پنجمین کنفرانس سیستمهای فازی ایران
هفدهم الی نوزدهم شهریورماه ۱۳۸۳

مدلسازی فازی تغییرات استحکام پارچه پنبه‌ای با غلظت هیدروژن پراکسید در حمام سفیدگری

حسین توانایی[۱], سید محمود طاهری[۲], مریم نصیری[۳]
دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی
tavanai@cc.iut.ac.ir

چکیده
هدف از انجام این تحقیق ارایه مدل تغییرات استحکام نمونه هایی از پارچه های صد در صد پنبه ای که در غلظت های متفاوتی از هیدروژن پراکسید به صورت همزمان پخت و سفیدگری شده اند، به صورت تابعی از غلظت هیدروژن پر اکسید می باشد. در این رابطه به دلیل کافی نبودن تعداد نمونه ها برای استناد به نتایج رگرسیون آماری از مدل های رگرسیون با ضرایب فازی برای مدل سازی استفاده شده است. در نهایت از بین مدل با ضرایب متقارن و مدل های با ضرایب نا متقارن مدل بهینه انتخاب شده است.

واژه های کلیدی: ″رگرسیون فازی″،″حمام سفیدگری″، ″استحکام پارچه پنبه ای″.

۱. مقدمه و تاریخچه

پخت وسفیدگری از جمله عملیات مقدماتی هستند که بر روی پارچه پنبه ای صورت می گیرند که ممکن است به صورت جداگانه یا همزمان انجام شوند. از آنجا که سود سوز آور و هیدروژن پر اکسید به ترتیب متداولترین مواد برای پخت و سفیدگری همزمان پارچه پنبه ای هستند، کنترل شرایط عمل در این حالت از اهمیت زیادی بر خوردار است، زیرا خود الیاف هم در معرض حمله مواد اکسید کننده و اثر تخریبی آن قرار می گیرند.

در این تحقیق مدلسازی تغییرات استحکام پارچه پنبه ای به صورت تابعی از غلظت هیدروژن پر اکسید روی در حمام سفیدگری مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد. این مطالعه بر پایه مدل رگرسیون با ضرایب فازی انجام گرفته است. داده های مورد استفاده مربوط به مرجع [۱] می باشند.

همان طور که می دانیم مدل های رگرسیونی برای بررسی ارتباط بین متغیرهای یک سیستم مورد استفاده قرار می گیرند. در این مدل ها برپایه مشاهدات مربوط به متغیرهای مستقل و وابسته، تابعی به منظور مدل سازی متغیرها و پیش بینی و/ یا کنترل متغیر وابسته بنا می گردد. در رگرسیون آماری مشاهدات مربوط به متغیرها دقیق هستند. همچنین فرض می شود که خطای مربوط به مدل برازش شده، یک خطای تصادفی است و این خطا به صورت یک جمله در مدل رگرسیونی لحاظ

۱- دانشیار، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲-استادیار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۳-کارشناس ارشد، دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان

می‌شود[۱۱]. تعداد نمونه های مورد استفاده برا ی تحلیل این نوع رگرسیون مهم می باشد. اگر در سیستم مورد مطالعه مشاهدات مربوط به متغیرها مبهم باشند، در این صورت می توان مشاهدات مبهم را با مجموعه های فازی صورتبندی نمود و آنگاه از آنها در تحلیل رگرسیون استفاده کرد. از طرف دیگر اگر احساس شود که ارتباط بین متغیر ها نادقیق است، هر چند که خود متغیر ها دقیق باشند، می توان از یک مدل رگرسیونی با ضرایب فازی (به جای ضرایب دقیق) استفاده کرد [۳و ۱۸].

رگرسیون باضرایب فازی اولین بار در سال ۱۹۸۲ توسط تاناکا و همکاران (Tanaka et al.) مورد بحث و بررسی قرار گرفت [۱۸]. این روش که رگرسیون امکانی هم نامیده می شود، توسط برخی از محققان گسترش یافته است، که از آن جمله می توان به[۸و۱۷و۱۹] اشاره کرد. رگرسیون فازی با استفاده از پایگاههای اطلاعاتی فازی توسط ماشین چی مورد بررسی قرار گرفته است[۲]. به طور کلی کاربردهای رگرسیون فازی در شاخه های مختلف علوم، گسترش یافته است. برای مروری بر انواع رگرسیون های فازی و کاربردهای آن می توان به مرجع [۱۶] مراجعه نمود.

