

## یک سیستم خبره فازی ژنتیکی برای طبقه بندی خودکار سوال در یک محیط

### یادگیری رقابتی

چکیده:

سیستم های آموزش هوشمند، ابزاری کارآمد و موثر برای سازگاری خودکار فرایند یادگیری با پیشرفت و نیاز های دانشجویان است. یکی از سازگاری های احتمالی، استفاده از یک سیستم مرتب سازی سوال تطبیقی میباشد که سحتی سوالات را با سطح دانش دانشجویین تطبیق می دهد. در این زمینه، طبقه بندی صحیح سوالات برای ارایه به دانشجویین بر طبق سطح سختی آن ها مهم است. بسیاری از سیستم ها برای برآورد و تخمین سختی سوالات توسعه یافته اند. با این حال تنوع در محیط های کاربرد موجب شده است تا استفاده از راه حل های موجود به سایر محیط ها سخت تر باشد. بنابر این، یک راه حل خاص به منظور تعیین سطح سختی سوالات باز به شکلی خودکار و هدفمند طراحی شده است. این راه حل را می توان به سایر فعالیت های با ویژگی های زمانی و اجرایی خاص به کار برد زیرا آزمون ها از طریق QUESTOURNAMENT می یابند. این ابزاری است که در پلاتفرم یادگیری الکترونیک مودل (محیط آموزشی دینامیک شئی گرای ماژولار) تلفیق می شود. راه حل پیشنهادی، یک سیستم خبره فازی است که از یک الگوریتم ژنتیکی به منظور تعیین سطح سختی استفاده می کند. از خروجی الگوریتم، این سیستم، قواعد فازی ای را تعریف می کند که این قواعد برای طبقه بندی سوالات استفاده می شود. داده های ثبت شده از یک فعالیت رقابتی در یک درس مهندسی مخابرات برای ارزیابی سیستم در برابر یک گروهی از کارشناسان استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که سیستم عملکرد موفقی دارد. بنابر این می توان نتیجه گرفت که سیستم قادر است تا کار طبقه بندی سوالات را در یک محیط یادگیری رقابتی انجام دهد.

**کلمات کلیدی:** سیستم های آموزش هوشمند، فناوری آموزشی، طبقه بندی خودکار سوالات، یادگیری رقابتی،

الگوریتم های ژنتیکی، سیستم های فازی

1-مقدمه

در طی سال های گذشته، فرایند یادگیری به طور قابل توجهی تغییر کرده است به طوری که این فرایند بیشتر به سمت دانشجو محوی و در نظر گرفتن نیاز ها و ویژگی های دانشجویان حرکت کرده است. مطالعات مختلف کارایی و اثر بخشی سیستم های یادگیری تطبیقی جدید را نشان داده اند (وردو، راگراس، وردو، دی کاسترو، پرز 2008). بسیاری از این سیستم ها با ارایه سوالات به دانشجویان بر اساس سطوح سختی و بر طبق مهارت ها و قابلیت های دانشجویان، تلاش می کنند تا به صورت تطبیقی عمل کنند. هدف اصلی، افزایش کارایی و سطح تعامل و انگیزش دانشجویان است (لیلی، بارکر و برتون 2004). سوالات بسیار سخت یا بسیار آسان، موجب ناامیدی و کاهش انگیزه دانشجویان می شود، در حالی که مرتب سازی یا ترتیب دهی سوالات تطبیقی، یک یادگیری موثر و کارآمد تر را ارایه می کند (واترز، دسمت و وان دن نورگات 2010). به علاوه، بر طبق (لی و هیورت 2000)، در صورتی که آیتم ها یا مسائل بر طبق سطح سختی طبقه بندی شوند، دانشجویان قادر هستند تا نمره بالاتری را کسب کنند، زیرا پس از حل مسائل آسان تر، آن ها احساس می کنند که انگیزه بیشتری برای حل سوالات سخت تر دارند.

از سوی دیگر، سیستم های یادگیری رقابتی، همانند سیستم QUESTOURnament، یک روش کارآمد برای در نظر گرفتن علایق، انگیزش و مشارکت دانشجویان با تحریک غرایز رقابتی آن هاست (اندرسون 2006، فیلیپوت، هال، هابینک و فلوری 2005). به علاوه، یادگیری رقابتی موجب کاهش تعویق می شود که یک دلیل رایج برای ناتوانی دانشجویان در انجام و تکمیل تکالیف است (لارونس 2004) و موجب بهبود فرایند یادگیری می شود (راگراس و همکاران 2009).

QUESTOURnament یک ابزار از راه دور می باشد که در پلتفرم یادگیری الکترونیک مودل تلفیق شده و به معلمان امکان سازمان دهی آزمون ها و رقابت های پویا را در هر حوزه دانشی می دهد (راگراس و همکاران 2009). دانش جویان بر سر دست یابی به بالاترین نمرات رقابت می کنند و در بالای رنکینگ قرار می گیرند. آن ها بایستی تمارین (موسوم به چالش ها در QUESTOURnament) را در یک محدوده زمانی و در اسرع وقت حل کنند، زیرا دستور نمره دهی با گذشت زمان تغییر می کند.

ماهیت رقابتی QUESTOURnament نه تنها موجب انگیزش دانشجویان می شود، بلکه می تواند موجب افزایش استرس و ناامیدی در دانشجویان ضعیف کلاس شود. افزودن رقبا و سوالات کافی به یک دانشجو می تواند یک

راهبرد موثر برای کاهش این اثرات منفی باشد (وو و همکاران 2007). از این روی، سیستم بایستی دانشجویان را بر اساس سطح دانش طبقه بندی کند به طوری که دانشجویان با مهارت های مشابه با یک دیگر رقابت کرده و به سوالات با یک سطح سختی مناسب برای آن ها پاسخ می دهند.

در این رابطه، طبقه بندی صحیح سوالات بر اساس سطح سختی مهم است. با این حال، معلمان به سختی قادر به برآورد صحیح سطح سختی بر اساس سطح مهارت دانش آموزان می باشند (واترینگ و ریجت 2006). تجربه به معلمان در برآورد بهتر سطح سختی سوالات کمک می کند با این حال حتی دانشجویان ارشد ممکن است مردود شوند و بایستی هنگام تحلیل پاسخ های داده شده توسط دانشجویان تجدید نظر شود. یک سیستم برآورد خودکار می تواند اساس و مبنایی برای یک فرایند انطباق موثر باشد.

تعداد زیادی از سیستم ها که به طور خودکار سطح سختی گزینه ها را برآورد می کنند را می توان در منابع یافت (برگوف 2001، چنگ، شن، بازو 2008، جانگ، چان، وو، لین 2006، لی 1996، واترز و همکاران 2010). با این حال، تغییر در ماهیت محیط های کاربرد موجب می شود تا استفاده از راه حل موجود به طور مستقیم در سایر کاربرد ها سخت شود. از این روی، یک راه حل ویژه، برای تبدیل سیستم یادگیری الکترونیک رقابتی QUESTOURnament به یک سیستم هوشمند طراحی شده است. هدف اصلی موثر تر سازی یادگیری و کاهش برخی از موانع عملی بر سر راه یادگیری رقابتی است.

