



## مروری بر سامانه‌های خبره در صنعت رنگرزی و نساجی

مصطفی گودرز<sup>۱</sup>، محمد امانی تهران<sup>۲\*</sup>، رضا محمد علی مالک<sup>۳</sup>، فیروز مهر مظاهری<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

۲- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

۳- استادیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

۴- مربی، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران، صندوق پستی: ۴۴۱۳-۱۵۸۷۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۱/۳ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۸۹/۳/۲۰

### چکیده

هوش مصنوعی فناوری پیشرفته‌ای است که اخیراً از سوی محققان علوم مختلف بسیار مورد توجه قرار گرفته است. هوش مصنوعی در واقع روشی است که ساختارهای ضروری برای انجام عملیات هوشمند توسط رایانه را فراهم می‌نماید. یکی از کاربردهای هوش مصنوعی، ایجاد سامانه‌های خبره می‌باشد. این سامانه‌ها ابزارهای کامپیوتری هستند که فرآیند استنتاج و دانش افراد خبره را در حل مسائل یک حوزه تخصصی شبیه‌سازی می‌کنند و در نتیجه همانند یک فرد خبره در حوزه تخصصی خود، در مسائل مربوط به آن حوزه مشاوره می‌دهند و در صورت لزوم تصمیم‌گیری می‌نمایند. هدف این مقاله، مرور سامانه‌های خبره و کاربردهای جدید آن در صنعت رنگرزی و نساجی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سامانه خبره، خودکارسازی، نساجی، رنگرزی

## Review of Expert Systems in the Coloration and Textile Industry

M. Goodarz, M. Amani Tehran\*, R. M. A. Malek, F. M. Mazaheri

Textile Engineering Department, Amirkabir University of Technology, P.O. Box: 15875-4413, Tehran, Iran,

### Abstract

Artificial intelligence is an advanced technology which is recently taking into account by researchers. In fact, Artificial intelligence is a method that provides required base to do intelligent processes by computer. A branch of artificial intelligence is Expert systems. These systems are computer tools that imitate knowledge and inference procedures of human experts to solve problems related to a specialized domain, so they consult at the level of a human expert and necessarily decide. The aim of this paper is to review Expert systems and some recent applications of it in various areas of coloration and textile industry. *J. Color Sci. Tech.* 4(2010), 41-53 © Institute for Color Science and Technology.

**Keywords:** Expert system, Automation, Textile, Coloration.

## ۱- مقدمه

بتواند در آزمون تورینگ قبول شود، در این صورت می‌توان آن را هوشمند تلقی کرد. در آزمون تورینگ، یک داور بشری از طریق یک پایانه رایانه‌ای با دو پایانه مستقل دیگر، انسان و رایانه، بطور همزمان به پرسش و پاسخ می‌پردازد. در صورتیکه وی نتواند ماشین را از انسان تشخیص دهد آن رایانه در آزمون قبول شده است و هوشمند قلمداد می‌شود [۳۴]. آزمون تورینگ با هوشمندی از ارتباط فیزیکی مستقیم بین رایانه و محقق اجتناب می‌کند، زیرا شبیه‌سازی فیزیکی فرد برای ارائه هوشمندی ضروری نیست [۳۳]. مفهوم هوش مصنوعی آنقدر گسترده است که آن را به دورده قوی<sup>۵</sup> و ضعیف<sup>۶</sup> تقسیم می‌نمایند. تعریف ذکر شده در فوق به هوش مصنوعی قوی مربوط می‌شوند. این رده ادعا می‌کند که رایانه‌ها را می‌توان به گونه‌ای ساخت که مشابه انسان فکر کنند و حتی از وجود خودشان آگاه باشند. در حالیکه هوش مصنوعی ضعیف اظهار می‌کند که می‌توان برخی از ویژگی‌های تفکر مابانه<sup>۷</sup> انسان را به گونه‌ای به رایانه‌ها اضافه نمود که تبدیل به ابزارهای مؤثرتری شوند. این نوع از هوش مصنوعی را می‌توان در نرم‌افزار تشخیص صدا، سامانه‌های خبره و غیره مشاهده کرد [۳۵]. همچنین در صنایع بزرگ و خطوط مونتاژ می‌توان از نرم‌افزارهای این رده استفاده نمود که این امکان را به دستگاه‌ها می‌دهند که بدون حضور مجری عمل نمایند [۳۶].

## ۳- سامانه خبره مبتنی بر دانش

سامانه‌های کامپیوتری که از دانش تخصصی یک حوزه به طور مستقیم استفاده می‌کنند و به دانش آن حوزه متکی هستند سامانه‌های مبتنی بر دانش اطلاق می‌شوند [۳۷، ۲۷]. سامانه مبتنی بر دانش برنامه‌ای است که دارای دانش حوزه به صورت صریح و همچنین مجزا از قسمت‌های دیگر برنامه است. یک برنامه هوش مصنوعی که توانایی بازی موسوم به دوز بازی<sup>۸</sup> را دارد حتی اگر دانش حوزه آن از سایر قسمت‌های برنامه مجزا باشد به عنوان سامانه مبتنی بر دانش مطرح نمی‌شود. سامانه‌های خبره در حقیقت سامانه‌های مبتنی بر دانش هستند [۳۸] و دانش مغز چنین سامانه‌هایی است [۳۹]. رابطه بین برنامه‌های هوش مصنوعی، سامانه‌های مبتنی بر دانش و سامانه‌های خبره در شکل ۱ نمایش داده شده است [۳۸].

1- Ruettiger

2- Demers

3- Stylios

4- Computer integrated manufacturing

5- Strong

6- Weak

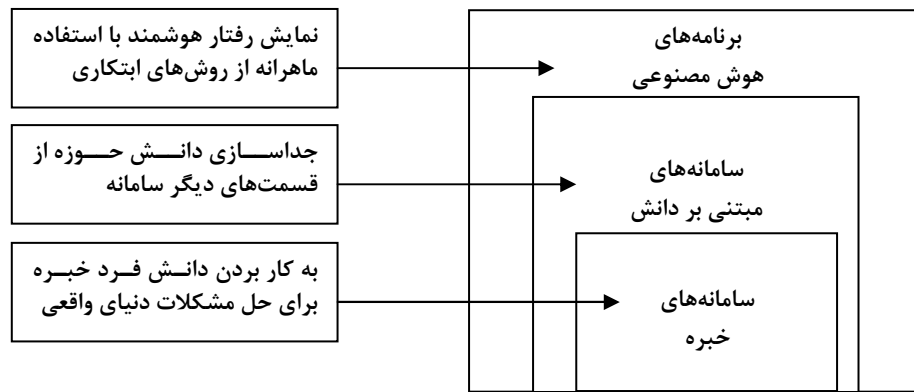
7- Thinking-like

8- Tic-tac-toe

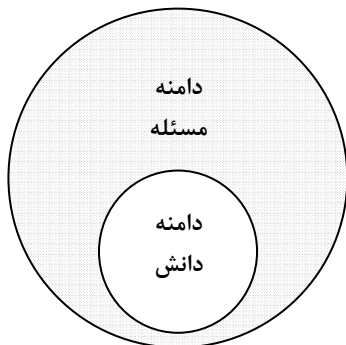
استفاده از رایانه‌ها در صنعت رنگرزی و نساجی به دهه ۱۹۶۰ بر می‌گردد در این سال‌ها مقالات بسیار زیادی در رابطه با کاربرد پایش رایانه‌ای در زمینه‌های مختلف نساجی و رنگرزی شامل فرآیند تولید الیاف، تولید نخ، تولید پارچه، رنگرزی، ماشین‌آلات رنگرزی، تکمیل منسوجات، تولید پوشاک و منسوجات صنعتی منتشر گردید [۱]. کاربرد هوش مصنوعی و سامانه خبره در نساجی از اواخر دهه ۱۹۸۰ قوت گرفت. در این سال‌ها، کاربردهای سامانه خبره در نساجی و آزمایشگاه‌های تحقیقاتی مرتبط با آن توسط روتیجر<sup>۱</sup> (۱۹۸۸) و دمرس<sup>۲</sup> (۱۹۸۹) معرفی گردیدند. آنها سامانه خبره را سامانه‌ای بیان کردند که دانش، نحوه استدلال و تجربه مدیران، مهندسان و کارشناسان خبره را اخذ و نگهداری می‌کند [۲، ۳]. استیلیوس<sup>۳</sup> بیان کرد که سامانه‌های خبره، تولیدکنندگان نساجی را به سوی تولید یکپارچه کامپیوتری<sup>۴</sup> (CIM) ترغیب کرده‌اند [۴]. به هر حال، کاربردهای سامانه‌های خبره در نساجی در دهه ۱۹۹۰ ادامه داشت [۱۲-۱۵]. در سال‌های اخیر نیز توجه زیادی به سامانه‌های مبتنی بر دانش به خصوص در حوزه تشخیص عیب گردیده است [۲۶-۱۳]. در این مقاله، جایگاه و کاربردهای اخیر سامانه‌های خبره برای حل مسائل مختلف در حوزه‌های مختلف صنعت نساجی و رنگرزی مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین به فناوری‌های دیگری که پتانسیل بالایی برای استفاده در آینده را دارند اشاره می‌گردد.

