهره خواهیم گرفت تا مدلی مناسب برای پیش بینی وجود نقد مورد نیاز در موسسات مالی بدست آید.

سیستم فازی به عنوان مبنای ارائه مدل پیش بینی موجودی نقد بدست آمده، انتخاب شد، زیرا که این مدل در عین ارائه مدل اجرایی، توصیف پذیر نیز خواهد بود. اما به سبب نقصان آموزش در سیستم های فازی، از روش های مکمل کمک گرفته می شود تا این نقصان مرتفع گردد. نمونه آن بوجود آمدن، سیستم های ژنتیکی فازی است.

در بخش ۲ مفاهیم مدیریت نقدینگی، در بخش ۳ داده کاوی، در بخش ۴ سیستم های ژنتیکی فازی، در بخش ۵ پیاده سازی صورت گرفته و نتایج بدست آمده مطرح شده و در بخش پایانی نتیجه گیری ارائه خواهد شد.

**واژگان کلیدی:** داده کاوی، اکتشاف معرفت، مدیریت نقدینگی، قوانین فازی، سیستم های فازی ژنتیکی، الگوریتم های ژنتیکی.

### ۱- مقدمه:

اکتشاف دانش<sup>۱</sup> نهفته در داده های موجود در اباره های داده ای<sup>۲</sup> یا پایگاه های داده ای به عنوان یکی از مهمترین موضوعات تحقیقاتی در اغلب سازمان های بزرگ درآمده که به علم داده کاوی<sup>۳</sup> مشهور گشته است. یکی از موضوعاتی

<sup>۱</sup> Knowledge Discovery

که داده کاوی می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای داشته باشد، پیش‌بینی نقدینگی شعب در آینده نزدیک است، اگر بانک یا موسسه مالی بداند مقدار مورد نیاز به پول نقد در آینده نزدیک چه مقدار است، می‌تواند مابقی نقدینگی را جهت سرمایه‌گذاری یا اختصاص وام، هزینه کند. نقدینگی بیش از حد زیاد در شعب از سود دهی می‌کاهد، همین طور به عکس، نقدینگی کم باعث سلب اطمینان مشتری خواهد شد.

حجم بسیار زیاد داده‌ها موجب شده تا روش‌های دستی و کلاسیک (آماری) عملأ کارایی خود را از دست بدهند، لذا امروزه بهره‌گیری از روش‌های هوشمند بیشتر از قبل مد نظر قرار گرفته است. یکی از تکنیک‌های نوین در این زمینه بهره‌گیری از سیستم‌های ژنتیکی فازی<sup>۱</sup> است. سیستم‌های ژنتیک فازی، سیستم‌هایی هستند که علاوه بر داشتن قدرت آموزش، خروجی قوانین فازی را ارائه می‌دهند. در حقیقت یک فازی سیستم هسته اصلی این سیستم‌هاست که قوانین اش بالطبع قوانین فازی خواهد بود، اما از الگوریتم‌های ژنتیکی کمک می‌گیرد تا بتواند از روی مجموعه داده‌های آموزشی این قوانین را یاموزد. بدین منظور در مرکز تحقیقات و برنامه‌ریزی بانک ملت پژوهه‌ای با هدف بکارگیری از ابزار داده کاوی برای یافتن یک مدل پیش‌بینی موجودی نقد تعریف شد که در این مقاله برخی از نتایج بدست آمده در این طرح معرفی می‌گردد.

## ۲- مدیریت نقدینگی:

چه میزان از موجودی‌های بانکها را می‌توان به عنوان سرمایه در نظر گرفت؟ این سوالی است که اغلب مدیران بانکها و زیر مجموعه‌های آنها در شعب، بسته به تجربه به آن پاسخ می‌دهند. معمولاً طیفی از سرمایه طوری در نظر گرفته می‌شود تا ضمن فراهم کردن منابع سرمایه بیشتر، وجود نقد مورد نیاز شعب نیز تأمین باشد. اگر در زمان لازم شعب نتواند نیاز مشتریان خود به وجه نقد را فراهم سازد، با کاهش اعتماد مشتریان مواجه خواهد شد که مجبور خواهد شد با استقراض، فروش منابع وغیره وجود نقد مورد نیاز را فراهم سازد، که این تبدیل هزینه‌هایی را در بر خواهد داشت. از طرفی نگهداشت سرمایه در قالب وجه نقد به میزان زیاد، کاهش هزینه‌های سربار به سبب تبدیل منابع غیر نقد به وجه نقد را کاهش خواهد داد، اما وجه نقد را کد در شعب - به امید آنکه روزی تقاضای مشتری بدون پاسخ نماند- سودآور نیست. فرصت‌های سرمایه‌گذاری کاهش خواهد یافت و در نهایت سودآوری موسسه مالی، بانک، به شدت زیر سوال خواهد رفت [۱].

