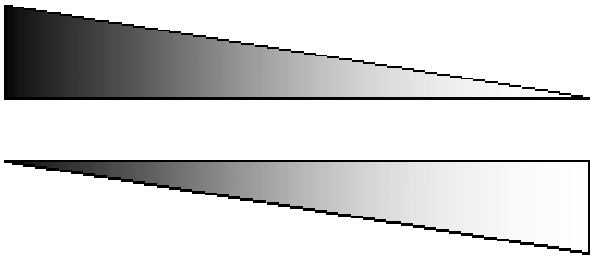
کاربرد خوشه بندی فازی در تعیین رده های تعمیراتی



کاربرد خوشه‌بندی فازی[1] در تعیین رده‌های تعمیراتی

تهیه و تدوین: دکتر عزیزاله معماریانی - مهندس محسن طاهری - مهندس ناصر حیدری

چکیده

در این مقاله، آلگوریتمی توسعه داده شده که می‌توان براساس آن فعالیت‌های رده‌های تعمیراتی را در یک یگان تعمیراتی مشخص نمود. آلگوریتم توانایی دریافت طیف وسیعی از اطلاعات اعم از کمّی، کیفی، نسبی، رتبه‌ای، اسمی و فازی را دارد. تخصیص هر یک از فعالیت‌ها به رده‌های تعمیراتی به صورت فازی تعیین می‌شود. توسعهٔ یک سیستم پشتیبانی تصمیم [2] ، کاربری و استفاده از آلگوریتم را آسان می‌سازد.

۱ـ مقدمه

خوشه‌بندی یا دسته‌سازی، یعنی تخصیص موضوعات یا اشیاء به دسته‌های مختلف، به طوری که موضوعات هر دسته بیشترین شباهت را با هم داشته باشند تا بتوان موضوعات هر دسته را از دستهٔ دیگر تمیز داد. در تحلیل دسته‌سازی، معمولاً شاخص‌ها، امر دسته‌سازی را پیچیده می‌کند. البته عوامل دیگری، مانند تعداد موضوعات، تعداد دسته‌ها نیز در پیچیدگی مسئله نیز دخالت دارند. امروزه خوشه‌بندی، موضوعی است که در سازمان‌های خدماتی، بنگاه‌های تولیدی و مراکز نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخی از کاربردهای خوشه‌بندی به قرار زیر است:

۱ـ۱ـ طبقه‌بندی مشاغل: با در نظر گرفتن شاخص‌های مختلفی، مانند سن، سابقه کار، میزان تخصص و ... افراد یک سازمان به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌شوند. افراد هر دسته در کلیهٔ شاخص‌ها با هم تقریباً مشابه هستند. این خوشه‌بندی برای تعیین جایگاه سازمانی، تعیین پایهٔ حقوقی و غیره استفاده می‌شود.

۱ـ۲ـ طبقه‌بندی کالاها در انبار: شاخص‌هایی، مانند میزان دمای مورد نیاز، حجم مورد استفاده، اولویت نیاز و غیره در تعیین دسته‌های کالاها در یک انبار دخالت دارند. با این دسته‌سازی، دستیابی به کالاها و جابه‌جایی آنها آسان می‌شود.

۱ـ۳ـ دسته‌بندی شعبات یک بانک: با شاخص‌هایی، مانند میزان جذب منابع، میزان رسوب هر یک از منابع، تسهیلات و غیره، شعبات به دسته‌های مختلفی بخش‌بندی شده و براساس آن سطح فعالیت و تنوع خدمات آن مشخص می‌شود.

۱ـ۴ـ دسته‌بندی آزمایش‌ها: آزمایش‌هایی که در شرایط مختلف زمانی و مکانی و با وضعیت‌های مختلف بر روی یک موضوع انجام شده با طبقه‌بندی و دسته‌سازی تحلیل‌های متفاوتی را می‌توان از آنها استخراج نمود.

۱ـ۵ـ تعیین کد اقلام: این نوع دسته‌سازی در تجارت و صنعت امروز کاربردهای وسیعی پیدا کرده است و در آینده کمتر کالایی در بازار وجود خواهد داشت که بدون کد بتواند نقشی در تجارت داشته باشد.