## ۲- هوش مصنوعی

هوش مصنوعی شکل پیشرفته علم کامپیوتر است [۲۷] که به مطالعه فعالیت‌های محاسباتی که به هوش انسان نیاز دارد اختصاص می‌یابد [۲۸]. هوشمندی ماشین همواره یکی از جذاب‌ترین و بحث‌برانگیزترین موضوعات بوده است [۲۹]. هنگامی که اصطلاح هوش مصنوعی در سال ۱۹۵۶ توسط جان مک‌کارتی نامگذاری گردید [۳۰]، تلاش‌های زیادی در جهت اختراع و ساخت ماشین‌هایی صورت گرفت که بتوانند هوشمندی انسان را در انجام کارهای مختلف نشان دهند [۲۹]. ماشین‌های هوشمند باید بتوانند در دنیای واقعی درک و عمل کنند، از آنچه که درک می‌کنند و نتایج عمل خود یاد بگیرند، و نیز نمایش درونی از دنیای خود داشته باشند [۳۱]. بنابراین هوش مصنوعی تولید ماشین‌های هوشمندی است که بتوانند اعمال انسان را طوری تکرار کنند که نتوان پاسخ آنها را از پاسخ انسان در آزمون هوشمندی (معروف به آزمون تورینگ) تشخیص داد [۳۲]. این آزمون که توسط آلن تورینگ (۱۹۵۰) پیشنهاد شد برای تعریف نمودن علمی هوش طراحی شده است [۳۳]. تورینگ پیشنهاد کرد که اگر یک ماشین



شکل ۱: ارتباط برنامه‌های هوش مصنوعی، سامانه‌های مبتنی بر دانش و سامانه‌های خبره [۳۸].



شکل ۲: ارتباط بین دامنه مسئله و دامنه دانش [۱].

سیر تکاملی سامانه‌های خبره در شکل ۳ نشان داده شده است [۱۸، ۱۷ و ۴۲-۴۴].

### ۳-۱- تهیه یک سامانه خبره

در طراحی و ساخت سامانه‌های خبره، فرد خبره، مهندس دانش<sup>۳</sup> و کاربر با هم کار می‌کنند و هر کدام نقش بسزایی در این کار ایفا می‌نمایند.

**فرد خبره:** شخصی است که مهارت، دانش و تجربه کافی در زمینه خاصی دارد [۵۳] و تفاوت اساسی بین او و فرد بی‌تجربه در دارا بودن این دانش است. دیویس<sup>۴</sup> این موضوع را این‌گونه بیان نمود که قدر مطلق یک فرد خبره، دانشی است که وی در زمینه خاصی دارد [۳۷]. نتایج تحقیقات اونیل<sup>۵</sup> و موریس<sup>۶</sup> در سال ۱۹۸۹ در بریتانیا نشان می‌دهد که ۵۹٪ شرکت‌ها پیشنهاد نموده‌اند که برای ساخت سامانه‌های خبره فقط از یک فرد خبره استفاده شود و افراد خبره دیگر برای اصلاح سامانه بعد از ساخت آن به پروژه وارد شوند. این روش از اختلاف نظر بین افراد خبره و طرح موضوعات بحث برانگیز جلوگیری می‌کند [۵۴].

سامانه خبره یکی از موفق‌ترین کاربردهای هوش مصنوعی است که برای جمع‌آوری و توزیع دانش افراد خبره بکار گرفته می‌شود [۴۰]. در واقع سامانه‌های خبره، ابزارهای کامپیوتری هستند که همانند یک فرد خبره در مسائل مربوط به حوزه تخصصی خود مشاوره می‌دهند و در صورت لزوم تصمیم‌گیری می‌نمایند [۳۷]. این سامانه‌ها را می‌توان به عنوان برنامه‌های حل‌کننده مسائل پیچیده‌ای تعریف نمود که به افراد خبره برای حل آنها نیاز است [۴۱].

سامانه‌های خبره همانند افراد خبره "حوزه‌مند" هستند یعنی دانش آنها به یک حوزه خاص محدود می‌شود. به محدوده یک دانش خاص، دامنه آن گفته می‌شود [۴۲]. دامنه یک مساله، نشان‌دهنده حوزه خاصی مانند حوزه پزشکی، علوم و یا مهندسی است که یک فرد خبره می‌تواند مسایل آن را به خوبی حل کند. دانش یک فرد خبره درباره حل یک مساله خاص، حوزه دانش فرد خبره نامیده می‌شود. شکل ۲ رابطه بین دامنه مسئله و دامنه دانش را نشان می‌دهد [۱].

سامانه‌های خبره در زمینه‌های کاربردی زیادی از جمله کشاورزی، تجارت، شیمی، ارتباطات، سامانه‌های کامپیوتر، آموزش، الکترونیک، مهندسی، محیط‌زیست، زمین‌شناسی، پردازش تصویر، مدیریت اطلاعات، حقوق، تولید، ریاضیات، پزشکی، هواشناسی، امور نظامی، استخراج معدن، سامانه‌های تولید نیرو، امور فضایی و حمل و نقل تاکنون به کار گرفته شده‌اند. تحقیقات واترمن در سال ۱۹۸۶ نشان می‌دهد که بیشترین کاربرد سامانه‌های خبره در زمینه پزشکی (۳۰٪) بوده است و کاربرد این سامانه‌ها در دو زمینه تولید و تجارت در حدود ۱۰٪ بوده است. تحقیقات دارکین<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۳ نشان می‌دهد که بیشترین کاربرد سامانه‌های خبره در زمینه تولید و تجارت (۶۰٪) و پزشکی (۱۲٪) بوده است که حاکی از افزایش فعالیت در زمینه‌های تولید و تجارت است [۳۷]. تحقیقات اخیر نیز حاکی از حفظ علاقه تهیه‌کنندگان سامانه‌های خبره به زمینه‌های مختلف تولید بخصوص در زمینه نساجی و رنگرزی می‌باشد [۲۶-۱ و ۶۳-۶۱].

3- Knowledge engineer

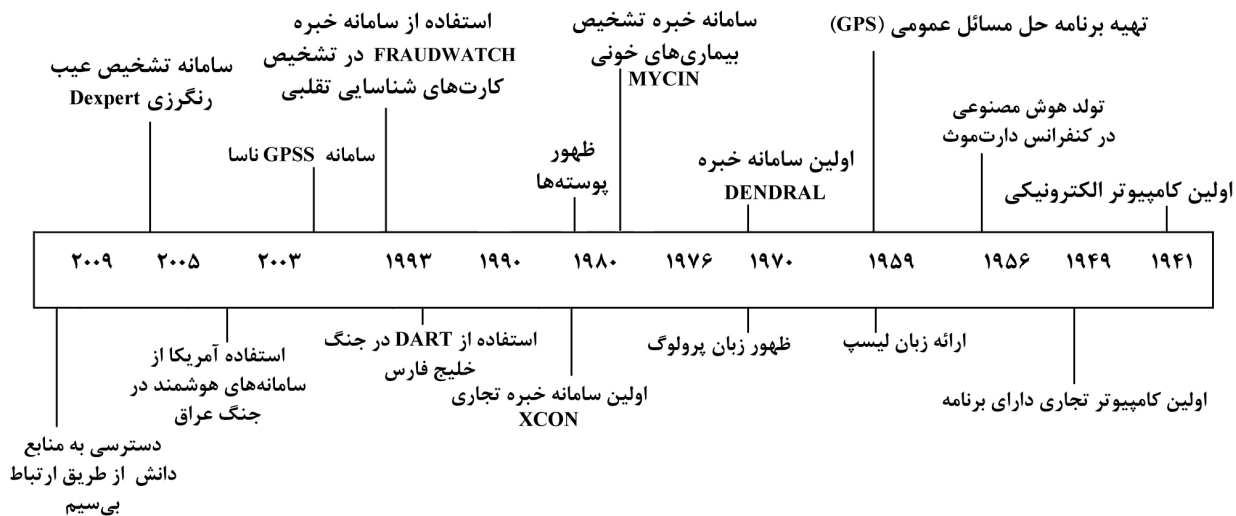
4- Davis

5- O'Neil

6- Morris

1- Domain bound

2- Durkin



شکل ۳: سیر تکاملی سامانه‌های خبره [۵۲-۴۲، ۱۸، ۱۷].

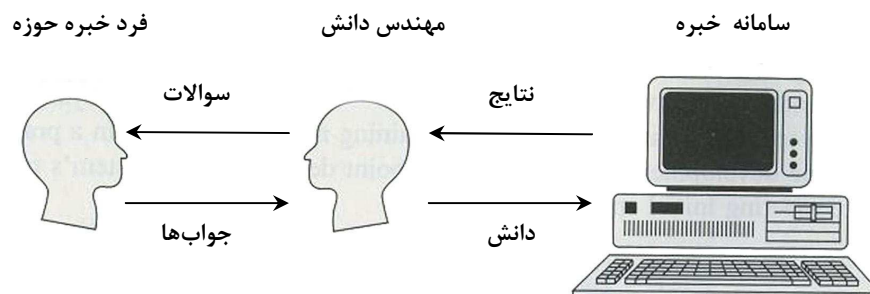
مهندس دانش می‌تواند مشاوره را نه فقط با انتخاب و مدیریت نحوه استنتاج کنترل کند بلکه با تنظیم کردن یک دسته اعلان که کاربر روی صفحه نمایش مشاهده خواهد کرد نیز می‌تواند استراتژی حل مسئله را کنترل نماید [۵۳]. وظایف مهندس دانش را می‌توان مواد ذیل دانست [۳۷]:

- ارزیابی مسئله<sup>۱</sup>
- شناسایی مفهوم
- شناسایی روش حل مسئله
- برنامه‌نویسی سامانه
- بازمینی سامانه<sup>۲</sup>
- نگهداری سامانه<sup>۳</sup>
- مصاحبه با افراد خبره
- سازماندهی دانش
- انتخاب نرم‌افزار
- آزمایش سامانه
- تجاری کردن سامانه

