تخمین عملکرد کوبنده کمباین با استفاده از تحلیل درخت خطا مبتنی بر منطق ازی(۱۲۷)

موسی بابایی نصیر[۱] ، علی عادل خانی[۲] ، ناصر مهریاری لیما[۳] ، یاسر نور بخش[۴]

چکیده

شناسایی عیب از جمله عوامل مهم در بالا بردن قابلیت اطمینان در سیستم های کوچک وبزرگ پیچیده به شمار می رود. به طور کلی روش های عیب یابی را می توان به دو دسته کلی ریاضی و منطقی تقسیم بندی نمود. از آنجا که اتلاف دانه در کوبنده یکی از اجزای مهم در تلفات دانه در کمباین به حساب می آید، لذا بهتر کردن عملکرد کوبنده یکی از اهداف مهم در کاهش تلفات دانه در کمباین به شمار می رود. از آنجا که در بررسی عواملی که در عملکرد کوبنده کمباین مؤثرند تعیین آستانه برای رخ دادن یک رویداد نامطلوب به صورت قطعی بسیار مشکل است، از تحلیل درخت خطا مبتنی بر منطق فازی برای تخمین عملکرد کوبنده کمباین در این مقاله استفاده شده است. از نرم افزار مطلب برای انجام محاسبات بررسی حاضر استفاده شده است. در این بررسی دیده می شود که میانگین بازده کوبنده در بیشترین حالات برابر ۵۰ درصد می باشد و تغییر پارامترهای مؤثر بر کوبنده سبب تغییر بازده های فرعی بازده کلی کوبنده می گردد.

کلیدواژه: درخت خطا، منطق فازی، عملکرد کوبنده، عیب یابی

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه میه پست الکترونیک: mosababaei@yahoo.com
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه رومیه
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه ارومیه

۱- مقدمه

آشکارسازی و شناسایی عیب از عوامل مهم در بالا بردن قابلیت اطمینان و سلامت مجموعه های بزرگ و کوچک پیچیده نظیر راکتورهای هسته ای ـ پالایشگاه های نفت و گاز ـ ماشینهای پیچیده کشاورزی (مانند کمباین و بیلر) و... می باشد. در این راستا کامپیوترهای ناظر می توانند به کمک اپراتورها آمده و عیب یابی را با سرعت و دقت زیاد انجام دهند. عیب یابی سریع باعث جلوگیری از گسترش عیب در دستگاهها می شود. به طور کلی روش های عیب یابی را می توان به دو دسته کلی ریاضی و منطقی تقسیم بندی نمود. از آنجا که در روشهای ریاضی به علت پیچیدگی زیاد کم تر در فرایندهای صنعتی کاربرد دارند. در فرایندهای صنعتی بیشتر از روشهای منطقی نظیر درخت خطا و سیستم های خبره استفاده می شود. در یک سیستم با مقیاس بزرگ تقریباً غیر ممکن است که بتوان تمامی آن را به طور دینامیکی در قالبهای ریاضی و محاسباتی صورت بندی کرد زیرا این روش ها به خاطر ماه ت و پیچیدگی فرایند و نیز به علت محدودیتهای محاسباتی چندان کارآمد نمی باشند. از این رو استفاده از شیوه های قابل انعطاف پذیرتری که کار بهره برداری به توسط اپراتورها را خالی از هر گونه اشتباه میسر می سازد بسیار رواج یافته است و از آنجا که درخت خطا اطلاعات خوبی در مورد ساختار سیستم می دهد سیستم های نظارتی که بر پایه آن ایجاد می شوند بسیار سودمند هستند[۱]. امروزه استفاده از منطق فازی در سیستم هایی که دارای ورودی های غیر صریح و نامطمئن هستند و همچنین سیستم هایی که قابلیت مدل سازی توسط درخت خطا مورد تحلیلی واقع می شود و تعیین ورودی های قطعی جهت آن دشوار و حتی ناممکن می باشد[۲].که افرادی مانند یسارا[1] در سال ۱۹۹۰،سینگر[2] در سال ۱۹۹۰و.. از منطق فازی برای تحلیل درخت خطا نموده اند[3,4]. از انجا که اتلاف دانه در کوبنده یکی از اجزای مهم در تلفات دانه در کمباین به حساب می آید، لذا بهتر کردن عملکرد کوبنده یکی از اهداف مهم در کاهش تلفات کوبنده به شمار می رود. که افرادی مانند وینکی[3] در سال ۱۹۶۴، ویلکنسون و برامبک[4] در سال ۱۹۷۷ اثرات ویژگی های کوبنده عمتدا از نوع سوهانی را مورد بررسی ومطالعه قرار داده اند، اما هنوز یک تخمین کلی از بازده کوبنده نسبت به تغییر ویژگی های آن ارائه نشده است[5]. در این مقاله از روش درخت خطا مبتنی بر منطق فازی برای تخمین کلی عملکرد کوبنده کمباین استفاده شده است. از نرم افزار مطلب برای برنامه نویسی تخمین فازی بازده کوبنده استفده شده است. در این بررسی دیده می شود که میانگین بازده کوبنده در بیشترین حالات برابر ۵۰درصد می باشد وفقط تغییر پارامترهای موثر بر کوبنده سبب تغییر بازده های فرعی بازده کلی کوبنده می گردد.