در شکل ۱،  $C^*$  میزان مینیمم نگهداری نقدینگی در زمان مورد نظر است.

## ۳- داده کاوی و اکتشاف معرفت:

برخی بین داده کاوی و اکتشاف معرفت تمایز قائل می‌شوند؛ استدلال ایشان آن است که داده اطلاعات خام است که توسط داده کاوی به اطلاعات پردازش شده در می‌آید، از روی این اطلاعات است که می‌توان دانش کاربردی استخراج کرد. در واقع اکتشاف معرفت<sup>۲</sup> قدم بعدی داده کاوی معرفی می‌شود. در این مقاله با بین داده کاوی و اکتشاف معرفت

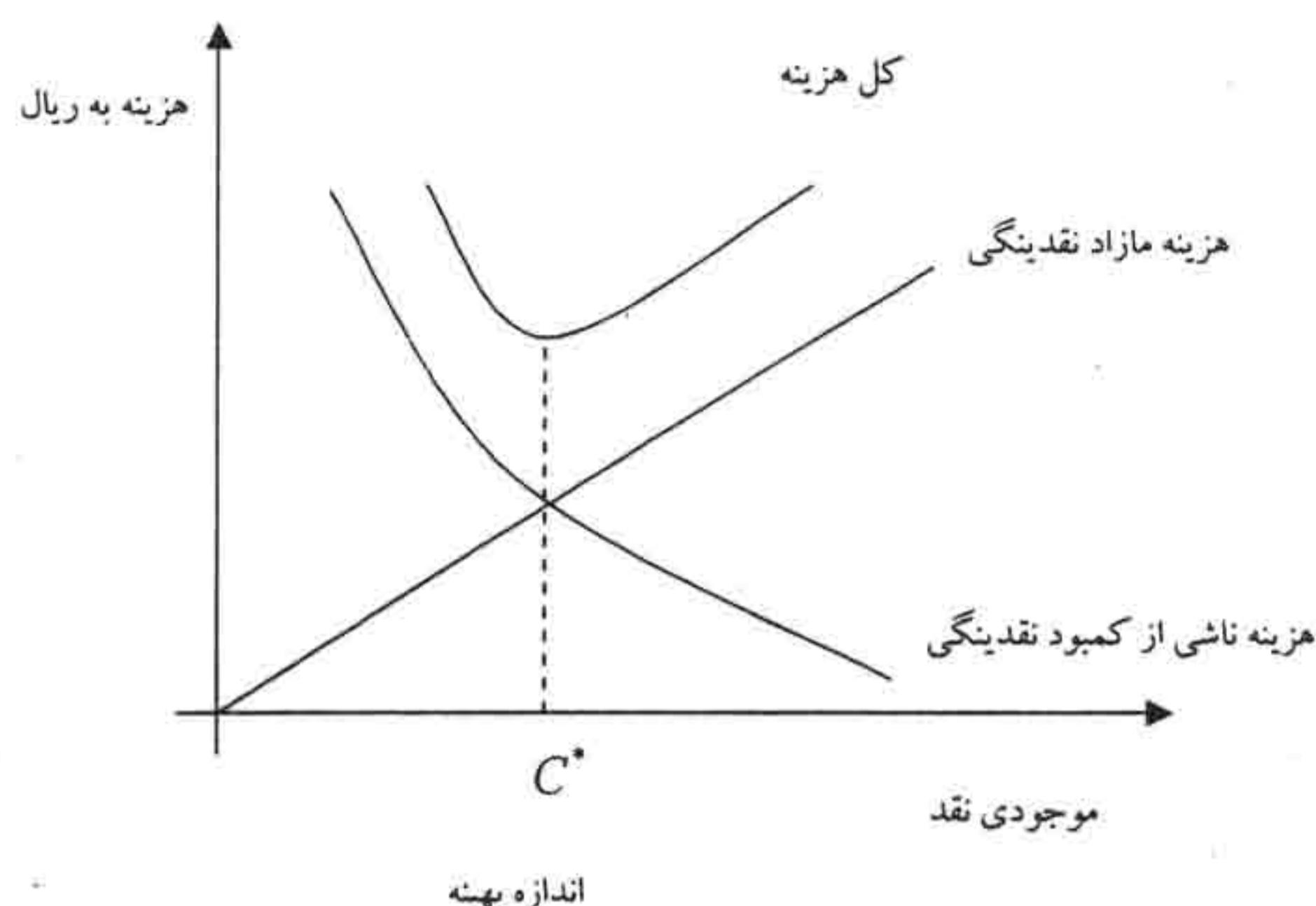
<sup>2</sup> Data Warehouse

<sup>3</sup> Data Mining

<sup>4</sup> Genetic Fuzzy Systems

<sup>5</sup> Liquidity Management

<sup>6</sup> Knowledge Acquisition



شکل ۱۱: اندوکار میزان نقدینگی در مقابل هزینه‌های تامین نقدینگی

تمایز قائل نخواهیم شد. داده‌کاوی آنالیز مجموعه داده‌های قابل روئیت (اغلب بزرگ) به منظور استخراج روابط غیرقابل انتظار و جمع‌بندی آنها به روشی جدید به طوریکه هم قابل فهم و هم کاربردی تر باشد، می‌دانیم [۳]. روش‌های مختلفی که برای داده‌کاوی معرفی گشته عبارتند از: ۱- تحلیل سبد خرید<sup>۷</sup> - ۲- استدلال بر اساس حافظه<sup>۸</sup> - ۳- تشکیل خودکار خوش‌ها<sup>۹</sup> - ۴- تحلیل