در ادامه به چند نمونه از کاربرد های نظریه مجموعه ها و منطق فازی درصنعت نساجی اشاره می شود.

هیونگ (Hung) و یو (Yu) برای کنترل پارامترهای دما، PH و غلظت رنگینه های مستقیم در رنگرزی مداوم کالای سلولزی از سیستمهای FIS (Fuzzy Inference Systems)استفاده کردند[۷]. توسط مرجیونمی (Marjonemi) و منتیسال (Mantysalo) از ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems) برای مدلسازی رابطه بین جذب و غلظت مخلوط دو رنگینه در رنگرزی چرم استفاده شده است و نتیجه گرفته شده که آموزش مدل ANFIS در مقایسه با شبکه های عصبی ANN (Artifical Neural Network) به زمان کمتری احتیاج دارد[۹و۱۰].

از کاربردهای دیگر منطق فازی در در شاخه های مختلف نساجی می توان به مدلسازی ارتباط خصوصیات نخ تکسچره شده با خواص سطحی دیسکهای اصطکاکی روی ماشین های تکسچرایزینگ تاب مجازی [۴]، تشخیص میزان راحتی در پوشش منسوجات با بررسی فاکتورهایی مانند اصطکاک [۱۳]، تشخیص زیردست پارچه با سیستمهای فازی[۱۲] ، اندازه گیری قابلیت ریسندگی یک نخ[۱۵] و مقدار نرمی پارچه[۵] اشاره کرد.

در تحقیق حاضر مدلسازی تغییرات استحکام پارچه پنبه ای با تغییر غلظت هیدروژن پر اکسید با استفاده از رگرسیون فازی مورد بررسی قرار می گیرد.

در بخش آینده، مدل رگرسیون باضرایب فازی بر پایه مشاهدات دقیق را که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است، شرح می دهیم.

۲ـ رگرسیون فازی

۲-۱- مدل رگرسیون با ضرایب فازی

در رگرسیون خطی با ضرایب فازی (متغیرهای مستقل و وابسته دقیق)، هدف آن است که بر پایه نمونه ای از مشاهدات $(y_1,x_1,),(y_2,x_2),...(y_m,x_m)$، ضرایب فازی $A_0,A_1,...,A_n$ را به گونه ای بیابیم که مدل زیر یک مدل بهینه برای برازش به داده های مذکور باشد.

$$Y = f(\underline{x},A) = A_0 + A_1x_1 + A_2x_2 + ...A_nx_n \tag{۱}$$

در رابطه فوق Y متغیر وابسته یا اصطلاحاً خروجی فازی است، $\underline{x} = (x_1,x_2,...,x_n)$بردار متغیرهای مستقل یا اصطلاحاً بردار ورودی (با مقادیر حقیقی) و $A = (A_0,A_1,...A_n)$ یک مجموعه از اعداد فازی است. در این تحقیق، بر پایه روش ین و همکاران (Yen et al.) [۱۹] مدل فوق برای مجموعه ای از داده های مربوط به استحکام پنبه بکار گرفته شده است. در اینجا به دلیل اینکه ضرایب متقارن حالت خاصی از نامتقارن هستند، چگونگی محاسبه تابع عضویت Y خروجی فازی مدل (۱) در حالت ضرایب با تابع عضویت مثلثی نامتقارن توضیح داده می شود.

۲ـ۲ مدل رگرسیونی با ضرایب فازی نا متقارن

اگر A_i ها $(i=0,1,2,.....,n)$ اعداد فازی مثلثی نامتقارن و x_iها نیز اعداد حقیقی و مثبت باشند، آنگاه Y یعنی خروجی فازی نیز یک عدد فازی مثلثی نامتقارن به صورت $Y=(f^c(\underline{x}), f_s^L(\underline{x}), f_s^R(\underline{x}))_L$ است که در آن $f^c(\underline{x})$ نما و $f_s^L(\underline{x})$ پهنای چپ و $f_s^R(x)$ پهنای راست Y می باشند و به صورت زیر بدست می آیند :

