



روشی جدید برای بهبود هوشمند یادگیری الکترونیکی

حسین بنادکوکي^۱، کریم عباسی^۲ و امین راحتى^۳

چکیده: یادگیری الکترونیکی با از بین بردن محدودیت زمان و مکان کلاس حضوری، کاربرد گسترده‌ای در ارتباط بین دانشجو و آموزگار پیدا کرده است. از سوی دیگر مؤلفه‌های هوشمندی مانند فراهم ساختن بازخورد و راهنمایی برای دانشجو کیفیت آموزش را افزایش می‌دهد، اما روش‌های کنونی هوشمندسازی هزینه پیاده‌سازی بالایی دارند. این پژوهش روشی جدید برای هوشمندی یادگیری الکترونیکی با هزینه پایین معرفی می‌نماید. هوشمندی در دو مؤلفه ارزیابی دانش و انتخاب راهنمایی مناسب حین حل مسأله نمود می‌یابد. در این روش از شبکه بیزی برای ارزیابی دانش دانشجو و از شبکه عصبی مصنوعی برای انتخاب راهنمایی مناسب استفاده می‌شود. ساختار هر دو شبکه تنها توسط داده آموزشی تعیین می‌شود. روش پیشنهادی بر روی یک سیستم یادگیری الکترونیکی پیاده سازی شده و ارزیابی می‌شود. دقت بالای ۹۰ درصدی هر دو شبکه و هزینه پیاده‌سازی پایین از مهم‌ترین مزایای روش پیشنهادی است. همچنین ساختار مبتنی بر داده آموزشی دو شبکه امکان استفاده از آن را در سیستم‌های متنوع یادگیری الکترونیکی در حال استفاده با دامنه‌های گوناگون دانش فراهم می‌آورد.

واژگان کلیدی: یادگیری الکترونیکی، هوشمندسازی آموزش، شبکه بیزی، شبکه عصبی مصنوعی.

A New Approach To Improve E-Learning

Hosein Banadkouki¹, Karim Abbasi² and Amin Rahati³

¹M.S. of Computer Science of Sistan & Baluchestan Uni.

²M.S. of Computer Science of Sistan & Baluchestan Uni.

³Assistant Prof. of Computer Science of Sistan & Baluchestan Uni.

Abstract: E-learning, by eliminating the limitation of space and time to attend in classes, has found a widespread use in communication between students and teachers. On the other hand, intelligence components, such as providing feedback and hint for students will increase the quality of education. But current methods for implementation of intelligent have high costs. This paper introduces a new method to provide intelligent e-learning at a low cost. Intelligence emergences in two components, including knowledge assessment and selection of appropriate hint during the problem solving. In this approach, a Bayesian network utilized to assess student knowledge and an Artificial Neural network utilized to select the appropriate hint. The structure of both networks is determined by training data. The proposed method is implemented and assessed in an e-learning system. The above 90 percent accuracy in both networks and low implementation cost are of the important advantages of the proposed method. The structure of the two networks which is based on training data makes it possible to use it in a variety of systems use e-learning systems with a diverse range of knowledge.

Keywords: E-Learning, Intelligent Learning, Bayesian Networks, Artificial Neural Network.

^۱ کارشناس ارشد علوم کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۲ کارشناس ارشد علوم کامپیوتر، دانشگاه سیستان و بلوچستان

^۳ استادیار گروه علوم کامپیوتر، دانشکده علوم ریاضی دانشگاه سیستان و بلوچستان، (نویسنده مسئول) پست الکترونیکی a.rahati@cs.usb.ac.ir

۱- مقدمه

سیستم‌های مبتنی بر رایانه کاربرد گسترده‌ای در آموزش دارند. این سیستم‌ها محدودیت زمان و مکان را برای آموزش از بین برده‌اند. در سیستم مدیریت یادگیری، رایج‌ترین سیستم رایانه‌ای برای آموزش، معلم دانش را با ابزارهایی مانند متن یا چندرسانه‌ای در اختیار دانشجو قرار می‌دهد و با وی ارتباط برقرار می‌نماید، هزینه پایین این نوع سیستم موجب استفاده گسترده از آن شده است [۱].

از سوی دیگر آموزش خصوصی بازده بسیار بالاتری نسبت به کلاس‌های رایج دارد، از این رو در مقابل سیستم مدیریت یادگیری، سیستم آموزش هوشمند تلاش می‌نماید یک موضوع را با فراهم نمودن راهنمایی و پشتیبانی مشابه معلم انسان به دانشجو آموزش دهد.

بنابراین سیستم آموزش هوشمند یک سیستم آموزش مبتنی بر رایانه است، اما پژوهشگران از عبارت سیستم آموزش هوشمند برای سیستم‌های آموزشی استفاده می‌نمایند که دارای مدل‌های خبره، دانشجو و آموزش باشد [۲]. طبق تعریف و در حالت ایده‌آل مدل خبره شامل نمایش دانش دامنه مورد آموزش و همچنین توانایی حل مسئله با استدلالی شبیه به انسان است، تا به سیستم قابلیت ارزیابی حل دانشجو در مقایسه با حل درست را ببخشد. مدل دانشجو سطح دانش، مهارت و تخصص دانشجو را مدل می‌کند و در نهایت مدل آموزش استراتژی آموزشی پیش رو را بر اساس مدل دانشجو اتخاذ می‌نماید [۳]. از جمله معیارهای هوشمندی این نوع سیستم می‌توان به ارزیابی دانش، ردیابی اعمال دانشجو و انتخاب راهنمایی مناسب اشاره نمود. برخلاف تاثیر آموزشی شگرف، این نوع سیستم به دلیل هزینه پیاده‌سازی سنگین تاکنون توسعه تجاری چندانی نداشته است [۴].

نخستین برنامه آموزش هوشمند، اسکولار (SCHOLAR)، تلاش داشت دانشجو را با گفتگوی دوطرفه به زمین شناسی آمریکای جنوبی تشویق نماید. این آموزنده بر روی یک شبکه معنایی از دانش دامنه شکل گرفت [۵].

سیستم شرلوک (SHERLOCK) محیط تمرین برای رفع عیب ایستگاه هواپیماهای نظامی است که به سفارش نیروی هوایی ارتش آمریکا ساخته شد. در این سیستم فضای حل مسئله با یک ساختمان داده صریح ذخیره می‌شود. کاربر در این سیستم با منوهای سلسله مراتبی برای ادامه روند حل مسئله روبرو

است. اعمال دانشجو بر اساس اطلاعات ذخیره شده از هر حالت تفسیر می‌شود. نتایج نشان داده چندین ساعت کار با این سیستم برابر چند سال تجربه رفع عیب بوده است [۵].

یکی از مشهورترین سیستم‌های آموزش هوشمند، سیستم اندیز (Andes)، به آموزش فیزیک پایه به طور آنلاین می‌پردازد. ایده اصلی این سیستم ایجاد محیط حل مسئله با شبیه‌سازی قلم و کاغذ برای دانشجو است. پنج سال تجربه در آکادمی نوال آمریکا نشان می‌دهد، اندیز یادگیری دانشجویان را افزایش چشم‌گیری داده است. در اندیز، دانشجو می‌تواند همه حل خود را در سیستم بنگارد. سیستم دارای بازخورد فوری و راهنمایی با درخواست است. مدل‌سازی دانشجوی اندیز با استفاده از شبکه‌های بیزی انجام می‌گردد [۵].

