

استفاده از قيود زبانی در اصلاح معيار شباهت گرافهای توصيفی فازی و خودکار سازی آن در بازشناسی ساختاری الگو

پیمان معلم^۱

۱- استادیار گروه مهندسی الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، p_moallem@yahoo.com

چکیده

در این مقاله ابتدا معرفی اجمالی گراف توصیفی و گراف توصیفی فازی به همراه مثالهایی مطرح شده و سپس چهارچوب بازشناسی الگو بر مبنای گراف توصیفی فازی به همراه مثالهایی بیان خواهد شد. در ادامه جهت بهبود معیار تطابق گرافهای توصیفی فازی، پیشنهادی بر اساس بکارگیری خودکار قيود زبانی فازی مطرح شده و در انتهای مقاله با مثالی مناسب کارایی اصلاح پیشنهادی در تطابق گراف توصیفی فازی با روش متعارف مقایسه می‌شود. گراف توصیفی ابزاری مناسب برای درج اطلاعات عددی در گراف بوده که برای نمایش الگوهای ساختاری مناسب است. از نتایج بکارگیری تئوری مجموعه‌های فازی در گراف توصیفی، گراف توصیفی فازی یا FAG است که بیان فازی گراف توصیفی می‌باشد. در چهارچوب شناسایی الگو بر اساس گراف توصیفی فازی، FAG نمونه ناشناخته با HFAG های (FAG های غیر فازی یا پیش الگوهای) هر کلاس مطابقت داده شده و نمونه ناشناخته به کلاسی که بیشترین درجه تطابق (شباهت) را دارد، منتسب می‌گردد. تاکنون در محاسبه درجه تطابق دو FAG همه ویژگیها همانند هم فرض می‌شد ولی در شناسایی الگو بعضی از ویژگیها اهمیت بیشتری در طبقه بندی ایفاء می‌کنند. از آنجاییکه اهمیت ویژگیها از دید زبان طبیعی توسط قيود زبانی بیان شده و در تئوری مجموعه‌های فازی مدلسازی قيود زبانی با استفاده از اصلاحگرهای فازی (عملگرهای مناسب) روی توابع عضویت انجام می‌شود، در این مقاله سعی شده برای بیان ارزش متفاوت ویژگیها در درجه تطابق دو FAG، از قيود زبانی و بالطبع عملگرهای مناسب روی توابع عضویت فازی استفاده شود که نهایتاً منجر به پیشنهاد رابطه کاملتری برای درجه تطابق می‌شود. در انتهای مقاله نیز روشی برای خودکار سازی قيود زبانی انتخاب شده در اصلاح معیار شباهت دو FAG پیشنهاد و کارایی این روش با مثالی، ارائه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی

شناسایی ساختاری الگو، گراف توصیفی فازی، شباهت، قيود زبانی

وجود دارد که پارامترهای متغیر در الگوریتم بازشناسی الگو با کمک آن مجموعه آموزشی و در فرایند یادگیری^۱، تنظیم می‌گردد. البته به علت طبیعت پیچیده بازشناسی الگو که از تنوع الگوهای متعلق به یک کلاس ناشی می‌شود، از ابتدا محققین این رشته روی مسائل خاصی مثل شناسایی حروف و ارقام، اثر انگشت و چهره انسان متمرکز شده‌اند ولی هم اکنون استفاده از الگوریتم‌های بازشناسایی

۱- مقدمه

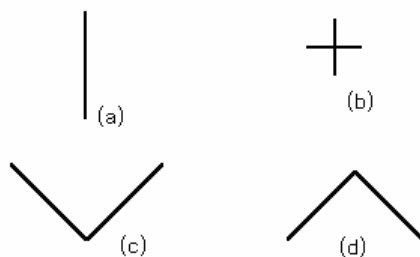
هدف الگوریتم‌های بازشناسی الگو^۱، بیان فرایند تصمیم‌گیری در طبقه بندی الگوی ناشناخته ورودی و پیاده سازی خودکار آن توسط رایانه می‌باشد. در بازشناسی الگو معمولاً فرض می‌شود که تعدادی الگوی از پیش طبقه بندی شده به عنوان مجموعه آموزشی

[۱][۲].

توانایی بیان اطلاعات کامل یک الگوی ساختاری توسط گرافهای معمولی محدود است. گراف توانایی بیان ویژگیهای عددی پیوسته مانند آنچه در شناسایی آماری الگو متداول است را ندارد از طرفی قابلیت برای نمایش اطلاعات سمبلیک (مثل رنگ) در آن پیش بینی نشده است. از اینرو گسترشی از گراف به نام گراف توصیفی را برای وارد کردن اطلاعاتی کاملتری از الگو در ساختمان داده گراف آن پیشنهاد شده است [۴].

گراف توصیفی^{۱۵} G_i یک سه تایی $G_i = \{Ni, Pi, Ri\}$ است که در آن Ni مجموعه گرهها، Pi مجموعه خاصیتها یا توصیف هر گره و بالاخره Ri مجموعه روابط بین گرهها یا در واقع خاصیت کمانهای G_i است. در واقع اگر بین گره a و b کمانی وجود داشته باشد، Ri مجموعه خواص آن کمان را با مشخصه (a,b) نشان می دهد.

مثال اول: در شکل (۱) چهار الگوی ساختاری ساده و در شکل (۲) گراف توصیفی هر یک آمده است. در گراف توصیفی، هر گره متناظر با یک قطعه خط^{۱۶} در نظر گرفته می شود. همانطور که دیده می شود، هر قطعه خط یکی از چهار نوع افقی، عمودی، مایل ۱۳۵ درجه و مایل ۴۵ درجه را دارد. علاوه بر آن طول قطعات نیز یکی از دو حالت بلند یا کوتاه می باشد.



