تهیه سیستم خبره تشخیص عیب برای فرایند رنگرزی پنبه

مصطفی گودرز[i]، رضا محمد علی مالک[ii]، محمد امانی تهران[iii]، فیروزمهر مظاهری[iv]

چکیده

تشخیص عیب در فرایند رنگرزی کار پیچیده و وقت‌گیری است و کیفیت انجام این کار به دانش و تجربه رنگرز (فرد خبره) بستگی دارد. تعداد رنگرزهای خبره کم است و استفاده از تجربه و دانش آنها در حوزه تخصصی‌شان پرهزینه می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش، تهیه یک سیستم خبره برای کمک به شناسایی و ارائه راه‌کار برای تشخیص و رفع عیب در رنگرزی پارچه پنبه‌ای می‌باشد. دانش این سیستم نرم‌افزاری از منابع علمی و تجربی معتبر نظیر کتب مرجع، مقالات ارائه شده در زمینه مزبور و افراد خبره کسب شده است. پس از تولید پایگاه دانش و انجام آزمونهای کنترل درستی عملکرد موتور استنتاج تهیه شده، نرم‌افزاری هوشمند به عنوان سیستم خبره تهیه شد. این سیستم دارای یک پوسته و رابط کاربر گرافیکی است که با زبان ویژوال بیسیک طراحی شده است و نرم‌افزار بانک اطلاعاتی مایکروسافت اکسس برای پیاده‌سازی پایگاه دانش آن بکار برده شده است. همچنین برای ارتباط سیستم خبره به پایگاه دانش از فرامین ساختار یافته بانک اطلاعاتی (SQL) استفاده گردیده است. در این سیستم، عیوب با گفتگوی کوتاهی بین کاربر و رایانه مشخص و راه‌حل پیشنهادی ارائه می‌گردد، در ضمن سیستم قادر به توضیح چگونگی استدلال خود می‌باشد. نمایش دانش در این سیستم، مبتنی بر قاعده است و به همین علت دانش سیستم بسیار قابل فهم است و براحتی می‌توان آن را در صورت لزوم اصلاح کرد یا دانش آن را گسترش داد.

کلمات کلیدی

سیستم خبره، تشخیص عیب، رنگرزی، پنبه

Development of Diagnostic Expert System for Dyeing of Cotton

M. Goodarz; R.M.A. Malek; M. Amani Tehran; F.M. Mazaheri

ABSTRACT

Diagnosing in dyeing is a complex and time-consuming task and doing it depends on knowledge and experience of dyer (human expert). Such persons are scarce and expensive. The goal of this research is development of a knowledge-based expert system in the knowledge domain of troubleshooting problems in the dyeing of cotton fabrics. Knowledge of this system is collected from various sources such as reference books, papers and interview with experts. After creating knowledge base and verifying inference engine, intelligent software is developed as an expert system. Shell and user interface of this system is designed by Visual Basic language and knowledge base is written by Microsoft Access. This expert system calls database using SQL database language. In this system, defects are solved by dialogues that take place between user and expert system. The system can also explain its reference. Knowledge representation in this system is based on rules and makes the system more comprehensive and leading to simple understanding of system and easy to correct or easy to develop knowledge.

Keywords: Expert System, Dyeing Diagnosis, Cotton

[i] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر mostafa.goodarz@gmail.com

[ii] عضو هیئت عملی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر : rmamalek@aut.ac.ir

[iii] عضو هیئت عملی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر : amani@aut.ac.ir

[iv] عضو هیئت عملی دانشکده مهندسی نساجی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱- مقدمه

پنبه در فرایندهای تر نساجی بخصوص رنگرزی دارای رفتاری پیچیده و مشکل‌ساز می‌باشد. بطور کلی این گونه مشکلات به تنهایی مربوط به فرایند رنگرزی نبوده و اغلب ناشی از مراحل قبل از رنگرزی مانند ویژگیهای لیف و کالا و مراحل آماده‌سازی می‌باشد. این وابستگی کیفیت رنگرزی منسوجات به متغیرهای مختلف که هر کدام به نوبه خود تاثیر بسزائی در خروجی فرایند دارند سبب دشوار شدن رفع عیب در رنگرزی‌های معیوب می‌گردد [۱-۶]. فرایند عیب‌یابی رنگرزی بیشتر توسط افراد خبره انجام می‌شود [۷] که برای برطرف کردن مشکلات از استدلالهای ابتکاری بهره می‌برند که طی سالها تجربه کسب نموده‌اند [۸و۹]. تعداد این افراد کم است و استفاده از تجربه و دانش آنها در حوزه تخصصی‌شان پرهزینه می‌باشد [۱۰]، به علاوه ممکن است در شرایط ضروری که به آنها نیاز است در دسترس نباشند [۱۱].

روشهای اخذ دانش نشان داده‌اند که تجربه و دانش افراد خبره را می‌توان جمع‌آوری و در یک پایگاه دانش ذخیره نمود و در مرحله بعدی به کمک این دانش اقدام به تهیه سیستم‌های خبره کامپیوتری می‌شود که برای نمونه می‌تواند به حل مشکلات رنگرزی بپردازد [۱۲]. سیستم‌های خبره، برنامه‌های کامپیوتری هستند که رفتار یک یا چند فرد خبره را در حوزه تخصصی آنها شبیه‌سازی می‌نمایند [۱۳]. مهندس دانش به عنوان واسط بین افراد خبره و رایانه عمل می‌کند بطوریکه دانش افراد خبره در حوزه تخصصی آنها را کسب نموده و به زبان قابل فهم کامپیوتر تبدیل می‌نماید [۱۴].

فن‌آوری سیستم خبره در زمینه‌های مختلف نساجی شامل تولید الیاف مصنوعی، درجه‌بندی رنگ پنبه، ریسندگی، بافندگی تاری‌پودی، بافندگی حلقوی، بازرسی پارچه، رنگرزی، تکمیل منسوجات، تولید پوشاک، منسوجات صنعتی و مدیریت تولید به کار برده شده است [۸،۹ و۱۵-۱۹].

