DOI: http://dx.doi.org/10.22059/jitm.2013.36525

مدیریت فناوری اطلاعات
دانشکده مدیریت دانشگاه تهران

دوره ۵، شماره ۲
تابستان ۱۳۹۲
صص ۲۲-۱

طراحی و توسعه‌ی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای رتبه‌بندی فنون نمونه‌سازی سریع و انتخاب بهترین فن در صنعت خودروسازی

محمدتقی تقوی فرد[۱]، نسیبه پوطی[۲]

چکیده: توسعه‌ی فنون متعدد نمونه‌سازی سریع با طیف گسترده‌ای از قابلیت‌ها، ابعاد و کاربردها، انتخاب فنّ مناسب را برای مراکز علمی ـ مهندسی و سازمان‌های تولیدی در جهت انطباق با این فناوری نوین دشوار کرده است. این پژوهش یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای رتبه‌بندی و انتخاب فن مناسب نمونه‌سازی سریع، ارائه می‌کند و طی سه مرحله انجام شده است: شناخت، طراحی و توسعه، پیاده‌سازی و آزمایش. سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری حاصل، شامل سه زیرسیستم مدیریت داده، مدیریت مدل و واسط کاربری است. داده‌های ۵۱ فن آر. پی، به‌همراه تمام معیارهای انتخاب، در یک پایگاه داده، رابطه‌ای ایجاد کرده و از طریق سیستم مدیریت پایگاه داده با آر.پی.دی.اس.اس. یکپارچه شده‌اند. زیرسیستم مدیریت مدل برای رتبه‌بندی فنون آر. پی. از مدل تاپسیس فازی استفاده می‌کند که براساس مطالعات میدانی در صنعت خودرو سازی، بومی شده است. براساس پارامترهای ورودی کاربر خبره، به‌واسطه‌ی کاربری آر. پی. دی. اس.، برای نمونه‌سازی قطعه‌ی جلو پنجره‌ی خودرو، فن EOSINT P700 بهترین فن معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری، نمونه‌سازی سریع، زیرسیستم مدیریت داده، زیرسیستم مدیریت مدل، تاپسیس فازی.

---

۱. استادیار دانشگاه علامه‌ی طباطبایی، تهران، ایران

۲. کارشناس ارشد مدیریت فناوری اطلاعات، دانشگاه علامه‌ی طباطبایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۱۸
نویسنده مسئول مقاله: نسیبه پوطی
E-mail: pooti.nsb@gmail.com

مقدمه

فنون نوین در عرصه‌ی تولید، همواره مدیران صنایع را با چالش انتخاب و تصمیم‌گیری در خصوص نحوه‌ی به‌کارگیری این فنون مواجه کرده است. استفاده از راهکارهای مبتنی بر فناوری اطلاعات، راهگشا بوده و محملی برای انطباق صحیح سازمان‌های تولیدی با فناوری‌های جدید فراهم می‌کند. یکی از فناوری‌های نو در عرصه‌ی تولید، فناوری نمونه‌سازی سریع[1]، است و عبارتست از، فنونی که با استفاده از داده‌های طراحی به‌کمک رایانه[2]، نمونه‌های فیزیکی ایجاد می‌کنند (Chua, 2001: 56). این چاپگرهای سه بعدی به طراحان اجازه می‌دهند، نمونه‌های محسوس‌تری نسبت به تصاویر دو بُعدی ایجاد کنند و ارزیابی‌ها و آزمایش‌های مختلفی را روی نمونه انجام دهند. نمونه‌های آر. پی. برای دیدن یا تأیید طراحی‌ها به‌منظور کنترل شکل، تناسب، عملکرد یا ایجاد یک الگوی ابزاری برای ریخته‌گری یا مدل‌سازی به‌کار می‌روند. فنون آر. پی. می‌توانند زمان و هزینه‌ی تولید نمونه را بین ۵۰ تا ۹۰ درصد کاهش دهند (Chua, Leong, Lim, 2004: 83) و مزایای بسیاری برای طراحان محصول، مهندسان تولید و ابزارسازی و مشتریان دارند که بعضی از آنها عبارتند از (Andrew, Holms, 2002: 17):

- افزایش پیچیدگی و انعطاف‌پذیری محصول؛
- کاهش مشکلاتی مانند ایجاد قیدوبند؛
- تجزیه و تحلیل تلرانس؛
- ایجاد سوراخ‌ها و حفره‌های داخلی؛
- ساخت دیواره‌های نازک؛
- ایجاد انحناها و شیب‌های قطعه؛
- کاهش محتوای کار تولید؛
- نزدیک شدن به فلسفه‌ی تولید به‌هنگام[3]؛
- ایجاد فرصت‌ها و مقابله با تهدیدهای بازار؛
- کاهش ریسک و افزایش نسبت قابلیت عملکرد به قیمت؛
- مناسب بودن محصولات به‌دلیل استفاده از روش‌هایی با دقت بالا و انجام آزمایش‌های مختلف روی نمونه؛
- تطابق با خواسته‌ها و نیازهای مشتری و دادن حق انتخاب به مشتری به‌دلیل تنوع محصولات؛

1. Rapid Prototyping(RP)
2. Computer Aided Design(CAD)
3. Just In Time (JIT)

- کاهش زمان عرضه‌ی محصولات جدید؛
- افزایش امکان ساخت محصولات سفارشی و... .

بیان مسئله

به‌واسطه‌ی رشد سریع فناوری آر. پی.، انتخاب مناسب‌ترین فن در کاربرد خاص برای برآورده ساختن نیازهای کاربر، از بین فنون پُرشمار آر. پی.، بسیار مهم شده است. سیستم‌های آر. پی. زیادی با فنون مختلف در سراسر جهان وجود دارد که هر سیستم نقاط ضعف و قوت، کاربردها، مطلوبیت‌ها و محدودیت‌های مربوط به خود را دارد و بهترین انتخاب به معیارهای زیادی بستگی دارد. بعضی از این معیارها عبارتند از: هزینه‌ی خرید و نصب سیستم، ابعاد دستگاه، ابعاد نمونه‌ی مورد نظر، مواد به‌کار رفته برای ساخت نمونه، نوع لیزر یا ابزار اسکن به‌کار رفته، توان لیزر، قطر پرتو لیزر، توان تفکیک لیزر در راستای ایکس ـ ایگرگ و زِد، استحکام و صاف‌بودن سطح نهایی نمونه، استفاده‌ی آسان برای کاربر، نوع مواد پشتیبان به‌کار رفته برای ساخت نمونه، زمان ساخت نمونه، میزان عملیات تکمیلی موردنیاز و غیره (Lokesh & Jain, 2010: 168).

