Archive of SID

تخمین استحکام نخ پنبه‌ای چرخانه‌ای با استفاده از خصوصیات فیزیکی الیاف

سید عبدالکریم حسینی*، غلامرضا افخمی** ، عباس طبیبی** و عبدالحسین صادقی**
دانشکدهٔ مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکدهٔ مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(دریافت مقاله: ۸۱/٤/۲۳- دریافت نسخه نهایی: ۸۱/۱۰/۷)

چکیده– از عمده عواملی که بر خصوصیات فیزیکی نخهای پنبه‌ای تاثیر می‌گذارد، ویژگیها و خصوصیات الیاف مصرفی نظیر طول، ظرافت، استحکام، رسیدگی و ... است. مشخص کردن ارتباط بین خصوصیات الیاف با استحکام نخ یکی از اهداف این تحقیق است که با استفاده از مدل رگرسیون چند متغیره و روش استپ وایز[1] انجام گرفت. کمینه کردن قیمت مخلوط الیاف پنبه در حالی‌که کیفیت مخلوط در حد مورد نظر باشد یکی دیگر از اهداف این تحقیق بود که با استفاده از برنامه ریزی خطی و ایجاد یک برنامه رایانه‌ای، درصدهای مناسب مخلوط تعیین شد. پنبه مصرفی عمدتا با درجه های یک سفید، یک پست، دو سفید و دو پست و سیستم ریسندگی چرخانه ای و نخ تولیدی نمره ۲۰ انگلیسی بود.

واژگان کلیدی: خصوصیات فیزیکی، ظرافت، رسیدگی، برنامه‌ریزی خطی، ریسندگی چرخانه‌ای

Estimation of Open-end Cotton Yarn Strength from Fiber Physical Characteristics

S. A. Hosseini[1], G. Afkhami[1], A. Tabibi[1] and A. Sadeghi[2]
Textile Department, Isfahan University of Technology
Textile Department, Amirkabir University of Technology

Abstract: ***Physical properties of cotton yarns are affected by the characteristics of cotton fibers such as fineness, length, maturity and strength. This relationship has been worked out by means of multivariable regression and stepwise method for an open-end spun (Ne_C 20) cotton yarn. Moreover, with the help of linear programming, it was made possible to determine the percentage of different cottons in the blend with the aim of reducing the yarn price to a minimum while keeping the yarn quality to a certain level.***

Keywords: ***Physical Properties, fineness, Maturity, Linear Programming, open-end Spinning***

---

*- دانشیار **- کارشناس ارشد

www.SID.ir

Archive of SID

فهرست علائم

B_0 تا B_5 ضرایب رگرسیون	LU نایکنواختی طول الیاف، ٪
FF ظرافت الیاف، $\mu g/in$	FS استحکام الیاف، gr/tex
FL طول الیاف، mm	ST استحکام نخ، gr/tex
FM رسیدگی الیاف(تتا θ)	

۱- مقدمه

در گذشته پنبه را بر اساس خصوصیات ظاهری آن یعنی میزان ناخالصی گیاهی، رنگ و کیفیت تصفیه، ارزش گذاری می‌کرده‌اند. اگرچه رنگ و تمیزی الیاف یکی از فاکتورهای مطلوب الیاف پنبه است ولی ارزش واقعی پنبه به خصوصیاتی از الیاف که بر روی کیفیت محصول(نخ) تاثیر می گذارد، بستگی دارد. از جمله این خصوصیات می‌توان طول موثر الیاف، یکنواختی طول، ظرافت، درصد رسیدگی و استحکام را نام برد. تعیین میزان تاثیر هریک از خصوصیات فوق بر کیفیت نخ تولیدی و درصد مشارکت آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است[۱]. این موضوع از نظر اقتصادی زمانی اهمیت می یابد که بتوان با ایجاد مخلوط مناسبی از گونه‌های مختلف پنبه علاوه بر کیفیت مطلوب محصول، هزینه کمتری را نیز متحمل شد.

