

## فصل چهارم:

روشهای حل و نتایج محاسباتی

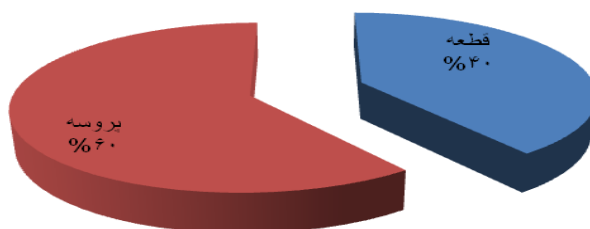
## 1.4 : مقدمه:

در فصل سوم، به بیان یک مدل برای ارزیابی ریسک خطاها پرداخته شد و ضمناً نحوه استفاده از FCM ها برای مدل‌بندی FMEA مطرح گردید. در فصل حاضر، روش حل مدل فوق و نیز نحوه استفاده از FCM ها مطرح می‌گردد. برای نشان دادن نتایج عملی تحلیل نیز، یکی از واحدهای موتورسازی شرکت ایران خودرو (موتورسازی شماره 3) در نظر گرفته شده است. با توجه به اینکه مانند هر واحد صنعتی دیگری، بررسی علتهای تمام خطاها کار به صرفه و امکان‌پذیری نیست؛ در اینجا نیز هدف، پیدا کردن موثرترین خطاها و اولویت‌بندی آنهاست؛ آنگاه با استفاده از FCM ها به علت‌یابی یکی از خطاها پرداخته و در نهایت راهکارهایی برای کاهش و یا از بین بردن علت این خطا ارائه می‌گردد. لذا، ابتدا مختصری راجع به این واحد موتورسازی توضیح داده می‌شود.

## 2.4 : توضیحات کلی در مورد مطالعه موردی صورت گرفته

### 1.2.4 : انواع خطاها در موتورسازی شماره 3 شرکت ایران خودرو:

به طور کلی وقوع خطاها در این واحد تولید موتور را می‌توان به دو دلیل کلی قطعه‌ای و فرآیندی تقسیم کرد که در خطاهای قطعه‌ای اشتباه و ایراد در قطعه می‌باشد و در حالت فرآیندی، بعلت فرآیندهای مونتاژ و سایر فرآیندهای دخیل در تولید و مونتاژ می‌باشد که بر اساس آمار گزارش روزانه واحد تعمیرات مطابق شکل 4-1: میزان وقوع خطاها بر اساس ایراد در فرآیند و قطعه نشان داده شده است.



شکل 4-1 : میزان وقوع خطاها بر اساس ایراد در فرآیند و قطعه

#### 2.2.4 : انواع موتورها و مدل های مختلف موتور تولیدی در موتورسازی 3 :

در سالن موتورسازی 3 امکان تولید انواع موتور پژو 206 وجود دارد. موتورهای پژو 206 که در این سالن تولید می شود به دو گروه اصلی تقسیم می شود. دسته اول، موتورهای نوع TU3 و دسته دوم موتورهای نوع TU5 است که هر کدام از آنها دارای انواع مختلفی می باشند .

##### 1.2.2.4 : موتور TU3 :

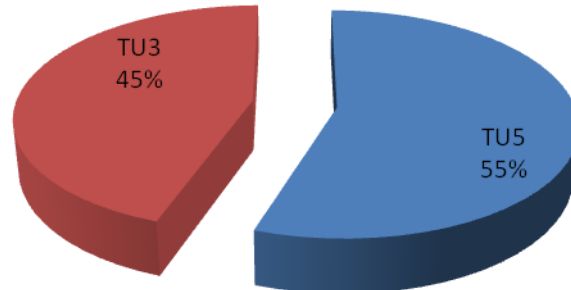
موتور، TU3 با حجم موتور 1361 سی سی و با قطر داخلی سیلندر 75 میلیمتر و طول ضربه 77 میلیمتر است. این موتور دارای 4 سیلندر خطی آب خنک با یک میل سوپاپ در بالا می باشد و سوخت رسانی آن از سیستم انژکتوری چند نقطه ای انجام می شود. جنس بلوک سیلندر و سرسیلندر این نوع موتور از آلومینیوم می باشد. حداکثر قدرت این موتور 55 KW و ماکزیمم گشتاور معادل 120 نیوتن متر (در دور 3400 rpm) را دارا است.

##### 2.2.2.4 : موتور TU5 :

موتور TU5 دارای حجم موتور ۱۵۸۷ سی سی است. قطر داخلی سیلندر آن 78.5 میلیمتر و طول ضربه (کورس یا Stroke) آن نیز ۸۲ میلی متر است. این موتور دارای ۴ سیلندر خطی و ۲ میل بادامک (هوا و دود) است و سوخت رسانی آن از سیستم انژکتوری چند نقطه ای انجام می شود. همچنین جنس بلوک سیلندر این موتور از چدن و جنس سرسیلندر آن از آلومینیوم است و محل کارتر آن بر خلاف موتورهای TU3 بر روی بلوک سیلندر طراحی نشده است؛ بلکه به دلیل کاهش وزن موتور، کارتر از جنس پلاستیک می باشد که به بلوک سیلندر پیچ می گردد.

این موتور در ابتدا در پیکربندی ۸ و ۱۶ سوپاپ موجود بود، اما در حال حاضر فقط در آپشن 16V باقی مانده است. از موتور TU5 در مسابقات رالی شرکت پژو سیتروئن استفاده شده است. موتور TU5 که بر روی محصولات ۲۰۶ ایران خودرو نصب می شود، ماکزیمم قدرت معادل 78KW و همچنین ماکزیمم گشتاور معادل 142 نیوتن متر را دارا می باشد.

شکل (4-2) درصد وقوع خطا را با توجه به نوع موتور بیان می‌کند.



شکل 4-2: درصد وقوع خطا بر اساس نوع موتور

#### 3.2.4: تعویض اپراتور:

چرخش کار<sup>۱</sup>، روشی است که در آن اپراتورهای مختلف معمولاً در یک خط<sup>۲</sup>، در ایستگاههای مختلف جابه‌جا می‌شوند. این روش عمدتاً به دلایل زیر صورت می‌گیرد:

- ارتقاء مهارت اپراتورها با استفاده از آنها در ایستگاههای مختلف کاری (سیستمی که در ژاپن و سوئد مرسوم شد)
- تقسیم وظایف سنگین در ایستگاههای با کار مشکل‌تر و پیچیده‌تر
- جلوگیری از خستگی ناشی از یکنواختی کار

در کنار مزایای عمده این روش، مشکل اصلی آن در تغییرات ناگهانی کارها می‌باشد. در اوایل روزهای تغییر اپراتور، امکان وقوع خطا بیشتر می‌باشد که افزایش تعداد خطاها در روزهای آغازین یا پایانی هر ماه و عدم روان شدن اپراتورها در ایستگاههای جدید را به دنبال دارد.

<sup>1</sup> Job Rotation

<sup>2</sup> Line

#### 4.2.4 : دادن کارت نارنجی<sup>۱</sup> به موتور:

موتورهایی که قابلیت تعمیر شدن دارند و می‌توان مشکل آنها را بدون نیاز به دمونتاژ کامل برطرف کرد، کارت نارنجی دریافت می‌کنند. مانند اینکه مثلاً در فرآیند سیلیکن زنی، چسب کارتر را به خوبی به بلوکه سیلندر نچسبانده باشند و مابین آنها به خوبی درزگیری نشده باشد یا روغن موتور ریخته نشده باشد، که اینگونه موتورها بعد از تعمیر دوباره برای ادامه فرآیندها به خط باز می‌گردند و یا ادامه مونتاژ تا آخرین ایستگاه انجام می‌شود و در واحد تعمیرات بدون نیاز به دمونتاژ کلی؛ مشکلات با دوباره کاری، تعمیر یا تعویض قطعه برطرف می‌شود. ولی برخی دیگر از موتورهایی که واحد تعمیرات نمی‌تواند آنها را تعمیر کند دمونتاژ می‌شوند. به طور کلی اگر ایراد در هر ایستگاه طوری باشد که خللی در ادامه فرآیند مونتاژ در ایستگاه‌های بعدی ایجاد نکند یا برطرف کردن ایراد آن ایستگاه در واحد تعمیرات نیازمند دمونتاژ کل موتور نباشد، کارت نارنجی می‌گیرند.

#### 5.2.4 : دادن کارت قرمز<sup>۲</sup> به موتور :

موتورهایی که نمی‌توان آنها را تعمیر کرد؛ کارت قرمز می‌گیرند. مانند موتوری که در حین نقل و انتقالات توسط اپراتورها یا ربات، دچار شکستگی در بلوکه سیلندر شده باشد که قابل تعمیر نیست و دمونتاژ می‌شود تا از قطعات سالم باقیمانده آن استفاده شود. یا یک قطعه معیوب توسط اپراتور در این ایستگاه مشاهده می‌شود که انجام دادن کارهای بعدی در ایستگاه بعدی کاری بیهوده است و در آن ایستگاه موتور از خط مونتاژ خارج می‌شود.

با توجه به توضیحات فوق بدیهی است که دریافت کارت قرمز برای موتور بسیار مهمتر و بحرانی‌تر از دریافت کارت نارنجی است و بررسی این خطاها از اولویت بالاتری نیز برخوردار است که از جمله این خطاها، پارگی سیل لاینر است.

---

<sup>1</sup>Orange

<sup>2</sup> Red

#### 6.2.4 : اتاق کنترل مرکزی :

کلیه پارامترهای خطوط مونتاژ از اتاق کنترل مرکزی قابل مشاهده و کنترل است. در حقیقت مانیتورینگ خط مونتاژ در این قسمت انجام می‌شود. ارائه گزارش لحظه به لحظه از روند تولید، توقف، عملکرد سنسورها، ردیابی قطعات، مشاهده آلارم‌ها و خرابی‌های سیستم و همچنین تعیین تعداد قطعات مونتاژ شده و بسیاری قابلیت‌های دیگر توسط این سیستم قابل انجام است.