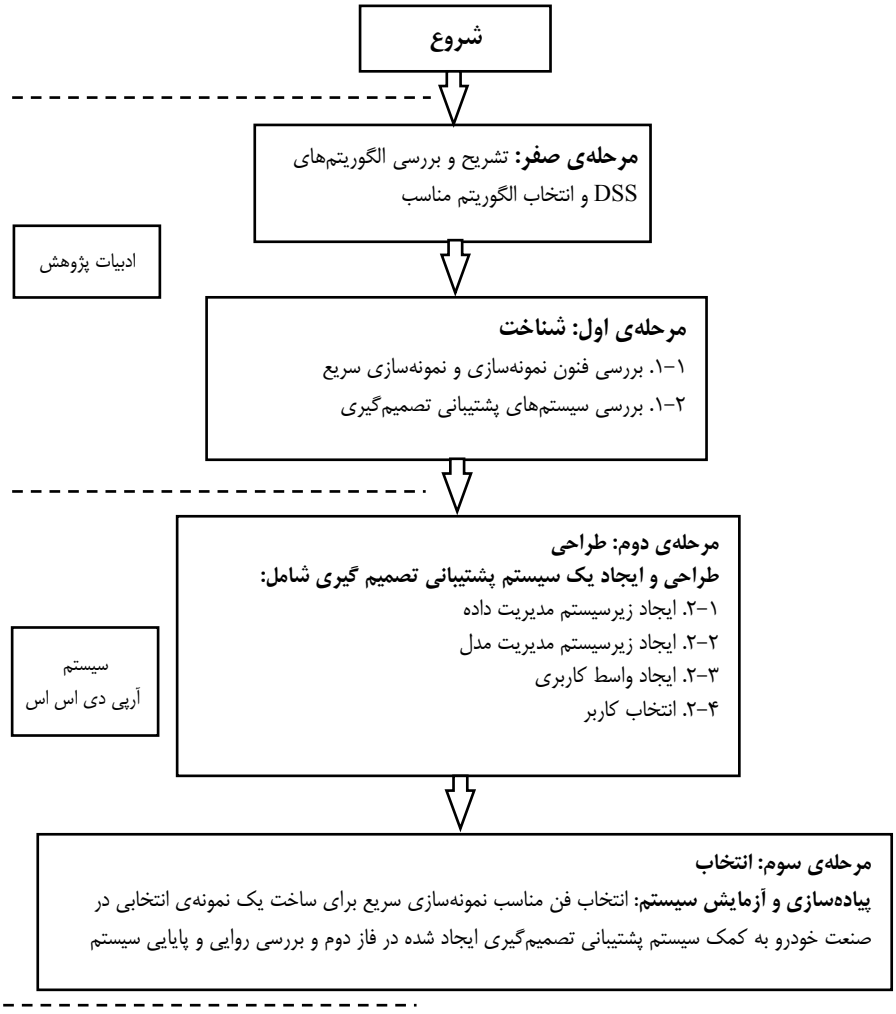
انتخاب فن مناسب، نیازمند یک تحلیل دقیق بین گزینه‌های موجود براساس معیارهای متعدد است و نتیجه‌ی بهینه‌ی حاصل، یک موازنه‌ی مناسب در این امر است (William, Komaragiri, Melton, Bishu, 1998). با توجه به ویژگی‌های مسئله و نسبی بودن بسیاری از معیارها که لزوم استفاده از منطق فازی و تعامل مناسب با کاربر خبره در مراحل تصمیم‌گیری را ایجاد می‌کند با مسئله‌ای روبه‌رو می‌شویم که تنها با استفاده از روش‌های آماری معمول قابل حل نیست و به یک سیستم یکپارچه تصمیم‌گیری با قابلیت‌های ذخیره‌سازی، تحلیل، تعامل و به‌روزرسانی نیاز دارد. در این پژوهش به‌دنبال ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری[1] برای انتخاب فن مناسب نمونه‌سازی سریع در کاربرد خاص هستیم. سیستم طراحی شده برای صنعت خودروسازی بومی شده است.

اهداف پژوهش

اهداف اصلی شامل طراحی، ایجاد، پیاده‌سازی و آزمایش یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای انتخاب و رتبه‌بندی فن آر. پی. مناسب در کاربرد خاص با زیرسیستم‌های مدیریت داده، واسط کاربری، مدیریت مدل است و اهداف فرعی عبارتند از: بررسی فنون تصمیم‌گیری و پشتیبانی از تصمیم، شناسایی فنون مختلف نمونه‌سازی سریع و پارامترها و مؤلفه‌های مهم آنها،

1. Decision Support System (DSS)

بررسی صنعت خودروسازی به‌منزله‌ی یک عرصه‌ی روبه‌رشد در زمینه‌ی به‌کارگیری فنون نـوین نمونه‌سازی برای بومی‌سازی مدل، پیاده‌سازی و آزمایش آر. پی. دی. اس. اس. در پژوهش پیش رو، براساس نوع کاربرد موردنظر و اهداف پژوهش، مراحل ایجاد دی. اس. اس. براسـاس نمـودار در چارچوب شکل شماره‌ی ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. نمودار مراحل انجام پژوهش

برخی از مهم‌ترین پرسش‌هایی که در این پژوهش درپی پاسخ‌گویی به آنها هستیم، عبارتنـد از: چه نوع سیستمی می‌تواند تصمیم‌گیری در خصوص انطباق فنون نوین نمونه‌سـازی سـریع بـا

کاربرد موردنظر را پشتیبانی کند؟ اجزای این دی. اس. اس. کدامند و چگونه باید ایجاد شوند؟ چه نوع مدل تحلیلی یا محاسباتی برای این دی. اس. اس. مناسب است؟

ادبیات پژوهش

نمونه‌سازی سریع

تمام فنون نمونه‌سازی سریع دارای این مراحل زیر هستند (Jacobs, 1998: 33):

ابتدا نمونه‌ی سه‌بُعدی[1] انتزاعی موردنظر با استفاده از طراحی رایانه‌ای، به‌کمک بسته‌های نرم‌افزاری کد[2] ایجاد می‌شود. سپس نمونه‌های سه‌بُعدی جامد یا سطحی حاصل از مرحله‌ی قبل به فایل اس. تی. ال.[3] تبدیل می‌شوند. این فرمت، سطح نمونه را با استفاده از مثلث‌های کوچک تقریب می‌زند و هرچه تعداد مثلث‌ها بیشتر باشد، تقریب دقیق‌تر می‌شود. فایل‌های ایجاد شده در دو مرحله‌ی قبل بررسی و تصحیح می‌شود. خطاهای موجود در فایل‌های کد و اس. تی. ال. با استفاده از نرم‌افزارهایی مانند مجیکس[4] تصحیح می‌شوند.

پس از عمل تصحیح، نمونه‌ی اس.تی.ال. به تکه‌های هم‌اندازه برش داده می‌شود که براساس نوع فرآیند آر.پی.، ضخامت آنها متفاوت است. سپس نمونه با استفاده از یکی از فنون آر.پی. به‌صورت کاملاً خودکار ساخته می‌شود که براساس فن مورد استفاده، روش تولید نمونه متفاوت است. وجه‌اشتراک روش‌های آر.پی.، افزاینده[5] بودن آنها است؛ یعنی در این فرآیندها ذره‌ها و لایه‌ها با قرار گرفتن روی یکدیگر قطعه را می‌سازند که کاملاً عکس عمل براده‌برداری است. به‌همین دلیل این روش ساخت را تولید لایه‌ای[6] نیز می‌گویند. مرحله‌ی نهایی شامل عملیات تکمیلی برای بهبود نمونه است.

پیشینه‌ی پژوهش

تعدادی از مطالعات روی ایجاد برنامه‌های انتخاب سیستم‌های آر. پی. برپایه‌ی رایانه تمرکز کرده‌اند که در جدول شماره‌ی ۱ آورده شده‌اند.

جدول ۱. مطالعات انجام شده روی سیستم‌های انتخابگر آر.پی.

1. Three-Dimensional
2. Computer-Aided Design(CAD)
3. STereoLithograghy(STL)
4. MAGICS: A Software developed by Materialise, N.V., Belgiom
5. Additive Process
6. Layered Manufacturing

پژوهشگران	روش	محدودیت
Philipson, 1997	پردازش و بازیابی داده‌های مربوط به شش سیستم تجاری آر. پی. با چهار معیار	عدم توجه به ویژگی‌های مواد، دشواری کار با سیستم و جامع نبودن آن
Bibb, 1999	استفاده از قوانین محاسباتی و قوانین تصمیم	مناسب کار بنگاه‌های تولیدی کوچک
Masood & Soo, 2002	استفاده از سیستم خبره، مبتنی بر قانون جهت بازیابی سیستم‌ها با چهار گزینه‌ی انتخاب سریع، انتخاب دقیق، فناوری ساخت و نوع ماشین	مناسب کار نوآموزان و سیستم‌های آموزشی، محدودیت معیارها، عدم قابلیت کار با مقادیر مبهم و نامعلوم
Lokesh & Jain, 2010	مقایسه و اولویت‌بندی اقتصادی فنون آر. پی. با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی	رعایت شرط سازگاری در مورد معیارها موجب کاهش پارامترهای مسئله شد
Byun & Lee, 2005	ارائه‌ی یک مدل با استفاده از فن تاپسیس تعدیل شده با در نظر گرفتن پنج معیار	عدم کارایی مدل ارائه شده در مورد مقایسه‌ی جامع کلیه فنون آر. پی. موجود

براساس بررسی پیشینه‌ی پژوهش، به‌کارگیری سیستم دی. اس. اس. یکپارچه می‌تواند تا حدود زیادی جوابگوی محدودیت‌های پژوهش‌های فوق باشد.

سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری

سیستم پشتیبان تصمیم، سیستمی است که با استفاده از منابع انسانی و قابلیت‌های رایانه، مدیر را در حل مسائل پیچیده (مسائل نیمه‌ساخت‌یافته و ساختارنیافته) کمک می‌کند وکیفیت تصمیم را بهبود می‌بخشد (شاهرضایی، احتشام راثی، سیف برقی، ۱۳۹۱). براساس تقسیم‌بندی توربان، دی. اس. اس. به‌طورکلی می‌تواند شامل پنج جزء اصلی زیر باشد (Turban, Aronson, Liang, 2005)(Fagerholt, 2002):

- زیرسیستم مدیریت داده که به‌طور معمول دارای بخش‌هایی مانند پایگاه داده، سیستم مدیریت پایگاه داده، راهنمای داده و امکانات پرس‌وجو است.
- زیرسیستم مدیریت مدل که می‌تواند دارای اجزایی همچون پایگاه مدل، شامل مدل‌های راهبردی، تاکتیکی، عملیاتی و تحلیلی، سیستم مدیریت پایگاه مدل، زبان مدل‌سازی، راهنمای مدل، پردازشگر دستورها و پیوستگی و اجرای مدل باشد.
- زیرسیستم واسط کاربری که شامل زیرسیستم مدیریت واسط کاربری، فرآیند واسط کاربری و قابلیت‌های توسعه‌ی واسط کاربری‌های جدید است.

- زیرسیستم مدیریت دانش که اختیاری است، اما می‌تواند مزایای زیادی را به‌وسیله‌ی فراهم‌کردن هوشمندی در سه جزء عمده‌ی دیگر ایجاد کند (Turban, Mclean, Wetherbe, 2002)
- کاربر، فردی است که از طریق زیرسیستم واسط کاربری با سایر اجزای سیستم ارتباط برقرار می‌کند.

روش پژوهش

جدول شماره‌ی ۲ روش پژوهش، داده‌های مورد نیاز و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها را نشان می‌دهد.

جدول۲. داده‌های موردنیاز و روش‌های جمع‌آوری داده‌ها

نام مرحله	داده‌های موردنیاز	روش جمع‌آوری داده‌ها	هدف جمع‌آوری داده‌ها
شناخت	انواع سیستم‌های پشتیبانی تصمیم، اجزا، کاربردها، مزایا و محدودیت‌های آنها	مطالعات کتابخانه‌ای	شناسایی ابعاد کلی پژوهش
	اصول، مفاهیم، مزایا و کاربردهای فنون آر. پی.	مطالعات کتابخانه‌ای، وب جهانی، کالانماهای تولیدکنندگان، تماس با شرکت‌های سازنده	شناسایی حوزه‌ی کاربردی تصمیم‌گیری و تحلیل نوع سیستم موردنیاز
طراحی و ایجاد	فنون آر. پی. با تمامی ابعاد و ملاحظات و معیارهای انتخاب	مطالعات کتابخانه‌ای جامع برای شناسایی کلیه‌ی پارامترهای انتخاب فنون آر. پی.	ایجاد زیرسیستم مدیریت داده
	معیارهای مهم تصمیم‌گیری انتخاب فن مناسب در یک کاربرد خاص و نوع تحلیل موردنیاز	مطالعات میدانی از نوع مصاحبه جهت بومی‌سازی معیارهای انتخاب در صنعت موردنظر	ایجاد زیرسیستم مدیریت مدل
	پارامترها و بازبینی‌های موردنیاز کاربران برای استفاده از سیستم	مطالعات میدانی از نوع مصاحبه برای نیازسنجی پارامترهای موردنظر کاربر خبره	ایجاد زیرسیستم واسط کاربری
پیاده‌سازی و آزمایش	داده‌های نمونه‌سازی برای انتخاب قطعه مناسب و نمونه‌سازی قطعه	مطالعات میدانی از نوع مصاحبه با کاربر خبره، نمونه‌سازی در صنعت خودرو	آزمایش سیستم بومی‌شده در صنعت خودروسازی
	داده‌های مربوط به ویژگی‌های کارکردی سیستم از نظر کاربر خبره	مطالعات میدانی از نوع پرسش‌نامه توسط تعدادی از کاربران خبره سیستم	بررسی روایی و پایایی مدل بومی شده

تحلیل داده‌ها طی سه مرحله انجام می‌شود: مرحله‌ی نخست تحلیل داده‌ها، توسط زیرسیستم مدیریت داده‌ها و با ورود ۲۹ معیار توسط کاربر انجام می‌گیرد. براساس داده‌های

ورودی و استفاده از زبان پرس‌وجوی ساختار یافته[1] برای اِعمال دستورها به پایگاه داده، تعدادی از سیستم‌های آر. پی. بازیابی می‌شوند. مرحله‌ی دوم تحلیل داده در زیرسیستم مدیریت مدل انجام می‌شود و با ورود وزن‌های تعدادی از معیارها به مدل تاپسیس فازی، سیستم‌های آر. پی. امتیازدهی و رتبه‌بندی می‌شوند. مرحله‌ی سوم تحلیل داده‌ها، نتایج حاصل از دو مرحله‌ی قبل را تلفیق کرده و سیستم‌های آر. پی. واجد شرایط را رتبه‌بندی و بهترین سیستم را معرفی می‌کند.

یافته‌های پژوهش

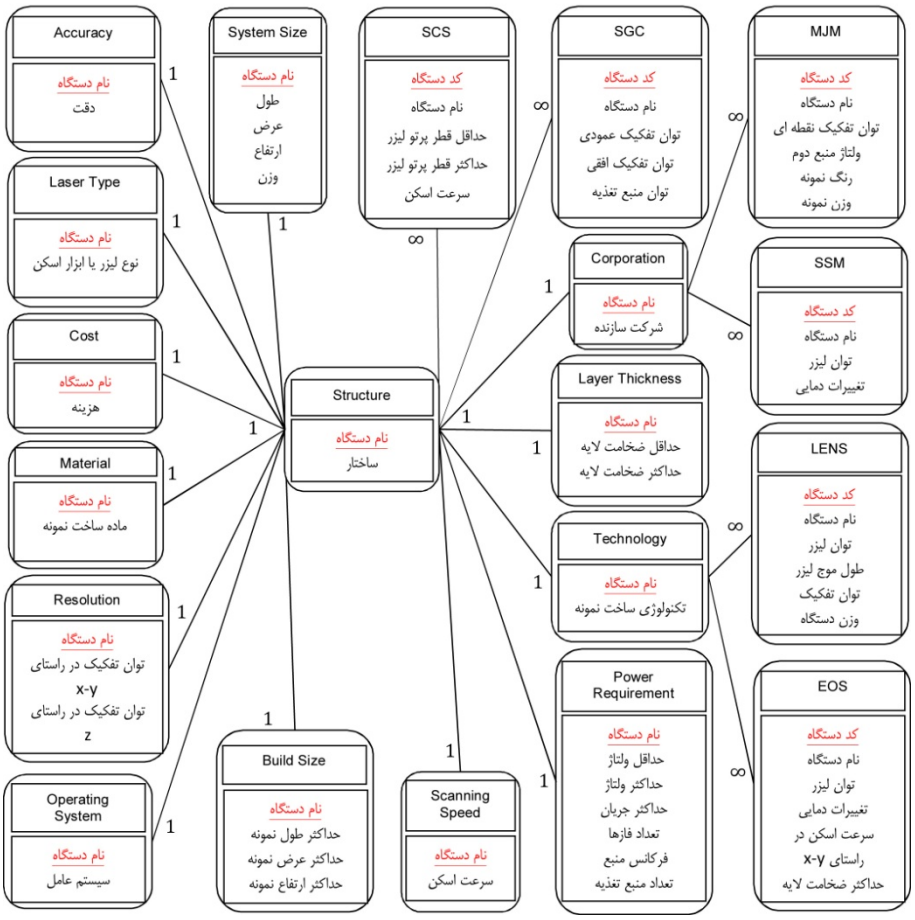
آر. پی. دی. اس. اس. به‌منزله‌ی سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری در عرصه‌ی انتخاب فن مناسب نمونه‌سازی سریع در صنعت خودروسازی، به‌صورت زیر ایجاد و پیاده‌سازی شد.