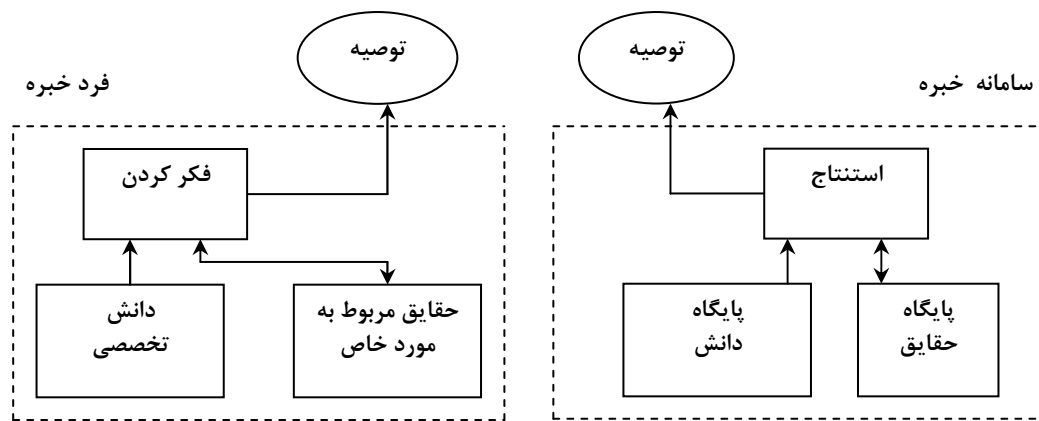
- 1- Problem assessment
- 2- Revision of system
- 3- Maintenance of system

مهندس دانش: شخصی است که طراحی، ساخت و آزمایش سامانه خبره را به عهده دارد [۳۷]. این شخص به عنوان واسط بین کامپیوتر و فرد خبره عمل می‌کند [۵۳] به این ترتیب که با افراد خبره در زمینه خاصی مصاحبه می‌کند و سپس دانش آنها را در یک برنامه کامپیوتری برای انجام بعضی امور بازنمایی می‌نماید [۲۸]. در واقع فرآیند اکتساب دانش چرخه‌ای را ایجاد می‌کند که در شکل ۴ نمایش داده شده است [۳۷]. مشکلاتی که مهندس دانش باید برای استفاده از چند فرد خبره بر آنها فائق آید عبارتند از [۵۴]:

- نحوه به توافق رسیدن در مورد اصطلاحات و تعاریف
  - استفاده افراد خبره از روش‌های مختلف برای حل یک مسئله یکسان
  - یافتن راه‌حلی که همه افراد خبره در میان راه‌حل‌های پیشنهاد شده با آن به اجماع برسند
- نوشتارهای مختلف نظیر گزارش‌ها، آیین‌نامه‌ها، راهنما و کتب مختلف از منابعی هستند که باید برای بررسی مسئله و نوشتن اصطلاحات و تعاریف استفاده شوند [۳۷].



شکل ۴: چرخه اکتساب دانش [۳۷].



شکل ۵: مقایسه افراد خبره و سامانه‌های خبره [۵۵].

جدول ۱: مقایسه فرد خبره و سامانه خبره [۳۷، ۴۰، ۶۰].

عامل	فرد خبره	سامانه خبره
زمان در دسترس	ساعات کار اداری	همیشه
از نظر جغرافیایی	محدود به یک مکان	قابل دسترس در هر مکان
انتقال دانش و مستندسازی	دشوار	آسان و به طور صریح
اطمینان	غیر قابل جایگزینی (هنگام ترک سازمان، بازنشستگی و مرگ و میر و غیره)	قابل جایگزینی (توسط نسخه برداری)
کارایی و تکرارپذیری	(وابسته به دوره‌های زمانی و حالات روحی و جسمی)	متغیر (معمولاً سریع‌تر)
هزینه	گران	مقرون به صرفه

پایگاه دانش<sup>۱</sup> مهم‌ترین بخش یک سامانه خبره است که دانش افراد خبره در آن ذخیره می‌شود. دانش، مجموعه‌ای از آموخته‌ها، تجربیات و مهارت‌های فردی یا گروهی متخصصان در یک حوزه تخصصی است که برای فعالیت‌های خود از آن استفاده می‌کنند. موتور استنتاج<sup>۲</sup> به قسمتی از سامانه خبره گفته می‌شود که کار استدلال را بر عهده دارد. فرآیند استنتاج با استفاده از دانش موجود در پایگاه دانش، فرآیند فکر کردن را شبیه‌سازی می‌کند [۵۵]. شیوه‌های گوناگونی جهت مدل‌سازی روش‌های استنتاج وجود دارد که در شکل ۷ نشان داده شده است [۵۶، ۱].

**کاربر:** شخصی است که با سامانه کار خواهد کرد و پذیرش نهایی سامانه تا حد زیادی به رضایت او بستگی دارد [۳۷]. این شخص برای حل مسائل با سامانه مشورت می‌کند که گفتگوی بین او و سامانه خبره به عنوان مشاوره در نظر گرفته می‌شود [۵۳].

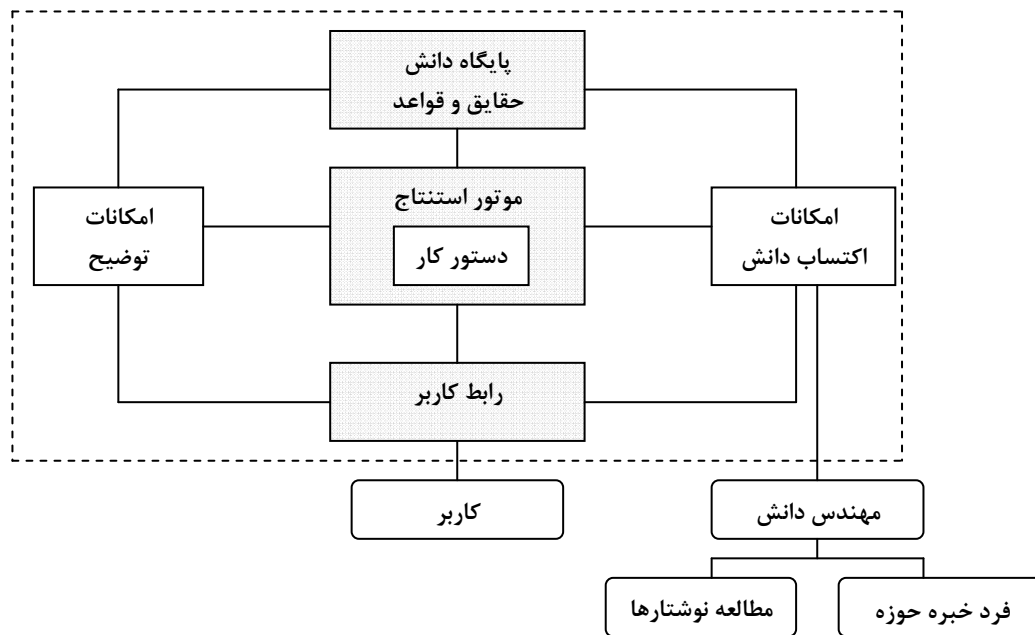
### ۳-۲- معماری سامانه خبره

هنگامی که فرد خبره می‌خواهد مسأله‌ای را حل نماید، در واقع دانش تخصصی موجود در حافظه بلند مدت خود را با حقایق جمع‌آوری شده در مورد مسأله در حافظه کوتاه مدت، ترکیب نموده و از تعامل آنها با یکدیگر استنتاج می‌کند و در نهایت تصمیم‌گیری کرده و بر اساس آن اظهار نظر می‌نماید [۳۷]. بنابراین فرد خبره با استفاده از دانش و استدلال به نتیجه می‌رسد. سامانه خبره نیز بر دانش متکی است و استدلال می‌نماید. استدلال در سامانه خبره تلاش می‌کند که ترکیب نمودن اجزای دانش توسط فرد خبره را شبیه‌سازی نماید. بنابراین ساختار یا معماری یک سامانه خبره چگونگی کار فرد خبره را شبیه‌سازی می‌کند. شکل ۵ فرد خبره و سامانه خبره را با هم مقایسه نموده است [۵۵].

افراد خبره یکی از منابع ارزشمند هر سازمان هستند [۱۰] که حضور آنها در فعالیت‌های هر سازمان باعث افزایش بازده و نیز بهبود وضعیت رقابتی آنها در بازار می‌شود [۳۷]. به هر حال افراد خبره در مقایسه با سامانه‌های خبره محدودیت‌هایی دارند که در جدول ۱ ارائه شده است [۳۷، ۴۰، ۶۰].

اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده یک سامانه خبره در شکل ۶ نمایش داده شده است [۲۳].

1- Knowledge base  
2- Inference engine

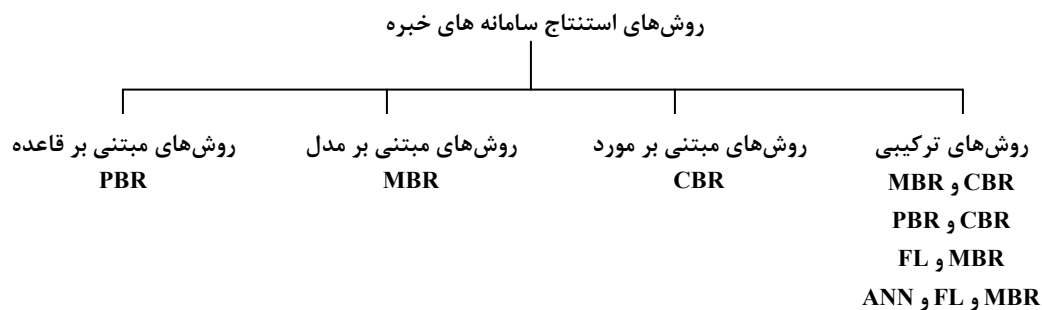


شکل ۶: معماری یک سامانه خبره [۲۳].