این مقاله در مورد روایی و اعتبار یک سیستم خبره بحث می کند که به طور خودکار سطح سختی سوالات مطرح شده در سیستم یادگیری رقابتی QUESTOURnament را برآورد می کند. بخش 2، مسائل اصلی در مورد ادراک معلمان از سختی را معرفی کرده و تحقیقات در مورد راه حل ها را خلاصه می کند. سیستم خبره در بخش 3 توصیف شده است. بخش 4 با یک توصیفی از آزمایش انجام شده برای ارزیابی سیستم شروع می شود. سپس، یک مطالعه ای که به تحلیل صحت برآورد های سختی بدست آمده توسط سیستم هوشمند می پردازد، ارائه می شود. در نهایت، نتیجه گیری اصلی بیان شده است.

## 2- پیش زمینه

### 2-1 ادراک معلمان از سختی

برآورد صحیح سطح سختی مواد یادگیری و آموزشی (سوالات، آیتم ها) در طراحی و تعریف فرایندهای ارزیابی، سیستم های یادگیری تطبیقی یا روش های استاندارد گذاری بسیار مهم است. با این حال مطالعات بسیاری در مورد ادراک و برآورد سطح سختی توسط معلمان وجود دارد.

برآورد سطح سختی سوالات، کار آسانی نیست. مطالعات متعدد (الکساندر-لوندیو و فیلیپو 2005، هاجیدیمتریو و ویلیامز 2002، لی و هیورت 2000، واترینگ و ریجت 2006)، توانایی معلمان برای برآورد صحیح سطح سختی مواد آموزشی را زیر سوال ببرند، زیرا اغلب معلمان در شناسایی سطح سختی بر طبق توانایی دانشجویان با مشکل مواجه می شوند. به طور کلی، عملکرد دانش آموزان معمولاً توسط معلمان بیش از مقدار واقعی تخمین زده می شود (گودوین 1999، ایمپارا و پلاک 1998، ورهون، ورویجن، میتونجین، شفیر و وان در ولتن 2002). به علاوه، بر طبق واترینگ و ریجت (2006)، اگر صحت ادراک معلم از سختی توسط مقوله هایی تحلیل شود، معلمان معمولاً سختی آیتم های آسان را بیش از مقدار واقعی و سختی آیتم های سخت را کم تر از مقدار واقعی برآورد می کنند. ایمپارا و پلاک (1997) نیز پیشنهاد کرده اند که برآورد و تخمین صحیح سختی آیتم بسیار سخت است. با این حال آن ها فکر می کنند که معلمان به طور سیستماتیک، سختی گزینه های سخت را کم تر از مقدار واقعی و سختی گزینه های آسان را بیش از مقدار واقعی برآورد می کنند. در این رابطه، سایر نتایج متناقض را نیز می توان یافت. برای مثال، ماتر (2000) خاطر نشان کرده اند که معلمان در رتبه بندی سوالات بسیار سخت یا بسیار آسان موفق نبوده اند. در حالی که زو (2009) نشان داده است که معلمان، سخت ترین گزینه ها را بهتر طبقه بندی می کنند.

به طور خلاصه، اگرچه مطالعات قطعی در مورد تمایل معلمان در زمان طبقه بندی سوالات با سطح سختی وجود ندارد، همه محققان در مورد سختی انجام طبقه بندی اتفاق نظر دارند. از این روی یک سیستم خودکار برای تعدیل سطح سختی سوالات بر طبق رفتار دانش آموزانی می تواند یک ابزار پشتیبانی بسیار مفید و یک مولفه کلیدی برای محیط یادگیری تطبیقی باشد.

## 2-2 در جست و جوی یک راه حل هوشمند برای یک ابزار رقابتی

سیستم های آموزشی هوشمند وابسته به دامنه بسیاری وجود دارند که یک مسیر یادگیری کافی را از طریق موضوعات مختلف یک موضوع، و بر طبق آموخته های قبلی برای دانش آموزان ارائه می کنند. این سیستم ها بر

اساس روش هایی نظیر شبکه بیزین (هیبو و لابات 2004، ناه، کارتیکانی و نادجاران 2006، ووممل 2004) بوده و نیازمند یک تعریف قبلی از حوزه ها و دامنه های دانشی با استفاده از رشد شناسی خاص دامنه (کالکا و دی سانتو 2006) می باشد. مدل سازی این شبکه های اجزای دانش و وابستگی آن ها، تعمیم آن ها برای هر دانش آموز (نوگاز، ساکار و راموس 2005) به خصوص برای سیستم های مستقل از دامنه نظیر QUESTOURnament که می تواند برای موضوعات متنوع و سطوح آموزشی مختلف استفاده شود کار آسانی نیست.

بسیاری از ITS های مستقل از دامنه بر پایه سوالات و مسائل سازگار با سطح دانش دانش آموزان تاکید دارند. آن ها اغلب از نظریه پاسخ سوال (IRT) برای برآورد هر دو ویژگی هایسوالات نظیر سختی یا احتمال حدس و سطح دانش دانش آموزان (چن، لی وچن 2005، لیلی و همکاران 2004) مستقل از دامنه دانشی استفاده می کنند. با این حال، کاربرد صحیح نظریه های سنتی برای آزمون ها اشاره به برخی از فرضیات دارند که با بسیاری از شرایط امتحانی قابل مقایسه نیستند به خصوص زمانی که ابزار های آموزش از راه دور برای یادگیری از راه دور استفاده شوند. به علاوه برخی از ویژگی های ابزار های آموزشی خاص نظیر ماهیت رقابتی QUESTOURnament، موجب شده است تا این تئوریهها برای محیط مورد مطالعه سخت باشند.

مدل های رایج IRT معمولاً یک بعدی هستند یعنی آن ها فرض می کنند که پاسخ به یک سوال بستگی به یک صفت، معمولاً سطح دانش دارد. به علاوه، معمولاً فرض می شود که پاسخی که یک دانش آموز به یک سوال خاص می دهد بستگی به پاسخ های داده شده به سایر سوالات ندارد (امبرستون و ریس 2000). از این روی، استفاده از IRT مستلزم طراحی دقیق تست ها دارد به طوری که هر دو شرایط برآورده شوند. به علاوه، IRT مرسوم تنها صحت پاسخ را مدل سازی می کند و زمان پاسخ را نادیده میگیرند زیرا در آزمون های خالص استفاده می شوند (راسکام 1997)، که فرض می کند دانش آموزان زمان نامحدودی برای حل یک سوال دارند. حتی اگر زمان محدود را بتوان فرض کرد، حداقل نیاز باید این باشد که زمان یک فاکتور موثر بر پاسخ دانشجویان نمی باشد. با این حال در یک محیط رقابتی نظیر QUESTOURnament، زمان بسیار مهم است زیرا تنها اولین دانش آموزی که به سوال به طور صحیح پاسخ می دهد قادر است تا بالاترین نمره را برای آن سوال بدست بیاورد. از این روی، عوامل مختلفی وجود دارند که موجب انحراف در نتایج بدست آمده توسط روش های IRT می شوند به خصوص زمانی که به سیستم QUESTOURnament اعمال شود.