در سال ۱۹۹۰ موقازی[۲] و همکارانش[۱] میزان تاثیر هریک از مشخصات: طول، ظرافت، نایکنواختی طول و استحکام الیاف را بر استحکام نخهای تولیدشده توسط روشهای رینگ و چرخانه برای سه نمره مختلف از طریق رگرسیون چند متغیره به‌دست آوردند. این تحقیق که بر روی پنبه‌های تولید شده در آمریکا انجام گرفته بود نشان داد که میزان تاثیر هریک از خصوصیات فوق بر استحکام نخ بستگی به روش ریسندگی و نمره نخ تولیدی دارد[۱ ـ ۳].

در تحقیق حاضر که بر روی پنبه ایران انجام گرفته است علاوه بر خصوصیات فوق یعنی: طول، ظرافت، نایکنواختی طول و استحکام الیاف، مشخصه رسیدگی الیاف که یکی از پارامترهای مهم تاثیرگذار بر خواص مکانیکی نخ است مورد توجه قرار گرفت.

در این تحقیق از چهار گونه پنبه که عمدتا در نواحی شمال کشور کشت می‌شود استفاده شد. این ارقام پنبه جزء پرمصرفترین گونه های پنبه کشور است که در کارخانجات ریسندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ابتدا با استفاده از رگرسیون چند متغیره ارتباط بین خصوصیات الیاف پنبه و استحکام نخ تولیدی تعیین شد به‌طوری‌که پارامترهای تاثیرگذار لیف بر خواص نخ مشخص و تخمین استحکام نخ با توجه به خصوصیات لیف میسر شد. سپس با ارایه یک برنامه رایانه‌ای به کمک برنامه ریزی خطی درصدهای مطلوب الیاف پنبه در مخلوط به‌منظور بهینه کردن کیفیت و در عین حال کمینه کردن قیمت محاسبه شد.

۲-تئوری

۲-۱- رگرسیون

رگرسیون چندمتغیره یک روش آماری به‌منظور تخمین و مدلسازی ارتباط بین متغیرهاست. اگر مشخصات الیاف پنبه را به‌عنوان متغیرهای مستقل و استحکام نخ به‌دست آمده از آنها را به‌عنوان متغیر وابسته در نظر بگیریم معادلهٔ رگرسیونی زیر را می‌توان نوشت[۱]:

$$ST=B_0 + B_1FL + B_2FF + B_3LU + B_4FS + B_5FM$$

در این معادله ST نشان دهنده استحکام نخ برحسب گرم بر تکس، B_0 تا B_5 ضرایب رگرسیون، FL طول الیاف،FF ظرافت، LU یکنواختی طول، FS استحکام الیاف و FM رسیدگی الیاف پنبه است. بنابراین پس از حل این معادله رگرسیون یعنی یافتن ضرایب B_0 تا B_5، میزان تاثیر مشخصه های طول، یکنواختی طول، ظرافت، استحکام، رسیدگی الیاف پنبه بر استحکام نخ تولیدی تعیین خواهد شد. به بیان دیگر با داشتن مشخصات الیاف مصرفی می توان استحکام نخ نهایی را پیش بینی کرد.

۲-۲- برنامه ریزی خطی[۳]

برنامه‌ریزی خطی تکنیکی ریاضی است که برای ماکزیمم یا مینیمم کردن یک تابع هدف، که متغیرهای آن با تابع رابطه

www.SID.ir

Archive of SID

خطی دارند به‌کار می‌رود[٤]. در اینجا تابع هدف قیمت مخلوط الیاف بوده و هدف آن است که قیمت مخلوط را مینیمم کنیم در حالی‌که کیفیت ثابت بماند و متغیرها، درصدهای اجزای مخلوط‌اند که با تابع هدف یعنی قیمت پنبه یک رابطه خطی دارند.

۲-۲- مشخص کردن تابع هدف و معادلات مربوط به آن

تابع هدف را می توان به‌صورت زیر نمایش داد:

$$\text{Minimize: } Z(\text{قیمت واحد وزن مخلوط پنبه}) = \sum_{i=1}^{i=k} a_i c_i$$

که در معادلهٔ بالا Z قیمت مخلوط، a_i درصد i امین جزء مخلوط، C_i قیمت i امین جزء مخلوط و k تعداد اجزای مخلوط است.