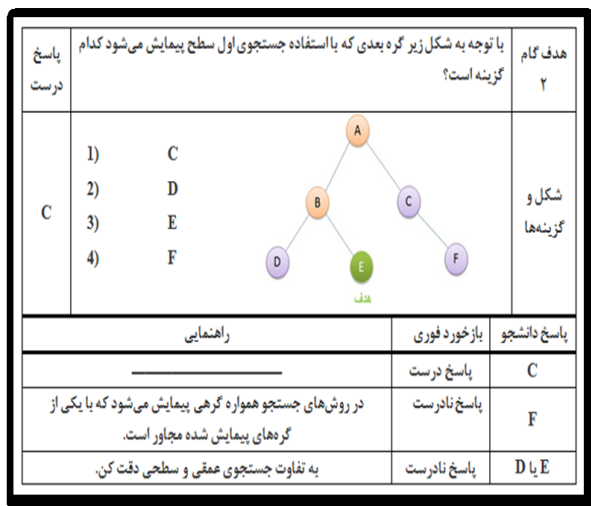
سیستم‌های هوشمند اغلب پروژه‌هایی طولانی و با پشتیبانی مالی سنگین دولتی هستند. برای نمونه مراحل طراحی و ساخت اندیز ده سال و چند ده هزار دلار هزینه داشته است. در این پژوهش رهیافتی با هزینه پیاده‌سازی پایین برای دو مؤلفه آموزش هوشمند، ارزیابی دانش و انتخاب راهنمایی مناسب، پیشنهاد می‌گردد. سپس رهیافت پیشنهادی روی یک سیستم مدیریت یادگیری در حال استفاده پیاده‌سازی شده است.

در ادامه این نوشتار نخست و در بخش دو کلیات رهیافت بررسی می‌گردد. سپس و در بخش سه سناریو آموزشی، نمایش دانش سناریو و نیز نحوه قرارگیری آن روی دانشگاه مجازی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. پس از آن در بخش چهار یک شبکه بیزی برای اجرای نخستین مؤلفه هوشمندی مورد مطالعه، ارزیابی دانش، ارائه خواهد شد. سپس در بخش پنج و برای تحقق دومین مؤلفه هوشمندی یعنی انتخاب راهنمایی بر اساس سطح دانش، از یک شبکه عصبی مصنوعی استفاده می‌شود. بخش شش نتایج پژوهش حاضر را بیان نموده و در انتها نتیجه‌گیری پایان بخش متن این مقاله خواهد بود.

۱-۱- کلیات رهیافت

رهیافت ارائه شده در این مقاله پیشنهاد می‌نماید نخست سناریوهایی با تکیه بر استراتژی یادگیری از اشتباهات برای آموزش دامنه دانش مورد نظر طراحی شود. هر سناریو می‌تواند شامل مسئله‌ای چندگامی باشد که دانشجو آن را حل می‌کند. پس از آن دانش موجود در دامنه با قوانین نمایش داده می‌شود.

این پژوهش نیز از سناریو برای آموزش استفاده شده است. این سناریو بر پایه‌ی استراتژی یادگیری از اشتباهات، نظریه السن [۶]، شکل گرفته است. السن شرح می‌دهد که یادگیری از اشتباهات شامل دو گام است، نخست تشخیص اشتباه و سپس تصحیح اشتباه. بازخورد مناسب پس از عمل دانشجو به تشخیص اشتباه توسط دانشجو کمک می‌کند و راهنمایی تصحیح اشتباه را سرعت می‌بخشد. بنابراین سناریو باید شامل اجزای کلیدی بازخورد و راهنمایی مناسب برای هر پاسخ اشتباه باشد. سناریوی این پژوهش روی دامنه دانش روش‌های جستجو شامل یک مسأله هفت گامی است. در شکل‌های ۱ و ۲ اجزای کلیدی گام‌هایی از سناریو در نمایش جداولی ارائه خواهد شد.



شکل ۱- گام دوم

در این پژوهش سناریو بر روی دانشگاه مجازی سیستان و بلوچستان قرار گرفته است. این دانشگاه مجازی با سیستم یادگیری مودل پیاده‌سازی شده است. در این سیستم هر دانشجو با نام کاربری خود وارد سیستم می‌شود و امکاناتی از قبیل جستجو، تقویم و فعالیت‌های اخیر تعبیه شده است. پیاده‌سازی به نحوی صورت گرفته که دانشجو با انتخاب گزینه نادرست علاوه بر بازخورد فوری مبنی بر نادرست بودن پاسخ، یک راهنمایی فوری نیز دریافت کند. همچنین دانشجو برای هر گام دو بار می‌تواند تلاش کند تا درست پاسخ دهد. برای اجرای هوشمندسازی آموزش لازم است، دانش موجود در سناریو، با روش‌های نمایش دانش، نمایش داده شود.

این سناریوها بر روی سیستم مدیریت یادگیری مورد استفاده در دانشگاه مجازی قرار می‌گیرد.

در طول حل مسائل توسط دانشجو اطلاعاتی از قبیل زمان حل هر گام، تعداد تلاش‌های وی برای حل هر گام، تعداد کمک‌های استفاده شده و نتیجه حل وی توسط سیستم مدیریت یادگیری که دانشگاه مجازی بر روی آن پیاده‌سازی شده - در فایل‌های وقایع نگاری ذخیره می‌گردد. سپس شبکه بیزی که در این پژوهش پیشنهاد شده دانش دانشجو را با استفاده از این اطلاعات برآورد می‌نماید.

در رهیافت پیشنهادی اطلاعات مربوط به هر دانشجو از قبیل مسائل حل شده و اطلاعات مربوط به آن و نیز مدلی که از دانش وی توسط میزان فهم وی از هر قانون شکل گرفته ذخیره می‌شود. بنابراین سیستم در طول زمان می‌تواند از این مدل استفاده کرده و آن را بروز نماید.

همچنین این رهیافت با استفاده از یک شبکه عصبی و بر مبنای مدلی که از دانش دانشجو ذخیره شده، در طول حل مسأله راهنمایی‌های مناسب را در هر گام انتخاب می‌نماید. برای هر گام از سناریو چند راهنمایی در نظر گرفته می‌شود که هرگاه پاسخ دانشجو نادرست باشد، از این راهنمایی‌ها برای هدایت دانشجو در یادگیری از اشتباهات خویش استفاده می‌شود.

برای بررسی بهتر، رهیافت پیشنهادی برای یک سناریو روی دامنه آموزشی روش‌های جستجو در دانشگاه مجازی سیستان و بلوچستان پیاده‌سازی می‌شود. شایان ذکر است بخش‌های اصلی رهیافت مانند سناریو، پایگاه دانش، شبکه بیزی و شبکه عصبی پیشنهادی همگی طراحی و پیاده‌سازی شده و دقت آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. همگام سازی شبکه عصبی و ذخیره مدل دانش هر دانشجو با دانشگاه مجازی نیز به سادگی قابل انجام است [۵].

در ادامه این مقاله رهیافت پیشنهادی به طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار می‌گیرد. این بررسی از طریق مطالعه پیاده‌سازی انجام شده خواهد بود.

۲- روش تحقیق

۲-۱- سناریو آموزشی

مانند آموزش خصوصی انسانی، در سیستم آموزش هوشمند هم اغلب اوقات سناریوهایی برای آموزش در نظر گرفته می‌شود. در

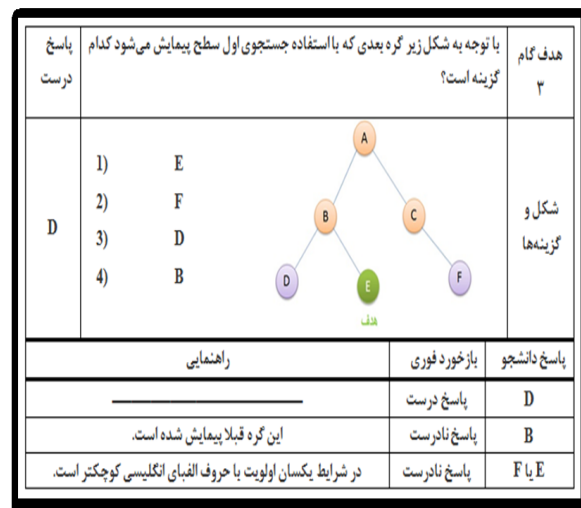
همچنین پایگاه دانش مبتنی بر قانون مستقل از مسائل سناریو است و تغییر سناریوها یا اضافه شدن سناریوها نیز تغییری در پایگاه دانش ایجاد نمی‌کند. در این روش هر تکه از دانش با یک قانون شرطی- عملی به شکل اگر.آنگاه. نمایش داده می‌شود [۸]. بر این اساس پایگاه دانش مبتنی بر قانون برای نمایش دانش دامنه موجود در سناریو مانند جدول ۱ طراحی گردید.