شکل ۱- چهار الگوی ساختاری ساده

بنابراین مجموعه سمبلهایی که برای توصیف هر قطعه خط بکار می رود بصورت زیر خواهد بود.

$$S1 = \{S, L\} = \{\text{بلند, کوتاه}\} = \{\text{طول قطعه}\}$$

$$S2 = \{A, H, V, 135, 45\} = \{\text{افقی, عمودی, مایل ۴۵, مایل ۱۳۵}\} = \{\text{نوع قطعه}\}$$

پس در توصیف^{۱۷} هر قطعه خط، دو سمبل یکی برای نوع و دیگری برای طول آن بکار می رود. کمان بین دو گره نیز نوع ارتباط بین دو قطعه خط متناظر را نشان می دهد. برای کمانها نیز خاصیت "نوع اتصال" که نشان دهنده نوع ارتباط بین دو قطعه می باشد، در نظر گرفته شده است. مجموعه سمبلهایی که برای خاصیت کمانها بکار می رود بصورت زیر فرض شده است. در شکل ۲، گراف توصیفی شکل ۱ آمده است.

$$T1 = \{C, U, D\} = \{\text{اتصال پایین, اتصال بالا, اتصال صلیبی}\} = \{\text{نوع اتصال}\}$$

الگو در بسیاری از علوم و فنون مهندسی، دیده می شود.

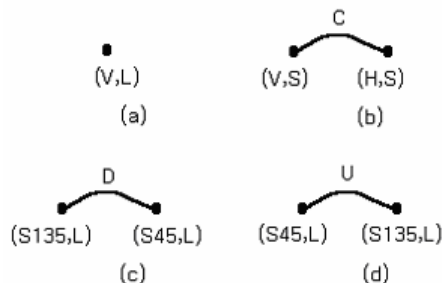
سه روش کلی در شناسایی الگو وجود دارد: تصمیم گیری نظری بر اساس مفاهیم آماری، بکارگیری شبکه عصبی و روش ساختاری [۱]. در روش آماری، هر الگویی توسط مجموعه ای از ویژگیها با مقادیر عددی و بفرم بردار ویژگی بیان شده و طبقه بندی در فضای ویژگی با استفاده از تابع جدا ساز^۲ مانند طبقه بندی کننده گوسی^۴ انجام می شود. در این روشها، معمولاً فرض می شود که تابع توزیع آماری ویژگیها یا از پیش مشخص بوده و یا قابل تخمین می باشد [۲]. در صورتی که تخمین تابع توزیع ویژگیها به درستی صورت نگیرد، نرخ خطا در این روشها بالا بوده که در این صورت استفاده از شبکه های عصبی راهگشا خواهد بود. در عمل یک شبکه عصبی می تواند همانند یک طبقه بندی کننده با تعداد زیادی پارامترهای قابل تنظیم تصور شود که درجه آزادی آن با توجه به نیاز طبقه بندی کننده، قابل تغییر است [۳].

در روش باز شناسی ساختاری یا نحوی^۵، الگوی ورودی به مجموعه ای از الگوهای اولیه^۶ و یک ساختار که رابطه بین الگوهای ابتدایی را مشخص می کند، تجزیه می شود. دو روش کلی برای بیان ساختار در شناسایی الگو وجود دارد، گرامرهای با ساختار عبارتی^۷ و گرافها. در روش اول برای هر کلاسی از الگوها، یک گرامر با ساختار عبارتی مستقل از متن^۸ و با روند استنتاج گرامری^۹ ساخته می شود. هر الگوی ناشناخته توسط رشته ای از الگوهای اولیه بیان می گردد. اگر رشته الگو توسط گرامر یکی از کلاسها، قابل تجزیه^{۱۱} باشد، الگو شناسایی شده و به کلاس متناظر با آن گرامر منتسب می گردد [۱]. از آنجایی که توصیف رشته ای بطور اساسی یک ساختار خطی است، به منظور نمایش ساختارهای غیر خطی و چند بعدی احتیاج به گرامرهای مناسب مثل گرامر درختی است. روش دیگری که برای توصیف ساختار چند بعدی الگو مناسب است، استفاده از گراف می باشد.

۲- گراف در شناسایی ساختاری الگو

گراف جهت دار^{۱۱} ابزاری مناسب برای نمایش اطلاعات به یکدیگر وابسته^{۱۲} است، از اینرو در شناسایی ساختاری الگو که بخشی از اطلاعات، رابطه بین الگوهای اولیه است، می تواند مفید باشد. گراف دلخواه G بصورت یک دوتایی $G = \{N, R\}$ که N مجموعه گرهها (یا رئوس^{۱۳}) و R یک ماتریس $N \times N$ برای کمانهای G (یا لبه ها) است که در واقع رابطه بین گرهها را نشان می دهد. یک راه برای شناسایی ساختاری آن است که برای هر کلاسی از الگوهای ساختاری یک گراف پیش الگو^{۱۴} در نظر گرفته شود. در مرحله شناسایی نیز هر الگوی ناشناخته ورودی توسط نمایش ساختاری آن به یک گراف تبدیل شده و سپس با گرافهای پیش الگو مقایسه گردد. این شیوه شبیه به روش k -NN در شناسایی آماری الگوست

بسیاری از ویژگی‌هایی^{۱۸} که در شناسایی الگو استفاده می‌شود، طبیعت فازی دارند. برای مثال اگر طول یک قطعه خط، از ویژگی‌های وارد شده در گراف توصیفی الگو باشد، ممکن است به یکی از سمبولهای (مجموعه‌های) "کوتاه"، "متوسط" و "بلند" متناسب گردد که می‌توان آن را با مجموعه‌های فازی نمایش داد. به همین دلیل گراف توصیفی فازی، برای وارد کردن اطلاعات فازی در گراف توصیفی معرفی گردید [۶].



شکل ۲- گراف توصیفی برای ۴ الگوی شکل ۱

۴- گراف توصیفی فازی

گراف توصیفی فازی^{۱۹} یا FAG گسترش گراف توصیفی یا AG است. در گراف وصفی گره‌ها (الگوهای ابتدایی) و کمانها (رابطه بین الگوهای اولیه) می‌توانند خصوصیات مختلفی از مجموعه سمبولهای ممکنه داشته باشند. از آنجاییکه انتساب یک سمبول صریح به یک خصوصیت خاص از الگوهای ناشناخته ممکن است منجر به حذف پاره‌ای از اطلاعات آن الگو گردد، خاصیت‌های گره‌ها و کمانها با مجموعه‌های فازی بیان می‌گردد.