کار هر ایستگاه یا بوسیله‌ی اپراتور، یا به صورت نیمه خودکار و یا به صورت تمام خودکار و به وسیله‌ی ربات انجام می‌شود. واحد موتورسازی 3 شامل دو خط ماشین کاری و یک خط مونتاژ موتور است. در خط مونتاژ انواع مختلفی از موتورهای TU3 و TU5 مونتاژ می‌گردند. این خط مونتاژ خود شامل سه قسمت اصلی است که عبارتند از :

- خط مونتاژ بلوک سیلندر
- خط مونتاژ سرسیلندر
- خط مونتاژ نهایی

بیش از نیمی از فرآیندها در خطوط مونتاژ توسط رباتها انجام می‌شود. در هر ایستگاه حسگرهای کنترلی بسیاری وجود دارد که کارهای انجام گرفته توسط اپراتورها و یا رباتها را به شدت کنترل می‌کنند و در صورتی که فرآیند به صورت کامل انجام نشده باشد مانع از عبور قطعه مورد نظر می‌شوند. در صورتی که قطعه سالم باشد چراغ نصب شده در ایستگاه علامت سبز را نشان می‌دهد و اگر بوسیله یکی از سیستم‌های کنترلی و سنسورها مشکلی در آن ایستگاه مشاهده شود چراغ قرمز روشن می‌شود و به تشخیص اپراتور کارتهای نارنجی یا قرمز دریافت خواهد کرد. همچنین هر ایستگاه دارای برگه‌های توضیحاتی می‌باشد که فرآیندی را که در آن ایستگاه صورت می‌گیرد بیان می‌کند و فرآیندهایی را که به ترتیب باید توسط اپراتورها انجام شوند در این برگه‌ها آمده است و در بخشی دیگر لوازم مورد نیاز در ایستگاه ذکر شده‌اند.

#### 7.2.4 : بالاترین آمار خطاها مربوط به کدام یک از خطاها است؟

پس از انجام بررسیهای لازم از لحاظ آماری و پرسش از افراد خبره، ایستگاههای با تعداد آمار خطای بالاتر تعیین گردیدند. البته باید به این نکته توجه کرد که ایستگاههای دارای خطای بیشتر اکثراً ایستگاههای تست هستند به عنوان مثال ایستگاه مربوط به تست نشتی روغن در خط نهایی و ایستگاه تست نشتی بلوکه سیلندر (که شامل نشتی ناشی از سیل لاینر، نشتی از محل واترپمپ، شکستگی کارتر و ...) می باشند که یکی از دلایل عمده مشکلات آن مربوط به مشکل در ایستگاه مربوط به سیل لاینر و ایستگاه مربوط به تست نشتی مدار آب است. تست نشتی در ایستگاه با بستن دو محفظه ورودی و 2 محفظه خروجی و با کمک فشار هوا انجام می شود که مشکل اصلی آن ناشی از مشکلات موجود در <sup>1</sup>WOB و <sup>2</sup>WIB نصب شده در ایستگاههای مربوطه است.

بنابراین خطاهای عمده در این واحد موتورسازی عبارتند از : نشتی از دیپ استیک، نشتی از مینیفولد دود، نشتی از مینیفولد هوا، نشتی از سیل لاینر، نشتی از کاسه نمد سر سیلندر، نشتی از کاسه نمد میل لنگ، نشتی از سیل هولدر پلیت، محفظه ورودی آب، نشتی از کارتر. به منظور اختصار هریک از این خطاها در جدول به ترتیب با شماره هایی از 1 تا 9 معین شده اند. از آنجا که یکی از مراحل مهم در FMEA، اولویت بندی حالت های شکست یا خطا است؛ در اینجا با استفاده از متدولوژی بیان شده در فصل سوم به اولویت بندی این خطاها پرداخته می شود.

#### 3.4 : ارزیابی ریسک شکستها بر اساس مدل پیشنهادی :

بدین منظور در ارزیابی های انجام شده در مورد فاکتورهای ریسک از سه فرد خبره نظر خواهی شده است که هریک از این افراد خبره با توجه به میزان تجربه و قابلیت اعتمادی که دارند وزنی را به عنوان درجه اعتبار دریافت می کنند که مطابق جدول (4-1) خواهد بود :

---

<sup>1</sup> Water In put Box

<sup>2</sup> Water Output Box

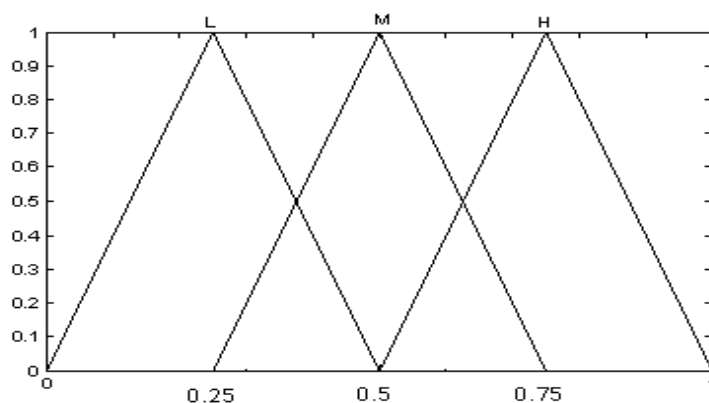
جدول 4-1: اعتبار افراد خبره

شماره فرد خبره	درجه اعتبار نظر
1	0.4
2	0.3
3	0.3

نیز از آنجا که در روش بیان شده در فصل سوم، فاکتورهای ریسک به صورت یکسان تلقی نمی‌شوند بایستی، وزن هریک از این فاکتورها را در حالت کلی مشخص نمود بدین منظور برای این فاکتورها توسط این افراد وزنهایی معین شده که این وزنها به صورت فازی و از بین عبارات زبانی «کم، متوسط و زیاد» تعیین شده‌اند (شکل 4-3) که این عبارات زبانی به منظور اختصار با حروف "M, L, H" نمایش داده شده‌اند:

جدول 4-2: وزن فاکتورها در حالت کلی از نظر افراد خبره

وزن D	وزن S	وزن O	وزن C	
M	H	H	L	فرد خبره اول
M	H	H	M	فرد خبره دوم
L	H	H	H	فرد خبره سوم





شکل 4-3: نرخهای فازی و توابع در نظر گرفته شده برای فاکتورهای ریسک در حالت کلی

در مرحله بعد از این افراد خواسته شد که، در مورد هریک از این خطاها برای فاکتورهای مفروض، وزنهایی را تعیین کنند که این وزنها برای فاکتورهای ریسک قابلیت تشخیص و شدت اثر و وقوع و نیز برای فاکتور هزینه از بین عبارات زبانی «خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد» بوده و به ترتیب با حروف " VH,H,M,L,VL " نمایش داده شده‌اند. توضیح هریک از این عبارات زبانی و عدد فازی اختصاص یافته در جدولهای زیر بیان شده است.

جدول 4-3: اعداد فازی و عبارات زبانی برای شدت اثر خطاها

عدد فازی	مفهوم و توضیح	شدت اثر
(1,1,2)	غیر منطقی است که انتظار رود اثر بسیار کم این الگوی شکست بر اجرای سیستم هیچ اثر واقعی داشته باشد. مشتری احتمالا اصلا به این اثر توجهی نخواهد داشت.	VL
(2,3,4)	در این حالت شکست اثر کمی بر نارضایتی مشتری دارد و فقط وی متوجه کمی بد عمل کردن آن می‌شود.	L
(4,5,6)	شکست مقداری بر نارضایتی مشتری تأثیر دارد و مشتری از این شکست آزرده می‌شود و کم و بیش متوجه این شکست می‌شود.	M
(6,7,8)	درجه بالایی از نارضایتی مشتری به علت این شکست اتفاق می‌افتد.	H
(8,9,10)	درجه بسیار بالایی از نارضایتی مشتری در این حالت اتفاق می‌افتد.	VH

جدول 4-4: جدول عبارات زبانی و اعداد فازی وقوع شکست

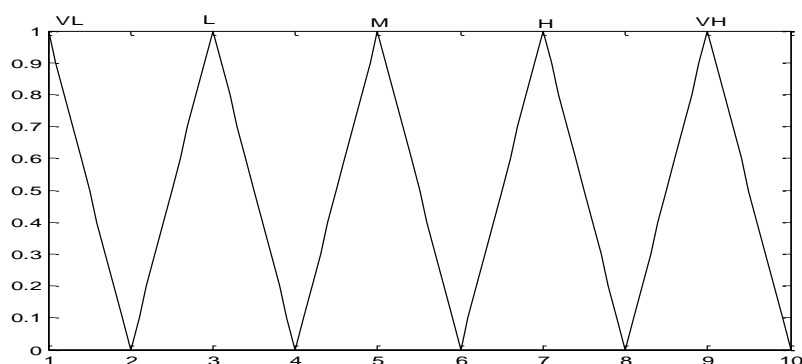
عدد فازی	مفهوم و توضیح	وقوع شکست
(1,1,2)	شکست های غیر محتمل	VL
(2,3,4)	شکستهای که نسبتا کم اتفاق می افتند.	L
(4,5,6)	شکستهایی که گاهی اتفاق می افتند.	M
(6,7,8)	شکستهای تکرار شونده	H
(8,9,10)	شکستهای تقریبا غیر قابل اجتناب	VH

جدول 4-5: جدول عبارات زبانی و اعداد فازی برای قابلیت تشخیص

عدد فازی	مفهوم و توضیح	قابلیت تشخیص
(1,1,2)	اغلب ضعف طراحی یا همان الگوی شکست بالقوه تشخیص داده می شود.	خیلی زیاد
(2,3,4)	یک شانس خوب در تشخیص ضعف یا شکست بالقوه وجود دارد.	زیاد
(4,5,6)	ممکن است که ضعف یا شکست بالقوه تشخیص داده شود.	متوسط
(6,7,8)	مقدار کمی احتمال دارد که ضعف یا شکست بالقوه تشخیص داده شود.	کم
(8,9,10)	احتمالا ضعف یا شکست بالقوه تشخیص داده نمی شود.	خیلی کم

هزینه نیز شامل هزینه‌هایی مانند هزینه تعمیرات و دستمزد، هزینه تعویض قطعه و هزینه وقفه در عملیات است. مثلاً در مواردی که خطا در مرحله هات تست<sup>1</sup> تشخیص داده می‌شود بایستی کل موتور باز شده و نسبت به رفع آن اقدام شود که بدیهی است در چنین حالتی هزینه باز کردن موتور که به نوبه خود هزینه زیادی است و علاوه بر آن ضد یخ و مواد دیگری که در موتور ریخته می‌شود به هدر خواهد رفت. خطاهایی که منجر به گرفتن کارت قرمز می‌شوند نیز همانطور که بیان شده موتور را از ادامه فرآیند مونتاژ باز می‌دارند که خود هزینه وقفه در عملیات را به دنبال دارد.