طراحی و ایجاد زیر سیستم مدیریت داده

پایگاه داده آر. پی. دی. اس. اس: یک پایگاه داده‌ی رابطه‌ای، شامل تمام موجودیت‌های محیط عملیاتی نمونه‌سازی سریع، مانند انواع سیستم‌های نمونه‌سازی سریع، مواد مورد استفاده، نرم‌افزارهای مورد استفاده، هزینه‌های خرید و نصب، ابزارهای نمونه‌سازی، نرخ تولید سیستم‌ها و... طراحی و ایجاد شده است. پایگاه داده آر. پی. دی. اس. اس. داده‌های ۵۱ سیستم آر. پی. را دربرمی‌گیرد که به‌صورت تجاری در دسترس هستند (Lokesh, Jain, 2010; Wohler, 1999; Joselito, Pacheo, 2000; Khaled, Gad & Mola, 2006; Chua, Leong Lim, 2004). این پایگاه داده در نرم‌افزار اکسس طراحی شده است. علت انتخاب نرم‌افزار اکسس، وجود مزایا و جنبه‌های فراوان، مانند آسانی دسترسی و استفاده راحت است که آن را به مناسب‌ترین کاربرد پایگاه داده برای آر .پی. دی. اس. اس. تبدیل کرده است. موجودیت‌های این پایگاه، داده‌ی ماشین‌های آر. پی. و معیارهای انتخاب هستند. برخی از این موجودیت‌ها که جداول پایگاه داده را تشکیل می‌دهند عبارتند از: آر. پی ـ اصلی، شرکت آر. پی.، فناوری، ساختار، دقت، توان تفکیک، محفظه‌ی ساخت، ابعاد سیستم، ملزومات انرژی، هزینه، سرعت ساخت، مواد، سیستم عامل، ضخامت لایه‌ها و غیره. در جدول آر. پی. ـ اصلی، کلید اصلی[2] نام سیستم برای ارتباط با سایر جداول معیارها، از طریق روابط یک به چند استفاده شده است. در این جداول نام سیستم کلید خارجی[3] است. سایر جداول شامل ماشین‌های آر. پی. هستند، مانند جداول اس. ال. آ.، اس. ال. اس.، اف. دی. ام.، ال. ا. ام.، ای. ا. اس.، ام. ای. ام.، ام. جی. ام.، تری. دی. پی. و

1. Structured Query Language(SQL)
2. Primary Key
3. Foreign Key

غیره. هر یک از این جداول شامل ماشین‌هایی با فناوری یکسان هستند و به‌منظور ذخیره‌ی صفات[1] خاص هر دسته از ماشین‌ها ایجاد شده‌اند. موجودیت‌های ایجاد شده از طریق روابط یک به چند به‌کمک کلیدهای اصلی و خارجی با یکدیگر مرتبط شده و براساس قوانین نرمال‌سازی پایگاه داده‌های رابطه‌ای نرمال‌سازی می‌شوند و یک پایگاه داده‌ی رابطه‌ای نرمال را ایجاد می‌کنند (شکل شماره‌ی ۲).



شکل ۲. نمایی از پایگاه داده رابطه‌ای آر.پی. دی. اس. اس.

1. Attribute

یک متخصص پایگاه داده که با قوانین جامعیت سراسری رابطه ـ موجودیت[1] آشنایی دارد، می‌تواند فرآیند به‌روزرسانی را انجام دهد(Rob & Cornel, 2000:185). پایگاه داده به‌وسیله‌ی سیستم مدیریت پایگاه داده‌ها در دسترس قرار می‌گیرد و به‌روز رسانی می‌شود. از نقش‌های مهم سیستم مدیریت پایگاه داده، می‌توان به قابلیت‌های ذخیره و به‌روزرسانی و بازیابی داده‌ها، فراهم کردن امنیت داده‌ای منسجم و یکپارچه و محافظت از داده‌ها براساس قوانین جامعیت ارجاعی و قابلیت یکپارگی با سیستم مدیریت مدل را اشاره کرد (Date & Darven, 2006: 74). در آر. پی. دی. اس. اس. از نرم‌افزار اکسس به‌عنوان سیستم مدیریت پایگاه داده‌ها استفاده شده است. برای بازیابی داده‌ها براساس پارامترهای موردنظر کاربر، امکانات پرس‌وجو و گزارش‌گیری از پایگاه داده‌ها در آر. پی. دی. اس. اس. فراهم شده است. کلیه موجودیت‌های پایگاه داده آر.پی.دی.اس.اس. توسط راهنمای داده در دسترس هستند.

طراحی و ایجاد زیر سیستم مدیریت مدل

براساس هدف آر. پی. دی. اس. اس.، در زیرسیستم مدیریت مدل، از مدل رتبه‌بندی تاپسیس فازی استفاده می‌شود (آق داغی، ابراهیمی پور، ۱۳۸۹). تاپسیس این اصل را در نظر می‌گیرد که گزینه‌ی انتخاب شده‌ی نهایی، باید کوتاه‌ترین فاصله را از حل ایده‌آل و طولانی‌ترین فاصله را از حل ایده‌آل منفی داشته باشد. به‌منظور تعامل کاربر با مدل و توانایی استفاده از متغیرهای زبانی برای تعیین وزن معیارها، از روش تاپسیس فازی استفاده می‌شود. این روش مدل را قادر می‌کند از اعداد فازی مثلثی، به‌عنوان وزن معیارها استفاده کند (جدول ۳) (رسولی، مانیان، ۱۳۹۱). رویه‌ی رویکرد تاپسیس تعدیل شده می‌تواند با استفاده از هفت مرحله‌ی زیر تعریف شود (Deng & Robert, 2000):

جدول ۳. اصطلاحات زبانی و اعداد فازی متناظر

عدد فازی متناظر	اصطلاحات زبانی (وزن معیارها)		عدد فازی متناظر	اصطلاحات زبانی (وزن معیارها)
A_1 =(۰ , ۰ , ۱/۸)	بسیار بسیار پایین		A_6=(۴/۸ , ۵/۸ , ۶/۸)	اندکی بالا
A_2 =(۰ , ۱/۸ , ۲/۸)	بسیار پایین		A_7=(۵/۸ , ۶/۸ , ۷/۸)	بالا
A_3=(۱/۸ , ۲/۸ , ۳/۸)	پایین		A_8=(۶/۸ , ۷/۸ , ۱)	بسیار بالا
A_4=(۲/۸ , ۳/۸ , ۴/۸)	اندکی پایین		A_9=(۷/۸ , ۱ , ۱)	بسیار بسیار بالا
A_5 =(۳/۸ , ۴/۸ , ۵/۸)	متوسط			

1. Integrity of the overall entity-relationship

مرحله‌ی اول: محاسبه‌ی ماتریس تصمیم نرمال. تاپسیس با یک ماتریس تصمیم‌گیری آغاز می‌کند که ۹ ستون (معیار) و ۵۱ سطر (گزینه) دارد. از بین ۲۹ معیار شناسایی شده در مطالعات کتابخانه‌ای با مطالعات میدانی در کاربرد موردنظر(مصاحبه با خبرگان) ۹ معیار برای مدل رتبه‌بندی انتخاب شده‌اند که عبارتند از: حداکثر طول فضای کاری، حداکثر عرض فضای کاری، حداکثر ارتفاع فضای کاری، حداقل ولتاژ منبع تغذیه، حداکثر آمپر منبع تغذیه، دقت، سرعت ساخت، هزینه‌ی خرید و نصب، حداقل ضخامت لایه. قالب ماتریس تصمیم‌گیری به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۱ است.

رابطه‌ی ۱)
$$\begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{1,9} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{2,9} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{51,1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & x_{51,9} \end{bmatrix}$$

برداری که برای نرمال‌سازی استفاده می‌شود بردار r_{ij} است که از رابطه‌ی ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه‌ی ۲)
$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{51} x_{ij}^2}} \qquad i = 1,...,51 \ , j = 1,...,9$$

مرحله‌ی دوم: ساختن ماتریس تصمیم نرمال وزن دار:

رابطه‌ی ۳)
$$V = \left\lfloor v_{ij} \right\rfloor_{51*9}$$

وزن‌های معیارها توسط کاربر در قالب مقادیر زبانی به سیستم وارد می‌شوند. سپس این مقادیر به پایگاه مدل در مایکروسافت اکسل ارسال می‌شود. این مقادیر به اعداد فازی تبدیل می‌شوند و بردار وزن را می‌سازند.

