

اندازه‌گیری یکنواختی سطحی منسوج بی بافت اسپان باند PP با استفاده از پردازش تصویر و ارتباط آن با نتایج تجربی خواص کششی

مینا عمادی^{۱*}، محمدعلی توانایی^۲، پدram پیوندی^۳

^۱ دانشکده مهندسی نساجی، پردیس فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، minaemadi@stu.yazd.ac.ir

^۲ دانشکده مهندسی نساجی، پردیس فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، tavanaie@yazd.ac.ir

^۳ دانشکده مهندسی نساجی، پردیس فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، peivandi@yazd.ac.ir

* minaemadi@stu.yazd.ac.ir

چکیده

هدف از این مقاله، پردازش تصویر یکنواختی سطحی منسوج بی بافت اسپان باند PP و ارتباط آن با نتایج تجربی خواص کششی می‌باشد. نمونه‌ها در دو وزن مختلف و سه سطح نایکنواختی مورد بررسی قرار گرفتند. از روش پردازش تصویر بر اساس الگوریتم خوشه‌بندی K-means به منظور تولید تصاویر خوشه‌ای استفاده شد. بهترین خوشه‌بندی با استفاده از شاخص davies-bouldin انتخاب شده و روش ارزیابی کیفیت تصویر PSNR برای انتخاب بهترین تصویر باینری مورد استفاده قرار گرفت. یکنواختی سطحی نمونه‌های بی بافت با استفاده از روش کوادرات محاسبه گردیده و رابطه‌ی بین نتایج عددی و نتایج تجربی کششی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج در پردازش تصویر و رفتار کششی نشان داد که یکنواختی سطحی تأثیر بسزایی بر خواص کششی در این محدوده وزن انتخابی و نایکنواختی دارد. به طوری که یک نمونه با سطح بالاتری از یکنواختی بهترین خواص کششی را به نمایش گذاشته است.

کلید واژه- الگوریتم خوشه‌بندی K-means، بی بافت، پردازش تصویر، خواص کششی، یکنواختی سطحی

۱- مقدمه

پردازش تصویر یک شاخه جدید در کنترل کیفیت و ابزار دقیق ایجاد کرده است به طوری که هر روز سیستم‌های پیشرفته تصویربرداری برای اندازه‌گیری سایز، کالیبراسیون، حمل و نقل، افزایش کیفیت تولید، بازرسی، درجه‌بندی، مرتب‌سازی، جداسازی و غیره ارائه می‌شوند. اصطلاح نایکنواختی به صورت تغییرات در جنبه‌های مختلف نظیر آرایش یافتگی الیاف، وزن، ضخامت، چگالی و قطر الیاف تعریف می‌شود. تلاش‌های بسیاری جهت یافتن یک تکنیک قوی برای تعریف یکنواختی وب بی بافت صورت گرفته است. در زمینه‌ی تحقیقات یکنواختی منسوجات بی بافت بر مبنای اندازه‌گیری‌های آنلاین مطالعات بسیاری صورت گرفته است. برخی محققان، از روش نوری برای ارزیابی تغییرات وزن پایه استفاده کرده‌اند [۱، ۲]. در این روش‌ها شاخص یکنواختی با استفاده از CV٪ چگالی نوری محاسبه شده است. مشکل این روش این است که اندازه‌گیری در مقیاس‌های مختلف شاخص‌های متفاوتی ارائه می‌دهد. هم‌چنین، اندازه‌گیری آنلاین وزن بر اساس اندازه‌گیری چگالی نوری توسط Liu همکاران صورت گرفت [۳]. بررسی تغییرات سریالی وزن پایه نیز توسط Lin و Lai صورت گرفته است [۴]. در تحقیقات Kallmes تغییرات وب از طریق رفتار گرادیان محلی ساختارهای تصادفی بررسی شده است [۵]. Cherkassky از نظریه همگن و ناهمگن میدان تصادفی نامنظم به عنوان معیاری از نایکنواختی وب استفاده کرد [۶]. پژوهش دیگری توسط Johnson صورت گرفته که پیشنهاد کرد که Kurtosis (درجه اوج در یک نمودار آماری) می‌تواند به عنوان یک مقیاس اندازه‌گیری از همگنی هر مشخصه قابل اندازه‌گیری بر روی یک سطح مسطح استفاده شود. [۷] Lin و Zhu در تحقیقات خود با استفاده از آنالیز موجک و شبکه عصبی (LVQ (Learning vector quantization) [۸]، Bayesian [۹] و مدل تراکم گوسی تعمیم یافته [۱۰] درجات نایکنواختی نمونه‌های بی بافت را به دقت شناسایی کردند. یکی دیگر از رویکردهای بررسی یکنواختی بی بافت‌ها استفاده از روش کوادرات مبتنی بر پردازش تصویر است [۱۱]. Militky و Klicka در تحقیق خود مقایسه‌ی روشی را در پیش گرفتند که برای ارزیابی بی بافت‌ها در روش کوادرات از آرایه‌های مستطیلی شکل استفاده کردند [۱۲]. در پژوهش