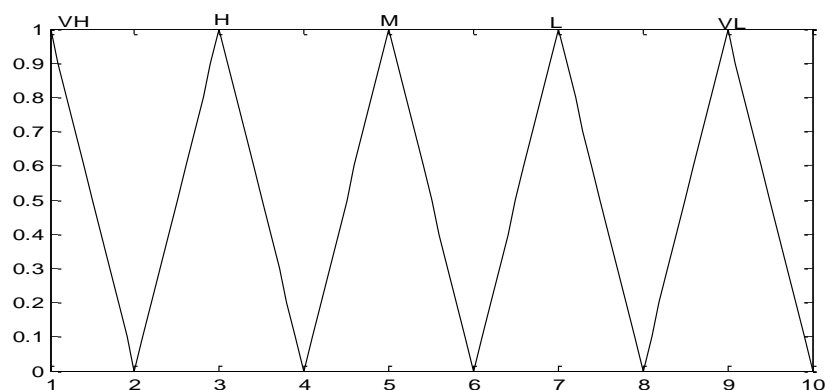
شکل (4-4) اعداد فازای اختصاص یافته به فاکتورهای ریسک وقوع و شدت اثر و هزینه را بیان می‌دارد :



شکل 4-4: نرخهای فازای برای برآورد وقوع و شدت اثر و هزینه خطاها و توابع عضویشان

اعداد فازای اختصاص یافته به قابلیت تشخیص نیز مطابق با شکل (4-5) خواهد بود.

<sup>1</sup> Hot Test



شکل 4-5: نرخ های فازی برای برآورد قابلیت تشخیص خطاها و توابع عضویتشان

بر این اساس و با توجه به توضیحات ارائه شده در مورد نرخها و توابع عضویت در نظر گرفته شده برای هریک از فاکتورها، نظر هر یک از افراد خبره راجع به این فاکتورهای ریسک و برای هر یک از خطاها در قالب جدول (4-6) خلاصه شده است .

جدول 4-6: برآوردهای افراد خبره از فاکتورهای ریسک خطاها

شکستها وزن فاکتورها	1	2	3	4	5	6	7	8	9
وزن O از نظر فرد 1	L	VL	L	VH	L	VL	VL	H	H
وزن O از نظر فرد 2	L	L	L	H	VL	L	H	H	H
وزن O از نظر فرد 3	M	L	M	VH	M	L	H	L	M
وزن D از نظر فرد 1	H	VH	VH	H	M	H	H	M	H
وزن D از نظر فرد 2	H	VH	VH	H	VH	M	H	VH	VH
وزن D از نظر فرد 3	VH	VH	H	M	H	VH	VH	H	H
وزن S از نظر فرد 1	VL	L	H	H	VH	L	M	L	L
وزن S از نظر فرد 2	VL	L	H	H	VH	M	H	L	L
وزن S از نظر فرد 3	L	M	H	VH	H	M	M	M	L
وزن C از نظر فرد 1	L	L	VL	VH	M	M	M	H	H

H	H	VL	VL	L	VH	L	VL	L	وزن C از نظر فرد 2
M	VH	M	L	M	H	L	L	M	وزن C از نظر فرد 3

پس از اینکه افراد خبره نظراتشان را بیان داشتند، با استفاده از معادلات (3-1) تا (3-8) یکپارچه سازی نظرات صورت می گیرد. که در آنها از ویژگی جمع اعداد فازی مثلثی استفاده شده است که مطابق با قاعده ذیل است: هرگاه  $\tilde{A}, \tilde{B}$  دو عدد فازی مثلثی باشند که  $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3)$   $\tilde{B}=(b_1, b_2, b_3)$  آنگاه جمع آنها از قاعده جمع اعداد مثلثی فازی پیروی می کند:

$$\tilde{A}+\tilde{B}=(a_1+b_1, a_2+b_2, a_3+b_3)$$

نتایج حاصله برای فاکتورهای ریسک این 9 خطا پس از یکپارچه سازی در قالب جدول (4-7) خلاصه شده است. همچنین در سطر آخر جدول نیز وزنهای اهمیت فاکتورها یکپارچه سازی شده است. در اینجا 9 شکست یا خطا بررسی شده که در نتیجه در مدل بیان شده در فصل سوم بایستی  $i=1,2,\dots,9$  و نیز چون از سه فرد خبره نظر خواهی شده است لذا  $j=1,2,3$

جدول 4-7 : نتایج حاصل از یکپارچه سازی نظرات افراد خبره برای فاکتورهای ریسک

فاکتورهای ریسک شماره خطا	وقوع شکست	شدت اثر شکست	قابلیت تشخیص شکست	هزینه شکست
1	(2.6,3.6,4.6)	(1.2,1.6,2.7)	(1.7,2.4,3.4)	(2.8,3.9,5)
2	(1.6,2.2,3.2)	(2.6,3.6,4.4)	(1,1,2)	(1.7,2.4,3.4)
3	(2.6,3.6,4.6)	(7,8,9)	(1.3,1.6,2.6)	(1.6,2.2,3.2)
4	(7.4,9.3,9.4)	(6.6,7.6,8.6)	(2.6,3.6,4.6)	(7.2,9.3,9.4)

(4.4,3.4,5.4)	(2.5,3.2,4.2)	(7.4,9.3,9.4)	(2.3,3,5.4)	5
(2.5,2.9,4.2)	(2,3,4)	(3.2,4.2,5.2)	(1.6,2.2,3.2)	6
(3.1,3.8,4.8)	(2.3,3,4)	(4.6,5.6,6.6)	(4,4.6,5.6)	7
(6.6,7.6,8.6)	(2.5,3.2,4.2)	(2.6,3.6,4.6)	(4.8,5.8,6.8)	8
(5.4,6.4,7.6)	(1.7,2.4,3.4)	(2,3,4)	(6.4,6.4,7.6)	9
(3.8,4.8,5.8)	(3.4,4.4,6.4)	(6,7,8)	(6,7,8)	وزنهای اهمیت فاکتورهای ریسک

حال که برای تمام خطاها و وزنهای اهمیت فاکتورها یکپارچه‌سازی صورت گرفت، با استفاده از معادله (3-9) در مرحله بعد اعداد اولویت ریسک فازی برای هر شکست تعیین خواهد شد. همانطور که در فصل سوم نیز بیان شد اعداد اولویت ریسکی که با استفاده از این روش به دست می‌آیند بر خلاف مدلهای دیگر، فاکتورهای ریسک را به صورت یکسان در نظر نگرفته‌اند و به آنها وزنهای اهمیتی نسبت داده‌اند. از آنجایی که، FRPN ها اعداد فازی هستند می‌توانند با استفاده از مجموعه‌های سطح  $\alpha$  تعیین گردند. مجموعه‌ی سطح  $\alpha$  توسط معادله (4-1) تعریف می‌شود:

(4-1)

$$A_{\alpha} = \{x \in X | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} = [\min\{x \in X | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}, \max\{x \in X | \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\}]_{\alpha}$$

حال در این مرحله با استفاده از معادلات (3-20) تا (3-26) برای هر یک از خطاها و با انتخاب  $\alpha$  های مختلف تکرارها انجام خواهند شد. انتخاب  $\alpha$  اختیاری است در اینجا  $\alpha$  مقادیر  $\{0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1\}$  را اختیار خواهد کرد. نیز از آنجا که مدلهای بیان شده، مدلهایی خطی و ساده هستند به راحتی با نرم‌افزارهای ریاضی قابل حل هستند. مطلب دیگر اینکه آنچه با معادلات فوق حاصل می‌شود به دلیل تبدیل لگاریتمی انجام شده، لگاریتم  $FRPN_i$  است. مثلاً اگر  $z_1^*$  و  $z_2^*$

$$(FRPN_i)_{\alpha}^L = \exp(z_1^*) \text{ و نیز } (FRPN_i)_{\alpha}^U = \exp(z_2^*) \text{ باشند}$$

نتایج در قالب جدول (4-8) برای خطاهای مختلف خلاصه شده است :

جدول 4-8 : مجموعه‌های سطح  $\alpha$  ی اعداد اولویت ریسک 9 الگوی شکست

$\alpha_i$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
1	(5.1,8.2)	(5.3,7.9)	(5.5,7.8)	(5.9,7)	(6.1,7.2)	(6.4,6.9)
2	(3.3,6.6)	(3.7,6.3)	(4,6)	(4.1,5.8)	(4.3,5.6)	(4.7,5.2)
3	(3.1,6.8)	(3.7,6.5)	(4,6.3)	(4.3,6.1)	(4.6,6)	(4.9,5.4)
4	(5.5,8.5)	(5.7,7.9)	(5.8,7.6)	(6,7.4)	(6.2,7.1)	(6.5,7)
5	(3.3,7.1)	(3.6,6.8)	(3.9,6.5)	(4.3,6.3)	(4.6,6.1)	(4.9,5.7)
6	(4.9,8)	(5.2,7.7)	(5.4,7.5)	(5.7,7.2)	(5.9,6.9)	(6.2,6.6)
7	(2.4,5.9)	(2.7,5.6)	(3,5.3)	(3.3,5.1)	(3.6,4.8)	(3.9,4.5)
8	(2.2,5.4)	(2.5,5.2)	(2.6,5)	(2.7,4.9)	(2.8,4.5)	(3,4)
9	(2.1,5.2)	(2.3,5)	(2.4,4.8)	(2.6,4.6)	(2.7,4.2)	(2.9,3.8)

بر این اساس برای هر الگوی شکست مجموعه‌های سطح  $\alpha$  تعیین شدند که در نتیجه برای هر

الگوی شکست  $FRPN_i = U_{\alpha} \alpha. [(FRPN_i)_{\alpha}^L, (FRPN_i)_{\alpha}^U]$  که در اینجا  $\alpha$  همان مجموعه

مقادیر ذکر شده است. در حالت کلی  $(0 < \alpha \leq 1)$

در مرحله بعد بایستی به دی‌فازی کردن این نتایج پرداخت که روش دی‌فازی انجام شده همان

روش دی‌فازی کردن مرکز ثقل است که در حالت کلی به این صورت انجام می‌گیرد:

اگر  $\tilde{A}$  یک عدد فازی باشد.  $D(\tilde{A})$  مقدار حاصل از دی‌فازی به این صورت به دست می‌آید:

$$D(\tilde{A}) = \frac{\int_a^d x \mu_{\tilde{A}}(x) dx}{\int_a^d \mu_{\tilde{A}}(x) dx} \quad (2-4)$$

در اینجا اعداد فازی همگی به صورت مثلثی بیان شده‌اند و وقتی که یک عدد فازی مثلثی به

وسیله مجموعه‌های سطح  $\alpha$  تعریف شود و  $\alpha$  ها با فواصل مساوی انتخاب شوند روش دی‌فازی

مرکز ثقل به این صورت به دست می‌آید:

(۳-۴)

$$\int_a^d x \mu_{\bar{A}}(x) dx = \frac{1}{2n} [((x)_{\alpha 0}^U - (x)_{\alpha 0}^L) + ((x)_{\alpha n}^U - (x)_{\alpha n}^L) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} ((x)_{\alpha i}^U - (x)_{\alpha i}^L)]$$

(۴-۴)

$$\int_a^d \mu_{\bar{A}}(x) dx = \frac{1}{6n} [((x)_{\alpha 0}^{2U} - (x)_{\alpha 0}^{2L}) + ((x)_{\alpha n}^{2U} - (x)_{\alpha n}^{2L}) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} ((x)_{\alpha i}^{2U} - (x)_{\alpha i}^{2L})] + \frac{1}{6n} \sum_{i=0}^{n-1} ((x)_{\alpha i}^U \cdot (x)_{\alpha i+1}^U - (x)_{\alpha i}^L \cdot (x)_{\alpha i+1}^L)$$

پس از دی‌فازی کردن، نتایج به صورت جدول (4-9) حاصل شده است :

جدول 4-9: نتایج رتبه بندی شکستها

اولویتها	عدد دی‌فازی حاصل	شماره خطا
2	6.4	1
8	4.6	2
5	5.4	3
1	6.9	4
4	5.8	5
3	6.1	6
7	4.8	7
9	4.1	8
6	5.1	9

با توجه به اینکه با استفاده از روش ارزیابی ریسک انجام شده، موثرترین حالت شکست، پارگی سیل لاینر است در اینجا به توضیحاتی راجع به این حالت شکست و چگونگی رخداد آن



پرداخته می‌شود و پس از آن با روش مدل‌بندی به روش FCM ها به ارزیابی علتهای آن پرداخته می‌شود.

