

بررسی رابطه بین خواص مهم کیفی نخ پنبه کارد شده، عیوب نخ و خواص کیفی الیاف اندازه گیری شده (HVI) با استفاده از آنالیز کامل رگرسیونی (بررسی مهندسی نخ پنبه کارد شده با استفاده از آنالیز کامل رگرسیونی)

خلاصه:

هدف اصلی در این مقاله به دست آوردن معادله بهینه بین خواص مهم کیفی نخ با عیوب نخ و خواص الیاف در نخ کارد شده پنبه ای می باشد برای این کار از تجزیه و تحلیل کامل رگرسیونی و استفاده از رگرسیون نیرومند و رگرسیون متعامد و نمودارهای باقیمانده جزئی و تعیین انتخاب متغیر به روش همه رگرسیون های ممکن و آماره C_p مالوس همراه با نرم افزار SAS استفاده گردیده است. برای انجام این کار از ۸۷ نمونه به دست آمده از نتایج آزمایشی مرکز بین المللی نساجی آمریکا در تگزاس استفاده گردیده است. برای همه نخ ها از فاکتور تاب یکسان $\alpha_e = 4/1$ استفاده شده و نمره نخل های ۱۵ تا ۳۱ انگلیسی تولید گردیده است، معادلات با تعداد متغیرهای مناسب و محدود و همچنین ترتیب اهمیت آنها، همراه با ضریب همبستگی بسیار خوب به دست آمده است.

۱- مقدمه

خواص فیزیکی و مکانیکی الیاف و مشخصه های مختلف کیفی نخ در رفتار فرآیندی، راندمان تولید و بالاخره نخ و پارچه تأثیر عمده ای دارد. همچنین تغییرات مشخصه های مهم نخ شامل نمره تاب، استحکام، ازدیاد طول و عیوب نخ مخصوص برای نخ های بریده شده (Stuple) غیرقابل اجتناب است این تغییرات در خصوصیات نخ در طول فرآیند تولید و هم بعد از تولید، باعث مشکلات زیادی می شود. بنابراین ارتباط بین این مشخصات برای جلوگیری از مشکلات مختلف باید به طور واضح مشخص گردد. همچنین پیشگویی مشخصه های مهم کیفی نخ (خواص کششی، پرز و CV٪ جرمی نخ) از خصوصیات مواد خام، هدف اصلی بسیاری از محققین در دو دهه گذشته بوده است به طور کلی دو روش اصلی، روش های آماری و روش های تحلیلی و تئوریک در مطالعات گذشته مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از روش های مهم استفاده از روش رگرسیون چندمتغیره بوده است و در این مقاله سعی گردیده است این ارتباط را به مشخصه های دیگر نخ از جمله عیوب نخ و تعداد الیاف در سطح مقطع نخ نیز گسترش داده و سپس با بررسی کامل رگرسیون و استفاده از روش های آماری دیگر به نتایج دقیق تر و کاربردی تر به دست آید.

۲- مروری بر مطالعات قبلی

تا کنون مدل های ریاضی و تحلیلی زیادی برای تخمین استحکام نخ تکی از مشخصه مختلف الیاف و نخ به دست آمده است [۱ و ۲ و ۳ و ۴]. هول [۵] انواع مطالعات تجربی و ریاضی در ارتباط با استحکام نخ را در بین سال های ۱۹۲۶ تا ۱۹۶۵ انجام داده است هانتر [۶] بیشتر از ۲۰۰ مقاله در مورد پیشگویی پارامترهای کیفی نخ بخصوص خواص کششی تا سال ۲۰۰۴ منتشر کرده است.

مشخصه مهم دیگر نخ ازدیاد طول تا حد پارگی است که این مشخصه نیز روی کارایی نخ ها، در دومین پیچی و بافندگی تأثیر می گذارد. ازدیاد طول نخ نیز به خواص الیاف، تاب نخ و نمره نخ بستگی دارد.

اگرچه تعداد مقالات در این زمینه کمتر است ولی مدل های ریاضی توسط اگروال [۷]، فردریچ [۳] و زرک [۸] پیشنهاد شده است. همچنین مدل های آماری توسط هانتر [۱] و مدل ANN توسط ماجمدر [۹] ارائه شده است.

نایکنواختی نیز فاکتور مهمی در مورد کیفیت نخ و پارچه می باشد، تغییرات تعداد الیاف در سطح مقطع نخ، دلیل اصلی نایکنواختی است. علاوه بر این پارامترهای ماشین، روش ریسندگی، نمره نخ و بعضی مشخصه های الیاف اثر مستقیمی روی نایکنواختی نخ دارند هانتر [۱] و اتریچ و همکاران [۱۰] چند مدل را برای مشخص کردن نایکنواختی از مشخصه های الیاف ارائه نموده اند.

- پرزدهی، یک مشخصه قابل اندازه گیری دیگری از نخ است که عموماً یک خصوصیت نامطلوب است که مقالات کمتری در مورد برآورد پرزدهی نخ با استفاده از مشخصه های الیاف تاکنون ارائه گردیده است.