در یک گراف وصفی فازی، هر گره‌ای خواصی از مجموعه $Z = \{z_i \mid i = 1, 2, \dots, I\}$ را دارد و هر خاصیت z_i می‌تواند مقادیری از سمبولهای $S_i = \{s_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, J_i\}$ را اختیار کند.

مجموعه همه جفت‌های خواص و مقادیر مربوطه^{۲۰} برای رئوس $L_v = \{(z_i, A_{si}) \mid i = 1, 2, \dots, I\}$ است و A_{si} یک مجموعه فازی روی مجموعه "خاصیت-گره-مقدار" S_i است. و بطور مشابه هر کمان خاصیتی از مجموعه $F = \{f_i \mid i = 1, 2, \dots, I\}$ را دارد که هر f_i مقادیری از $T_i = \{t_{ij} \mid j = 1, 2, \dots, J_i\}$ را خواهد داشت. در این حالت مجموعه همه جفت‌های "خاصیت-کمان-مقدار" برای روابط، $L_a = \{(f_i, B_{Ti}) \mid i = 1, 2, \dots, I\}$ است که B_{Ti} یک مجموعه فازی روی مجموعه "خاصیت-کمان-مقدار" T_i یعنی T_i است.

هر گراف وصفی یک ساختار گراف زیرین یعنی H دارد که همه رئوس و کمانها را نشان داده و خواص هر یک، از مجموعه‌های L_v و L_a انتخاب شده است. بنابراین FAG یا گراف وصفی فازی بصورت زیر تعریف می‌شود:

تعریف اول: یک FAG یا گراف وصفی G روی $L = (L_v, L_a)$ با گراف زیرین $H = (N, E)$ بصورت جفت مرتب (V, A) تعریف می‌شود که $V = (N, \sigma)$ مجموعه رئوس فازی و $A = (E, \delta)$ مجموعه کمانهای فازی است. در این حالت، σ و δ به ترتیب تابع عضویت^{۲۱} رئوس و کمانها بوده که روی مجموعه‌های N و E تعریف می‌گردد.

مثال دوم: فرض کنید الگوهای اصلی شکل ۱ داده شده است. می‌خواهیم از FAG برای بیان الگوهای دستنویس شکل ۳ - الف استفاده کنیم.

برای مقایسه دو گراف توصیفی علاوه بر تطابق و شباهت بین دو گراف اصلی، شباهت در خواص گره‌ها و کمانهای متناظر نیز مطرح می‌گردد [۱].

البته در مسائل واقعی شناسایی الگو، مانند شناسایی حروف و ارقام، ممکن است تعداد خواص گره‌ها زیاد باشند. از طرفی کمانهای ارتباط بین دو گره نیز خود دارای خاصیت‌های مختلفی خواهند بود. مشکل دیگری که در خواص مختلف گره‌ها و کمانهای یک الگوی ناشناخته (مثل حروف دست نویس) وجود دارد، ابهام در اطلاعات ورودی است. به عبارت دیگر، اگر خاصیتها بطور صریح و با سمبولهای شناخته شده بیان گردد، مقداری از اطلاعات را از دست خواهیم داد. در اینجا سعی شده توسط تئوری مجموعه‌های فازی، اطلاعات مبهم نیز در گراف توصیفی وارد گردد.

۳- تئوری مجموعه‌های فازی در شناسایی الگو

تئوری مجموعه‌های فازی اولین بار توسط پروفیسر زاده در سال ۱۹۶۵ میلادی مطرح گردید [۵] و هم اکنون بعنوان یک ابزار ریاضی برای بیان مسائل نادقیق و مبهم بکار می‌رود. در تئوری کلاسیک مجموعه‌ها یک عنصر یا متعلق به یک مجموعه هست یا نیست. این نوع بیان، دقت بیش از حدی را به دنبال دارد که در زندگی روزمره کمتر با آن سروکار داریم. برای مثال بجای آنکه بگوییم "قد کسی ۱۸۵ سانتیمتر است" می‌گوییم "او بلند قد است" در همین حال قد ۱۸۸ سانتیمتر را هم "بلند" می‌دانیم. در واقع ممکن است متغیر زبانی "قد" را برای اشخاصی که بلندتر از ۱۸۰ سانتیمتر هستند را با مجموعه افراد "بلند" بیان کنیم. مجموعه‌های فازی ابزاری ریاضی برای مدلسازی چنین مفاهیمی (مثل بلندی قد) که مرزی دقیق بین عضویت و عدم عضویت نداشته و تغییرات بین ایندو تدریجی صورت می‌گیرد، می‌باشد.

بشر در تصمیم‌گیریهای کمتر از مقادیر دقیق استفاده می‌کند و بجای آن از ویژگی‌هایی که فازی هستند (مثل بلندی، کوتاهی، سردی و گرمی) کمک می‌گیرد. از طرفی در شناسایی الگو تصمیم‌گیری در انتساب الگوی ناشناخته به یکی از کلاسهای شناخته شده مطرح می‌گردد، در نتیجه یکی از راه‌های مدلسازی تصمیم‌گیری بشری در شناسایی الگو، استفاده از منطق و ریاضیات فازی است.