$$f^c(\underline{x}) = a_0^c + a_1^{\,c} x_1 + \ldots + a_n^{\,c} x_n \tag{۲}$$

$$f_s^L(\underline{x}) = s_0^L + s_1^L x + \ldots + s_1^L x_n \tag{۳}$$

$$f_s^R(\underline{x}) = s_0^R + s_1^R x_1 + \ldots + s_n^R x_n \tag{۴}$$

به بیان دیگر تابع عضویت Y عبارت است از :

$$\mu_Y(y) = \begin{cases} 1 - \dfrac{y - f^c(\underline{x})}{f_s^L(\underline{x})} \;, & f^c(\underline{x}) - f_s^L(\underline{x}) \le y \le f^c(\underline{x}) \\ 1 - \dfrac{f^c(\underline{x}) - y}{f_s^R(\underline{x})} \;, & f^c(\underline{x}) \langle y \le f^c(\underline{x}) + f_s^R(\underline{x}) \end{cases} \tag{۵}$$

اگر بخواهیم تابع عضویت بالا را برحسب ضریب کشیدگی بیان کنیم، قرار می دهیم $s_i^R = k_i\, s_i^L$، در این صورت $f_s^R(\underline{x})$ در رابطه (۴) به صورت زیرتغییر می یابد :

$$f_s^R(\underline{x}) = k_0 s_0^L + k_1 s_1^L x_1 + \ldots. + k_n s_n^L x_n \tag{۶}$$

اگر در رابطه فوق قرار دهیم $(i=0,1,....,n), k_i = 1$ آنگاه $s_i^L = s_i^R = s_i$ و داریم $f_s^L(\underline{x}) = f_s^R(\underline{x}) = f_s(\underline{x})$, بنابراین رابطه (۵) به رابطه زیر، که مربوط به مدل با ضرایب فازی متقارن است، تبدیل می شود:

$$\mu_Y(y) = \begin{cases} 1 - \dfrac{y - f^c(\underline{x})}{f_s\,(\underline{x})} \;, & f^c(\underline{x}) - f_s\,(\underline{x}) \le y \le f^c(\underline{x}) \\ 1 - \dfrac{f^c(\underline{x}) - y}{f_s\,(\underline{x})} \;, & f^c(\underline{x}) \langle y \le f^c(\underline{x}) + f_s\,(\underline{x}) \end{cases}$$

۳-۲- برآورد ضرایب فازی مدل

هدف رگرسیون با ضرایب فازی و داده های غیر فازی برآورد ضرایب A_i، $(i=0,1,.....,n)$ در مدل (۱) است به صورتی که :

۱- به ازای تمام مشاهدات $(j=1,2,...,m)$ ، مقدار Y_j حاصل از مدل حداقل دارای درجه عضویتی به بزرگی h باشد یعنی داشته باشیم :

$$\mu_Y(y_j) \ge h, \qquad j = 1,2,...,m \tag{۷}$$

۲- ضرایب فازی A_i، $(i=0,1,...,n)$ به گونه ای باشند که ابهام یا فازی بودن خروجی های فازی مینیمم گردد. با توجه به اینکه هر چه پهنای یک عدد فازی مثلثی بیشتر باشد، ابهام آن نیز بیشتر است، به این منظور باید مجموع پهناهای خروجی فازی Y مربوط به کلیه مجموعه داده ها را مینیمم گردد. در ادامه روش یافتن مدل را در حالتی که ضرایب به صورت اعداد فازی مثلثی نامتقارن منظور شوند، مورد بحث قرار می گیرند. در این حالت، تابع هدف Z به صورت زیر تعریف می شود.

$$Z = m(s_0^L + s_0^R) + \sum_{i=1}^{n} \Big[\ (s_i^L + s_i^R) \sum_{j=1}^{m} x_{ji}\ \Big] \tag{۸}$$

تابع Z را با جایگذاری $s_i^R = k_i s_i^L$ می توان برحسب ضریب کشیدگی k_i به این صورت نوشت :

$$Z = m(1+k_0)s_0^L + \sum_{i=1}^{n}\left[(1+k_i)s_i^L \sum_{j=1}^{m} x_{ji}\right] \quad (۹)$$

نکته ۱. با قرار دادن $k_i = 1$, $(i = 0,1,\dots,n)$, رابطه فوق به صورت $Z = 2\left(ms_0^L + \sum_{i=1}^{n}\left[s_i^L \sum_{j=1}^{m} x_{ji}\right]\right)$ بازنویسی می شود که مقدار تابع هدف در حالت متقارن است.