از طرفی مجموع درصدهای اجزای به‌صورت زیر است

$$a_1 + a_2 + ... + a_k = 1$$

همچنین براساس کیفیت اجزای تشکیل دهنده الیاف پنبه می‌توان نامعادلهٔ زیر را داشت:

$$a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + ... + a_k Q_k \leq (\text{یا} \geq)\ Q^*$$

که در آن، Q_1 تا Q_k برابر با میانگین کیفیتهای اجزای مخلوط(مثلا استحکام الیاف، طول الیاف و ...) است و Q^* حداقل کیفیت مورد قبول است.

۳- تجربیات

۳-۱- تعیین پارامترهای فیزیکی لیف پنبه(ظرافت، طول، رسیدگی، استحکام و ...)

در فاصلهٔ زمانی اسفندماه ۱۳۷۸ تا مهرماه ۱۳۷۹ ، ١٤نمونه نخ نمره ۲۰ انگلیسی ۱۰۰٪ پنبه با تاب بر متر ۷۲۰ طبق هماهنگیهایی که با شرکت زاینده رود به‌عمل آمد، تهیه شد. ماشین آلات خط ریسندگی از کمپانی های تروچلر، ریتر و اشلافورث بودند.

در این مرحله خصوصیات فیزیکی نمونه‌هایی از الیاف مصرفی و نخ تولیدی شرکت زاینده رود مورد آزمایش قرار گرفت که نتایج در جدول(۱) نشان داده شده است. برای اندازه‌گیری ظرافت و رسیدگی، طول و نایکنواختی طول و استحکام الیاف به ترتیب از دستگاههای میکرونر، فایبروگراف و دستگاه پرسلی استفاده شد. اندازه‌گیریهای استحکام نخ توسط دستگاه استحکام سنج اوستر صورت پذیرفت. تعداد نمونه‌ها و شرایط انجام آزمایش طبق دستورالعمل‌های ASTM بود.

۳-۲- ارائه رگرسیون چند متغیره

با استفاده از نرم افزار مینی تب[٤] مدل رگرسیون چند متغیره بر داده‌های فوق اعمال گردید که معادلهٔ و نتایج زیر به‌دست آمد:

ST = - 33.3 + 0.679 FL - 0.482 FF + 0.173 FS + 0.478 LU - 7.91 FM

R-sq = 56.4% R-sq(adj) = 29.2٪

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	5	6.7662	1.3532	2.07	0.172
Error	8	5.2266	0.6533		
Total	13	11.9928			

با توجه به R-sq(adj)= ٪۲۹/۲ و F_0=۲/۰۷ و مقادیر F استخراج شده از جداول آماری با ضرایب اطمینان ۹۰٪ و ۷۵٪ :

$F_{\alpha, k, n-k-1} = F_{0.1,5,8} = 2.73$

$F_{0.25,5,8} = 1.66$

مشخص می‌شود که اعتبار رگرسیون بالای ۷۵٪ است.

برای بهینه‌سازی پارامترهای مدل و افزایش اعتبار رگرسیون، از روش استپ وایز در نرم افزار مینی تب استفاده شد.

۳-۳- عملیات استپ وایز

در عملیات استپ وایز دو متغیر FF و FS حذف شد لذا این بار رگرسیون را برای متغیرهای باقیمانده به‌دست آوردیم.

لازم به یادآوری است که الگوریم استپ وایز به این صورت عمل می‌کند که از دو پارامتر که وابستگی به همدیگر دارند یکی را که تاثیر کمتری بر مدل دارد حذف می‌کند. بر این اساس FF و FS با توجه به تاثیراتی که بر دیگر پارامترهای الیاف داشته‌اند از مدل حذف شده‌اند [۵]. مجددا برای پارامترهای باقیمانده و با حذف نمونه ۵ و ۱۰(به‌عنوان نمونه‌های پرت) مدل رگرسیون زیر به‌دست آمد:

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱- مشخصات فیزیک نمونه های الیاف مصرفی و نخ تولیدی