اخیراً کلیک [۱۱] نیز مدل های مختلف رگرسیون چند متغیره خطی را برای تخمین استحکام نخ از مشخصه های دیگر نخ شامل قطر نخ، تغییرات قطر، تاب و تغییرات تاب، نایکنواختی جرمی و نایکنواختی نوری را با ضرایب همبستگی نسبتاً خوب به دست آورده است. و بالاخره ارن و کادوگلا [۱۲] مدل های آماری برای برآورد خواص کششی، نایکنواخت و پرزدهی نخ از خواص مختلف الیاف (اندازه گیری شده با دستگاه HVI) و خواص نیمچه نخ با استفاده از مدل های رگرسیون و چند متغیره ارائه نموده است.

با توجه به اینکه معادلات مختلفی در مورد خصوصیات نخ ارائه شده است که گاهی نتایج حتی متضاد هم نیز می باشند و همچنین اهمیت هر کدام از آنها نیز در این مقالات متفاوت می باشد. در این مقاله سعی شده است تجزیه و تحلیل کامل آماری همراه با بررسی فرضیات مورد نظر و استفاده از روش های آماری مناسب و نرم افزار پیشرفته SAS، نتایج دقیق تر و کاربردی تر (معادلات بهینه) حاصل گردد. همچنین از مشخصه های دیگر نخ یعنی یوب نخ (نقاط نازک - کلف و نپ) و تعداد الیاف در سطح مقطع نیز جهت پیشگویی خصوصیات نخ استفاده گردیده است.

۳- تئوری [۱۳]

مدل رگرسیونی شامل بیش از یک متغیر مستقل را چند گانه می گویند. شکل ماتریسی آن به

صورت ذیل می باشد:

$$Y = X\beta - \varepsilon$$

و با فرض اینکه جملات خطا یا باقیمانده دارای خواص زیر باشند.

$$E(\varepsilon) = 0 \quad -1$$

$$\text{Var}(\varepsilon_j) = \sigma^2 \quad -2 \text{ (ثابت)}$$

$$\text{Cov}(\varepsilon_j, \varepsilon_k) = 0 \quad j \neq k \quad -3 \text{ یعنی مستقل باشند.}$$

و برآورد ضرایب با استفاده از روش کمترین مربعات به صورت ذیل خواهد بود.

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

همچنین باید، رابطه تقریبی خطی بین متغیرهای مستقل و متغیر وابسته وجود داشته باشد، در

صورتی که یک رابطه خطی وجود نداشته باشد معمولاً از تبدیل متغیرها استفاده می گردد تا

به یک رابطه خطی تبدیل گردند.

برای آزمون معنی داری هر یک از ضرایب رگرسیونی از توزیع t استفاده می شود. باید توجه

کرد که در حقیقت این یک آزمون جزئی یا حاشیه ای است زیرا ضرایب رگرسیونی $\hat{\beta}_j$ به

کلیه متغیرهای رگرسیونی دیگر x_i ($i \neq j$) که در مدل حضور دارند بستگی دارد.

بنابراین آزمون t ، سهم تأثیر گذاری X_j به مدل، به شرط موجود بودن دیگر متغیرها در مدل می باشد. اگر ستون های ماتریس X بر هم عمود باشند یعنی ستون های متعامد در X وجود داشته باشد در این صورت می توان سهم تأثیر متغیرهای رگرسیونی را نسبت به مدل بدون هیچ شرطی (موجود بودن متغیرهای دیگر در مدل) اندازه گیری نمود.

ضرایب رگرسیونی استاندارد شده

مقایسه مستقیم ضرایب رگرسیونی با واحدهای مختلف معمولاً مشکل است زیرا بزرگی $\hat{\beta}_j$ واحد اندازه گیری متغیر رگرسیونی X_j را نمایان و مشخص می کند. در حالت کلی واحدهای ضریب رگرسیونی $\hat{\beta}_j$ عبارتند از واحدهای y تقسیم بر واحدهای X_j است بدین علت گاهی کار کردن با متغیرهای رگرسیونی و متغیرهای پاسخ مقیاس سازی شده که ضرایب بدون بعد را تولید می کنند کمک کننده است. در روش مقیاس سازی معمول که یکی از روش های مرسوم تر روش مقیاس سازی طول واحد به شرح ذیل است.

$$W_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_{jj}^{1/2}}$$

$$W_{ij} = \frac{y_i - \bar{y}}{S_{yy}^{1/2}}$$

$$W_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{S_{jj}^{1/2}}$$

در این مقیاس سازی هر متغیر جدید رگرسیونی W_j دارای میانگین صفر و طول یک می باشد.

ضرایب مدل جدید که به صورت بدون عرض از مبدأ است را ضرایب رگرسیونی استاندارد شده می گویند و گاهی به نام ضرایب بتا نیز گفته می شود.

شاخص های رگرسیونی و معیارهای مناسب مدل

ضریب تعیین چند متغیره R^2 به صورت ذیل تعریف می گردد.

$$R^2 = \frac{SS_R}{S_{yy}} = 1 - \frac{SS_E}{S_{yy}}$$

در موارد کاربردی از R^2 تعدیل شده که به صورت ذیل استفاده می گردد.

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{SS_E / n - p}{S_{yy} / n - 1} = 1 - \frac{n - 1}{n - p} (1 - R^2)$$

نمودارهای باقیمانده ها

این نمودارها نقش مهمی در قضاوت در مورد مناسب مدل سازی ایفا می کنند.