دانش آموزان می توانند از راهبرد های مختلف در طی رقابت استفاده کنند و حتی عوامل مختلف مربوط به شخصیت می توانند تعیین کننده پاسخ نهایی دانش آموزان به یک سوال باشد. چندین سوال می توانند در عین حال ایجاد شوند و دانش جویان باید یکی از آن ها را برای حل کردن انتخاب کنند. بسیاری از دانش آموزان تمایل دارند تا همه سوالات مختلف را بخوانند و سوالی را انتخاب کنند که ظاهراً آسان ترین است. سوالات سخت معمولاً چندین بار خوانده می شوند و پس از پاسخ به ساده ترین آن ها، پاسخ داده می شوند. از سوی دیگر، دو دانش آموز با سطح دانش یکسان می توانند به طور متفاوتی به یک سوال پاسخ دهند زیرا یکی از دانشجویان می تواند بسیار مصر باشد و زمان بیشتری را به حل سوال تخصیص دهد در حالی که دیگری به دلیل رقابت اضطراب داشته باشد و سریعاً اولین سوال را پاسخ دهد. در نتیجه، زمان و تعداد خواندن ها، عوامل مهمی هستند که بایستی در مدل در نظر گرفته شوند با این حال مدل سازی آن بستگی به رفتار واقعی دانش آموز دارد.

به علاوه وقتی که معلمان سوالات را وارد QUESTOURnament می کنند، آن ها محدودیت زمانی و نیز محدودیت مربوط به نوع سوالات و مهارت های مورد نیاز برای حل آن ها را ندارند. آن ها در استفاده از پیکر بندی سیستم در هر زمینه آزاد هستند. از این روی، برخی عوامل مهم وجود دارند که بر اساس موارد زیر متغیر هستند:

- ماکزیمم زمان قابل دسترس برای دادن یک پاسخ به یک سوال
- نوع سوالات (سوالات باز، سوالات چند گزینه ای، سوالات صحیح و غلط، سوالات با پاسخ کوتاه، مسئله و غیره)
- شرایط اطراف دانش آموزان در زمان پاسخ به سوالات: یک رقابت می تواند در کلاس و یا در یک فاصله یک یا چند روزه ایجاد شود.
- شخصیت دانش آموزان (برای مثال استرس دانش آموزان در وضعیت رقابتی می تواند بر پاسخ اثر بگذارد).
- چندین مدل مختلف وجود دارد که از IRT کلاسیک اقتباس شده است و ابعاد جزئی مختلف یک راه حل مورد جست و جو را پوشش می دهد، با این حال مدلی برای پوشش همه ابعاد مورد نیاز توسط ویژگی های خاص سیستم QUESTOURnament وجود ندارد. راسکام (1997) یک مدل بر اساس IRT را برای تست های سرعتی با زمان محدود ارائه کرده است که در آن زمان پاسخ و صحت تلفیق شده است. وان در لیندن (2007)، یک راه حل سلسله مراتبی انعطاف پذیر را ارائه کرده است که اساساً دارای یک مدل IRT، یک مدل توزیع پاسخ - زمان و یک

ساختار سطح بالایی است که وابستگی های بین سوالات و پارامتر های دانش آموزان را در این مدل ها در نظر می گیرد. برای هر یک از این اجزاء، مناسب ترین مدل را می توان استفاده کرد.

به هر طریق، یک مدل مبتنی بر IRT، که همه عوامل احتمالی موثر بر پاسخ یک دانش آموز به سوال در چارچوب QUESTOURnament را در نظر می گیرد، بسیار پیچیده خواهد بود. سایر راه حل ها برای تعیین سطح سختی مواد یادگیری آموزشی وجود دارند. با این حال بیشتر این روش های پیشنهادی بسیار ساده انگارانه هستند نظیر راه حل مورد استفاده توسط جانگ و همکاران (2006) که در آن سختی به صورت نسبت بین دفعاتی که یک سوال به طور غلط پاسخ داده می شود و تعداد کل پاسخ ها- و یا به شدت بر موضوع هدف تاکید دارند نظیر راه حل توصیف شده توسط کانچیکا، ارشیما، هیراشیما و تاکوچی (2002) که سطح سختی سوالات در مورد جملات زبان انگلیسی را برآورد می کند. بعد از تجزیه تحلیل راه حل های خاص و کلاسیک، تصمیم به طراحی یک راه حل یکباره برای سیستم گرفته شد که مبانی آن قابل تعمیم به سایر سیستم های مورد استفاده در زمینه های باز است. این راه حل بر اساس تعریف سیستم خبره ژنتیکی فازی است که سوالات را در سطوح سختی مختلف طبقه بندی می کند.

هم چنین یک سری نمونه هایی از کاربرد موفق این نوع سیستم به محیط های یادگیری الکترونیک نظیر نمونه ارائه شده توسط رومرو، گنزالس، ونتورا، دل ژسوس، و هررا (2009) وجود دارند. آن ها از یک الگوریتم تکاملی برای یادگیری قواعد فازی استفاده می کنند که روابط بین تعاملات دانشجویان را با سیستم یادگیری الکترونیکی مدل و نمرات نهایی بدست آمده در کلاس توصیف می کنند. معمولاً، یادگیری ژنتیکی قواعد، یک مجموعه پیش تعریف شده از توابع عضویت فازی تولید شده توسط کارشناسان حوزه انسانی (کوردون 2004) را فرض می کند. با این حال همان طور که قبلاً گفته شد، ماهیت متفاوت چالش هایی که توسط QUESTOURnament ایجاد می شوند و نیز پروفایل های متفاوت دانش آموزان، موجب شده است تا تعریف و تعمیم مجموعه های فازی و قواعد سازی بسیار سخت باشد. معلمان می توانند از QUESTOURnament برای سوالات چند گزینه ای یا برای تمرین ها و مسائل سخت استفاده کنند. چون برای مثال، ده دقیقه می تواند یک زمان بسیار کوتاه برای یک مسئله پیچیده باشد ولی زمان بسیار طولانی برای یک سوال صحیح غلط است، لذا پیش تعریف تابع عضویت فازی برای پارامتر زمان بسیار سخت است. به علاوه رقابت ها با QUESTOURnament را می توان در شرایط

بسیار متفاوت برای مثال در کلاس های چهره به چهره یا از راه دور، که چندین هفته طول می کشد توسعه داد. همه این عناصر ( ماهیت سوالات، زمینه های کاربرد سیستم، مشخصات و رفتار دانشجویان) نشان دهنده لزوم تعریف مجموعه های فازی و قواعد فازی در هر زمان از طبقه بندی سوالات است. انجام دستی این کار سخت و غیر ممکن است از این روی یک سیستم اتوماتیک نیاز است. به علاوه، بر طبق گفته نوبت، میجیکا، کاستا و اکوستا(2010)، یادگیر پارامتر های فرایند فازی سازی با الگوریتم های ژنتیکی به جای استفاده از معیار های خبره، نتایج بهتری را ارائه می کند.