از منظر سیستم آموزش هوشمند، مدل خبره مسئول مهندسی دانش موجود در دامنه دانش سناریو و حل مسائل موجود در سناریو است. به این منظور مدل خبره دارای دو بخش پایگاه دانش برای نمایش دانش و موتور استنتاج جهت حل مسائل است. در این پژوهش پایگاه دانش شامل چهار قانون است، اما ماهیت روش پیشنهادی جهت هوشمندسازی دانشگاه مجازی ایجاب می‌کند سناریو در دانشگاه مجازی شبیه‌سازی شود و از پیاده‌سازی موتور استنتاج صرف نظر شود. این تصمیم همچنین در هزینه پایین روش پیشنهادی تاثیر مثبتی داشته و علاوه بر آن موجب شده که روش پیشنهادی مستقل از نحوه پیاده سازی موتور استنتاج مطرح گردد.

۲-۲- ارزیابی دانش دانشجو

ارزیابی دانش دانشجو برای انتخاب راهنمایی مناسب در حین آموزش نقشی حیاتی دارد. از منظر سیستم آموزش هوشمند ارزیابی دانش دانشجو از مهم‌ترین وظایف مدل دانشجو است. چون در این پژوهش دامنه دانش در مدل خبره با قانون نمایش داده شده است، بنابراین تشخیص میزان فهم دانشجو از هر قانون، دانش او را ارزیابی خواهد نمود [۹]. اما ارزیابی دانش دانشجو با منابع عدم قطعیت فراوانی روبرو است. برای غلبه بر عدم قطعیت ارزیابی دانش در این پژوهش از شبکه بیزی استفاده شده است.

در ادامه این بخش نخست منابع عدم قطعیت برای ارزیابی دانش دانشجو خواهد آمد، متغیرهای شبکه بیان خواهد شد و داده آموزشی و ساختار شبکه پیشنهادی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. پس از آن یک شبکه بیزی دیگر برای مقایسه با شبکه پیشنهادی مطرح خواهد شد و در نهایت نمونه‌ای از استفاده‌ی شبکه خواهد آمد.



شکل ۲- گام سوم

پایگاه دانش محلی است که دانش خبره به صورت کدگذاری شده و قابل فهم برای سیستم ذخیره می‌شود [۷]. با توجه به اینکه مسأله موجود در سناریو به صورت گام به گام حل می‌شود، بنابراین جنبه رویه‌ای دانش بر جنبه توصیفی آن غلبه دارد. از این رو روش‌های مبتنی بر شبکه کارایی کمتری خواهد داشت. در بین روش‌هایی که برای نمایش دانش رویه‌ای استفاده می‌شود روش مبتنی بر قانون کارایی بیشتری دارد. نمایش با قوانین یکی از روش‌های نمایش دانش است که به صورت گسترده برای نمایش دانش در سیستم‌های گوناگون استفاده می‌شود. این روش نمایش دانش دارای قابلیت توسعه مناسبی است، به نحوی که گسترش دامنه دانش نیازی به تغییر گسترده قوانین ندارد و اغلب تنها قوانینی به پایگاه دانش اضافه می‌شود.

جدول ۱- قوانین پایگاه دانش قوانین

قوانین	
۱	IF the problem goal is to find key node with Breath-First Search THEN save starting node (push in to data structure) AND set the goal to continue traversing
۲	IF there is a goal to continue traversing AND data structure is empty THEN the key node doesn't exist and end the problem
۳	IF there is a goal to continue traversing AND data structure is not empty THEN get a node from the data structure AND set a goal to check the node
۴	IF there is a goal to check the node AND the node is equal to key node THEN the key node found and end problem ELSE add children of the node to the data structure upon with alphabet priority, respectively AND set the goal to continue traversing

۱-۲-۲- منابع عدم قطعیت

ارزیابی دانش در مدل دانشجو با منابع عدم قطعیت زیادی مانند وجود مسیرهای چندگانه برای رسیدن به جواب، حدس زدن دانشجو یا کمک گرفتن از دیگران، پنهان بودن استنتاج دانشجو در پاسخ دادن، اشتباهات سهوی، ننوشتن همه مراحل حل توسط دانشجو و سبک‌های یادگیری متفاوت مواجهه است [۹]. زمانی که دانش خبرگان، ناکامل، مبهم و همراه با عدم قطعیت باشد، می‌توان از شبکه بیزی برای مدل‌سازی اطلاعات و غلبه بر مشکل عدم قطعیت بهره گرفت. در ادامه شبکه بیزی بطور مختصر معرفی شده و جمع‌آوری داده برای آن بیان خواهد شد.

شبکه بیزی یک مدل گرافیکی برای نمایش احتمالات بین متغیرهای مورد نظر است که با سه عامل گره، یال و توزیع احتمال شرطی هر گره تعریف می‌شود [۱۰]. گره متغیری با تعداد متناهی حالت است و می‌تواند بیانگر هر نوع متغیری اعم از پارامتر اندازه‌گیری شده، متغیر مخفی و یا فرضیه باشد. یال برای پیوند بین متغیرها استفاده می‌شود [۱۱]. برای هر متغیر یک جدول توزیع احتمال شرطی وجود دارد که به آن توزیع حاشیه‌ای آن متغیر به شرط والدینش نیز گویند [۱۲].

در سیستم‌های آموزش هوشمند موجود از دو نوع شبکه بیزی برای اهداف گوناگون استفاده شده است. نخست شبکه بیزی که ساختار آن از شیوه استنتاج مدل خبره برای حل مسأله به‌دست می‌آید. اندیز از این نوع شبکه در مدل دانشجو برای ارزیابی دانش و پیش‌بینی اعمال وی استفاده نموده است [۱۳]. دوم شبکه بیزی که ساختار آن را داده آموزشی تعیین می‌نماید. سیستم وایانگ از این نوع شبکه برای پیاده‌سازی مدل کامل دانشجو استفاده نموده است [۱۴]. شبکه نوع نخست نیازی به داده آموزشی ندارد اما وابسته به نحوه پیاده‌سازی موتور استنتاج در مدل خبره است، به عبارت دیگر این نوع شبکه در سیستمی به کار برده شده که مدل خبره آن برای حل هر مسأله یک گراف حل تشکیل می‌دهد و ساختار شبکه‌ی بیزی ارزیاب دانش دانشجو نیز از ساختار گراف حل گرفته شده است. در مقابل، شبکه نوع دوم تنها به داده آموزشی نیاز دارد، محدودیتی در نوع سیستم ندارد، داده آموزشی بیشتر در طول زمان دقت شبکه را بالا خواهد برد و در نهایت قابلیت به کارگیری روی سیستم‌های مدیریت آموزش را نیز دارد.