Tascan و همکاران [۱۳، ۱۴]، از روش پردازش تصویر دیجیتال و شبکه عصبی جهت پیش‌بینی وزن، استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه شکست منسوجات بی بافت PP در وزن‌های مختلف استفاده شد. در این مقاله به‌منظور بررسی یکنواختی سطحی، از روش کواردرات [۱۱] استفاده شده است. از روش کواردرات می‌توان برای اندازه‌گیری یکنواختی کلی نمونه‌ها در یک تصویر استفاده کرد. محدودیت ممکن در مطالعات پیشین استفاده از تصاویر باینری به‌عنوان تصاویر ورودی در این روش است. فرآیند تبدیل یک تصویر به یک تصویر باینری می‌تواند بسیاری از جزئیات تصویر را از بین ببرد. برای غلبه بر این محدودیت از روش خوشه‌بندی K-means برای تهیه تصاویر استفاده شده است. در این روش هر شدت نور به یک لایه (خوشه) اختصاص داده می‌شود. این الگوریتم روش مؤثری برای تبدیل تصاویر حاوی اشیا با شدت نورهای متفاوت به تصاویر خوشه‌ای است. سعی بر این است که تعاملی بین خواص کششی پارچه بی بافت و شاخص یکنواختی به دست آورده شود. برای رسیدن به این هدف، خواص کششی نمونه‌های بی بافت اندازه‌گیری شده و سپس داده‌های تجربی و داده‌های حاصل از پردازش تصویر مقایسه شدند.

۲- روش آزمایش

۲-۱- مواد اولیه

نمونه‌ها به‌طور مستقیم از یک رول پارچه بی بافت اسپان‌بند گرفته شده‌اند. از لحاظ خواص پارچه، نمونه‌ها در دو وزن مختلف (۱۵ و ۳۰ گرم بر مترمربع) و سه سطح یکنواختی (خوب - متوسط - ضعیف)، برای آزمون و مطالعه استفاده شدند. متوسط وزن ده نمونه و ضریب تغییرات آن‌ها برای هر نوع پارچه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: متوسط وزن و ضخامت و ضریب تغییرات نمونه‌های بی بافت ترموباند PP

	S15-1	S15-2	S15-3	S30-1	S30-2	S30-3
درجه یکنواختی	Good	Medium	Poor	Good	Medium	Poor
میانگین وزنی (gt/m ²)	15.653	15.690	15.801	30.427	32.861	31.934
C.V%	3.15	5.27	5.37	3.88	5.56	9.22