ردیف	FL(mm)	FF(µgr/inch)	FS(gr/tex)	LU(%)	FM	ST(gr/tex)
۱	۲۳،۳٤	۳،۳۸	۲۵،٦۳	۵۰،۹۹	۰،٤۳	۸،٦۷
۲	۲۵،۸۰	۲،٤۲	۲٤،۹۳	۵۰،۹۰	۰،۲۰	۹،۷٦
۳	۲٤،٤۵	٤،۰۳	۲۵،٤۲	۵۲،۲۳	۰،۲۳	۹،۲۱
٤	۲۸،۸۰	۳،۷۰	۳۳،۷۸	٤۵،۸۷	۰،۲۸	۱۰،۳۳
۵	۲۸،۲۲	۳،٤۹	۳۵،۰۹	٤۳،۸۷	۰،۲۱	۸،۱٤
٦	۲۸،۳۰	۳،۳۷	۳۵،۹۰	٤٤،۱۰	۰،۱٦	۱۰،۹۷
۷	۲۸،٤۳	٤،۰۸	۳۳،۹۰	٤۸،۲۳	۰،٤٤	۹،۰٦
۸	۲۸،۱۹	٤،۲۳	۳٦،۲۰	٤۸،۱۰	۰،٤٦	۸،۸۱
۹	۲۸،۱۵	٤،۰۰	۳۲،۸۰	٤٦،٤۹	۰،٤۵	۸،۲۷
۱۰	۲۸،۰۸	۳،۸٤	۳۵،۱۰	٤٦،٤۳	۰،٤۲	۹،۹٤
۱۱	۲۹،۳٦	۳،۷٤	۳٤،۷۰	٤۷،٤۹	۰،۳۸	۱۱،۱۸
۱۲	۲۹،۱۹	٤،۳٦	۳٦،۲۸	٤۹،۲۲	۰،٤٦	۱۰،۲۵
۱۳	۲۸،۹۳	٤،۵۸	۳۲،۷۵	٤۹،٤٤	۰،۵۰	۹،۰٤
۱٤	۲۹،۱۱	٤،٦۲	۳۳،۵۰	۵۰،۰۸	۰،۵۰	۱۰،۲۳

جدول۲- مشخصات پنبه یک پست گرگان(نمونه A)

مشخصات	طول ۵۰٪ میانگین(mm)	طول ۲/۵٪ موثر (mm) (FL)	درصد نایکنواختی طول (LU)	رسیدگی(FM)	ظرافت(FF) درجه میکرونر
میانگین	۱٤/۱۲	۲۸/۷۹	٤۹/۵۵	۰/۳۹	۳/۷۷
انحراف معیار	۱/۵۰	٤/۱۹	۳/۲٦	۰/۱۱	۰/۹۵

جدول۳- مشخصات پنبه یک سفید گرگان(نمونه B)

مشخصات	طول ۵۰٪ میانگین (mm)	طول ۲/۵٪ موثر(FL) (mm)	درصد نایکنواختی طول(LU)	رسیدگی(FM)	ظرافت(FF) درجه میکرونر
میانگین	۱٤/۱۸	۲۷/۷۲	۵۰/۷۷	۰/٤٤	٤/۳۰
انحراف معیار	۰/۷٦	۱/۵٤	۳/۳۱	۰/۰۹	۰/۹٤

جدول۴- مشخصات پنبه دو پست گرگان(نمونه C)

مشخصات	طول ۵۰٪ میانگین(mm)	طول ۲/۵٪ موثر(FL) (mm)	درصد نایکنواختی طول(LU)	رسیدگی(FM)	ظرافت(FF) درجه میکرونر
میانگین	۱٤/۳۵	۲۷/۷۷	۵۱/۷٤	۰/٤۱	٤/۱
انحراف معیار	۱/۱٤	۰/۹۸	٤/۵	۰/۰۷	۰/۵۸

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۵- مشخصات پنبه دو سفید گرگان(نمونه D)

مشخصات	طول ۵۰٪ میانگین(mm)	طول ۲/۵٪ موثر(FL) (mm)	درصد نایکنواختی طول(LU)	رسیدگی(FM)	ظرافت(FF) درجه میکرونر
میانگین	۱٤/۱۳	۲۷/۸۹	۵۲/٦٤	۰/٤۲	٤/۰٦
انحراف معیار	۱/۰٤	۱/۱٤	۷/۰۳	۰/۱۰	۰/۸٦