نمودارهای باقیمانده مفید در رگرسیون چند گانه به شرح ذیل است:

الف- نمودار باقیمانده ها روی کاغذ احتمال نرمال

ب- نمودار باقیمانده ها در مقابل مقدار برازش شده \hat{y}_i

ج- نمودار باقیمانده ها در مقابل هر یک از متغیرهای رگرسیونی x_j

این نمودارها برای آشکارساز انحرافات از نرمال، نقاط دور افتاده، عدم تساوی واریانس و

تخصیص تابعی غلط برای یک متغیر رگرسیونی مورد استفاده قرار می گیرند.

نمودارهای باقیمانده های جزئی

این نمودارها برای هر چه دقیق تر آشکار کردن ارتباط بین باقیمانده ها و متغیرهای رگرسیون X_i طراحی می شوند و به صورت ذیل تعریف می گردد.

$$e_{ij}^* = e_i + \hat{\beta}_j x_{ij}$$

نمودار e_{ij}^* در مقابل X_{ij} یک نمودار باقیمانده جزئی نامیده می شود و به دلیل اینکه ارتباط بین y و متغیر رگرسیونی X_j را پس از رفع تاثیر دیگر متغیرهای رگرسیونی $x_i (i \neq j)$ را نشان می دهد. با وضوح بیشتر اثر x_j را روی پاسخ y در حضور دیگر متغیرهای رگرسیونی نشان می دهد. بنابراین این نمودارها جانشینی برای نمودارهای y در مقابل x_j در رگرسیون چندگانه خواهد بود.

باقیمانده های Press

برای محاسبه Press یک مشاهده را انتخاب می کنیم و مدل رگرسیونی را نسبت به $n-1$ مشاهده مانده برازش می دهیم و $\hat{y}(i)$ به دست می آید و خطای پیش بینی برای نقطه i ام به صورت $e_{(i)} = y_i - \hat{y}(i)$ به دست می آید و آماره Press به صورت مجموع مربعات به صورت ذیل تعریف می گردد.

$$Press = \sum e_{(i)}^2 = \sum [y_i - \hat{y}(i)]^2$$

همچنین قابل ذکر میباشد که Press می تواند به جای SSE برای محاسبه یک تقریب R^2 برای پیش بینی مشاهدات جدید به صورت ذیل مورد استفاده قرار گیرد.

$$R^2 = 1 - \frac{Press}{Syy}$$

پیش بینی

نقاط دورافتاده

دورافتاده ها بسته به موقعیتشان در فضای X می توانند مدل رگرسیونی را متعادل یا به صورت شدید تحت تأثیر قرار دهند بنابراین داده های دور افتاده بایستی به دقت مورد رسیدگی قرار گیرند. برای کشف و در صورت امکان حذف نقاط دور افتاده آزمون های آماری گوناگون پیشنهاد شده است.

لازم به ذکر است این نقاط دور افتاده می تواند بر برآوردگرهای حداقل موهبات تأثیر بگذارد. در تأثیر گذاری، دور افتاده ها، برازش حداقل مربعات را در حد زیادی به سمت خود می کشند و در نتیجه تعیین و تشخیص این دور افتاده ها مشکل می شود. زیرا باقیمانده های مربوط به آنها به طور ساختگی و مصنوعی کوچک می باشند مهارت زیاد در تحلیل باقیمانده ای و یا تکنیک های خاص برای مشاهدات تأثیر گذار می تواند تحلیل گر را در کشف این مشکلات کمک کند.

هم خطی چندگانه

هم خطی چندگانه یا همبستگی خطی نزدیک بین متغیرهای رگرسیونی است این هم خطی به صورت شدید می تواند دقت برآورد ضرایب رگرسیون را تحت تأثیر قرار دهد. در عمل

هم خطی چند گانه شدید باعث متورم شدن واریانس های ضرایب رگرسیونی می شود و احتمال علامت غلط ضرایب را افزایش می دهد.

آماره VIF یا عامل تورم واریانس شاخص مهمی برای هم خطی چند گانه می باشد.

به طور کلی عامل تورم واریانس برای ژامین ضریب رگرسیون عبارت است از:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2}$$

که در آن R_j^2 ضریب تعیین چند گانه است که از رگرسیون X_j نسبت به دیگر متغیرهای رگرسیونی به دست می آید. عامل تورم واریانس بیش از ۱۰ موجب مشکلات حدی چند خطی چند گانه می شود.

محک ارزیابی مدل های رگرسیونی زیر مجموعه

علاوه بر محک های ارزیابی شامل R^2 , R^2 تعدیل شده و MSE (میانگین مربعات باقیمانده)

یک محک مهم دیگر Cp مالوس است که به صورت ذیل تعریف می گردد.

$$Cp = \frac{SS_f(p)}{\hat{\sigma}^2} - n + 2p$$

اگر مدل p جمله ای اریبی قابل صرف نظر کردن داشته باشند در این صورت

$$E[SS_e(p)] = (n - p)\sigma^2$$

$$Cp = \frac{SS_E(p)}{\sigma^2} - n + 2p = \frac{(n - p)\sigma^2}{\sigma^2} - n + 2p = P$$