۲-۲- روش‌ها

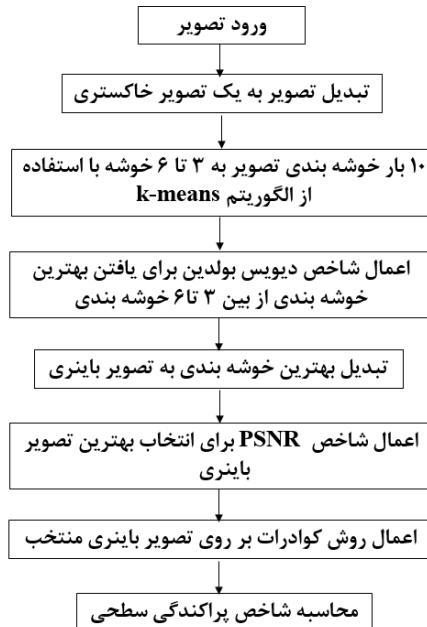
۲-۲-۱- آزمون خواص مکانیکی

خواص مکانیکی پارچه‌های بی بافت ترموباند در جهت ماشین توسط دستگاه INSTRON در شرایط آزمایشگاهی (۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۵۰ درصد) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها با ابعاد ۲۵*۱۰ سانتی‌متر درحالی‌که اندازه‌ی گیره‌ی فک در هر دو طرف منطقه آزمون ۵ سانتی‌متر و طول آزمون کشش ۱۵ سانتی‌متر بود (ASTM D-۵۰۳۴) در دستگاه آزمون مکانیکی قرار گرفتند. از هر نوع نمونه، ۱۰ نمونه برای آزمون مکانیکی استفاده می‌شود.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری یکنواختی سطحی به روش پردازش تصویر

به‌منظور بررسی یکنواختی تصاویر گرفته‌شده از سطوح پارچه‌های بی بافت، مطابق با فلوجارت ارائه‌شده در شکل ۱، تصاویر رنگی نمونه‌های بی بافت ابتدا به تصاویر خاکستری تبدیل شده و سپس تحت عملیات آستانه‌گذاری قرار می‌گیرند. در این تحقیق از روش خوشه‌بندی K-means برای سیاه-سفید کردن تصویر استفاده شده است که استفاده از این روش دقت استخراج شیء از پس‌زمینه تصویر را بالا می‌برد. به علت اینکه الگوریتم خوشه‌بندی K-means با مراکز خوشه تصادفی کار می‌کند، برای همین نتایج خوشه‌بندی، متأثر از مراکز خوشه اولیه انتخابی می‌باشد در نتیجه الگوریتم دارای جواب یکتایی نیست. مسئله پیدا کردن خوشه‌بندی بهینه، در این زمینه مورد توجه است و معمولاً مسئله اعتبار خوشه نامیده می‌شود. شاخص‌های اعتبار خوشه‌بندی اغلب از دو معیار فشردگی و پراکندگی برای ارزیابی خوشه‌بندی انجام‌شده استفاده می‌کنند. این شاخص‌ها سعی در محاسبه فشردگی و جدایش بین خوشه‌ها و در برخی موارد همپوشانی آن‌ها و ساخت ترکیب مناسبی از آن‌ها برای پیدا کردن مناسب‌ترین خوشه‌بندی دارند. از جمله این شاخص‌ها می‌توان شاخص دیویس بولدین اشاره کرد. بهینه‌ترین

حالت خوشه‌بندی زمانی حاصل می‌شود که فاصله درون خوشه‌های کمترین و فاصله بین خوشه‌های بیشترین مقدار را داشته باشد. بنابراین می‌توان دریافت، هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد، خوشه‌های بهتری تولید شده است.



شکل ۱. روند نمای کلی پردازش تصویر

یکی از موارد مهم در سیاه-سفید کردن تصویر با استفاده از روش خوشه‌بندی، تعیین تعداد خوشه‌بندی مناسب می‌باشد و با توجه به اینکه نتیجه‌ای مناسب است که تصویر سیاه-سفید حاصل، کمترین تغییرات را نسبت به تصویر اصلی داشته باشد، لذا می‌توان از روش‌های تعیین کیفیت تصاویر، برای تعیین تعداد خوشه‌بندی مناسب استفاده نمود. به‌منظور ارزیابی کیفیت تصویر دودویی شده با استفاده از خوشه‌بندی K-means از تصویر اصلی از شاخص PSNR استفاده می‌شود.