مثال سوم: FAG الگوی b در شکل ۱ که در مثال قبل نمونه های دستنویس آن بیان شد، با زیر گراف شکل ۳- ب بصورت زیر است

الگوی b شکل ۳:

$$\begin{aligned} \text{گره اول} \quad V1 &= \{ S1, S2 \} \\ S1 &= \{ 0.0/S135, 0.0/S45, 0.0/V, 1.0/H \} \\ S2 &= \{ 1.0/S, 0.0/L \} \\ \text{گره دوم} \quad V2 &= \{ S1', S2' \} \\ S1' &= \{ 0.0/S135, 0.0/S45, 1.0/V, 0.0/H \} \\ S2' &= \{ 1.0/S, 0.0/L \} \\ \text{کمان} \quad A1 = C &= \{ 1.0/C, 0.0/U, 0.0/D \} \end{aligned}$$

۵- چهارچوب شناسایی بر اساس گراف توصیفی فازي

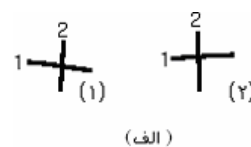
ما در این بخش یک روش عمومی شناسایی الگو را بر اساس FAG توضیح می‌دهیم. قبل از آنکه وارد بحث شویم ذکر این نکته لازم است که درک بشر از یک صحنه پیچیده بر اساس شناسایی الگوهای از پیش تعریف شده^{۲۲} صورت می‌گیرد. از طرف دیگر الگوهای از پیش شناخته شده، کاملاً صریح و غیرفازی بوده اما اطلاعات الگوهای واقعی و عملی که بیان متداول الگوهای از پیش تعریف شده هستند، مبهم بوده و باید بصورت فازی بیان گردد.

آنچه گفته می‌شود عمومی سازی روشی است که در [۶] و [۱۳] بیان شده است. یکی از روشهای متداول شناسایی الگو محاسبه شباهت الگوی ناشناخته با پیش الگوها (یا الگوهای "ایده‌آل") و مطابقت آنها می‌باشد. بدین منظور مجموعه‌ای از پیش الگوها (یا الگوهای از پیش تعریف شده) در نظر گرفته می‌شود. نمایش این پیش الگوها بصورت FAG سخت یا HFAG^{۲۳} که همه مجموعه های فازي آن غیرفازی^{۲۴} شده (یعنی تابع عضویت آنها تنها دو مقدار صفر یا یک را اختیار می‌کند) انجام می‌شود (مانند مثال سوم). در واقع پیش الگوها همان الگوهای "ایده‌آل" هستند که بعنوان قالب تطابق استفاده می‌شوند. اما از آنجاییکه هر نمونه واقعی از الگوها فازي است، الگویی که مطابقت داده می‌شود بصورت FAG بیان می‌شود.

به منظور بدست آوردن روشی برای تطابق در ابتدا به نکاتی چند که در بیان FAG نهفته اشاره می‌کنیم. در واقع مقدار تابع عضویت مجموعه فازي می‌تواند بعنوان میزان سازگاری یک شی و توصیفهای گوناگون آن تعبیر شود. برای مثال توصیف i ام گره‌ای یعنی Si را که دارای مقادیر sij است را در نظر بگیرید که مجموعه فازي A بیانگر توصیف Si باشد،

$$A_{si} = \{ \mu_{A_{si}}(s_{ij}) / s_{ij} \mid s_{ij} \in S_i \} \quad (1)$$

در واقع مجموعه فازي فوق بصورت "درجه درستی خاصیت sij برای توصیف Si برابر $\mu_{A_{si}}(s_{ij})$ می‌باشد"، قابل بیان است. برای ایجاد تطابق بین گراف قالب H و گراف الگوی ناشناخته G می‌توانیم



شکل ۳- چند الگوی دست نویس از الگوی b در شکل ۱ (الف) به همراه گراف توصیفی آن (ب)

مشابه مثال اول، هر الگو به تعدادی قطعه خط اصلی تجزیه می‌شود. در این حالت، هر گره‌ای از گراف قطعه متناظر را نشان داده و نوع اتصال بین قطعات توسط کمان گراف بیان می‌گردد. برای قطعات دو خاصیت "طول" و "نوع" که به ترتیب با مجموعه های فازي S1 و S2 و برای کمان نیز خاصیت "نوع" در نظر گرفته شده که با مجموعه فازي C بیان می‌گردد. زیر گراف FAG های مربوط به الگوهای ۱ و ۲ شکل ۳- ب آمده است. توصیفهای فازي هر الگوی بشرح زیر می‌باشد.

الگوی ۱:

$$\begin{aligned} \text{گره اول} \quad V1 &= \{ S1, S2 \} \\ S1 &= \{ 0.1/S135, 0.0/S45, 0.0/V, 0.9/H \} \\ S2 &= \{ 0.8/S, 0.2/L \} \\ \text{گره دوم} \quad V2 &= \{ S1', S2' \} \\ S1' &= \{ 0.0/S135, 0.1/S45, 0.85/V, 0.0/H \} \\ S2' &= \{ 0.9/S, 0.1/L \} \\ \text{کمان} \quad A1 = C &= \{ 0.9/C, 0.0/U, 0.1/D \} \end{aligned}$$

الگوی ۲:

$$\begin{aligned} \text{گره اول} \quad V1 &= \{ S1, S2 \} \\ S1 &= \{ 0.0/S135, 0.1/S45, 0.0/V, 0.9/H \} \\ S2 &= \{ 0.8/S, 0.1/L \} \\ \text{گره دوم} \quad V2 &= \{ S1', S2' \} \\ S1' &= \{ 0.05/S135, 0.0/S45, 0.9/V, 0.0/H \} \\ S2' &= \{ 0.8/S, 0.1/L \} \\ \text{کمان} \quad A1 = C &= \{ 0.9/C, 0.1/U, 0.0/D \} \end{aligned}$$

همانطور که مشخص است FAG می‌تواند اطلاعات مبهم ورودی را تا حد قابل قبولی بیان کند. به علت عمومی بودن ساختار داده‌ای FAG و توانایی آن در بیان توصیف الگوهای پیچیده [۷]، امروزه استفاده از آن کاربردهای متنوعی در بازشناسی الگوهای پیچیده دست نویس [۸]، بازشناسی برخط کارکترهای دستنویس پیچیده (همانند خط چینی) [۹][۶]، تحلیل و بازشناسی صحنه‌های پیچیده [۱۰][۱۱] و بینایی ماشین [۱۲] پیدا کرده است. از آنجاییکه توصیفگرها در FAG فازي شده‌اند، با همین طرز نمایش در FAG، توصیفهای صریح و غیر فازي را هم می‌توان نمایش داد که در مثال زیر، نمونه‌ای آمده است.