رابطه‌ی ۴)
$$W = [w_i] \qquad i = 1,.....,51$$

ماتریس تصمیم نرمال‌شده‌ی وزن‌دار، به‌وسیله‌ی ضرب‌کردن هر ستون از ماتریس در w_i محاسبه می‌شود، اما r_{ij} اعداد اسکالر و w_i اعداد فازی هستند، بنابراین ضرب r_{ij} در w_i براساس عملیات ریاضی روی اعداد فازی به‌صورت رابطه‌ی شماره ۵ تعریف می‌شود (Klir & Yuan, 1995: 246):

رابطه‌ی ۵)
$$r_{ij} * w_i = \left\{ \left(w_i, \mu_{r_{ij}*w}(w_i)\right) \mid w_i \in w \right\},$$
$$\mu_{r_{ij}*w} = \mu_w\left(\frac{w_i}{r_{ij}}\right) \ i = 1,...,51 \ \ j = 1,...,9$$

این عملیات به این معناست که برای ضرب r_{ij} در w_i باید w_i تقسیم بر r_{ij} شود.

مرحله‌ی سوم: دی فازی‌کردن[1] اعداد فازی. هر عدد فازی با استفاده از روش سنترویید[2]، دی فازی می‌شود. برای اعداد فازی مثلثی $\tilde{v} = (a,b,c)$، مقدار دی فازی شده به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۶ محاسبه می‌شود: (Zimmermann, 2001:157)

رابطه‌ی ۶) $$\tilde{v} = \frac{\int v.\mu(v).dv}{\int \mu(v).dv} = \frac{1}{3}(a+b+c)$$

هر مقدار سنترویید برای اعداد فازی $\tilde{v}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ که ماتریس نرمال وزن دار را تشکیل می‌دهند عبارتند از:

رابطه‌ی ۷) $$v_{ij} = \frac{1}{3}(a_{ij} + b_{ij} + c_{ij}) \quad i = 1,..,51 \quad j = 1,..,9$$

مرحله‌ی چهارم: تعیین راه‌حل‌های ایده‌آل و ایده‌آل منفی. این مقادیر که با A^+ و A^- نشان داده می‌شوند، به‌صورت رابطه‌های شماره‌ی ۸ و ۹ تعریف می‌شوند:

رابطه‌ی ۸) $$A^+ = (v_1^+, v_2^+, ..., v_9^+) = \left\{ (\max_i v_{ij} \mid j \in J), (\min_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

رابطه‌ی ۹) $$A^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_9^-) = \left\{ (\min_i v_{ij} \mid j \in J), (\max_i v_{ij} \mid j \in J') \right\}$$

که J و J' به صورت زیر تعریف می‌شوند:

رابطه‌ی ۱۰) $$J = \left\{ \begin{matrix} j=1,2,...,9 \mid j \quad associated \quad with \\ benefit \quad attribute \end{matrix} \right\} \quad J' = \left\{ \begin{matrix} j=1,2,...,9 \mid j \quad associated \quad with \\ \cos t \quad attribute \end{matrix} \right\}$$

معیارهای سود عبارتند از: حداکثر طول فضای کاری، حداکثر عرض فضای کاری، حداکثر ارتفاع فضای کاری، دقت و سرعت ساخت.

معیارهای هزینه عبارتند از: حداقل ولتاژ منبع تغذیه، حداکثر آمپر منبع تغذیه، حداقل ضخامت لایه و هزینه‌ی خرید و نصب.

---

1. Diffuzification
2. Centroid

مرحله‌ی پنجم: محاسبه‌کردن فاصله. فاصله‌ی اقلیدسی n بُعدی، دوری گزینه‌ها را مشخص می‌کند. جدایی هر گزینه از راه‌حل ایده‌آل از رابطه‌ی شماره‌ی ۱۱ تعیین می‌شود:

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{9}(v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad i = 1,...,51$$ رابطه‌ی ۱۱)

جدایی هر گزینه از حل ایده‌آل منفی از رابطه‌ی شماره‌ی ۱۲ تعیین می‌شود:

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{9}(v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad i = 1,...,51$$ رابطه‌ی ۱۲)

مرحله‌ی ششم: محاسبه‌ی نزدیکی نسبی به راه‌حل ایده‌آل. نزدیکی نسبی هر گزینه‌ی A_i نسبت به A^+ به‌صورت رابطه‌ی شماره‌ی ۱۳ تعریف می‌شود:

$$C_i^+ = \frac{s_i^-}{s_i^+ + s_i^-} \qquad i = 1,....,51$$ رابطه‌ی ۱۳)

اگر $C_i^+ = 1$ آنگاه $A_i = A^+$ و اگر $C_i^+ = 0$ آنگاه $A_i = A^-$، بنابراین یک گزینه به A^+ نزدیک‌تر است اگر C_i^+ به ۱ نزدیک‌تر باشد.

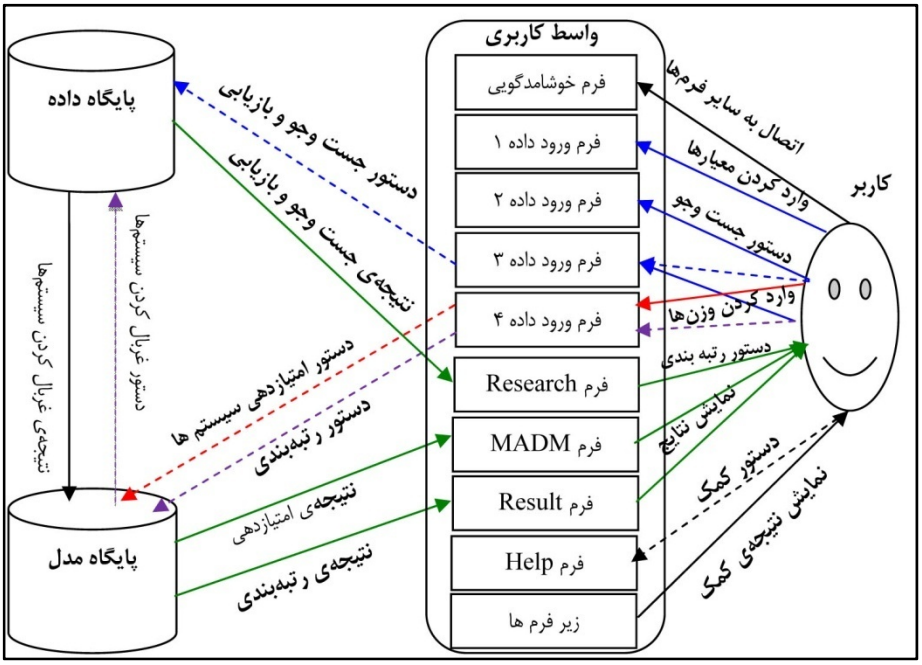
مرحله‌ی هفتم: رتبه‌بندی ترتیب مورد ترجیح. رتبه‌بندی بهترین گزینه‌ها براساس مقدار C_i^+ و به‌صورت نزولی انجام می‌شود.

مدل فوق در نرم‌افزار اکسل ایجاد می‌شود. علت انتخاب این نرم‌افزار قابلیت‌های بالای آن در عملیات محاسباتی و همچنین توانایی یکپارچه‌سازی با نرم‌افزار اکسس است که به‌عنوان سیستم مدیریت پایگاه داده، مورد استفاده قرار گرفته است.

طراحی و ایجاد زیرسیستم واسط کاربری

تمامی تعاملات کاربر با آر. پی. دی. اس. اس. از طریق این زیرسیستم انجام می‌شود. برای طراحی واسط‌های کاربری از زبان برنامه‌نویسی ویژوال بیسیک[1] استفاده می‌شود؛ زیرا این زبان قادر است با نرم‌افزارهای مورد استفاده در زیرسیستم‌های مدیریت داده و مدیریت مدل ارتباط برقرار کند. از طریق این زیرسیستم کاربر قادر خواهد بود داده‌های موردنیاز را در سیستم وارد کرده و نتایج را مشاهده کند. کلیه‌ی تراکنش‌های آر. پی. دی. اس. اس. در شکل شماره‌ی ۳ نشان داده شده‌اند.