$ST = - 31.5 + 1.02\ FL + 0.348\ LU - 11.3\ FM$

$s = 0.3650 \quad R\text{-}sq = 89.1\% \quad R\text{-}sq(adj) = 85.0\%$

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	8.6726	2.8909	21.70	0.000
Error	8	1.0657	0.1332		
Total	11	9.7384			

که مقدار F در مقایسه با مقادیر F_0 با ضرایب اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد :

$F_{\alpha, k, n-k-1} = F_{0.1,3,8} = 2.92$

$F_{\alpha, k, n-k-1} = F_{0.05,3,8} = 4.07$

مقداری بزرگتر و حتی در مقایسه با مقدار F_0 با ضریب اطمینان ۹۷/۵ درصد نیز مقداری قابل قبول است:

$F_{\alpha, k, n-k-1} = F_{0.025,6,3} = 5.42$

نتیجه آنکه ضریب اطمینان مدل فوق بیش از ۹۷/۵٪ است.

٤-۳- تعیین کارایی مدل برای محاسبهٔ استحکام نخ

برای ارزیابی مدل، استحکام واقعی ۱۱ نمونه نخ اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به خصوصیات الیاف (۱۱ نمونه فوق) و مدل ارایه شده در بالا، استحکام هر نمونهٔ نخ تخمین زده شد. شکل(۱) همبستگی استحکامهای به‌دست آمده را با استحکامهای واقعی نشان می‌دهد که دارای ضریب همبستگی۰/۸٤٦ است.

برای اندازه‌گیری استحکام نمونه‌ها از دستگاه Uster Tensorapid 3 استفاده شد. برای هر نمونه ۵۰ بوبین انتخاب و ۳۰ مرتبه استحکام هر بوبین اندازه‌گیری شد. سپس میانگین استحکام ۵۰ بوبین به‌عنوان استحکام آن نمونه در نظر گرفته شد.

٤- بهینه‌سازی کیفیت و کمینه‌سازی قیمت

با استفاده از الگوریتم سیمپلکس و به‌کمک زبان متلب، یک برنامهٔ رایانه‌ای که بتواند نامعادلات برنامه‌ریزی خطی را حل کند نوشته شد. مزیت این برنامه بر برنامه‌های موجود(شبیه Lingo) سادگی کاربرد آن است.

خصوصیات بهینه فیزیکی چهار نوع الیاف پنبه با میانگین‌گیری از ۸۲ نمونه پنبه به شرح جداول(۲) تا (۵) در نظر گرفته شد:

بنابراین مشخصات بهینه(اپتیم) الیاف پنبه برای تولید نخ نمره ۲۰ انگلیسی اپن‌اند به شرح جدول ٦ انتخاب شد.

٤-۱- تشکیل معادلات برای برنامه ریزی خطی

برای این منظور چهارنوع پنبه فوق را به ترتیب با نامهای A، B، C و D در نظر گرفته شد. از طرف دیگر ویژگیهایی از الیاف که به‌عنوان متغیرهای مهم و تاثیر گذار در استحکام نخ مطرح شدند عبارت‌اند از: طول، نایکنواختی طول و درصد رسیدگی که به‌ترتیب با FL، LU و FM نشان داده می شوند.

حال اگر درصد مطلوب هر یک از الیاف را در مخلوط به‌ترتیب a، b، c و d در نظر گیریم، آنگاه نامعادلات زیر برای برنامه ریزی خطی چنین است.