نکته ۲. تابع هدف Z را به صورت زیر تعریف شده است:

$$Z = (s_0^L + s_0^R) + \sum_{i=1}^{n}\left[(s_i^L + s_i^R)\sum_{j=1}^{m} x_{ji}\right]$$

اما با توجه به اینکه تعداد نمونه ها نیز باید در محاسبه تابع هدف منظور شوند، در این تحقیق تابع هدف مطابق با رابطه (۹) تعریف شده است.
محدودیتهای مدل رگرسیون با توجه به رابطه (۵) و تحت محدودیت (۷) بدست می آیند[۱۹]:

$$\begin{aligned} &1 - \frac{y_j - f^c(\underline{x}_j)}{f_L^s(\underline{x}_j)} \geq h \Rightarrow (1-h) f_L^s(\underline{x}_j) + f^c(\underline{x}_j) \geq y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \\ &1 - \frac{f^c(\underline{x}_j) - y_j}{f_R^s(\underline{x}_j)} \geq h \Rightarrow (1-h) f_R^s(\underline{x}_j) - f^c(\underline{x}_j) \geq -y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \end{aligned} \quad (۱۰)$$

با جایگذاری روابط (۲) و (۳) و(۴) در روابط فوق خواهیم داشت :

$$\begin{aligned} &(1-h)s_0^L + (1-h)\sum_{i=1}^{n}\left(s_i^L x_{ji}\right) + a_0^c + \sum_{i=1}^{n}\left(a_i^c x_{ji}\right) \geq y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \\ &(1-h)s_0^R + (1-h)\sum_{i=1}^{n}\left(s_i^R x_{ji}\right) - a_0^c + \sum_{i=1}^{n}\left(a_i^c x_{ji}\right) \geq -y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \end{aligned} \quad (۱۱)$$

که با استفاده از رابطه $s_i^R = k_i s_i^L$ می توان روابط (۱۱) را بر حسب ضریب کشیدگی k_i به صورت زیر بازنویسی نمود :

$$\begin{aligned} &(1-h)s_0^L + (1-h)\sum_{i=1}^{n}\left(s_i^L x_{ji}\right) + a_0^c + \sum_{i=1}^{n}\left(a_i^c x_{ji}\right) \geq y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \\ &(1-h)k_0 s_0^L + (1-h)\sum_{i=1}^{n}\left(k_i s_i^L x_{ji}\right) - a_0^c + \sum_{i=1}^{n}\left(a_i^c x_{ji}\right) \geq -y_j \;, \; j = 1,2,\dots,m \end{aligned} \quad (۱۲)$$

اکنون با استفاده از روشهای برنامه ریزی خطی می توان تابع Z (رابطه (۹)) را با توجه به $2m$ محدودیت تولید شده توسط m مشاهده مینیمم کرد و ضرایب فازی مدل رگرسیونی را به دست آورد[۱۹].

در عمل باید مینیمم سازی فوق را به ازای مقادیر مختلف k_i , $(i = 0,1,\dots,n)$, انجام داد و مدلهای مختلف رگرسیونی با ضرایب متقارن و نا متقارن را بدست آورد و در نهایت با استفاده از یک معیار مناسب، مدل بهینه را انتخاب نمود.

۴-۲- ارزیابی مدلهای رگرسیون با ضرایب فازی

۱-۴-۲- مقدار MSE

برای مقایسه مدلهای رگرسیون فازی می توان از MSE مربوط به هر کدام ازآنها استفاده کرد. MSE یا میانگین مربعات خطا به صورت زیر بدست می آید که در آن y_j مقدار متغیر وابسته به ازای مشاهده j ام، و $def(\tilde{y}_j)$ مقدار غیر فازی شده پیش بینی متغیر وابسته است.

$$MSE = \frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m}\left[y_j - def(\tilde{y}_j)\right]^2 .$$

در مقاله حاضر از روش مرکز ثقل (COG) [۱۴] برای غیر فازی سازی $\hat{y}_j$ ها استفاده شده است.

