

استفاده از روش‌های پرامیتی در رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی در خانه کیفیت

نویسندگان: رضا برادران کاظم زاده^۱، محمد اقدسی^۲، امیر البدوی^۳ و مجید بهزادیان^۴

۱. دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس
۲. دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس
۳. دانشیار گروه مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس
۴. دانشجوی دکترای مهندسی صنایع دانشگاه تربیت مدرس

*E-mail: rkazem@modares.ac.ir

چکیده

در عصر کنونی، از گسترش کارکرد کیفیت (QFD) به عنوان یکی از مهم‌ترین تکنیک‌هایی یاد می‌شود که در طراحی و تولید محصولات بر اساس نیازهای مشتریان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این میان، خانه کیفیت به عنوان نخستین مرحله QFD، از اهمیت زیربنایی در فرایند آن برخوردار است علی‌رغم کاربردهای فراوان خانه کیفیت سنتی، موارد متعددی از پیاده‌سازی ناموفق آن گزارش شده است. دو مورد از اصلی‌ترین دلایل عدم موفقیت خانه کیفیت سنتی را می‌توان ضعف در سیستم رتبه‌بندی الزامات فنی و همین‌طور وجود منابع محدود در انتخاب الزامات فنی به‌شمار آورد. در این مقاله، از دو روش پرامیتی II و پرامیتی V بترتیب برای حل مسئله رتبه‌بندی الزامات فنی و انتخاب الزامات فنی برتر با وجود منابع محدود در خانه کیفیت استفاده می‌گردد. بر اساس متدولوژی ارائه شده در مقاله، روش‌های پرامیتی در ماتریس خانه کیفیت ترکیب شده و ساختار جدیدی برای حل مسائل رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی ارائه می‌شود. نتایج رتبه‌بندی پرامیتی II ضمن به‌کارگیری در یک مطالعه موردی، ابتدا با نتایج رتبه‌بندی روش‌های سنتی، ELECTRE و TOPSIS مقایسه شده و سپس با کمک صفحه GAIA تحلیل گرافیکی می‌گردد.

کلید واژه‌ها: گسترش وظایف کیفیت، خانه کیفیت، نیازهای مشتریان، الزامات فنی، پرامیتی

آنها به یک شرکت کمک می‌کند گسترش وظایف کیفیت (QFD) (Quality Function Deployment) است. QFD بر این موضوع تکیه دارد که محصولات و خدمات باید در جهت انعکاس نیازهای مشتریان به گونه‌ای طراحی شوند، که نیروهای بخش بازاریابی، طراحی

مقدمه
در عصر کنونی، طراحی و تولید محصولات و خدماتی که مطابق با نیازها و انتظارات مشتریان صورت گرفته باشد از اهمیت کلیدی برخوردار است. یکی از فنون ساختار یافته که در تعیین نیازهای مشتریان و برآوردن

دانشور

رئیس

مدیریت و پیشرفت

Management and Achievement

• دریافت مقاله: ۸۵/۷/۱

• پذیرش مقاله: ۸۷/۱/۲۵

Scientific-Research Journal
Of Shahed University
Seventeenth Year, No.41
Jun.-Jul. 2010

دوماهنامه علمی - پژوهشی

دانشگاه شاهد

سال هفدهم - دوره جدید

شماره ۴۱

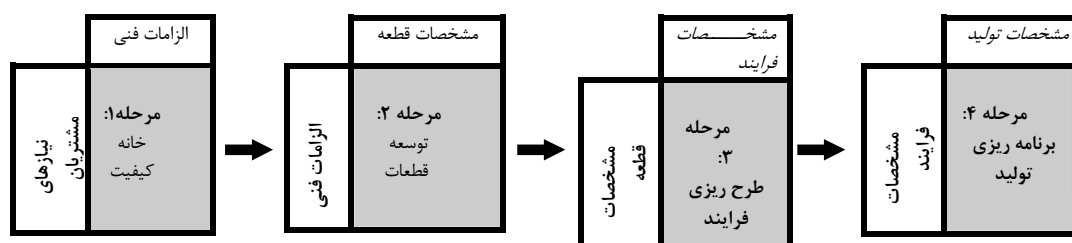
تیر ۱۳۸۹

محصول، توسعه قطعات، طرح ریزی فرایند و برنامه ریزی تولید نام گذاری شده اند [۷].

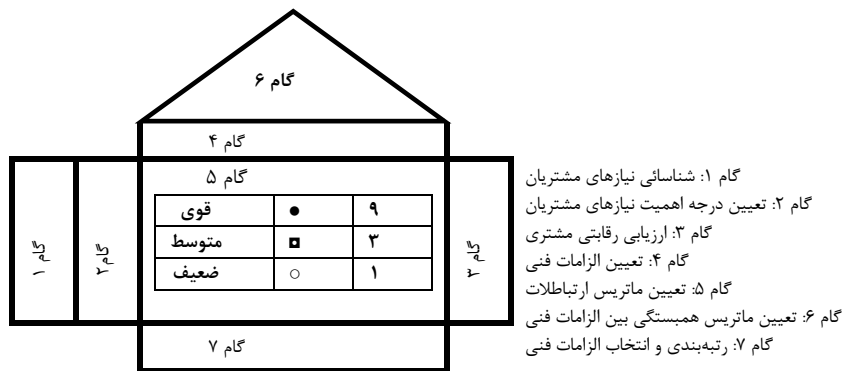
مرحله اول، یعنی خانه کیفیت، از اهمیت استراتژیک در فرایند QFD برخوردار است [۸]. خانه کیفیت در مبنای اش بر این اعتقاد است که محصولات باید به گونه ای طراحی شوند که مطلوبیت های مشتریان را منعکس سازند. خانه کیفیت یک نوع نقشه مفهومی است که ابزاری جهت برنامه ریزی و ارتباط درون سازمانی بین نیروهای بازاریابی و توسعه محصول فراهم می آورد [۹]. از جهتی، خانه کیفیت را می توان کامل ترین ماتریس در میان ماتریس های چهارگانه QFD به شمار آورد، زیرا حاوی اطلاعات بیشتری (برای مثال ماتریس همبستگی در سقف خانه کیفیت) نسبت به سه ماتریس دیگر است. از طرفی، تغذیه سایر ماتریس ها طی یک سلسله مراتب، از سوی خروجی ماتریس خانه کیفیت صورت می گیرد. بر این اساس، توجه عمیق به ساختار و مراحل اصلی خانه کیفیت از سوی محققان در بسیاری از تحقیقات انجام شده چندان تعجب انگیز نیست [۸]. شکل ۲ مراحل اصلی پیاده سازی یک ماتریس خانه کیفیت را نمایش می دهد. خروجی نهایی خانه کیفیت، مجموعه ای از الزامات فنی می باشد که توسط تیم طراحی بر اساس نیازهای مشتریان رتبه بندی و انتخاب می گردند.

مهندسی و ساخت را در یک سیستم تعاملی به فعالیت وادارد [۱]. QFD که ابتدا به عنوان یک مفهوم در حوزه طراحی توسط آکائو در کشور ژاپن معرفی گردید و نخستین کاربرد آن به سال ۱۹۷۲ در صنایع سنگین میتسوبیشی گزارش شد [۲]، به طور وسیعی هم در حوزه مدیریت و هم در حوزه مهندسی کیفیت بکار گرفته شده است. در طی سال های اخیر نیز این تکنیک به شکل گسترده ای توسط صنایع مختلف استفاده گردیده است [۳]. علاوه بر آن، تحقیقات فراوان دانشگاهی نیز در ادبیات آن صورت گرفته است. یک بازنگری کامل از ادبیات و مراجع مهم QFD را می توان در مقاله معروف چان و وو [۴] مشاهده نمود. در این مقاله، مراجع یافت شده از QFD به چهار دسته معرفی عمومی، حوزه های کاربردی، صنایع مورد استفاده و توسعه متدولوژی ها تقسیم شدند.

دو نگرش معروف سی مرحله ای و چهار مرحله ای در بکارگیری QFD گزارش شده اند [۵]، در این میان، نگرش چهار مرحله ای از سادگی و کاربری بیشتری برخوردار بوده است [۶]. در این نگرش، QFD از چهار ماتریس مختلف تشکیل شده است که در یک توالی، ورودی ها را به خروجی ها مرتبط می سازند. این ماتریس ها (شکل ۱) بترتیب در مراحل اول تا چهارم خانه کیفیت (HOQ) (House of Quality) یا طرح ریزی



شکل ۱: مراحل چهارگانه QFD



گام ۱: شناسایی نیازهای مشتریان
 گام ۲: تعیین درجه اهمیت نیازهای مشتریان
 گام ۳: ارزیابی رقابتی مشتری
 گام ۴: تعیین الزامات فنی
 گام ۵: تعیین ماتریس ارتباطات
 گام ۶: تعیین ماتریس همبستگی بین الزامات فنی
 گام ۷: رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی

شکل ۲: ساختار عمومی یک ماتریس خانه کیفیت

محدودیت‌های زمانی، بودجه و فنی، انتخاب کلیه الزامات فنی جهت بهبود امکان پذیر نیست [۲۰]. این مقاله به دو مسئله رتبه‌بندی الزامات فنی با توجه به مقیاس‌های سنتی خانه کیفیت و انتخاب الزامات فنی با توجه به منابع محدود می‌پردازد. از آن‌جا که خروجی نهایی خانه کیفیت، مجموعه‌ای از الزامات فنی می‌باشد که توسط تیم طراحی بر اساس نیازهای مشتریان اولویت‌بندی و انتخاب می‌گردند، بنابراین دو مسئله مورد بحث از اهمیت کلیدی در فرایند خانه کیفیت برخوردارند. از طرفی، اعتبار نتایج به دست آمده توسط سه ماتریس دیگر QFD به کیفیت ورودی آنها یعنی الزامات فنی بستگی دارد. به همین دلیل نسبت بالائی از ادبیات تحقیقاتی مرتبط با QFD در ارتباط با دو مسئله رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی به نگارش درآمده‌اند [4]. در ذیل هر یک از دو مسئله به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرند.