#### 4.4: مدل FCM در ارزیابی علّت های شکست مربوط به نشتی از سیل لاینر

نشتی از سیل لاینر: برای موتور TU3، فرآیند قراردادن 4 عدد آب‌بند (سیل<sup>1</sup>) و جازدن آب بندها در بوش‌ها و سپس جازدن مجموعه بوش و پیستون در بلوک سیلندر توسط اپراتور انجام می‌گیرد. (در موتور نوع TU5 از لاینر استفاده نمی‌شود).



شکل 4-6: سیل لاینر

در ابتدا با توجه به اینکه احتمال وجود ایراد در خود سیل لاینر وجود داشت، یک نمونه از سیل لاینر بصورت معمولی تحت آزمایش دمبل قرار گرفت و خواص کششی و فشاری آنها حدودی تایید شد. اما بعد از بررسی داده‌های آماری مربوط به ایرادات مشاهده شده احتمال این امر که دلیل این خطا عواملی غیر از موارد فنی خود قطعه باشد، بیشتر به نظر رسید. تحلیل داده‌ها به این شکل انجام شد که بخاطر تغییرات در خط و رفع بعضی از مشکلات و ایجاد مشکلات جدید، داده شش ماه اخیر مورد استفاده قرار گرفت و مشاهده شد که تعداد خطاهای روزانه بسیار متغیر است از آنجایی که اگر این خطاها به دستگاهها و ماشینهای مونتاژ یا فرآیند مونتاژ ربط داشته باشد نباید این قدر متغیر باشد (با فرض اینکه تولید روزانه خط موتورسازی شماره 3 تقریباً ثابت باشد) این تغییرات شدید در

<sup>1</sup> Seal

تعداد خطاها را باید در عوامل دیگری مانند خطاهای انسانی، تغییرات در کیفیت قطعات ورودی و غیره جستجو کرد. دلایل اینکه احتمال عواملی غیر از دستگاههای مونتاژ و ... وجود دارد عبارتند از:

- خطاها بیشتر در روزهای خاصی رخ داده‌اند .

- تعداد خطاهای روزانه بسیار متغیر است.

در اینجا به منظور بررسی علتهای این حالت شکست از مدل‌بندی به روش FCM استفاده می‌شود که در آن از سه فرد خبره خواسته شده که قضاوتها و داوریهای خود را در زمینه مفاهیم موثر بر این الگوی شکست بیان کنند. همانطور که در فصل سوم بیان شد در روش مدل‌بندی با FCM ها، در مرحله اول هریک از افراد خبره مفاهیم مورد نظر خود را بیان می‌دارند. (که در اینجا مفاهیم در نظر گرفته شده همان طور که بیان شد علتهای خطای پارگی سیل لاینر هستند.) پس از اینکه هریک از افراد مفاهیم مورد نظر خود را بیان داشتند چون هدف در نظر گرفتن تمام مفاهیم مورد نظر آنهاست در نهایت نظرات آنها مجتمع‌سازی می‌شوند. جدول های (4-10) و (4-11) و (4-12) به ترتیب مفاهیم مورد نظر فرد خبره اول و دوم و سوم را بیان می‌دارند.

جدول 4-10 : مفاهیم مورد نظر فرد خبره اول با درجه اعتبار 0.4

C <sub>1</sub>	عدم روغن کاری سطح لاینر
C <sub>2</sub>	بی دقتی اپراتور هنگام جا زدن
C <sub>3</sub>	بد جا زدن و تاب برداشتن سیل
C <sub>4</sub>	با فاصله جا زدن سیل
C <sub>5</sub>	وجود پلیسه در بلوکه سیلندر
C <sub>6</sub>	ایجاد زدگی در سیل
C <sub>7</sub>	عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور

C <sub>8</sub>	عدم استفاده از دستگاه ویژه جا زدن سیل
C <sub>9</sub>	پارگی سیل لاینر

جدول 4-11: مفاهیم مورد نظر فرد خبره 2 با درجه اعتبار 0.3

C <sub>1</sub>	شرایط نا مناسب محیطی
C <sub>2</sub>	بی دقتی اپراتور هنگام جا زدن
C <sub>3</sub>	بد جا زدن سیل
C <sub>4</sub>	با فاصله جا زدن سیل
C <sub>5</sub>	وجود پلیسه در بلوکه سیلندر
C <sub>6</sub>	ایجاد زدگی
C <sub>7</sub>	دوباره در آوردن و جا زدن لاینر
C <sub>8</sub>	عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور
C <sub>9</sub>	عدم استفاده از دستگاه ویژه جا زدن سیل
C <sub>10</sub>	وجود ایراد اولیه در سیل
C <sub>11</sub>	پارگی سیل لاینر

جدول 4-12: مفاهیم مورد نظر فرد خبره 3 با درجه اعتبار 0.3

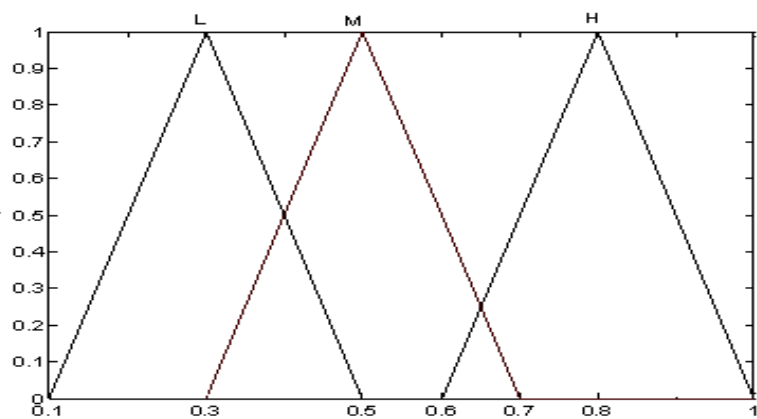
C <sub>1</sub>	دوباره در آوردن و جا زدن لاینر
C <sub>2</sub>	عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور

C <sub>3</sub>	بی دقتی اپراتور هنگام جا زدن
C <sub>4</sub>	بد جا زدن و تاب برداشتن سیل
C <sub>5</sub>	با فاصله جا زدن سیل
C <sub>6</sub>	ایجاد زدگی در سیل
C <sub>7</sub>	عدم استفاده از دستگاه ویژه جا زدن سیل
C <sub>8</sub>	ایراد در زدن پخ محل نشست سیل
C <sub>9</sub>	پارگی سیل لاینر

در مرحله بعد بایستی هریک از این افراد در مورد مفاهیم مورد نظر خود روابط علی موجود را منظور داشته و علاوه بر تعیین یالهای علی بین مفاهیم به تعیین علامت این یالها و نهایتاً تعیین وزن آنها پردازند. همانطور که در فصل سوم بیان شد؛ علامت مثبت به معنای تاثیر علیت مثبت و علامت منفی به معنای تاثیر علیت منفی می باشد. وزنه‌های منظور شده برای یالها هم با توجه به مزایای استفاده از منطق فازی به صورت فازی و با عبارات زبانی «کم، متوسط و زیاد» بیان شده‌اند.

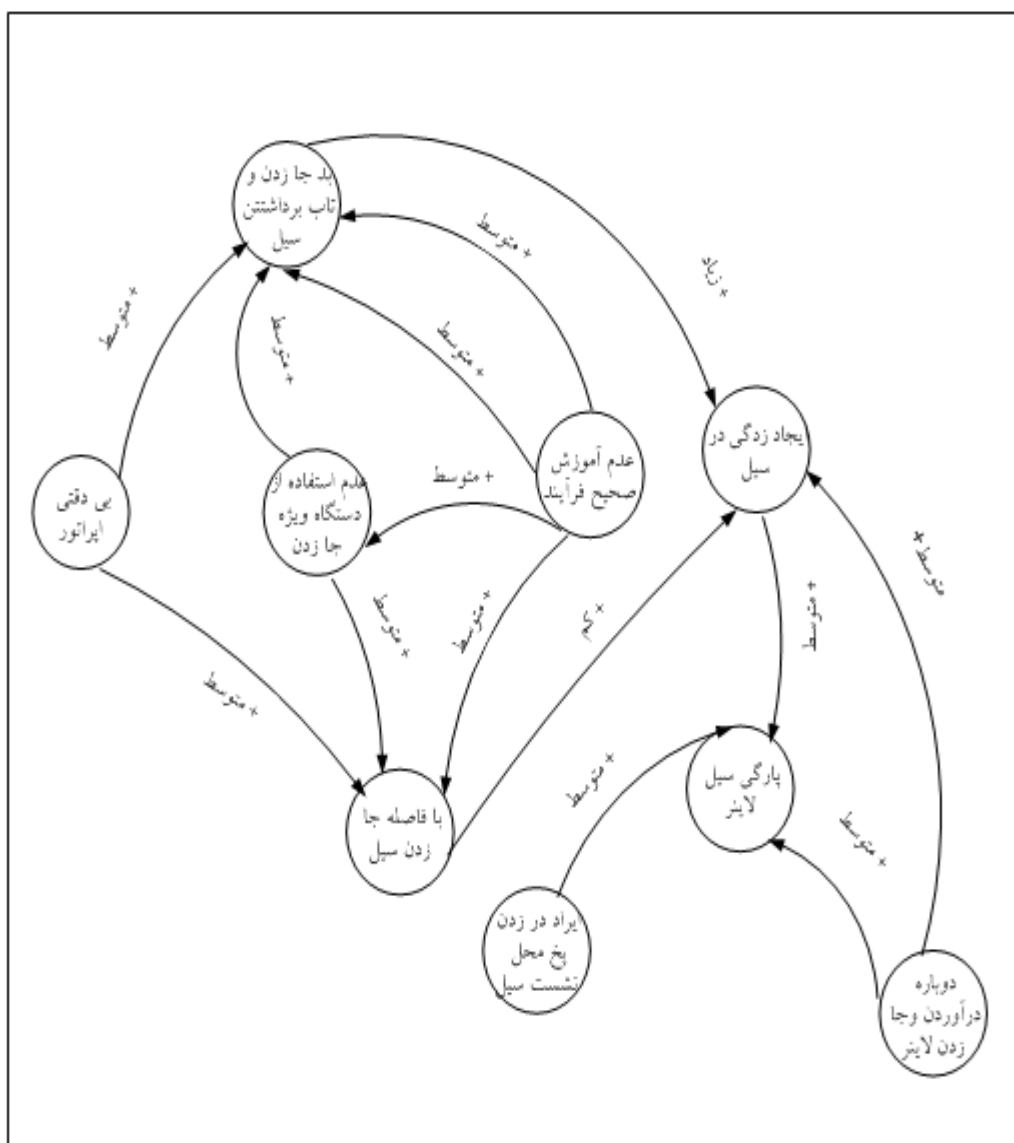
به عبارت دیگر، در این مرحله هریک از افراد، مفاهیم مورد نظر خود را دو به دو در نظر گرفته و قضاوت می کنند که آیا رابطه علیت وجود دارد و در صورت وجود، یالهای علیت را با علامت و وزن مورد نظر خود در نقشه وارد می کنند. به عنوان مثال، فرد خبره دوم دو مفهوم شرایط نامناسب محیطی و بی دقتی اپراتور را به عنوان عواملی که می توانند علت خطای پارگی سیل لاینر باشند، منظور داشته است و در نقشه مورد نظر وی، یالی با علامت مثبت و وزن متوسط، منظور شده است که این به این معناست که از نظر او با افزایش وقوع شرایط نامناسب محیطی، بی دقتی اپراتور نیز به میزان «متوسط» افزایش می یابد. در واقع وجود علامت مثبت به این معناست که افزایش علت، باعث افزایش معلول می شود.