سپس، سیستم پیشنهادی از کار خود را از صفر شروع کند. با دریافت مقداری از داده ها از تعامل دانش آموزان با QUESTOURnament و سطح سختی اولیه برآورد شده توسط معلم، هر دو توابع عضویت کافی را با مقادیر زبانی آن ها و نیز قواعد فازی یاد می گیرد. در بخش بعدی، جزئیات کامل سیستم بررسی می شود. همراه با توصیف سیستم خبره فازی ژنتیکی، برخی از نمونه های واقعی برای تسهیل درک استفاده می شوند. جزئیات نمونه واقعی و نتایج آزمایشات متناظر در بخش 4 ارائه شده است.

### 3- سیستم خبره

یک سیستم خبره فازی ژنتیکی طراحی شده است که تولید قواعد و مجموعه های فازی مناسب برای هر مورد ویژه می کند. پایگاه دانش توسط یک مولد مدل فازی ارائه می شود که شامل یک سیستم ژنتیکی ای است که قادر به شناسایی ویژگی های سوالات برای هر سطح سختی است.

برآورد سطح سختی سپس در دو فاز اتفاق می افتد. در طی اولین فاز، مولد مدل فازی، از پایگاه حقایق ( که توسط الگو های پاسخ دانش آموزان تشکیل شده است) یاد گرفته و به طور پویا، قواعد و مجموعه های فازی از متغیر های ورودی برای داده های خاص ایجاد می کند. در طی دومین فاز، سیستم خبره فازی، سطح سختی هر سوال را استنباط می کند.

اجزای همه سیستم ها در شکل 1 نشان داده شده است. بر اساس ورودی های مدل و QUESTOURnament، سه پارامتر در الگوهای پاسخ در نظر گرفته شده اند: زمان بر حسب دقایق از آخرین خواندن سوال تا زمان ارائه پاسخ، نمره بدست آمده برای آن پاسخ و تعداد دسترسی ها و خواندن ها قبل از ارسال پاسخ. همه این عوامل بستگی به رفتار دانش آموز در زمان پاسخ به سوال و سطح سختی هر سوال دارد. همه این داده ها، مجموعه ای از الگو



های استفاده و وابسته به زمینه را شامل می شوند که در پایگاه حقایق ذخیره شده است و به سیستم هوشمند تزریق می شوند.

برای هر سطح سختی، سیستم ژنتیکی از الگوهای پاسخ همه سوالات متعلق به آن سطح استفاده می کند (بر طبق طبقه بندی اولیه توسط معلم) و ویژگی های پاسخ را به صورت مجموعه های قطعی بدست می آورد. از این مجموعه های قطعی، مولد مدل فازی، ایجاد مجموعه های فازی و قواعد پایگاه دانش می کند. وقتی که مجموعه های فازی و قاعدگروهی از سوالات تولید شد، موتور استنباط می تواند، سطح سختی الگوها را در فکت بیس یا پایگاه حقایق استنباط کند. در نهایت، سطح سختی هر سوال به صورت میانه سطح سختی الگوهای پاسخ آن محاسبه شده و منبع سوالات با سطح سختی جدید به روز رسانی می شود.

از این روی، سیستم، رفتار دانش آموزان و ادراک معلمان را برای برآورد عینی سطح سختی واقعی هر سوال ترکیب می کند.

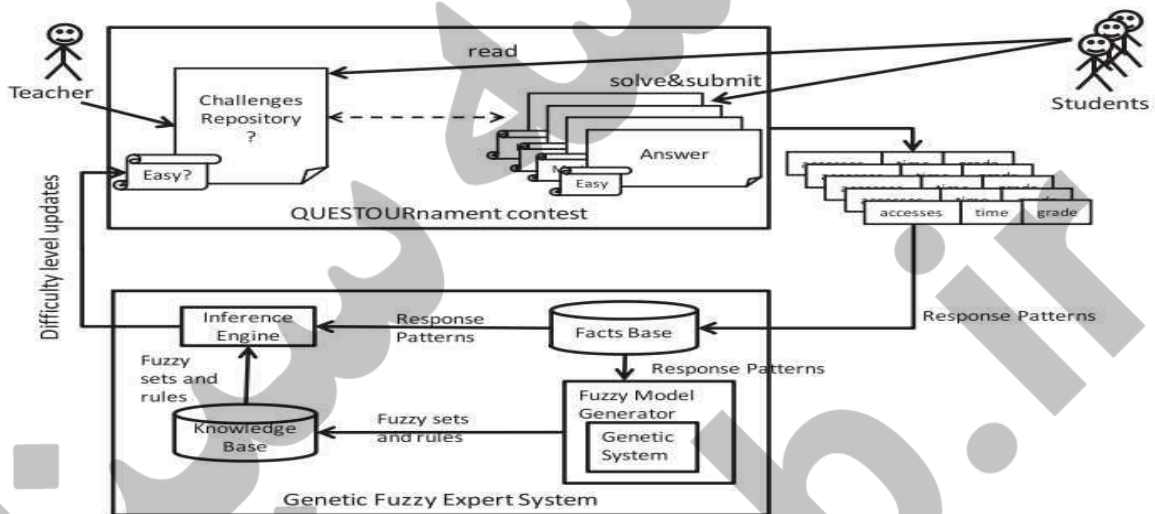
### 1-3 سیستم ژنتیکی

هدف الگوریتم ژنتیکی برای سیستم پیشنهادی، تولید گروه هایی از مجموعه های قطعی است که پاسخ های دانش آموزان را برای سه سطح سختی تعیین می کند: آسان، متوسط و سخت.

سیستم سپس سوالات را بر اساس سطح سختی و بر طبقه بندی اولیه ارائه شده توسط معلم دسته بندی می کند. سپس الگوریتم ژنتیکی از پاسخ ها برای همه سوالات متعلق به یک سطح سختی خاص برای دست یابی به خصوصیات آن استفاده می کند. همان طور که در بالا گفته شد، ورودی یک الگوریتم ژنتیکی، مجموعه ای از الگوهای پاسخ با ساختار  $\langle \text{زمان، نمره، دسترسی} \rangle$  می باشد. مجموعه های قطعی شامل بازه های زمان، نمره و تعداد دسترسی هایی است که با هم شامل بالاترین تعداد الگوهای پاسخ برای یک سطح سختی خاص است. از این روی، یک راه حل احتمالی برای مسئله، با کروموزوم کد گذاری شده زیر  $(t_1, t_2, g_1, g_2, a_1, a_2)$  نشان داده می شود که  $t_1$  و  $t_2$  کران های پایین و بالای بازه زمانی،  $g_1, g_2$  کران های پایین و بالای بازه نمره و  $a_1, a_2$  مقادیر پایین و بالای بازه تعداد دسترسی هاست.