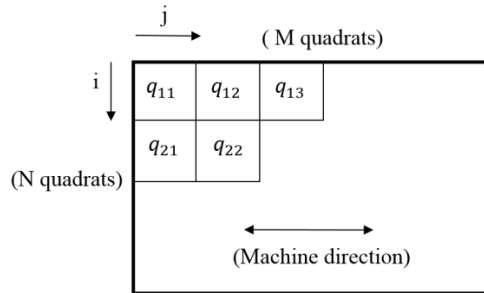
پس از اعمال آستانه گذاری، به‌منظور ارزیابی شاخص پراکندگی سطحی نمونه‌های بی بافت، روش کوادرات بر روی هر تصویر ورودی اجرا می‌شود (شکل ۲). در روش کوادرات تصویر به مربع‌هایی تقسیم و آنالیز می‌شود. این متد یکی از تکنیک‌های مورد استفاده در محیط‌زیست برای تعیین ویژگی‌های فضایی است [۱۵]. استفاده از روش کوادرات در یک سیستم پردازش تصویری اجازه می‌دهد که یک شاخص پراکندگی که می‌تواند برای تعیین درجه کیفیت مورد ارزیابی قرار بگیرد، تعریف شود. میانگین تعداد پیکسل‌های سفید و خاکستری (پیکسل‌های الیاف) در هر مربع (q)، میانگین کل تعداد پیکسل‌های سفید و خاکستری (Q) به‌عنوان مقدار میانگین کسر الیاف در سطح و شاخص پراکندگی (I_D) آن‌ها به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q = \frac{\sum_1^M \sum_1^N q_{ij}}{MN} \quad (1)$$

$$SD = \left(\frac{\sum_1^M \sum_1^N (q_{ij} - Q)^2}{MN} \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$I_D = \frac{(SD)^2}{Q} \quad (3)$$

به‌طوری‌که M و N تعداد مربع‌ها در طول و عرض تصویر هستند. داده‌های آماری به‌دست‌آمده از میانگین تعداد پیکسل‌های سفید به‌عنوان معیاری برای تشخیص سطح یکنواختی پارچه بی بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲. متوسط تعداد پیکسل‌های سفید و خاکستری تصویر پس از اعمال روش کوادرات

۳- بحث و نتایج

به‌منظور تهیه تصاویر از نمونه‌های بی بافت ترموباند، از یک اسکنر با رزولوشن ۲۴۰۰ نقطه در اینچ استفاده شده است. یک صفحه سیاه در پشت نمونه‌ها قرار داده شد. ابعاد همه تصاویر محدود به $15 \times 10 \text{ cm}^2$ است و همه تصاویر تمام منطقه مورد آزمایش از نمونه را پوشش داده‌اند.

به‌منظور بررسی یکنواختی سطحی نمونه‌های بی بافت ترموباند PP، از روش پردازش تصویر، تصاویر نمونه بی بافت، ابتدا تحت عملیات آستانه گذاری قرار گرفتند. بسیاری از تحقیقات مربوطه به بررسی نایکنواختی سطحی از تصاویر سیاه‌وسفید شده به روش آستانه گذاری معمول به‌عنوان تصاویر اولیه استفاده کرده‌اند [۱۱، ۱۴]؛ اما تصویر نمونه‌های بی بافت، یک تصویر با شدت نورهای متفاوت است و پس‌زمینه واضح و مجزایی ندارد؛ بنابراین فرآیند تبدیل آن به یک تصویر باینری با استفاده از آستانه گذاری معمول می‌تواند بسیاری از جزئیات تصویر را از بین ببرد. برای غلبه بر این محدودیت از روش خوشه‌بندی K-means برای تهیه تصاویر استفاده شده است. در این مقاله تصویر نمونه‌های بی بافت به سه تا شش شدت نور یا خوشه، تقسیم‌بندی شده است که برای هر تصویر، ۱۰ مرتبه خوشه‌بندی K-means بر روی تصویر، انجام شده است (جدول ۲). پس از آن بهترین خوشه‌بندی از بین ۱۰ خوشه‌بندی انجام شده برای تصاویر، با استفاده از شاخص دیویس بولدین، انتخاب شده است. پس از تبدیل تصاویر خوشه‌بندی شده به تعداد سه تا شش خوشه به تصاویر سیاه-سفید، چهار خوشه به‌عنوان بهترین تعداد خوشه-بندی با شاخص PSNR بالاتر انتخاب شده است.