شکل (4-7) مربوط به نرخهای فازی و توابع در نظر گرفته شده برای وزن یالها می باشد.

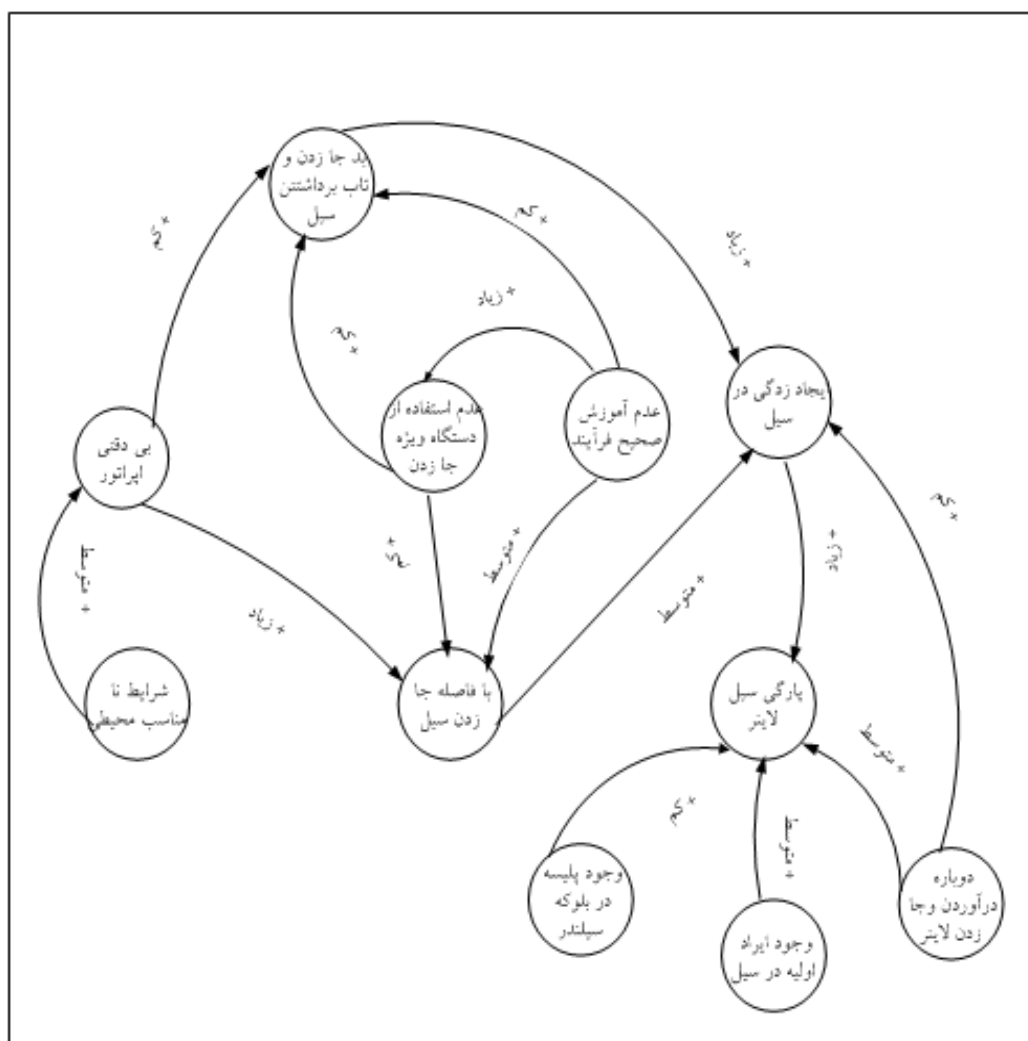


شکل 4-7: اعداد فازی اختصاص یافته به وزن بالها

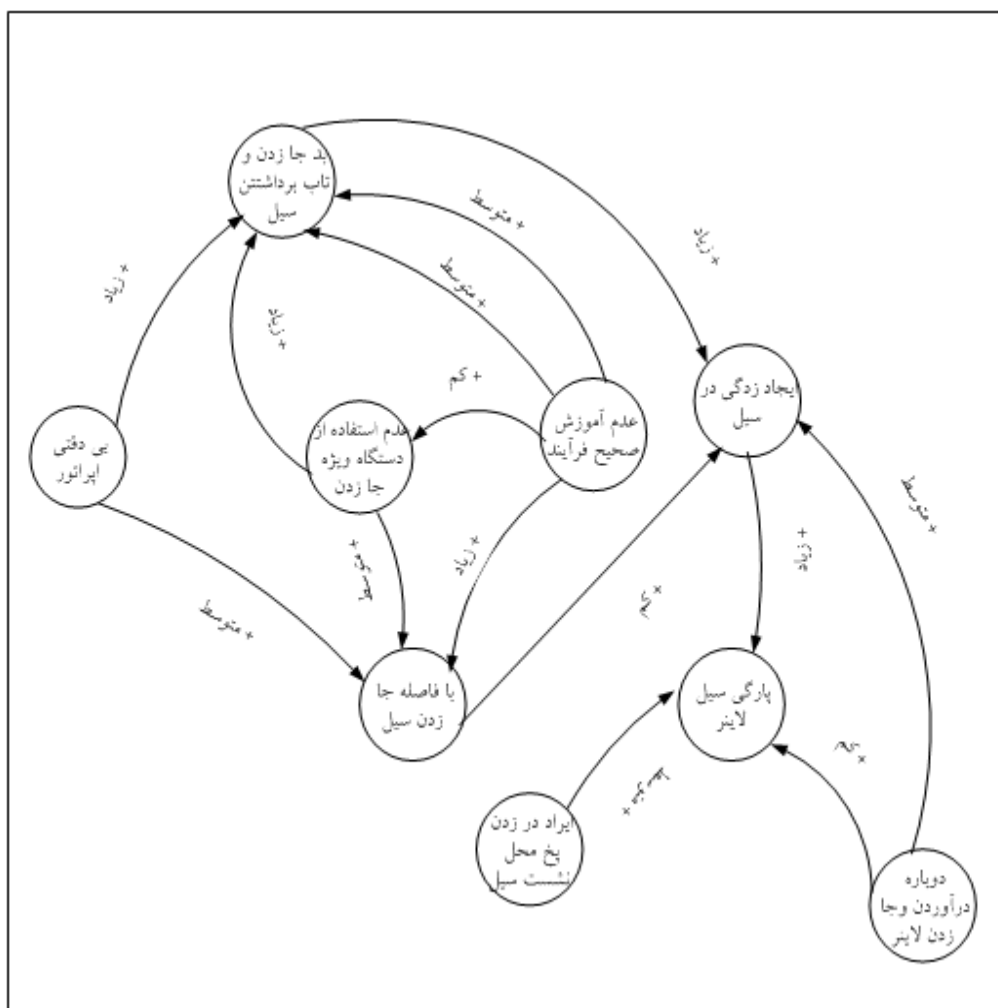
شکل های (4-8) تا (4-10) نقشه های مورد نظر این سه فرد خبره را بیان می دارد.



شکل 4-8: FCM فرد خبره اول



شکل 4-9: FCM فرد خبره دوم



شکل 4-10: FCM فرد خبره سوم



همانطور که گفته شد در حالتی که چندین فرد خبره نقشه‌های علی‌شان را جداگانه رسم می‌کنند بایستی نقشه‌های حاصله را با هم ترکیب کرد. در اینجا به منظور ترکیب نقشه‌ها از روش بیان شده توسط معادله (2-8) استفاده خواهد شد که همان گرفتن میانگین وزنی نظرات افراد خبره است. به این منظور پس از بررسی نقشه‌های کشیده شده توسط هر سه فرد خبره، از آنجا که در اینجا هدف این است که کلیه مفاهیم منظور شده توسط افراد خبره در نظر گرفته شود، عمل مجتمع‌سازی صورت گرفته و مفاهیم در نظر گرفته شده توسط این سه فرد خبره با مفاهیم  $C_1$  تا  $C_{13}$  مشخص شده و برای هریک توضیح مختصری ارائه گردیده است که در قالب جدول (4-13) بیان شده است.