الگوریتم ژنتیکی، اپراتور کراس اور  $BLX-a$ ، اپراتور موتاسیون یکنواخت، روش چرخ رولت به صورت انتخاب، تابع برازش را بر اساس شاخص پشتیبانی مورد استفاده برای ارزیابی قواعد استنباطی پیاده سازی می کند. به

علاوه، به دلیل این که الگوهای پاسخ برای یک سوال وابسته به خود سوال نیستند بلکه وابسته به رفتار پاسخ دانش آموزان هستند (برای مثال سطح دانش، صبر)، الگوریتم نیز از روش های آشیان بندی نظیر تسهیم به منظور ارتقای تنوع استفاده کرده و از این روی قادر به مشخص کردن هر سطح سختی توسط چندین گروه از بازه هاست. جزئیات بیشتر در خصوص تابع برازش، روش انتخاب، اپراتور های کراس اور، موتاسیون و روش های تنوع در منابع وردو، راگراس، وردو و دی کاسترو قابل دسترس هستند (2010 الف، 2010 ب).



معلم، منبع سوالات، آسان، خواندن، حل و پاسخ، دانش آموز، آسان، پاسخ، دسترسی، زمان، نمره، به روز رسانی سطح سختی، مجموعه ها و قواعد فازی، موتور استنباطی، الگوهای پاسخ، پایگاه حقایق، الگوهای پاسخ، پایگاه دانش، حقایق و مجموعه های فازی، مولد مدل فازی، سیستم ژنتیکی، سیستم خبره فازی ژنتیکی

شکل 1: معماری سیستم خبره فازی ژنتیکی

جدول 1: گروه های بازه ارایه شده توسط سیستم ژنتیکی (که ACC- تعداد دسترسی هاست).

سطح آسان				سطح متوسط				سطح سختی			
برازش	ACC	نمره	زمان	برازش	ACC	نمره	زمان	برازش	ACC	نمره	زمان
				0.30	1,2)	30,5)	4,2)	0.14	3.4	0.5	1.4
				1	(	(0	(8	3			8
0.50	1,2)	80,10)	0,2)	0.25	1,2)	(0,18)	7,35	0.10	1,2)	44,6)	13
1	(	(0	(5	1	(	(		7	(	(0	36

				0.16						
				7						

### 2-3 تولید مدل فازی

برای هر سطح سختی، الگوریتم ژنتیکی، گروهی از بازه های متغیر های ورودی را بدست می آورد که نشان دهنده الگو های پاسخ آن سطح سختی می باشند. جدول 1، بازه های بدست آمده توسط الگوریتم ژنتیکی را در آزمایش نشان می دهد ( که به طور مفصل در بخش 4-1 توضیح داده شده است). سپس، از این گروه های بازه ها، مولد مدل فازی، توابع عضویت و قواعد طبقه بندی مدل فازی را بدست می آورد.

مجموعه های فازی برای متغیر های نمره، زمان و تعداد دسترسی های متناظر با داده های جدول 1 در شکل 2 نشان داده شده است. در اصل، یک مجموعه فازی برای هر بازه تعریف شده توسط الگوریتم ژنتیکی تعریف می شود. برای مثال، مجموعه فازی متغیر ورودی نمره با مقدار زبانی " بسیار پایین (VL) متناظر با بازه نمره (0،5)، یافته شده توسط سیستم ژنتیکی برای سوالات سطح سختی است. با این حال، وقتی دو بازه بسیار مشابه هستند، نظیر بازه نمره (80،100) یافته شده در سوالات آسان و بازه نمره (84،100) یافته شده در سوالات متوسط، الگوریتم تنها یک مجموعه فازی را برای هر دو بازه تخصیص می دهد، که در این مثال خاص " بسیار بالا" VH است. از سوی دیگر، وقتی که سیستم بازه ای را می یابد که مشابه با بازه دیگر نیست بلکه شامل این بازه است یا با آن هم پوشانی دارد، سیستم، چندین مجموعه فازی را ایجاد می کند برای مثال، بازه نمره (0،18)، شامل بازه نمره (0،5) است. در این صورت، سیستم، دو مقدار زبانی متفاوت بسیار پایین (VL) و پایین (L) را تولید می کند.

تعداد مقادیر زبانی متغیر های ورودی ( بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا و غیره) به صورت ثابت نیست زیرا بستگی به تعدادی از مجموعه های فازی تعیین شده توسط مولد مدل فازی هر بار یک گروه از سوالات طبقه بندی می شوند. در یک مثال معین، پنج مجموعه فازی برای متغیر های ورودی نمره و زمان تعریف شده اند و سپس، آن ها مقادیر زبانی " بسیار پایین، پایین، متوسط، بالا، و بسیار بالا" را اختیار می کنند. با این حال، تنها دو مجموعه فازی برای متغیر ورودی تعداد دسترسی ها تعریف شده و سپس دو مقادیر زبانی استفاده می شوند: پایین و بالا.

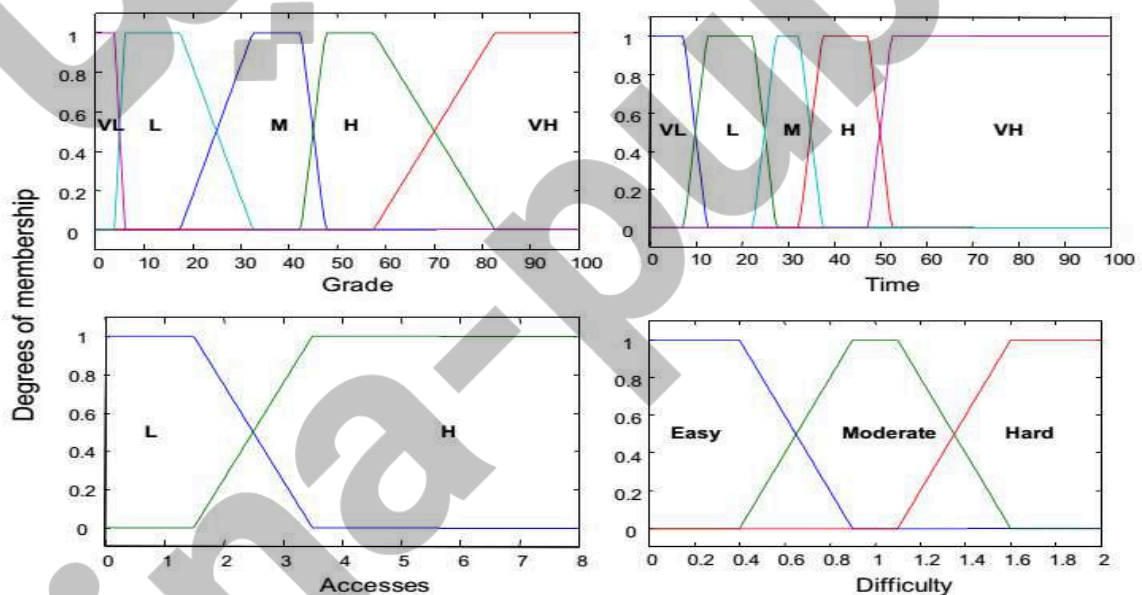
توابع فازی متغیر خروجی "سختی" بر خلاف متغیرهای ورودی به طور پویا یا دینامیک تعیین نمی شوند و معمولاً اشکال ذوزنقه ای را که در شکل 2 نشان داده شده است اختیار می کنند.