پیوند<sup>۱۰</sup> - ۵- درخت تصمیم گیری<sup>۱۱</sup> - ۶- شبکه‌های عصبی<sup>۱۲</sup> - ۷- الگوریتم‌های ژنتیکی<sup>۱۳</sup> - ۸- سیستم‌های فازی ژنتیکی. [۳] کاربرد هریک از روش‌هارا می‌توان در غالب جدول زیر ارائه کرد [۴]:

وظایف	فن	طبقه بندی	تخمین	پیشگویی	وابستگی گروهی	خوش‌بندی	توصیف
تحلیل خرید			-	-	✓	✓	✓
استخراج بر اساس حافظه		✓	✓	✓	✓	✓	-
الگوریتم ژنتیک		✓	-	✓	-	-	-
کاوش خوش		-	-	-	-	✓	✓
تحلیل پیوند		✓	-	✓	✓	-	-
درخت تصمیم گیری		✓	-	✓	-	✓	✓
شبکه‌های عصبی		✓	✓	✓	-	✓	-
سیستم‌های فازی ژنتیکی		✓	-	✓	-	✓	✓

جدول ۱: مقایسه روش‌های داده‌کاوی و کاربردهایشان

<sup>7</sup> Market Basket Analysis<sup>8</sup> Memory Based Reasoning<sup>9</sup> Automatic Cluster<sup>10</sup> Link Analysis<sup>11</sup> Decision Trees<sup>12</sup> Artificial Neural Networks<sup>13</sup> Genetic Algorithm

#### ۴- سیستم فازی ژنتیکی:

از اوایل دهه ۸۰ علاقه به اعمال روشهایی بر مبنای الگوریتم‌های ژنتیکی در مسائل مربوط به آموزش ماشینی رو به افزایش است. اما مسئله اصلی، یافتن یک روش ارائه است که هم توانایی جمع‌آوری مشخصات صورت مسئله و هم توانایی ارائه راه حل‌های ممکن را داشته باشد.