با توجه به مزایای شبکه با داده آموزشی در این پژوهش این نوع شبکه انتخاب شده است. بر این اساس در ادامه، روند ایجاد شبکه‌ای بررسی خواهد شد که مستقل از نحوه پیاده‌سازی موتور استنتاج است و تنها با استفاده از اطلاعاتی که در طول حل مسأله از دانشجو ذخیره می‌شود، دانش وی را ارزیابی می‌نماید. از منظر سیستم آموزش هوشمند این شبکه بیزی مدل خبره و مدل دانشجو را در حوزه ارزیابی دانش به هم پیوند می‌دهد و می‌توان آنرا در هر سیستم مبتنی بر قانون دیگری نیز برای ارزیابی دانش استفاده نمود. در ادامه ساختار شبکه مورد بررسی قرار خواهد گرفت؛ نخست متغیرهای شبکه یا گره‌های آن در سه لایه مورد بررسی قرار خواهد گرفت و سپس یال‌های شبکه یا ارتباط بین متغیرها بیان خواهد شد.

۲-۲-۲- متغیرهای ورودی

اطلاعاتی که در انتهای هر گام از حل مسأله در فایل‌های وقایع نگاری مودل ذخیره می‌شوند به عنوان متغیرهای ورودی در نظر گرفته شده است. با این متغیرها فهم دانشجو از قوانین استفاده شده در هر گام (متغیرهای میانی) برآورد می‌شود. متغیرهای ورودی عبارتند از:

۱- زمان حل هر گام

۲- تعداد تلاش برای حل هر گام

۳- تعداد کمک‌های استفاده شده در هر گام

۴- نتیجه هر گام

این متغیرها گره‌های لایه نخست شبکه را تشکیل می‌دهند.

۳-۲-۲- متغیرهای میانی

مسأله موجود در سناریو بر اساس نظریه ACT-R [۴] چندگامی طراحی شده تا با درگیر کردن دانشجو در حل مسأله موجب یادگیری عمیق دانش و جلوگیری از ایجاد دانش راکد شود. با توجه به چندگامی بودن مسأله، در این پژوهش برای نخستین بار متغیرهای میانی در نظر گرفته شدند تا میزان فهم دانشجو از حل هر گام را نشان دهند. تعداد متغیرهای میانی برابر تعداد گام‌های مسأله سناریو و برابر هفت است. متغیرهای میانی گره‌های لایه دوم شبکه را تشکیل می‌دهند.

برای بررسی میزان تأثیر متغیرهای میانی در شبکه، شبکه‌ای نیز بدون متغیرهای میانی در نظر گرفته شده که روند ساخت آن مشابه شبکه جاری است و برای مقایسه با این شبکه استفاده شده است. این شبکه در بخش ۴-۷ خواهد آمد.

۴-۲-۲- متغیرهای خروجی

متغیرهای خروجی میزان فهم دانشجو از هر قانون است. پایگاه دانش در مدل خبره دارای چهار قانون است، بنابراین چهار متغیر خروجی وجود دارد. این متغیرها گره‌های لایه سوم یعنی آخرین لایه شبکه هستند.

۵-۲-۲- داده آموزشی

شبکه بیزی برای یادگیری پارامترهایش با داده آموزشی آموزش داده می‌شود. داده آموزشی از ۱۷ دانشجوی علوم رایانه دانشگاه سیستان و بلوچستان گردآوری شده است. این دانشجویان با سیستم پیاده‌سازی شده در دانشگاه مجازی سیستان و بلوچستان که توسط مدل پیاده‌سازی شده است، آموزش دیدند. داده آموزشی شامل متغیرهای ورودی، میانی و خروجی است که متغیرهای ورودی از فایل‌های وقایع نگاری که مدل برای هر دانشجو ذخیره می‌نماید به دست می‌آید، مقادیر متغیرهای میانی بعد از هر گام از مسأله از دانشجو پرسیده و ثبت می‌گردد و در نهایت متغیرهای خروجی توسط فرد خبره مقدار دهی می‌شود.

پس از آموزش شبکه و تشکیل جداول احتمال شرطی هر متغیر، با استفاده از شبکه و مقداردهی متغیرهای ورودی می‌توان مقادیر متغیرهای میانی و خروجی ارزیابی نمود. در این بخش گره‌های شبکه معرفی شدند. بخش بعدی به بررسی ساختار شبکه بیزی شامل وابستگی بین متغیرها و جداول احتمال شرطی هر متغیر می‌پردازد.

۶-۲-۲- ساختار شبکه بیزی

برای تعیین یال‌های شبکه، وابستگی میان متغیرها بررسی می‌شود. میزان وابستگی متغیرها با معیار همبستگی اسپیرمن بررسی شده است. وابستگی دو متغیر با ضریب همبستگی و سطح معنی‌داری ارزیابی می‌شود. سطح معنی‌داری با عددی بین صفر و یک نمایش داده می‌شود. اگر این عدد از ۰/۰۵ کمتر باشد نشانگر وجود رابطه معنی‌دار بین دو متغیر است. در این پژوهش از سطح معنی‌داری به‌عنوان ملاکی برای وجود یا عدم وجود وابستگی بین دو متغیر استفاده شده است. این وابستگی با یک یال بین دو متغیر در شبکه نمود پیدا می‌نماید. میزان همبستگی و سطح معنی‌داری متغیرهای ورودی و میانی با معیار همبستگی اسپیرمن و به وسیله نرم افزار SPSS اندازه گیری شده، به دست آمده است.

همچنین میزان همبستگی و سطح معنی‌داری متغیرهای میانی و خروجی که با معیار همبستگی اسپیرمن و به وسیله نرم افزار SPSS اندازه‌گیری شده است. میزان همبستگی و سطح معنی‌داری بین متغیرهای میانی در جدول پیشین آمده است، بنابراین در این جدول برای کوتاه‌سازی حذف شده‌اند.

در یک شبکه بیزی هر گره دارای جدول احتمال است. چون امکان بررسی احتمال برای هر نقطه در یک بازه پیوسته وجود ندارد، بازه‌های پیوسته‌ای که هر متغیر در آن مقدار گرفته است باید گسسته‌سازی شود. در این پژوهش از گسسته‌سازی دو مقداری استفاده شده است. برای گسسته‌سازی از الگوریتم از روش سلسله مراتبی استفاده شده است. این الگوریتم با توجه به بازه مقادیر هر متغیر یک مقدار آستانه در نظر خواهد گرفت. سپس تمام مقادیر با توجه به این مقدار آستانه به دو مقدار مانند صفر و یک تبدیل می‌شوند. به عبارت دیگر همه مقادیر کمتر از آستانه صفر و تمام مقادیر بیشتر از آن یک در نظر گرفته می‌شود.

پس از گسسته‌سازی برای هر متغیر یک گره در نظر گرفته می‌شود. حال بین هر دو متغیر که رابطه معنی‌داری داشته باشند (وابسته باشند) بر اساس ملاک‌های زیر یال رسم می‌شود.

- هر گاه یال بین یک متغیر ورودی و میانی باشد، یال از متغیر میانی به ورودی رسم می‌شود.
- هر گاه یال بین یک متغیر میانی و خروجی باشد، یال از متغیر خروجی به میانی رسم می‌شود.
- یال‌های بین دو متغیر ورودی باهم در نظر گرفته نمی‌شود (بر اساس شرط نیو بیز) [۶].
- یال‌های بین متغیرهای ورودی و خروجی در نظر گرفته نمی‌شود. این بخشی از روش پیشنهادی است که دقت شبکه را به طور محسوسی افزایش داده است.
- جهت یال‌های بین متغیرهای میانی با یکدیگر باید بر اساس رابطه علت و معلولی بین آن دو متغیر انتخاب شود. جهت یال از علت به معلول خواهد بود.
- جهت یال‌های بین متغیرهای خروجی با یکدیگر باید بر اساس رابطه علت و معلولی بین آن دو متغیر انتخاب شود. جهت یال از علت به معلول خواهد بود.