۲ـ مواد و روشها:

۲-۱- درخت خطا

درختهای خطا علاوه بر کاربرد در محاسبه قابلیت اطمینان در عیب یابی نیز مورد استفاده قرار می گیرند. روش تحلیلی درخت خطا را ابتدا در سال ۱۹۶۱ شرکت بل مطرح نمود و سپس محاسبات مختلف در این باره باعث توجه روزافزون و سریع به استفاده از روش یاد شده برای دستگاههای پیچیده مانند راکتورهای هسته ای گردید. اساس روش تحلیلی درخت خطا عبارت است از ترجمه و انتقال یک سیستم فیزیکی به یک نمودار منطقی (درخت خطا) به طوری که از روی آن می توان به ریشه یابی رویداد عمده پرداخت. این نمودارها را با نمادهای خاصی بیان می کنند ولی اجزا اصلی آنها دروازه های AND و OR و NOT می باشند. در ضمن از این درخت ها می توان برای ساخت پایگاه دانش و ابداع قوانین بیان کننده ارتباطات منطقی بین حوادث و اجزا نیز استفاده نموده و با بهره گیری از یک زبان مناسب (مانند پرولوگ) یک سیستم خبره عیب یابی را ایجاد نمود.

---

[1] Misara-
[2] Singer-
[3] Wieneke-
[4] Wilkinson AND Braumbeck-

مراحل تحلیل خطا عبارتند از:

۱ـ تعریف سیستم

۲ـ ساخت درخت خطا

۳ـ ارزیابی کیفی

۴ـ ارزیابی کمی

ابتدایی ترین کار برای تشکیل درخت خطا تعریف و فهم سیستم مورد بررسی میباشد. تعریف سیستم ارتباط و وابستگی بین اجزا مختلف آن را بیان نموده پارامترهای قابلیت اطمینان را مشخص کرده و شرایطی که در هر وضعیت مشخصی به وجود میآید رامشخص می کند. یک درخت خطا ارائه ترسیمی ارتباط بین رویدادهای سطح پایین و رویداد نامطلوب یا حادثه نهایی سیستم می باشد. این ارتباط در درخت توسط نمادهای منطقی نشان دادهمی شود. منطق لازم برای ترسیم این نمودارها مستلزم درک کاملی از عملکرد فیزیکی سیستم می باشد. تحلیل درخت خطا در دو مرحله صورت می گیرد که اولین مرحله آن تحلیل کیفی آن می باشد. منظور از تحلیل کیفی تهیه کردن ترکیب های مختلفی رویدادها است که باعث خرابی سیستم می شوند. به عبارت دیگ در این بخش هدف تعیین کوچکترین مجموعه انقطاع برای حادثه نهایی درخت می باشد. در این بخش احتمال و فرکانس حوادث نهایی و رویدادهای نامطلوب محاسبه می شود. همچنین نرخ وقوع هر کدام از مجموعه های انقطاع از ارزیابی کیفی به دست می آیند. باید توجه داشت بر خلاف تحلیل قابلیت اطمینان که از مقادیر قابلیت اطمینان و قابلیت در دسترس بودن استفاده می شود در درخت خطا به علت آنکه تحلیل بر روی خرابی صورت می پذیرد از مقادیر عدم قابلیت اطمینان و عدم قابلیت در دسترس بودن استفاده می شود(۲).