جدول 4-13 : مفاهیم مجتمع شده و توضیحات مربوطه

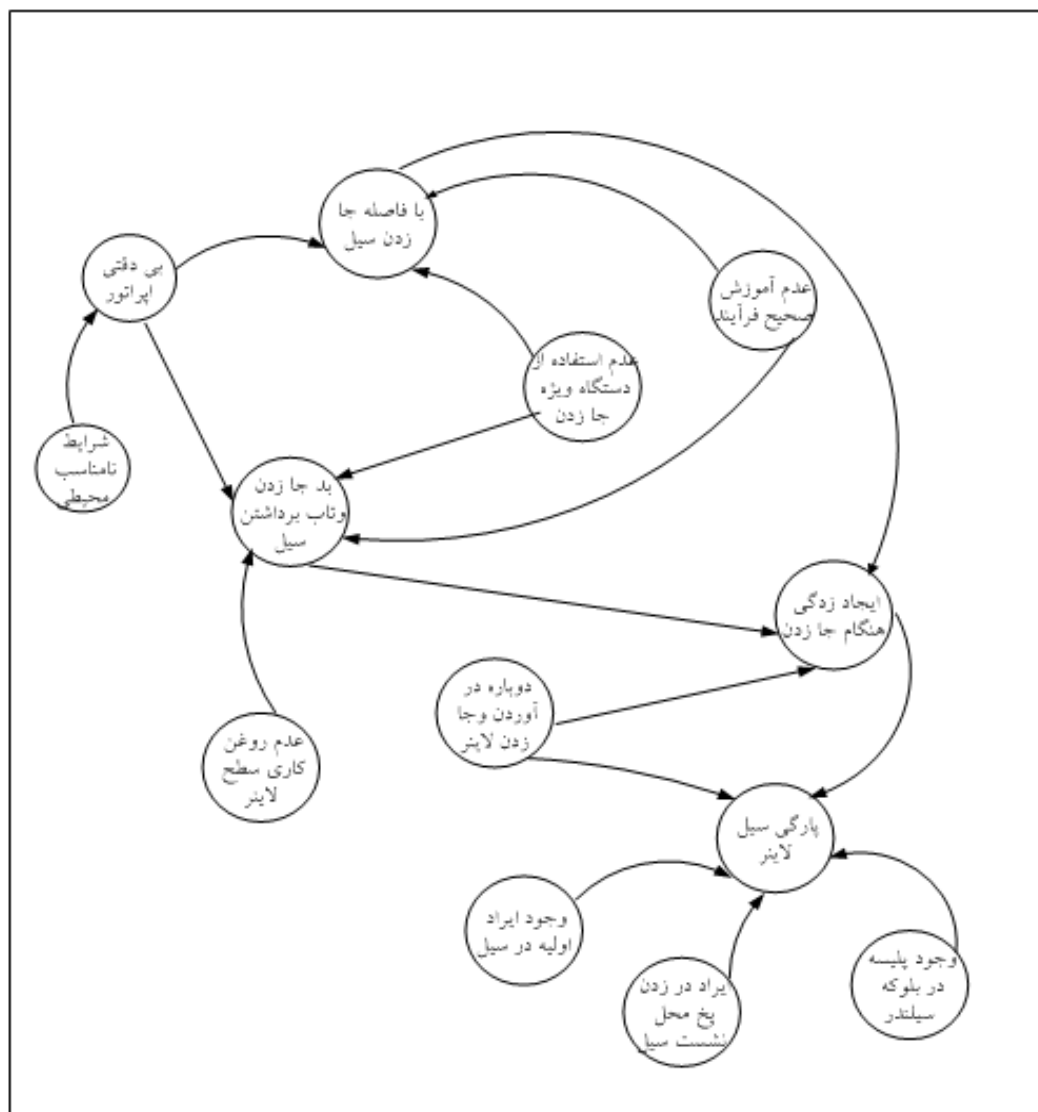
توضیحات	مفاهیم یا علت های منظور شده	اندیسها
شامل دمای نامناسب، نور ناکافی و سر و صداهای اضافی و آزار دهنده موجود در محیط است.	شرایط نامناسب محیطی	$C_1$
در هنگام جا زدن با دست اپراتور دقت لازم را نداشته باشد.	بی دقتی اپراتور هنگام جا زدن	$C_2$
اگر جا زدن درست انجام نشود منجر به تاب برداشتن سیل می شود.	بد جا زدن و تاب برداشتن سیل	$C_3$
حالتی که سیل با فاصله قرار گرفته و کاملاً جا نگرفته است.	با فاصله جا زدن سیل	$C_4$
اگر شستشو و پاک کردن درست انجام نشود اجسام خارجی و براده هایی که به بلوکه چسبیده اند همچنان روی بلوکه سیلندر باقی می مانند .	وجود پلیسه در بلوکه سیلندر	$C_5$
هر نوع ایجاد خراش و زدگی هرچند کوچک که در سیل ایجاد می شود .	ایجاد زدگی در سیل	$C_6$

C7	دوباره در آوردن و جا زدن لاینر	بعد از جا زدن لاینر در داخل بلوک سیلندر، لاینرهایی که درست در سر جای خود قرارنگرفته اند را بیرون می آورند تا توسط اپراتور دلیل کامل نشستن آن معلوم گردد و بعد از رفع عیب، لاینر ها دوباره جا زده می شوند .
C8	عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور	یعنی اپراتوری که در حال انجام عمل جا زدن است آموزش های لازم را ندیده است .
C9	عدم استفاده از دستگاه ویژه جا زدن سیل	یک نوع دستگاه ویژه جا زدن وجود دارد که عمل جا زدن را بهتر انجام می دهد و گاهی مورد استفاده قرار می گیرد .
C10	عدم روغن کاری سطح لاینر	عدم روغن کاری سبب می شود که سیل به راحتی روی لاینر حرکت نکند و تاب بردارد.
C11	وجود ایراد اولیه در سیل	گاهی سیل هایی که استفاده می شود از ابتدا ایراد داشته ولی اپراتور متوجه آن نمی شود و از آن استفاده می کند .
C12	اشکال در زدن پخ محل نشست سیل	یک نوع ایراد در ماشینکاری است .
C13	پارگی سیل لاینر	سیل دچار پارگی شود .

در مرحله بعد با توجه به نقشه های رسم شده توسط این سه فرد خبره، ترکیب نظرات آنها صورت گرفته و یالهای علیت بین این مفاهیم به صورت کامل منظور می گردد.

در واقع در اینجا بین هر دو مفهوم در صورتی یالی قرار می گیرد که حداقل توسط یکی از افراد، یالی منظور شده باشد. به عنوان مثال بین دو مفهوم بی دقتی اپراتور و عدم روغن کاری سطح لاینر، از

آنجا که توسط هیچ کدام از افراد خبره یالی منظور نشده است، هیچ یال علیتی قرار داده نمی‌شود و یا چون بین دو مفهوم با فاصله جازدن سیل و ایجاد زدگی در آن، توسط هر سه فرد خبره یالی در نظر گرفته شده است؛ (البته منظور داشتن این یال توسط یکی از این افراد هم کفایت می‌کرد) در نقشه حاصل از ترکیب نظرات نیز بین این دو مفهوم یالی منظور شده است.



شکل 4-11: FCM حاصل از ترکیب نقشه های سه فرد خبره

حال مسئله این است که چگونه این یالهای علی وزندهی شوند؟ به عنوان مثال فرض کنید که بین دو مفهوم  $i$  و  $j$  یالهای علیتی توسط فرد خبره اول و دوم منظور شده باشد و هریک دارای یک وزن خاص بسته به نظر آن فرد خبره باشند چگونه بایستی نهایتاً در حالت ترکیب نقشه‌ها این یال وزندهی شود؟ با توجه به اینکه وزنهایی که توسط این افراد خبره تعیین شده است همگی به صورت فازی و با عبارات زبانی «کم، متوسط و زیاد» و با تابعهای عضویت مثلثی فازی می‌باشند (شکل 4-7) به منظور ساده شدن انجام محاسبات، با استفاده از روش دی‌فازی «ماکسیمم درجه عضویت» به هر یک از آنها به ترتیب اعداد (0.3 و 0.5 و 0.8) اختصاص داده می‌شود. سپس وزن دی‌فازی اختصاص یافته توسط هر فرد خبره برای یال مفروض را در وزن اختصاص یافته به درجه خبرگی وی ضرب کرده و نتایج با هم جمع خواهند شد. (مطابق معادله 2-8)

یالها با  $E_{ij}$  نام گذاری می‌شوند که به معنای یال از مفهوم  $C_i$  به مفهوم  $C_j$  می‌باشد. نتایج حاصله در قالب جدول زیر خلاصه شده‌اند.

جدول 4-14 : جدول وزن یالهای حاصل از ترکیب نقشه‌ها

شماره فرد خبره نام یالها	نظر فرد 1 با درجه اعتبار 0.4	نظر فرد 2 با درجه اعتبار 0.3	نظر فرد 3 با درجه اعتبار 0.3	وزن حاصل از ترکیب
$E_{1,2}$	_____	+0.5	_____	+0.15
$E_{2,3}$	+0.5	+0.3	+0.8	+0.53
$E_{2,4}$	+0.5	+0.8	+0.5	+0.59
$E_{3,6}$	+0.8	+0.8	+0.8	+0.80
$E_{4,6}$	+0.3	+0.5	+0.3	+0.36
$E_{5,13}$	+0.5	+0.3	_____	+0.29
$E_{6,13}$	+0.5	+0.8	+0.8	+0.68
$E_{7,6}$	_____	+0.3	+0.5	+0.24
$E_{7,13}$	_____	+0.5	+0.3	+0.24

E <sub>8,3</sub>	+0.5	+0.3	+0.5	+0.44
E <sub>8,4</sub>	+0.5	+0.5	+0.8	+0.59
E <sub>8,9</sub>	+0.5	+0.8	+0.3	+0.53
E <sub>9,3</sub>	+0.5	+0.3	+0.8	+0.53
E <sub>9,4</sub>	+0.5	+0.3	+0.5	+0.44
E <sub>10,3</sub>	+0.5	_____	_____	+0.2
E <sub>11,13</sub>	_____	+0.5	_____	+0.15
E <sub>12,13</sub>	_____	_____	+0.5	+0.15

تا اینجا ترکیب نقشه‌ها به صورت کامل انجام گرفته است. با توجه به اینکه FCM یک وظیفه مرکب تشخیصی و پیش‌بینی کننده است، مسئله دیگر تحلیل نقشه حاصل شده می‌باشد. که تحلیل نیز همان طور که گفته شد وابسته به نوع تابع آستانه‌ای انتخاب شده است که بنا به نتیجه مورد انتظار و تحلیلی که نیاز است می‌توان تابع را انتخاب کرد.

با توجه به انواع توابع مختلفی که می‌توان به عنوان تابع آستانه‌ای در نظر گرفت؛ ابتدا از تابع دو مقداری استفاده می‌شود که همانطور که قبلاً نیز بیان شده است هدف از استفاده از این تابع، تشخیص این مسئله است که پس از فعال کردن یک یا چند مفهوم خاص، کدام مفاهیم در اثر فعال شدن آنها فعال می‌شوند. به عبارتی فعالیت آنها بر کدام یک از مفاهیم اثر افزایشی دارد؛ زیرا در این حالت اثرات یا به صورت افزایشی وجود دارند و یا به صورت بدون اثر بودن. از آنجا که اگر حاصل ضرب انجام شده، کوچکتر یا مساوی با صفر باشد تابع آستانه‌ای به کار رفته، مقدار صفر را بر می‌گرداند، بدون اثر بودن را در این حالت نمی‌توان از داشتن اثر کاهشی تفکیک کرد.