جدول ۳- احتمال شرطی متغیر راهنمایی گام ۵

گام ۵	گام ۶	راهنمایی گام ۵	احتمال
کامل	کامل	زیاد	۰/۰۱
		کم	۰/۹۹
	جزئی	زیاد	۰/۰۸
		کم	۰/۹۲
جزئی	کامل	زیاد	۰/۰۲
		کم	۰/۹۸
	جزئی	زیاد	۰/۵۴
		کم	۰/۴۶

با استفاده از جداول احتمال شرطی که برای هر متغیر ایجاد شد، می‌توان میزان درک دانشجو از هر قانون را استنتاج نمود.

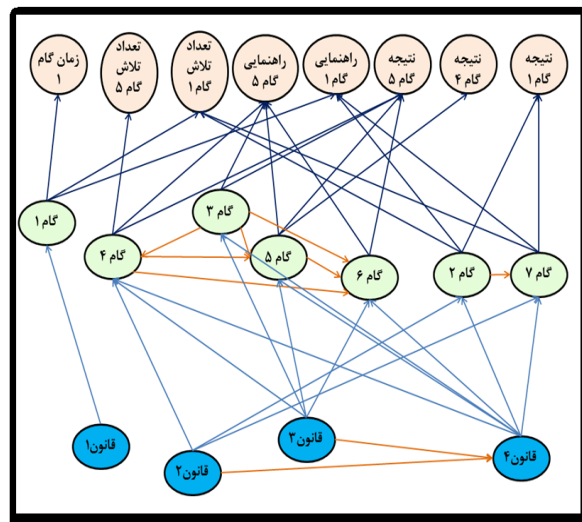
۷-۲-۲- شبکه بیزی بدون متغیرهای میانی

که برای بررسی تاثیر متغیرهای میانی یک شبکه با روند ساخت شبکه بررسی شده در بالا بدون لایه متغیرهای میانی مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بنابراین این شبکه تنها دارای دو لایه متغیرهای ورودی و خروجی است. برای آموزش شبکه از معیار همبستگی اسپیرمن استفاده شده است، متغیرهای ورودی که هیچ رابطه‌ای با متغیرهای خروجی نداشته‌اند، نیامده است. با توجه به موارد گفته شده و قواعد زیر یال‌های شبکه تعیین خواهد شد.

- جهت روابط از متغیر خروجی به متغیر ورودی است.
- روابط میان متغیرهای ورودی صرف نظر شده است.
- جهت یال بین دو متغیر خروجی بر اساس رابطه علت و معلولی و از علت به سمت معلول خواهد بود (جهت این یال‌ها مانند شبکه پیشین است).

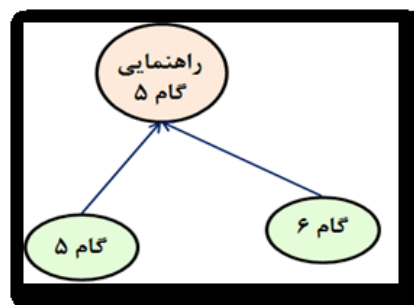
بر پایه قواعد گفته شده ساختار شبکه مانند شکل ۵ است. در اینجا هم متغیرها با روش سلسله مراتبی گسسته سازی شده‌اند. سپس شبکه با الگوریتم جستجوی بیزی یادگیری شده و آماده استفاده است. از این شبکه بیزی برای مقایسه میزان دقت روش پیشنهادی در فصل بعد استفاده خواهد شد. در ادامه به یک نمونه استفاده از شبکه اصلی پرداخته خواهد شد.

ساختار شبکه بیزی تشکیل شده بر این اساس در شکل ۳ نشان داده شده است. برای تشکیل شبکه بیزی از نرم‌افزار GeNIe استفاده شده است.



شکل ۳- ساختار شبکه بیزی پیشنهادی

سپس با استفاده از داده‌های آموزشی جدول احتمال پیشین هر متغیر محاسبه شده و برای ایجاد جداول احتمال شرطی متغیرها به شرط والدینشان از الگوریتم یادگیری جستجوی بیزی استفاده خواهد شد. در شکل ۴ نمونه‌ای از شبکه بیزی به همراه احتمالات پیشین و شرطی در جدول ۲ و جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۴- شبکه بیزی با سه متغیر یادگیری

جدول ۲- احتمال پیشین متغیرها

راهنمایی گام ۵	احتمال	گام ۵	احتمال	گام ۶	احتمال
کم	۰/۹۲	جزئی	۰/۲۵	جزئی	۰/۰۸
زیاد	۰/۰۸	کامل	۰/۷۵	کامل	۰/۹۲

جدول ۶- مقادیر احتمال استنتاج شده شبکه

مقادیر گسسته	قانون ۱	قانون ۲	قانون ۳	قانون ۴
جزئی	۰/۵۱۳	۰/۲۶۸	۰/۷۸۹	۰/۶۹۶
کامل	۰/۴۸۷	۰/۷۳۲	۰/۲۱۱	۰/۳۰۴

برای نمونه احتمال یادگیری جزئی قانون ۳ توسط کاربر ۰/۷۸۹ استنتاج شده است. اغلب از احتمال یادگیری کامل به عنوان درصد یادگیری آن قانون نیز استفاده می‌شود [۱۵].

۳-۲- انتخاب راهنمایی مناسب

در استراتژی یادگیری از اشتباهات، راهنمایی مناسب به هنگام اشتباه دانشجو در روند آموزش نقش به سزایی در یادگیری وی دارد. از منظر سیستم آموزش هوشمند، مدل آموزش بر اساس مدلی که از دانش و مهارت دانشجو شکل گرفته است، راهبرد بعدی برای آموزش بهینه را انتخاب می‌نماید. در این بخش راهکاری برای انتخاب راهنمایی در سناریو آموزشی بر اساس میزان درک دانشجو از هر قانون که توسط شبکه بیزی برآورد می‌شود ارائه خواهیم داد.

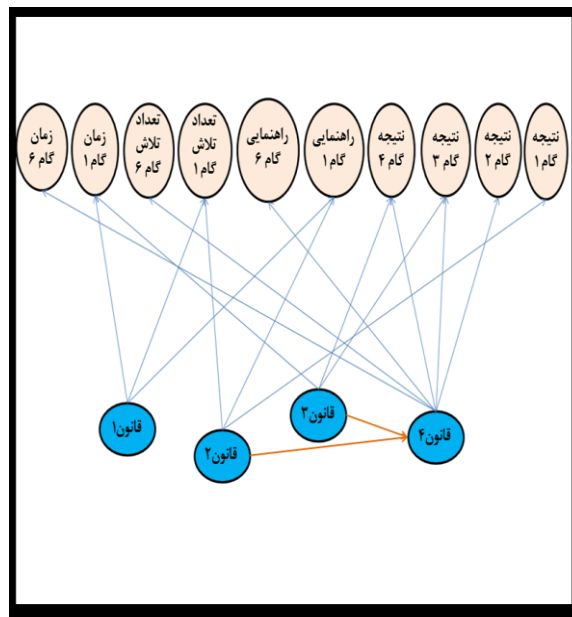
هر گام مسأله در سناریو آموزشی قوانین خاصی از پایگاه دانش را برای حل استفاده می‌کند، در نتیجه راهنمایی‌های هر گام نیز متفاوت خواهد بود. در مسأله مورد بررسی سناریو قانون ۱ تنها در گام نخست و قانون ۲ تنها در گام آخر استفاده شده‌اند و این دو گام هر کدام دارای یک راهنمایی هستند که احتیاجی به انتخاب ندارد! در بقیه گام‌ها از قانون‌های ۳ و ۴ استفاده شده است، اما ضریب اهمیت آنها که توسط فرد خبره تعیین شده در گام‌های فرد با گام‌های زوج متفاوت است. بنابراین گام‌های زوج و فرد باید جداگانه بررسی شوند. در ادامه پژوهش انتخاب راهنمایی برای گام‌های فرد شامل گام سه و پنج مطالعه می‌شود.