۲-۲- عامل بهبود

در تحلیل درخت خطا احتمال رخ دادن حادثه نهایی به وسیله تابعی از رویدادهای اساسی نشان داده می شود. به عبارت دیگر:

$$PTOP = h(P(X1), P(X2), ...P(Xn))$$

چنانچه احتمال رخ دادن رویداد اول صفر باشد می توان احتمال رخ دادن حادثه نهایی را این گونه نشان داد:

$$PTOP1 = h(0, P(X2), ...P(Xn))$$

با استفاده از معادلات فوق می توان عاملی به نام عامل بهبود را برای هر رویداد تعریف نمود به طوری که این عامل میزان سهم هر رویداد در احتمال حادثه نهایی را مشخص می نماید. طبق تعریف بهبود برای رویداد اول:

$$PTOP - PTOP1$$

جهت رویدادهای دیگر نیز این امر همین گونه تعمیم می یابد. مشخص است که هر چه مقدار این فاکتور بیشتر باشد آن رویداد سهم بیشتری در حادثه ی نهایی دارد. بنابراین در تحلیل درخت خطا می توان به جای در نظر گرفتن همه سیستم توجه خود را بر رویدادهایی متمرکز نمود که سهم عمده ای در رخ دادن حادثه نهایی دارند.

۳-۲- منطق فازی

مسائل دنیای واقعی معمولاً ساختار پیچیده ای دارند که به دلیل وجود ابهام و عدم قطعیت در تعریف و درک آنهاست. پروفسور لطفی زاده در سال ۱۹۶۵ برای اولین بار با معرفی مجموعه های فازی، مقدمات مدل سازی اطلاعات نادقیق و استدلال تقریبی با معادله های ریاضی را فراهم نمود. منطق فازی مدلی متفاوت از نظریه احتمالات است. چرا که نظریه فازی برای بیان و تشریح عدم قطعیت و عدم دقت در رویدادها به کار می رود که بر اساس منطق چند ارزشی به وجود آمده است.

یک سیستم فازی از سه جهت دارای اهمیت است:

۱ـ به دلیل دارا بودن ماهیت مبتنی بر قوانین و استفاده از متغییرهای زبانی، قابلیت به کارگیری دانش انسانی را برای سیستم دارا می باشد.

۲ـ به دلیل عدم وابستگی به مدل سیستم، دارای پایداری بالا می باشد.

۳ـ به دلیل دارا بودن خاصیت تقریب گیری عمومی، به صورت بالقوه دارای بهترین عملکرد می باشد[۶].

۴-۲- تحلیل درخت خطا با استفاده از منطق فازی

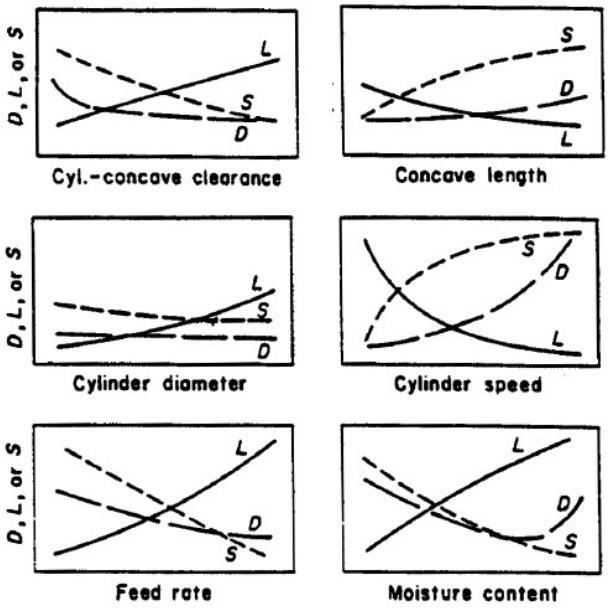
در بررسی عواملی که در وجود کزل در خروجی کمباین موثرند تعیین آستانه برای رخ دادن یک رویداد نامطلوب مانند فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده به صورت قطعی بسیار مشکل است. چرا که در فاصله بین کوبنده و ضد کوبنده فاصله ای جود دارد که با توجه به درصد این فاصله احتمال وجود کزل وجود دارد که منطق فازی با اختصاص ارزش درستی در فاصله صفر و یک به گزاره ها امکان استدلال تقریبی را فراهم می سازد. از طرف دیگر مقدمه ضروری جهت تحلیل درخت خطا تعریف و فهم سیستم ورد بررسی و تشکیل درخت می باشد که با توجه به ارتباط نزدیک منطق فازی با بیان انسانی می توان از دانش متخصصین در این زمینه به راحتی استفاده کرده و به کمک روابط فازی سیستم مورد بررسی را معرفی نمود. به بیانی دیگر جهت طی مرحله دشوار تشکیل درخت و ارائه مدار منطقی برای یک سیستم با وجود عدم قطعیت ها روش فازی به عنوان یک واسطه کارآمد بسیار مناسب است. با توجه به آنچه که گفته شد جهت بهبود تحلیل درخت خطا در زمان عدم قطعیت ورودی ها پیشنهاد می شود تحلیل درخت خطا با استفاده از ورودی ها و دریچه های فازی صورت پذیرد. بدین مفهوم که در ساخت مدل منطقی درخت با بهره گیری از دانش متخصصین درخت خطا با دریچه های فازی تعریف شود و همچنین ورودی ها به صورت گزاره های فازی با تابع عضویت بین صفر و یک در نظر گرفته شوند.