در نظام‌های تعمیراتی برای این که بتوان هزینه، نیروی انسانی، قطعات، مواد مصرفی و فرآیندها را برای یک فعالیت تعمیراتی مشخص کرد، لازم است که سطح تعمیراتی آن را تعیین کنیم. در غیر این صورت با تعداد متنابهی خواسته‌ها و نیازها مواجه خواهیم شد که عملاً سیستم را مختل خواهد کرد. خوشه‌بندی و تعیین رده‌های تعمیراتی، جریان کارها را تنظیم کرده و باعث خواهد شد که ضمن کاستن از هزینه‌ها، بتوانیم از منابع به مطلوب‌ترین وجهی استفاده نماییم.

تحقیقات بر روی آلگوریتم‌های خوشه‌بندی فازی از اواخر دهه ۱۹۷۰ شروع شد و در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی چه در بعد نظری و چه از جنبهٔ کاربردی حاصل شده است. بیشتر پدیده‌های رایانه‌ای، از قبیل تشخیص صوت، تصویر، امضاء به نوعی از این آلگوریتم استفاده می‌کنند. برای مطالعه بیشتر در این زمینه می‌توانید به منابع زیر مراجعه کنید.

(Bandemen and Nther (1992) , Bezdek (1981

۲ـ آلگوریتم خوشه‌بندی فازی

یکی از رایج‌ترین آلگوریتم‌های خوشه‌بندی، روش C- میانگین است. اساس این روش به شرح زیر است:

۲ـ۱ـ ارائه یک دسته‌بندی اولیه؛

۲ـ۲ـ تعیین میانگین (مرکز) هر دسته؛

۲ـ۳ـ تعیین فاصلهٔ هر موضوع از مراکز همهٔ دسته‌ها؛

۲ـ۴ـ تخصیص موضوع به دسته‌ای که با مرکز آن دارای کمترین فاصله است؛

۲ـ۵ـ کنترل همگرایی و ختم آلگوریتم.

X=(x1,x2….,xn)p مجموعهٔ موضوعاتی هستند که هر $x_k \in R$ با P *شاخص مورد اندازه‌گیری قرار می‌گیرد. هدف خوشه‌بندی، تخصیص موضوعات به دسته‌های* $A1,A2,\ldots,Ac$، *به طوری که* $(2 \le C < n)$ *باشد. قاعدهٔ افراز بر این دسته‌ها حاکم است یعنی:*

$$I,j=I,\ldots(i=j) \quad \text{برای} \cap Aj=\phi \quad \bigcup_{i=1}^{c} Ai=X \qquad Ai$$

تخصیص موضوع x به دسته i را با تابع عضویت Uik نشان می‌دهیم، یعنی:

$Uik=1$ اگر $x_k \in Ai$

$Uik=0$ اگر $x_k \notin A_i$

بنابراین در یک افراز قطعی روابط زیر حاکم خواهد بود:

1. $U_{ik} \in \{0,1\} \qquad 1 \le i \le c \qquad 1 \le k \le n$

2. $\sum_{i=1}^{c} u_{ik} = 1 \qquad 1 \le k \le n$

3. $0 < \sum_{k=1}^{n} u_{ik} < n \qquad 1 \le i \le c$

ماتریس $U=\{uik]$ که از اصول ۱ و ۲ و ۳ تبعیت کند را یک افراز قطعی می‌گوییم. در حالتی که تخصیص موضوعات به دسته‌ها به صورت فازی باشد، و حتی خوشه‌بندی را افراز فازی می‌نامیم که دارای شرایط زیر باشد:

1. $U_{ik} \in \{0,1\} \qquad 1 \le i \le c \qquad 1 \le k \le n$

2. $\sum_{i=1}^{c} u_{ik} = 1 \qquad 1 \le k \le n$

3. $0 < \sum_{k=1}^{n} u_{ik} < n \qquad 1 \le i \le c$

برای این که بتوانیم معیاری برای بهبود خوشه‌بندی داشته باشیم تابع هدفی را به شکل زیر تعریف می‌کنیم:

$$J(U,V)= \sum_{i=1}^{c} \sum_{k=1}^{n} U_{ik}^{m} \left\| x_k - v_i \right\|^2$$

و هدف کمینه‌سازی این تابع هدف است. از آنجایی که روش بهینه‌ای برای حل این تابع هدف وجود ندارد، در هر تکرار مقدار آن کاهش می‌یابد و اگر نرخ کاهش از یک مقداری مانند e کمتر باشد، آلگوریتم متوقف شده و آخرین تکرار بهترین خوشه‌بندی