وقتی که مجموعه های فازی به طور خودکار ایجاد شدند، ژنراتور مدل فازی، قواعد فازی را از این مجموعه قواعد فازی و نتایج الگوریتم ژنتیکی تعریف می کند (به جدول 1 مراجعه کنید). برای مثال، برای سطح سختی آسان، قواعد فازی زیر به طور خودکار تعریف شده است:

در صورتی که نمره به صورت VH است و زمان به صورت VL است و دسترسی به صورت L می باشد، آنگاه، سطح سختی به صورت آسان است.

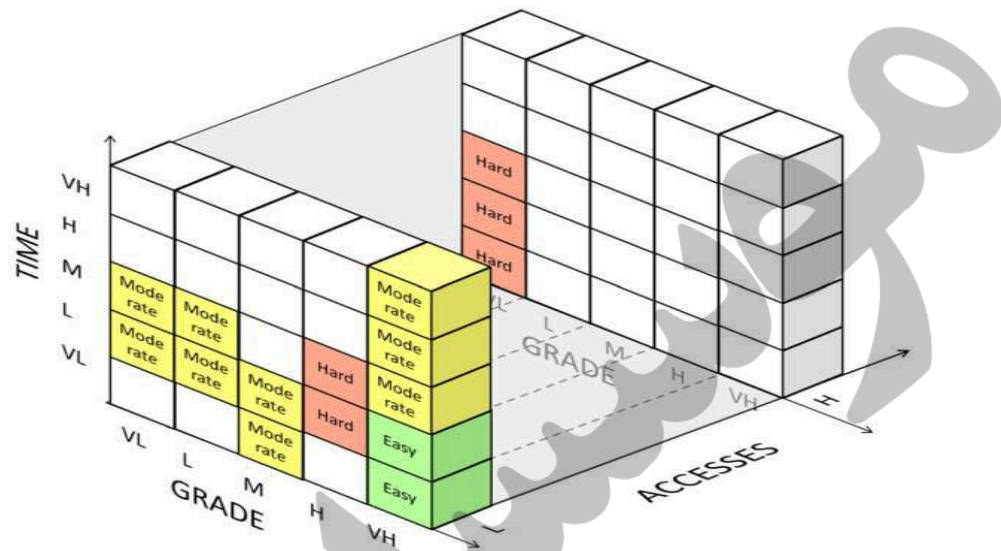
در صورتی که نمره به صورت VH است و زمان به صورت L است و دسترسی به صورت L می باشد، آنگاه، سطح سختی به صورت آسان است.

دو قاعده از یک گروه از بازه های یافته شده توسط سیستم ژنتیکی ایجاد شده اند زیرا بازه زمان در طی فاز ایجاد مجموعه های فازی تفکیک می شوند. این روش به منظور تعریف همه قواعد فازی از هر گروه از بازه های تحویل داده شده توسط الگوریتم ژنتیکی دنبال می شوند.



درجه عضویت، زمان، نمره، دسترسی ها، سختی،

شکل 2: مجموعه های فازی متغیرهای خروجی و ورودی

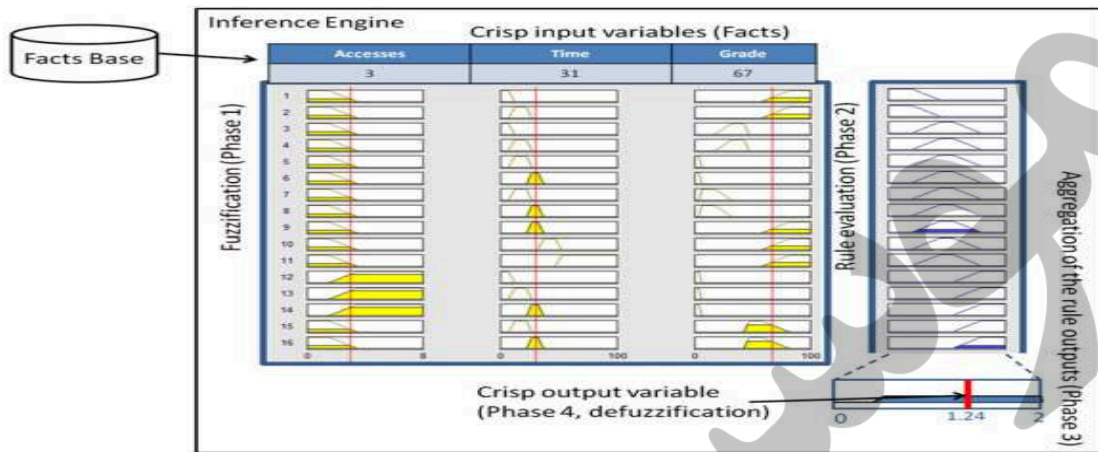


شکل 3: نمای مکعب برش یافته FAM از مجموعه های قواعد فازی

قواعد فازی را می توان به طور گرافیکی با استفاده از یک مکعب موسوم به حافظه تداعی گر فازی (FAM) که در شکل 3 نشان داده شده است بیان کرد. که در آن 16 قاعده توصیف کننده داده های معین دیده می شود. در انتهای این فرایند، یک مجموعه قواعد فازی و نیز توابع عضویت متغیرهای ورودی و خروجی توصیف کننده مسئله در پایگاه دانش تعریف و ذخیره شده است.

### 3-3 موتور استنباط

موتور استنباطی از روش ممدانی برای استنباط سطح سختی متناظر با الگوی پاسخ از سه متغیرهای ورودی قطعی استفاده می کند: زمان، نمره و تعداد دسترسی ها استفاده می کند. جعبه ابزار منطق فازی متلب برای شبیه سازی عملیات این مولفه استفاده شده است. مجدداً، یک مثال اصلی برای نشان دادن این عملیات استفاده می شود. شکل 4، استنباط فازی سختی برای الگوی پاسخ با زمان، نمره و تعداد دسترسی های برابر با به ترتیب 31، 67 و 2 را نشان می دهد.



پایگاه حقایق، موتور استنباطی، متغیرهای ورودی قطعی (حقایق)، فازی سازی مرحله 1، ارزیابی نهایی (فاز 2)، ترکیب خروجی ها (فاز 3)، متغیر خروجی قطعی (فاز 4، فازی زدایی)

شکل 4: استنباط فازی سختی الگوی ورودی <31,67,3>

استنباط فازی در چهار مرحله رخ می دهد. اول، متغیرهای ورودی قطعی در طی فاز فازی سازی، فازی می شوند. فاز ارزیابی قاعده سپس انجام می شود. در مثال، 16 قاعده، رفتار سیستم را توصیف می کنند ولی این الگوی ورودی، تنها سه شرط قبلی دو قاعده را دارد. روش کلاسیک Min برای اپراتور فازی AND استفاده شده است. در طی سومین مرحله، قاعده ها به یک مجموعه فازی منفرد با استفاده از روش ترکیب Max ترکیب می شوند. در نهایت، فازی زدایی به یک خروجی قطعی با استفاده از روش میانگین حداکثر MOM می رسد. الگوی نمونه یک مقدار سختی برابر با 1.27 را به خود اختصاص داده است که با سطح سختی بین سخت و متوسط متناظر است ولی به مقدار متوسط نزدیک تر است که می توان آن را در شکل 2 نشان داد.