مطلب دیگری که بایستی مورد توجه قرار گیرد این است که فعال شدن مفاهیم در فرآیند پالس در بردار وضعیت اولیه در این حالت به صورت افزایش یک مفهوم بیان می‌شود. در مسئله فوق در واقع هدف بررسی افزایش میزان وقوع یک مفهوم بر مفاهیم دیگر است که افزایش را در بردار وضعیت، با «1+» منظور می‌کنند.

به عنوان مثال، اگر هدف پاسخ به این سوال باشد که « فعال شدن یا افزایش میزان وقوع بی دقتی اپراتور بر چه مفاهیم دیگری تاثیر داشته و آنها را افزایش می دهد؟ » می توان از تحلیل حسابی FCM ها استفاده کرد و تابع آستانه ای مناسب در این حالت می تواند تابع دو مقداری باشد. در واقع می توان گفت که استفاده از تابع دو مقداری برای حالت هایی مناسب است که اثرات به صورت افزایشی یا بی اثر بودن مد نظر باشند.

برای این منظور با استفاده از ماتریس مجاورتی که از ترکیب نظرات این سه فرد خبره حاصل شده است و بهره گیری از تابع آستانه ای دو مقداری، ضرب و عمل آستانه ای انجام خواهند شد.

ماتریس مجاورت حاصل که با ترکیب نظرات این سه فرد خبره به دست آمده است به صورت زیر خواهد بود:

$$E = \begin{bmatrix} 0 & +0.15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +0.53 & +0.59 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.36 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.29 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.68 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.24 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.24 \\ 0 & 0 & +0.44 & +0.59 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.53 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +0.53 & +0.44 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & +0.20 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +0.15 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

بردار وضعیت اولیه مفروض که از فعال کردن مفهوم مربوطه که همان بی دقتی اپراتور (C<sub>2</sub>) است حاصل شده است؛ به این صورت تعریف می شود :

$$A_0 = [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$$

تابع آستانه ای به کار رفته، همانطور که بیان شد تابع دو مقداری است که با معادله (4-5) تعریف می شود.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases} \quad (5-4)$$

پس از ضرب این بردار با ماتریس مجاورت یا همان ماتریس روابط ذکر شده در بالا، نتایج با استفاده از معادله (2-3) به صورت زیر حاصل شده اند :

نتیجه حاصل از اولین تکرار انجام شده:  $[0,1,0.53,0.59,0,0,0,0,0,0,0,0]$

نتیجه حاصل از عمل کردن تابع آستانه‌ای :  $[0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0]$

نتیجه حاصل از دومین تکرار:  $[0,1.53,1.59,0,1.16,0,0,0,0,0,0,0]$

نتیجه حاصل از عمل کردن تابع آستانه ای :  $[0,1,1,1,0,1,0,0,0,0,0,0]$

نتیجه حاصل از سومین تکرار :  $[0,1.53,1.59,0,0,2.16,0,0,0,0,0,0.68]$

نتیجه حاصل از عمل کردن تابع آستانه‌ای :  $[0,1,1,1,0,1,0,0,0,0,0,0,1]$  = بردار حدی

که نتایج به صورت جدول (4 - 15) خلاصه شده‌اند :

جدول 4-15 : جدول نشان دهنده تکرارهای مختلف با تابع آستانه ای دو مقداری

تکرارها	نتایج حاصله برای بردار وضعیت در تکرار های مختلف
0	$A_0 = [0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]$
1	$A_1 = [0,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0,0]$
2	$A_2 = [0, 1, 1, 1,0,1,0,0,0,0,0,0]$
3	$A_3 = [0, 1, 1, 1,0, 1,0,0,0,0,0,1]$

همانطور که مشخص شده افزایش وقوع بی دقتی اپراتور بر مفاهیم  $C_6$  و  $C_4$  و  $C_3$  و  $C_{13}$  تاثیر دارد و آنها را فعال می‌کند. به عبارتی سیستم پس از سه بار ضرب و استفاده از تابع آستانه‌ای به یکی از

وضعیت‌های ثابت که همان بردار حدی است؛ رسیده است که این بدین معناست که با یک فرآیند پالس که از افزایش مفهوم بی دقتی اپراتور حاصل شده است تغییرات تا جایی ادامه می‌یابد که مفاهیم  $C_6$  و  $C_4$  و  $C_{13}$  فعال شوند و به اصطلاح بر آنها اثر افزایشی داشته است و پس از آن سیستم به ثابت رسیده است.

استفاده از تابع سه مقداری نیز برای حالتی که اثرات به صورت افزایشی و کاهشی و بدون اثر بودن وجود داشته باشد به کار می‌رود. که در این حالت مقادیر (به ترتیب از راست به چپ)  $\{-1, 0, +1\}$ ، با استفاده از تابع آستانه‌ای حاصل خواهند شد. که همانطور که قبلاً نیز بیان شده است به ترتیب از چپ به راست اثرات افزایشی و بدون اثر بودن و اثر کاهشی را نتیجه می‌دهند. با توجه به اینکه در مورد مثال ذکر شده، در ماتریس مجاورت، تنها وزنهای علیت مثبت وجود دارد بنابراین استفاده از توابع دو مقداری و سه مقداری در حالتی که بردار وضعیت در نظر گرفته شده مقادیر مثبت را شامل شود نتایج یکسانی خواهند داشت. اما اگر در این مثال، بردار وضعیت مقادیر منفی (کاهش یک مفهوم) را شامل شود در این حالت استفاده از تابع سه مقداری از آنجا که اثرات کاهشی را نیز بیان می‌کند از تابع دو مقداری مناسب‌تر است زیرا تابع دو مقداری، همانطور که قبلاً نیز گفته شد در این حالت اثرات منفی را نیز با صفر بیان می‌کند و بنابراین تفکیک این حالت با حالتی که صفر بدون اثر بودن را معنی می‌دهد امکان پذیر نخواهد بود.

به طور کلی می‌توان گفت که در حالتی که علیتها به صورت علیتهای مثبت و منفی وجود دارند و یا بردار وضعیت مقادیر منفی را برای بعضی مفاهیم شامل شود استفاده از تابع سه مقداری از تابع دو مقداری مناسب‌تر است زیرا در این حالت، تفکیک حالت‌های بدون اثر بودن و اثر کاهشی امکان پذیر است اما حالت دو مقداری هر دوی این وضعیتها را با صفر که به معنای بدون اثر بودن است بیان می‌کند.

برای نشان دادن این موضوع حالتی را در نظر بگیرید که هدف این باشد که اثر کاهش در مقدار یک مفهوم، بر مفاهیم دیگر بررسی شود.



مثلا در مثال در نظر گرفته شده؛ هرگاه هدف این باشد که اثر کاهش در مقدار یک مفهوم (که همان کاهش میزان وقوع آن است) مانند شرایط نامناسب محیطی بررسی شود، بردار وضعیت مفروض عبارت است از :

$$A_0 = [-1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$$

تابع آستانه‌ای، همان تابع معرفی شده توسط معادله (2-4) است و ماتریس مجاورت نیز همان ماتریس E می‌باشد. نتایج برای این حالت در جدول (4-16) آورده شده است.

جدول 4-16 : جدول تکرارهای مختلف با تابع آستانه‌ای سه مقداری (مثال 2)

تکرارها	نتایج حاصله برای بردار وضعیت در تکرار های مختلف
0	$A_0 = [-1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$
1	$A_1 = [-1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$
2	$A_2 = [-1, -1, -1, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$
3	$A_3 = [-1, -1, -1, -1, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$
4	$A_4 = [-1, -1, -1, -1, 0, -1, 0, 0, 0, 0, 0, -1] =$ بردار حدی

همانطور که دیده می شود تغییرات تا جایی ادامه یافت که سیستم به یکی از وضعیتهای ثبات که بردار حدی نشان داده شده با  $A_4$  است رسیده است و لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در اثر کاهش میزان وقوع شرایط نامناسب محیطی، میزان وقوع بی دقتی اپراتور و بد جا زدن و با فاصله جا زدن و ایجاد زدگی در سیل و در نهایت پارگی سیل، کاهش خواهد یافت.

یکی دیگر از توابع آستانه‌ای که می‌توان از آنها استفاده کرد توابع S شکل هستند که دو فرم معمول آنها عبارتند از:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}} \quad (6-4)$$

$$\tanh(x) = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1} \quad (7-4)$$

اگر از تابع (6-4) استفاده شود نتایج حاصله در بازه  $[0,1]$  قرار خواهند داشت و چون:  $e^0 = 1$  خواهد بود، در حالتی که  $x=0$  باشد تابع مفروض مقدار یک را بر می گرداند. بنابراین علیت منفی در بازه  $[0,0.5]$  و علیت مثبت در بازه  $[0.5,1]$  قرار دارد. و بدون اثر بودن با 0.5 بیان می گردد.

اگر از (7-4) استفاده شود خروجیها در بازه  $[-1,+1]$  قرار خواهند گرفت که صفر بدون اثر بودن و منفیها، علیت منفی و مثبتها، علیت مثبت را بیان می دارند. بنابراین استفاده از این تابع برای تحلیل نتایج راحت تر است.

همانطور که قبلا نیز بیان شده، هدف از استفاده از این نوع توابع این است که با یک فرآیند پالس که می تواند شامل درجه ای از فعالیت برای یک یا چند مفهوم باشد، مفاهیم دیگر در چه سطحی از فعالیت قرار خواهند گرفت. به عبارتی می توان مفاهیم مختلف موثر در وقوع یک خطای خاص را در یک سطح معینی از فعالیت قرار داد و با استفاده از ضرب و تابع آستانه ای، اثر فعالیت این مفاهیم را در این سطح خاص، بر آن خطا بررسی نمود.

نکته قابل ذکر در اینجا این مسئله است که در مدل بندی صورت گرفته، همان طور که ذکر شد، وضعیت مفاهیم یا سطح فعالیت آنها در هر حالت خاص میزان وقوع آنها را نشان می دهد پس هرگاه هدف این باشد که اثر وقوع بی دقتی اپراتور در سطوح مختلف بر پارگی سیل لاینر بررسی شود؛ می توان میزان وقوع این مفهوم یا علت خطا را در یک سطح خاص، (که در واقع همان درجه فعالیت آن است) بر حسب وضعیت مفهوم در آن زمان خاص یا بر اساس نظر افراد خبره در برآورد وقوع آن در حالت کلی یا بر اساس نتیجه ای که مورد انتظار است، تعریف کرد.