الگوهای خوب نوعاً مختصات (C, Cp) نزدیک به خط ۴۵ درجه دارند همچنین باید به خاطر داشته باشیم که هنگام انتخاب متغیرها، متغیرهایی را انتخاب کنیم که K متغیر نامزد داشته باشیم k_2 معادله بررسی می گردد که نسبت به دیگر روش های انتخاب مدل از کارایی بالاتری برخوردار است. همچنین برآورد حداقل مربعات یک متغیر رگرسیونی منفرد، به شدت به دیگر متغیرهای رگرسیونی داخل مدل (به دلیل جزیی بودن ضرایب) بستگی دارد. بنابراین ممکن است ضرایب رگرسیونی با افزایش متغیرهای دیگر به شدت تغییر کرده و یا حتی تغییر علامت بدهد که تغییرات زیاد مشاهده شده در ضرایب هنگام حذف یا اضافه کردن متغیرها حاکی از همبستگی ذاتی بین متغیرها (هم خطی چند گانه) می باشد.

رگرسیون نیرومند [۱۴]

هدف اصلی رگرسیون نیرومند، جدا کردن دور افتاده ها و به دست آوردن نتایج پایدار در حضور دور افتاده ها می باشد. برای این منظور، رگرسیون نیرومند اثر دور افتاده ها را محدود می کند. این دور افتاده ها می تواند در فضای X ، جهت Y (پاسخ) و یا در هر دو جهت باشند.

روش های زیادی برای برخورد با این مشکلات ارائه گردیده است، ساده ترین روش هم از جهت محاسباتی و هم از نظر تئوری و همچنین مرسوم ترین روش، برآورد گر M هوبر می باشد.

برآوردگر M

یک برآوردگر M بجای مینیم کردن مجموع مربعات باقیمانده، تابع باقیمانده ها را مینیم

می کند.

$$\min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{e_i}{s}\right) = \min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho\left(\frac{y_i - X_i' \beta}{s}\right)$$

برای مینیم کردن، مشتقات مرتبه جزئی مرتبه اول ρ نسبت به β_j را مساوی صفر قرار

می دهیم.

که در آن $\psi = \rho'$ عبارت است از i امین مشاهده از i امین متغیر رگرسیونی می باشد. در

حالت کلی تابع ψ غیرخطی است و باید با روش تکرار حل شود. اگر تکنیک های متعدد

مطلوبیت غیرخطی بتواند به کار گرفته شود. حداقل مربعات موزون مجدد به طور وسیعی

مورد استفاده قرار می گیرد. این تابع وزنی به صورت زیر تعریف می گردد.

$$W(X) = \frac{\psi(X)}{X}$$

که می توان از انواع تابع وزنی استفاده نمود، مرسوم ترین تابع وزنی و حساس ترین آنها تابع

وزنی درجه دوم است که به صورت ذیل تعریف می گردد.

$$W(x, c) = \begin{cases} \frac{\sin\left(\frac{x}{c}\right)}{\frac{x}{c}} & \text{if } |x| \leq \pi c \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases}$$

۴- مواد و روش ها

نتایج به دست آمده از گروه تحقیقاتی مرکز بین المللی نساجی آمریکا در تگزاس در سال ۱۹۹۸ در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است ۸۷ نمونه مختلف پنبه با دستگاه HVI مورد آزمایش قرار گرفته است و هفت خصوصیت آن (استحکام، ازدیاد طول، بیشتر از نصف میانگین طول (UHML)، ضریب یکنواختی (UI)، ظرافت، درجه انعکاس نور و زردی الیاف) با دستگاه (HVI) اندازه گیری شده است. همچنین استحکام و ازدیاد طول نخ با استفاده از دستگاه استحکام سنج C.R.E و پارامترهای کیفی دیگر از دستگاه اولستر III انجام گرفته است. لازم به ذکر می باشد که برای همه نمره نخ ها از فاکتور تاب $\alpha = 4/1$ استفاده شده است. خلاصه اطلاعات آماری به دست آمده در جدول (۱) آمده است.

جدول (۱)

شاخص	انحراف معیار	میانگین	ماکزیمم	مینیمم	خواص الیاف/نخ
					: الیاف
X_1	۱/۴۱	۲۸/۹۵	۳۴	۲۶/۵	(Tex)/CN استحکام دسته
X_2	۰/۴۶	۶/۲۴	۶/۹	۵/۳	(%) ازدیاد طول
X_3	۱/۳	۲۶/۵	۳۰/۵	۲۴/۵	(UHML (mm
X_4	۱/۰۵	۸۱/۵	۸۳/۲	۷۹/۱	ضریب یکنواختی
X_5	۰/۴۵	۴/۲	۵	۳/۱	(Mge/in) ظرافت
X_6	۲/۲۸	۷۶/۹۳	۸۰/۴	۷۰/۵	درجه انعکاس نور
X_7	۰/۷۲	۹/۳۵	۱۱/۴	۸	درجه زردی نخ
X_8	۵/۲۸	۲۳/۹	۳۰/۸	۱۵/۸	(Ne) نمره نخ
X_9	۲۷۸/۲	۳۰۰/۲	۱۳۵۳	۲۴	نقاط نازک (%۵۰)
X_{10}	۵۳۲/۵	۸۳۳	۲۵۴۶	۲۴	نقاط کلفت X_1 (%۵۰)
X_{11}	۳۰۰/۲	۳۴۰/۲	۱۳۹۹	۴۰	نپ (%۲۰۰)
X_{12}	۱۰۷۱/۲	۱۴۷۳/۵	۵۲۹۸	۲۸۶	عیوب کل (I.P.I)
X_{13}	۵۱/۸	۱۵۳/۸	۳۰۰/۳	۱۰۱/۶	تعداد الیاف در سطح مقطع (n)
Y_1	۱/۱۳	۱۴/۷۳	۱۸/۰۲	۱۲/۲۸	استحکام نخ (CN/Tex)
Y_2	۰/۷۷	۵/۹	۷/۵	۴/۲۳	ازدیاد طول نخ
Y_3	۲/۳۱	۲۰/۰۱	۲۶/۴۲	۱۶/۳۵	CV % جرمی نخ
Y_4	۰/۵۹	۵/۳	۶/۶۶	۴/۳۱	پرز نخ (۱۰ سانتی متر)