را ارائه می‌کند در این تابع V_i، مرکز دستهٔ i ام است و $m \in (1,\infty)$ پارامتری برای فازی کردن ماتریس عضویت است. M بزرگتر، یعنی ماتریس عضویت فازی‌تر. وقتی $m \to \infty$ آن‌گاه $U = \left[\frac{1}{c}\right]$. یعنی هر x_k با درجهٔ مساوی با موضوعات دیگر به یک دسته تعلق خواهند داشت و این حالت شاید خیلی جالب نباشد. این آلگوریتم به آلگوریتم C- میانگین معروف است. اما آلگوریتم توسعه داده شده با قدری تفاوت از C- میانگین، دسته‌بندی فازی را انجام می‌دهد. اساس این آلگوریتم برخلاف C- میانگین بر اصل ماتریس عدم تشابهات، پایه‌ریزی شده است. فلوچارت این آلگوریتم در شکل ۱ نمایش داده شده است.

۳ـ نرم‌افزار FCA

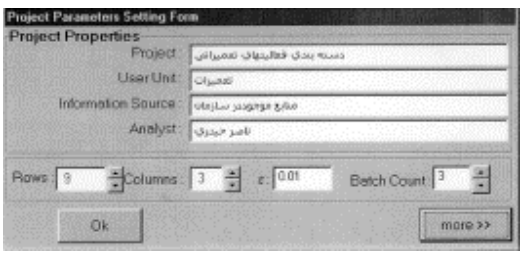
حال به توضیح نرم‌افزار توسعه داده شده براساس این روش، پرداخته می‌شود.

نرم‌افزار (Fuzzy Cluster Analysis) FCA توسط زبان برنامه‌نویسی قوی $VB6$ تحت ویندوز ۹۸ و به صورت بسته نرم‌افزاری تهیه شده است. پیاده‌سازی و حل مسائل دسته‌بندی فعالیت‌ها توسط این نرم‌افزار به راحتی امکان‌پذیر می‌باشد.

برنامه از یکسری فرم‌ها و گزارشات تشکیل شده است که اطلاعات مربوط به فعالیت‌ها و شاخص‌ها براساس نوع اطلاعات وارد نرم‌افزارشده وپس‌از پردازش توسط الگوریتم‌های خوشه‌بندی گزارش‌های مورد نیاز را بعنوان خروجی در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