۲ـ ۴ـ ۲ مقدار متوسط ابهام

روش دیگر ارزیابی مدلهای رگرسیون فازی استفاده از مقدار متوسط ابهام آنهاست. واضح است که مدلی که دارای ابهام کمتری باشد، مناسبتر است، زیرا در مدلی که ابهام آن کمتر است، پیش بینی های مربوط به متغیر وابسته با دقت بیشتری صورت می گیرد. مقدار متوسط ابهام هر مدل به صورت زیر به دست می آید:

$$MV = \frac{\left(m(1+k_0)s_0^L + \sum_{i=1}^{m}\left[(1+k_i)s_i^L\sum_{j=1}^{m}xji\right]\right)}{m}$$

۳ـ آزمایشها

در این پژوهش، برای بررسی اثر غلظت مواد در حمام پخت و سفیدگری همزمان به صورت ناپیوسته بر استحکام کالا، پارچه صد در صد پنبه ای با تار و پود دولا، نمره ۲۰ انگلیسی و تراکم ۲۴ تار و ۲۰ پود در سانتیمتر با آهار نشاسته، بدون انجام آهار گیری به صورت همزمان پخت و سفیدگری شد. از هیدروژن پراکسید ۲۶۶ درصد وزنی، سود سوز آور، سدیم سیلیکات و سدیم کربنات استفاده گردید. شرایط حمامهای پخت و سفیدگری همزمان با هیدروژن پراکسید و سود سوز آور به روش ناپیوسته رمق کشی برای بررسی اثرغلظت مواد به صورت زیر بود:

۱/۶ میلی لیتر بر لیتر سدیم سیلیکات صنعتی،۴/. گرم بر لیتر سدیم کربنات صنعتی، سود سوز آوراز شرکت مرک به میزان ۲۴ درصد (نسبت به وزن پارچه)، هیدروژن پراکسید از شرکت مرک به میزان ۰ تا ۸ درصد (نسبت به وزن پارچه)، دما ۹۰ درجه سانتیگراد، مدت زمان ۱ ساعت، نسبت حجم به وزن ۱ به ۳۰. پس از اتمام سفیدگری و پخت، نمونه ها در شرایط یکسان آبکشی و خشک شده و استحکام آنها مطابق با استاندارد ASTM D5035-95 با دستگاه استحکام سنج زوییک انجام شد[۱].

۴ـ استفاده از رگرسیون فازی برای مدلسازی تغییرات استحکام پارچه پنبه‌ای به صورت تابعی از غلظت هیدروژن پراکسید

از آنجا که تعداد نمونه ها برای بررسی صحت شرایط مربوط به رگرسیون آماری کافی نیست، روش جایگزین مورد استفاده در این پژوهش رگرسیون با ضرایب فازی است. از جمله برتری های آنالیز رگرسیون با ضرایب فازی در این است که پیش فرضی را در مورد تعداد نمونه ها لازم ندارد. مدلسازی تغییرات استحکام با استفاده از داده های جدول (۱) صورت گرفت. دراین جدول، Strength بیانگراستحکام پارچه صد در صد پنبه ای و .Conc بیانگر غلظت هیدروژن پر اکسید می باشد.

جدول ۱- داده های مربوط به استحکام پارچه پنبه ای و غلظت هیدروژن پر اکسید

Strength	250	240	230	231	229	222	221	223	219

Conc.	0	1	2	3	4	5	6	7	8

متغیر پیشگو غلظت هیدروژن پر اکسید و متغیر پاسخ استحکام پارچه صد در صد پنبه ای می باشد.
در مدل نامتقارن تابع هدف Z به صورت زیر در نظر گرفته می شود :

$$Z = m(1+k_0)s_0^L + (1+k_1)s_1^L \sum_{j=1}^{120} x_{j1}x_3$$

برای منظورنمودن تابع هدف، باید k_0 و k_1 را از قبل مشخص کنیم. یعنی مشخص کنیم که هر کدام از ضرایب مدل (در اینجا A_0 و A_1) تا چه اندازه نا متقارن باشد. (در حالت خاص $k_0 = k_1 = 1$ با مدل با ضرایب متقارن روبرو هستیم). در اینجا برای تشریح روند محاسبات، برای مثال، k_o را برابر ۱,۴ و k_1 را برابر ۱,۸ قرار می دهیم. بنابراین تابع هدف به صورت زیر در می آید:

$$Z = 21.6 + 57.6 \times s_1^L$$

اکنون باید محدودیت های مساله برنامه ریزی خطی را مشخص کنیم. همچنان که گفتیم برای هر مشاهده دو محدویت تولید می شود. بنابراین ۱۸ محدودیت (نامعادله) ایجاد می گردد. برای نمونه، ۲ محدودیت مربوط به مشاهده اول به ازای $k_0 = 1.4$, $k_1 = 1.8$ و $h = 0.5$ به صورت زیر هستند.