1) $a+b+c+d=1$

2) $a.FL_A+b.FL_B+c.FL_C+d.FL_D \geq$ حداقل طول مناسب

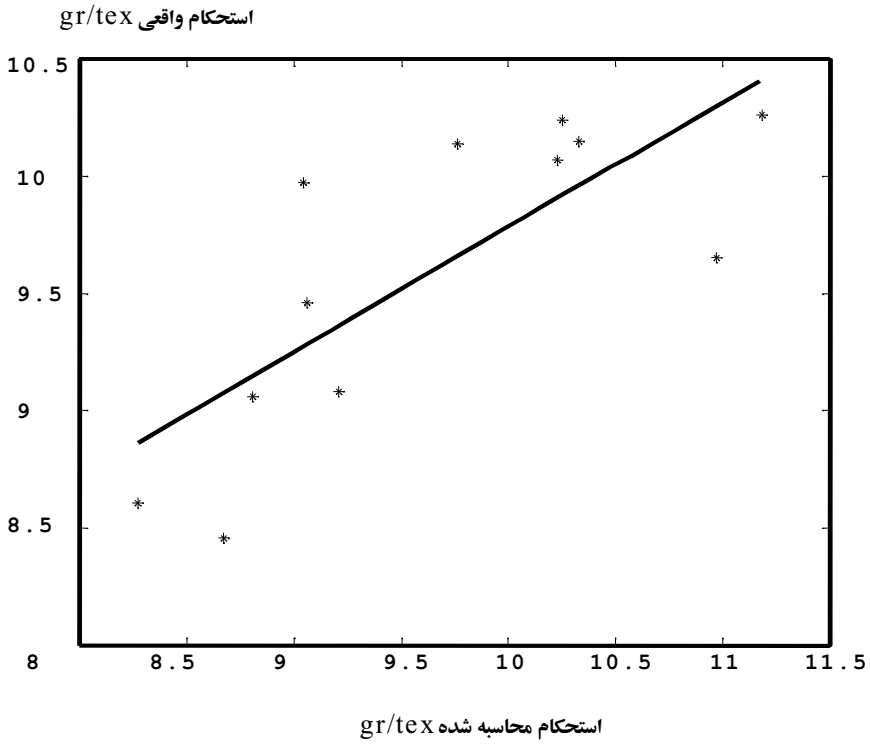
3) $a.LU_A+b.LU_B+c.LU_C+d.LU_D \geq$ حداقل درصد مناسب نایکنواختی طول

4) $a.FM_A+b.FM_B+c.FM_c+d.FM_D \geq$ حداقل درصد مناسب رسیدگی

5) $a.c_A+b.c_B+c.c_C+d.c_D \leq MinZ$ تابع هدف:

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- همبستگی بین استحکام محاسبه شده و استحکام واقعی ۱۱ نمونه

جدول ۶- مشخصات بهینه الیاف پنبه

طول موثر الیاف پنبه (FL) (mm)	درصد نایکنواختی طول(LU)	رسیدگی(FM)	قیمت(تومان)
۲۸/۰۴۳	۵۱/۱۷۵	۰/۴۱۵	۸۵۰

که در این معادلات c_A، c_B، c_C و c_D به ترتیب قیمت پنبه‌های یک پست گرگان، یک سفید گرگان، دو پست گرگان و دو سفید گرگان است.

بنابراین دستگاه نامعادلات فوق به‌صورت زیر بازنویسی می‌شود:

1) a+b+c+d=1
2) 28.79a+27.72b+27.77c+27.89d ≥ 28.043
3) 49.55a+50.77b+51.74c+52.64d≥ 51.175
4) 0.39a+0.44b+0.41c+0.42d≥ 0.415
5) Min: 860a+880b+830c+850d تابع هدف:

با استفاده از نرم افزارنوشته شده مقدار تابع هدف و مقادیر متغیرها به‌صورت زیر تعیین شد:

کمینه قیمت: ۸۵۱/۹ تومان.

درصد جزء A : ۱۷/۱۳ ٪

درصد جزء B : ۰/۷۰ ٪

درصد جزء C : ۰ ٪

درصد جزء D : ۸۲/۱۷ ٪

۵- نتیجه‌گیری

با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره معادلهٔ بین ظرافت، استحکام، طول، نایکنواختی طول و رسیدگی الیاف با استحکام نخ به‌دست آمد. معادلهٔ فوق با ضریب اطمینان ۷۵٪ قابل اعتماد است. برای به‌دست آوردن مدل دقیقتر و حذف پاره‌ای از خصوصیات الیاف از مدل، از عملیات استپ وایز استفاده شد. توسط عملیات استپ وایز معادله‌ای بین طول، نایکنواختی طول و رسیدگی الیاف و استحکام نخ به‌دست آمد که با ضریب اطمینان ۹۵٪ قابل قبول است. روش استپ وایز ضمن نشان