۳ـ۱ـ فرم‌های اصلی نرم‌افزار

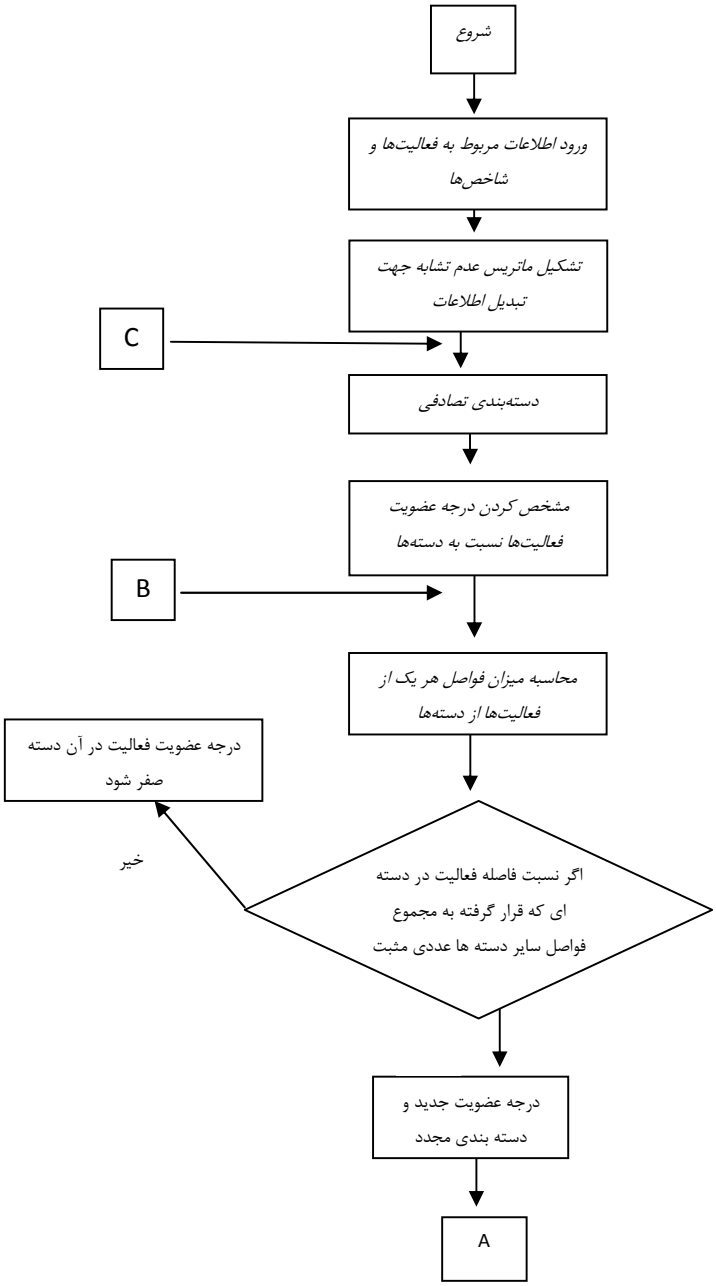
۳ـ۱ـ۱ـ فرم مشخصات پروژه



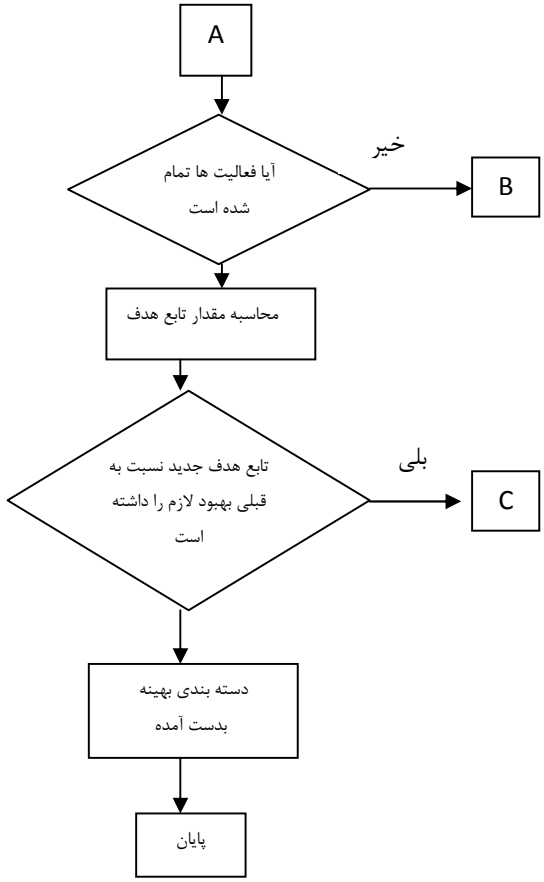
شکل ۲ـ فرم مشخصات پروژه

در این فرم اطلاعات مربوط به پروژه، کاربر، منابع و مراجع، نام تحلیل‌گر همچنین تعداد فایل‌ها و شاخص‌ها وارد نرم‌افزار می‌شود. نرم‌افزار می‌تواند ۱۰۰۰ فعالیت و حداکثر ۱۰۰ شاخص را بپذیرد، در این فرم یک $textbox$ با عنوان e است که برای تعیین حساسیت بهینگی تابع هدف می‌باشد که عددی مثبت و خیلی کوچک می‌باشد و هر چه این عدد کوچک‌تر باشد دقت

آلگوریتم بیشتر و سرعت دسته سازی کاهش خواهد یافت، در ضمن لازم است تعداد دسته‌هایی که فعالیت‌ها را می‌خواهیم به آن تعداد دسته تخصیص دهیم در این فرم مشخص گردد. که تحت عنوان Batch Count *مشخص شده است.*

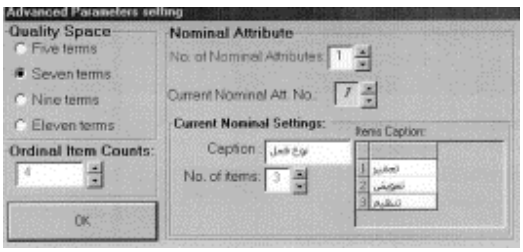


شکل ۱ـ الگوریتم (فلوچارت) FCA



اگر تعداد n فعالیت داشته باشیم، آن‌گاه تعداد دسته‌ها باید عددی در بازه (<n> تعداد دسته ۱<) باشد.