نماید [۵۹-۵۶]. روش‌های ترکیبی از تلفیق روش‌های مذکور و همچنین منطق فازی<sup>۴</sup> (FL) و شبکه عصبی<sup>۵</sup> (ANN) بهره می‌برند. سامانه‌های خبره با استفاده از توابع عضویت فازی برای مدل‌سازی قواعد، طبیعتاً نتایج نزدیک به واقعیت را ارائه می‌دهند. همچنین با اضافه نمودن سامانه یادگیری مثل شبکه‌های عصبی به سامانه خبره شرایطی فراهم می‌شود که سامانه خبره بتواند پایگاه دانش خود را به مرور زمان توسعه دهد [۶۱، ۲۴].

- 1- Rule-Based Reasoning
- 2- Model-Based Reasoning
- 3- Case-Based Reasoning
- 4- Fuzzy Logic
- 5- Artificial Neural Network

سامانه‌های مبتنی بر قاعده<sup>۱</sup> (RBR) از روش‌های استنتاج زنجیره‌ای پیش‌رو و زنجیره‌ای پس‌رو برای حل مسأله استفاده می‌کنند [۳۷]. زنجیره پیش‌رو یک روش داده‌گرا است در حالی که زنجیره پس‌رو یک روش هدف‌گرا است و سامانه‌های خبره از ترکیب این روش‌ها بهره می‌برند [۳۹]. استدلال مبتنی بر مدل<sup>۲</sup> (MBR)، از مدل استفاده می‌کند تا مسائل را با استفاده از مشاهدات و اطلاعات گرفته شده از سامانه واقعی پیش‌بینی نماید. این مدل تکنیک نسبتاً جدیدی است که همچنان با مشکلات زیادی جهت تحقق همه ظرفیت آن روبرو می‌باشد. از جمله این مشکلات می‌توان به دشوار بودن مدل‌سازی، فقدان طراحان مدل و لزوم استفاده ترکیبی این مدل با روش‌های دیگر اشاره کرد [۵۷]. استدلال مبتنی بر مورد<sup>۳</sup> (CBR) قادر است که از پاسخ مسائل قبلی برای حل مسائل مشابه جدید استفاده



شکل ۷: روش‌های مختلف استنتاج [۵۶، ۱].

دستور کار<sup>۵</sup>، یک فهرست اولویت‌بندی شده از قواعدی است که توسط موتور استنتاج تهیه می‌شود. قسمت شرطی قواعد موجود در این لیست توسط حقایق و یا اشیاء موجود در حافظه کاری ارضا شده است [۱].

### ۳-۳- ابزارهای ساخت سامانه خبره

اصطلاح ابزار سامانه خبره، نرم‌افزاری را توصیف می‌کند که برای ساخت یک سامانه خبره به کار می‌رود. اصلی‌ترین ابزارهای توسعه سامانه‌های خبره به صورت ذیل دسته‌بندی می‌شوند [۵۶]:

- زبان‌های برنامه‌نویسی
- پوسته‌های سامانه خبره<sup>۶</sup>
- جعبه‌های ابزار هوش مصنوعی<sup>۷</sup>

زبان‌های برنامه‌نویسی که برای توسعه سامانه‌های خبره به کار می‌روند به دو دسته زبان‌های قراردادی و زبان‌های هوش مصنوعی تقسیم می‌شوند. از زبان‌های قراردادی می‌توان به Smalltalk، کوبول، ویژوال بیسیک، C، C++ و فرتن اشاره کرد. رایج‌ترین زبان‌های هوش مصنوعی نیز لیسپ<sup>۸</sup> و پرولوگ<sup>۹</sup> هستند. پوسته‌ها، سامانه‌های خبره‌ای هستند که خالی از قواعد می‌باشند و کاربر فقط باید پایگاه دانش آنها را تهیه نماید. این بدین معنی است که برای هر کاربرد جدید لازم نیست که سامانه خبره را از ابتدا ساخت [۵۶، ۵۴]. از پوسته‌هایی که عموماً در دسترس هستند می‌توان به VP-Expert، CRYSTAL و Clips اشاره کرد [۶۳، ۵۴]. جعبه‌های ابزار هوش مصنوعی یا محیط‌ها<sup>۱۰</sup> از دیگر ابزارهای پیشرفته برای سامانه‌های خبره هستند که نوعاً شامل ساختارهای مختلف کد برای مجموعه‌ای از کارهای سامانه خبره می‌باشند. این ابزارها پیشرفته‌تر از پوسته‌ها هستند اما به دلیل پیچیدگی آنها بیشتر از زبان‌های برنامه‌نویسی و پوسته به مهارت نیاز دارند. رایج‌ترین جعبه‌های ابزار هوش مصنوعی "ART-IM" و "Level 5 Object" هستند [۵۶].

### ۳-۴- سامانه‌های خبره فازی

منطق فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده تعریف شد [۶۴]. در منطق قدیمی یا بولی یک عبارت می‌توانست فقط یکی از دو مقدار صفر یا یک را داشته باشد، در حالیکه منطق فازی دارای عضویت جزئی در فاصله بسته [۰، ۱] است [۶۳]. بنابراین منطق فازی بهتر از منطق قدیمی می‌تواند سامانه فکری انسان را مدل نماید [۶۵، ۶۳]. منطق فازی در زمینه‌های مختلف صنعت نساجی و به صورت ترکیب با

رابط کاربر<sup>۱</sup> بخش مهمی از سامانه خبره است که بین کاربر و سامانه خبره ارتباط برقرار می‌کند [۵۵]. این بخش به کاربر اجازه می‌دهد که با سوالات "چه می‌شود اگر"<sup>۲</sup> تحقیق خود را انجام دهد [۱۰]. از آنجا که هدف از ایجاد سامانه‌های خبره ارائه مشاوره به افراد و امکان‌پذیر ساختن انجام فعالیت‌های تخصصی است، به همین دلیل چگونگی ارتباط با کاربر از اهمیت زیادی برخوردار است. متداول‌ترین روش محاوره با سامانه از طریق منو و انتخاب گزینه توسط کاربر و یا پاسخ مستقیم به سوالات سامانه است [۳۷]. روش‌های غیر متداول پیشرفته‌تری از جمله تعامل با سامانه به زبان طبیعی و غیره در حال تکامل است [۲۴، ۶۲].

امکانات توضیح<sup>۳</sup> قسمتی از سامانه خبره است که تشریح نتایج اعلام شده را بر عهده دارد [۵۵]. با استفاده از این ویژگی، یک سامانه خبره می‌تواند توضیحاتی را به کاربر در موارد زیر ارائه کند: اولاً چطور به نتایج حاصل رسیده است؟ و ثانیاً چرا سؤال معینی را در فرآیند رسیدن به نتیجه از کاربر پرسش کرده است؟ به علاوه سازنده سامانه می‌تواند از این ویژگی جهت کشف خطاهای احتمالی موجود در پایگاه دانش سامانه استفاده نماید و پایگاه دانش سامانه را پالایش کند. بنابراین ویژگی فوق هم برای سازنده سامانه و هم برای کاربر اهمیت بسزایی دارد.

امکانات اکتساب دانش<sup>۴</sup> بخشی از سامانه خبره است که به وسیله آن مهندس دانش می‌تواند قوانین مربوط به سامانه را به یکی از (یا هر) دو طریق زیر وارد پایگاه دانش نماید:

۱- به صورت دستی، با فرض اینکه مهندس دانش با اخذ اطلاعات گوناگون از افراد خبره مختلف قواعدی را ساخته باشد.  
۲- از طریق ورود موارد و مثال‌های گذشته و یادگیری آن توسط سامانه، به عبارت دیگر در صورتی که به هر دلیل قاعده مشخصی در رابطه با موضوع مورد نظر به دست نیاید، مهندس دانش می‌تواند از قابلیت دیگر جزء فوق استفاده نماید. به طوری که موارد و مثال‌های گذشته (تا حد امکان با تمامی شرایط و عوامل مربوطه) را وارد آن نماید تا سامانه با استفاده از قابلیت‌های مربوط به یادگیری خود بتواند قاعده‌ای را با استفاده از آنها به دست آورد و در پایگاه دانش خود جهت استنتاج‌ها ذخیره نماید.

حافظه کاری بخشی است که داده‌هایی که به طرق مختلف در اختیار کاربر قرار می‌گیرد به طور موقت در آن ذخیره می‌شود. این داده‌ها عبارتند از: پاسخ کاربر به پرسش‌های سامانه، حقایق همواره درست، اطلاعات کسب شده از بانک‌های اطلاعاتی، حقایق استنتاج شده در فرآیند استدلال و غیره [۳۷].

- 5- Agenda
- 6- ES shells
- 7- AI toolkits
- 8- Lisp
- 9- Prolog
- 10- Environments

- 1- User interface
- 2- What if
- 3- Explanation facilities
- 4- Acquisition facilities

۳- اکثر سازمان‌ها در هنگام ملاحظه یک فناوری جدید ترجیح می‌دهند که ریسک کمتری نمایند. بنابراین پروژه‌هایی را ترجیح می‌دهند که به حداقل منابع نیاز دارند و احتمال موفقیت آنها حداکثر است.

### ۳-۵-۱- کاربرد سامانه‌های خبره در صنعت نساجی و رنگرزی

فناوری سامانه خبره در زمینه‌های مختلف نساجی و رنگرزی شامل تولید الیاف مصنوعی، درجه‌بندی رنگ پنبه، ریسندگی، بافندگی تارپودی، بافندگی حلقوی، بازرسی پارچه، رنگرزی، تکمیل منسوجات، تولید پوشاک و منسوجات صنعتی به کار برده شده است [۲۶-۱].