۱-۱. ضعف در سیستم رتبه‌بندی الزامات فنی

استخراج ترتیب نسبی الزامات فنی از گام‌های کلیدی در مراحل خانه کیفیت به شمار می‌رود [۲۱]. ادبیات خانه کیفیت نشان می‌دهد که برای رتبه‌بندی الزامات فنی از مقیاس‌های مختلفی نظیر ۹، ۳، ۱ و ۵ (برای نمایش روابط قوی، متوسط و ضعیف) توسط تیم طراحی استفاده گردیده است [۲۲]. یکی از ضعف‌های مهم خانه

علی‌رغم کاربردهای موفقیت‌آمیز خانه کیفیت در شرکت‌های مختلف، مسائل متعددی در مراحل پیاده‌سازی آن گزارش گردیده [۱۰] و تعدادی از شرکت‌ها در فرایند اجرای آن با شکست مواجه شده‌اند [۱۱]. این مسائل توسط گوور [۱۲] به سه دسته مسائل متدولوژیک، سازمانی و خط مشی محصول دسته‌بندی گردیدند. برخی از این مسائل که اغلب در ادبیات تحقیقاتی خانه کیفیت بدان‌ها اشاره شده بترتیب عبارتند از: (۱) اجرای خانه

کیفیت اغلب پیچیده و وقت گیر است [۸، ۱۳]، (۲) ایجاد تمایز بین نیازهای مختلف و نیازهایی که با هم در تضاد هستند مشکل آفرین بوده است [۱۴]، (۳) تیم طراحی شرکت به سختی در مورد الزامات فنی متضاد به توافق می‌رسند [۹، ۱۵]، (۴) ندای مشتریان اغلب پویا هستند و در نتیجه در نظر گرفتن ندای کنونی مشتریان کافی به نظر نمی‌رسد [۱۶]، (۵) ماتریس خانه کیفیت اغلب جهت برآوردن نیازهای گروه‌های مختلف مشتریان طراحی نشده‌اند [۶، ۱۷]، (۶) نیازهای مشتریان، روابط بین نیازهای مشتریان و الزامات فنی، و همبستگی بین الزامات فنی اغلب مواقع در عبارات‌های وصفی و مبهم بیان می‌شوند [۱۰، ۱۸]، (۷) رتبه‌بندی الزامات فنی با توجه به مقیاس‌های سنتی اغلب به نتایج نامعتبر منتهی می‌گردد [۱۹]، و (۸) با توجه به انواع محدودیت‌ها نظیر

شده‌اند در گونه‌های مختلف بوده‌اند. برای مثال، می‌توان به تحقیق بود و همکارش [۳۱] در بکارگیری برنامه‌ریزی خطی برای انتخاب الزامات فنی با توجه به درجه رضایت مندی مشتری و ملاحظات هزینه و بودجه، و یا تحقیق چن و همکارش [۳۲] در بکارگیری مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای حداکثر کردن رضایت مشتری همراه با منابع محدود و ملاحظات مشکلات فنی و رقابت بازار اشاره نمود. استفاده از مدل برنامه‌ریزی عدد صحیح برای حداکثر کردن رضایت مندی مشتری با در نظر گرفتن توازن‌های هزینه‌ای نیز توسط پارک و همکارش [۳۳] تحقیق شد. تحقیق تانگ و همکاران [۳۴] در استفاده از دو مدل برنامه‌ریزی غیر خطی فازی جهت دستیابی به رضایت مندی مشتری و رضایت مندی شرکت همراه با هزینه‌های متعهد شده برای محصول نیز جالب توجه بوده‌است. در مورد سایر تحقیقات نیز می‌توان به کار چن و همکارش [۲۱] در بکارگیری مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای حداکثر کردن رضایت مندی مشتریان از همه اهداف با ملاحظات هزینه و مشکلات فنی و تحقیق کاراسک و همکاران [۲۷] در استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی صفر و یک اشاره کرد. استفاده از مدل برنامه‌ریزی پویا با منابع محدود موازنه شده به الزامات فنی نیز در تحقیق لای و همکاران [۳۵] مورد توجه قرار گرفته است.

۳-۱- روش‌شناسی تحقیق

با توجه به ضعف سیستم رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی خانه کیفیت سنتی و نیز وجود منابع محدود در انتخاب الزامات فنی، این تحقیق از روش‌های پرامیتی II و V برای پوشش ضعف‌های اشاره شده استفاده می‌کند. جهت انجام تحقیق گام‌های زیر دنبال خواهد شد:

گام ۱: تعیین نیازهای مشتریان و اهمیت نسبی آن‌ها: در این گام نیازهای مشتریان از طریق داده‌های موجود مربوط به شکایات مشتریان، مشکلات کیفی مربوط به برگشتی‌های محصول و مدارک تکوین محصول تعیین می‌گردد و سپس اهمیت نسبی آنها مشخص می‌شوند.

کیفیت استفاده از همین مقیاس‌ها می‌باشد. هر چند رتبه‌بندی با این مقیاس‌ها آسان به نظر می‌رسد، اما ممکن است به ایجاد نتایج مختلف در رتبه‌بندی الزامات فنی منجر شود [۲۳].

در ادبیات خانه کیفیت تکنیک‌های مختلف جهت رتبه‌بندی الزامات فنی بکار رفته‌اند. این مقاله، تنها بر روی تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره تمرکز می‌کند. برای کاهش هر گونه ریسک و تصمیم‌گیری موثر، فرایند رتبه‌بندی الزامات فنی باید به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره نگریسته شود [۲۴]. در این میان، استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به تیم طراحی کمک می‌کند تا از سازگاری و پایداری در تصمیم‌های خود برخوردار باشند. استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در شکل‌های مختلف در ادبیات مرتبط با ماتریس خانه کیفیت مشاهده شده است. برای مثال، پرتوی و همکارش [۲۵] و دویری و همکارش [۲۶] از روش AHP برای رتبه‌بندی الزامات فنی در حالی که این الزامات مستقل هستند استفاده کرده‌اند. با توجه به در نظر نگرفتن تأثیر الزامات فنی بر یکدیگر برای اولویت‌بندی از سوی AHP، از فرایند تحلیل شبکه (ANP) (Analytic Network Process (ANP)) که نوع خاصی از AHP است توسط کاراسک و همکاران [۲۷] و ارتای و همکاران [۲۸] تحقیق گردید.

۴-۱- وجود منابع محدود در انتخاب الزامات فنی

در طی فرایند خانه کیفیت، تیم طراحی اغلب با این مسئله مواجه است که چه تعداد از الزامات فنی را به‌عنوان خروجی ماتریس خانه کیفیت جهت ورود به ماتریس دوم QFD انتخاب نماید [۲۹]. با وجود منابع محدود نظیر زمان، هزینه، بودجه، نیروی انسانی، تسهیلات و تکنولوژی، تیم طراحی در بهبود همه یا حتی بخشی از الزامات فنی با مشکل مواجه می‌باشد [۳۰]. با وجود محدودیت‌های منابعی، حل مسئله منابع محدود در انتخاب الزامات فنی بیشتر به صورت مدل‌های تحقیق در عملیات تحقیق گردیده است. مدل‌هایی از تحقیق در عملیات که در این راستا تحقیق

شرکت در برآوردن کلیه الزامات فنی با آنها روبه‌رو است.

گام ۸: اجرای روش پرامیتی II و انتخاب الزامات فنی برتر: با توجه به ضعف محدودیت منابع در انتخاب الزامات فنی در ماتریس خانه کیفیت از روش پرامیتی II برای انتخاب الزامات فنی برتر جهت ورود به ماتریس دوم QFD استفاده می‌گردد.

نوآوری این مقاله را می‌توان از یک سو در استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری پرامیتی II و پرامیتی V در جهت رتبه‌بندی و انتخاب الزامات فنی در ماتریس خانه کیفیت و از سوی دیگر مقایسه نتایج رتبه‌بندی پرامیتی II با روش‌های سنتی، ELECTRE و TOPSIS استوار دانست.