برای ورود اطلاعات مربوط به شاخص‌ها از لحاظ کمی، کیفی، مانند اطلاعات Ordinal, Asymmetric, Symmetric, Nominal و اطلاعات فازی لازم است که کلید Move در فرم پروژه Advanced Parameters Setting در دسترسی قراربگیرد.



شکل ۳ـ تعیین مقیاس شاخص‌ها

۳ـ۱ـ۲ـ فرم اطلاعات پیشرفته پروژه

اطلاعات قابل تنظیم در این فرم عبارتند از:

Quality Space: این مشخصه برای تعیین تعداد موضوع‌های مورد نمایش در اطلاعات نوع کیفی و همچنین جهت تعیین نوع هر یک از شاخص‌ها به کار می‌رود.

Ordinal: برای تعیین تعداد موضوع‌ها در اطلاعات نوع Ordinal مورد استفاده قرار می‌گیرد، به عنوان مثال: اگر نیروی انسانی یک سازمان از لحاظ درجه مهارت به سه دسته تقسیم شده باشند در اینجا عدد ۳ وارد می‌شود.

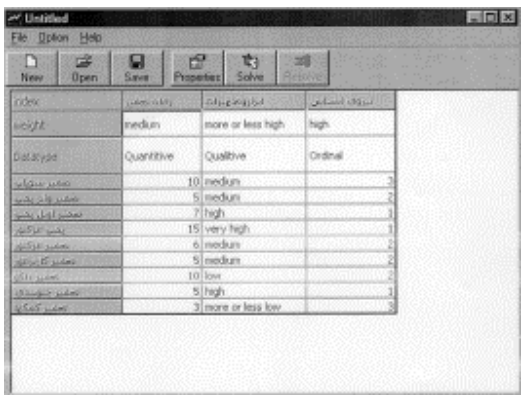
No of Nominal Attributs: این مشخصه برای تعیین تعداد و نوع اطلاعات اسمی به کار می‌رود، به عنوان مثال: اگر در شاخص‌ها جنس و رنگ نیز مد نظر باشد در این قسمت عدد ۲ وارد می‌شود.

Current Nominal Attributs: برای تنظیم مشخصه هر یک از موضوع‌های اسمی ایجاد شده از این قسمت استفاده می‌شود. فرضاً برای تنظیم مشخصات جنس در این مشخصه عدد ۱ و برای تنظیم مشخصات رنگ عدد ۲ انتخاب می‌شود. بزرگ‌ترین عدد قابل استفاده در این مشخصه برابر با عدد انتخابی در No of Nominal Attributs خواهد بود.

Caption: برای مشخص کردن اسم مستعار هر یک از انواع اطلاعات اسمی، نام مورد نظر در این مشخصه وارد می‌گردد (مثلاً کلمه جنس برای اولین Nominal).

No of Items: برای تعیین تعداد موضوع‌های مورد استفاده در هر یک از اطلاعات اسمی از این مشخصه استفاده می‌شود. به طور مثال، اگر جنس‌های «پلاستیک»، «کائوچو» و «آلومینیم» مد نظر باشد، عدد ۳ در این قسمت وارد می‌شود.

Items Caption: به تعداد عدد No of Items در این مشخصه امکان وارد کردن اطلاعات متنی وجود دارد.



شکل ۴ـ فرم ورود اطلاعات

۳ـ۱ـ۳ـ فرم اصلی ورود اطلاعات: در این فرم می‌توان اطلاعات مربوط به شاخص‌ها و پارامترها را به راحتی وارد نرم‌افزار کرد.

۳ـ۱ـ۳ـ۱ـ وارد کردن وزن شاخص‌ها: برای این منظور به راحتی می‌توان توسط موس بر روی یکی از سلول‌های سطر Weight که قرار است اطلاعات آن وارد شود. عمل Click را انجام داد در این هنگام لیستی از وزن‌های قابل دسترسی ظاهر می‌گردد. مانند low , med to ... که با Click مجدد بر روی موضوع مورد نظر مقدار آن در سلول ذخیره می‌گردد.