در سیستم‌های فازی ژنتیکی دو مزیت عمده وجود دارد که برگرفته از مزایای سیستم‌های فازی و الگوریتم ژنتیکی است. در سیستم‌های فازی استنتاج مخلوط<sup>۱۴</sup> از روی قوانین فازی وجود دارد. یعنی از همکاری<sup>۱۵</sup> بین قوانین فازی خروجی ارائه خواهد شد، که قطعاً از نتیجه یک قانون تکی بهتر خواهد بود. از طرفی با بهره‌گیری از روش الگوریتم ژنتیکی، قابلیت رقابت<sup>۱۶</sup> و جستجوی فضای راه حل‌ها را بدست می‌آوریم تا بهترین قوانین تاثیر گذار در زمان تصمیم‌گیری باشند. می‌توان گفت رقابتی ایجاد می‌شود تا بهترین همکاری<sup>۱۷</sup> بدست آید.

در روش آموزش قوانین در فرآیند تکراری، الگوریتم ژنتیکی بخشی از راه حل مسئله را یاد خواهد گرفت و سعی می‌کند فضای صورت مسئله را کاهش دهد تا راه حل‌های ممکن بدست آید. برای آنکه مجموعه‌ای از قوانین بدست آید، که راه حل مناسبی برای مسئله باشد، الگوریتم ژنتیکی باید در یک فرآیند تکراری به شرح زیر قرار گیرد:

۱- از الگوریتم ژنتیکی بهره گرفته شود تا یک قانون برای سیستم استخراج گردد.

۲- آن قانون را به مجموعه قوانین نهایی اضافه کند.

۳- این قانون را جریمه کند.

۴- اگر مجموعه قوانین بیانگر سیستم بودند، راه حل مجموعه قوانین بدست آمده خواهد بود در غیر این صورت کنترل اجرایی به مرحله ۱ باز خواهد گشت.

یک راه ساده برای آنکه یک قانون جریمه شود، تا راه برای آموزش قوانین دیگر هموار شود، می‌تواند حذف مثالهایی باشد که آن قانون را ساپورت می‌کنند. اگر بخواهیم نگاشتی به دنیای حقیقی داشته باشیم، می‌توان این نوع آموزش را با ساختار ارگانهای بدن مقایسه کرد. ساختار ارگانها طوری است که سلولهای هم کار و مشابه در کنار هم قرار می‌گیرد، از طرفی بدن از ارگانهای مختلفی تشکیل شده که در کنار هم سیستم نهایی را می‌سازند.

این متداول‌تری، که به آن سیستم‌های فازی ژنتیکی چند مرحله‌ای<sup>۱۸</sup> می‌گوییم که سه مشخصه عمده دارند[۱]:

۱- یک مرحله تولید ژنتیکی برای تولید قوانین فازی با استفاده از مشی آموزش بر پایه تکرار.

۲- مرحله پس پردازش که روی مجموعه قوانین بدست آمده از مرحله قبل اعمال شده تا قوانین را بهینه کرده یا تکراری‌ها را حذف کند.

۳- مرحله تنظیم ژنتیکی که توابع عضویت قوانین فازی را تنظیم می‌کند.

بطور مختصر موارد فوق را توضیح خواهیم داد.

**مرحله تولید ژنتیکی:** در مرحله قوانین فازی بدست خواهد آمد. یک کروموزم بیانگر یک قانون فازی است، متد تولید بهترین قانون را با توجه به مشخصات مختلفی که در تابع فیتнес الگوریتم ژنتیکی قرارداده انتخاب می‌کند، درجه پوشش یک قانون و یک مثال و در نهایت مفهوم مثالهای مثبت و منفی مطرح می‌شوند.

<sup>۱۴</sup> Interpolative reasoning

<sup>۱۵</sup> Cooperation

<sup>۱۶</sup> Competition

<sup>۱۷</sup> Multi-stage Genetic Fuzzy Systems

**مرحله پس پردازش:**

**انتخاب و بهینه سازی:** چون قوانین بدست آمده، در پروسه های جداگانه بدست آمده اند و لذا ممکن است دارای ناسازگاری یا عدم تطابق باشند، به مجرد آنکه مجموعه قوانین بدست آمد، یا از طریق حذف قوانین تکراری یا بهینه سازی می توان وضعیت را بهبود بخشید و درجه پوشش بهتری بدست آورد. دو روش پس پردازش بکار گرفته می شود: الگوریتم بهینه سازی و الگوریتم انتخاب و ساده سازی.