به طور مثال سیستم خبره اپتیمیست[۱] در سال ۱۹۸۸ ایجاد شده است. این سیستم توسط روتیجر[۲] در شرکت BASF به منظور بهینه‌سازی فرایندهای رنگرزی طراحی گردید [۸]. وولی[۳] سیستم خبره‌ای است که در سال ۱۹۹۱ توسط فری[۴] در شرکت ساندوز[۵] تهیه شده است. این سیستم در تهیه نسخه رنگرزی منسوجات (پشمی و پشم/پلی‌آمیدی) به کار می‌رود که جزئیاتی نظیر مسیر فرایند، روشهای رنگرزی و رنگزاهای مناسب را پیشنهاد می‌کند و به یک سیستم رنگ‌همانندی متصل است [۱۲]. بافارکس[۶] سیستم خبره دیگری است که در سال ۱۹۹۲ توسط لنگ[۷] از شرکت BASF ایجاد شده است. این سیستم به منظور تعین نسخه رنگرزی کالاهای پنبه‌ای و پنبه/ پلی‌استری با استفاده از رنگزاهای خمی و دیسپرس به کار می‌رود [۸]. سیستم خبره دیتاوین[۸] یک سیستم کنترل رنگرزی است که در سال ۱۹۹۶ تهیه شد [۱۵و۲۰]. باتم[۹] سیستم خبره‌ای است که توسط کانورت[۱۰] و همکارانش در سال ۱۹۹۸ ساخته شد. این سیستم به منظور تعین نسخه رنگرزی بر طبق نوع کالا، ماشین‌آلات و رنگزاهای موجود و همچنین رنگ و ثبات مورد نیاز به کار می‌رود [۸]. لی[۱۱] و لین[۱۲] در سال ۲۰۰۱ یک سیستم خبره برای موسسه نساجی چین[۱۳] تهیه نمودند. این سیستم برای طراحی فرایند رنگرزی پارچه‌های پنبه‌ای با رنگزاهای راکتیو ایجاد شده است [۱۶].

سیستم دکسپرت[۱۴] یک سیستم خبره تشخیص عیب است که در سال ۲۰۰۵ برای حل مشکلات رنگرزی پنبه تهیه شد. دانش این سیستم از چهار رنگرز خبره 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 کارشناس میانگین گرفته شده تا یک عدد اطمینان برای هر دلیل ممکن یک عیب بدست آید. بنابراین در این سیستم از روش‌های طبقه‌بندی و اطمینان به عنوان دو روش اصلی برای رده‌بندی فرضیه‌ها یا دلایل احتمالی عیوب استفاده شده است. در این سیستم، کاربری که می‌خواهد دلیل یک عیب رنگی پارچه پنبه‌ای را بیابد، ابتدا دسته عیب، نوع رنگزا و نوع فرایند را از فهرست نمایش داده شده انتخاب می‌کند و بر دکمه تشخیص عیب کلیک می‌کند. سپس سیستم پرسش‌های بیشتری در مورد نوع عیب می‌پرسد تا در پایان دلایل و پیشنهادات مناسب را برای این عیب به کاربر ارائه می‌دهد [۷،۲۰و۲۱].

هدف این پژوهش نیز تهیه یک سیستم خبره تشخیص عیب برای رنگرزی پنبه (DDES)[۱۵] است که دانش آن از نوشتارهای مختلف و افراد خبره صنعتی و دانشگاهی حاضر در ایران کسب شده است. این سیستم علاوه بر کمک به فرد خبره می‌تواند در زمینه امور آموزشی نیز موفق عمل نماید، به همین منظور از روش‌های طبقه‌بندی و تاریخ‌نگاری[۱۶] برای رده‌بندی فرضیه‌ها یا دلایل احتمالی عیوب استفاده شد. با استفاده از ترکیب این دو روش قابلیت آموزشی سیستم در مقایسه با ترکیب بکار رفته در سیستم دکسپرت بیش از اندازه بالا می‌رود. در این پژوهش علاوه بر تهیه یک پایگاه دانش قوی در رابطه با عیوب رنگرزی و ساخت یک سیستم خبره، همچنین مطالعه‌ای در زمینه ترکیب روش‌های رده‌بندی فرضیه‌ها انجام شد. از برتری‌های این سیستم، سهولت درک کد برنامه است که موجب می‌شود مهندسین نگهداری بتوانند راحت‌تر از سیستم نگهداری کنند. به علاوه ساختار سیستم به صورت پیمانه‌ای

است، لذا کاربر می‌تواند سیستم را به راحتی گسترش دهد و در آن تغییرات ایجاد نماید. این برنامه همچنین دارای فونت فارسی می‌باشد.

۲- فرایند تشخیص عیب

"عیب" یک خصوصیت ناخواسته در کالای نساجی است. اصطلاحات متفاوتی برای شرح این خصوصیت نامطلوب استفاده می‌شود که عیب[۱۷]؛ نقص[۱۸]؛ صدمه‌دیدگی[۱۹]؛ مشکل[۲۰]؛ عارضه[۲۱] هستند. عیب "عدم تطبیق یک خصوصیت با استاندارد مورد نیاز" است و می‌تواند به محصول پایانی یک فرایند نساجی گفته شود. نقص "یک اشتباه در متغیرهای فرایند" است که بیشتر به فرایندها مربوط می‌شود تا اینکه به محصول پایانی اشاره کند. "صدمه‌دیدگی" یک نوع خاص از عیب است و به آسیب فیزیکی یا شیمیایی یک منسوج اشاره می‌کند. یک عیب در واقع یک "مشکل" است که کالا را کم‌ارزش می‌نماید. کلمه "مشکل" می‌تواند به عنوان یک اصطلاح عمومی به کار رود که شامل عیوب، نواقص و صدمه‌دیدگی‌ها است. " عارضه " یک خصوصیت ویژه در کالای نساجی است که قابل رویت می‌باشد و می‌تواند احساس یا اندازه‌گیری شود. اگر عارضه یک خصوصیت ویژه است که با استاندارد مورد نیاز مطابقت ندارد، بنابراین این عارضه معادل با یک عیب است [۶و۹].

اصطلاحات تشخیص عیب، مشکل‌گشایی[۲۲] و حل مشکل[۲۳] در نوشتارهای فنی نساجی به طور مترادف بکار می‌روند [۶]. مشکل‌گشایی فرایندی است که به هنگام وجود مشکل و یا در صورت نامناسب عمل کردن چیزی انجام می‌شود. هدف مشکل‌گشایی پیدا کردن مشکل و برطرف نمودن آن است. تعاریف "مشکل‌گشایی" فرایند ردیابی عیب(ها) (در سیستمهای مکانیکی و/یا الکتریکی) و انجام عمل اصلاحی را در بر می‌گیرد. بنابراین "مشکل‌گشای تشخیصی[۲۴]" شامل شناسایی منشأ یک وضعیت، مشکل یا عیب، و شناسایی دلایل آن و سپس انجام عمل اصلاحی است [۶].