www.SID.ir

Archive of SID

دادن تاثیر متقابل استحکام و ظرافت الیاف با سه پارامتر دیگر، دو پارامتر فوق را از معادله تخمین استحکام نخ حذف کرد. این بدان معنا نیست که استحکام و ظرافت الیاف نقشی در استحکام نخ ندارند بلکه بیانگر این موضوع است که برای حصول ضریب اطمینان بالاتر تاثیر سه پارامتر طول، نایکنواختی طول و رسیدگی در رده بالاتری نسبت به استحکام و ظرافت الیاف قرار دارد. به بیان دیگر تاثیرات استحکام و ظرافت الیاف به‌گونه‌ای در سه مشخصه دیگر الیاف نهفته است.

به‌عنوان تجزیه و تحلیل و نتیجه‌گیری مقایسه‌ای از کار حاضر با کارهای قبلی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش ضریب اطمینان مدل پیشگویی استحکام نخ از ۰/۷۳ و ۰/۷٦ در کار موقازی و همکارانش به ۹۷/۵٪ در این تحقیق
- ارزیابی کارایی مدل ارایه شده در این تحقیق با ضریب اطمینان ۰/۸٤٦ مورد تایید قرار گرفت که در کارهای قبلی صورت نگرفته بود.
- وارد کردن درجهٔ رسیدگی الیاف پنبه در مدل که یکی از مشخصه های مهم و تاثیرگذار بر استحکام نخ است
- خلاصه کردن مدل با پارامترهای کمتر به گونه ای که جنبه کاربردی در صنایع ریسندگی چرخانه ای داشته باشد.

ارایه یک برنامهٔ رایانه‌ای برای حل نامعادلات به منظور بهینه‌سازی کیفیت و کمینه‌سازی قیمت که مزیت آن نسبت به برنامه لینگو، سادگی کاربرد آن است.

قدردانی

پـژوهش حاضـر بـا حمایـت مالـی واحـد تحقـیقات، آمـوزش و اطـلاع رسانی وزارت صنایع و معادن در هسته تحقیقاتـی علـوم و تکـنولوژی الـیاف انجـام گـرفته است. نگارنـدگان ضمن تشکر از آن واحد، بر خود لازم می دانند کـه از مسـئولین محتـرم شـرکت زاینده رود، شرکت نجف آبـاد و شرکت نجف بافت که تسهیلات لازم را برای انجام این پروژه فراهم کردند نیز تشکر کنند.

واژه‌نامه

1. stepwise
2. Y E. El Moghazy
3. linear programming
4. Minitab

مراجع

1. Yehia E. El Mogahzy, Roy Broughton Jr.,W.K. Lynch., "A Statistical Approach for Determininig the Technological Value of Cotton Using HVI Fiber Properties ", *Text. Res. J.*, Vol. 60, No. 9 , pp. 495-500 ,1990.
2. Yehia E. El Mogahzy., "Optimizing Cotton Blend Costs with Respect to Quality Using HVI Fiber Properties and Linear Programming. Part I", *Text. Res. J.*, Vol. 62. No. 1, pp. 1-8, 1992.
3. Yehia E. El Mogahzy., "Optimizing Cotton Blend Costs with Respect to Quality Using HVI Fiber Properties and Linear Programming. Part II", *Text. Res. J.* Vol. 62. No. 2, pp. 108-114, 1992.
4. Douglas C. Montgomery, Elizabeth A. Peck, "*Introduction to Linear Regression Analysis*", Second edition, Wiley, 1992.

۵. مدرس، م.، برنامه ریزی خطی، نشر تندر، ۱۳۷٤.

٦. افخمی، غ.، "مدل رگرسیون ارتباط بین خصوصیات الیاف- مقاومت نخ و تعیین اجزای مخلوط با استفاده از برنامه‌ریزی خطی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده نساجی، ۱۳۸۰.

www.SID.ir