**مرحله تنظیم ژنتیکی:** در این مرحله فرآیند تنظیم ژنتیکی روی پایگاه دانش اعمال می شود تا دقت بالا برود. بر اساس طبیعت مدل های فازی دو نوع مدل ممکن است موجود داشته باشد:

- مدل تقریبی<sup>۱۸</sup>: مجموعه های از قوانین است که رابطه مشخصی با هم ندارند.

- مدل توصیفی<sup>۱۹</sup>: یک پاریشن فازی بر مبنای توصیف زبانی سیستم، ایجاد شده که یک تابع عضویت بر چسب های زبانی را نسبت می دهد.

تفاوت اساسی در دو مدل فوق، شمای کدینگ است. البته مدل اول این قابلیت را دارد که هر قانون مستقل از دیگر قوانین خواهد بود، متغیر های زبانی و مجموعه های فازی مستقل خواهند بود و برای هر قانون قابل تعریف هستند. اما به دلیل همین استقلال تفسیر آنها به راحتی مدل دوم نخواهد بود.

**۵- پیاده سازی:**

برای بدست آوردن مدل پیش بینی موجودی نقد، از پایگاه داده ای موجود در اداره کل خدمات رایانه ای بانک ملت بهره گرفته شد. اطلاعات لازم دیگر شامل سرفصلهای منابع و مصارف و ... از دفاتر حسابها و جلسات مداوم با بخش های مالی بانک بدست آمد. بعد از آن، عملیات انتخاب<sup>۲۰</sup> داده ها و سایر عملیات پیش پردازش داده ها روی آنها قرار گرفت، اطلاعات دسته بندی شد.

از طرفی موجودی نقد انتهای دوره، می تواند از رابطه ساده: موجودی نقد ابتدای دوره بعلاوه موجودیهای ورودی، منهای موجودیهای خارج شده بدست آید.

تراکنش خروجی - تراکنش ورودی + موجودی ابتدای دوره = موجودی انتهای دوره

رابطه ۱: محاسبه موجودی انتهای دوره بر اساس تراکنش ها و موجودی ابتدای دوره

اما از آنجا که سیر نگهداشت موجودیهای نقد یک سری زمانی است، می توان انتظار داشت بر اساس نقطه فعلی از این سری زمانی مقدار موجودی انتهای دوره یک ماه بعد (نقطه بعدی در این سری زمانی) محاسبه شود. بدین صورت می توان پیش بینی موجودی نقد در انتهای دوره ماه بعد را بدست آورد.

با استفاده از الگوریتم ژنتیکی از روی داده ها، قوانین فازی استخراج شد. به منظور ارزیابی قوانین از تابع سیگموید روی تعداد داده های پشتیبان و میزان انطباق داده ها با قانون بهره گرفته شد - از سیستم فازی جهت بررسی میزان انطباق بهره گرفته می شود. از تابع سیگموید از آن جهت بهره گرفتیم که تعداد زیاد داده های منطبق شده روی یک قانون

<sup>18</sup> Approximate

<sup>19</sup> Descriptive

<sup>20</sup> Selection

تأثیر شدید روی میزان همگرایی الگوریتم ژنتیکی نداشته باشد، در حقیقت با بهره گرفتن از تابع سیگموید، بنا به حساسیت می‌توان حداقل تأثیر تعداد عناصر منطبق را محدود به بازه دلخواه کرد. در هر بار تکرار الگوریتم ژنتیکی قوانین با درجه بالاتر دستچین شده و در نسل بعدی به روش رولت ویل<sup>۲۱</sup> تزریق می‌شوند. زمانیکه نسل تا حدود ۷/۴۰ مشابه شد، جستجو پایان یافته و بهترین قانون انتخاب شده به مجموعه قوانین سیستم اضافه می‌گردد.

بعد از آنکه تعداد مناسب از قوانین فازی بدست آمد، مرحله پس پردازش آغاز می‌شود، قوانین فازی باهم ترکیب شده و قوانین فازی تعمیم یافته بدست می‌آید. قوانین بدست آمده به فرم "قوانین فازی تقریبی"<sup>۲۲</sup> هستند - منظور آن است که مجموعه‌های فازی هر قانون مستقل است. در نهایت تعداد کم، اما ارزشمندی از قوانین فازی ارائه می‌شود که می‌تواند دانش کاربردی مناسبی برای تصمیم‌گیران در شعب بانک باشد.