فرایند عیب‌یابی یا حل مشکل با شناسایی عیب شروع می‌شود. به هر حال، تعداد دلایل ممکن مربوط به یک عیب (یعنی فرضیه‌ها) خیلی زیاد است. فرد خبره بعد از شناسایی یک عیب، یک فهرست رده‌بندی نشده از دلایل ممکن را شناسایی می‌کند و یا اینکه یک فهرست رده‌بندی شده بر حسب نوع دلیل که شامل اجزایی نظیر لیف، آب، فرایندهایی نظیر ریسندگی، بافندگی تاری‌پودی، بافندگی حلقوی، آماده‌سازی و رنگرزی؛ و شرایطی نظیر pH، دما، زمان، نسبت L:G، نوع رنگزا، غلظت و چگونگی افزایش مواد کمکی است را شناسایی می‌کند. یکی از هدفهای مهم در تشخیص عیب، رسیدن به اصلی‌ترین یا محتمل‌ترین دلیل یک مشکل با صرف حداقل زمان و هزینه است. به این منظور همه دلایل ممکن (یا فرضیه‌ها) باید در یک ترتیب بهینه آزمایش شوند. روشهای مختلفی برای مرتب کردن دلایل ممکن یک عیب وجود دارد که می‌توان به تاریخ‌نگاری، طبقه‌بندی، احتمال، اطمینان و تعمیم منطقی اشاره کرد. به هر حال هیچکدام از این روشها راه‌حل کاملی را ارائه نمی‌دهند [۷و۲۰].

در روش طبقه‌بندی، عیب به چند بخش مانند کالا، بافندگی و رنگرزی تقسیم می‌شود تا احتمالاتی که باید وارسی/آزمایش شوند محدود گردد. بعد از تقسیم نمودن دلایل ممکن یک عیب در هر کدام از این دسته‌ها باید کارهای بیشتری برای اثبات دلیل اصلی عیب انجام گیرد؛ به هر حال ترتیب انجام این آزمایش‌ها به طور واضح تعریف نشده‌اند و به علاوه عیوبی وجود دارد که نمی‌توان دلایل آنها را از طریق طبقه‌بندی محدود کرد. بنابراین معیارهای بیشتری به غیر از طبقه‌بندی برای رده‌بندی دلایل احتمالی یک عیب مورد نیاز است. فاکتورهای اطمینان یکی از روشهایی است که بر اساس تجربه چند فرد خبره معین می‌شود. بنابراین دلایلی که از نظر آنها احتمال بالاتری دارند باید ابتدا وارسی شوند تا زمان و تلاش برای تشخیص عیب کاهش یابد، به هر حال ممکن است آزمایش همه دلایل ممکن ضروری باشد زیرا اثر ممکن است ناشی از یک عیب نباشد و به دو یا چند دلیل برگردد. اگر وارسی نمودن همه دلایل ممکن ضروری باشد رده‌بندی دلایل اهمیت چندانی ندارد. تاریخ‌نگاری روش دیگری است که در آن از آخرین مرحله فرایند شروع به آزمایش می‌شود و تا اولین مرحله ادامه می‌یابد و یا اینکه از اولین تا آخرین مرحله پیش می‌رود. برای مثال در صورت دیدن عیب نایکنواختی، ابتدا دلایل احتمالی رنگرزی و سپس آماده‌سازی و در پایان تولید پارچه، تولید نخ و الیاف وارسی/آزمایش می‌شود. بدیهی است که این ترتیب آزمایش نمی‌تواند صرف حداقل زمان، هزینه و تلاش را تضمین کند [۷و۲۰].

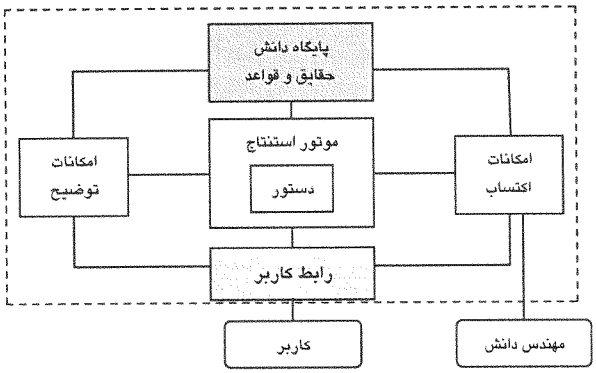
در سیستم خبره دکسپرت که شمعی و همکارانش آن را گسترش دادند از دو روش طبقه‌بندی و فاکتورهای اطمینان استفاده شده است [۷و۲۱]. به استثنای این تحقیق، تا به حال به طور رسمی مطالعه‌ای در زمینه مقایسه نسبی برتری‌ها و محدودیتهای ترکیب این روشها برای حل مشکلات رنگرزی انجام نشده است. هدف این پژوهش، استفاده از دو روش طبقه‌بندی و تاریخ‌نگاری برای رده‌بندی فرضیه‌ها یا دلایل احتمالی یک عیب و همچنین بررسی برتری‌ها و محدودیت‌های آن است. این ترکیب به علت استنتاج منظمتری که ارائه می‌دهد، علاوه بر کمک به افراد خبره می‌تواند در امور آموزشی نیز

موفق عمل نماید. به هر حال پیش‌رو یا پس‌رو بودن چگونگی استنتاج در این روش به نظر افراد خبره بستگی دارد تا تعداد آزمایش‌ها کاهش یابد.

۳- تهیه سیستم خبره تشخیص عیب

۳-۱- معماری سیستم خبره

سیستم هوشمند DDES مفاهیم پایه یک سیستم خبره را مهیا کرده است. در شکل (۱) ساختار این سیستم نشان داده شده است. همانطوریکه در شکل ملاحظه می‌گردد، این سیستم از واحدهای مختلفی تشکیل شده است که در بخش‌های بعدی راجع به هر کدام از اجزای آن بحث می‌شود.