#### 4-نتایج

فرضیه تست شده در این مقاله این است که سیستم خبره طراحی شده به صورت یک کارشناس انسانی عملی می کند یعنی یک معلمی که قادر است تا سوالات را بر اساس سختی از طریق تحلیل دقیق رفتار دانش آموزان در زمان پاسخ دهی طبقه بندی مجدد کند.

به منظور تجزیه تحلیل و اعتبار سنجی عملکرد این سیستم خبره، این موضوع با داده های واقعی حاصل از رقابت ایجاد شده با ابزار QUESTOURNAMENT در یک دوره دیپلم مهندسی مخابرات در دانشگاه ویاودولید اسپانیا تست شده است.

## 1-4 آزمایش

این مطالعه از فوریه تا ژوئن 2010 (در طی سه هفته با یک جلسه آزمایشگاه دو ساعت در هفته) با 38 دانش آموز انجام شد. همه این دانش آموزان در مسابقه شرکت کردند سوال (تمرین هایی مربوط به آدرس یابی IP و مسیر یابی) توسط معلم طراحی شد. سیستم از معلم با ایجاد چالش ها و سوالات درخواست می کرد تا آن ها را بر طبق سطح سختی برآورد شده آسان، متوسط و سخت طبقه بندی کنند.

بر طبق برآورد اولیه معلم، 4 سوال به صورت آسان، سه سوال به صورت متوسط و 5 سوال به صورت سخت طبقه بندی شد. تعداد کل پاسخ های موجود برای سه سطح آسان، متوسط و سخت به ترتیب 134، 103 و 169 بود. برای هر پاسخ، یک الگوی پاسخ با نمره بدست آمده، تعداد دسترسی ها و زمان از خواندن تا پاسخ دادن ثبت می شود. همه این اطلاعات با الگوی ورود به سیستم ثبت میشوند.

در بخش های قبلی، به بررسی طراحی و اجرای سیستم خبره فازی ژنتیکی با کنک برخی از مثال های مربوط به نمونه واقعی که اکنون ارایه می شود پرداخته شد. از این روی، جدول 1، مربوط به ورودی های ارایه شده توسط الگوی ژنتیکی با داده های ورودی متناظر با 12 چالش مطرح شده در این دوره است. این گروه های بازه های یافته شده توسط سیستم ژنتیکی توسط مولد مدل فازی برای ایجاد توابع عضویت متغیر های ورودی استفاده شده است که در شکل 2 و در بخش 3-2 به آن ها پرداخته شد. به همین صورت، خروجی سیستم ژنتیکی و مجموعه های فازی تولید شده برای تعریف 16 قاعده طبقه بندی نشان داده شده در شکل 3 استفاده شد که رفتار دانش آموزان را در زمان پاسخ به سوالات مختلف سخت توصیف می کند. برای مثال سیستم نشان داد که پاسخ های با نمره بسیار بالا و تعداد کم دسترسی، در صورتی که زمان پایین یا بسیار پایین باشد دارای سطح سختی آسان و اگر زمان متوسط تا بالاتر باشد به صورت سطح سختی متوسط در نظر گرفته می شوند.

از سوی دیگر، همان طور که انتظار می رفت، سوالات آسان دارای نمرات بسیار بالا و زمان پایین و بسیار پایین می باشند. هم چنین سوالات متوسطی وجود دارند که پاسخ های آن ها به صورت بسیار بالا در نظر گرفته می شوند ولی زمان در این صورت، بیشتر از زمان مورد نیاز برای سوالات آسان فوق الذکر است و این نشان می دهد که زمان و سختی ارتباط معکوسی دارند و این موضوع با مطالعات ماسون، زولمان، برامبل و ابرین (1992) هم خوانی دارد.

با اعمال قواعد به الگو های پاسخ دانش آموزان، سیستم خبره، سطح سختی جدیدی را برای هر چالش بدست می آورد. از این روی، گام بعدی، به روز رسانی منبع چالش و سوالات است. بر طبق طبقه بندی انجام شده توسط سیستم (به ستون سوم جدول 2 مراجعه شود)، سه چالش بایستی مجددا طبقه بندی شوند زیرا سختی اولیه آن ها مطابق با سختی تعیین شده توسط سیستم نیست. وقتی که سوالات مجددا طبقه بندی شدند، ارزیابی سیستم هوشمند ضروری است.

#### 4-2 ارزیابی سیستم هوشمند

چون سیستم های خبره طوری طراحی می شوند که همانند سطوح متخصصان و خبرگان انسانی و حل مسائل بدون راه حل از پیش تعریف شده عمل کنند، آن ها معمولا بایستی در برابر کارشناسان و خبرگان انسانی ارزیابی شوند (کافی، بالکی و اسمیت 1987). از این روی روش انتخاب شده برای ارزیابی سیستم، ارزیابی در مقایسه با گروهی از خبرگان بر اساس روش توصیف شده ماسکویر-ری، مروت برونیلو و فرناندز لیل (2008) است. این روش، یک شاخص هم خوانی و توافق را بین کارشناسان انسانی ارائه کرده و تایید می کند که آیا سیستم خبره همانند یکی از آن ها عمل می کند یا نه و از این روی می توان آن را در گروهی از خبرگان بدون بدتر شدن سطح توافق قرار دارد.

در آزمایش توصیف شده، گروه خبرگان (کارشناسان) متشکل از معلم و دو معلم دیگری بودند که آن ها نیز شامل خبرگان و کارشناس می شدند. جدول 2، سطوح سختی برآورد شده با سیستم خبره فازی ژنتیکی و گروهی از خبرگان برای هر یک از 12 چالش را نشان می دهد. ستون اول، یک شناساگر چالش است. دومین ستون نشان دهنده طبقه بندی اولیه انجام شده توسط معلم است. سومین ستون، یک عدد قطعی را نشان می دهد که نشان دهنده سختی یک چالش بدست آمده توسط سیستم است که از 0 تا 2 متغیر است (شکل 2). چهارمین ستون بیانگر مقدار زبانی متناظر برای این خروجی قطعی است. سه ستون آخر نشان دهنده طبقه بندی انجام شده توسط خبرگان انسانی است که به طور دقیق سطح سختی را مطابق با همه سوالات بعد از تحلیل نتایج واقعی و رفتار دانش آموزان، تعیین کردند.

سطح توافق و سازش بین یک جفت کارشناس انسانی از طریق ضریب کاپای وزنی اندازه گیری شده است (ماسکویر-ری و همکاران 2008). نتایج شاخص کاپا (جدول 3) یک توافق قوی را بین جفت خبرگان نشان می



دهد: چون مقادیر شاخص کاپا بیش از 0.80 نشان دهنده یک توافق کامل است، در حالی که مقدار 0.61-0.80 نشان دهنده توافق معنی دار است (ویرا و گارت 2005). سطح توافق بین سیستم خبره و هر خبره انسانی از توافق معنی دار (کاپا برابر با 0.747) تا یک توافق تقریباً کامل (کاپا با 0.947) متغیر است.