۵- آنالیز آماری

آنالیز آماری- استحکام نخ

در ابتدا برای جلوگیری از مشکل هم خطی چند گانه و همچنین استفاده از همه داده های عیوب نخ فقط از متغیر (X_{12}) I.P.I در مدل استفاده گردیده است، همچنین از تبدیل متغیر رادیکال (X_{16}) برای متغیر X_{12} استفاده گردیده است. $(X_{16} = \sqrt{X_{12}})$ این تبدیل رابطه بین Y_{16}, X_{16} را به صورت خطی می کند که دیاگرام باقیمانده جزئی آن در شکل (۱) نشان داده شده است.

همچنین جهت جداسازی نقاط دور افتاده از رگرسیون نیرومند استفاده گردید. همچنین از برآورد گر M با $C=3.5$ استفاده شده است و جدول تشخیص نقاط دور افتاده در جدول (۱) نشان داد هشده است که مشاهدات ۵۲ و ۵۳ و ۵۴ به عنوان نقاط دور افتاده در نظر گرفته شده است با توجه به اینکه این نقاط می تواند بدلائل غیرفنی و یا مشکلات دستگاه آزمایشگاهی و یا خطای آزمایشگر در نظر گرفته شود. بنابراین جهت محاسبات دقیقتر این نقاط حذف می گردد و مدل را برای ۸۴ باقیمانده برازش می دهیم.

جهت انجام متغیرها، از روش همه رگرسیون های ممکن و با استفاده از محک های R^2, R^3 تعدیل شده و C_p مالوس استفاده گردیده است و نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است.

با توجه به جدول مدل با ۴ متغیر X_1, X_4, X_5, X_{16} برای استحکام نخ (Y_1) انتخاب می گردد این مدل دارای بالاترین R^2 تعدیل شده و کمترین Cp مالوس است.

با توجه به اینکه $Cp=3.565$ کمتر از تعداد متغیر به کار رفته در مدل (۴) می باشد. بنابراین این ۴ متغیر به عنوان متغیرهای پایه جهت استحکام نخ در نظر گرفته می شود.

همچنین جهت آشکارسازی انحرافات از نرمال، نقاط دور افتاده، عدم تساوی واریانس و تخصیص تابعی غلط برای یک متغیر رگرسیونی از نمودارهای باقیمانده استفاده گردیده است. نمودار نرمال بودن در شکل (۲) و نمودار باقیمانده در مقابل مقدار برازش شده \hat{Y}_1 در

شکل (۳) نشان داده شده است که هر دو نمودار انحراف خاصی را نشان نمی دهند و داده ها نرمال و واریانس داده ها نیز تقریباً ثابت می باشند و نقطه دور افتاده خاصی مشاهده نمی شود.

جدول آنالیز واریانس برای ۴ متغیر انتخاب شده در جدول (۳) نشان داده شده است که مناسب بودن مدل خطی را نشان می دهد. همچنین برآوردهای پارامتر در جدول (۴) نشان داده شده است. در این جدول برآوردهای استاندارد شده و همچنین شاخص هم خطی

چند گانه (VIF) برای هر متغیر نشان داده شده است. با توجه به این جدول، شاخص های هم خطی حدود عدد یک می باشند که نشان دهنده مستقل بودن متغیرهاست و داده ها تقریباً

متعامد هستند. همچنین ترتیب اهمیت پارامترها از داده های استاندارد شده مشخص میگردد که به ترتیب پارامترهای مؤثر در استحکام نخ X_5, X_4, X_1, X_{16} است همچنین ضریب

همبستگی چند گانه $R^2 = 0.80$ تبدیل شده و ریشه باقیمانده ۰/۴۶۵ می باشد که مدل بسیار