شکل (۱): معماری سیستم خبره DDES

۳-۲- اکتساب دانش

اکتساب دانش گلوگاه تهیه سیستم خبره است [۲۲] که بر مبنای دو روش طبقه‌بندی و تاریخ‌نگاری، تحت نظر متخصصین در سه مرحله انجام شد. در مرحله اول بدون توجه به جزئیات مساله یک تصویر کلی از مساله بدست آمد. در این مرحله، فرایند تولید و تکمیل پارچه به بخش‌های کوچکتر تقسیم گردید، بنابراین یک درخت از عیوب که شاخه‌های درخت، بخش‌های محل رخ دادن عیوب هستند به وجود آمد، سپس در هر بخش، عیوب مختلف و علل ایجاد آنها مورد بررسی قرار گرفت. این عملیات در اکتساب دانش نقش موثری را ایفا می‌کند و موجب کاهش پیچیدگی مساله می‌گردد. بنابر نتایج این مرحله، سرچشمه عیوب پارچه رنگی به سه ناحیه ذیل طبقه‌بندی گردید: عیوب مراحل قبل از آماده‌سازی، عیوب فرایندهای آماده‌سازی و عیوب فرایند رنگرزی.

مرحله دوم اکتساب دانش، طبقه‌بندی عیوب ظاهری رنگرزی است که این عیوب را می‌توان به تکرارپذیری ضعیف شید؛ نایکنواختی؛ خصوصیات ثباتی ضعیف و ظاهر نامناسب کالا طبقه‌بندی نمود. طبقه‌بندی کامل این عیوب در شکل (۲) نشان داده شده است. در این مرحله دلایل و راه‌کارهای لازم برای رفع هر یک از عیوب جمع‌آوری شد.

مرحله سوم اکتساب دانش، بعد از پیاده‌سازی اولیه پایگاه دانش صورت می‌گیرد. در این مرحله قواعد با جزئیات بیشتر و در حالت‌های مختلف به سیستم اضافه می‌شود. این جزئیات شامل تعیین اولویت‌ها و تاثیر عیوب بر همدیگر است، این کار از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است، چون در چگونگی استدلال سیستم تاثیر مستقیم می‌گذارد، انجام این کار تا اندازه‌ای پیچیده می‌باشد.

۱. تکرارپذیری ضعیف	Poor Reproducibility and Off-shade dyeing
۱.۱. تکرارپذیری آزمایشگاهی	Lab Reproducibility
۲.۱. تکرارپذیری آزمایشگاه در تعمیم به صنعت	Reproducibility Lab to bulk
۳.۱. تکرارپذیری صنعتی	Reproducibility Bulk
۲. نایکنواختی	Unlevelness
۱.۲. نایکنواختی نامنظم	Random Unlevelness
۱.۱.۲. نایکنواختی ابری	Cloudy dyeing
۲.۱.۲. اختلافات رنگی ناشی از کیفیت لیف	White or light coloured specks
۳.۱.۲. کمرنگی یا تغییر رنگ موضعی	pale or off-shade dyeing
۴.۱.۲. نایکنواختی رنگی ناشی از ناهمگنی الیاف	Skitterness
۵.۱.۲. تجمعات سطحی	Frosting
۲.۲. نایکنواختی در راستای عرض طاقه	Widthwise Unlevelness
۱.۲.۲. رگه عرضی ناشی از اختلافات فیزیکی	Barriness
۲.۲.۲. ناهمرنگی عرضی	Listing (Side-center-side shading)
۳.۲. نایکنواختی در راستای طول طاقه	Lengthwise Unlevelness
۱.۳.۲. راههای طولی	Warp ways (streaks) or Stripiness
۲.۳.۲. تغییر رنگ طولی تدریجی	Tailing
۳.۳.۲. تغییر رنگ طولی ناگهانی	Ending
۴.۳.۲. ایجاد اختلاف رنگی در اثر توقف ماشین	Heavy colour
۵.۳.۲. شکستگی رنگی یا ناهمرنگی ناشی از چروک	Crease break or Breakline
۴.۲. نایکنواختی پشت به رو	Back to face dyeing (Side to side dyeing)
۵.۲. لکه	Spot or Stain
۱.۵.۲. لکه مقاوم	Resist spot
۲.۵.۲. لکه حاصل از رنگزا	Dye spot
۳.۵.۲. لکه کف	Foam spot
۴.۵.۲. لکه روغنی	Blotch or Oil spot
۵.۵.۲. لکه چرک	Dirt spot
۶.۵.۲. لکه حاصل از آب	Water spot
۷.۵.۲. نقاط رنگی حاصل از انتقال رنگزا	Coloured specks
۸.۵.۲. هاله رنگی	Halo
۹.۵.۲. اجسام یا الیاف غریبه	Foreign matter or fiber
۳. خصوصیات ثباتی ضعیف	Poor Fastness properties
۱.۳. ثبات تر ضعیف	Poor wet fastness
۲.۳. رنگ‌پریدگی	Fading
۳.۳. سایش رنگ	Colour abrasion
۴. ظاهر نامناسب	Improper Appearance
۱.۴. چروک دائمی	Crease
۲.۴. اثر سایش	Abrasion mark or chafe mark
۳.۴. پرزدانه	Pilling
۴.۴. تخریب فیزیکی	Physical damage
۵.۴. فرسودگی	Poor lustre
۶.۴. زیردست نامناسب	Improper handle

شکل (۲): عیوب ظاهری رنگرزی پارچه پنبه‌ای با رنگزاهای راکتیو

۳-۳- پایگاه دانش

این بخش یکی از مهمترین بخش‌های یک سیستم خبره است

که دانش افراد خبره در آن ذخیره می‌شود. دانش، مجموعه‌ای از آموخته‌ها، تجارب و مهارت‌های فردی یا گروهی متخصصان در یک حوزه تخصصی است که برای فعالیتهای خود از آن استفاده می‌کنند [۲۳]. آنچه در این میان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است، چگونگی نمایش دانش است. نمایش دانش در این سیستم به صورت قاعده در نظر گرفته شده است. قاعده، واقعیات[۲۵] یا مشاهدات[۲۶] را با اعمال[۲۷] یا ادعاها[۲۸] به صورت اگر- آنگاه[۲۹] ارتباط می‌دهد [۲۴].