تطابق عددی درج نشده که نشان دهنده عدم تطابق گرافهاست. گراف زیرین دو الگوی شکل ۳- الف با الگوهای b ، c ، d و شکل ۱ یکسان است بنابراین مقدار تطابق FAG این دو الگو با HFAG های ذکر شده قابل محاسبه است. همانطور که دیده می‌شود، الگوهای ۳- الف به کلاس شکل ۱- b متعلق هستند.

پیش الگو \ الگوی دست نویس	الگوی a-۱	الگوی b-۱	الگوی c-۱	الگوی d-۱
الگوی ۳- الف-۱	--	۰/۸	۰	۰
الگوی ۳- الف-۲	--	۰/۸	۰	۰

جدول ۱- درجه تطابق الگوهای ۳- الف با الگوهای شکل ۱

۶- ارزش ویژگی‌ها در شناسایی الگو

همانطور که گفتیم شناسایی الگو براساس مقایسه ویژگیهای یک الگوی ناشناخته با ویژگیهای کلاسهای شناخته شده انجام می‌شود. بشر در شناسایی الگو برای ویژگیهای مختلف ارزشهای گوناگونی قائل است. برای مثال اگر شخصی " کمی تب " داشته باشد ممکن است سرما خورده باشد و مسئله مهمی نیست. اما اگر به همراه آن " سردرد "، " تهوع " و " سرگیجه " هم باشد دلیل بر مریضی است که باید به آن توجه شود. ولی اگر تب به اندازه‌ای شدید باشد که شخص بیمار هذیان بگوید باید او را به پزشک رسانید، در حالیکه ممکن " سردرد "، " تهوع " و " سرگیجه " هم داشته باشد یا نداشته باشد. به عبارت دیگر در این طبقه بندی، ویژگی " تب شدید " خیلی مهمتر از سایر ویژگیهاست

در مدل سازی منطق انسانی توسط ریاضیات فازی متغیرهای زبانی توسط مجموعه‌های فازی بیان می‌شوند. برای بیان صحیحتر یک متغیر زبانی در زبانهای طبیعی، قیود زبانی وجود دارد که در ریاضیات فازی توسط اصلاح گره‌های فازی^{۲۶} مدل شده‌اند. از دید تئوری مجموعه‌های فازی، یک قید زبانی عملگری است که معنای یک متغیر زبانی (مجموعه فازی متناظر) را تغییر می‌دهد. اگر A یک ویژگی و m یک قید زبانی باشد، آنگاه B = m(A) یک ویژگی مرکب است که نتیجه اعمال قید m بر ویژگی A است. برای مثال الگوهای ریاضی رایج برای دو قید زبانی " خیلی " و " کم و بیش " عبارتند از [۱۴]:

$$\begin{aligned} \text{Very } A(u) &= [\mu A(u)]^2 \\ \text{More and Less } A(u) &= [\mu A(u)]^{0.5} \end{aligned} \quad (۶)$$

درستی عبارت زیر را امتحان کنیم.

" قالب H دارای خاصیت sij است و الگوی G دارای خاصیت sij است "

این مقدار توسط بیان فازی $(\mu_{Gsi}(sij) \wedge \mu_{Hsi}(sij))$ بدست می‌آید. در اینصورت می‌توانیم مقدار نزدیکی قالب H و الگوی G را برای توصیف Si روی همه مقادیر این توصیف بصورت زیر بیان کنیم.

" قالب H دارای خاصیت si1 است و الگوی G دارای خاصیت si1 است) یا (قالب H دارای خاصیت si2 است و الگوی G دارای خاصیت si2 است) یا ... "

البته این بیان برای توصیف i ام بوده و می‌تواند برای همه توصیفها تکرار شود. بنابراین تعریف زیر را ارائه می‌دهیم.

تعریف دوم : فرض کنید G1 و G2 دو FAG با گرافهای زیرین $H1=(N1,E1)$ برای G1 و $H2=(N2,E2)$ متعلق به G2 باشند بگونه‌ای که H1 و H2، یکریخت^{۲۵} باشند، در اینصورت درجه تطابق γ بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$\gamma(G_1, G_2) = \bigwedge_{i \in N_1} \{ \alpha(i, h(i)) \} \cdot \bigwedge_{(i, j) \in E_1} \{ \beta(e_1(i, j), e_2(h(i), h(j))) \} \quad (۲)$$

که h(i) گره‌ای در G2 است که متناظر با گره i ام در G1 می‌باشد و $e_k(i,j)$ نیز کمان پیوند دهنده گره‌های i و j در گراف Gk است. مقدار $\alpha(i,j)$ میزان تطابق بین گره i و j بوده که بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$\alpha(i, j) = \bigwedge_{1 \leq m \leq l} \{ \bigvee_{1 \leq n \leq jm} [\mu_{A_k S_m}(S_{mn}) \wedge \mu_{A_j S_m}(S_{mn})] \} \quad (۳)$$

که $A_k S_m$ مجموعه فازی توصیف Si در گراف k می‌باشد بطور مشابه مقدار $\beta(e_i, e_j)$ نیز تطابق بین کمان e_i و e_j کمان e_j بوده که بصورت رابطه (۴) قابل تعریف است.