این مقاله در ادامه از چند بخش مختلف تشکیل می‌یابد. در بخش ۲ ساختار و مراحل دو روش پرامیتی II و پرامیتی V مورد توجه قرار می‌گیرد. بخش ۳ به ارائه یک مثال عملی از متدولوژی مورد بحث در این مقاله می‌پردازد. از متدولوژی GAIA در بخش ۴ جهت تحلیل گرافیکی نتایج استفاده خواهد شد. در نهایت، نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی در بخش ۵ مقاله ارائه می‌گردد.

۲. روش‌های پرامیتی

در سال‌های اخیر، چندین روش تصمیم‌گیری جهت انتخاب بهترین گزینه‌ها از میان گزینه‌های ممکن با توجه به معیارهای چندگانه توسعه یافته‌اند. برای اهداف این تحقیق، با توجه به دو مسئله ضعف سیستم رتبه‌بندی خانه کیفیت سنتی و نیز وجود منابع محدود در انتخاب الزامات فنی، از روش‌های پرامیتی متعلق به کلاس مسائل پشتیبانی تصمیم‌گیری چند معیاره (Multi criteria decision aiding (MCDA)) استفاده می‌شود. پرامیتی یک روش رتبه‌بندی تقریباً ساده در مفهوم و کاربرد در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است [۳۶]. روش‌های پرامیتی شامل پرامیتی I برای رتبه‌بندی جزئی و پرامیتی II برای رتبه‌بندی کامل ابتدا در سال ۱۹۸۲ توسط برانز (Brans) معرفی گردیدند [۳۷].

گام ۲: ترجمه نیازهای مشتریان به الزامات فنی: در این گام نیازهای مشتریان توسط تیم فنی و مهندسی به مجموعه‌ای از الزامات فنی تبدیل می‌شوند. این الزامات باید قابل درک و اندازه‌گیری باشند.

گام ۳: تعیین درجه ارتباط بین نیازهای مشتریان و الزامات فنی: در این گام برای آن دسته از نیازهای مشتریان و الزامات فنی که بر اساس ماتریس ارتباطات خانه کیفیت رابطه‌ای وجود دارد، درجه ارتباط قوی، متوسط و ضعیف تعیین می‌گردد. در این مقاله روابط قوی، متوسط و ضعیف در مقیاس امتیازدهی ۹، ۳ و ۱ فرض می‌گردند.

گام ۴: تعیین معیارهای تصمیم‌گیری: در این گام ابتدا معیارهای تصمیم‌گیری برای رتبه‌بندی الزامات فنی معرفی گردیده و سپس برای هر معیار اطلاعات مورد نیاز نظیر درجه اهمیت، نوع تابع ارجحیت، ماکزیمم یا مینیمم شدن و مقادیر ارجحیت مشخص می‌گردد. در این مقاله فرض بر این است که تیم فنی و مهندسی شرکت از توانایی‌های لازم جهت تعیین اطلاعات مورد نیاز برای هر معیار تصمیم‌گیری برخوردار است.

گام ۵: اجرای روش پرامیتی II (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)) جهت رتبه‌بندی الزامات فنی: در این مقاله، برای حل ضعف سیستم رتبه‌بندی الزامات فنی در ماتریس خانه کیفیت سنتی از روش پرامیتی II استفاده می‌گردد. این روش کمک می‌کند تا رتبه‌بندی الزامات فنی توسط تیم طراحی از منظر چند معیار مختلف صورت پذیرد. بنابراین، ریسک مربوط به رتبه‌بندی یک جانبه روش سنتی از بین خواهد رفت.

گام ۶: مقایسه و تحلیل نتایج رتبه‌بندی: در این گام نتایج حاصل از رتبه‌بندی روش پرامیتی II با روش سنتی اولویت‌بندی ماتریس خانه کیفیت و روش‌های تصمیم‌گیری ELECTRE و TOPSIS مقایسه و تحلیل می‌شود.

گام ۷: تعیین انواع محدودیت‌های موجود: در این گام محدودیت‌های معرفی می‌گردند که به‌طور معمول

قوت‌هایی دارند. برای مثال، ماخاریس و همکاران [۴۴] در تحقیق خود ضمن مقایسه پرامیتی نسبت به رقیب خود AHP، نقاط قوت نسبی پرامیتی را در معیارهایی نظیر پارادایم زیربنایی، مقدار ارزیابی‌های مورد نیاز، مقیاس امتیازدهی، انعطاف‌پذیری نرم‌افزاری و نمایش تصویری نشان دادند. گیلیامس و همکاران [۴۵] به مزیت‌های روش پرامیتی نسبت به روش AHP و ELECTRE III از لحاظ کاربر پسند بودن، سادگی استراتژی مدل، تنوع جواب و پیاده‌سازی اشاره داشتند. مزیت‌هایی دیگر روش پرامیتی نسبت به روش ELECREE III نظیر، سادگی درک توسط تصمیم‌گیرنده و مدیریت آسان توسط تحلیل‌گر نیز توسط الشمری [۴۶] مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۱. روش پرامیتی II

در این مقاله، از روش پرامیتی II جهت رتبه‌بندی الزامات فنی استفاده می‌شود. این روش که به مقایسات زوجی گزینه‌ها با توجه به هر معیار می‌پردازد، یک رتبه‌بندی کامل از یک مجموعه محدود گزینه‌ها از بهترین به بدترین ارائه می‌دهد. اکنون یک مساله تصمیم‌گیری چند معیاره به شکل زیر نمایش داده می‌شود:

$$\text{Max}\{g_1(a), \dots, g_j(a), \dots, g_k(a) \mid a \in A\} \quad (1)$$

در نظر بگیرید که در عبارت فوق، $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ مجموعه متناهی از کلیه گزینه‌های ممکن و $\{g_1(\cdot), \dots, g_j(\cdot), \dots, g_k(\cdot)\}$ مجموعه معیارهای ارزیابی باشند. گزینه‌ها با توجه به معیارهای مختلف ارزیابی می‌شوند. این معیارها مجبورند که حداکثر یا حداقل گردند. برای اجرای پرامیتی II به اطلاعاتی در مورد وزن هر یک از معیارها حداقل در مواقعی که تعداد آنها زیاد نیست نیاز است [۴۴]. هیچ مسئله‌ای به وجود نخواهد آمد اگر که جمع اوزان همه معیارهای ارزیابی معادل با یک در نظر گرفته شود [۳۸]. اکنون ساختار ریاضی و مراحل اصلی روش پرامیتی II مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای اجرای این روش به شش گام زیر نیاز می‌باشد:

تا سال ۱۹۹۴، سایر روش‌های پرامیتی شامل پرامیتی III برای بر پایه بازه‌ها، پرامیتی VI برای تحلیل حساسیت، پرامیتی V برای انتخاب چند آلترناتیو تحت محدودیت‌ها، پرامیتی IV برای موارد پیوسته، پرامیتی GDSS برای سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری گروهی و پرامیتی صفحه GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) برای تحلیل گرافیکی، برای کمک بیشتر به تصمیم‌گیرندگان توسعه یافتند [۳۸].

استفاده موفقیت‌آمیز از روش‌های پرامیتی در حوزه‌های مختلفی مورد تحقیق قرار گرفته است. در مورد برخی از این تحقیقات می‌توان به کار فرموله کردن استراتژی‌های ملی تکنولوژی اطلاعات با روش پرامیتی II توسط البدوی [۳۹]، انتخاب راهکار مناسب برای مسئله عبور آب توسط پرامیتی I و II توسط اولنجین [۴۰]، بکارگیری پرامیتی II و متدولوژی GAIA در تحقیقات البدوی و همکاران [۴۱] و هرنگرن و همکاران [۴۲] بترتیب در تصمیم‌گیری در بورس مالی، ارزیابی فلزات سنگین و همچنین استفاده از پرامیتی V توسط ماوروتاس و همکاران [۴۳] در انتخاب شرکت‌های درخواست‌کننده حمایت‌های مالی تحت محدودیت‌های بودجه و سایر محدودیت‌ها اشاره داشت.

دلایل استفاده از روش‌های پرامیتی در رتبه‌بندی الزامات فنی و انتخاب آنها تحت منابع محدود برای خانه کیفیت را می‌توان این گونه عنوان کرد:

الف: پرامیتی از برخی شروط لازم یک روش مناسب تصمیم‌گیری چند معیاره نظیر لحاظ کردن مقدار انحرافات بین ارزیابی گزینه‌ها در داخل هر معیار، دوری از تأثیر مقیاس‌های هر معیار، کاهش تعداد گزینه‌های غیر قابل مقایسه، دقت مناسب در رتبه‌بندی و ارائه جوابی ملموس، در نظر نگرفتن پارامترهای بی اهمیت برای تصمیم‌گیرنده، ارائه اطلاعات مفید در مورد ماهیت تناقضی معیارها، و پرهیز از ثابت در نظر گرفتن اوزان و ارائه ابزاری برای تحلیل حساسیت، برخوردار است [۳۸].

ب: تحقیقات نشان می‌دهد که روش‌های پرامیتی نسبت به دیگر ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره

گام ۱: تعیین تابع اختلاف با مقایسات زوجی: در این گام برای هر معیار، تفاوت بین ارزش‌های دو گزینه با توجه به رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d_j(a,b) = g_j(a) - g_j(b) \quad (2)$$

که در آن، تفاوت ارزش‌های دو گزینه a و b با توجه به معیار j ام به دست آمده است.