جدول ۲. مقادیر شاخص‌های PSNR و DB برای تصاویر خوشه‌ای نمونه‌های بی بافت ترموباند PP به روش K-means

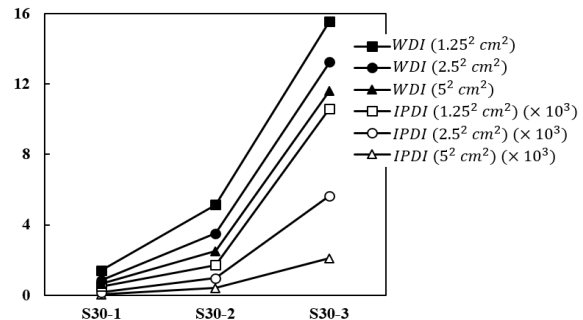
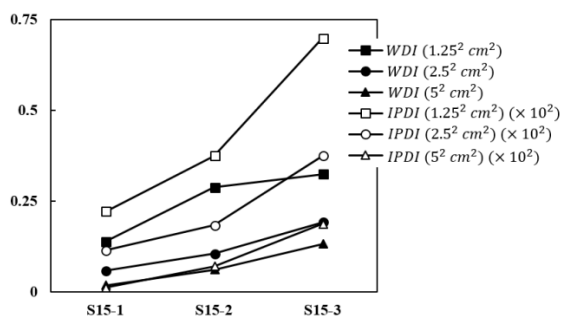
نمونه‌ها		K=3	K=4	K=5	K=6
S15-1	PSNR	6.587276	6.629604	6.656761	6.516545
	DB	0.459819	0.415363	0.422066	0.398105
S15-2	PSNR	6.756134	6.921165	6.867291	6.862919
	DB	0.441485	0.433043	0.430789	0.396267
S15-3	PSNR	7.220856	7.243876	7.142864	7.279304
	DB	0.406217	0.442203	0.41374	0.40513
S30-1	PSNR	8.298598	8.309866	8.302599	8.290476
	DB	0.454073	0.426906	0.446437	0.409051
S30-2	PSNR	8.104117	8.126946	8.158706	8.133229
	DB	0.444414	0.442208	0.447453	0.410346
S30-3	PSNR	9.038254	9.118703	9.096914	9.141377
	DB	0.438086	0.43529	0.439865	0.43187

برای تعیین یکنواختی سطحی وب نمونه‌های بی بافت از روش کوادرات مبتنی بر پردازش تصویر دیجیتال و با اندازه پنجره-های متفاوت استفاده شد. تصاویر نمونه‌های بی بافت به مربع‌هایی تقسیم و آنالیز شدند. مقادیر شاخص پراکندگی به‌دست‌آمده از روش پردازش تصویر در جدول ۳ ارائه شده است. جهت تصدیق اطلاعات استخراج شده از روش پردازش تصویر، نمونه‌های بی

بافت طبق سایزهای ارائه شده در جدول ۳ برش خورده، وزن شدند و شاخص پراکندگی وزنی آن‌ها نیز محاسبه شد. ضریب همبستگی برای دو شاخص پراکندگی به دست آمده از روش پردازش تصویر و وزن کردن تجربی نیز در جدول ۳ ارائه شده است. ضریب همبستگی میزان رابطه‌ی بین دو متغیر را نشان می‌دهد. مقادیر بالاتر از ۰٫۹۵، برای این ضریب بین روش پردازش تصویر و روش تجربی، ارتباطی قوی و مثبت بین این روش‌ها را نشان می‌دهد. شکل ۳ روند نتایج حاصل از پردازش تصویر و وزن کردن تجربی و تعامل آن‌ها را نشان می‌دهد. شاخص پراکندگی ارائه شده به روش پردازش تصویر میزان تنوع کسر الیاف در سطح مربع‌ها را نشان می‌دهد که توصیفی از یکنواختی وب نمونه‌ی بی بافت می‌باشد. نتایج به دست آمده از روش پردازش تصویر علاوه بر همبستگی خوبی که با نتایج وزنی دارد، به خوبی نیز با درجات یکنواختی دیداری نمونه‌ها سازگار است. به طوری که به خوبی مشاهده می‌شود که در هر نمونه با میانگین وزنی یکسان هر چه درجه یکنواختی نمونه کاهش پیدا می‌کند میزان شاخص پراکندگی آن افزایش می‌یابد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که روش کوادرات روش مناسبی برای تعیین یکنواختی وزنی پارچه‌های بی بافت باشد. با استفاده از این روش می‌توان پارچه‌های بی بافت با درجات یکنواختی متفاوت را به خوبی تشخیص داد.