پایگاه دانش طراحی شده، یک پایگاه داده در نرم افزار مایکروسافت اکسس می‌باشد. در این پایگاه، واقعیات متشکل از عیوب، علل و پیشنهادات، در جداول مستقل از هم مطابق با جدول‌های ۱، ۲ و۳ ذخیره می‌شوند و ارتباط بین این واقعیات به صورت قواعد درآورده می‌شود. در پایگاه داده حاضر، "سمت چپ" و "سمت راست" قواعد در دو جدول مجزا مطابق با جدول‌های ۴ و ۵ ذخیره گردیدند که این دو جدول توسط فیلد کلیدی **REL_COD** با هم در ارتباط هستند. جهت ارتباط پایگاه دانش با سیستم خبره از فرامین ساختار یافته بانک اطلاعاتی (SQL) استفاده شده است.

جدول (۱) جدول عیب در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
F_NO	TEXT	کد اختصاص داده شده به عیب می‌باشد که در این جدول یکتا است.
F_NAME	MEMO	شرح عیب می‌باشد.
F_CAT_NO	NUMBER(6)	شماره اختصاص داده شده به دسته‌ای که عیب متعلق به آن است.
F_TYP	TEXT	مشخص کننده نوع علت از لحاظ قابلیت درک آن به صورت بصری یا به وسیله ابزار اندازه گیری می‌باشد.
F_CAT	TEXT	مشخص کننده دسته علت از بین چهار دسته اصلی عیوب می‌باشد.

جدول (۲) جدول دلیل در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
PC_NO	TEXT	کد اختصاص داده شده به یک علت می‌باشد.
PC_NAME	MEMO	شرح علت می‌باشد.
PC_TYP	TEXT	مشخص کننده نوع علت از لحاظ قابلیت درک آن به صورت بصری یا به وسیله ابزار اندازه گیری می‌باشد.
PC_CAT	TEXT	مشخص کننده دسته علت از بین چهار دسته اصلی عیوب می‌باشد.

جدول (۳) جدول راه‌کار در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
RMDL_NO	TEXT	کد اختصاص داده شده به پیشنهاد می‌باشد.
RMDL_DSC	MEMO	شرح پیشنهاد می‌باشد که در نتیجه اجرای یک قاعده اجرا می‌گردد.

جدول (۴) جدول شرط قاعده در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
REL_COD	TEXT	کد اختصاص داده شده به قاعده است.
ROW_NO	NUMBER	شماره ردیف شرط را در قاعده مشخص می‌کند.
FAULT	TEXT	کد واقعیت (شماره عیب یا علت) می‌باشد.
SALIENCE	NUMBER	میزان اولویت و اهمیت قاعده است.

جدول (۵) جدول نتیجه قاعده در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
REL_COD	TEXT	کد اختصاص داده شده به قاعده است.
RSLT_COD	NUMBER	کد نتیجه را در قاعده مشخص می‌کند.
RSLT_TYP	TEXT	نوع نتیجه را مشخص می‌کند که به صورت پیشنهاد و یا عمل است.
PRIORTY	NUMBER	میزان ترتیب و اولویت نتیجه را در قاعده مشخص می‌کند.
DSC	TEXT	توضیح بیشتری برای نتیجه است.
ELSE_PART	BOOLEAN	اگر قاعده دارای قسمت "در غیر اینصورت" باشد و این نتیجه مربوط به قسمت "در غیر اینصورت" باشد، فیلد ELSE_PART مقدار درست می‌گیرد

اگر نتیجه یک قاعده منجر به این شود که یک واقعیت از فهرست واقعیات حذف شود و یا اینکه به این لیست اضافه شود باید در جدول شرط قاعده نوع نتیجه را عمل انتخاب نمود و جزئیات آن را در جدول عمل (جدول ۶) ذخیره کرد. در این جدول نوع عملی که می‌خواهد روی فهرست واقعیات رخ دهد،

مشخص می‌شود، به این ترتیب که از مقدار افزودن، برای اضافه کردن یک حقیقت به فهرست واقعیات استفاده می‌شود و مقدار حذف برای حذف آن از فهرست واقعیات به کار برده می‌شود. این مقادیر در فیلد عمل ذخیره می‌شوند.

جدول (۶) جدول عمل در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
REL_COD	TEXT	کد اختصاص داده به قاعده است.
ACT_COD	TEXT	کد عمل، در قاعده را مشخص می‌کند.
ACTION	TEXT	نوع عمل را مشخص می‌کند.
PAR	TEXT	این عمل در کدام لیست واقعیات تاثیر می‌گذارد.
FACT	TEXT	کد عیب یا کد علت می‌باشد.

اطلاعات پارامتریک سیستم، از جمله کدگذاری دسته‌های مختلف عیوب در جدول پارامترها (جدول۷) ذخیره می‌شوند.

جدول (۷) جدول پارامترها در پایگاه دانش

اسم فیلد	نوع فیلد	شرح فیلد
PARENT_COD	NUMBER	کدی که دسته‌های اصلی عیوب را مشخص می‌کند.
SUB_COD	NUMBER	کدی که به دسته‌های فرعی عیوب اختصاص می‌یابد.
SYMBOL	TEXT	نماد دسته‌های اصلی و فرعی عیوب را مشخص می‌کند.
SUB_LEVEL	NUMBER	سطح دسته (اصلی یا فرعی) را مشخص می‌کند.
DESC	TEXT	دسته‌های عیوب را شرح می‌دهد.

برنامه عملیات سیستم در جدول دستورالعمل قرار می‌گیرد. قواعدی که بر واقعیات موجود منطبق شده‌اند، در این جدول قرار می‌گیرند. موتور استنتاج با این جدول در ارتباط است و استدلال پایانی خود را با اطلاعات این جدول انجام می‌دهد.

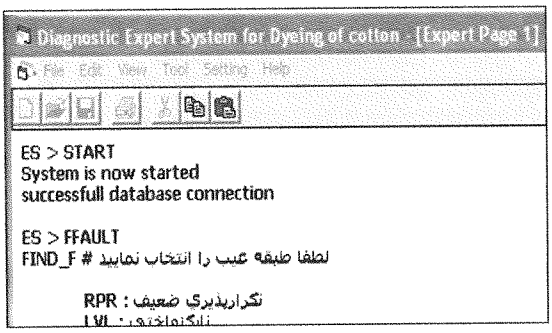
۳-٤- موتور استنتاج

به قسمتی از سیستم خبره که کار استدلال را بر عهده دارد موتور استنتاج گفته می‌شود. فرایند استنتاج با استفاده از دانش موجود در پایگاه دانش، فرایند فکر کردن را شبیه‌سازی می‌کند [۲۵]. هنر واقعی یک سیستم خبره استفاده از ظرفیتش جهت استنتاج است و این همان چیزی است که سیستم خبره را هوشمند می‌سازد [۱۵]. سیستم‌های مبتنی بر قاعده از روش‌های استنتاج زنجیره‌ای پیش‌رو و زنجیره‌ای پس‌رو برای حل مسئله استفاده می‌کنند [۲۳]. موتور استنتاج این برنامه بر اساس ترکیبی از روش‌های استنتاج زنجیره‌ای پیش‌رو و پس‌رو عمل می‌کند، به این صورت که سیستم برای شناسایی عیب از بین عیوب طبقه‌بندی شده از زنجیره پس‌روی استدلال استفاده می‌کند (شکل ۳) و برای رسیدن به جواب این عیب از زنجیره پیش‌روی استدلال بهره می‌گیرد که بر اساس روش تاریخ‌نگاری است (شکل ۴).