گام ۲: بکارگیری تابع ارجحیت: تصمیم‌گیرنده برای هر معیار، تابع ارجحیت زیر را برحسب اختلاف موجود بین دو گزینه مفروض، تعیین می‌کند:

$$P_j(a,b) = F_j[d_j(a,b)] \quad \forall a,b \in A \quad (3)$$

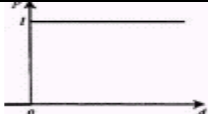
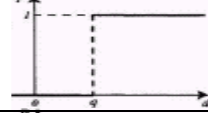
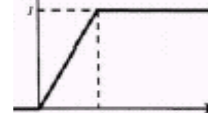

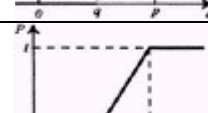
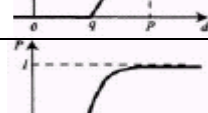
که در آن، ارجحیت گزینه a بر گزینه b با توجه به معیار j ام به عنوان تابعی از اختلاف بین آنها به دست می‌آید. برای هر معیار، مقدار تابع ارجحیت بالا بین صفر و یک خواهد بود. زمانیکه اختلاف a و b منفی است، ارجحیت برابر صفر است. به‌طور کلی ۶ نوع تابع ارجحیت توسط برانز [۴۷] پیشنهاد گردید که در جدول ۱ نشان داده می‌شود. هیچ اجباری به استفاده کردن از این

۶ نوع تابع ارجحیت وجود ندارد و تصمیم‌گیرنده می‌تواند تابع ارجحیت‌های دلخواه خود را برای ساختن معیار تعمیم یافته در نظر گیرد. در جدول ۳ پارامترهای p , q و s به ترتیب عبارتند از: آستانه ارجحیت مطلق، آستانه بی تفاوتی و مقداری میانی بین p و q . به عبارت بهتر، q بزرگترین اختلافی است که تصمیم‌گیرنده می‌تواند در مقایسه دو گزینه نادیده بگیرد، در حالی که p کوچکترین مقدار اختلافی است که برای برتری مطلق گزینه‌ای نسبت به دیگری کافی است. در حالت ۶ که تابعی گوسی است، تابع ارجحیت همواره افزایشی و پیوسته است. پارامتر s نقطه عطف تابع می‌باشد. ابتدا p و q را تعیین کرده سپس s را بین آنها تعیین می‌کنند.

گام ۳: محاسبه شاخص‌های ارجحیت جمعی: تعریف این شاخص‌ها به صورت زیر است:

$$\forall a,b \in A, \pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b)w_j \quad (4)$$

جدول ۱: توابع ارجحیت پرامیتی [۳۷]

نوع تابع	نام تابع	شکل تابع	تعریف تابع	پارامترهایی تابع
۱	Usual		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 & d > 0 \end{cases}$	-
۲	U-shape		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ 1 & d > q \end{cases}$	q
۳	V-shape		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ \frac{d}{p} & 0 < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p
۴	Level		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{1}{2} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p,q
۵	V-shape With indifference		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq q \\ \frac{d-q}{p-q} & q < d \leq p \\ 1 & d > p \end{cases}$	p,q
۶	Gaussian		$P(d) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d^2}{2s^2}} & d > 0 \end{cases}$	s

کمک جریان های خالص رتبه بندی انجام داد. برای این منظور جریان خالص رتبه بندی مطابق رابطه زیر تعریف می شود:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a) \quad (13)$$

که در رابطه بالا، گزینه ای که جریان خالص بیشتری دارد در اولویت بالاتر قرار می گیرد. به این ترتیب با توجه به رتبه بندی کامل، وضعیت غیر قابل مقایسه بودن دو گزینه حذف می شود.

۲-۲. روش پرامیتی V

اگرچه روش پرامیتی II به رتبه بندی گزینه ها می پردازد، اما در برخی شرایط به دلیل وجود محدودیت هایی نظیر بودجه، سرمایه گذاری، بازاریابی و زمان، تعدادی از گزینه ها جهت بهبود انتخاب می گردند. با وجود منابع محدود، پرامیتی V می تواند در انتخاب بعضی از گزینه ها از میان همه گزینه های ممکن بکار گرفته شود. روش پرامیتی V از دوگام اصلی زیر تشکیل یافته است [۳۸]:

گام ۱: مسئله تصمیم گیری چند معیاره ابتدا توسط روش پرامیتی II حل شده و جریانات خالص $\phi(a_i)$ برای کلیه گزینه ها محاسبه می گردد.

گام ۲: با کمک روابط مدل برنامه ریزی خطی صفر یک زیر، گزینه های بهینه از بین n گزینه انتخاب می شوند:

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^n \phi(a_i)x_i \right\} \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_{p,i} x_i \approx \beta_p \quad p=1,2,\dots,P \quad (15)$$

$$x_i \in \{0,1\} \quad (16)$$

$$i=1,2,\dots,n$$

که در رابطه بالا علامت \approx برای روابط $=, \geq$ یا \leq بکار رفته و $\lambda_{p,i}$ ضرایب فنی هستند. ضرائب تابع هدف، جریانات خالص رتبه بندی هستند. هدف از برنامه خطی صفر و یک این است که گزینه های بهینه را با توجه به جریانات خالص بیشتر و مقدار محدودیت های در دسترس β_p انتخاب کند.

شاخص $\pi(a,b)$ بیان می کند که با چه درجه ای گزینه a با توجه به تمام معیارها بر گزینه b برتری دارد. مقدار این شاخص بین صفر و یک خواهد بود که نزدیک به صفر بیانگر ارجحیت ضعیف و نزدیک به یک نشانگر ارجحیت قوی با توجه به همه معیارها و اوزان آنها است.

گام ۴: محاسبه جریان های مثبت و منفی رتبه بندی: جریان های رتبه بندی برای هر گزینه مفروض a، مطابق روابط زیر تعریف می شوند:

(۵) جریان اولویت مثبت گزینه a

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x)$$

(۶) جریان اولویت منفی گزینه a

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a)$$

جریان اولویت مثبت گزینه a نشان می دهد که گزینه a به طور متوسط چقدر دیگر گزینه ها را مغلوب کرده است و به نوعی قدرت آن را نشان می دهد. جریان اولویت منفی گزینه a نشان می دهد که به طور متوسط این گزینه چقدر مغلوب دیگر گزینه ها شده است و به نوعی ضعف آن را نشان می دهد.

گام ۵: مقایسه جریان ها و رتبه بندی جزئی: با مقایسه جریان های دو به دو گزینه ها طبق روابط زیر می توان به رتبه بندی جزئی (پرامیتی I) آنها اقدام کرد. با توجه به جریان های مثبت و منفی، گزینه a در مقایسه با گزینه b از سه حالت زیر می تواند برخوردار باشد:

الف: a بر b اولویت دارد اگر:

$$\phi^-(a) < \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad (7) \text{ یا}$$

$$\phi^-(a) < \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) = \phi^+(b) \quad (8) \text{ یا}$$

$$\phi^-(a) = \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad (9)$$

ب: a با b یکسان است اگر:

$$\phi^-(a) = \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) = \phi^+(b) \quad (10)$$

ج: a با b غیر قابل مقایسه است اگر:

$$\phi^-(a) > \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) > \phi^+(b) \quad (11) \text{ یا}$$

$$\phi^-(a) < \phi^-(b) \text{ و } \phi^+(a) < \phi^+(b) \quad (12)$$

گام ۶: محاسبه جریان های خالص و رتبه بندی کامل: با استفاده از پرامیتی II می توان رتبه بندی کامل را با

۳. مطالعه موردی

در این مقاله، نتایج ترکیب خانه کیفیت و روش‌های پرامیتی در یکی از قطعات خودرو مورد مطالعه قرار گرفته است. این قطعه، ناودونی (Chan center) خودروی پراید است که توسط یکی از سازندگان ایرانی برای شرکت خودروسازی سایپا تولید می‌شود. ناودونی در قسمت پنجره درب سمت چپ و راست جهت حرکت آسان شیشه مونتاژ می‌شود (شکل ۳) و از سه قطعه برکت، پلیت و پروفیل تشکیل یافته است. هر سه قطعه در داخل شرکت ساخته می‌شوند و پس از طی گذراندن چند مرحله تولیدی در نهایت در دو ایستگاه متوالی مونتاژ می‌گردند. دو گروه اصلی مشتریان محصول، خط مونتاژ شرکت خودروسازی سایپا و مصرف‌کنندگان نهایی برای لوازم یدکی هستند. با توجه به بالا رفتن آمار ضایعات در خط تولید به مقدار دو درصد و نیز نارضایتی مشتری از ازدیاد برگشتی‌های محصول تا سقف ۸۰۰ واحد محصول به دلیل مشکلات مونتاژی در خط تولید سایپا، تیم فنی و مهندسی شرکت متشکل از چهار نفر مدیران و کارشناسان شرکت اقدام به چاره اندیشی جهت حل این مسئله نمودند. اجرای پروژه QFD از جمله طرح‌هایی بوده است که توسط تیم فنی و مهندسی شرکت به‌عنوان یک راهکار و اقدام مفید جهت بهبود وضعیت کیفی ناودونی معرفی گردید. مراحل که