سامانه خبره OPTIMIST در سال ۱۹۸۸ ایجاد شده است. این سامانه توسط روتیجر در شرکت BASF به منظور بهینه‌سازی فرآیندهای رنگرزی طراحی گردید [۱۰]. سامانه Pré-matic در سال ۱۹۸۹ توسط گونتر<sup>۱</sup> برای شرکت سیبا طراحی شد که جهت سفیدگری پارچه‌های پنبه‌ای استفاده می‌شود. سامانه COROSULT سامانه خبره‌ای است که توسط شرکت اشلافهورث<sup>۲</sup> برای تشخیص عیب در ماشین ریسندگی نخ فیلامنتی ایجاد شد تا بهترین روش برای راه‌اندازی دستگاه Autocoro را انتخاب نماید [۱]. یک سامانه خبره در سال ۱۹۹۰ برای پیش‌بینی قابلیت دوزندگی پارچه و بهینه‌سازی پارامترهای پارچه و فرآیند دوزندگی در تولید پوشاک تهیه شده است [۵].

سامانه خبره دیگری در سال ۱۹۹۱ توسط اسپلند برای شرکت ساندوز تهیه شده است که برای انتخاب سفیدکننده‌های فلورسنتی استفاده می‌گردد [۶]. سامانه WOOLY سامانه خبره‌ای است که در سال ۱۹۹۱ توسط فری<sup>۳</sup> در شرکت ساندوز تهیه شده است. این سامانه در تهیه نسخه رنگرزی منسوجات (پشمی و پشم/پلی‌آمیدی) به کار می‌رود که جزئیاتی نظیر مسیر فرآیند، روش‌های رنگرزی و رنگزاهای مناسب را پیشنهاد می‌کند و به یک سامانه رنگ‌همانندی متصل است [۷]. سامانه خبره Texperto در سال ۱۹۹۲ توسط شرکت کلارینت طراحی شد که در زمینه تکمیل نساجی به کار می‌رود [۱]. BAFAREX سامانه خبره دیگری است که در سال ۱۹۹۲ توسط لانگ<sup>۴</sup> از شرکت BASF ایجاد شده است. این سامانه به منظور تعیین نسخه رنگرزی کالاهای پنبه‌ای و پنبه/پلی‌استری با استفاده از رنگزاهای خمی و دیسپرس به کار می‌رود [۱۰]. Smartmatch در سال ۱۹۹۴ توسط شرکت بین‌المللی Datacolor تهیه شد. این سامانه برای تعیین نسخه رنگرزی منسوجات به کار می‌رود که دارای الگوریتم‌هایی

سامانه‌های خبره به کار گرفته شده است [۶۶، ۲۶] تا وضعیت سامانه‌های پیچیده نظیر صنایع نساجی را بهتر نمایش دهد [۶۲]. یک سامانه خبره فازی، سامانه‌ای است که از یک مجموعه توابع عضویت فازی و قواعد برای استنتاج در مورد داده‌ها استفاده می‌کند [۱].

### ۳-۵-۲- کاربردهای سامانه خبره

یکی از روش‌های طبقه‌بندی سامانه‌های خبره بررسی مسائل حل شده توسط این سامانه‌ها می‌باشد. افراد خبره در حل مسائل خاص نظیر تشخیص عیب وظایفی را بر عهده دارند که می‌توان آنها را بر اساس این وظایف در دسته‌های معینی قرار داد. به همین صورت سامانه‌های خبره برای اجرای وظایفی بر اساس نوع مسئله طراحی و طبقه‌بندی شده‌اند که انواع مسائل در جدول ۲ نشان داده شده است [۳۷].

جدول ۲: انواع مسائل حل شده توسط سامانه‌های خبره [۳۷].

نوع حل مسأله	شرح
کنترل	نظارت بر رفتار یک سامانه
طراحی	کنار هم قرار دادن اجزا با رعایت محدودیت‌ها
تشخیص عیب	یافتن عیوب سامانه بر اساس علائم مشاهده شده
آموزش	تشخیص، علت‌یابی و رفع اشتباه‌های رفتاری دانش‌آموز
تفسیر	شناخت موقعیت بر اساس داده‌های موجود
نظارت	تشخیص عملکرد از مقایسه موارد مشاهده شده با موارد مورد انتظار
طرح‌ریزی	طراحی فعالیت‌ها
پیش‌بینی	تعیین پی‌آمدهای محتمل بر اساس وضعیت موجود
تجویز	توصیه راه‌حل برای عوامل مشکل‌زای یک سامانه
انتخاب	تعیین بهترین گزینه از بین گزینه‌های محتمل
شبیه‌سازی	شبیه‌سازی تعامل بین اجزای یک سامانه

بررسی بر روی تقریباً ۲۵۰۰ سامانه خبره در سال ۱۹۹۲ نشان داده است که بیشترین استفاده از سامانه‌های خبره در زمینه تشخیص عیب بوده است. دلایل کاربرد زیاد این نوع سامانه‌ها در زیر آمده است [۳۷]:

- ۱- سامانه‌های تشخیص عیب مانند اغلب افراد خبره در حل مشکلات زمینه‌های مختلف نظیر پزشکی، مهندسی، تولید نقش مشابهی را ایفا می‌کنند.
- ۲- تهیه این سامانه‌ها نسبتاً آسان است. اکثر مشکلات دارای فهرست محدودی از راه‌حل‌های احتمالی هستند و اطلاعات محدودی برای یافتن راه‌حل نیاز دارند.

1- Günther  
2- Schlafhorst  
3- Frei  
4- Lang



با کاربر ادامه می‌یابد تا اینکه یک تشخیص عیب مناسب انجام شود. در مواردی که یک تشخیص عیب دقیق بر مبنای اطلاعات موجود امکان‌پذیر نباشد، سامانه دلیل هر عیب را به همراه احتمال‌های آنها توضیح می‌دهد.

سامانه Modex (۱۹۹۸)، سامانه خبره‌ای است که به کاربر این امکان را می‌دهد که یک برنامه اجرایی با استفاده از تکنولوژی CAD برای کنترل ماشین‌های تخت‌بافی تولید نماید [۱]. فان<sup>۱</sup> و هانتز<sup>۲</sup>، سامانه خبره‌ای تحت عنوان WOFAX در سال ۱۹۹۸ در انجمن تحقیقات صنعتی و علمی آفریقای جنوبی ایجاد نمودند که برای طراحی پارچه‌های فاستونی به کار می‌رود. این سامانه قصد دارد که رهنمودهایی در طی هر مرحله فرآیند تولید پارچه ارائه دهد و خصوصیات پارچه را پیش‌بینی نماید، اما تصمیم‌گیری نهایی را بر عهده کاربر می‌گذارد [۹].

سامانه BATEM سامانه خبره‌ای است که توسط کانورت<sup>۳</sup> و همکارانش در سال ۱۹۹۸ ساخته شد. این سامانه به منظور تعیین نسخه رنگرزی به کار می‌رود و در طراحی آن سعی شده است که مطابق با نحوه استدلال یک فرد خبره در رنگرزی باشد. به این ترتیب که کاربر نوع کالا، ماشین‌آلات و رنگزاهای موجود و همچنین رنگ و ثبات مورد نیاز خود را به سامانه گزارش می‌دهد و سامانه هم با در نظر گرفتن این معیارها، نسخه‌های رنگرزی مناسب را به کاربر ارائه می‌دهد که کاربر از بین نسخه‌های پیشنهاد شده مناسب‌ترین نسخه را انتخاب می‌نماید [۱۰].

سامانه‌های خبره دیگری که جهت کمک به تولیدکنندگان منسوجات ارائه شده است، در زمینه البسه ضدآب تنفس‌پذیر، منسوجات دافع آب و دافع روغن به کار می‌روند [۱۱، ۱۲]. سامانه خبره Calopoca در سال ۲۰۰۱ توسط سیبا تهیه شده است. این سامانه برای رنگ‌همانندی، تعیین نسخه رنگرزی و بهینه کردن تکرارپذیری آزمایشگاه در تعمیم به صنعت به کار می‌رود [۱]. لی<sup>۴</sup> و لین<sup>۵</sup> در سال ۲۰۰۱ یک سامانه خبره برای یک موسسه نساجی در چین تهیه نمودند. این سامانه برای رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای با رنگزاهای راکتیو ایجاد شده است و پایگاه داده آن باز است به گونه‌ای که می‌توان در هر زمان به آن داده‌های جدید اضافه نمود. این برنامه بر مبنای منحنی رمق‌کشی و خصوصیات هر رنگزای راکتیو، شاخص سازگاری ترکیب‌های رنگزا را تعیین می‌کند و بر طبق غلظت رنگزا مناسب‌ترین غلظت را برای نمک و قلیا پیشنهاد می‌کند. در حقیقت، این سامانه با گرفتن خصوصیات رنگزا، مشخصات پارچه و پارامترهای ماشین رنگرزی یک فرآیند رنگرزی را طراحی می‌نماید [۱۳].

برای کاهش اشتباهات در ارائه نسخه اولیه رنگرزی است. تصحیح‌های بعدی پس از رنگرزی و رنگ‌هماندی صورت می‌پذیرد [۱، ۱۰].