۵-۲- عملکرد کوبنده

در هر دو نوع کمباین معمولی و دوار، کوبیدن در اثر توام دو عمل ضربه زنی و ساییدن انجام می گیرد. که برای این کار از یک استوانه کوبنده گردان و یک ضد کوبنده شکاف دار بهره گرفته می شود. حرکت دورانی استوانه سبب انتقال محصول به طرف عقب کمباین شده که ضمن این کار محصول بین کوبنده و ضد کوبنده تحت دو عمل ضربه و سایش قرار می گیرد تا دانه از خوشه خارج شود. عملکرد یک کوبنده را می توان به سه عامل بازده کوبنده، بازده جدا کننده، و دانه های صدمه دیده مربوط دانست. که بازده کوبنده عبارت است از درصد دانه های جدا شده از خوشه به تعداد کل دانه های ورودی به کوبنده و بازده جدا کنندگی کوبنده یعنی تعداد دانه های خارج شده از ضد کوبنده و به منظور از دانه های صدمه دیده، خسارت مکانیکی است که در طی عمل کوبیدن به دانه وارد می شود و شامل شکستگی دانه، شکستگی پوست دانه و یا شکستگی داخل دانه میس باشد که هر یک از سه بازده بالا خود به شش عامل سرعت کوبنده، قطر کوبنده، طول ضد کوبنده، محتوای رطوبت، سرعت تغذیه و فاصله کوبنده و ضد کوبنده بستگی دارند. در این جا دو عامل قطر و طول کوبنده ثابت در نظر گرفته شده است چرا که قبلاً توسط کارخانه تعیین شده است نمودار های به دست آمده برای بازده کوبنده را می توان در شکل ۱ مشاهده نمود.

۶-۲- مدل سازی درخت خطا فازی تخمین عملکرد کوبنده کمباین

با توجه به مطالعات و آزمایشات انجام شده دیده شده که مهمترین عوامل موثر در عملکرد کوبنده کمباین سه عامل بازده کوبنده، بازده جداکننده و دانه های صدمه دیده می باشند که به عنوان ورودی ها در درخت خطا مد نظر قرار می گیرند. البته عوامل دیگری نیز ممکن است در عملکرد دخیل باشند اما با توجه به عامل بهبود فقط موارد ذکر شده مهم در اینجا مورد بررسی قرار گرفته است که در شکل ۲ نمودار درخت خطا برای اینتحلیل نشان داده شده استکه شماره های نوشته شده در نمودار مربوط به وقایع ذکر شده در جدول شماره ۱ می باشند.



شکل ۱:اثر ویژگی های یک کوبنده سوهانی با ضد کوبنده شکافدار بر عملکردهای مختلف آن.

L:تلفات کوبنده، D:تلفات دانه، S:درصد دانه های جدا شده در قسمت کوبیدن.

شماره رویداد ذکر شده	شرح رویداد
۱	فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده
۲	سرعت کوبنده
۳	محتوای رطوبت
۴	سرعت تغذیه