خوبی می باشد همچنین جهت بررسی دقیقتر و آشکار شدن متعامد بودن متغیرهای بدست آمده از رگرسیون متعامد نیز استفاده گردید که نتایج آن در جدول (۵) نشان داده شده است که برآورد پارامترهای بدست آمده با برآورد پارامترهای بدست آمده به روش کمترین مربعات تقریباً یکسان می باشند بنابراین مدل نهایی بدست آمده برای استحکام نخ بصورت ذیل می باشد:

$$y_1 = 6/818 + 0/317x_1 + 0/194x_4 - /395x_5 - /052x_{16}$$

که شکل اصلی آن به صورت :

$$y_1 = 6/818 + 0/317s_f + 0/194(u.I) - /395f_f - /052\sqrt{I.P.I}$$

نمودار باقیمانده مربوط به سه پارامتر دیگر نیز در شکل ۴ نشان داده شده است با توجه به معادله به دست آمده و نمودارهای باقیمانده با افزایش استحکام الیاف و یکنواختی طولی الیاف استحکام نخ افزایش می یابد و با افزایش میکروتر (ضخیم شدن الیاف) و تعداد عیوب نخ، استحکام نخ کاهش می یابد همچنین برای تعیین اینکه چه مقدار تغییرات در مشاهدات جدید را میتوان انتظار داشت که مدل توضیح دهد از آماره Press استفاده می نمائیم با توجه به اختلاف کم بین SSE و Press و مقایسه مقدار آماره شبیه R^2 برای پیش بینی مشاهدات جدید و مقدار R^2 بدست آمده از مدل مشخص میگردد که این مدل پیش بینی خوبی رانیز برای مشاهدات جدید ارائه می کند.

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{S_{yy}} = 1 - \frac{17/15}{90/88} = 0/81$$

$$R^2 = 1 - \frac{Press}{S_{yy}} = 1 - \frac{19/38}{90/88} = 0/79$$

آنالیز آماری - ازدیاد طول نخ

در ابتدا از تبدیل متغیر لگاریتم برای خطی کردن رابطه بین y_2 و x_{14} استفاده گردیده است و نمودار باقیمانده جزیی در شکل (۵) نشان داده شده است.

$$X_{14} = \log(X_{12})$$

جهت جداسازی داده های دورافتاده از رگرسیون نیرومند با برآورد گر M و تابع وزنی درجه دوم با $C = 3/5$ استفاده گردید و نقاط ۶ و ۳۶ و ۴۰ و ۶۹ و ۸۱ مطابق با جدول (۶) مشخص گردید با حذف نقاط دورافتاده و برای تعیین متغیرهای مناسب از همه رگرسیونهای ممکن و معیار C_p و R^2 تعدیل شده استفاده شده است نتایج در جدول (۷) آمده است با توجه به این جدول متغیرهای $x_2, x_4, x_5, x_{13}, x_{14}$ انتخاب می گردد این مدل دارای باقیمانده

$$MSE = 7/82 \text{ و } R^2 = 0/85 \text{ تعدیل شده و } C_p = 6/14 \text{ می باشد.}$$

جدول آنالیز واریانس برای متغیرهای جدید در جدول (۸) نشان داده شده است با توجه به این جدول و معنی دار بودن آن در سطح ۰/۰۰۱ بنابراین مدل خطی برای این متغیر مناسب میباشد در این جدول برآورد پارامترها، برآوردهای استاندارد شده و عامل تورم واریانس

(VIF) نیز نشان داده شده است با توجه به ستون VIF ها عامل تورم واریانس متغیرهای مختلف تقریباً ۲ است که نشان دهنده عدم هم خطی چندگانه در مدل می باشد و با توجه به ضرایب برآورد پارامترهای استاندارد شده ترتیب اهمیت متغیرهای روی ازدیاد طول نخ بصورت $X_5, X_2, X_4, X_{14}, X_{13}$ میباشد.

همچنین دیاگرام باقیمانده در برابر مقادیر پیش بینی y_2 و دیاگرام نرمال بودن داده ها و دیاگرام y_2 در مقابل \hat{y}_2 در شکل (۶) نشان داده شده است.

همچنین دیاگرامهای رگرسیون باقیمانده جزیی مربوط به متغیرهای مستقل دیگر در شکل ۷ نشان داده شده است جدول مربوط به رگرسیون متعامد داده ها نیز در جدول (۹) آورده شده است با توجه به نتایج بدست آمده مدل نهایی بصورت

$$x_2 = -39/59 + /457x_2 + /385x_4 + /464x_5 + /021x_{13} + /84x_{14}$$

می باشد که معادله اصلی آن

$$x_2 = -39/59 + /457(E_f) + /385(u.I) + /464f_f /02 \ln + /84 \log(I.P.I)$$

می باشد با توجه به این معادله و دیاگرامهای باقیمانده جزیی با افزایش ازدیاد طول الیاف، یکنواختی طول، میکرونر، تعداد الیاف در سطح مقطع و تعداد عیوب نخ، ازدیاد طول نخ افزایش می یابد.

با توجه به دو مقدار R^2 مدل و R^2 پیش بینی بدست آمده از آماره Press نیز مشخص میگردد که این مدل برای مشاهدات جدید نیز احتمالاً پیش بینی خوبی را ارائه می کند.

($R^2 = ۰/۸۶$ مدل و $R^2 = ۰/۸۴$ پیش بینی)

آنالیز آماری CV. % جرمی نخ

در این قسمت نیز از تبدیل متغیر رادیکال برای عیوب نخ استفاده میگردد.

$$x_{16} = \sqrt{I.P.I}$$

دیاگرام باقیمانده جزیی در شکل (۷) نشان داده شده است که نشان دهنده رابطه خوب خطی

بین x_{16} و y_3 میباشد.