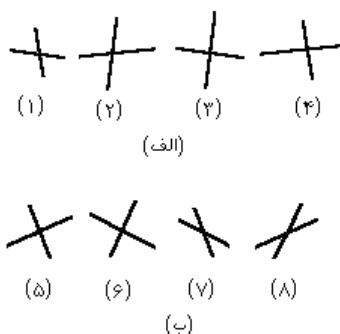
$$\beta(e_i, e_j) = \bigwedge_{1 \leq m \leq l'} \{ \bigvee_{1 \leq n \leq jm} [\mu_{B_k T_m}(t_{mn}) \wedge \mu_{B_j T_m}(t_{mn})] \} \quad (۴)$$

در اینجا $B_k T_m$ مجموعه فازی توصیف کمان T_m از گراف k است $(k=1,2)$. پس بطور خلاصه فرض کنید N کلاس Wi از الگوها موجود باشد $(i=1,2,...,N)$ در این روش شناسایی ساختاری ابتدا FAG الگوی ناشناخته (یعنی G) محاسبه شده و سپس درجه تطابق آن با همه پیش الگوهای غیز فازی (یا الگوهای ایده‌آل هر کلاس یعنی Hi) بدست می‌آید و در انتها الگوی ناشناخته به کلاسی که بیشترین تطابق را داشته باشد منتسب می‌گردد. یعنی داریم:

$$\text{Max } (\gamma(G, H_i)) = \gamma(G, H_j) \Rightarrow G \in W_j \quad (۵)$$

مثال چهارم: در جدول (۱) حاصل تطابق الگوهای ۱ و ۲ شکل ۳- الف که FAG آنها در مثال ۲ بیان شده است با HFAG های هر یک از الگوهای شکل ۱ آمده است. زیرگراف این دو الگوی دست نویس با الگوی شکل ۱- a متفاوت است بنابراین در ستون مقدار

توان یک برای "مهم" و توان یک دوم برای "کم و بیش مهم" استفاده می‌شود.



شکل ۴- الگوهای آزمایش شده برای مقایسه روش‌های

FAG معمولی و اصلاح شده

در جدول (۲) بیان فازی ویژگیهای الگوهای شکل ۴ به و در جدول (۳) درجه تطابق عادی و اصلاح شده آنها با FAG الگوی "+" آمده‌است. همانطور که دیده می‌شود با درجه تطابق اصلاح نشده نمی‌توان بین دو گروه شکل ۴- الف و ۴- ب تمایزی قائل شد اما درجه تطابق اصلاح شده برای گروه "+" بیشتر یا مساوی ۰/۷ و برای گروه غلط کمتر یا مساوی ۰/۲۵ شده است. پس به راحتی می‌توان توسط درجه تطابق اصلاح شده این دو گروه را متمایز کرد.

۸- خودکار سازی قیود در شباهت اصلاح شده

در قسمت قبل، مثالی برای توانایی قیود زبانی در اصلاح معیار شباهت دو FAG ارائه شد که بر مبنای وجود کاربر خبره و تشخیص تغییر اهمیت مشخص‌های فازی بوده است. ولی در عمل ممکن است کاربر خبره حضور نداشته باشد و آنچه در این حالت موجود است، تعدادی الگوست که مشخص است مثلاً شباهت کمتری به کلاس مورد نظر دارد ولی سیستم تشخیص الگو آنها را در کلاس مورد نظر، گروه بندی می‌کند. در این مورد می‌توان الگوریتمی برای خودکار سازی بکارگیری قیود استفاده شده در معیار شباهت، بر مبنای بیشینه کردن شباهت درون کلاسی و کمینه کردن شباهت برون کلاسی مطرح نمود. در روش پیشنهادی ابتدا با توجه به تنوع ایجاد شده در الگوهای یک کلاس، این الگوها به دو گروه درون کلاسی و برون کلاسی تقسیم می‌شوند. منظور از الگوهای درون کلاسی، الگوهایی هستند که بعد ایجاد تغییرات، هنوز هم متعلق به کلاس، گروه بندی می‌شوند. الگوهای برون کلاسی نیز الگوهایی هستند که به علت تغییرات ایجاد شده، دیگر متعلق به کلاس مورد نظر، گروه بندی نمی‌شوند. در مثال مطرح شده در قسمت قبل، الگوهای شکل (۴- الف) درون کلاسی و (۴- ب) برون کلاسی می‌باشند.

۷- اصلاح چهارچوب شناسایی الگو توسط قیود زبانی

استفاده از قیود زبانی یا اصلاح گره‌های فازی براحتی به چهارچوب شناسایی ساختاری براساس FAG قابل توسعه است. رابطه (۱) در بخش ۵، درجه تطابق بین دو FAG را بصورت $\gamma(G1, G2)$ محاسبه می‌کند. روابط (۲) و (۳) نیز برای محاسبه هر یک از $\alpha(i, j)$ و $\beta(e_i, e_j)$ پیشنهاد شده‌اند. در این دو رابطه ابتدا محاسبه مقدار غالب یک ویژگی بصورت حداکثر (ترکیب عطفی یعنی یا) تابع عضویت مقادیر آن صورت گرفته و سپس مقدار حداقل مقادیر غالب (ترکیب فصلی یعنی و) بعنوان $\alpha(i, j)$ یا $\beta(e_i, e_j)$ انتخاب می‌گردد. برای وارد کردن قیود زبانی در بیان اهمیت ویژگی‌های مختلف کافی است انتخاب حداقل مقادیر غالب پس از اعمال اصلاح گره‌های فازی صورت گیرد، به بیان دیگر روابط (۲) و (۳) بصورت زیر اصلاح می‌گردد.

$$\alpha(i, j) = \bigwedge_{1 \leq m \leq I} \quad (7)$$

$$\left\{ \bigvee_{1 \leq n \leq Jm} [\mu_{A_1 S_m}(S_{mn}) \wedge \mu_{A_2 S_m}(S_{mn})] \right\}^{NM(i, m)}$$

$$\beta(e_i, e_j) = \bigwedge_{1 \leq m \leq I'} \quad (8)$$

$$\left\{ \bigvee_{1 \leq n \leq Jm'} [\mu_{B_1 T_m}(t_{mn}) \wedge \mu_{B_2 T_m}(t_{mn})] \right\}^{AM(i, j, m)}$$

منظور از ${}^{NM}(i, m)$ اصلاح‌گر فازی ویژگی m ام، گره i ام بوده و ${}^{AM}(i, j, m)$ نیز اصلاح‌گر فازی ویژگی m ام کمان بین گره i و j می‌باشد. البته بیان فوق بسیار کلی است و در عمل لازم نیست به تمام ویژگیها قید زبانی خاصی اعمال گردد.