برای این منظور اطلاعات ماهها مختلف (۱۸ ماه) از ابتدای سال ۱۳۸۰ بانک ملت به عنوان داده‌های آموزشی انتخاب شد که ماه آخر به عنوان داده‌های تست در نظر گرفته شد (در مجموع حدود ۱۴۴۰۰۰ رکورد). اطلاعات ماه‌ها به یک سیستم ژنتیک فازی ارائه شد تا از طریق الگوریتم ژنتیکی، یک سیستم فازی مناسب بدست آید که توانایی پیش‌بینی موجودی نقد انتهای دوره ماه بعد را بر اساس اطلاعات این ماه داشته باشد. در سیستم فازی بدست آمده مجموعه‌ای از قوانین فازی قرار دارد که حاصل آموزش مرحله ژنتیکی است [۳].

برای مثال مجموعه زیر بخشی از دانش استخراج شده را نمایش می‌دهد که به فرم قوانین فازی ارائه شده است:

IF FirstRemind is in[500000,1500000] AND Credit is in[0,72500000]AND Debt is in[0,72500000] THEN LastRemind is in[0,1500000]	86%
IF FirstRemind is in[3500000,4500000] AND Credit is in[0,500000]AND Debt is in[0,500000] THEN LastRemind is in[3500000,6500000]	86%
IF FirstRemind is in[4500000,5500000] AND Credit is in[0,500000]AND Debt is in[0,500000] THEN LastRemind is in[4500000,5500000]	76%
IF FirstRemind is in[0,500000] AND Credit is in[0,211500000]AND Debt is in[0,211500000] THEN LastRemind is in[0,11500000]	93%
IF FirstRemind is in[6500000,7500000] AND Credit is in[0,1500000]AND Debt is in[0,500000] THEN LastRemind is in[5500000,7500000]	90%
IF FirstRemind is in[1500000,2500000] AND Credit is in[0,79500000]AND Debt is in[0,78500000] THEN LastRemind is in[0,6500000]	82%
IF FirstRemind is in[2500000,3500000] AND Credit is in[0,2500000]AND Debt is in[0,2500000] THEN LastRemind is in[2500000,7500000]	92%
IF FirstRemind is in[7500000,8500000] AND Credit is in[0,5500000]AND Debt is in[0,5500000] THEN LastRemind is in[7500000,9500000]	78%
IF FirstRemind is in[10500000,11500000] AND Credit is in[0,1500000]AND Debt is in[0,500000] THEN LastRemind is in[9500000,11500000]	88%