برای دو قانون یاد شده سه راهنمایی توسط فرد خبره در نظر گرفته شده است که در ادامه آمده است.

راهنمایی ۱: هر گاه یک گره از صف خارج شود کلیه فرزندان آن وارد صف خواهند شد (مربوط به R3, R4).

راهنمایی ۲: در یک صف همواره عنصر سر صف خارج خواهد شد. به عبارت دیگر نخستین عنصری که وارد می‌شود، نخستین عنصری خواهد بود که از صف خارج می‌شود (مربوط به R3).

راهنمایی ۳: گره‌هایی که پیش از این یک بار در صف ظاهر شده‌اند، دیگر به صف افزوده نمی‌شوند (مربوط به R4).



شکل ۵- شبکه بیزی بدون متغیر میانی

۸-۲-۲- ارزیابی دانش با شبکه بیزی

اکنون از شبکه بیزی ایجاد شده (با متغیرهای میانی) برای ارزیابی دانش یک دانشجوی جدید استفاده می‌شود. اطلاعات ثبت شده توسط مدل برای دانشجویی جدید که در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- اطلاعات خام دانشجوی جدید

نتیجه گام ۱	نتیجه گام ۴	نتیجه گام ۵	راهنمایی گام ۵
۰	۰	۰	۲
راهنمایی گام ۱	تعداد تلاش گام	تعداد تلاش گام	زمان گام ۱
۱	۱	۵	۱
۲	۲	۲	۱۰۶

با توجه به نقاط برش گسسته سازی پیشین، مقدار گسسته هر متغیر محاسبه شده و مقادیر حاصل در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- اطلاعات گسسته سازی شده

نتیجه گام ۱	نتیجه گام ۴	نتیجه گام ۵	راهنمایی گام ۵
پد	پد	پد	زیاد
راهنمایی گام ۱	تعداد تلاش گام	تعداد تلاش گام	زمان گام ۱
۱	۱	۵	۱
زیاد	زیاد	زیاد	کم

متغیرهای ورودی با مقادیر جدول اخیر مقداردهی شده، سپس شبکه احتمال وقوع بقیه متغیرها در هر یک از مقادیر گسسته خود را استنتاج می‌نماید. نتایج استنتاج شبکه برای متغیرهای خروجی در جدول ۶ آمده است.

۲-۳-۲- متغیر خروجی

هدف انتخاب یک راهنمایی از بین راهنمایی‌های موجود است. برای دو قانون ۳ و ۴ سه راهنمایی توسط فرد خبره در نظر گرفته شده است. بنابراین یک متغیر خروجی راهنمایی خواهیم داشت که می‌تواند مقادیر گسسته ۱ و ۲ و ۳ را بگیرد. این مقادیر متناظر با راهنمایی‌های اشاره شده در آغاز این بخش است.

۲-۳-۳- داده آموزشی و تست

هر سطر از داده آموزشی یک راهنمایی را بر اساس میزان یادگیری قوانین ۳ و ۴ مشخص می‌نماید. تعداد داده آموزشی در دقت شبکه عصبی تأثیر به سزایی دارد. بهتر است داده آموزشی، بازه ممکن برای یک متغیر را پوشش دهد. بخشی از داده آموزشی برای تست شبکه به کار می‌رود. ورودی شبکه میزان درک دانشجو از هر قانون است. بنابراین خروجی شبکه بیزی برای هر دانشجو ورودی شبکه عصبی برای آن دانشجو است. تلاش شده تا مقادیر ورودی شبکه عصبی تمام بازه ممکن را پوشش دهد. سپس یک فرد خبره با انتخاب راهنمایی برای هر فرد بر اساس میزان دانش وی، داده آموزشی را تکمیل می‌نماید. برای این شبکه ۷۰ داده آموزشی و ۱۰ داده تست در نظر گرفته شده است. شبکه عصبی تنها در مرحله ایجاد سیستم و یا ارتقا آن نیاز به آموزش دارد و پس از آموزش قابل استفاده مستقل است.

۲-۳-۴- تشکیل شبکه عصبی

پیاده‌سازی شبکه عصبی پیش روندهی چندلایه، با استفاده از جعبه ابزار آن در نرم‌افزار MATLAB انجام شد. نخست شبکه آغازین توسط تابع newff ایجاد می‌گردد. پارامترهای این تابع که پارامترهای ساختاری شبکه نیز نامیده شده‌اند عبارتند از: تعداد لایه‌های شبکه، تعداد نرون‌ها در هر لایه، توابع گذر برای هر لایه و تابع یادگیری شبکه. کارایی شبکه در یادگیری مثال‌های آموزشی، وابستگی مستقیم به مقادیر این پارامترها دارد. در بیشتر کاربردهای عملی، شبکه‌های سه لایه قادر به یادگیری موفق هستند. بر این اساس در این پژوهش از شبکه سه لایه استفاده شده است. شبکه آغازین پس از ایجاد باید به وسیله تابع train آموزش داده شود. به این صورت که مقادیر ۸۵ درصد از داده‌های نمونه شامل بردارهای ورودی و خروجی به تابع آموزش ارسال می‌شوند. این تابع بر اساس پارامترهای ساختاری شبکه روند یادگیری را انجام می‌دهد. اگر

در بخش ۴ شبکه بیزی ارائه شد که میزان دانش دانشجو را با ارزیابی میزان درک وی از هر قانون برآورد می‌نماید. از یک فرد خبره در زمینه مسائل هوش مصنوعی و به ویژه جستجوی اول سطح خواسته شده تا هر بار بر اساس میزان فهم دانشجو از هر قانون در گام‌های سه و پنج راهنمایی مناسب برای وی انتخاب نماید. این اطلاعات جمع آوری شده و به‌عنوان داده آموزشی مورد استفاده قرار گرفت. سیستم باید بتواند همواره بر اساس این اطلاعات مناسب‌ترین راهنمایی را با توجه به میزان دانش برای دانشجو انتخاب نماید، بنابراین باید الگوی این انتخاب از میان داده‌ها استخراج شود. با توجه به اینکه داده‌ها در طول زمان نیز برای افزایش دقت ممکن است، تغییر یابد برای استخراج الگو الگوریتم خاصی وجود ندارد. شبکه عصبی مصنوعی یکی از الگوهای یادگیری ماشین است که می‌توان آن را در مواقعی که تعدادی داده آموزشی به صورت زوج ورودی- خروجی وجود دارد، به کار برد تا الگوی نگاشت مناسبی را برای متناظر کردن هر ورودی به خروجی آن کشف نماید [۱۳]. آنچه که استفاده از شبکه عصبی مصنوعی را در این پژوهش موجه جلوه می‌دهد، مقاوم به نویز بودن آن است [۱۵]. مقاوم بودن به نویز به این صورت تعبیر می‌شود که خروجی‌های شبکه با تغییراتی کوچک در ورودی دست‌خوش تغییر نمی‌شوند. در این پژوهش نیز میزان فهم دانشجو از قوانین ۳ و ۴ مقادیری پیوسته دارند در صورتی که راهنمایی‌ها محدودند، بنابراین نیاز است تا روش یادگیری نسبت به ورودی تا حدی انعطاف‌پذیر باشد و برای فهم‌های نزدیک به هم، راهنمایی‌های یکسانی تولید کند. بر این اساس شبکه‌های عصبی مصنوعی مناسب دیده شد. از میان انواع شبکه‌های عصبی توان بالایی "شبکه‌های پیش روندهی چندلایه" در تخمین توابع و الگوی موجود بین داده‌ها [۱۵]، ما را بر آن داشت تا از این نوع شبکه استفاده کنیم.