در این قسمت مثالی برای بیان توانایی FAG با اصلاح گر فازی را نسبت به FAG معمولی ارائه می‌شود. در مثال ۴، شناسایی دو الگوی دست نویس از "+" توسط FAG معمولی بیان شد. در شکل ۴ الگوهای شبیه به "+" آمده که گروه الف آن واقعاً "+" بوده ولی گروه ب در کلاس "+" قرار نمی‌گیرند. با توجه به ویژگیهایی که در مثال ۴ استفاده شده، بررسی الگوی "+" نشان می‌دهد که چهار ویژگی در این الگو وجود دارد، افقی بودن قطعه اول، عمودی بودن قطعه دوم، ارتباط صلیبی گونه بین دو قطعه و نهایتاً کوتاه بودن طول دو قطعه.

البته بررسی دقیقتر نشان می‌دهد که افقی بودن قطعه اول و عمودی بودن قطعه دوم به مراتب مهمتر از کوتاه بودن هر دو قطعه است. برای استفاده از این واقعیت در FAG اصلاح شده می‌توان به ترتیب از قیود زبانی "خیلی مهم"، "مهم" و "کم و بیش مهم" برای ویژگیهای "نوع قطعات"، "ارتباط بین قطعات" و "طول قطعات" استفاده کرد. در این حالت اصلاح گر توان دو برای "خیلی مهم"،

الگو	قطعه اول						قطعه دوم						کمان		
	H	V	S45	S135	S	L	H	V	S45	S135	S	L	C	U	D
۱	/۸	۰	۰	/۱	/۸	/۱	۰	/۸	/۱	۰	/۸	/۱	/۹	۰	/۱
۲	/۸۵	۰	/۱	۰	/۵	/۵	۰	/۹	/۱	۰	/۵	/۵	/۹	/۱	۰
۳	/۸۵	۰	۰	/۱	/۸	/۱	۰	/۹	/۱	۰	/۵	/۶	/۹	۰	۰
۴	/۹	۰	/۱	۰	/۶	/۴	۰	/۸۵	۰	/۱	/۸	/۲	/۸	/۱	۰
۵	/۵	۰	/۵	۰	/۸	/۱	۰	/۵	۰	/۵	/۸	/۱	/۹	۰	۰
۶	/۵	۰	۰	/۴	/۸	/۲	۰	/۸	/۳	۰	/۷	/۱	/۹	۰	/۱
۷	/۵	۰	۰	/۴	/۹	/۱	۰	/۷	۰	/۳	/۸	/۱	/۹	۰	/۱
۸	/۴۵	۰	/۴	۰	/۶	/۲	۰	/۶	/۳	۰	/۷	/۲	/۹	۰	۰

جدول ۲- ویژگیهای فازی الگوهای شکل ۴

شماره الگو (شکل ۴)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
درجه تطابق بدون اصلاح گر فازی	۰/۸	۰/۵	۰/۵	۰/۶۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴۵
درجه تطابق با اصلاح گر فازی	۰/۷۲	۰/۷	۰/۷	۰/۷۷	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲

جدول ۳- مقایسه عملکرد معیار شباهت اصلاح شده و اصلاح نشده برای الگوهای شکل ۴

۹- نتیجه

در این مقاله معرفی اجمالی از گراف توصیفی فازی انجام شد و رابطه‌ای جدید و کارتر از تعریف قبلی برای اصلاح شباهت بین دو گراف توصیفی فازی بیان گردید. در شناسایی الگو، مقایسه‌ای بین ویژگیهای الگوی ناشناس و خصوصیات کلاسهای شناخته شده صورت می‌گیرد. هر ویژگی ارزش خاص خودش را دارد پس باید بتوان به گونه‌ای ارزش هر ویژگی را در FAG آن که بیان فازی گراف وصفی است، وارد نمود. برای این کار از مدل قیود زبانی در تئوری مجموعه‌های فازی استفاده گردید. در ادامه با یک مثال، کارایی رابطه جدید درجه تطابق دو FAG پس از اعمال قیود زبانی مناسب بررسی گردید. در انتها نیز الگوریتمی برای خودکارسازی انتخاب توابع مناسب اصلاحگر از روی نمونه‌های آموزشی ارائه گردید.

در ادامه لازم است کلیه قیود قابل استفاده را مشخص کرده و تاثیر آنها را در تابع عضویت مشخص کنیم. در مثال قبل فرض می‌کنیم که فقط قیود زبانی "خیلی" و "کم و بیش" که تاثیر آنها در تابع عضویت در رابطه (۶) مشخص شده، استفاده می‌شود، بنابراین هر تابع عضویت مانند $[\mu A(u)]m$ به یکی از حالات $m \in \{0.5, 1, 2\}$ می‌باشد. به عبارت دیگر در این تبدیل خواهد شد که ۱, ۲, ۳, ۴, ۵, ۶, ۷, ۸, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲, ۱۳, ۱۴, ۱۵, ۱۶, ۱۷, ۱۸, ۱۹, ۲۰, ۲۱, ۲۲, ۲۳, ۲۴, ۲۵, ۲۶, ۲۷, ۲۸, ۲۹, ۳۰, ۳۱, ۳۲, ۳۳, ۳۴, ۳۵, ۳۶, ۳۷, ۳۸, ۳۹, ۴۰, ۴۱, ۴۲, ۴۳, ۴۴, ۴۵, ۴۶, ۴۷, ۴۸, ۴۹, ۵۰, ۵۱, ۵۲, ۵۳, ۵۴, ۵۵, ۵۶, ۵۷, ۵۸, ۵۹, ۶۰, ۶۱, ۶۲, ۶۳, ۶۴, ۶۵, ۶۶, ۶۷, ۶۸, ۶۹, ۷۰, ۷۱, ۷۲, ۷۳, ۷۴, ۷۵, ۷۶, ۷۷, ۷۸, ۷۹, ۸۰, ۸۱, ۸۲, ۸۳, ۸۴, ۸۵, ۸۶, ۸۷, ۸۸, ۸۹, ۹۰, ۹۱, ۹۲, ۹۳, ۹۴, ۹۵, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۹۹, ۱۰۰. به عبارت دیگر در این تبدیل خواهد شد که ۱, ۲, ۳, ۴, ۵, ۶, ۷, ۸, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲, ۱۳, ۱۴, ۱۵, ۱۶, ۱۷, ۱۸, ۱۹, ۲۰, ۲۱, ۲۲, ۲۳, ۲۴, ۲۵, ۲۶, ۲۷, ۲۸, ۲۹, ۳۰, ۳۱, ۳۲, ۳۳, ۳۴, ۳۵, ۳۶, ۳۷, ۳۸, ۳۹, ۴۰, ۴۱, ۴۲, ۴۳, ۴۴, ۴۵, ۴۶, ۴۷, ۴۸, ۴۹, ۵۰, ۵۱, ۵۲, ۵۳, ۵۴, ۵۵, ۵۶, ۵۷, ۵۸, ۵۹, ۶۰, ۶۱, ۶۲, ۶۳, ۶۴, ۶۵, ۶۶, ۶۷, ۶۸, ۶۹, ۷۰, ۷۱, ۷۲, ۷۳, ۷۴, ۷۵, ۷۶, ۷۷, ۷۸, ۷۹, ۸۰, ۸۱, ۸۲, ۸۳, ۸۴, ۸۵, ۸۶, ۸۷, ۸۸, ۸۹, ۹۰, ۹۱, ۹۲, ۹۳, ۹۴, ۹۵, ۹۶, ۹۷, ۹۸, ۹۹, ۱۰۰.