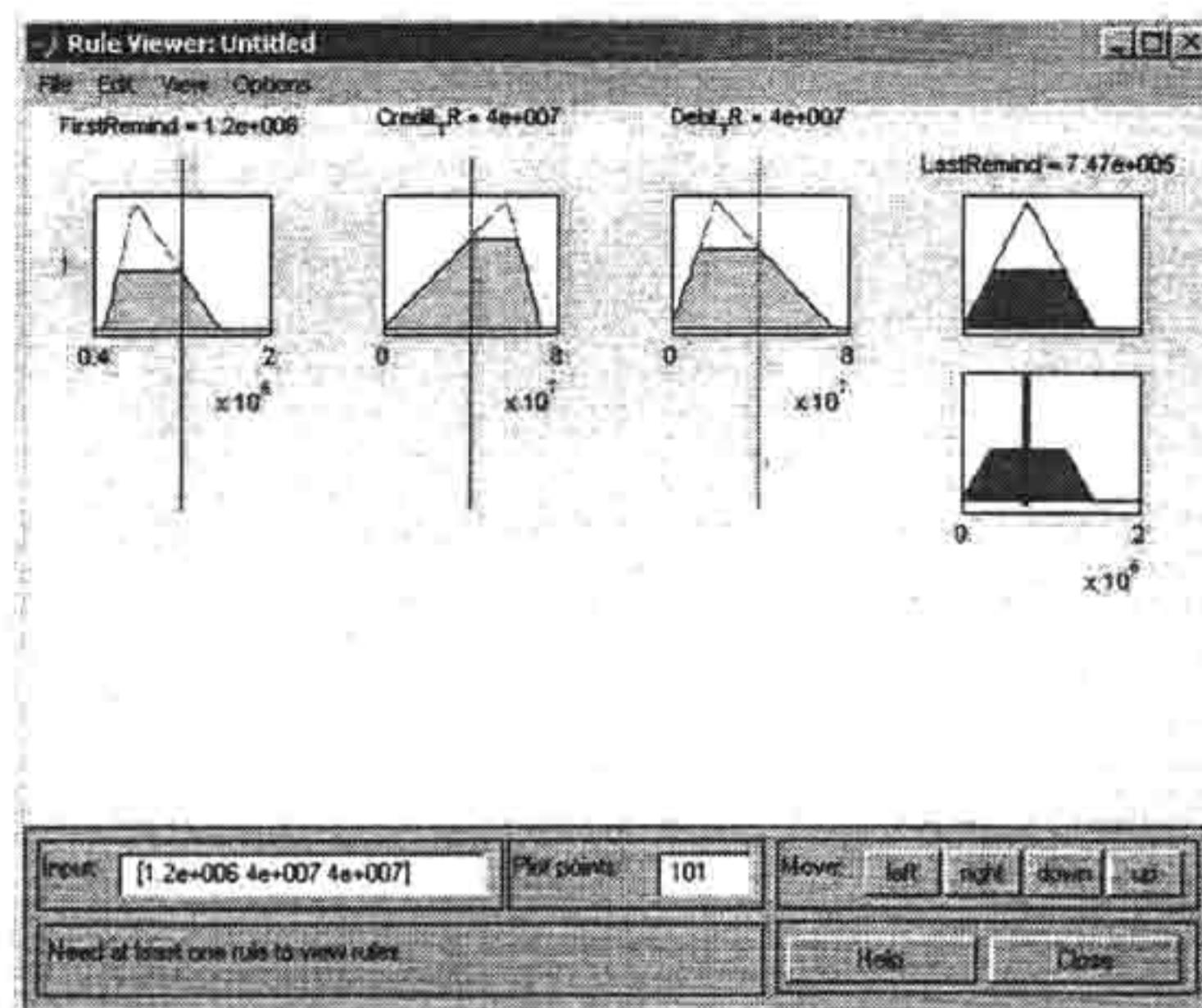
هر قانون فازی بدست آمده روی مجموعه داده‌های تست - ماه آخر - ارزیابی شد، و دقت بین ۸۰٪ تا ۹۵٪ را داشت. در حقیقت می‌توان انتظار داشت که با توجه به آنکه در کل فرآیند استخراج دانش از مجموعه ۱۷ ماه اطلاعات بانک، قوانین جامع و عمومی استخراج شده که می‌تواند از دقت بالایی برخوردار باشد. دقت قوانین نمونه در جلوی هر قانون آورده شده است.

هر قانون فازی یک پایگاه داده‌ای شامل اطلاعات توابع عضویت و شکل آنها دارد که برای نمونه برای قوانین فازی زیر، توابع عضویت مجموعه‌های فازی متناظر آن در شکل زیر نشان داده شده است:

IF FirstRemind is in[500000,1500000] AND Credit is in[0,72500000] AND Debt is in[0,72500000]  
THEN LastRemind is in[0,1500000]

<sup>21</sup> Roulette Wheel

<sup>22</sup> Approximate Fuzzy Rules



شکل ۱۰: نمونه قانون فازی استخراج شده در Matlab

## ۶- نتیجه گیری:

با کمک سیستم فازی ژنتیکی که در این مقاله ارائه شد، یک مدل پیش‌گویی موجودی نقد بدست آمد که در حقیقت یک سیستم فازی با مجموعه قوانین فازی پشتیان بود. این قوانین فازی به سبب نقصان آموزش در سیستم فازی باید از طریق دیگری بدست آمد که الگوریتم ژنتیکی، راه کار مناسب برای بدست آوردن قوانین فازی از روی داده‌های آموزشی است. با ترکیب این دو تکنیک و بدست آمدن یک سیستم ژنتیکی فازی، در حقیقت نقاط ضعف سیستم فازی مرتفع شده، در عین آنکه از مزایای آن بهره‌مند می‌شویم. منظور آن است که ضمن داشتن یک مدل فازی که توانایی استنباط روی مقادیر نادقيق را دارد این امکان را نیز به کاربر می‌دهد که بازه‌ای به عنوان پیش‌بینی از موجودی نقد داشته باشد نه یک مقدار خاص، در نتیجه میزان دقت بالاتر می‌رود. اما مجموعه قوانین داخل سیستم فازی؛ خود مجموعه دانش استخراج شده محاسب شده، در حقیقت دانش کاربردی فرآیند داده کاوی خواهد بود، که ضمن داشتن قابلیت تفسیر توسط فرد خبره، به فرم قوانین فازی بوده پس قابل ارزیابی در یک سیستم فازی مجزا نیز هست.