در ادامه این بخش نخست متغیرهای شبکه عصبی خواهد آمد، سپس داده آموزشی و تست بیان شده و پس از آن روند تشکیل شبکه عصبی بررسی خواهد شد.

۲-۳-۱- متغیرهای ورودی

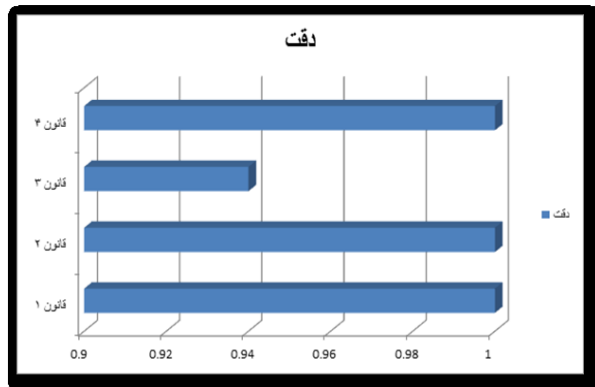
میزان فهم دانشجو از قوانینی که در گام‌های ۳ و ۵ استفاده می‌شوند. R3, R4

نود درصد دانشجویان از سیستم رضایت نسبی داشتند و ۶۵ درصد آنان رضایت کامل را اعلام داشتند. همچنین سیستم در یادگیری بهتر جستجو برای ۸۰ درصد دانشجویان مؤثر بوده است و ۶۰ درصد دانشجویان جستجو را به طور مؤثر از این سیستم فرا گرفتند.

۲-۳ نتایج شبکه بیزی

در این پژوهش برای ارزیابی شبکه بیزی از الگوریتم ارزیابی یکی-بیرون استفاده شده است. در این ارزیابی هر بار یکی از داده‌ها برای اعتبارسنجی بیرون گذاشته شده و با بقیه داده‌ها شبکه آموزش داده می‌شود. سپس متغیرهای خروجی برای "داده‌ی بیرون گذاشته شده" با شبکه بیزی استنتاج شده و با مقادیر واقعی متغیرهای خروجی آن مقایسه می‌شود. این روند به تعداد داده‌های آموزشی تکرار خواهد شد. نسبت استنتاج‌های درست برای هر متغیر خروجی دقت آن را نشان می‌دهد.

نتایج اجرای الگوریتم بر روی شبکه پیشنهادی با متغیرهای میانی مطابق شکل ۶ نشان می‌دهد این شبکه به طور میانگین ۹۸ درصد دقت دارد.



شکل ۶- دقت شبکه بیزی با متغیر میانی

همچنین نتایج اجرای الگوریتم بر روی شبکه‌ای بدون متغیرهای میانی و برای مقایسه مطرح شد در شکل ۷ آمده است. این شبکه بطور میانگین ۸۰ درصد دقت دارد. دیده می‌شود که پیشنهاد استفاده از متغیرهای میانی به طور میانگین ۱۸ درصد دقت شبکه را افزایش داده است.

خطای زمان یادگیری از حد قابل قبولی بیشتر باشد، پارامترهای شبکه به جز تعداد لایه‌ها به شیوه آزمون و خطا آنقدر عوض می‌شوند، تا این خطا قابل قبول گردد. پس از اتمام آموزش، کارایی شبکه با اجرای شبکه‌ی آموزش دیده بر روی داده‌های تست و مقایسه‌ی خروجی‌های تولید شده با خروجی‌های واقعی ارزیابی می‌شود تا صحت آن به تأیید برسد. سپس شبکه نهایی با ساختاری قطعی برای استفاده‌های عملی به کار گرفته می‌شود. پارامترهای ساختاری نهایی برای شبکه در این پژوهش به صورت زیر به دست آمد:

- برای لایه نخست ۳ نرون، لایه دوم ۷ و لایه سوم ۱ نرون در نظر گرفته شد.
- تابع انتقال برای لایه نخست $\logsig$ ، لایه دوم $tansig$ و لایه سوم $purelin$ استفاده شد.
- از تابع یادگیری $trainlm$ برای یادگیری شبکه بهره برده شد.
- شبکه عصبی پیش رونده‌ی چند لایه دارای چند پارامتر دیگر نیز هست که در ادامه خواهد آمد.
- خطای قابل قبول زمان یادگیری 10^{-4}
- نرخ یادگیری ۰/۱
- تعداد تکرار ۵۰۰

۳- نتایج و بحث

در بخش ۴ یک شبکه بیزی برای ارزیابی دانش دانشجو با استفاده از متغیرهای میانی پیشنهاد شد، همچنین یک شبکه دیگر بدون متغیرهای میانی ارائه شد تا استفاده از متغیرهای میانی به طور دقیق بررسی شود. در این بخش نخست شبکه‌های بیزی ارزیابی شده و سپس با هم مقایسه خواهند شد. در ادامه به بررسی شبکه عصبی که برای انتخاب راهنمایی ارائه شده خواهیم پرداخت.

۳-۱ نتایج شبیه‌سازی سناریو

انتخاب قوانین برای نمایش دانش موجود در سناریو قابلیت توسعه سیستم برای افزایش دامنه مورد آموزش را به ارمغان می‌آورد. همچنین شبیه‌سازی سناریو با سیستم مدیریت یادگیری مودل، هزینه پیاده‌سازی آنرا به طور چشم‌گیری کاهش داده است. هزینه شبیه‌سازی سیستم با مودل در مقایسه با پیاده‌سازی مدل خبره در سیستم‌های موجود در حدود ۱۰ برابر کم هزینه‌تر است.

داده‌ها تست، دقت به دست می‌آید. میانگین دقت برای تنها متغیر خروجی شبکه با این روش ۹۲/۵ درصد محاسبه شد. هزینه پیاده‌سازی این شبکه بر روی سیستم‌های مختلف نیز تنها در هزینه همگام سازی خلاصه می‌شود. شبکه عصبی مصنوعی نخستین بار در این پژوهش برای انتخاب راهنمایی یا استراتژی آموزشی استفاده می‌شود.

۳-۴ تحلیل روش پیشنهادی

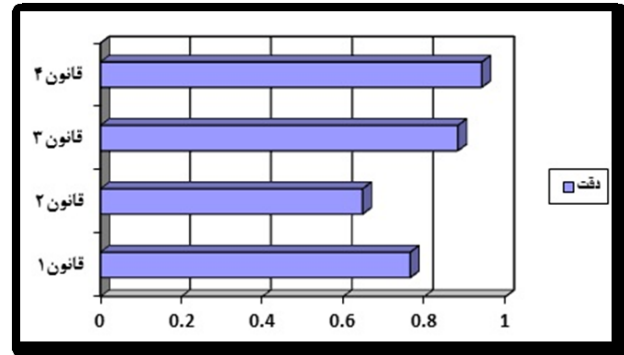
این پژوهش راه‌کاری برای بهبود هوشمند سیستم یادگیری الکترونیکی دلخواه ارائه می‌دهد، در حالی که سیستم‌های هوشمند موجود برای آموزش دامنه دانش خاص با مدل خبره و قابلیت حل مسأله ایجاد شده‌اند. ایجاد مدل خبره هزینه سنگین مالی و زمانی، گاه تا چند سال، دارد. بنابراین در این پژوهش تلاش شده تا بدون استفاده از مدل خبره و با شبیه سازی سناریو هوشمندسازی را انجام شود. این ایده موجب کاهش هزینه چشم‌گیری می‌شود. از سوی دیگر هوشمندی سیستم به جای تأکید روی مدل خبره، روی استنتاج از داده‌های جمع‌آوری شده از دانشجو توسط سیستم تأکید دارد. بر این اساس دو شبکه بیزی و عصبی مبتنی بر داده آموزشی برای هوشمندی پیشنهاد گردید.