برای اجرای پروژه در انطباق با متدولوژی پیشنهادی دنبال شد به شرح زیر می‌باشد:

۳-۱. تعیین نیازهای مشتریان و اهمیت آنها

دستیابی به نیازهای اصلی مشتریان از جمله اقداماتی بوده است که بیشترین وقت تیم فنی و مهندسی شرکت را در این پروژه به خود اختصاص داده است. برای دستیابی به این نیازها اعضای تیم ضمن بررسی منابع اطلاعاتی موجود از شکایات مشتریان و مشکلات کیفی محصولات برگشتی، جلساتی را با کارشناسان مستقر در شرکت سازه گستر، سرپرست خط مونتاژ سایپا و تکنسین‌های چند عامل مجاز تعمیراتی برگزار نمودند. در این جلسات دیدگاه‌های دریافتی از مشتریان مورد ارزیابی قرار گرفت. علاوه بر آن نظرات چند تن از صاحبان خودروی پراید نیز مورد تحلیل قرار گرفت. در نهایت نیازهای اصلی مشتریان به سه دسته مونتاژپذیری آسان، کیفیت رنگ و عملکرد مطلوب تقسیم گردیدند. هر یک از این سه نیاز اصلی خود در نهایت به یازده نیاز جزئی خرد گردیدند. با تجزیه و تحلیل ساده آماری و جمع‌بندی نتایج، اهمیت این نیازها از سوی تیم فنی و مهندسی در مقیاس یک (برای کمترین) تا ده (برای بیشترین) شناسایی شد. اغلب نیازهای شناسایی شده از وزن بالایی برخوردار بودند که نشان می‌داد مشکلات کیفی محصول و برگشتی‌های بالا در عوامل مختلفی ریشه دارند.



شکل ۳: نمایشی از محصول مورد مطالعه و محل مونتاژش

۲-۳. ترجمه نیازهای مشتریان به الزامات فنی

بعد از شناسایی و درجه بندی نیازهای مشتریان، تیم فنی و مهندسی شرکت در جلسات خود با استفاده از منابع موجود نظیر مشخصه های فنی اشاره شده در طرح تکوین محصول، طرح کنترل، FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)، اقدام به ترجمه نیازهای مشتریان به الزامات فنی قابل فهم نمود. در این راستا، هفت مورد الزامات فنی شناسایی گردید. برخی از الزامات فنی نظیر مشخصه های رنگ و منحنی پروفیل بترتیب با پنج و شش مورد از نیازهای مشتریان در ارتباط بودند.

۳-۳. تعیین درجه ارتباط بین نیازهای مشتریان و الزامات فنی

درجه ارتباط بین نیازهای مشتریان و الزامات فنی برای شکل گیری ماتریس ارتباطات خانه کیفیت در یک جلسه طوفان مغزی دو ساعته تیم فنی و مهندسی تعیین گردید. برای درجات ارتباط قوی، متوسط و ضعیف به ترتیب امتیازهای ۹، ۳ و ۱ در نظر گرفته شد.

۳-۴. تعیین معیارهای تصمیم گیری

برای رتبه بندی الزامات فنی چهار معیار، اهمیت از دیدگاه مشتری (برای آن که عملیات سنتی ماتریس خانه کیفیت نیز به نوعی در تصمیم گیری دخیل شود)، مشکلات فنی، درصد افزایش هزینه و مقدار زمان، توسط تیم فنی و مهندسی تشخیص داده شد. دو معیار اول از نوع کیفی و دو معیار آخر از نوع کمی هستند. سایر اطلاعات مربوط به هر معیار نظیر نوع تابع ارجحیت، ماکزیمم یا مینیموم بودن، پارامترها و وزن تخصیص یافته در (جدول ۲) مشاهده می شود.

با توجه به تهیه کلیه اطلاعات لازم برای اجرای عملیات پرامیتی II در خانه کیفیت، نوبت به ترکیب ساختار خانه کیفیت و پرامیتی II رسید. این ترکیب در شکل ۴ به نمایش درآمده است. در قسمت بالائی شکل، ساختار ماتریس خانه کیفیت با حذف ماتریس همبستگی الزامات فنی و در قسمت پایینی، ساختار پرامیتی II به همراه اطلاعات اولیه نمایان است. گزینه های پرامیتی II

همان الزامات فنی هستند که از ماتریس خانه کیفیت استخراج می شوند. این گزینه ها توسط چهار معیار تعریف شده رتبه بندی می گردند. بدنه پایینی شکل ۴ نیز می تواند ورودی داده های اولیه مسئله تصمیم گیری چند معیاره باشد. داده های اولیه مربوط به هر گزینه و هر معیار نیز توسط تیم فنی و مهندسی در بدنه پایینی وارد گردیده است.

۳-۵. اجرای روش پرامیتی II و رتبه بندی الزامات فنی

برای اجرای روش پرامیتی II در مسئله مورد نظر از نرم افزار Decision Lab استفاده گردید. این نرم افزار به طور خاص جهت اجرای روش های پرامیتی طراحی شده است. داده های اولیه به همراه کلیه اطلاعات لازم هر معیار وارد نرم افزار شد و نتایج مربوط به جریانات مثبت و منفی و جریانات خالص محاسبه گردید. نتایج مربوط به رتبه بندی کامل هفت الزام فنی با توجه به نرم افزار Decision Lab در شکل ۵ به تصویر کشیده شده است. بر اساس جریانات خالص روش پرامیتی II، الزامات فنی زیرسازی رنگ در رتبه ۱، فسفات رنگ در رتبه ۲، و منحنی پروفیل در رتبه ۳ قرار گرفته اند.

۳-۶. مقایسه و تحلیل نتایج رتبه بندی:

در این مرحله نتایج رتبه بندی روش پرامیتی II با روش های سنتی، TOPSIS و ELECTRE مقایسه شده و نتایج زیر مطابق با جدول ۳ به دست آمده است:

• در روش سنتی که رتبه بندی با استفاده از حاصلضرب متناظر اهمیت هر نیاز مشتری مرتبط با الزام فنی و درجه ارتباط بین الزام فنی و نیاز مشتری در ماتریس ارتباطات، و سپس نرمال سازی به دست آمده است، الزامات فنی فسفات رنگ در رتبه ۱، مشخصه های رنگ در رتبه ۲، و انداز/استریپ در رتبه ۳ قرار گرفته اند.

• در روش TOPSIS، گزینه های زیرسازی رنگ، فسفات رنگ و فاصله رزوه بترتیب در رتبه های ۱، ۲ و ۳ قرار گرفته اند. رتبه بندی در شش مرحله بترتیب با

روش در واقع رتبه‌بندی کاملی از الزامات فنی ارائه نداده است و اولویت‌ها اغلب به صورت جزئی مشخص شده است. در این میان الزامات زیرسازی رنگ و فسفات‌ها رنگ از سایر گزینه‌ها برتر نشان می‌دهند اما بر یکدیگر برتری ندارند. الزام منحنی پروفایل نیز بر اندازه استریپ و فشار پاشش رنگ اولویت دارد. در مورد برخی از الزامات نظیر اندازه/استریپ و فاصله رزوه برتری دو طرفه وجود دارد که نشان می‌دهد این گزینه‌ها برتری کامل بر یکدیگر ندارند.

نتایج به دست آمده از رتبه‌بندی الزامات فنی با کمک چهار روش را می‌توان این گونه تحلیل کرد:

نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری، تعیین ماتریس بی‌مقیاس موزون، تعیین راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی، تعیین فاصله اقلیدسی، محاسبه نزدیکی نسبی به راه حل ایده آل (C_i) و رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس ترتیب نزولی C_i به دست آمده است [۳۸].