با کمک سیستم‌های فازی ژنتیکی مدل فازی استخراج شده، دارای مجموعه قوانین زیادی است که نمی‌تواند راه گشای خوبی باشد، لذا یک مرحله فرآیندی دیگر روی آنها لازم است تا جمع‌بندی روی آنها صورت گرفته، قوانین جامع‌تر استخراج و ارائه شود.

در سیستم‌های ژنتیکی فازی برای نقاطی که داده‌های آموزشی وجود ندارد، اغلب نمی‌توان درستی استخراج کرد، می‌توان قوانین را تعمیم داد تا تمام نقاط ورودی‌ها را بپوشانند، اما صحت قوانین استخراج شده برای داده‌های گم شده<sup>۲۳</sup>، زیر سوال خواهد رفت، این نقطه ضعف این گونه سیستم‌هاست در مقابل سیستم‌های شبکه عصبی که می‌تواند برای مناطقی که آموزش ندیده نیز پیش‌بینی داشته باشد، اما در مقابل شبکه‌های عصبی قابل تفسیر نیستند، که ما نشان دادیم در از یک سیستم فازی ژنتیکی می‌توان قوانین صحیح و کلی استخراج کرد.

<sup>23</sup> Missing Data

همان طور که اشاره شد، تعداد قوانین فازی استخراج شده برای مدل کردن روند نقدینگی، بیش از ۶۰۰ قانون بود، تعداد زیاد قوانین دقت سیستم را بالا خواهد برد؛ اما تعداد کم و با دامنه پوشش بالا برای کارشناس مالی از درجه اهمیت بالاتری برخوردار است. لذا روی مجموعه قوانین بدست آمده پس پردازش جداگانه‌ای صورت گرفت که نتیجه آن ارائه تعداد محدود کمتر از ۴۰ قانون بود.

## مراجع:

- <sup>۱</sup> Peter S. Ross; *Commercial Bank Management*, Mc Graw-Hill International Editions, Financial Series, 4<sup>th</sup> Edition, 1999
- <sup>۲</sup> Hand David, Mannila Heikki, Smyth Padharic, (2001) *Principle of Data Mining*, MIT Press, ISBN: 9-780262-082907
- <sup>۳</sup> مانی عابدینی، داده‌کاوی با رویکرد استخراج قوانین فازی، سمینار کارشناسی ارشد، ۱۳۸۲، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات.
- <sup>۴</sup> دکتر محمد ابراهیم محمد پورزرندي، طراحی و پیاده‌سازی مدل مناسب برای مدیریت نقدینگی با کمک تکنیک داده‌کاوی و اکتشاف معرفت، رساله دکتری، ۱۳۸۲، دانشگاه آزاد.
- <sup>۵</sup> Ulrich Bodenhofer, Francisco Herrera, *The Lecture on Genetic Fuzzy Systems*, Software Computer Center 1997.
- <sup>۶</sup> Oscar Cordon, Francisco Herrera, Frank Hoffmann, Luis Magdalena, *Genetic Fuzzy Systems, Evolutionary Tuning and Learning of Fuzzy Knowledge Bases*, ISBN: 981-02-4016-3
- <sup>۷</sup> مانی عابدینی، طراحی و گسترش مدل پیش‌بینی موجودی‌های نقد با استفاده از تکنولوژی داده‌کاوی با تأکید بر تکنیک الگوریتم‌های ژنتیکی در بانکها و موسسات مالی، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸۳، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات
- <sup>۸</sup> Han, Jiawei; Kamber, Micheline, *Data Mining Concepts and Techniques*, Morgan kaufmann publishers: 2001
- <sup>۹</sup> keown Arthurj, , F.scott David, D.Martin John, Petty William, *Basic Financial Management*, 1996, 2th Edition. Mc Grawhill.