1.Visual Basic



شکل۳. تراکنش‌های آر.پی.دی.اس.اس.

- **فرم خوش‌آمدگویی:** هنگام اجرای برنامه، ابتدا این فرم نمایش داده می‌شود. از طریق این صفحه، کاربر می‌تواند به صفحه‌های دیگر متصل شود.

- **فرم ورود داده ۱:** برای وارد کردن معیارهای زیر توسط کاربر مورد استفاده قرار می‌گیرد:
  - شرکت سازنده‌ی ماشین‌های آر. پی (Baurer, Klingenberg, Müller, 1996)؛
  - فناوری مورد استفاده‌ی ماشین‌های آر. پی.، شامل الکترون بیم ملتینگ[1]، فیوزد دی پوزیشن مودلینگ[2]، تری دایمنشنال پرینتینگ[3]، پیپر لمینیشن تکنولوژی[4] و... است. (Chua, Leong, Lim, 2004: 123)؛
  - ساختار ماشین‌های آر. پی. که عبارتند از مایع، جامد ، پودر و همه موارد.

- **فرم ورود داده ۲:** این فرم معیارهای زیر را شامل می‌شود:

1. Electron Beam Melting
2. Fused Deposition Modeling
3. Three Dimensional Printing
4. Paper Lamination Technology

- حداکثر طول فضای کاری (بین ۱۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر)، حداکثر عرض فضای کاری (بین ۱۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر)، حداکثر ارتفاع فضای کاری (بین ۶۰ تا ۱۰۷۰ میلی‌متر)؛
- دقت فن آر. پی. برای ساخت نمونه (حداقل دقت آنها ۰/۰۰۵ میلی‌متر است) (Jurgen, Charles, 1994)؛
- ضخامت لایه‌ی ساخت برحسب میلی‌متر. ضخامت کمتر یک سطح صاف‌تر را ایجاد می‌کند، اما زمان ساخت را افزایش می‌دهد. هر ماشین آر. پی. یک طیف برای ضخامت لایه دارد. براساس قطعه‌ای که قرار است نمونه‌سازی شود، کاربر می‌تواند حداکثر و حداقل ضخامت لایه را انتخاب کند (ضخامت ساخت بین ۰/۰۱ تا ۰/۵ است) (Khaled, Gad & Mola, 2006).

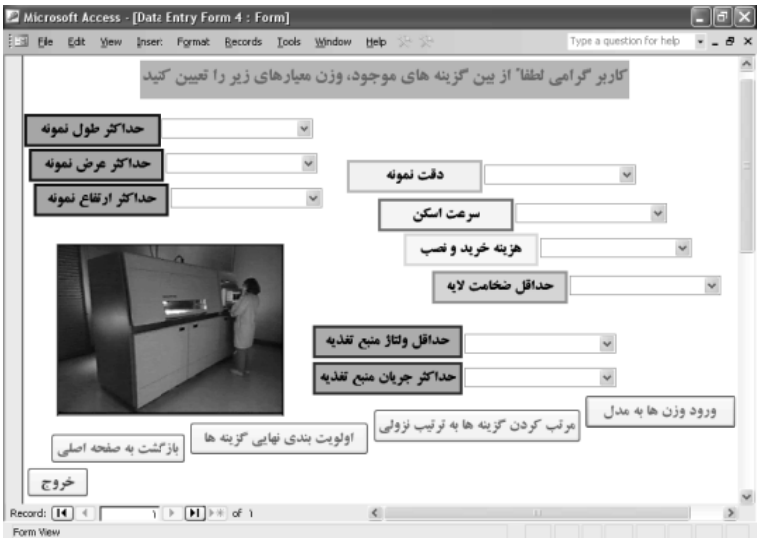
- **فرم ورود داده ۳:** این فرم معیارهای ماشین آر. پی. را شامل می‌شود. این معیارها عبارتند از:
  - ماده‌ی ساخت که به‌سیله‌ی سیستم آر. پی. برای تولید نمونه‌ها استفاده می‌شود. هنگامی که کاربر روی کومبوباکس مربوطه کلیک می‌کند، یک لیست از مواد ساخت برای همه ماشین‌های آر. پی. نشان داده خواهد شد (Cham & Pruitt et al., 1999). اگر کاربر از مواد مورد استفاده‌ی سیستم مطمئن نیست، می‌تواند گزینه "نامعلوم"[1] را انتخاب کند که نشان می‌دهد ماده خاصی موردنظر کاربر نیست؛
  - سرعت ساخت برحسب سانتی‌متر مکعب بر ساعت. این پارامتر توانایی ماشین آر. پی. را برای اسکن نمونه نشان می‌دهد و به‌وسیله‌ی زمان ساخت ارائه نمی‌شود؛ زیرا در این صورت به عوامل زیادی وابسته خواهد بود. (بین ۸ تا ۱۵۷۵ سانتی‌متر مکعب بر ساعت)؛
  - هزینه که شامل هزینه‌ی خرید و نصب سیستم آر. پی. است (بین ۵۰۰۰۰ تا ۶۸۰۰۰۰ دلار)؛
  - ابزار اسکن، ماشین‌های آر. پی. ابزار مختلفی را برای ساخت لایه‌به‌لایه‌ی نمونه به‌کار می‌گیرند. برخی از اینها عبارتند از: لامپ فرابنفش پُرتوان، لیزر نیمه‌هادی[2] حالت جامد[3]، نئودیمیم یاگ[4]، هلیوم ـ کادمیم[5]، دی‌اکسیدکربن، قرقره‌های رشته‌ای با بخش تزریق، بخش پرینت اینک ـ جت، پرتو الکترون و... (Masood & Soo, 2002)؛

1.Unknown
2. Semiconductor
3. Solidstate
4. Nd:YVO4
5. He-Cd

- طول سیستم آر. پی. برحسب میلی‌متر (بین ۵۰۰ تا ۳۶۶۰ میلی‌متر)، عرض سیستم آر.پی. برحسب میلی‌متر (بین ۴۳۰ تا ۳۱۰۰ میلی‌متر)، ارتفاع سیستم آر. پی. برحسب میلی‌متر (بین ۲۰۰ تا ۲۹۰۰ میلی‌متر)، وزن سیستم آر. پی. بر حسب کیلوگرم (بین ۱۳۶ تا ۲۵۴۰ کیلوگرم)؛
- ملزومات انرژی شامل شش پارامتر است که ویژگی‌های منبع تغذیه را مشخص می‌کنند و عبارتند از (Khaled et al., 2006): تعداد منبع تغذیه که حداکثر ۳ است. تعداد فازهای منبع تغذیه که این پارامتر ۱ یا ۳ است. حداکثر و حداقل ولتاژ منبع تغذیه (بین ۱۲ تا ۴۶۰ ولت)، حداکثر آمپر منبع تغذیه (بین ۵ تا ۷۵ آمپر) و فرکانس منبع تغذیه که می‌تواند ۵۰، ۶۰ یا ۶۰/۵۰ باشد (Chua, Leong, Lim, 2004:123)؛
- توان تفکیک ماشین آر.پی. در راستای XY و در راستای Z برحسب میلی‌متر (حداقل توان تفکیک افقی آنها ۰/۰۱ و در راستای عمودی ۰/۰۵ است) (Lokesh & Jain, 2006)؛
- سیستم عامل عبارتست از سیستمی که اجزای نرم‌افزاری ماشین‌های آر. پی. را هدایت می‌کند و یکی از گزینه‌های ویندوز ۹۵، ویندوز ۹۸، ویندوز ۲۰۰۰، ویندوز ان تی، ویندوز ام. ای است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، حدود ۲۹ معیار در این سه فرم در نظر گرفته شده است که کاربر می‌تواند هر تعداد از آنها را انتخاب کند و براساس معیارهای انتخاب شده توسط کاربر، در پایگاه داده جست‌وجو می‌شود. سایر معیارها خالی یا ناشناخته در نظر گرفته می‌شوند. در کنار همه معیارها، یک کنترل برای کمک به کاربر از طریق اتصال به پایگاه داده در نظر گرفته شده است. این کنترل‌ها گزارش‌هایی هستند که متناسب با موضوع، از پایگاه داده تهیه شده‌اند.