جهت جداسازی داده های دورافتاده از رگرسیون نیرومند با شرایط مشابه قبل استفاده گردید

و نقاط ۲۵ و ۵۲ را از داده ها حذف می گردد (جدول ۱۰)

جهت انتخاب متغیرها (جدول ۱۱) و معیارهای مناسب مدل با چهار متغیر x_3, x_8, x_3, x_1

انتخاب میگردد و دیاگرامهای مربوط به باقیمانده ها (ثابت بودن واریانس) و نرمال بودن داده

ها و دیاگرام y_3 در مقابل \hat{y}_3 در شکل (۸) نشان داده شده است.

جدول آنالیز واریانس همراه با جدول برآورد پارامترها نیز در جدول ۱۲ نشان داده شده

است با توجه به جدول وعدم هم خطی چندگانه و برآوردهای پارامتر استاندارد شده

مشخص میگردد ترتیب اهمیت پارامترها بصورت x_1, x_8, x_3, x_{16} میباشد. دیاگرامهای

باقیمانده جزیی بقیه متغیرها نیز در شکل (۸) نشان داده شده است همچنین رگرسیون متعامد

آن نیز در جدول ۱۳ مشخص گردیده است معادله نهایی آن بصورت

$$y_3 = 18/7 + /071x_1 - /241x_3 - /056x_8 + /194x_{16}$$

میباشد که معادله اصلی آن بصورت

$$y_3 = 18/7 + /071S_f - /241(UHML) - /056Ne + /194\sqrt{IP.I}$$

با توجه به فرمول بدست آمده و دیاگرامهای باقیمانده جزیی مشخص میگردد که با افزایش عیوب نخ و استحکام الیاف، CV، جرمی نخ افزایش یافته و با افزایش UHML و نمره نخ، CV، جرمی نخ کاهش می یابد بررسیهای روی آماره press نیز نشان میدهد این مدل جهت پیش بینی مشاهدات جدید نیز مناسب میباشد.

$$R^2 = 0/979 \text{ مدل}$$

$$R^2 = /977 \text{ پیش بینی}$$

آنالیز آماری پرزدهی نخ

از دو تبدیل برای متغیرهای X_{12} و X_{13} بصورت ذیل استفاده میگردد.

$$x_{14} = \log(x_{12})$$

دیاگرامهای باقیمانده جزیی دو متغیر تبدیل یافته در شکل (۹) نشان داده شده است.

$$x_{15} = \sqrt{x_{13}}$$

سپس با استفاده از رگرسیون نیرومند و شرایط مشابه قبل، داده های دورافتاده، مشاهدات ۴۰

و ۶۹ بدست می آیند (جدول ۱۳) با حذف این داده ها و بررسی همه رگرسیونهای ممکن

(جدول ۹) متغیرهای مستقل X_{15} , X_{14} , X_5 , X_3 یعنی با چهار متغیر و با توجه به مقادیر R^2

تعدیل شده و C_p مالوس انتخاب می گردند جدول آنالیز واریانس و جدول پارامترها در

جدول ۱۴ نشان داده شده است ترتیب اهمیت پارامترها بصورت X_3, X_5, X_{14}, X_{15} میباشند.

دیاگرامهای باقیمانده در مقابل \hat{y}_4 و نرمال بودن و y_4 در مقابل \hat{y}_4 در شکل (۱۰) نشان

داده شده است که انحراف خاصی را نشان نمیدهند.

همچنین دیاگرامهای باقیمانده جزئی، بقیه متغیرها و رگرسیون متعامد در شکل ۱۰ و جدول

۱۵ نشان داده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده معادله نهایی بصورت ذیل خواهد بود.

$$y_4 = -6/094 - /056x_3 + /729x_5 + /517x_{14} + /495x_{15}$$

که معادله اصلی بصورت زیر است:

$$y_4 = -6/94 - /056(UHML) + /729f_f + /517\log(I.P.I) + /495\sqrt{n}$$

با توجه به معادله اصلی و دیاگرامهای باقیمانده جزئی با افزایش میکرونر، عیوب نخ و تعداد

الیاف در سطح مقطع نخ، پرز نخ افزایش می یابد ولی با افزایش uHML طولی، پرز نخ

کاهش می یابد همچنین بررسی آماره Press نشان میدهد این مدل میتواند مشاهدات جدید

را بخوبی پیش بینی نماید ($R^2 = 0/958$ مدل و $R^2 = 0/952$ پیش بینی)

۶- بحث و نتیجه گیری

برای بررسی دقیقتر و اهمیت هر کدام از پارامترها معادلات استاندارد شده را به ترتیب اهمیت برای چهار خصوصیات مهم کیفی نخ بصورت ذیل می باشد:

$$y_1 = 0/637\sqrt{I.P.I} + 0/434S_f + 0/193(U.I) - /171f_f \quad (\text{استحکام نخ})$$

$$y_2 = 1/207n + 0/767\log(I.P.I) + /539(u.I) + /284E_f + /266f_f \quad (\text{ازدیاد طول نخ})$$

$$y_3 = 1/063\sqrt{I.P.I} - /1287(UHML) - /1280Ne + /043S_f \quad (CV \% \text{ جرمی نخ})$$

$$y_4 = 1/379\sqrt{n} + /607\log(I.P.I) + /536f_f - /119(UHML) \quad (\text{پرز نخ})$$

در مورد استحکام نخ دو پارامتر بسیار مهم و تأثیر گذار، عیوب نخ و استحکام الیاف می باشند که نقش زیادی در استحکام نخ ایفا می کنند یعنی برای افزایش استحکام نخ باید از الیاف قوی و تا حد امکان عیوب نخ کم باشد.