سپس شاخص ویلیامز (مسکویر-ریو همکاران 200) به عنوان شاخصی برای تایید این موضوع که وارد کردن سیستم به گروهی از خبرگان موجب کاهش سطح توافق گروه نمی شود، استفاده شده است. مقادیر بزرگ تر مساوی 1 نشان دهنده یک توافق خوب است در حالی که مقادیر کم تر از 1 نشان دهنده توافق در گروهی از کارشناسان است که در آن سیستم خبره بدتر از توافق میان تنها خبرگان انسانی است. شاخص ویلیامز از مقادیر کاپای جدول 3 محاسبه شده است و یک مقدار 1.005 بدست آمده است. از این روی، می توان نتیجه گرفت که این سیستم عملکرد موفقی داشته است و قادر به طبقه بندی مجدد از طرف معلم به صورت رضایت بخش است.

شناسه	طبقه بندی اولیه توسط معلم	سیستم خبره (مقدار قطعی)	سیستم خبره (مقدار زبانی)	کارشناس (خبره) 1 انسان	کارشناس (خبره) 2 انسان	کارشناس (خبره) 3 انسان
1	متوسط	1.08	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
2	متوسط	1.51	سخت نزدیک	سخت نزدیک به	سخت	سخت
3	آسان	0.38	به متوسط	متوسط	آسان	آسان
4	آسان	0.52	آسان	آسان	آسان	آسان نزدیک به
5	آسان	1.02	آسان نزدیک به	آسان	آسان	آسان نزدیک به
6	متوسط	1.48	آسان نزدیک به	آسان	متوسط	متوسط
7	سخت	0.37	متوسط	متوسط	سخت	متوسط
8	آسان	1.08	متوسط	سخت	آسان	سخت نزدیک به
9	آسان	1.32	سخت نزدیک	آسان	متوسط	متوسط
10	آسان	1.65	سخت نزدیک	آسان	متوسط	آسان
11	سخت	1.09	به متوسط	متوسط	سخت	متوسط
12	سخت	1.55	آسان	سخت	متوسط	متوسط
	سخت		متوسط	متوسط	سخت	سخت
	سخت		سخت	سخت	متوسط	متوسط نزدیک
	سخت		متوسط نزدیک	متوسط نزدیک	سخت	به سخت
	سخت		به سخت	به سخت	سخت	متوسط نزدیک
	سخت		سخت	به سخت	سخت	به سخت

			سخت نزدیک به متوسط			
--	--	--	-----------------------	--	--	--

جدول 3: مقادیر کاپای وزنی

سیستم خبره	کارشناس (خبره) انسان 3	کارشناس (خبره) انسان 2	کارشناس (خبره) انسان 1	
0.837	0.805	0.901	-	کارشناس (خبره)
747/0	0.813	-	0.901	انسان 1
0.947	-	0.813	0.805	کارشناس (خبره)
-	0.947	0.747	0.837	انسان 2
				کارشناس (خبره)
				انسان 3
				سیستم خبره

## 5- بحث و نتیجه گیری

یک سیستم خبره که به طور رضایت بخش، چالش ها و سوالات مطرح شده در سیستم یادگیری رقابتی QUESTOURnament را بر طبق سطح سختی واقعی آن ها طبقه بندی می کند طراحی شد. معلمان می توانند سوالات را وارد ابزار QUESTOURnament کنند و سیستم خبره فازی ژنتیکی، سطح سختی اولیه برآورد شده توسط معلم را بر طبق رفتار واقعی دانش آموزان در مواجهه با سوالات تعدیل کنند. این سیستم باداده های واقعی تست شده است و نتایج به طور موفق با خبرگان انسانی اعتبار سنجی شده است.

وقتی که سیستم اعتبار سنجی شد، نتایج آن را می توان برای مطالعه و تحلیل صحت برآورد های انجام شده توسط معلمان استفاده کرد. در مقایسه با سطح سختی بدست آمده با سیستم خبره، برآورد معلم (طبقه بندی اولیه معلم در جدول 2)، کاملاً صحیح است و این مسئله را در نظر می گیرد که معلم از روش سه مقیاس استفاده کرده است در حالی که مقادیر محاسبه شده از داده های سیستم شامل سطوح متوسط هستند. برآورد معلم لزوماً با سطح سختی تعیین شده با سیستم در سه مرحله مطابق نیست. به خصوص این که معلم، سختی یک سوال را بیش تر از مقدار واقعی و سختی دو سوال دیگر را بدون قاعده، کم تر از مقدار واقعی برآورد می کند. از این روی

نتیجه ای در مورد تمایل معلم نمی توان گرفت. نتایج جدول 2 تنها نشان می دهد که معلمان، سختی سوالات سخت را بهتر از سوالات آسان و متوسط برآورد می کنند.

برای کار آینده، می توان پارامترهای بیشتری در رابطه با مشخصات و رفتار دانشجویان در الگوهای پاسخ مطالعه کرد. به علاوه، این سیستم فرض می کند که طبقه بندی اولیه سوالات توسط معلم خوب است. لذا مطالعه عمیق میزان وابستگی روش به سطوح سختی اولیه تعیین شده توسط معلمان مطلوب است.

در نهایت، آزمون ها نشان می دهند که یک سطح سختی یکسان با مجموعه های فازی مختلف تعیین می شود. این ناشی از رفتار متفاوت دانش آموزان در زمان پاسخ به سوال است (برای مثال، برخی از آن ها می توانند مصمم تر باشند در حالی که برخی دیگر می توانند مصر تر باشند و البته می تواند ناشی از سطح دانش متفاوت آن ها نیز باشد. سپس، خروجی سیستم می تواند برای دانش آموزان جهت دست دسته بندی رفتارها از قواعد نشان داده شده در مدل FAM در شکل 3 استفاده شود. برای مثال، دانش آموزانی وجود دارند که وقتی پاسخ را نمی دانند، چندین بار سوال را می خوانند و در نهایت، سریعاً یک پاسخ را می دهند. این با سوالات سطح سخت که دارای تعداد دسترسی زیاد، زمان بسیار پایین تا متوسط برای حل و نمره بسیار پایین می باشد متناظر است. از این روی هر قاعده برای سطح سختی یکسان می تواند با دانش آموزان با سطوح دانش و رفتار مشابه هنگام پاسخ به سوالات متناظر باشد. این نتیجه را می توان برای دسته بندی موثر دانش آموزان و اصلاح مدل با در نظر گرفتن مهارت و مشخصات آن ها استفاده کرد. از این روی، مطالعه احتمال استفاده از مجموعه های فازی مختلف بدست آمده با مولد مدل فازی برای تشخیص و دسته بندی گروه های دانش آموزان بر طبق سطح دانش و مشخصات رفتاری آن ها، در دستور کار قرار خواهد گرفت.