یک سامانه تشخیص عیب هوشمند در سال ۱۹۹۵ برای بازرسی پارچه گزارش شده است که سامانه خبره و منطق فازی در تهیه آن به کار رفته است. پایگاه دانش از مراجع فنی و از مصاحبه با افراد خبره در مهندسی بافندگی نساجی حاصل شده است. سامانه شامل ۱۸ نوع از عیوب پارچه و ۴۴ دلیل برای آنها است که یک رابطه فازی بین علائم و دلایل آنها از طریق تجربه افراد خبره در زمینه مهندسی بافندگی برقرار گردیده است. دانش و تجربه بدست آمده به صورت دسته‌ای از قواعد نمایش داده شده است و تشخیص عیب بر مبنای الگوریتم جستجو انجام می‌گردد. برای انجام تشخیص عیب، کاربر عیب پارچه را به سامانه گزارش می‌دهد. سامانه دلایل احتمالی اختلال و علائم مربوط به آنها را برای تشخیص عیب بیشتر در اختیار کاربر قرار می‌دهد. کاربر مجدداً پارچه را در رابطه با دلایل احتمالی و علائم مربوط به آنها بازرسی می‌کند، در صورتیکه عیب جدیدی پیدا کرد آن را در کنار عیب اصلی به سامانه گزارش می‌دهد. سامانه، خروجی نهایی خود را به عنوان دلیل واقعی و محتمل‌تر در اختیار کاربر قرار می‌دهد. هنگامی که نتایج تشخیص عیب دلیل اصلی اختلال نبود، سامانه دلایل احتمالی دیگری برای بازرسی کردن بیشتر در اختیار کاربر قرار می‌دهد [۸].

سامانه خبره Datawin یک سامانه کنترل رنگرزی است که در سال ۱۹۹۶ تهیه شد. سامانه خبره TESS برای تشخیص عیب در منسوجات تارپودی است که توسط آزمایشگاه آزمون مواد و تحقیقات فدرال سوئیس در ۱۹۹۷ تهیه شده است. این سامانه که تهیه آن پنج سال زمان برده است بر مبنای ایده نگهداری دانش یک فرد خبره از کارکنان EMPA طراحی شد که قرار بود بازنشست شود. به دلیل علاقه شرکت‌ها به نمونه اولیه، پایگاه دانش سامانه به ۱۲ شریک شامل کارخانجات ریسندگی و بافندگی، شرکت‌های تکمیل نساجی، تولیدکنندگان مواد رنگی و شیمیایی، تولیدکنندگان ماشین‌آلات نساجی و تجهیزات آزمایشگاهی ارائه داده شد. این سامانه که با استفاده از نرم‌افزار تشخیص عیب شرکت Cincos تهیه شده است، از روش استدلال مبتنی بر مورد برای تشخیص عیب استفاده می‌کند. سامانه TESS شامل تقریباً ۲۰۰۰ گره است که ۷۰۰ گره از آنها، گره‌های داخلی یا گره‌های عیب هستند. سؤالاتی که سامانه از کاربر می‌پرسد تقریباً در ۶۰۰ گره اطلاعاتی رابطه‌مند شده است و در بیش از ۷۰۰ گره مسئله ظاهر می‌شوند. گره‌های اولیه شبکه به پنج نوع عیب شامل راه‌ها، لکه‌ها، سوراخ‌ها، ناپیکنواختی‌های سطحی و تغییر زبردست تقسیم می‌شوند. بخش‌های بعدی انواع عیب مطابق با اندازه، تکرار، رنگ و موقعیت عیب در پارچه ساخته شده است. سامانه از کاربر سؤالاتی می‌پرسد که کاربر نیز پس از آزمایشات لازم بر روی پارچه، مناسب‌ترین جواب را از فهرست انتخاب می‌کند. مکالمه سامانه

1- Fan  
2- Hunter  
3- R. convert  
4- J. Lee  
5- J.J. Lin

می‌باشند. سامانه خبره اخیر عیوب ارائه شده توسط کاربر به سامانه را با عیوب موجود در نرم‌افزار مقایسه کرده و سپس عیوب را وزن‌دهی نموده و بر اساس آنها فرش را درجه‌بندی می‌کند [۱۹،۲۰].

یک سامانه خبره در سال ۲۰۰۶ توسط انجمن تحقیقاتی منسوجات نیاخته برای بهینه‌سازی منسوجات سوزن‌زنی مورد استفاده در ژئوتکستایل‌ها ارائه گردید [۲۱]. محققان انجمن تحقیقات صنعتی و علمی در آفریقای جنوبی در سال ۲۰۰۷ سامانه خبره‌ای برای تشخیص عیب نخ ارائه دادند که از ترکیب روش‌های مبتنی بر قاعده و مبتنی بر مورد برای استدلال بهره می‌برد. در واقع از قاعده برای تشخیص یک عیب استفاده می‌کند و از مورد برای استثناها بهره می‌برد [۲۲].

سامانه<sup>4</sup> DDES یک سامانه خبره تشخیص عیب مبتنی بر دانش می‌باشد که در سال ۲۰۰۷ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر برای حل مشکلات رنگری کالای پنبه تهیه شد. روش نمایش دانش در این سامانه به صورت قاعده است، دارای یک پوسته و رابط کاربر گرافیکی است که با زبان ویژوال بیسیک طراحی شده است و نرم‌افزار بانک اطلاعاتی میکروسافت اکسس برای پیاده‌سازی پایگاه دانش آن بکار برده شده است. همچنین جهت ارتباط سیستم خبره به پایگاه دانش از فرامین ساختار یافته بانک اطلاعاتی (SQL) استفاده گردیده است. دانش این سامانه از سه رنگر خبره کسب شده است که یکی از آنها به عنوان متخصص اولیه و از بقیه به عنوان متخصص ثانویه بهره برده است. متخصص اولیه (مهندس دانش) در ابتدا دانش را از نوشتارهای مختلف نظیر مقالات، مجلات، کتب و اینترنت و حضور در کارخانه‌های رنگری جمع‌آوری نموده و نسخه اولیه دانش را جهت آمادگی (که مهندس رنگر می‌باشد) برای برقراری جلسات مصاحبه تدوین می‌نماید. جلسات مصاحبه و گفتگو بدین صورت بود که مهندس دانش به همراه دو فرد خبره رنگری به طور همزمان در جلسه شرکت می‌نمودند که کیفیت این نوع جلسات به این دلیل که پرسش و پاسخ بین سه نفر انجام می‌گرفت، بهتر بود و تنها مشکل این روش دشواری هماهنگی افراد برای حضور همزمان در جلسه بود. در این روش افراد خبره در نتیجه اتفاق نظر با یکدیگر، راه‌حل واحدی را پیشنهاد می‌دهند. به هر حال در جلسات مصاحبه اولیه، صحت و سقم مطالب بررسی شده و دانش عیوب رنگری پنبه و دلایل و راه‌حل‌های آنها تکمیل گردید. سپس نحوه تصمیم‌گیری افراد خبره جهت تشخیص عیب رنگری تبیین شده و زنجیره سوال‌ها طراحی شد تا در جلسات بعدی پایگاه دانش بر اساس آنها اصلاح و تکمیل گردد. این سامانه که از ترکیب تاریخ‌نگاری و طبقه‌بندی برای رده‌بندی فرضیه‌ها استفاده می‌نماید، می‌تواند رنگر خبره را در فرآیند عیب‌یابی کمک نماید ولی در زمینه امور آموزشی می‌تواند موفق‌تر از ترکیب دو روش مورد

سامانه‌های خبره را می‌توان همچنین به همراه سامانه‌های نظارت در کنترل و مدیریت تولید به کار برد. در پروژه عظیمی که دانشکده‌های الکترونیک و نساجی و یک کارخانه نساجی در بورسا به صورت مشترک در سال ۲۰۰۳ توسعه دادند، یک سامانه کامپیوتری محلی برای کارخانه نساجی که دارای بخش‌های بافندگی و رنگری است طراحی و ساخته شد. این شبکه سطح بالایی از خودکارسازی، یکپارچه‌سازی و انعطاف‌پذیری را فراهم می‌کند و می‌تواند بر طبق معیار و نیاز کارخانه‌های نساجی پیکربندی شود [۱۴]. شمعی<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۰۳ یک سامانه خبره در زمینه رنگری نخ گزارش دادند [۱۵]. یک سامانه خبره در سال ۲۰۰۴ جهت کمک به تولیدکنندگان منسوجات فنی<sup>۲</sup> ارائه شده است [۱۶].

سامانه Dexpert یک سامانه خبره تشخیص عیب مبتنی بر دانش است که در سال ۲۰۰۵ برای حل مشکلات رنگری پنبه تهیه شد. این سامانه به صورت پیمان‌های<sup>۳</sup> طراحی شده است و به همین دلیل می‌توان آخرین یافته‌ها و تجربیات را در آینده به آن اضافه نمود. دانش این سامانه از چهار رنگر خبره در قسمت‌های مختلف جهان شامل انگلیس، آمریکا، هند و پاکستان کسب شده است که از یکی از آنها به عنوان متخصص اولیه و از بقیه به عنوان متخصصین ثانویه بهره برده است. لذا از فاکتورهای اطمینان ارائه شده توسط هر متخصص میانگین گرفته شده تا یک عدد اطمینان برای هر دلیل ممکن یک عیب به دست آید. بنابراین در این سامانه از روش‌های طبقه‌بندی و اطمینان به عنوان دو روش اصلی برای رده‌بندی فرضیه‌ها یا دلایل احتمالی عیوب استفاده شده است. روش نمایش دانش در این سامانه به صورت قاعده است و از پوسته wxFuzzyCLIPS برای تهیه آن استفاده گردیده است. در این سامانه، کاربری که می‌خواهد دلیل یک عیب رنگی پارچه پنبه‌ای را بیاید، ابتدا دسته عیب، نوع رنگزا و نوع فرآیند را از فهرست نمایش داده شده انتخاب می‌کند و بر دکمه تشخیص عیب کلیک می‌کند. سپس سامانه سوالات بیشتری در مورد نوع عیب می‌پرسد تا در نهایت دلایل و پیشنهادات مناسب را برای این عیب به کاربر ارائه دهد. شمعی و همکارانش در دانشگاه کارولینای شمالی در حال توسعه این سامانه هستند به طوری که یک سامانه تشخیص عیب جامع تولید نمایند که همه ترکیبات متداول لیف-رنگ را دربر گیرد [۱۷،۱۸،۲۴]. یک سامانه هوشمند در سال ۲۰۰۵ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر تهیه شده که برای حل مشکلات ماشین ریسندگی چرخانه‌ای (الیاف کوتاه) به کار می‌رود. سامانه خبره دیگری در سال ۲۰۰۶ در دانشگاه صنعتی امیرکبیر طراحی شد که برای رده‌بندی فرش ماشینی به کار می‌رود. این سامانه مبتنی بر قاعده بوده و دارای قابلیت پیمان‌های و نیز قابلیت توضیح نحوه استنتاج