جدول ۳. شاخص‌های پراکندگی به دست آمده از دو روش پردازش تصویر و وزن کردن تجربی و ضریب همبستگی آن‌ها

نمونه‌ها	سایز مربع‌ها (cm ²)	شاخص پراکندگی پردازش تصویر (IPDI)	شاخص پراکندگی وزنی (WDI)	R ² ضریب همبستگی
S15-1	5×5	0.0134 × 10 ⁻²	0.0188	0.9704
	2.5×2.5	0.1646 × 10 ⁻²	0.0592	
	1.25×1.25	0.3041 × 10 ⁻²	0.1388	
S15-2	5×5	0.3467 × 10 ⁻²	0.0614	0.9639
	2.5×2.5	0.4406 × 10 ⁻²	0.1055	
	1.25×1.25	0.5682 × 10 ⁻²	0.2882	
S15-3	5×5	0.2075 × 10 ⁻²	0.1333	0.9957
	2.5×2.5	0.3313 × 10 ⁻²	0.1922	
	1.25×1.25	0.7182 × 10 ⁻²	0.3242	
S30-1	5×5	0.0053 × 10 ⁻²	0.1291	0.9972
	2.5×2.5	0.0128 × 10 ⁻²	0.2036	
	1.25×1.25	0.0215 × 10 ⁻²	0.5788	
S30-2	5×5	0.0378 × 10 ⁻²	0.7867	0.9595
	2.5×2.5	0.0532 × 10 ⁻²	1.0190	
	1.25×1.25	0.0712 × 10 ⁻²	1.6172	
S30-3	5×5	0.1757 × 10 ⁻²	1.0112	0.9973
	2.5×2.5	0.2982 × 10 ⁻²	1.6223	
	1.25×1.25	0.4159 × 10 ⁻²	2.3254	



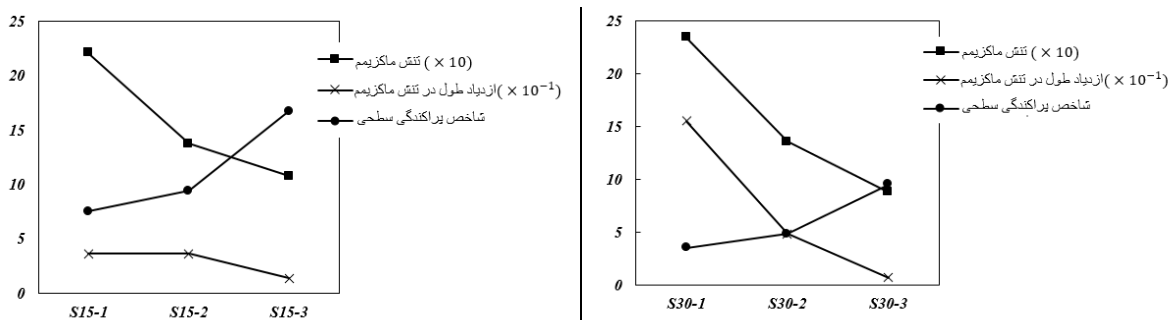
شکل ۳. نمودارهای شاخص‌های پراکندگی به دست آمده از روش پردازش تصویر و وزن کردن

به منظور بررسی اثر یکنواختی سطحی وب، بر روی خواص مکانیکی نیز آزمایش استحکام و ازدیاد طول بر روی نمونه‌ها انجام شد.

جدول ۴. نتایج آزمون استحکام و ازدیاد طول پارگی در ماکزیمم نیرو

		S15-1	S15-2	S15-3	S30-1	S30-2	S30-3
ماکزیمم تنش (MPa)	Mean	2.2066	1.3711	1.0748	2.3421	1.3529	0.8773
	CV%	4.840	8.919	8.61	5.667	12.2201	12.249
ازدیاد طول در ماکزیمم تنش (%)	Mean	36.0281	35.9719	13.639	154.809	48.196	6.649
	CV%	20.894	36.319	22.112	15.458	29.169	17.319
مدول ینگ		0.3952	0.3368	0.2967	0.4886	0.3158	0.2421