در مورد ازدیاد طول نخ سه پارامتر بسیار مهم هستند پارامترهای تعداد الیاف در سطح مقطع نخ و عیوب نخ و یکنواختی طولی نقش قابل توجهی در ازدیاد طول نخ دارند یعنی با افزایش تعداد الیاف، عیوب نخ و یکنواختی طولی، ازدیاد طول نخ افزایش می یابد همچنین نقش تعداد الیاف در سطح مقطع نخ از بقیه پارامترها بسیار بیشتر می باشد.

در مورد CV \% جرمی نخ، تعداد عیوب نخ از نقش بسیار زیادی برخوردار است یعنی با افزایش تعداد عیوب نخ، CV \% جرمی نخ بطور قابل توجهی افزایش می یابد.

در مورد پرزدهی نخ سه پارامتر مهم تعداد الیاف، عیوب نخ و ظرافت الیاف میباشند که تعداد الیاف در سطح مقطع نخ از اهمیت بسیار زیادی برخوردار میباشد یعنی با افزایش تعداد الیاف در سطح مقطع نخ پرز نخ نیز افزایش می یابد.

با توجه به معادلات فوق مشخص میگردد که عیوب نخ در چهار خصوصیت مهم نخ از نقش مهمی برخوردار است (برای استحکام و CV % جرمی نخ نقش اول و برای ازدیاد طول نخ و پرز نخ نقش دوم را ایفا می کند) همچنین تعداد الیاف در سطح مقطع نخ برای ازدیاد طول نخ و پرز نخ نیز نقش اول را دارد.

منابع :

- ۱- Hunter, L. "Prediction of Cotton Processing Performance and Yarn Properties from HVI test Results" , Melliand Textilber. ۶۹, E۱۲۳-۱۲۴ (۱۹۸۸).
- ۲- Ramey, H.H., Jr., Lawson, R., and Worley, S., Jr., "Relationship of Cotton fiber Properties to Yarn Tenacity, Textile Res. J. ۴۷, ۶۸۵ (۱۹۷۷).
- ۳- Frydrych, L., "A New Approach for Predictiry strength Properties of Yarns", Textile Res. J. ۶۲, ۳۴۰-۳۴۸ (۱۹۹۲).
- ۴- Sasser, P., Shofner, C.K., Chu, Y.T., Shofner, F.M., and Townes, M.G., "Interpretations of Single Fiber, Bundle, and Yarn Tenacity Data", Textile Res. J. ۶۱, ۶۸۱ (۱۹۹۱).
- ۵- Hearle, J.W.S., "Structural Mechanics of Yarns and Fabrics", Vol.۱, Wiley-Interscience, New York, ۱۹۶۹.
- ۶- Hunter , L., "Predicting Cotton Yarn Properties from fiber Properties in Practice" , Presented at "۲۷th International Cotton Conference" Bremen, March ۲۴-۲۷ (۲۰۰۴).

۷- Aggarwal, S.K., "A Model to Estimate the Breaking Elongation of High Twist Ring Spun Cotton Yarns" Part I: Derivation of the Model for yarns from Single cotton varieties, Part II: Applicability to Yarns from Mixtures of cottons. Textile Res.J., ۵۹, ۶۹۱-۶۹۵, ۷۱۷-۷۲۰ (۱۹۸۸).

۸- Zurek, W., Frydrych, I., and Zakrzewski, S., "A Method of Predicting the Strength and Breaking Strain of Cotton Yarn", Textile Res.J., ۵۷, ۴۳۹-۴۴۴ (۱۹۸۷).

۹- Majumdar, P.K., and Majumdar A., Predicting the Breaking Elongation of Ring Spun Cotton Yarns using Mathematical, Statistical , and Artificial Neural Network Models, Textile Res.J., ۷۴, ۶۵۲-۶۵۵ (۲۰۰۴).

۱۰- Ethridge, M. D., and Zhu, R., "Prediction of Rotor spun Cotton Yarn Quality: A Comparison of Neural Network and Regression Algorithms", in "Proceeding of the Beltwide Cotton conference", Vol.۲ : ۱۳۱۴-۱۳۱۷ (۱۹۹۶)

۱۱- Kilic, M., and Okur, A., "Relationships Between Yarn Diameter/ Variation and Strength " Fibers & Textiles in Eastern Europe, Vol. ۱۴, No. ۵ (۵۹), (۲۰۰۶).

۱۲- Ureyen, M.E., and kadoglu, H., "Regression Estimation of Ring Cotton Yarn Properties from HVI fiber Properties", Textil Res. J. ۷۶, ۳۶۰ – ۳۶۶, (۲۰۰۶).

۱۳- Montgomery, D. and Peck, E. "Introduction to linear Regression Analysis" ۲nd ed. John Wiley & sons, (۱۹۹۲).

۱۴- Holland, P. and Welsch, R., "Robust Regression using Interactively Reweighted Least – squares", Commun. Statist. Thero. Meth., ۶, ۸۱۳–۸۲۷, (۱۹۷۷)