1- Renzo Shamey  
2- Technical textiles  
3- Modular

4- Dyeing Diagnostic Expert System

کمک تکنولوژی پردازش تصویر قادر خواهند بود که به صورت برخط<sup>۲</sup> عمل نمایند، بدین صورت که سامانه با ماشین آلات در طول فرآیند در ارتباط بوده و خود سامانه قادر به درک محیط می‌باشد. در این شرایط سامانه خبره قادر خواهد بود تا به صورت خودکار عیب به وجود آمده را تشخیص داده و کاربر را از وقوع آن مطلع سازد تا اعمال پیشگیرانه از وقوع عیب را انجام دهد و در حالت پیشرفته‌تر سامانه قادر خواهد بود به طور مستقیم ماشین‌آلات را کنترل نموده و در صورت لزوم مشکلات رخ داده را برطرف نماید [۶۱، ۲۴].

#### ۴- نتیجه‌گیری

سامانه‌های خبره یکی از کاربردهای هوش مصنوعی است که با هدف نسخه‌برداری از مهارت یک یا چند فرد خبره تلاش می‌کنند تا همانند یک فرد خبره در مسائل مربوط به یک حوزه تخصصی مشاوره دهند. این سامانه‌ها به طور قابل توجهی پیشرفت نموده‌اند و آینده آنها روشن و درخشان به نظر می‌رسد. فناوری ساخت مراحل مختلف سامانه‌های خبره همانند نمایش دانش، اکتساب دانش، ابزارهای توسعه، طراحی و برنامه‌نویسی آنها در حال اصلاح و بهبود می‌باشد. توسعه در زمینه ایجاد واسطه‌های کاربر همچنان ادامه دارد تا ارتباط کاربر با سامانه خبره به صورت محاوره‌ای انجام گردد. همچنین در آینده سامانه خبره برون خط به سامانه برخط ارتقاء خواهد یافت به طوریکه سامانه خبره به طور مستقیم می‌تواند ماشین‌آلات را کنترل نموده و در صورت لزوم مشکلات رخ داده را برطرف نماید.

به طور کلی هوش مصنوعی و سامانه‌های خبره در بخش‌های مختلف صنعت نساجی شامل تولید الیاف مصنوعی، ریسندگی، بافندگی تارپودی، بافندگی حلقوی، بازرسی پارچه، رنگرزی، تکمیل منسوجات، تولید پوشاک و منسوجات صنعتی به کار گرفته شده‌اند که توانستند عملکرد رضایت‌بخشی را در مقایسه با افراد خبره نشان دهند. در سالهای اخیر توجه محققان نساجی بیشتر به زمینه تشخیص عیب سامانه‌های خبره معطوف شده است به طوری که سامانه‌های مهمی از جمله Dexpert و DDES در حوزه تشخیص عیب رنگرزی ارائه گردیدند و کارایی خوبی در مقایسه با افراد خبره به نمایش گذاشتند و همچنان در حال تکامل هستند. به هر صورت سامانه‌های خبره در حوزه نساجی و رنگرزی نیاز به توجه و تلاش ویژه‌ای دارند تا بیشتر توسعه یابند و برای بهبود آنها سرمایه‌گذاری بیشتری لازم می‌باشد.

- 1- Clean yield
- 2- Off-line
- 3- On-line

استفاده در Dexpert عمل کند زیرا در این روش کاربر قادر است دلایل و راه‌کارهای رفع عیب را به ترتیب انجام فرآیندهای تولید و تکمیل کالا مطالعه نماید [۲۳]. محققان در دانشگاه صنعتی امیرکبیر در حال توسعه این سامانه هستند به طوری که یک سامانه تشخیص عیب جامع تولید نمایند که همه ترکیبات متداول لیف-رنگ را دربر گیرد [۶۷].

یک سامانه خبره فازی در سال ۲۰۰۸ با همکاری یک مؤسسه فنی در هند و دانشگاه عالی مهندسی هند توسعه داده شد که برای مدل‌سازی استحکام نخ‌های پنبه‌ای ریسیده شده با ماشین رینگ به کار می‌رود. در این سامانه که از نرم‌افزار MATLAB برای برنامه‌نویسی آن استفاده شده است، چهار ویژگی مهم الیاف پنبه که تأثیر قابل توجهی بر استحکام نخ حاصل از آنها دارند، به عنوان ورودی‌های سامانه به کار رفته و خروجی سامانه، استحکام نخ رینگ می‌باشد [۲۵]. یک سامانه مبتنی بر دانش در سال ۲۰۰۹ با همکاری دانشگاه ملی علوم و تکنولوژی زیمباوه و دانشگاه مرکزی نلسون ماندلا و انجمن تحقیقات علمی و صنعتی آفریقای جنوبی ارائه شد. ساختار این سامانه توزیعی می‌باشد بدین صورت که پایگاه دانش آن شامل هشت قسمت مجزا بوده که هر کدام آمار توزیعی تولید پشم را در مناطق مختلف کشور آفریقای جنوبی بر حسب هشت ویژگی آن شامل نوع، حالت، تمیزی<sup>۱</sup>، ناخالصی‌های گیاهی، محدوده قطر لیف، رنگ، نوع پشم‌چینی و طول لیف را نمایش می‌دهد. این سامانه از طریق برنامه مدیریت پایگاه داده با کاربر ارتباط برقرار نموده و همچنین کاربر از این طریق می‌تواند ایجاد، به هنگام‌سازی، نگهداری دانش و نحوه پرس و جوی پایگاه دانش را مدیریت نماید. در این سامانه، ابتدا استفاده نهایی محصول تولید شده از پشم و ظرفیت کارخانه را از کاربر دریافت شده و سپس خصوصیات پشمی را که با این استفاده نهایی مطابقت می‌کند، بازبایی نموده و در نهایت وجود پشم را در مناطق مختلف بر حسب هشت ویژگی ذکر شده بررسی می‌نماید و بهترین منطقه را برای سرمایه‌گذاری در خصوص استفاده نهایی مورد نظر به کاربر گزارش می‌دهد [۲۶].

سامانه Dexpert-p یک سامانه خبره مبتنی بر دانش بوده که در سال ۲۰۰۹ در دانشگاه کارولینای شمالی برای حل مشکلات رنگرزی پلی‌استر تهیه شد. این سامانه بر پایه سامانه Dexpert تهیه شده و برای تهیه پایگاه دانش از نوشتارهای مختلف و دانش چهارده فرد خبره در قسمتهای مختلف جهان شامل انگلستان، فرانسه، ایتالیا، ترکیه، ایران، یونان، مصر، کره جنوبی و چین بهره برده است [۲۴].

تقریباً همه سامانه‌های خبره ارائه شده برون خط<sup>۲</sup> هستند، بدین معنی که درک از محیط توسط کاربر به آنها داده می‌شود و خود سامانه قادر به درک محیط اطراف خود نیست. در آینده سامانه‌های خبره به