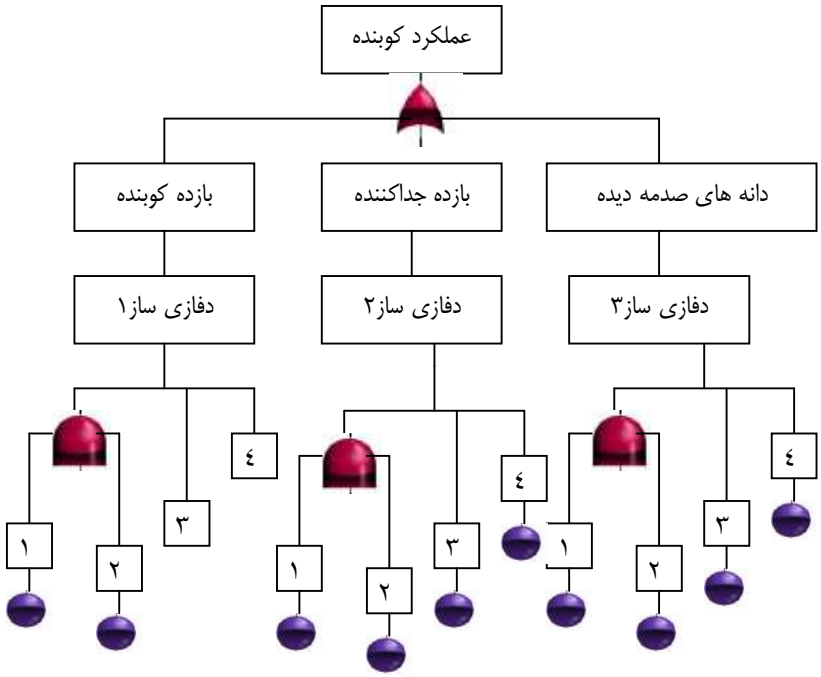
جدول شماره ۱:رویداد های در نظر گرفته در تخمین کوبنده

با توجه به آنچه که قبلاً گفته شد جهت بهبود تحلیل درخت خطا در زمان عدم قطعیت ورودی ها و خروجی ها مانند آنچه که در بالا وجود دارد تحلیل درخت خطا با استفاده از ورودی ها و دریچه های فازی صورت پذیرد. بدین مفهوم که در ساخت مدل منطقی درخت با بهره گیری از آزمایشات قبلی درخت خطا با دریچه های فازی تعریف شود و همچنین ورودی ها به صورت گزاره های فازی با تابع عضویت بین صفر و یک درنظر گرفته شود.

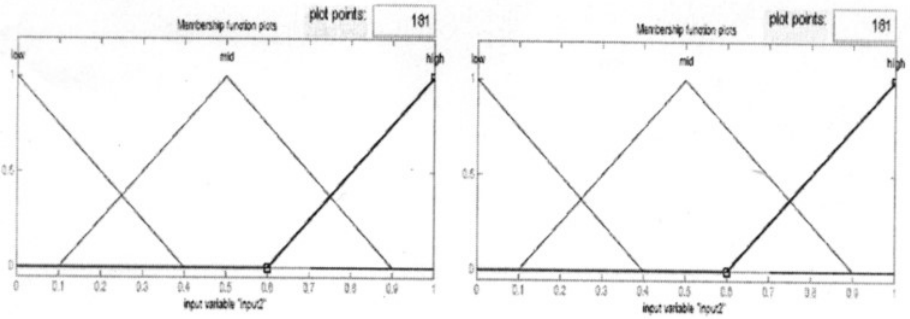
در مرحله بعد باید دریچه های فازی تعریف شوند. سه دریچه AND و OR و NOT دریچه های اصلی در مدارهای منطقی می باشند که با ترکیب آنها می توان هر دریچه ی دیگری را به دست آورد. دریچه NOT با تعریف مکمل فازی بر روی ورودی های آن تعریف می شود. بنابراین لازم است در دریچه ی دیگر مورد بررسی بیشتر قرارگیرند مدل ارائه شده در این مقاله یک دریچه یا سه ورودی OR را در نظر می گیرد که هر ورودی دارای سه تابع عضویت کم، متوسط و زیاد می باشد که بین صفر و یک قرار می گیرند. شکل ۲ تابع عضویت تعریف شده برای یک ورودی فرضی را نشان می دهد. برای خروجی فرضی نیز سه تابع عضویت صفر و متوسط و یک در نظر گرفته می شود. که در شکل ۳ نشان داده شده است.

در این مقاله جهت تحلیل درخت خطا به روش فازی از مدل ممدانی استفاده شده است که استفاده از این امر سبب می شود که تحلیل درخت خطا با داده های غیر صریح به روش فازی صورت پذیرد. در ضمن برای دریچه های AND از فازی زادیی

بزرگترین مقدار ماکزیمم و برای دریچه OR از فازی زدایی متوسط مقدار ماکزیمم استفاده شده ست. در ضمن از تابع عضویت مثلثی برای ورودی و خروجی که با سه پارامتر A, B, C تعریف می شود استفاده شده است.