۳-۵- واسط کاربر

واسط کاربر بین کاربر و سیستم خبره ارتباط برقرار می‌کند [۲۵]. این بخش به کاربر اجازه می‌دهد که با سوالات "چه رخ می‌دهد اگر"[۳۰] تحقیق خود را انجام دهد [۹]. از آنجا که هدف از ایجاد سیستم‌های خبره ارائه مشاوره به افراد و امکان‌پذیر ساختن انجام فعالیتهای تخصصی است، به همین دلیل چگونگی ارتباط با کاربر از اهمیت زیادی برخوردار است [۲۳].

در این سیستم یک واسط کاربر مبتنی بر فرمان طراحی شد. کاربر می‌تواند با این فرامین، حقایق را به سیستم گزارش کند، چگونگی استدلال سیستم را بپرسد، دسته‌های عیوب را ببیند، از برنامه خارج شود، تنظیمات سیستم را تغییر دهد و غیره، سیستم نیز توسط این واسط با کاربر ارتباط برقرار می‌کند، به عنوان مثال حقایقی را که وضعیت آنها برای سیستم معلوم نیست، از کاربر می‌پرسد و کاربر نیز متقابلاً پاسخ سیستم را می‌دهد. تا حد امکان سعی شده است که فرامین با زبان محاوره‌ای نزدیکی داشته باشند. شکل ۵ واسط کاربر طراحی شده را نمایش می‌دهد. کاربر همچنین از طریق این واسط می‌تواند دانش موجود در سیستم را ویرایش کند. ابزار ویرایش دانش در منوی ابزار قرار دارد. در منوی ابزار، چهار گزینه اصلاح قاعده، اصلاح عیب، اصلاح علت و اصلاح پیشنهاد وجود دارد. با انتخاب گزینه اول می‌توان پنجره‌ای ظاهر می‌شود که توسط آن می‌توان به سیستم یک قاعده جدید وارد کرد یا یک قاعده موجود در سیستم را ویرایش نمود. با گزینه‌های دیگر در این منو می‌توان حقایق موجود در سیستم که شامل عیوب، علل و پیشنهادهای سیستم است را ویرایش نمود.



شکل (۵): واسط طراحی شده مبتنی بر فرمان

۳-۶- امکانات توضیح

همانطور که افراد خبره تصمیمات و پیشنهادات خود را توضیح می‌دهند، سیستمهای خبره نیز باید عملکردشان را توضیح دهند. قسمتی از سیستم خبره که تشریح نتایج اعلام شده را بر عهده دارد امکانات توضیح نامیده می‌شود [۲۵]. سازنده سیستم می‌تواند از این ویژگی جهت کشف خطاهای احتمالی موجود در پایگاه دانش سیستم استفاده نماید و پایگاه دانش سیستم را پالایش کند. بنابراین ویژگی فوق هم برای سازنده سیستم و هم برای کاربر اهمیت بسزایی دارد [۲۳].

سیستم خبره تهیه شده می‌تواند توضیحاتی را به کاربر در مواردی ارائه کند، نخست آنکه چطور به نتایج حاصل رسیده است؟ و دیگر آنکه دلایل پرسیدن پرسش معینی از کاربر در فرایند رسیدن به نتیجه چه بوده است؟

٤- آزمایش سیستم خبره

نرم‌افزار DDES بعد از طراحی و تهیه به چند متخصص عرضه شد. متخصصین بعد از آشنایی اولیه در مورد موضوع و چگونگی کار با آن و چگونگی تصمیم‌گیری این نرم‌افزار، آن را مورد بررسی قرار دادند. در اینجا از آنها تقاضا شد که از مشاهدات واقعی که امکان دارد در خط تولید اتفاق بیفتد را به این نرم‌افزار گزارش کنند و نتایج سیستم را مورد تحلیل و اعتبارسنجی قرار دهند. سیستم بعد از ارزیابی به تایید متخصصین و گروه ناظر بر اکتساب دانش رسید.

در اینجا یک مثال واقعی که توسط یک متخصص بررسی شده است، آورده شده است. رنگرز می‌خواهد که دلایل نایکنواختی پارچه رنگرزی شده را بررسی کند. برای این کار "نایکنواختی" را از بین دسته‌های مختلف عیوب انتخاب می‌کند و پس از اعلان سیستم که می‌پرسد "خواهشمند است نوع عیب را انتخاب کنید"، از بین گزینه‌های موجود که در شکل ۲ نشان داده شده است "نایکنواختی در راستای طول طاقه" را انتخاب می‌کند. با انتخاب گزینه اول، انواع نایکنواختی در راستای طول طاقه به کاربر نمایش داده می‌شود که کاربر تصمیم می‌گیرد که عیب "راه‌های طولی" را به سیستم گزارش دهد. با گزارش این عیب، سیستم از کاربر می‌خواهد تا وارسی کند که آیا المنت‌های پیش‌خشک‌کن مادون قرمز ماشین رنگرزی مشکل دارد. با پاسخ منفی به این پرسش، سیستم از کاربر می‌خواهد تا وارسی کند که آیا نازل‌های مشعل پرزسوزی بسته شده است. با پاسخ منفی به این پرسش، مشخص می‌شود که عیب مربوط به فرایندهای رنگرزی و آماده‌سازی نبوده و از فرایندهای قبل از آماده‌سازی نتیجه می‌شود. بنابراین سیستم به کاربر گزارش می‌دهد که عیب به نقص در عملیات بافندگی بر می‌گردد و دلایل و پیشنهادات لازم برای رفع آن را مطابق با جدول ۸ ارائه می‌دهد.