- **فرم Research:** این فرم برای نمایش نتیجه‌ی جست‌وجو در پایگاه داده طراحی شده است و ماشین‌های آر. پی. واجد شرایط را نشان می‌دهد.

- **فرم ورود وزن معیارها:** کاربر باید وزن‌های نُه معیار را که در پایگاه مدل برای رتبه‌بندی در نظر گرفته شده‌اند را وارد کند. زمانی که کاربر روی کومبوباکس‌ها کلیک می‌کند، فهرستی از اصطلاحات زبانی از خیلی خیلی بالا تا خیلی خیلی پایین نشان داده می‌شود و کاربر باید یکی از آنها را انتخاب کند. سپس با دستور کاربر این وزن‌ها به پایگاه مدل در مایکروسافت اکسل ارسال می‌شوند. این فرم در شکل شماره‌ی ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤. فرم ورود داده ٤

- **فرم MADM:** این فرم به مدل تاپسیس فازی در پایگاه مدل متصل می‌شود و امتیازهای همه‌ی ماشین‌های آر. پی. را به کاربر نشان می‌دهد.
- **فرم Result:** این فرم نتیجه‌ی نهایی حاصل از تلفیق فرآیند پرس‌وجو در پایگاه داده و امتیازبندی در پایگاه مدل را به‌صورت سیستم‌های رتبه‌بندی شده‌ی نهایی، نشان می‌دهد.

پیاده سازی و آزمایش سیستم آر.پی.دی.اس.اس.

آر. پی. دی. اس. اس. که طی مراحل پیش طراحی و ایجاد شد، در کاربرد موردنظر، یعنی صنعت خودروسازی، اجرا و آزمایش شد. برای این منظور خبرگان بخش نمونه‌سازی کارخانه‌ی ایران خودرو، به‌عنوان کاربران سیستم انتخاب شدند. قطعه‌ای که برای آزمایش آر.پی.دی.اس.اس. انتخاب شد، یکی از قطعات خودرو، یعنی جلو پنجره[1] است و مهم‌ترین وظیفه‌ی آن تبادل حرارتی با محیط است، بنابراین آزمایش عملکردی در مورد آن ضروری (Kim, Toutaoui, Lee, 1999) و نمونه‌سازی آن بسیار مهم است. معیارهایی که کاربر خبره برای این قطعه به آر. پی. دی. اس. اس. وارد کرد عبارتند از: ساختار (همه ساختارهای مایع، جامد و پودر)، حداکثر طول فضای کاری (۵۰۰ میلی‌متر)، حداکثر عرض فضای کاری (۳۰۰ میلی‌متر)، حداکثر ارتفاع فضای کاری (۳۰۰ میلی‌متر)، حداکثر ضخامت لایه (۰/۳ میلی‌متر)، حداقل ضخامت لایه (۰/۱۵

1. Front bumper grille

میلـی‌متـر)، دقـت (۰/۲ میلـی‌متـر)، مـاده ۱ (ترمـوپلیمر)، مـاده ۲ (رزیـن ABS)، مـاده ۳ (ترموپلاستیک)، ماده ۴ (پلی آمید)، هزینـه (۵۰۰۰۰۰ دلار)، ارتفـاع سیسـتم (۲۵۰۰ میلـی‌متـر)، سرعت ساخت (۵۰ سانتی‌متر مکعب بر ساعت).

همان‌گونه که مشاهده می‌شود کاربر فقط ۱۴ معیار را از بین ۲۹ معیار موجود انتخـاب کـرده است و به این معناست که سایر معیارها ناشناخته هستند یا برای کاربر مهم نیستند. به هـر حـال جست‌وجو در پایگاه داده براساس ۱۴ معیار انجام می‌شود. فرم Research نتیجه‌ی جست‌وجو را نشان می‌دهد (شکل شماره‌ی ۵).

شکل ۵. فرم Research

سپس کاربر باید وزن‌های نُه معیار را در فرم ورود داده‌ی ۴ وارد کند. کاربر خبـره و آشـنا بـا قطعه‌ی موردنظر، اهمیت معیارها را به‌صورت زیر در نظر گرفت:

حداکثر طول فضای کاری: بالا؛

حداکثر عرض فضای کاری: بالا؛

حداکثر ارتفاع فضای کاری: متوسط؛

حداقل ولتاژ منبع تغذیه: بسیار بسیار پایین؛

حداکثر آمپر منبع تغذیه: بسیار بسیار پایین؛

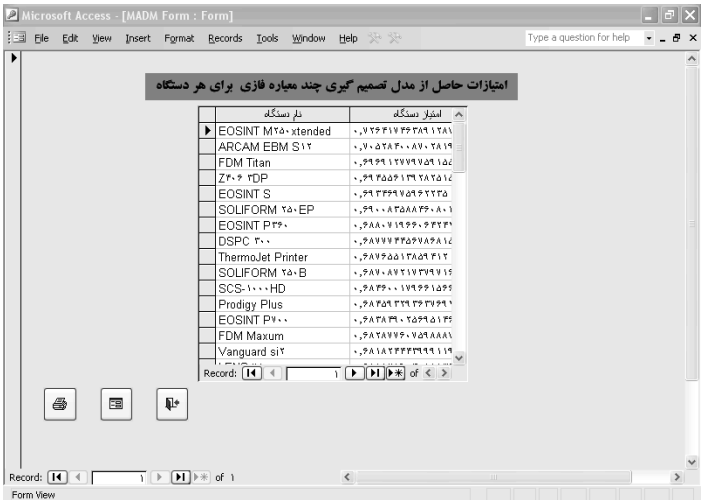
دقت: بالا؛

سرعت ساخت: اندکی پایین؛

هزینه: متوسط؛

حداقل ضخامت لایه: پایین.

پس از اینکه کاربر وزن‌ها را وارد کرد، سیستم آنها را به پایگاه مدل ارسال می‌کند و براساس این وزن‌ها مدل به‌روزرسانی می‌شود. به این ترتیب امتیازهای ۵۱ ماشین آر. پی. تعیین و در فرم MADM به کاربر نشان داده می‌شود (شکل شماره‌ی ۶).

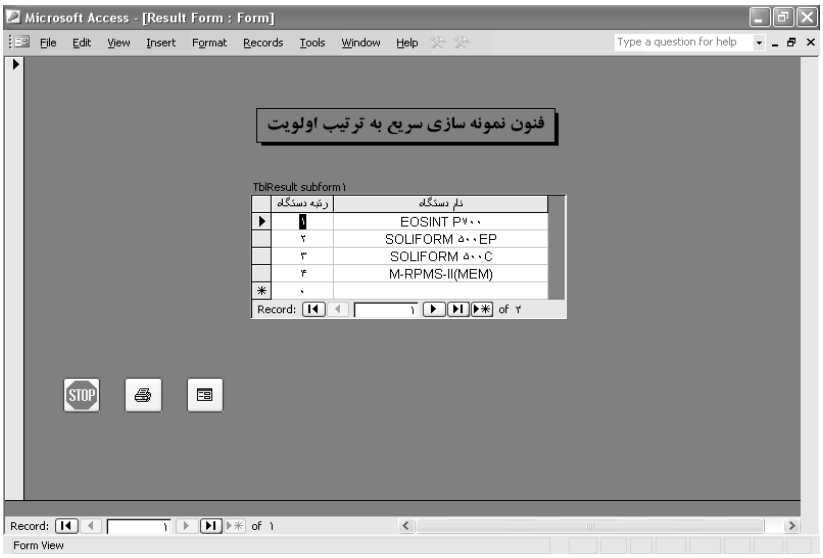


شکل۶. فرم MADM

براساس نتیجه‌ی جست‌وجو، فقط چهار ماشین آر. پی. واجد شرایط هستند و آر. پی. دی. اس. اس. باید فقط این چهار ماشین را رتبه‌بندی کند. نتیجه‌ی نهایی در فرم Result به کاربر نشان داده می‌شود (شکل شماره‌ی ۷).