در جدول ۴ مقادیر مدول ینگ، تنش نهایی و ازدیاد طول در ماکزیمم تنش نمونه‌ها ارائه شده است. همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود، در هر گروه با میانگین وزنی یکسان، نمونه‌ای با یکنواختی سطحی وب بیشتر، ماکزیمم تنش بالاتر و ازدیاد طول و مدول اولیه بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های دیگر در هر گروه از خود نشان داده است؛ بنابراین هرچه درجه نایکنواختی بالاتر رود، ماکزیمم تنش، ازدیاد طول و مدول اولیه کاهش می‌یابد. با مقایسه CV درصدهای ارائه شده برای استحکام و ازدیاد طول مشاهده می‌شود که هرچه نمونه‌ای وزن بیشتری داشته باشد CV درصد خواص کششی آن کمتر است. می‌توان ادعا کرد با افزایش وزن احتمال یکنواختی سطحی نمونه‌های بی بافت بیشتر شده و به تبع پراکندگی خواص کششی نمونه‌های آن کمتر است. از طرف دیگر در هر گروه با میانگین وزنی یکسان مشاهده می‌شود که نمونه‌ای با درجه یکنواختی متوسط نسبت به نمونه‌ای با بالاترین یکنواختی CV درصد بالاتری دارد که امری بدیهی است؛ اما اینکه چرا نمونه‌ای با پایین‌ترین یکنواختی CV درصد پایین‌تری از نمونه‌ی متوسط دارد شاید به این دلیل باشد که این نمونه‌ها به دلیل نایکنواختی شدیدی که در ساختار خود دارند در یک رنج استحکامی و ازدیاد طولی تقریباً یکسان و در یک مدت‌زمان معین و سریع پاره می‌شدند و این امر CV درصد تنش و ازدیاد طولی آن‌ها را نسبت به نمونه متوسط کمتر می‌کرد. به‌رحال موضوع مهم همان روند نزولی تنش‌ها و ازدیاد طول‌ها در هر گروه وزنی است که به‌خوبی با درجات یکنواختی بی بافت‌ها هماهنگی دارد. شکل ۴ تعامل بین نتایج پردازش تصویری و نتایج تجربی به‌دست‌آمده از آزمون استحکام را برای هر دو گروه با میانگین وزنی یکسان را به صورت جداگانه نشان می‌دهد. می‌توان مشاهده کرد در هر گروه وزنی، هر چه نمونه‌ای درجه یکنواختی سطحی آن کاهش یابد، شاخص پراکندگی سطحی آن افزایش و میزان تنش نهایی و ازدیاد طول در نقطه ماکزیمم بار آن کاهش می‌یابد. نمونه‌ای که در پردازش تصویر نتایج ضعیف و وضعیت بدتری از لحاظ ساختاری و خواص باندینگ را ارائه داده بود بدترین وضعیت استحکام و ازدیاد طول را خواهد داشت؛ و این نشان می‌دهد هر چه نمونه از لحاظ ساختاری و خواص باندینگ به سمت یکنواختی کمتر پیش رود خواص استحکامی آن شدیداً افت می‌کند.



شکل ۴. نمودارهای نتایج دو روش پردازش تصویر و آزمون استحکامی و تعامل آن‌ها

نتیجه‌گیری

با توجه به فقدان یک روش مقرون‌به‌صرفه آنلاین برای اندازه‌گیری یکنواختی منسوجات بی بافت، بحثی در این مقاله مورد مطالعه قرار داده شد، مبنی بر اینکه آیا یک سیستم پردازش تصویر دیجیتال می‌تواند برای اندازه‌گیری یکنواختی سطح و برآورد خواص کششی استفاده شود. ارتباط بین وزن وب و خروجی پردازش تصویر در روش کوادرات (یکنواختی سطح) بررسی شد و رابطه‌ای خطی با ضریب همبستگی بیش از ۰٫۹۵ برای تمام نمونه‌ها بین وزن الیاف و خروجی پردازش تصویر (یکنواختی سطح) به دست آمد. نتایج نشان داد که یک اسکنر می‌تواند برای اندازه‌گیری یکنواختی سطح پارچه‌های بی بافت PP در محدوده وزنی بین ۱۵ تا ۳۰ گرم بر مترمربع استفاده شود. حداکثر تنش، ازدیاد طول در حداکثر تنش و مدول اولیه با کاهش یکنواختی سطح، کاهش یافته است. این نشان می‌دهد که هر چه یک نمونه به سمت یکنواختی سطحی کمتر رود، خواص کششی به شدت کاهش می‌یابد. این موضوع برای تنظیم یک تکنیک جهت کاربرد بر روی خط تولید بی بافت، بسیار قابل توجه خواهد بود. با تغییرات محصول، عدم یکنواختی تشخیص داده‌شده و اصلاحات در خط تولید به سرعت اعمال می‌شود و با این کار از تولید محصولات نامرغوب و با حجم بالا جلوگیری خواهد شد. استفاده از پردازش تصویر برای کنترل کیفیت آنلاین برای کارخانه‌هایی که می‌خواهند در وقت و سرمایه خود در کنترل کیفیت صرفه‌جویی کنند بسیار مفید و مؤثر است.