در صورتیکه کاربر با جواب سیستم قانع نشد، می‌تواند از سیستم درخواست کند که دلایل و راه‌کارهای ممکن دیگر را به او گزارش کند. این کار با گفتگوی بین کاربر و سیستم ادامه می‌یابد تا جواب مناسب را دریافت نماید.

جدول (۸): دلایل و پیشنهادات ارائه شده برای عیب راه‌های طولی

دلایل این عیب عبارتند از	بنابراین به پیشنهادهای زیر توجه شود
تغییر در نخهای تار پارچه (نمره، تاب، پرز، رنگ، خصوصیات ثباتی و رنگپذیری) که رفتار رنگرزی متفاوت از خود نشان می‌دهند	استفاده از نخ تار با طبیعت مشابه
تغییر در تراکم نخ تار پارچه (طراحی اشتباه، جا افتادگی تار، دو تاری)	دقت نمودن در آهارزنی، طراحی و بافندگی
	عدم تثبیت الیاف در دمای بالا
	انتخاب رنگزای مناسب
	انتخاب دماهای رنگرزی بالاتر
	انتخاب مواد شیمیایی مناسب

۵- نتیجه‌گیری

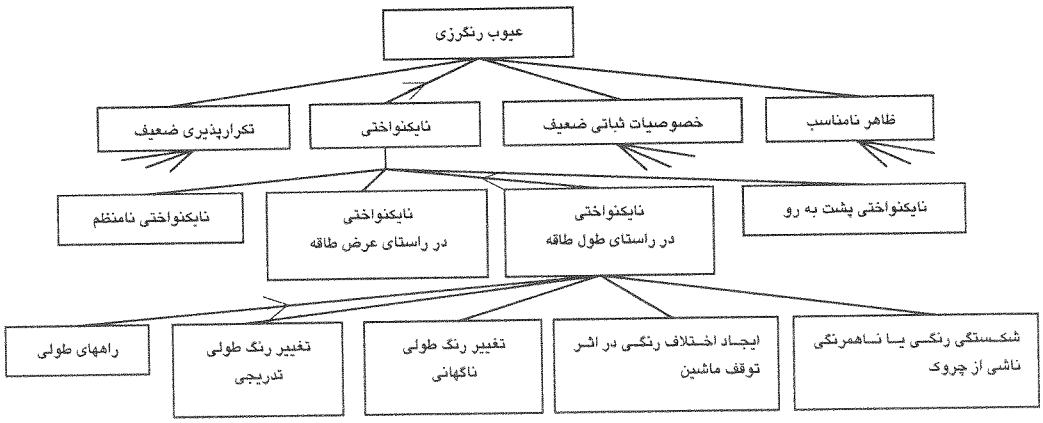
حاصل این تلاش، یک سامانه خبره مبتنی بر قاعده است که با شناسایی دلایل احتمالی عیوب ایجاده شده در رنگرزی پنبه با رنگزاهای راکتیو، راه‌کار لازم برای از بین بردن این عیوب را ارائه می‌دهد. این سیستم با هدف نسخه‌برداری از مهارت یک یا چند فرد خبره تلاش می‌کند تا همانند یک فرد خبره در مسائل مربوط به یک حوزه تخصصی مشاوره دهد. سیستم خبره تهیه شده مبتنی بر دانش بوده که دانش آن توسط مهندس دانش از منابع دانش کسب شده و به زبان قابل فهم کامپیوتر تبدیل گردیده است. منابع دانش استفاده شده در این پژوهش، کتب مرجع، مقالات، مطالعات موردی، اینترنت و افراد خبره صنعتی و دانشگاهی می‌باشند که به حوزه رنگرزی مربوط می‌شود. نتایج کلی که از گسترش این سیستم می‌توان گرفت، عبارتند از:

- صریح کردن و فرموله کردن دانش تشخیص عیب
- نسخه‌برداری و بایگانی دانش افراد خبره حاضر در سازمان
- کاهش معنی‌دار زمان تشخیص عیب و در نتیجه افزایش راندمان
- افزایش اطمینان در تصمیم‌گیری برای رفع عیب
- در دسترس و قابل تکرار بودن نتایج سیستم بدون تاثیر شرایط محیطی هنگام وقوع اختلال

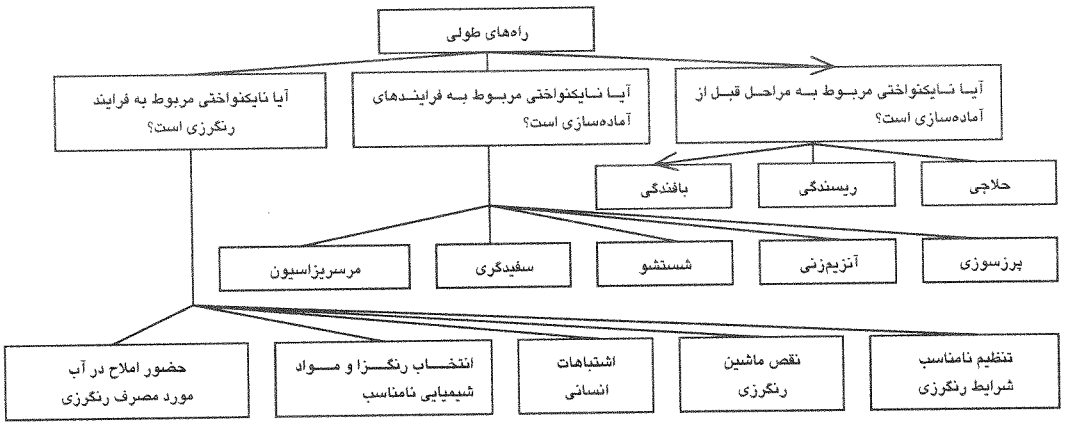
از برتری‌های این سیستم، سهولت درک کد برنامه است که

موجب می‌شود مهندسین نگهداری بتوانند راحت‌تر از سیستم نگهداری کنند. به علاوه، ساختار سیستم به گونه‌ای است که کاربر می‌تواند پایگاه دانش را با وارد کردن عیب‌هایی که به مرور زمان رخ می دهند، گسترش دهد و در آن تغییرات ایجاد نماید.