سطح فعالیت را می توان یا به صورت انتخاب عددی در بازه  $[-1,+1]$  یا به صورت عبارات زبانی و به صورت افزایشی و یا کاهششی در سطوحی مانند « کم، متوسط و زیاد » تعریف کرد. در اینجا از حالت دوم استفاده شده است و به این سه عبارت زبانی اعدادی فازی مطابق اعداد استفاده شده برای وزن یالها

و مطابق با شکل (4-7) اختصاص یافته است و مقادیر دی‌فازی اختصاص یافته نیز (به ترتیب از راست به چپ) (0.3 و 0.5 و 0.8) هستند.

در اینجا این مطلب در قالب یک مثال بررسی می‌شود.

(مثال 3): در نظر بگیرید که هدف این باشد که اثر افزایش میزان وقوع بی‌دقتی اپراتور به میزان «زیاد» و عدم روغن کاری سطح لاینر به میزان «متوسط» و نیز وجود ایراد اولیه در سیل به میزان «کم»، بر میزان وقوع پارگی سیل لاینر بررسی شود؛ که همانطور که گفته شد مقادیر دی‌فازی اختصاص یافته (از راست به چپ) عبارتند از: (0.3 و 0.5 و 0.8) پس می‌توان فرآیند پالس را در این حالت به صورت زیر تعریف نمود:  $A_0 = [0, 0.8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 0.3, 0, 0]$

به منظور ارزیابی اثر فعالیت این مفهوم در این سطح خاص بر وقوع خطای رخ داده، از تابع معرفی شده در معادله (4-7) استفاده می‌شود. که نتایج به صورت جدول (4-17) برای هر تکرار خلاصه شده‌اند:

جدول 4-17: تکرارهای مختلف با تابع آستانه‌ای تانژانت هیپربولیک در مثال 3

تکرارها	نتایج حاصله برای بردار وضعیت در تکرارهای مختلف
0	$A_0 = [0, 0.8, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.5, 0.3, 0, 0]$
1	$A_1 = [0, 0.66, 0.48, 0.43, 0, 0, 0, 0, 0, 0.46, 0.29, 0, 0.04]$
2	$A_2 = [0, 0.58, 0.72, 0.0.68, 0, 0.49, 0, 0, 0, 0.43, 0.28, 0, 0.08]$
3	$A_3 = [0, 0.52, 0.80, 0.77, 0, 0.86, 0, 0, 0, 0.40, 0.27, 0, 0.43]$
4	$A_4 = [0, 0.48, 0.82, 0.79, 0, 0.92, 0, 0, 0, 0.38, 0.27, 0, 0.78]$
5	$A_5 = [0, 0.65, 0.83, 0.79, 0, 0.94, 0, 0, 0, 0.42, 0.26, 0, 0.85]$
6	$A_6 = [0, 0.66, 0.84, 0.80, 0, 0.95, 0, 0, 0, 0.40, 0.26, 0, 0.86]$

$A_7=[0,0.69,0.85,0.80,0,0.95,0,0,0,0.41,0.26,0,0.88]$	7
$A_8=[0,0.70,0.84,0.86,0,0.96,0,0,0,0.41,0.25,0,0.89]$	8
$A_6=[0,0.66,0.86,0.88,0,0.95,0,0,0,0.40,0.25,0,0.92]$ بردار حدی	9

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در اثر تغییرات اعمال شده، میزان وقوع بدجا زدن و تاب برداشتن سیل و با فاصله جا زدن و ایجاد زدگی به ترتیب ( از راست به چپ) به میزان (0.86 و 0.88 و 0.95) افزایش می‌یابند و نیز میزان وقوع پارگی سیل لاینر در اثر افزایش سطح علتهای مفروض به میزان (0.92) که میزان زیادی است، افزایش یافته است.

(مثال 4): حال اگر هدف این باشد که اثر افزایش میزان وقوع وجود پلیسه در سطح متوسط (0.5) و نیز افزایش میزان وقوع عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور به میزان کم (0.3)، بر مفاهیم دیگر بررسی شود؛ مجدداً عملیات توسط تابع (4-7) انجام خواهد گرفت.. در این حالت بردار وضعیت اولیه سیستم به صورت زیر خواهد بود:  $A_0=[0,0,0,0,0.5,0,0,0.3,0,0,0,0,0]$

جدول 4-18: تکرارهای مختلف با تابع آستانه ای تانژانت هیپربولیک در مثال 4

تکرار ها	نتایج حاصله برای بردار وضعیت در تکرارهای مختلف
0	$A_0=[0,0,0,0,0.5,0,0,0.3,0,0,0,0,0]$
1	$A_1=[0,0,0.13,0.17,0.46,0,0,0.29,0.15,0,0,0,0.14]$
2	$A_2=[0,0,0.33,0.39,0.43,0.16,0,0.28,0.30,0,0,0,0.27]$
3	$A_3=[0,0,0.54,0.60,0.40,0.51,0,0.27,0.42,0,0,0,0.46]$
4	$A_4=[0,0,0.73,0.71,0.38,0.82,0,0.26,0.51,0,0,0,0.73]$
5	$A_5=[0,0,0.82,0.80,0.36,0.93,0,0.26,0.57,0,0,0,0.81]$
6	$A_6=[0,0,0.84,0.83,0.40,0.94,0,0.25,0.61,0,0,0,0.85]$
7	$A_7=[0,0,0.87,0.89,0.38,0.94,0,0.40,0.74,0,0,0,0.85]$ بردار حدی

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در صورت داشتن وضعیت اولیه‌ای که در آن میزان وقوع وجود پلیسه به میزان 0.5 و میزان وقوع عدم آموزش صحیح فرآیند به اپراتور به میزان 0.3 افزایش می‌یابند، میزان وقوع بد جا زدن و تاب برداشتن سیل 0.87 و با فاصله جا زدن سیل 0.89 و ایجاد زدگی حین جا زدن 0.94 و عدم استفاده از دستگاه ویژه جا زدن 0.74 و بالاخره پارگی سیل لاینر به میزان 0.82 افزایش خواهند یافت. که اگر هدف، مسئله سنجش میزان تاثیر بر پارگی سیل لاینر باشد همانطور که پیداست این میزان تاثیر، زیاد است.

بنابر بررسیهای لازم می‌توان جهت جلوگیری از وقوع خطای رخ داده که همان پارگی سیل لاینر است راهکارهای زیر را پیشنهاد نمود.

#### 5-4 : راه کارهای پیشنهادی برای کاهش خطای پارگی سیل لاینر:

- استفاده از جسمی مخروطی شکل در هنگام جا زدن: با توجه به اینکه در هنگام جا زدن سیل احتمال برخورد سیل با لبه تیز لاینر وجود دارد که باعث زخمی شدن سیل و در نتیجه پارگی سیل می‌شود، بنابراین استفاده از یک جسم مخروطی شکل در هنگام جا زدن سیل می‌تواند از زخمی شدن سیل جلوگیری کند. هرچند قبلاً ابزاری ویژه برای جا انداختن سیل لاینر وجود داشته که الان به دلایل نامعلومی استفاده نمی‌شود. حتی در این مدت دو مورد دیده شده که سیل لاینر کاملاً جا انداخته نشده و قسمتی از آن بالای لبه لاینر بود.
- طراحی فرآیندی کنترلی برای جا انداختن: دقت در قراردادن پیستون و لاینر در داخل بلوک سیلندر به نحوی که محل نشیمن آبیند صدمه نبیند. (بدون ضربه و به آرامی) توسط اپراتور. ایجاد یک شیوه و فرآیند خاص جا انداختن با کاهش احتمال آسیب به سیل در حین جا انداختن. که پیشنهاد شد لاینرها بعد از انداختن سیل بصورت تکی تکی در جای خود قرار گیرند و این شیوه در مدت بازه مورد استفاده تاثیر مثبتی در کاهش آمار خطای سیل لاینر داشته است.

- روغن زدن سطح لاینر قبل از مونتاژ احتمال آسیب و تاب خوردن سیل را حین جا انداختن آن کاهش می‌دهد.
- با توجه به اینکه درصدی از علت پارگی سیل، وجود پلیسه در زیر و اطراف آن گزارش شده، طراحی و استفاده از یک سیستم هوای فشرده برای بلوکه سیلندر برای پاک سازی هر گونه پلیسه، قبل از ورود به ایستگاه و در حین کار یا بعد از آن.
- برای اطمینان از خواص خود سیل لاینر پیشنهاد می شود تست‌ها و آزمایشات کامل در پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران انجام شود. آزمایشات مربوطه با هزینه‌ای مناسب (به طور مثال آزمایش خواص مکانیکی حدود 20 هزار تومان) در آنجا انجام می‌شود.
- خواص مکانیکی (شامل کششی، حرارتی، فشاری و...)، خواص سطحی (احتمال وجود میکرو ترکها در سطح لاینر)، آزمایشات نفوذ پذیری و ... و ارایه نتایج مستند.
- از آنجاییکه اکثر خطاها در بازه های زمانی کوتاه تکرار می شوند با استفاده از سیستم آنالیز پایش فرآیند<sup>1</sup> برای سریع تر مشخص شدن خطا و بررسی عوامل ممکن در همان زمان های وقوع خطا (اپراتور، ایراد فرآیندی، ایراد در قطعات مورد استفاده در آن زمان و ...)
- تغییرات در محیط کار شامل: افزایش ارگونومی خط با تعبیه صندلی‌های ویژه، نور و تهویه مطبوع (به طور کلی این ایستگاه دارای شرایط کاری سخت‌تری است)
- تغییرات کمتر اپراتور در این ایستگاه حین گردش کار و قرار دادن اپراتورهایی با فیزیک و سابقه خوب.

---

<sup>1</sup> Online Process Monitoring System

#### 4-6: جمع بندی :

در این فصل در قالب یک مطالعه موردی به استفاده از مدل مطرح شده در فصل سوم برای اولویت‌بندی الگوهای شکست پرداخته شد که بنابر نتایج حاصل شده، مدل مزبور در حالتی که ترکیبات مختلفی از فاکتورهای ریسک وجود داشته باشند اعداد اولویت ریسک متفاوتی به آنها اختصاص می‌دهد که این مزیت خوبی در مقایسه با روشهایی است که برای اولویت‌بندی از اعداد دقیق استفاده می‌کردند، زیرا همانطور که قبلاً نیز گفته شد؛ در آن روشها، گاهی ترکیبات مختلفی از فاکتورها، نتایج یکسانی را حاصل می‌کردند. در مدل‌بندی انجام شده با FCM ها نیز، ملاحظه شد که نحوه استنتاج در آنها به سادگی انجام می‌گیرد و می‌توان به منظور پیش‌بینی اثرات علّتهای شکست از آنها استفاده نمود.