منابع

- [1] R. Veerabadran, H. Davis, S. Batra, and A. Bullerwell, "Devices for On-Line Assessment of Nonwovens' Basis Weights and Structures," *Textile research journal*, vol. 66, pp. 257-264, 1996.
- [2] P. A. Boeckerman, "Meeting the special requirements for on-line basis weight measurement of lightweight nonwoven fabrics," *Tappi journal*, vol. 75, pp. 166-172, 1992.
- [3] H.-C. Lien and C.-H. Liu, "A method of inspecting non-woven basis weight using the exponential law of absorption and image processing," *Textile research journal*, vol. 76, pp. 547-558, 2006.
- [4] H. Lai, J. Lin, C. Lu, and S. Yao, "An image analysis for inspecting nonwoven defect," *International Nonwovens Journal*, vol. 14, pp. 39-50, 2005.
- [5] A. Kallmes, J. Scharcanski, and C. Dodson, "UNIFORMITY & ANISOTROPY IN NONWOVEN FIBROUS MATERIALS," in *TAPPI NONWOVENS CONFERENCE*, 2000, pp. 47.0-47.0.
- [6] A. Cherkassky, "Analysis and simulation of nonwoven irregularity and nonhomogeneity," *Textile research journal*, vol. 68, pp. 242-253, 1998.
- [7] J.-O. Johansson, "Measuring homogeneity of planar point-patterns by using kurtosis," *Pattern Recognition Letters*, vol. 21, pp. 1149-1156, 2000.
- [8] J. Liu, B. Zuo, X. Zeng, P. Vroman, and B. Rabenasolo, "Nonwoven uniformity identification using wavelet texture analysis and LVQ neural network," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 2241-2246, 2010.
- [9] J. Liu, B. Zuo, X. Zeng, P. Vroman, and B. Rabenasolo, "Wavelet energy signatures and robust Bayesian neural network for visual quality recognition of nonwovens," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, pp. 8497-8508, 2011.
- [10] J. Liu, B. Zuo, X. Zeng, P. Vroman, and B. Rabenasolo, "Visual quality recognition of nonwovens using generalized Gaussian density model and robust Bayesian neural network," *Neurocomputing*, vol. 74, pp. 2813-2823, 2011.
- [11] B. Pourdeyhimi and L. Kohel, "Area-based strategy for determining web uniformity," *Textile research journal*, vol. 72, pp. 1065-1072, 2002.
- [12] J. Militký and V. Klicka, "Nonwovens uniformity spatial characterization," *Journal of Information and Computing Science*, vol. 2, pp. 85-92, 2007.
- [13] S. Nohut and T. Arici, "Estimation of Areal Weight, Grab Tensile Strength, and Elongation at Break of PP Spunbond Nonwovens using Digital Image Analysis and Artificial Neural Networks," *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*, vol. 10, 2015.
- [14] M. TAŞCAN and S. Nohut, "NONDESTRUCTIVE PREDICTION OF AREAL WEIGHT, GRAB TENSILE STRENGTH AND ELONGATION AT BREAK OF POLYPROPYLENE (PP) SPUNBOND NONWOVEN FABRICS USING DIGITAL IMAGE ANALYSIS," *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, vol. 25, 2015.
- [15] P. Greig-Smith, *Quantitative plant ecology* vol. 9: Univ of California Press, 1983.