$$0.5 \times s_0^L - 1 \times s_1^L + a_0^c - 2 \times a_1^c \geq 230$$
$$0.7 \times s_0^L - 1.8 \times s_1^L - a_0^c + 2 \times a_1^c \geq -230$$

با استفاده از این مقادیر ضرایب فازی مدل به صورت زیر بدست می آیند :

$$A_0 = (244.88,10.24,11.34) \ , \ A_1 = (-3.86,0,0)$$

نکته۳. انتخاب مقدار h, که می توان آن را سطح اعتبار مدل در نظر گرفت، بستگی به نظر کاربر دارد. در محاسبات بالا و همچنین در محاسباتی که در بخش های آینده انجام داده ایم، همواره از مقدار $h = 0.5$ استفاده نموده ایم.
نکته۴. در روشهای مربوط به حل مسایل برنامه ریزی خطی، عمدتا فرض می شود که متغیرهای موجود در معادلات مثبت هستند.این نکته در مورد پهناهای ضرایب فازی صادق است. اما لزومی ندارد که مراکز این ضرایب مثبت باشند. بدین منظور در حل مسایل فوق باید به این نکته توجه کرد و متغیرهای مربوط به مراکز ضرایب را به صورت تفاضل دو متغیر مثبت منظور نمود. لازم به ذکر است که در مرجع [۱۹] صرفا مدلهایی مطالعه شده اند که مراکز ضرایب اعداد مثبت هستند.

۵ـ بررسی مدلهای مختلف و انتخاب مدل بهینه

همان طور که گفته شد، با انتخاب k_o و k_1 های مختلف مدلهای متفاوت رگرسیون با ضرایب فازی نا متقارن به دست می آید. مسلما در هر مساله خاص آن مدل رگرسیونی مناسبتر است که MSE مدل و همچنین متوسط ابهام مدل کمترین مقادیر را داشته باشند. بنابر این در هر مساله مدلهای مختلف را به ازای k_i های متفاوت به دست می آوریم و در نهایت مدل بهینه را انتخاب می کنیم.

برای داده های جدول ۱ چند مدل به ازای k_o و k_1 های مختلف برازش داده شده اند که نتایج حاصل در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۲- تغییر مدل رگرسیون فازی بر حسب k_i های متفاوت.

Condition	Model	MSE	متوسط ابهام
Symmetric	Strength=[243.86,12.29]+[-3.86,0]Conc.	4.754	24.57
Non sym.(k0=1.4)	Strength=[250,0,0]+[-6.93,6.14]Conc.	13.928	24.57
Non sym. (k0=1.4,k1=1.8)	Strength=[244.88,10.24,14.34]+ [-3,86,0,0]Conc.	4.609	24.57
Non sym. (k0=1.1,k1=1.9)	Strength=[244.15,11.7,12.87]+ [-3,86,0,0]Conc.	4.685	24.57
Non sym. (k0=1.9,k1=1.9)	Strength=[245.76,8.45,16.05]+ [-3,86,0,0]Conc.	4.741	24.57
Non sym.(k0=0.9)	Strength=[243.53,12.93]+[-3.86,0]Conc.	4.859	24.57

بنابراین مدل نهایی که دارای کمترین میزان خطاست، به صورت زیر است.

Strength=[244.88,10.24,14,34]+[-3.86,0,0]Conc.