در سیستم خبره دکسپرت که شمعی و همکارانش آن را گسترش دادند از دو روش طبقه‌بندی و فاکتورهای اطمینان استفاده شده است. با توجه به نتایج گزارش شده توسط این محققان به نظر می‌رسد که ترکیب این دو روش، روشهای مناسبی برای کمک به رنگرز است. به هر حال از سیستم‌های خبره می‌توان علاوه بر کمک به رنگرز در امور آموزشی نیز بهره برد. ترکیب تاریخ‌نگاری و طبقه‌بندی که برای رده‌بندی فرضیه‌ها در این پژوهش به کار رفته است، می‌تواند رنگرز خبره را در فرایند عیب‌یابی کمک نماید و در عین حال در زمینه امور آموزشی نیز می‌تواند موفق‌تر از ترکیب دو روش قبل عمل کند زیرا در این روش کاربر قادر است دلایل و راه‌کارهای رفع عیب را به ترتیب انجام فرایندهای تولید و تکمیل کالا مطالعه نماید. گسترش این سامانه با اضافه کردن عیوب و قواعد جدید می‌تواند آن را به ابزاری قوی در صنعت رنگرزی تبدیل نماید.



شکل (۳): یک مثال از زنجیره پس‌روی استدلال سیستم برای شناسایی عیب راه‌های طولی



شکل (۴): یک مثال از زنجیره پیش‌روی استدلال سیستم برای ارائه راه‌کار جهت رفع عیب راه‌های طولی

۶- مراجع

[۱] Smith B.; Troubleshooting in textile wet processing-An overview, American Dyestuff Reporter, February, pp. 28-30, 1987.

[۲] Rucker J. W.; Smith C. B.; Troubleshooting in preparation-a systematic approach, Textile Chemistry Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina 27695-8302, http://www.p2pays.org/ref/03/02332.pdf.

[۳] Smith B.; Troubleshooting in dyeing-Part I: General, American Dyestuff Reporter, March, pp. 17-26.

[۴] Smith B.; Troubleshooting in dyeing – Part II: Batch dyeing, American Dyestuff Reporter, April, pp. 13-27, 1987

[۵] Smith B.; Moser. L.; Troubleshooting in dyeing – Part III: Continuous dyeing, American Dyestuff Reporter, May, pp. 36-51, 1987.

[۶] Shamey R.; Hussain T.; Critical solutions in the dyeing of cotton textile materials, Textile progress, vol. 37, no. 1/2, 2005.

[۷] Hussain T.; Wardman R. H.; Shamey R.; A knowledge-based expert system for dyeing of cotton. Part1: Design and development, Color. Technol., vol. 121, no.1, pp. 53-58, 2005.

[۸] Convert R.; Schacher L.; Viallier P.; An expert system for the dyeing recipes determination, Journal of Intelligent Manufacturing, vol. 11, pp. 145-155, 2000.

[۹] Westland S.; Advances in artificial intelligence for the colour industry, Color. Technol., vol. 110, December, pp. 370-375, 1994.

[۱۰] Yang H.-L.; Information/knowledge acquisition methods for decision support systems and expert systems, Information processing & management, vol. 31, no. 1, pp. 47-58, 1995.

[۱۱] Waterman D. A.; A guide to expert systems, Addison-Wesley, Massachusetts, 1986.

[۱۲] Frei G.; Walliser R.; WOOLY-an expert system for the wool dyer, Color. Technol., vol. 107, April, pp. 147-149, 1991.

[۱۳] Edmunds R.A.; The Prentice Hall guide to expert systems, Prentice-Hall, New Jersey, 1988.

[۱۴] Shamey R.; Hussain T.; Artificial intelligence in the colour and textile industry, Rev. Prog. Color., vol. 33, pp. 33-45, 2003.

[۱۵] Lee J.; Lin J-J; Expert system for dyeing cotton fabrics with reactive dyes, http://www.freepatentsonline.com/2003010575 3.html, 2003.

[۱۶] Fan J.; Hunter L.; A Worsted Fabric Expert System, Part I: System Development, Textile Res. j., vol. 68, no. 9, pp. 680-686, 1998.

[۱۷] Gümüşkaya H.; Ulcay Y.; Development of a LAN system for textile computer integrated manufacturing, Uludağ Üniversitesi, Cilt 8, Sayi 1, pp. 45-51, http://kutuphane.uludag.edu.tr/Univder/PDF/muh/2003-8(1)/htmpdf/mak06.pdf, 2003.

[۱۸] Dlodlo N.; Hunter L.; Cele C.; Metelerkamp R.; Botha A. F.; A Hybrid Expert Systems Architecture for Yarn Fault Diagnosis, Fibres & Textiles in Eastern Europe, vol. 15, no. 2 (61), pp. 43-49, 2007.

[۱۹] Lin J-J; Lin C-H; Tsai I-S; Applying expert system and fuzzy logic to an intelligent diagnosis system for fabric inspection, Textile Research Journal, vol. 65, no. 12, pp. 697-709, 1995.

[۲۰] Shamey R.; Hussain T; Comparison of methodologies for the construction of diagnostic expert systems for textile dyeing, AATCC review, vol. 7, no. 2, pp. 36-43, 2007.

[۲۱] Hussain T.; Wardman R. H.; Shamey R.; A knowledge-based expert system for dyeing of cotton. Part2: Testing and evaluation, Color. Technol., vol. 121, no. 2, pp. 59-63, 2005.

[۲۲] Smith P.; An introduction to knowledge engineering, International Thomson, UK, 1996.

[۲۳] Durkin J.; Expert systems: design and development, Macmillan, United States of America, 1994.

[۲۴] Abou-Alia M.G.; Khamis M.; TIREDDX: An integrated intelligent defects diagnostic system for tire production and service, Expert systems with applications, vol. 24, pp. 247-259, 2003.

[۲۵] Parsaye K.; Chignell M.; Expert systems for experts, John Wiley & Sons, Canada, 1988.

۷- زیرنویس‌ها

[1] OPTIMIST
[2] Rüttiger
[3] WOOLY
[4] Frei
[5] Sandoz AG
[6] BAFAREX
[7] Lang
[8] Datawin

[9] BATEM
[10] R. convert
[11] J. Lee
[12] J.J. Lin
[13] China Textile Institute
[14] Dexpert
[15] Dyeing Diagnostic Expert System
[16] chronology
[17] defect
[18] fault
[19] damage
[20] problem
[21] symptom
[22] Troubleshooting
[23] Problem Solving
[24] Diagnostic Troubleshooting
[25] facts
[26] observation
[27] action
[28] assertion
[29] if-then
[30] what if