روش پیشنهادی شامل گام‌های مهندسی دانش، شبیه‌سازی بر روی محیط یادگیری الکترونیکی، استخراج داده‌ها از سیستم، ایجاد شبکه بیزی و شبکه عصبی مصنوعی مرتبط و همگام سازی با سیستم است. مهندسی دانش فاقد هزینه پیاده‌سازی است و شبیه‌سازی، شامل قرارگیری سناریوها در سیستم، لازمی ایجاد هر سیستم یادگیری الکترونیکی است. استخراج داده‌ها و همگام سازی شبکه‌ها با سیستم نیاز به یک مازول هماهنگ کننده دارد.

طراحی و آموزش شبکه‌ها تنها زمان راه‌اندازی سیستم یا ارتقا آن اتفاق می‌افتد که با نرم‌افزارهای موجود به‌سادگی انجام می‌شود. همچنین می‌توان بر اساس داده‌هایی که سیستم جمع‌آوری می‌نماید، متغیرهای ورودی شبکه بیزی را تغییر داد.

۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر روشی مبتنی بر دو شبکه بیزی و عصبی متوالی برای هوشمندسازی دانشگاه مجازی ارائه می‌دهد. این رهیافت مبتنی بر نمایش دانش با قوانین است، بنابراین برای هوشمند سازی سیستم‌هایی با دامنه دانش غالب رویه‌ای مناسب‌تر است.



شکل ۷- دقت شبکه بیزی بدون متغیر میانی

یکی از مشهورترین سیستم‌هایی که از شبکه بیزی برای مدل‌سازی دانشجو بهره برده، اندیز است. در حقیقت اندیز برای هر مسأله، یک گراف حل به صورت پویا تولید می‌کند و با توجه به ساختار هر گراف حل یک شبکه بیزی ایجاد می‌گردد. شبکه بیزی در اندیز که به نوعی بر اساس دانش خبرگان شکل می‌گیرد، دارای عملکردی ثابت در طول زمان است. همچنین این شبکه قابلیت توسعه خوبی ندارد، زیرا به نحوه پیاده سازی موتور استنتاج در مدل خبره به طور مستقیم وابسته است.

بنابراین شبکه بیزی اندیز علی‌رغم هزینه چندین هزار دلاری و با صرف پنج سال دارای پیچیدگی زیاد و هزینه بالا برای پیاده سازی روی سیستم‌های دیگر است، در حالی که شبکه بیزی روش پیشنهادی برای پیاده‌سازی روی سیستم‌های مختلف تنها به هزینه همگام سازی نیاز داشته و روی گستره گوناگونی از سیستم‌ها قابل پیاده‌سازی است.

۳-۳ نتایج شبکه عصبی

شبکه عصبی مصنوعی پیش رونده‌ی چند لایه بررسی شده خود دارای پارامتر خطای قابل قبول زمان یادگیری است. هر گاه شبکه برای خطای داده شده همگرا نشود، پارامترهای دیگر مانند تعداد تکرار و نرخ یادگیری تغییر داده می‌شوند تا شبکه برای دقت مورد نظر همگرا شود. اما شبکه عصبی مصنوعی مانند شبکه عصبی طبیعی در مقابل داده یکسان در طول زمان همواره خروجی یکسانی ندارد. بر این اساس برای ارزیابی شبکه نهایی از روش ارزیابی متقابل k -بخشی استفاده شده است. با قرار دادن $k=20$ داده‌ها به بیست قسمت تقسیم شده، هر بار یکی از این داده‌ها به عنوان تست در نظر گرفته شده و بقیه داده‌ها برای آموزش شبکه استفاده خواهند شد. پس از اجرای هر ۲۰ بار، با مقایسه بین جواب شبکه با مقدار واقعی برای

- [8] Dymova, L., Sevastianov, P. and Kaczmarek, K. A stock trading expert system based on the rule-base evidential reasoning using Level 2 Quotes. *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 8. 2012. pp.7150-7157.
- [9] Vanlehn, K., Lynch, C., Schulze, K., Shapiro, J. A., Shelby, R. H., Taylor, L., Treacy, D. J., Weinstein, A., and Wintersgill, M. C. The Andes physics tutoring system: Five years of evaluations. *Proceedings of the Artificial Intelligence in Education Conference*. 2005.
- [10] Cruz-Ramirez, N., Acosta-Mesa, H.G., Carrillo-Calvet, H., Nava-Fernandez, A. and Barrientos-Martinez, R.E. Diagnosis of Breast Cancer Using Bayesian Networks: A Case Study. *ELSEVIER*. 2007.
- [11] Estevam R., Hruschka, Jr and Ebecken, N.F. Towards Efficient Variables Ordering for Bayesian Networks Classifier. *ELSEVIER*. 2007.
- [12] Munetomo, M., Nurao, N. and Akama, K. Introducing Assignment Functions to Bayesian Optimization Algorithms. *ELSEVIER*. 2012.
- [13] de Rigo, D., Castelletti, A., Rizzoli, A.E., Soncini-Sessa, R. and Weber, E. A selective improvement technique for fastening Neuro-Dynamic Programming in Water Resources Network Management. *Proceedings of the 16th IFAC World Congress - IFAC-PapersOnLine*. 16th IFAC World Congress. 2008.
- [14] Arroyo, I., Woolf, B. Inferring learning and attitudes from a Bayesian network of log file data. In *Proceedings AIED 05*, 12th international conference on Artificial intelligence in education. 2005.
- [15] Wu, J., Chen, E. A Novel Nonparametric Regression Ensemble for Rainfall Forecasting Using Particle Swarm Optimization Technique Coupled with Artificial Neural Network. *6th International Symposium on Neural Network*. Springer. 2009.

از سوی دیگر، رهیافت حاضر تنها از اطلاعاتی که سیستم مدیریت یادگیری از دانشجو ذخیره می‌کند استفاده نموده و بنابراین مستقل از روش پیاده سازی بقیه اجزا قابل استفاده است.

هزینه پیاده‌سازی پایین روش، دقت قابل توجه بالای ۹۰ درصد آن و نیز قابلیت ارتقای مناسب رهیافت پیشنهادی از مزایای اصلی آن به شمار می‌رود. از سوی دیگر به علت رواج سیستم‌های مدیریت آموزش، روش پیشنهادی به گسترش سیستم‌های هوشمند کمک می‌نماید. به عبارت دیگر از این رهیافت می‌توان برای هوشمندسازی انواع دیگر سیستم‌های مدیریت یادگیری نیز استفاده نمود.

مراجع

- [1] Beatty, B. Ulasewicz, C. Online teaching and learning in transition: Faculty perspectives on moving from blackboard to the Moodle learning management system. *TechTrends*, 50(4). 2009. pp.36-45.
- [2] D'Mello, C. and Graessner, A. Dynamics of affective states during complex learning. *Learning and Instruction*, 22(2). 2012. pp.145-157.
- [3] Koedinger, K. and Aleven, V. Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educational Psychology Review*, 19. 2007. pp.239-264.
- [4] Ford, L. A New Intelligent Tutoring System. *British Journal of Educational Technology*, 39(2). 2008. pp.311-318.
- [5] Banadkuki, H. Investigation of An Expert Model For Tutoring Heuristic Search Methods, M.Sc. Desert Of Computer Science, University of Sistan and Baluchestan, 2012. [In Persian]
- [6] Myung, I.J. Tutorial on maximum likelihood estimation. *Journal of Mathematical Psychology*, 47. 2009. pp.90-100.
- [7] Durkin, J. Expert Systems: Catalog of Applications. *Intelligent Computer Systems*. 2011.