۶ـ نتیجه گیری

هنگامی که تعداد مشاهدات نمونه ای اندک باشد، استفاده از شیوه های رگرسیون آماری ، توام با دشواری هایی است. یک شیوه جانشین استفاده از رگرسیون فازی است. اعتبار و تحلیل نتایج این نوع رگرسیون نیاز به حجم نمونه ای زیاد ندارد. در این تحقیق با توجه به تعداد کم مشاهدات، از مدل رگرسیون با ضرایب فازی در حاالتهای مختلف متقارن و نا متقارن استفاده شده است. برای انتخاب مدل بهینه از دو ملاک MSE و متوسط ابهام استفاده شده است. به نظر می رسد انتخاب شیوه غیر فازی سازی در محاسبه MSE، انتخاب سطح اعتبار مناسب و آنالیز حساسیت در مورد داده های پرت، مطالعات مفیدی برای تحقیقات آینده باشند.

۷ـ مراجع

[۱] توانایی، حسین و انجمنی، رسول، (۱۳۸۱)، "اثر شرایط پخت و سفیدگری همزمان (ناپیوسته) بر استحکام پارچه صد در صد پنبه ای خام"، مجله علوم و تکنولوژی پلیمر، شماره چهارم،۲۵۱-۲۵۷.

[۲] ماشین چی، ماشاا...، (۱۳۷۹)، "رگرسیون با استفاده از پایگاههای اطلاعاتی مشکک"، اندیشه آماری، شماره ۲، ۱۳-۱۹.

[۳] مجدی، سعید و طاهری، سید محمود و علامت ساز، محمد حسین، (۱۳۸۱)، "رگرسیون خطی با ضرایب فازی"، ششمین کنفرانس آمار ایران، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۱۹-۳۴۱.

[4] Callhof C., Wulfhort B., (1999), "Neuro-Fuzzy Networks- aTool for the Development of New Yarn Contacting Elements Exemplary on Friction Discs", Man made Fiber Yarn Book, pages 95.

[5] Chen Y., Collier B., (2000), "Objective Evaluation of Fabric Softness", Textile Res. J., pages 443-448.

[6] Gass S.I., (1975), "Linear Programming", Mc Graw-Hill.

[7] Hung C.C., Yu W. H., (1999),"Control of Dye Concentration, PH, and Temperature in Dye-Ing Processes", Textile Reasearch Journal, Vol. 69, No.12, pages 914-918.

[8] Luczynski W. and Matolka M., (1995), "Fuzzy Regression Models and Their Application", J. Fuzzy Math., No.3, pages 583-589.

[9] Marjoniemi M., Mantysalo E., (1997)"Neuro-Fuzzy Modeling of Spectroscopic Data. Part A-Modelling of Dye Solutions", J.S.D.C, Vol. 113, pages 13-17.

[10] Marjoniemi M. and Mantysalo E., (1997), "Neuro-fuzzy modeling of spectroscopic data. Part B –Dye Concentration Prediction", J.S.D.C, Vol. 113, pages 64-67.

[11] Montgomery D. C. and Peek C. A., (1991), "Introduction to Linear Regression Analysis", Second Ed., John Wiley.

[12] Pan N., (1988) "A New Approach to the Objective Ealuation of Fabric Handle from Mecanical Properties" Part III: Fuzzy Cluster Analysis for Fabric HandleSorting", Textile Research Institute, pages 565.

[13] Rong G.H. and Slater K., (1992), "A New Approach to the Assessment of Textile Performance", J. Text. Ins., Vol. 83, No. 2, pages 197-208.

[14] Roychowdhury Sh. and Pedrycz W, (2001), "A Survey of Defuzzification Strategies", International Journal of Intelligent Systems, Vol.16, pages 679-695.

[15] Setle S. and Bolart L., (2000), "Building a Rule Set for The Fiber- to-Yarn Production Process by Means of Soft Computing Techniques", Textile Research Journal, Vol. 70, No. 5, pages 375-386.

[16] Taheri S. M., (2003),"Trends in Fuzzy Statistics", Austrian, J. Stat., Vol. 32, No. 3, pages 239-257.

[17] Tanaka H. and Lee H., (1999), "Exponential Possibility Regression Analysis by Identification Method of Possibilistic Coefficients", Fuzzy Sets. Syst., No.106, pages 155-165.

[18] Tanaka H. and Uejima S. and Asai K., (1982), "Linear regression analysis with fuzzy model', IEEE Systems, Man& Cybernetics, Vol. 12, No. 6, pages 903-907.

[19] Yen K.K., Ghoshray S. and Riog G., (1999), "A Linear Regression Model Using Triangular Fuzzy Number Coefficients", Fuzzy Sets Syst, No. 106, pages166-177.