## ۵- مراجع

1. R. Shamey, T. Hussain, Artificial intelligence in the color and textile industry. *Rev. Prog. Color.* 33(2003), 33-45.
2. W. Ruettiger, Expert systems-the future instrument of technical management, Part 3: Step-by-step development of a textile expert system. *Textilveredlung.* 23:5(1988), 159-162.
3. A. J. Demers, Artificial intelligence-computerize your expertise. *Text. World.* 139:1(1989), 56-58.
4. G. Stylios, Artificial intelligence and the garment industry with special reference to expert systems. *Int. J. Clothing Sci. Technol.* 1:3(1989), 4-5.
5. G. Stylios, Expert system for the prediction of fabric sewability and optimization of sewing and fabric conditions in garment manufacture-stylios sewability system (SSS). *Knitting Int.* 97:1164(1990), 98-99.
6. J. R. Aspland, J. S. Davis, T. A. Waldrop, An expert system for selection of fluorescent whiteners. *Text. Chem. Color.* 23:9(1991), 74-76.
7. G. Frei, R. Walliser, WOOLY-an expert system for the wool dyer. *Color. Technol.* 107(1991), 147-149.
8. J-J Lin, C-H Lin, I-S Tsai, Applying expert system and fuzzy logic to an intelligent diagnosis system for fabric inspection. *Text. Res. J.* 65:12(1995), 697-709.
9. J. Fan, L. Hunter, A worsted fabric expert system, Part I: System development. *Text. Res. J.* 68:9(1998), 680-686.
10. R. Convert, L. Schacher, P. Viallier, An expert system for the dyeing recipes determination. *J. Intell. Manuf.* 11(2000), 145-155.
11. H. C. Lo, An expert system-an example of waterproof breathable clothing. *J. China Text. Inst.* 2(1999), 109-113.
12. T. M. Huang, The application of expert system for dyeing and finishing industries-expert system of oil and water repellency technology. *J. China Text. Inst.* 2(2000), 95-101.
13. J. Lee, J-J Lin, Expert system for dyeing cotton fabrics with reactive dyes, <http://www.freepatentsonline.com/20030105753.html>, accessed online 2003.
14. H. Gümüşkaya, Y. Ulcay, Development of a LAN system for textile computer integrated manufacturing, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8:1(2003), 45-51, [http://kutuphane.uludag.edu.tr/Univder/PDF/muh/2003-8\(1\)/htmpdf/mak06.pdf](http://kutuphane.uludag.edu.tr/Univder/PDF/muh/2003-8(1)/htmpdf/mak06.pdf), accessed online 2003.
15. R. Shamey, T. Hussain, An expert system for yarn dyeing, european simulation & modelling. *Int. Conf. Naples. Italy.* (2003), 199.
16. B. K. Behera, S. B. Muttagi, S. Arun, U. Panwar, Expert system for engineering of technical textiles. *The Indian Text. J.* 7(2004), 21-24.
17. T. Hussain, R. H. Wardman, R. Shamey, A knowledge-based expert system for dyeing of cotton. Part1: Design and development. *Color. Technol.* 121:1(2005), 53-58.
18. T. Hussain, R. H. Wardman, R. Shamey, A knowledge-based expert system for dyeing of cotton. Part2: Testing and evaluation. *Color. Technol.* 121:2(2005), 59-63.
19. M. Sheikhzadeh, M. Amani Tehran, S. M. Etrati, H. Behzadan, Development of a intelligent diagnostic software for rotor spinning, MSc thesis, Amirkabir University of Technology, Textile Department, Iran, 2005 (Persian).
20. N. Hemmati, M. Amani Tehran, A. H. Sadeghi, Designing an expert system for Carpet grading, MSc thesis, Amirkabir University of Technology, Textile Department, Iran, 2006 (Persian).
21. R. Anandjiwala, A. Rawal, An expert system for the optimization of multifunctional needlepunched geotextiles, Nonwoven research academy, roubaix, France, (2006), 20-21.
22. N. Dlodlo, L. Hunter, C. Cele, R. Metelerkamp, A. F. Botha, A hybrid expert systems architecture for yarn fault diagnosis. *Fibres Text. East. Eur.* 61(2007), 43-49.
23. M. Goodarz, R. M. A. Malek, M. Amani Tehran, F. M. Mazaheri, Development of a diagnostic expert system for cotton dyeing. *Amirkabir J. Sci. Technol.* 70(2009).(Persian).
24. R. Shamey, W. S. Shim, J. A. Joines, Development of a diagnostic expert system for coloration of polyester materials, PhD thesis, North Carolina State university, 2009.
25. A. Majumdar, A. Ghosh, Yarn strength modelling using fuzzy expert system. *J. Eng. Fibers Fabr.* 3:4 (2008), 61-68.
26. N. Dlodlo, L. Hunter, C. Cele, A. F. Botha, R. Metelerkamp, A distributed systems approach to knowledge-based systems for the utilisation of south african wool. *Autex Res. J.* 9:2(2009), 47-53.
27. J. M. Davidson, An application of expert systems technology in process engineering. *ISA Trans.* 28:1 (1989), 31-36.
28. J. McCarthy, what is artificial intelligence?, <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.html>, accessed online, 2004.
29. L. A. Zadeh, The intelligent revolution: is it real?, <http://www-bisc.cs.berkeley.edu/zadeh/papers/>, ccessed online, 1998.
30. Artificial intelligence, [http://www.webopedia.com/TERM/A/artificial\\_intelligence.html](http://www.webopedia.com/TERM/A/artificial_intelligence.html), accessed online, 2004
31. N. A. B. Gray, Artificial intelligence in chemistry, *Anal. Chim. Acta.* 210(1988), 9-32.
32. C. E. Brown, D. E. O'Leary, Introduction to artificial Intelligence and expert systems, [http://accounting.rutgers.edu/raw/aies/www.bus.orst.edu/faculty/brownc/es\\_tutor/es\\_tutor.htm](http://accounting.rutgers.edu/raw/aies/www.bus.orst.edu/faculty/brownc/es_tutor/es_tutor.htm), accessed online 1995.
33. S. J. Russell, P. Norvig, Artificial intelligence: A modern approach, second edition, Pearson Education Inc, New Jersey. 2003.
34. S. N. István, What is Artificial Intelligence?, <http://www.ucs.louisiana.edu/~isb9112/dept/phil341/wisai/WhatisAI.html>, accessed online 1997.
35. What's the difference between strong AI and weak AI?, <http://www.faqs.org/faqs/ai-faq/general/part1/section-4.html>, accessed online 2008.
36. B. Slostad, The two types of artificial intelligence, [http://artificialintelligence.suite101.com/article.cfm/the\\_two\\_categories\\_of\\_artificial\\_intelligence](http://artificialintelligence.suite101.com/article.cfm/the_two_categories_of_artificial_intelligence), accessed online 2008.
37. J. Durkin, Expert systems: design and development, Macmillan, United States of America, 1994.
38. D. A. Waterman, A guide to expert systems, Addison-Wesley, Massachusetts. 1986.
39. M. H. T. Ling, J. Y. Loke, Expert systems: development and current utility, Proceedings of the first Australian undergraduate students. Computing Conference, 2003, 121.
40. M. Will, An introduction to expert systems, picodoc corporation, <http://www.picodoc.com>, accessed online 2002.

41. J. W. A. Klaessens, G. Kateman, B. G. M. Vandeginste, Expert systems and analytical chemistry. *Trends Anal. Chem.* 4:5(1985), 114-117.
42. A. Cawsey, Databases and artificial intelligence, <http://www.cee.hw.ac.uk/~alison/ai3notes/all.html>, accessed online 1994.
43. C. S. Krishnamoorthy, S. Rajeev, Artificial intelligence and expert systems for engineers, CRC Press, 1996.
44. F. E. Allen, The myth of artificial intelligence, [http://www.americanheritage.com/articles/ah/2001/1/2001\\_1\\_28\\_shtml](http://www.americanheritage.com/articles/ah/2001/1/2001_1_28_shtml), accessed online 2001.
45. A. M. Turing, Computing machinery and intelligence. *Mind.* 59:236(1950), 433-460.
46. A. Hodges, Alan turing and the turing test, <http://www.turing.org.uk/publications/testbook.html>, accessed online 2002.
47. Government support for computing research, development in artificial intelligence, in funding a revolution, <http://bob.nap.edu/html/far/ch9.html>, accessed online 1999.
48. B. G. Buchanan, A chronology of significant events in the history of AI, <http://www.aaai.org/AITopics/bbhist.html>, accessed online 2002.
49. A Chronology of artificial intelligence, <http://crl.ucsd.edu/~elman/courses/cog202/papers/ai-history.html>, accessed online.
50. History of expert systems, <http://www.usfca.edu/~villagas/classes/992-6275/6275ch12/tsld005.htm>, accessed online.
51. E. Kao, History of AI, <http://www.generation5.org/content/1999/aihistory.asp>, accessed online 1999.
52. R. Kurzweil, The age of intelligent machines: chronology, <http://www.kurzweilai.net/articles/art0298.html?printable=1>, accessed online 2009.
53. R. A. Edmunds, The prentice hall guide to expert systems, Prentice-Hall, New Jersey. 1988.
54. P. Smith, An introduction to knowledge engineering, International Thomson, UK. 1996.
55. K. Parsaye, M. Chignell, Expert systems for experts, John Wiley & Sons, Canada. 1988.
56. M. C. Cakir, K. Cavdar, Development of a knowledge-based expert system for solving metal cutting problems. *Mater. Des.* 27(2006), 1027-1034.
57. M. Krishnamurthi, A. J. Underbrink, Knowledge acquisition in a machine fault diagnosis shell, Knowledge acquisition special issue, *SIGART Newsletter*, 108(1989), 84-92.
58. A. Lewis, Integrating model-based and case-based reasoning, <http://dssresources.com/papers/features/lewis/lewis04052004.html>, accessed online 2004.
59. A. Aamodt, E. Plaza, Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches. *AI Commun.* 7:1(1994), 39-59.
60. J. Kolodner, Case-based reasoning, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA. 1993.
61. M. Goodarz, R. M. A. Malek, M. Amani Tehran, F. M. Mazaheri, Development of a diagnostic expert system for cotton dyeing, MSc thesis, Amirkabir University of Technology, Textile Department, Iran, 2007 (Persian).
62. M. Hadizadeh, M. Amani Tehran, Ali A. A. Jeddi, Application of an adaptive neuro-fuzzy system for prediction of initial load-extension behavior of plain-woven Fabrics. *Text. Res. J.* 2009. DOI: 10.1177/0040517509346451.
63. M. H. Fazel Zarandi, M. Esmaeilian, M. M. Fazel Zarandi, A systematic fuzzy system modeling for scheduling of textile manufacturing system. *Int. J. Manage. Sci. Eng. Manage.* 2:4(2007), 297-308.
64. C. Semerci, Influence of fuzzy logic theory on students achievement. *The Turkish online J. educational Technol.* 3:2(2004), Article 9
65. L. A. Zadeh, Fuzzy set, information and control, 8(1965), 338-353.
66. M. A. Mascrenge, [http://www.pcai.com/Paid/Issues/PCAI-Online-Issues/16.4\\_OL/New\\_Folder/Sample\\_16.4/PCAI-16.4-Sample-pg.33-Art3.htm](http://www.pcai.com/Paid/Issues/PCAI-Online-Issues/16.4_OL/New_Folder/Sample_16.4/PCAI-16.4-Sample-pg.33-Art3.htm), accessed online.
67. T. Shenasa, R. M. A. Malek, M. Amani Tehran, F. M. Mazaheri, Development of a diagnostic expert system for Polyester/cotton dyeing, MSc Thesis, Amirkabir University of Technology, textile Department, Iran, Under development(Persian).