• هشت مرحله در رتبه‌بندی با روش ELECTRE مشارکت داشته‌اند که بترتیب عبارت بودند از: نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری، تعیین ماتریس بی‌مقیاس موزون، تعیین مجموعه هماهنگ و ناهماهنگ، محاسبه ماتریس هماهنگی، محاسبه ماتریس ناهماهنگی، تعیین ماتریس هماهنگ موثر، تعیین ماتریس ناهماهنگ موثر، و مشخص کردن ماتریس کلی و موثر [۳۸]. این

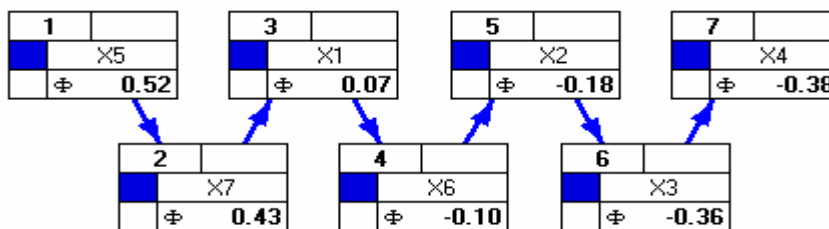
جدول ۲: اطلاعات مربوط به معیارهای چند گانه

نام معیار	شرح معیار	نوع تابع ارجحیت	Min/Max	q	p	s	w_j
اهمیت از دیدگاه مشتری	این معیار کیفی، درصد اهمیت هر الزام فنی را از دیدگاه مشتری بعد از نرمال کردن با توجه به عملیات سنتی خانه کیفیت تعیین می‌کند.	نوع ۵ V-shape	Max	0.02	0.07	-	0.3
مشکلات فنی	این معیار کیفی در مقیاس ۱ (کمترین) تا ۵ (بیشترین)، درجه سختی برآوردن الزام فنی را از دیدگاه تیم فنی و مهندسی نشان می‌دهد.	نوع ۳ V-shape	Min	-	2	-	0.2
درصد افزایش هزینه	این معیار کمی درصد افزایش هزینه تمام شده محصول جهت برآوردن یک الزام فنی را در ماتریس خانه کیفیت تخمین می‌زند.	نوع ۳ V-shape	Min	-	0.025	-	0.3
مقدار زمان	این معیار به صورت کمی مقدار نفر ساعت لازم برای برآوردن هر یک از الزامات فنی را نشان می‌دهد.	نوع ۵ V-shape	Min	5	15	-	0.2

۹	●	قوی
۴	◻	متوسط
۱	○	ضعیف

نام معیار	ارجحیت تابع	Min/Max	q	p	s	Wj	وزن الزامات فنی با عملیات سنتی خانه کیفیت									
							مشتري	اهمیت	مشکلات فنی	هزینه درصد	مدت زمان	اولویت الزامات فنی با روش سنتی	۱۷۷	۱۸۴	۸۱	۱۰۵
مونتاز	انطباق بر روی مثلثی شیشه	Max	0.02	0.07	-	0.3	۴	●	○							
بندبری	راهنمای شیشه	Min	-	2	-	0.2	۲	◻	●							
	انطباق بر روی درب خودرو	Min	-	0.025	-	0.3	۹	◻		●						
	بکنواختی	Min	-	-	-	0.2	۹				●	◻				
کیفیت رنگ	درخشندگی	Min	-	0.025	-	0.3	۵									
	فام رنگ	Min	-	-	-	0.2	۹									
	چسبندگی	Min	-	-	-	0.2	۸									
	بلندشدن رنگ از ضربه	Min	-	0.025	-	0.3	۴									
عملکرد	پایداری رنگ	Min	-	-	-	0.2	۸									
	حرکت راحت بالا و پایین	Min	-	-	-	0.2	۹	●	●							
	ثابت ماندن شیشه	Min	-	-	-	0.2	۸	◻	●							

شکل ۴: ترکیب خانه کیفیت با پرامیتی II



شکل ۵: رتبه بندی کامل با روش پرامیتی II

زیرسازی رنگ و فسفات رنگ شبیه به هم می باشد اما در مورد سایر الزامات نتایج تا حدود زیادی متفاوت نشان می دهد.

• وزن معیارها در هر سه روش تصمیم گیری چند معیاره به صورت غیر سیستماتیک با توجه به ذهنیت تصمیم گیرنده تعیین می شود که جزو معایب این روش ها محسوب می شود.

• از آن جا که رتبه بندی الزامات فنی با استفاده از روش های پرامیتی II، TOPSIS و ELECTRE با توجه به چهار معیار مختلف صورت گرفته است، بنابراین، نتایج تصمیم گیری این روش ها از درجه اعتبار بالاتری نسبت به روش سنتی برخوردار می باشد.

• نتایج به دست آمده توسط سه روش تصمیم گیری چند معیاره در تعیین برترین الزامات فنی بهبود یعنی

جدول ۳: نتایج محاسبات و مقایسه روش های مختلف رتبه بندی الزامات فنی

x_i	الزامات فنی	پرامیتی II		روش سنتی		TOPSIS		ELECTRE
		ϕ_i	رتبه	وزن	رتبه	c_i	رتبه	رتبه بندی (→ علامت برتری است)
x_1	منحنی پروفیل	0.0706	3	0.1479	5	0.7646	7	$x_1 \rightarrow x_2, x_4$
x_2	اندازه استریپ	-0.1777	5	0.1531	3	0.6654	6	$x_2 \rightarrow x_3, x_4, x_6$
x_3	فاصله رزوه M6 تا M4	-0.3594	6	0.0677	7	0.3307	3	$x_3 \rightarrow x_2, x_4$
x_4	فشار پاشش رنگ	-0.3812	7	0.0878	6	0.4942	5	$x_4 \rightarrow x_2$
x_5	زیرسازی رنگ	0.5207	1	0.1530	4	0.0588	1	$x_5 \rightarrow x_1, x_2, x_3, x_4, x_6$
x_6	مشخصه های رنگ	-0.1033	4	0.1714	2	0.3730	4	x_6 بر هیچ الزامی برتری ندارد.
x_7	فسفات رنگ	0.4304	2	0.2182	1	0.3075	2	$x_7 \rightarrow x_1, x_2, x_3, x_4, x_6$

تعداد از الزامات فنی را جهت بهبود و دستیابی به ارزش های هدف انتخاب کند. اگر چه بر آوردن کلیه الزامات فنی و ورود آنها به ماتریس دوم QFD بیشترین مطلوبیت را دارا می بود، اما شرکت با دو محدودیت زیر جهت بر آوردن کلیه الزامات برخوردار بود:

الف: محدودیت افزایش هزینه: با توجه به آن که بر آوردن هر الزام فنی باعث افزایش هزینه تمام شده محصول می گردید، لذا ترتیبی اتخاذ شد که جمع افزایش هزینه های تمام شده محصول از ۸ درصد بیشتر نگردد.

ب: محدودیت زمانی: با توجه به کمبود نیروهای انسانی متخصص در شرکت، حجم نفر ساعت کاری جهت بر آوردن الزامات فنی با محدودیت روبه رو بود. با محاسبات انجام شده در دوره زمانی بهبود، اختصاص ۶۰ نفر ساعت برای اجرای پروژه در برنامه های شرکت قرار گرفت. به هر حال، با توجه به درگیر بودن نیروهای

• ارزیابی ها در این مطالعه موردی نشان می دهد که پرامیتی II و TOPSIS از لحاظ تعداد مراحل، استراتژی حل مسئله و کاربر پسند بودن در مرتبه بالاتری نسبت به روش ELECTRE قرار دارند.

• روش ELECTRE رتبه بندی کامل از الزامات فنی ارائه نداده است. بنابراین، تعیین رتبه کلی هر یک از الزامات در این روش امکان پذیر نبوده است. از طرفی جواب ارائه شده توسط روش TOPSIS نیز خیلی به راه حل ایده ال نزدیک نبوده است که یکی از معایب معایب این روش به شمار می آید. در این مطالعه موردی رتبه بندی ارائه شده توسط پرامیتی II از اعتبار بالاتری برخوردار است. علت این اعتبار ضمن تحلیل گرافیکی نتایج با استفاده از صفحه GAIA در بخش ۴ ارائه می گردد.

۳-۷. تعیین انواع محدودیت های موجود

بعد از اولویت بندی الزامات فنی با روش پرامیتی II، تیم فنی و مهندسی شرکت با این سؤال مواجه شد که چه

- تغییر درجه رادیان منحنی پروفایل ناودونی از ۱۳۰۵ به ۱۳۰۰ برای مونتاژپذیری آسان در خط مونتاژ مشتری و عملکرد بهتر آن در حرکت راحت بالا و پایین و ثابت ماندن شیشه
- اقداماتی در جهت تغییر مشخصات تلرانس کربن سیاه و کروم رنگ برای ارتقاء کلیه پارامترهای کیفیت رنگ

۴. تحلیل گرافیکی نتایج با صفحه GAIA

صفحه GAIA به عنوان یک ابزار توصیفی، نمایش گرافیکی از وضعیت یک مسئله تصمیم گیری در روش پرامیتی II به وجود می آورد [۴۸]. این صفحه، تفسیر جایگاه های نسبی گزینه ها، اهمیت و وابستگی درونی معیارها و محور تصمیم گیری (pi) را تسهیل می کند [۴۹]. با در اختیار داشتن صفحه GAIA در شکل ۶ که خروجی نرم افزار Decision Lab می باشد، نتایج زیر قابل تفسیر خواهد بود:

الف: صفحه GAIA اطلاعات موجود در فضا را تا حد ممکن روی خود تصویر می کند. این عمل مطابق با تحلیل مولفه های اصلی (Principal Components Analysis (PCA)) برای کاهش ابعاد فضای جواب از فضای k بعدی به فضای دو بعدی و انتخاب اولین و دومین بزرگترین مقدار ویژه ماتریس کواریانس MM (جریان خالص معیارهای تکی) صورت می گیرد، به طوری که بیشترین اطلاعات موجود در فضای روی صفحه GAIA حفظ شود. البته بعد از تصویر کردن مقداری اطلاعات از بین خواهد رفت. در این مطالعه موردی، بعد از تصویر کردن فضای ۱۱ بعدی به فضای ۲ بعدی، فقط نزدیک به ۱۶٪ اطلاعات از بین می رود و بیش از ۸۴٪ اطلاعات مطابق با شکل ۶ حفظ می شود. از آن جا که این مقدار از حد مطلوب یعنی ۸۰٪ بیشتر است [۳۸]، پس می توان عنوان کرد که صفحه GAIA از قابلیت اطمینان بالائی برخوردار است و چنین مسئله ای به درک ساختار تصمیم گیری چند معیاره کمک می کند.