۳ـ۱ـ۳ـ۲ـ تعیین نوع داده‌ها: برای این منظور نیز به سادگی با Click بر روی یکی از سلول‌های سطر Data type لیستی از انواع داده‌های موجود و تعریف شده (کمی، کیفی، Nominal و ...) ظاهر می‌گردد که با Click مجدد بر روی نوع داده مورد نظر این نوع داده برای شاخص در نظر گرفته می‌شود.

۳ـ۱ـ۳ـ۳ـ نحوه وارد کردن اطلاعات در جدول

الف- اطلاعات کمی و نسبی (Quantity): این اطلاعات بااستفاده از اعداد صفحه کلید در سلول مورد نظر وارد می‌گردد.

ب- اطلاعات کیفی (Quality): اطلاعات در ستون‌های‌کیفی براساس گزینه انتخاب شده در قسمت Space Quality توسط یک لیست انتخابی صورت می‌پذیرد، این لیست با فشردن کلید روی سلول مورد نظر نمایان می‌گردد.

ج- اطلاعات Asymmetric, Symmetric : با توجه به این که‌اطلاعات در این ستون‌ها صرفاً یکی از اعداد صفر یا یک است، در صورت انتخاب سلول‌های این دو، می‌توان اعداد صفر و یا یک را از صفحه کلید وارد کرد.

د- اطلاعات Ordinal : براساس عدد تنظیم شده در سلول« Ordinal Symmetric Items Count » لیستی از اعداد بین ۱ و عدد تنظیمی برای انتخاب و جایگزینی در سلول‌های دارای نوع Nominal ایجاد می‌گردد. چنانچه Ordinal Items Count تنظیم نشده باشد، لیست ایجادی خالی ظاهر می‌شود.

ه- اطلاعات فازی (Fuzzy): برای ورود اطلاعات فازی‌چنانچه روی سلول مورد نظر Click شود، چهار عدد a , M2 ,b M1 برای ایجاد محدودهٔ فازی اعداد در شکل ذوزنقه‌ای ایجاد می‌گردد. چنانچه محدوده اعداد فازی مثلثی باشد بدین معنی است که اعداد M1 , M2 یکسان است.

و- اطلاعات نوع Nominal : براساس تعداد موضوع‌های تعریف شده برای هر یک از اطلاعات اسمی، چنانچه منظور تعیین نوع شاخص موضوع اسمی باشد، در صورت Click در سلول‌های آن لیست، تمام موضوعات تعریف شده برای آن به نمایش می‌آید و در صورت انتخاب یکی از آنها، آن مقدار در سلول ثبت می‌گردد.

پس از اتمام ورود اطلاعات مربوط به فعالیت‌ها با فشردن دکمه Solve و یا انتخاب Run از منوی Options برنامه اقدام به حل مسئله می‌نماید و با پیغام achieved Objective function has been دستیابی به جواب بهینه را اعلام می‌دارد، در پایان یک نمونه از گزارشاتی که می‌توان از نرم‌افزار به عنوان خروجی گرفت، آورده شده است.

منابع و مآخذ

1. Bandemen, H. and W. Nther (1992) Fuzzy Data Analysis, Dovdrecht.
2. Bezdek, J.C. (1981) Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms. NewYork, London.

پی‌نوشت‌ها

1-Fuzzy Cluster Analysis (FCA)

2-Decision Support System (DSS)

نمونه‌ای از گزارشات خروجی نرم‌افزار FCA

Project Name:

User Unit:

Information Source:

analyst:

Activity	Batch	Membership	Batch
	٪۰۰.۰۰	۱	تعمیر بوش
	٪۰۰.۰۰	۲	
***	٪۱۰۰.۰۰	۳	
	٪۳۹.۰۵	۱	تعویض بلبرینگ
***	٪۶۰.۹۵	۲	
	٪۰۰.۰۰	۳	
	٪۰۰.۰۰	۱	تعمیر سوپاپ
	٪۰۰.۰۰	۲	
***	٪۱۰۰.۰۰	۳	

	٪۳۶.۶۴	۱	*تنظیم رادیاتور*
***	٪۶۳.۳۶	۲	
	٪۰۰.۰۰	۳	
	٪۰۰.۰۰	۱	*سرویس روغن*
	٪۰۰.۰۰	۲	
***	٪۱۰۰.۰۰	۳	
	٪۰۰.۰۰	۱	*تعویض واشر سرسیلندر*
	٪۰۰.۰۰	۲	
***	٪۱۰۰.۰۰	۳	