$$(۹) \text{ شباهت درون کلاسی به برون کلاسی} =$$

(مجموع شباهت‌های درون کلاسی) ÷ (مجموع شباهت‌های درون کلاس)
در اینصورت لازم است، شباهت درون کلاسی به برون کلاسی، بیشینه شود. برای این منظور می‌توان کلیه حالات قیود زبانی را در نظر گرفت و ترکیبی از قیود را انتخاب کرد که رابطه (۹) را بیشینه کند. اگر از روش پیشنهادی در خودکار سازی قیود زبانی برای مثال قبلی استفاده شود، جوابهای به دست آمده در بخش ۸، نتیجه خواهد شد.

K.P. Chan, "Learning Templates from Fuzzy Examples in Structural Pattern Recognition", IEEE Transaction on System, Man Cybernetic. Part B: Cybernetics, Vol. 26, No 1, pp 118-123, Feb. 1996. [۱۳]

H.J. Zimmermana, "Fuzzy Set Theory and its Applications", Kluwer Academic Publishers, 1996. [۱۴]

۱۱- پی نوشتها

- ۱- Pattern Recognition
- ۲- Learning
- ۳- Discriminant Function
- ۴- Gussian Classifier
- ۵- Syntactic
- ۶- Primitive Pattern
- ۷- Phrase structure grammars
- ۸- Context Free
- ۹- Grammatical Inference
- ۱۰- Parse
- ۱۱- Directed Graph or DiGraph
- ۱۲- Relational Information
- ۱۳- Vertices
- ۱۴- prototype relational graph
- ۱۵- Attribute Graph or AG
- ۱۶- Stroke or Segment
- ۱۷- Attribute
- ۱۸- Features
- ۱۹- Fuzzy Attribute Graph
- ۲۰- Attribute-Value
- ۲۱- Membership Function
- ۲۲- Prototype Pattern
- ۲۳- Hard FAG
- ۲۴- Crisp
- ۲۵- Monomorphic
- ۲۶- Fuzzy Modifier
- ۲۷- Node Modifier
- ۲۸- Arc Modifier

۱۰- مراجع

R.J. Schalkoff, "Pattern Recognition : Statistical, Structural and Neural Approaches" , John Wiley & Sons, 1992. [۱]

K. Fukunaga, "Introduction to Statistical Pattern Recognition", Second Edition, Academic Press, 1990. [۲]

C.M. Bishop, "Neural Networks for Pattern Recognition" , Oxford University Press, 1997 [۳]

W.H. Tsai and K.S. Fu, "Error Correcting Isomorphism of Attributed Relational Graph for Pattern Analysis", IEEE Trans. Sys., Man, Cybernetic, Vol. 9, No. 12, pp 757-768, Dec.1979. [۴]

L.A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information Control, Vol. 8, pp 338-353, 1965. [۵]

K.P. Chan, Y.S. Cheung, "Fuzzy Attribute Graph with Application to Chinese Character Recognition", IEEE Trans. Sys., Man and Cybernetic, Vol. 22, No. 4, pp 402-410, Mar. 1992. [۶]

N. Zhang, D.C. Wunsch, "A Fuzzy Attribute Graph Approaches to Sub Circuit Extraction Problem", IEEE International Conference on Fuzzy System, pp. 1063-1067, 2003. [۷]

Sh. Tsujii, N. Tanaka, S. Saga, "Structural freehand pattern identification based on drawing manner identification", Systems and Computers in Japan, Vol. 32, Issue 6, Pages 45 - 54, Apr. 2001. [۸]

C.L. Liu, M. Nakagawa, "Online Recognition of Chinese Characters: The State-of-the-Art", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 26, No. 2, Feb. 2004. [۹]

M.C. Boeres, C.C. Ribeiro, I. Bloch, "A Randomized Heuristic for Scene Recognition by Graph Matching", Lecture Notes in Computer Science (LNCS 3059), pp. 101-114, 2004. [۱۰]

A. Perchant, C. Boeres, I. Bloch, M. Roux e C.C. Ribeiro, "Model-based scene recognition using graph fuzzy homomorphism solved by genetic algorithm", 2nd IAPR TC-15 Workshop on Graph-based Representations in Pattern Recognition, 61-70, Haindorf, Austria, 1999. [۱۱]

G.A. Bilodeau and R. Bergevin, "Matching Graphs with Fuzzy Attributes in Machine Vision", International Journal of Robotics and Automation, Vol. 20, pp. 50-59, 2005. [۱۲]