متخصص در فعالیت های دیگر اختصاص زمان بیشتر میسر نبود.

۳-۸. اجرای روش پرامیتی V و انتخاب الزامات فنی برتر

با تعیین دو محدودیت افزایش هزینه و زمان، نوبت به اجرای روش پرامیتی V رسید. در این روش، هدف اصلی، حداکثر نمودن تابع جمعی جریانها خالص با توجه به محدودیت های موجود می باشد. براین اساس، تابع هدف و محدودیت های مسئله به صورت زیر تعریف شدند:

$$\begin{aligned} \text{Max} F(x) &= 0.0706x_1 - 0.17771x_2 - 0.3594x_3 - \\ & 0.3812x_4 + 0.5207x_5 - 0.1033x_6 + 0.4304x_7 \\ \text{s.t.} \\ 0.02x_1 + 0.021x_2 + 0.035x_3 + 0.05x_4 + 0.005x_5 + 0.03x_6 \\ & + 0.02x_7 \leq 0.08 \\ 20x_1 + 55x_2 + 15x_3 + 6x_4 + 4x_5 + 10x_6 + 8x_7 & \leq 60 \end{aligned}$$

بعد از حل مسئله برنامه ریزی خطی صفر یک بالا چهار متغیر x_1, x_5, x_6 و x_7 برابر ۱ و مابقی متغیرها برابر با صفر به دست آمدند. هر یک از این متغیرها در جدول ۳ معرفی گردیدند. به این ترتیب، تیم فنی و مهندسی چهار الزام فنی فسفاته رنگ، زیرسازی رنگ، منحنی پروفیل و مشخصه های رنگ را جهت ورود به ماتریس خانه دوم QFD و اهداف بهبود خود انتخاب نمود.

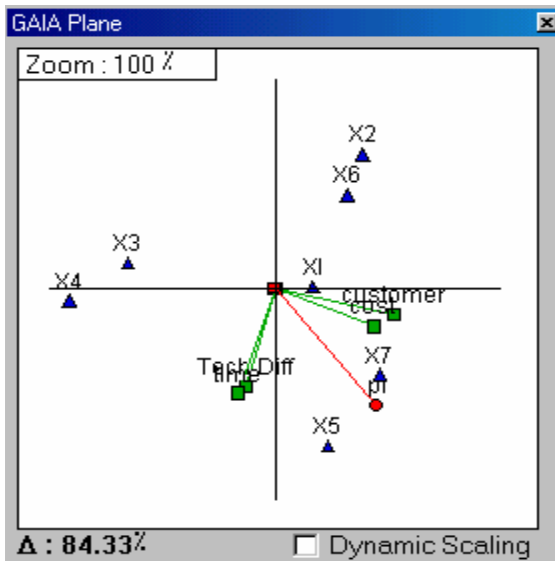
بر اساس الزامات فنی انتخاب شده تیم فنی و مهندسی مقادیر هدف زیر را برای طرح بهبود و ارتقاء رضایت مندی مشتری انتخاب نمود:

- اقداماتی برای این که زیرسازی رنگ از حالت زبری به حالت مونوتونی در جهت بهبود یکنواختی، چسبندگی، پایداری و بلندشدن رنگ از ضربه تبدیل شود.
- اقدامات اصلاحی در جهت تغییر مواد و ترکیبات و استانداردسازی فسفاته رنگ طوری که از حالا نیمه بنفش به حالا بنفش تبدیل گردد. این عمل افزایش یکنواختی و پایداری رنگ را به دنبال خواهد داشت.

کرد که دو معیار اهمیت مشتری و هزینه مستقل از معیارهای زمان و مشکلات فنی هستند.

و: گزینه منحنی پروفیل (x_1) با توجه به همه معیارهای تصمیم‌گیری نه چندان خوب و نه چندان بد بنظر می‌رسد. به همین دلیل این الزام فنی در رتبه‌های بالا و پائین تصمیم‌گیری جای نگرفته است.

به عنوان نتیجه می‌توان عنوان کرد که استفاده از تحلیل گرافیکی صفحه‌GAIA به شفاف‌سازی قدرت تمایز معیارها، جنبه‌های تضاد و استقلال معیارها، و همچنین کیفیت هر گزینه با توجه به معیارهای مختلف کمک می‌کند. ذکر این نکته نیز الزامی است که صفحه GAIA به تغییرات وزن هر یک از معیارهای تصمیم‌گیری حساسیت‌های زیادی نشان می‌دهد.



شکل ۶: نمایش گرافیکی صفحه‌GAIA برای ارزیابی نتایج

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهاد برای تحقیقات آتی

این تحقیق از روش پرامیتی II برای حل مسئله رتبه‌بندی الزامات فنی و روش پرامیتی V جهت انتخاب الزامات فنی برتر با وجود منابع محدود استفاده کرده است. با بکارگیری متدولوژی تحقیق در یکی از قطعات خودرو به عنوان مطالعه موردی، مقایسه نتایج رتبه‌بندی پرامیتی با روش‌های سنتی، TOPSIS و ELECTRE و تحلیل گرافیکی نتایج تصمیم‌گیری با کمک صفحه‌GAIA، دستاوردهای زیر به دست آمده است:

ب: اگر در صفحه‌GAIA محور تصمیم‌گیری (π) به اندازه کافی طولانی باشد، تصمیم‌گیرنده توانایی زیادی برای انتخاب بهترین گزینه و به‌طور کلی رتبه‌بندی گزینه‌ها خواهد داشت. در صورتی که طول محور تصمیم‌گیری کوتاه باشد، معیارهای تصمیم‌گیری بشدت در تضاد با یکدیگر هستند و رتبه‌بندی گزینه‌ها بسیار سخت بنظر می‌رسد. همان طور که در شکل ۶ نمایان است، محور تصمیم‌گیری از طول مناسب برخوردار می‌باشد. بنابراین، تیم فنی و مهندسی شرکت از قدرت تصمیم‌گیری بالایی جهت رتبه‌بندی الزامات فنی با توجه به معیارهای در دسترس برخوردار می‌باشد.

ج: اگر جهت محور تصمیم‌گیری (π) به سمت برخی گزینه‌ها باشد، آن گزینه‌ها از اولویت بالاتری برخوردارند. عکس این ادعا نیز صحیح است. در شکل ۶ جهت محور تصمیم‌گیری به سمت گزینه‌های زیرسازی رنگ (x_5) و فسفاتنه رنگ (x_7) است. این دو گزینه رتبه اول و دوم را در اولویت‌بندی الزامات فنی به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی محور تصمیم‌گیری در خلاف جهت گزینه هائی مانند فاصله رزوه M4 تا M6 (x_3) و فشار پاشش رنگ (x_4) است که بترتیب در رتبه‌های ۶ و ۷ قرار داشته‌اند.

د: طول یک گزینه تا مرکز محور مختصات می‌تواند بیانگر رتبه آن گزینه باشد. در شکل ۶ طول زیرسازی رتبه ۱ را دارا می‌باشد. برای فشار پاشش رنگ (x_4) نیز با طول بیشتر در خلاف جهت محور تصمیم‌گیری بدترین رتبه (رتبه ۷) وجود دارد.

ه: به دلیل آن که محورهای هیچ یک از چهار معیار تصمیم‌گیری در جهت مخالف هم نیستند، پس تضادی بین آنها وجود ندارد. دو معیار اهمیت مشتری و هزینه با هم و دو معیار دیگر زمان و مشکلات فنی نیز با هم از اولویت مشابه برخوردارند. با توجه به قائم بودن محور دو معیار اهمیت مشتری و هزینه نسبت به محور دو معیار زمان و مشکلات فنی در شکل ۶، می‌توان ادعا

منابع

1. Cohen, L., (1995) Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. Addison-Wesley, Reading, MA.
2. Akao, Y., (1990) Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements into Product Design. Productivity Press, Cambridge, MA.
3. Prasad, B., (1998) Review of Q. F. D. and related deployment techniques. Journal of Manufacturing Systems 17(3): 221-234.
4. Chan L.K, Wu, M.L., (2002) Quality function deployment: A literature review, European Journal of Operational Research 143, pp: 463-497.
5. Shillito, M. L. (1994) Advanced QFD—Linking technology to market and company needs. New York: Wiley.
6. ReVelle, J.B., Moran, J.W., Cox, C.A., (1998) The QFD Handbook, John Wiley, New York.
7. Cristiano, J.J., Liker, J.K., White III, C.C., (2000) Customer-driven product development through quality function deployment in the US and Japan. Journal of Product Innovation Management 17 (4), 286-308.
8. Chan L.K, Wu, M.L., (2005) A systematic approach to quality function deployment with a full illustrative example, Omega 33, pp: 119 - 139.
9. Hauser, J.R., Clausing, D., (1988) The house of quality, Harvard Business Review, 66 (3), 63-73.
10. Lin, C.T, (2003) A fuzzy logic-based for implementing quality function deployment, smart engineering system design, (5), pp: 55-65.
11. Temponi, C., Yen, J., Tiao, W.A., (1999) House of quality: A fuzzy logic-based requirements analysis, European Journal of Operational Research 117, PP: 340-354.
12. Govers, C.P.M, (2001) QFD not just a tool but a way of quality management, Int. J. Production Economics 69, pp: 151-159.
13. Hsiao, S.W, (2002) Concurrent design method for developing a new product, International Journal of Industrial Ergonomics 29, PP: 41-55.
14. Tu, Y.L, Fung, R.Y.K, Tang, J.F, Kam, J.J, (2003) Computer aided customer interface for rapid product development. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 21, 10-11, PP: 743-753.
15. Wu H-H, Liao AYH, Shieh, J.I, (2005) A power law-based quality function deployment in decision-making processes, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 25:1241-1247.
16. Wu, H,H, Liao, A.Y.H, Wang, P.C (2005) Using grey theory in quality function deployment to analyse

• استفاده از روش پرامیتی II نسبت به روش سنتی با توجه به لحاظ کردن چند معیار تصمیم گیری متضاد از اعتبار بالاتری برخوردار بوده است.