شکل ۲: نمودار درخت خطا فازی عملکرد کوبنده کمباین



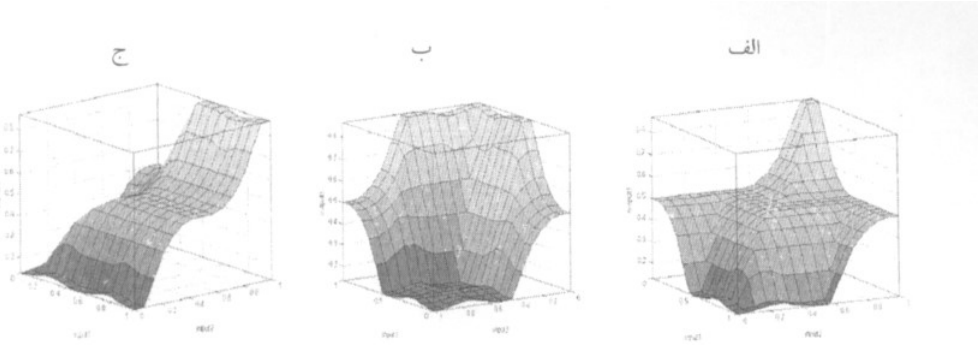
شکل ۳: تابع عضویت تعریف شده برای ورودی دریچه های AND و OR

شکل ۴: تابع عضویت تعریف شده برای خروجی دریچه های AND و OR

در این بررسی در هر یک از سه مورد بازده کوبنده، بازده جدا کردن و درصد دانه های تلف شده به علت نبود اطلاعات کافی در مورد روابط منطقی بین تمامی رویدادها، فقط روابط بین ورودی و خروجی و روابط منطقی AND بین دو رویداد ۱ و ۲ در نظر گرفته شده است. ولی در مورد عملکرد کلی کوبنده یک رابطه منطقی OR بین سه عامل بازده کوبنده، بازده جدا کردن و درصد دانه های تلف شده در نظر گرفته شده است. با توجه به این مقاله یک کمباین خاص را در نظر نگرفته است لذا ورودی هر یک از رویداد به صورت بازده ۰ تا ۱ در نظر گرفته شده است بدین معنی که ۰ به عنوان کمترین مقدار رویـ د و ۱ به عنوان حداکثر و ۰/۵ به عنوان متوسط مقدار در نظر گرفته شده ست. درخروجی نیز همین امر صادق است یعنی اینکه ۱ به عنوان حداکثر مقدار بازده و ۰ به عنوان کمترین مقدار بازده باید در نظر گرفته شود.

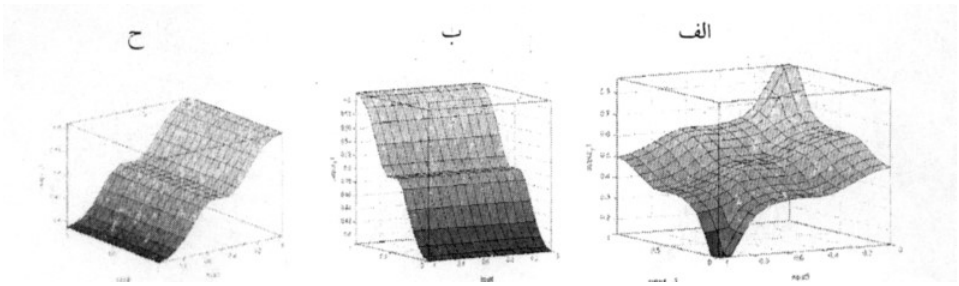
۳ ـ نتایج و بحث

در مورد بازده کوبنده و جدا کننده و دانه های سالم که درواقع عکس تلفات موارد مذکور است، پس از اعمال قوانین موجود AND بین دو رویداد ۱ و ۲ نمودار سطحی قوانین اعمالی آنها در شکل ۵ آمده است.

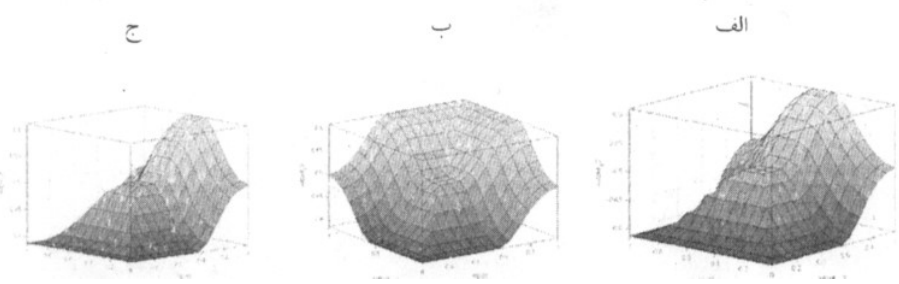


شکل ۵: نمودار سطحی فازی بین دو رویداد ۱ و ۲. الف: بازده کوبنده ب: بازده دانه های سالم ج: بازده جدا کننده