به منظور بررسی روایی و پایایی آر.پی.دی.اس.اس. تعدادی از کاربران خبره‌ای که با این سیستم کار کرده بودند، پرسش‌نامه‌ای ۷ سؤالی و بسته با ۵ گزینه را، در خصوص جامعیت سیستم، آسانی استفاده از سیستم، سرعت اجرا، نحوه‌ی طراحی واسط کاربری، میزان نزدیکی پاسخ‌های سیستم به واقعیت، برآورده کردن نیازهای اطلاعاتی کاربر و انعطاف‌پذیری سیستم پاسخ دادند (الهی، خدیور، حسن زاده، ۱۳۹۰).

گزینه‌های این پرسش‌نامه از خیلی خوب با امتیاز ۵ تا خیلی ضعیف با امتیاز ۱ طراحی شده بود. بر این اساس امتیاز سیستم از نظر کاربران (۲۰ نفر کاربر خبره در صنعت خودروسازی)، ۴/۳۷ شد.



شکل۷. فرم Result

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تصمیم‌گیری صحیح در عرصه‌ی انتخاب فن مناسب در یک سیستم تولیدی، مزایای میان‌مدت و بلندمدت را برای سازمان به‌ارمغان می‌آورد. آر. پی. دی. اس. اس. با ملاحظه‌ی این مسئله طراحی و ایجاد شده است. در نظر گرفتن تمامی جنبه‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری سیستم‌های آر. پی. در کنار ملاحظات اقتصادی ناشی از انتخاب فن مناسب، از ویژگی‌های منحصربه‌فرد آر. پی. دی. اس. اس. نسبت به سایر سیستم‌های انتخابگر است. قابلیت دسترسی کاربر خبره به هر یک از زیرسیستم‌های مدیریت داده و مدیریت مدل، از طریق واسط کاربری و استفاده از قابلیت‌های هر زیرسیستم به‌صورت مستقل یا یکپارچه، از دیگر ویژگی‌های ممتاز آر. پی. دی. اس. اس. است. محدودیت‌های سیستم‌های انتخابگر گذشته مانند: محدودیت در تعداد سیستم‌های آر. پی. برای مقایسه، محدودیت در پارامترهای انتخاب، عدم قابلیت تعامل مناسب با کاربر با ایجاد یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری یکپارچه در آر.پی.دی.اس.اس. مرتفع شده‌اند. با توجه به قابلیت‌های فناوری اطلاعات در عرصه‌ی توسعه سیستم‌های برخط، یکی از جنبه‌های مناسب برای توسعه‌ی آینده‌ی این سیستم، استفاده از زیرسیستم‌های تحت شبکه برای دسترسی سریع و آسان در سطح کسب‌وکار موردنظر است. به‌علاوه ایجاد زیرسیستم مدیریت دانش از دیگر زمینه‌های توسعه‌ی این سیستم است.

منابع

آق داغی، م.، ابراهیمی پور، و. (۱۳۸۹). به‌کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی برای انتخاب روش آنالیز ریسک در صنایع فرآیندی. *نشریه‌ی مهندسی صنایع*، ۴۴ (۲): ۱۱۷-۱۰۳.

رسولی، ه.، مانیان، ا. (۱۳۹۱). طراحی سیستم استنتاج فازی برای انتخاب خدمات بانکداری الکترونیک. *نشریه‌ی مدیریت فناوری اطلاعات*، ۴ (۱۲): ۶۴-۴۱.

شاهرضایی، م.، احتشام راثی، ر.، سیف برقی، م. (۱۳۹۱). طراحی سیستم پشتیبانی تصمیم جهت انتخاب تأمین کننده در محیط تخفیفات چندگانه. *نشریه‌ی مدیریت فناوری اطلاعات*، ۴ (۱۲):۱۱۲-۸۹.

الهی، ش.، خدیور، آ.، حسن زاده، ع. (۱۳۹۰). طراحی یک سیستم خبره تصمیم یار برای کمک به فرآیند ایجاد استراتژی مدیریت دانش. *نشریه‌ی مدیریت فناوری اطلاعات*،۳ (۸): ۶۲-۴۳.

Andrew, S. Holmes (2002). *Rapid Prototyping Technologies*, National Science Foundation Office of Naval Research.

Baurer, J., Klingenberg, H., Müller, H. (1996). Computer based rapid prototyping system selection and support. *The Heritage Motor Center*, Gaydon, UK.

Bibb, R. (1999). The development of a rapid prototyping selection system for small companies. *School of Product Design and Engineering, University of WalesInstitute*, Cardiff.

Byun, H.S. & Lee, K.H. (2005). A decision support system for the selection of a rapid prototyping process using the modified TOPSIS method, volume 26, *Kwangju Institute of Science and Technology*.

Cham, J.G., Pruitt, B.L., Cutkosky, M.R., Binnard, M., Weiss, L., Neplotnik, G. (1999) Layered Manufacturing with Embedded Components. *Process Planning Issues, ASME DETC/DFM Conference, Las Vegas, NV, Sept 12-15*.

Chua, C.K., Leong, K.F and Lim C.S.(2004). *Rapid Prototyping Principles and Application*, Nanyang Technological University, Singapore.

Chua, C.K., Leong, K.F., Chua, S.W., Cheah, C.M. (2003). Three–Dimensional Rapid Prototyping technologies and key development areas, *Emerald Group Publishing Limited.*

Date, C.J. & Darwen, H. (2006). *Databases, types and the relational model*: The Thired Manifesto. 3rd ed. Addison Wesley.

Deng, H., Yeh, CH, Robert, .JW. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers and Operations Research*, 27: 963-973.

Fagerholt, K. (2002). A computer-based decision support system for vessel fleet scheduling-Experience and future research. *Decision Support Systems*, 37 (1): 35-47.

Jacobs, P.F. (1998). *Rapid Prototyping & Manufacturing Fundamentals of Stereolithography*, Society of Manufacturing Engineers.

Jahanshaloo, G.R., HosseinzadehLotfi, F., Izadikhah, M. (2006). Extension of the TOPSIS method for decision-making problems with fuzzy data, *Applied Mathematics and Computation*, 181, 1544-1551.

Joselito, M. Pacheo, (2000). *Rapid Prototyping*, Manufacturing Technology Information Analysis Center.

Jurgen, D., Charles, A., Harper, N., Ronald, N. (1994). *Lithography and Photofabrication*. McGraw-Hill, Inc.

Khaled, M., Mola, G. E., Parsaei, H.R. and Leep, H. R. (2006). *Rapid Prototyping Theory and Practice*. Volume 6, Department of Industrial Engineering, University of Louisville.

Kim, T.S., Toutaoui, B.W., Lee, J.H. (2004). *Modern Cars with Progressive Rapid Technology Solutions*–Rapid Prototyping in South-Korea.

Klir, G.J. and Yuan, B. (1995). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Application*. Prentice Hall, New Jersey.

Lokesh, K., Jain, P.K. (2006). *Rapid Prototyping: A Review Issues and Problems*. International conference CARs & FOF 2006, VIT, Tamilnadu, India, 19-22 July, 126-138.

Lokesh, K. Jain, P.K. (2010). Selection of Rapid Prototyping Technology. *Advances in Production Engineering & Management Journal*, 5(2): 75-84.

Masood, SH., Soo, A. (2002). A rule based expert system for rapid prototyping system selection. *Robotic and Computer- Integerated Manufacturing*, 18: 267-274.

Philipson, D.K. (1997). *Rapid prototyping machine selection program*. The 6th European conference on rapid prototyping and manufacturing, Nottingham, UK, 292-303.

Rob, P., Cornel, C. (2000). *Database Systems Design, Implementation and Management*. Forth ed. Middle Tennessee University.

Turban, E., Aronson, J., Liang, T. (2005). *Decision Support Systems and Intelligent Systems*, Prentice Hall, Seventh Edition.

Turban., E. et al. (2002). *Information Technology for Management*. J. Wiley, Business & Economics.

Williams, R. E., Komaragiri, S. N., Melton, V.L., Bishu, R.R. (1998). RP Investigation of the effect of various build methods on the performance of rapid prototyping. *JMater ProcTechnol*, 61 (1-2): 173-178.

Wohlers, T. (1999). *Rapid Prototyping and Tooling State of the Industry*. Wohlers Associates.

Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy set theory and its application*. London: Kluwer Boston Dordrecht.