• رتبه بندی الزامات فنی با استفاده از روش پرامیتی II با اعتبار بیشتری نسبت به روش های TOPSIS و ELECTRE صورت گرفته است. به هر حال تحلیل گرافیکی نتایج تصمیم گیری با استفاده از صفحه GAIA به این ادعا کمک کرده است.

اگر چه در این مقاله دو مسئله رتبه بندی و انتخاب الزامات فنی مورد توجه واقع شده، با این حال می توان سایر روش های پرامیتی را نیز جهت حل برخی دیگر از مسائل خانه کیفیت بکار گرفت. برای مثال، از پرامیتی GDSS در مواقعی که تیم فنی و مهندسی نیاز به تصمیم گیری با توافق جمعی در مورد الزامات فنی دارد می توان استفاده کرد. از طرفی، از آن جا که برخی از معیارهای تصمیم گیری در پرامیتی از ماهیت کیفی برخوردارند، ارائه اعداد اصلی (کاردینال) به این معیارها با توجه به آلترناتیوهای مختلف، می تواند ایجاد ابهام نموده و نتایج ارباب به بار آورد. بکارگیری مفاهیم فازی در پرامیتی می تواند تا حدود زیادی ابهامات را در ارزیابی های تجربی از بین ببرد و درجات دقت در تصمیم گیری را برای تیم فنی و مهندسی شرکت افزایش دهد. همچنین، با توجه به آن که مکانیزم های عملیاتی در چهار ماتریس QFD تا حدود زیادی یکسان می باشد، می توان از روش های پرامیتی در ماتریس های دوم، سوم و چهارم QFD نیز استفاده نمود. پیشنهاد آخر به ترکیب توام روش های پرامیتی و AHP در خانه کیفیت برای مقابله با برخی ضعف های پرامیتی می پردازد. این پیشنهاد برای محققین می تواند در سرپوش گذاشتن ضعف هایی از پرامیتی نظیر عدم ساختاردهی سلسله مراتبی و اختیاری بودن اختصاص وزن به معیارها جهت اولویت بندی و انتخاب الزامات فنی مفید باشد.

- resource allocation, *Research in Engineering Design* 14 (4), PP: 247-255.
31. Bode, J., Fung, R.Y.K., (1998) Cost engineering with quality function deployment. *Computers and Industrial Engineering* 35 (3-4), 587-590.
32. Chen, L.H, Weng, M.C., (2003) A Fuzzy Model for Exploiting Quality Function Deployment, *Mathematical and Computer Modelling*, (38), PP: 559-570.
33. Park, T., Kim, K., (1998) Determination of an optimal set of design requirements using house of quality. *Journal of Operations Management* 16, 569-581.
34. Tang, J, Fung, R.Y.K, Xu, B., Wang, D., (2002) A new approach to quality function deployment planning with financial consideration, *Computer & operation research* , 29, 1447-1463.
35. Lai, X, Xie, M, Tan, KC, (2005) Dynamic programming for QFD optimization, *Quality and Reliability Engineering International* 21 (8): 769-780.
36. Brans, J.B., Vincke, Ph., Mareschal, B., (1986) How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research* 24, PP: 228-238.
37. Brans, J.B., Vincke, Ph., (1985) A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for multiple criteria decision-making. *Management Science* 31 (6), 647- 656.
38. Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (2005) Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys, Springer Science + Business Media, Inc, 163-196.
39. Albadvi, A., (2004) Formulating national information technology strategies: A preference ranking model using PROMETHEE method, *European Journal of Operational Research* 153, 290-296.
40. Ulengin, F., Topcu, Y.I., Sahin, S.O., (2001) An integrated decision aid system for bosphorous water crossing problem, *European Journal of Operational Research* 134, 179-192.
41. Albadvi, A., Chaharsooghi, S.K., Esfahanipour, A., (2007) Decision making in stock trading: An application of PROMETHEE, *European Journal of Operational Research* 177, 673-683..
42. Herngren, L., Goonetilleke, A., Ayoko, G.A., (2006) Analysis of heavy metals in road-deposited sediments, *Analytica Chimica Acta* 571, PP: 270-278.
43. Mavrotas, G., Diakoulaki, D., Caloghirou, Y., (2006) Project prioritization under policy restrictions. A combination of MCDA with 0-1 programming, *European Journal of Operational Research* 171, 296-308.
44. Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., Verbeke, A., (2004) PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP, *European Journal of Operational Research* 153, 307-317.
- dynamic customer requirements. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 25:1241-1247.
17. Xie, M., Tan, K.C, Goh, T.N, (2003) Advanced QFD application. ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin.
18. Kim, K.J., Moskowitz, H., Dhingra, A., Evans, G., (2000) Fuzzy multicriteria models for quality function deployment. *European Journal of Operational Research* 121 (3), 504- 518.
19. Erol, I., Ferrell jr, W.G., (2003) A methodology for selection problems with multiple, Conflicting objectives and both qualitative and quantitative criteria. *International Journal of Production Economics* 86, 187-199.
20. Reich, Y, Levy, E, (2004) Managing product design quality under resource constraints. *International Journal of Production Research*, 42 (13), 2555-2572.
21. Chen, L.H, Weng, M.C, (2006) An evaluation approach to engineering design in QFD processes using fuzzy goal programming models, *European Journal of Operational Research* 172 (1), 230-248.
22. Fung, R.Y.K., Law, D.S.T., Ip, W.H., (1999) Design targets determination for inter-dependent product attributes in QFD using fuzzy inference. *Integrated Manufacturing Systems* 10 (6), 376-384.
23. Franceschini, F., Rupil, A., (1999) Rating scales and prioritization in QFD, *International Journal of Quality and Reliability Management* 16 (1), 85-97.
24. Wu H-H, Liao AYH, Shieh, J.I, (2005) A power law-based quality function deployment in decision-making processes *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 25:1241-1247.
25. Partovi , F.Y., Corredoira, R.A., (2002) Quality function deployment for the good of soccer, *European Journal of Operational Research* 137, 642-656.
26. Wang, H., Xie, M., & Goh, T. N. (1998) A comparative study of the prioritization matrix method and the analytic hierarchy process technique in quality function deployment. *Total Quality Management*, 9(6), 421-430.
27. Karsak, E.E., Sozer, S., Alpteki, S.E., (2002) Product planning in quality function deployment using a combined analytic network process and goal programming approach. *Computers & Industrial Engineering* 44, 171-190.
28. Ertay, T., B'uy'uk'ozkan, G., Kahraman, C., Ruand, D., (2005) Quality function deployment implementation based on analytic network process with linguistic data: An application in automotive industry, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems* 16, PP: 221-232.
29. Han, C.H , Kim, J.K., Choi, S.H , (2004) Prioritizing engineering characteristics in quality function deployment with incomplete information: A linear partial ordering approach, *International Journal of Production Economics* 91, pp: 235-249.
30. Fung, RYK, Tang, JF, Tu, PY, Chen, Y., (2003) Modelling of quality function deployment planning with

48. Geldermann, J., Zhang, K., (2001) Software Review: "Decision Lab 2000", Journal of Multi-Criteria decision analysis 10, pp: 317-323.
49. Percell, D.E., Leonard, G.J, Oshea, M.G., Kokot, S., (2005) A chemometrics investigation of sugarcane plant properties based on the molecular composition of epicuticular wax, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 76, pp: 135- 147.
45. Gilliams, S., Raymaekers, D., Muys, B., Orshoven, J.V., (2005) Comparing multiple criteria decision methods to extend a geographical information system on afforestation, Computers and Electronics in Agriculture 49, 142-158.
46. Al-Shemmeri, T., Al-Kloub, B., Pearman, A., (1997) Model choice in multi-criteria decision aid, European Journal of Operational Research 97, PP: 550-560.
47. Brans, J.P., Mareschal, B., Vincke, P., (1984) PROMETHEE: A New Family of Outranking Methods in MCDM, IFORS 84, North Holland, pp. 477-490.