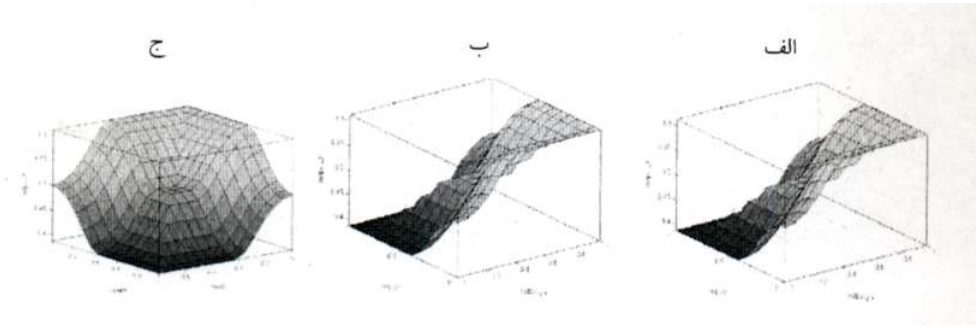
همانطوری که با توجه به روابط منطقی متفاوت بین دو رویداد ۱ و ۲ در هر سه مورد بازده کوبنده و جدا کننده و درصد دانه های سالم انتظار می رود سه نمودار فازی سطحی با هم متفاوت می باشند که در واقع این نمودارها تصدیقی برای نمودارهای شکل ۱ می باشند و پس از در نظر گرفتن دو رویداد دیگر نمودار سه بازده در شکل ۵ و ۶ و ۷ آمده است:



شکل ۶: نمودار سطحی فازی بازده کوبنده. الف: بازده بین دو رویداد خروجی ۱ـ۲ و رویداد ۳. ب: بازده بین دو رویداد خروجی ۱ـ۲ و رویداد i ج: بازده بین دو رویداد ۴ و رویداد ۳.

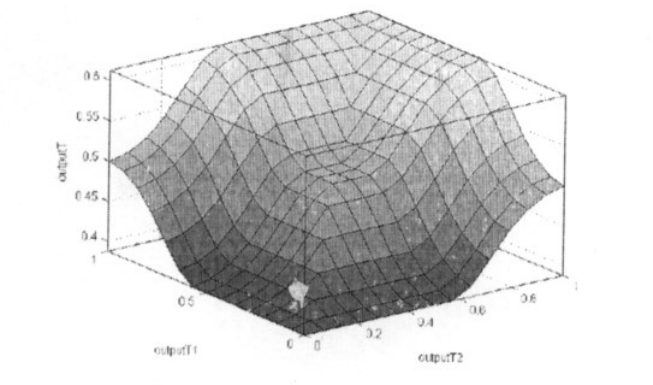


شکل ۷: نمودار سطحی فازی بازده جدا کننده. الف: بازده بین دو رویداد خروجی ۱ـ۲ و رویداد ۲. ب: بازده بین دو روی اد خروجی ۱ـ۲ و رویداد ۴. ج: بازده بین دو روی اد ۴ و روی اد ۳.



شکل ۸: نمودار سطحی فازی بازده دانه های سالم. الف: بازده بین دو رویداد خروجی ۱ـ۲ و روی اد ۳. ب: بازده بین دو رویداد خروجی ۱ـ۲ و روی اد ۴. ج: بازده بین دو روی اد ۴ و رویداد ۳

و در نهایت پس از اعمال رابطه منطقی OR بین سه بازده نمودار سطحی فازی بین سه بازده شکل و به صورت شکل ۸ به دست آمد:



شکل ۹: نمودار سطحی فازی کلی

جدول شماره ۲: در نظر گرفتن چند حالت مختلف برای ۴ رویداد

حالتهای مختلف	رویداد ۱	رویداد ۲	رویداد ۳	رویداد ۴	۱ـ۲ بازده کوبنده	بازده کوبنده	۱ـ۲ بازده جداکننده	بازده جداکننده	۱ـ۲ بازده دانه های سالم	بازده دانه های سالم	بازده کلی کوبنده
۱	0.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.603	0.137	0.5	0.5	0.603	0.501
۲	0.2	0.2	0.2	0.2	0.451	0.579	0.354	0.5	0.5	0.578	0.5
۳	0.3	0.3	0.3	0.3	0.451	0.538	0.451	0.5	0.424	0.539	0.5
۴	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.137	0.399	0.5
۵	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.13	0.402	0.5
۶	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.137	0.399	0.5
۷	0.7	0.7	0.7	0.7	0.451	0.462	0.549	0.462	0.424	0.461	0.5
۸	0.8	0.8	0.8	0.8	0.451	0.421	0.646	0.429	0.5	0.422	0.5
۹	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.379	0.863	0.487	0.5	0.379	0.493
۱۰	1	1	1	1	0.5	0.387	0. 87	0.474	0.5	0.387	0.496
۱۱	0.9	0.2	0.1	0.1	0.153	0.519	0.354	0.5	0.847	0.68	0.529
۱۲	0.2	0.9	0.2	0.2	0.646	0.588	0.549	0.5	0.153	0.478	0.5
۱۳	0.2	0.9	0.1	0.1	0.648	0.615	0.549	0.5	0.153	0.519	0.505

با در نظر گرفتن حالتهای مختلف جدولی به صورت جدول شماره ۲ به دست آمد، که با نگاهی به جدول مشاهده می شود که تغییر اندازه رویدادها مقادیر بازده کوبنده و جدا کننده و درصد دانه های سالم تغییر می نماید ولی بازده کلی کوبنده که ناشی از این سه بازده می باشد تغییر محسوسی ننموده و در حوالی ۵۰درصد می باشد ولی آنچه که در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد این است که با توجه به نوع گندمی که برداشت شده و یا با مشاهدات مخزن دانه و همچنین کاه های خارج شده از سیستم، با توجه به جدول اپراتور نباید سریعاً به تنظیمات که عموماً فاصله کوبنده و ضد کوبنده و سرعت کوبنده می باشد مبادرت ورزد و یا اینکه سرعت حرکت کمباین را جهت تنظیم سرعت تغذیه خیلی زیاد تغییر دهد بلکه باید با توجه به دیگر عوامل مانند رطوبت محصول و تأثیر این تنظیمات و رطوبت بر سه بازده کوبنده و جدا کننده و درصد دانه های سالم به تنظیمات مربوطه مبادرت ورزد.

۵- نتیجه گیری

آنچه که می توان نتیجه گرفت آن است که به کارگیری یک سیستم عیب یاب چه برای عیب یابی و چه برای تخمین عملکرد در مورد یک دستگاه یا فرایند صنعتی بزرگ و کوچک نیاز به آشنایی با آن فرایند از طریق آزمایش و مطالعه و مصاحبه با اپراتورهای خبره آن و تنظیم این اطلاعات در یک شکل قابل قبول برای برنامه ریزی کامپوتری است که یک روش استفاده از درخت خطا می باشد و با توجه به آنکه در فضای واقعی تحلیل درخت خطا تحلیل گر با مسائلی مانند آنچه که در این مقاله ذکر شد روبرو می شود که داده ها و ورودی ها تحلیل قطعی و صریح نیستند، در این صورت باید از منطق فازی برای تشکیل درخت خطا و دریچه ها استفاده شود چرا که با توجه به بیان قوی فازی بروز اشتباهات به حداقل می سد و با توجه به آنچه که در مقاله در مورد عملکرد کوبنده مشاهده گردید دیده شد که ممکن است تنظیم ناآگاهانه یکی از بخشهای کوبنده جهت بهبود بازده یکی از بخشهای کوبنده ممکن است منجر به کاهش بازده دیگر بخشها گردد. البته گفتنی است که این نوع سیستم باید به صورت یک نرم افزار جهت کنترل سخت افزاری سیستم در کارخانجات بر روی کمباین یا هر دستگاه مشابه نصب گردد.

منابع:

۱-رمضان پور،پرویز.۱۳۸۰. روش های عیب یابی در سیستم های کنترل. پایان نامه کارشناسی ارشد.دانشگاه تهران.
۲- درهمی، ولی. باصولی، مهدی.۱۳۷۸. تحلیل درخت خطا مبتنی بر منطق فازی. دومین کنفرانس ملی مهندسی صنایع.دانشگاه یزد.
3-Misara,L.X.1990.A course in fuzzy systems and control.Prentice-Hall International.
4-Singer,D.1990.Afuzzy set approach to fault tree analysis and reliability analysis. Fuzzy sets and systems.34,pp.145-155.
5- Srivastava,Ajit. K,carrol E, Goering,Roger P,Rohrbach, and Dennis R, Buckmaster, 2006. Grain harvesting. Chapter 12 in Engineering Principles of Agricultural Machine, 2 nd ed.
6-Timotly.2005.Fuzzy logic with engineering application. John Wiley.