



الیاف

شبیه‌سازی کشش وارد بر نخ تار در ماشین حلقوی تاری بر اساس معادلات دینامیکی و سینماتیکی

علیرضا صنوبری^۱، علی اصغر اصغریان جدی^۱، محسن رضاییان^۲

چکیده

در ماشین‌های حلقوی تاری، به دلیل اینکه دامنه حرکت اجزای بافت، زیاد است، تغییرات کشش نخ‌های تار که در تماس با این اجزا هستند نیز زیاد می‌شود. کنترل این تغییرات در فرآیند بافت دارای اهمیت بسزایی است و اگر این امر به درستی صورت نگیرد بر راندمان تولید ماشین و همچنین کیفیت پارچه تولیدی از نظر ظاهر و ویژگی‌های فیزیکی تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش عوامل موثر بر کشش نخ تار در ماشین کتن مورد مطالعه قرار گرفته و کشش نخ به کمک روابط دینامیکی و سینماتیکی و به کمک نرم‌افزار Matlab Simulink شبیه‌سازی شد. نتایج به دست آمده تا حد زیادی با مقدار تجربی کشش نخ که به وسیله کشش سنج بدست آمد، مطابقت دارد.

مقدمه

یکی از روش‌های تولید پارچه در صنایع نساجی، صنعت بافندگی حلقوی تاری است. ماشین کتن یا تریکوبافی یکی از ماشین‌های حلقوی تاری است که بدلیل گیج (تعداد سوزن در اینچ) بیشتر، بافت‌های ظریف‌تر تولید می‌کند، به همین علت برای تولید بافت‌های ساده با سرعت بالا، از این ماشین استفاده می‌گردد. کنترل کشش نخ و کاهش دامنه نوسانات آن منجر به تولید محصول با یکنواختی بالا و افزایش قدرت طراحی و همچنین کاهش نرخ نخ‌پارگی و توقفات ماشین می‌گردد لذا در این پژوهش با مطالعه و تحلیل کشش نخ تار بر اساس رفتار دینامیکی مکانیزم بافت در ماشین کتن از طریق اندازه‌گیری و رسم نمودار و تشکیل معادلات دینامیکی مربوطه، شبیه‌سازی تغییرات سیکلی کشش نخ در محیط نرم‌افزاری صورت گرفت.

از مزایای شبیه‌سازی این مکانیزم می‌توان به بررسی اثر تغییر هر پارامتر از جمله سختی فنر کنترل کشش بر رفتار سامانه (کشش نخ) بدون تغییر بر روی ماشین اصلی و صرف هزینه و انرژی پرداخت.

تئوری

در ابتدای این پژوهش، ابعاد اجزای مختلف ماشین کتن اندازه‌گیری شده و نمای کلی ماشین ترسیم شد تا با استفاده از آن روابط حرکتی انجام شد که نتیجه آن،

شکل ۱ الف می‌باشد. در ادامه برای درک AutoCAD قسمت‌های مورد نیاز به دست آید. این کار به وسیله نرم‌افزار بهتر روابط از مقاطع مختلف این مدل استفاده می‌شود.

بر اساس قانون هوک، کشش نخ از رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$T = T_0 + E_y \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}$$

که T_0 و ℓ_0 به ترتیب طول و کشش اولیه نخ و T مقدار کشش نخ در حین عملیات بافندگی می‌باشد. در صورتی که رابطه فوق $\ell - \ell_0$ به سمت صفر میل کند، رابطه (۱) به صورت (۲) بازنویسی می‌شود.

$$dT = E_y \frac{d\ell}{\ell}$$

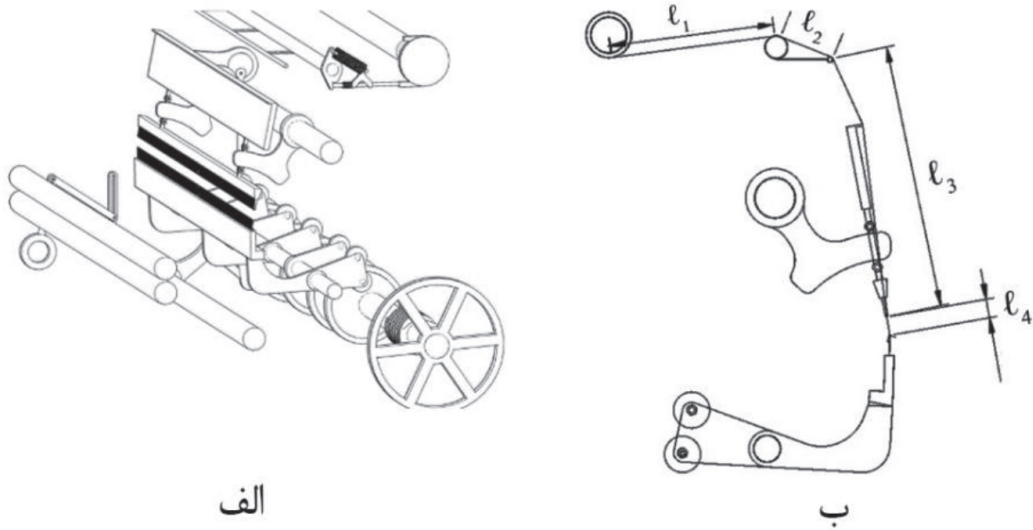
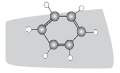
با توجه به شکل ۱ ب داریم:

$$\ell_T = \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 - \ell_f$$

که در رابطه (۳) ℓ_T مقدار نخ تحت کشش در حین بافت در مسیر نخ‌کشی و ℓ_f مقدار نخ تغذیه شده از چله نخ در هر رج بافت است. همچنین میزان نخ مصرفی در هر رج بافت با استفاده از Run-in در ℓ_4 گنجانده شده است. از آنجا که مقدار ۱ ثابت است، معادله (۲) به صورت معادله (۴) بازنویسی می‌شود:

$$dT = \frac{E_y}{\ell_T} (d\ell_2 + d\ell_3 + d\ell_4 - d\ell_f)$$

با حل معادله فوق کشش نخ به دست می‌آید.



شکل ۱: الف) شمای کلی مکانیزم‌های موجود در ماشین کتن، ب) مسیر نخ کشی در ماشین

برای حل معادله (۴) نیاز است تا مقادیر l_1, l_2, l_3, l_4 بر اساس ساختمان ماشین محاسبه شود. با توجه به شکل ۳، روابط زیر برای این مقادیر نوشته می‌شود.

$$l_4 = \sqrt{(r_1 \cos \alpha - x_0 - r_2 \sin \beta)^2 + (r_1 \sin \alpha - y_0 + r_2 \cos \beta)^2} + C$$

$$l_f = \frac{T-T_c+1}{2} * \frac{nRTl^2}{2l}$$

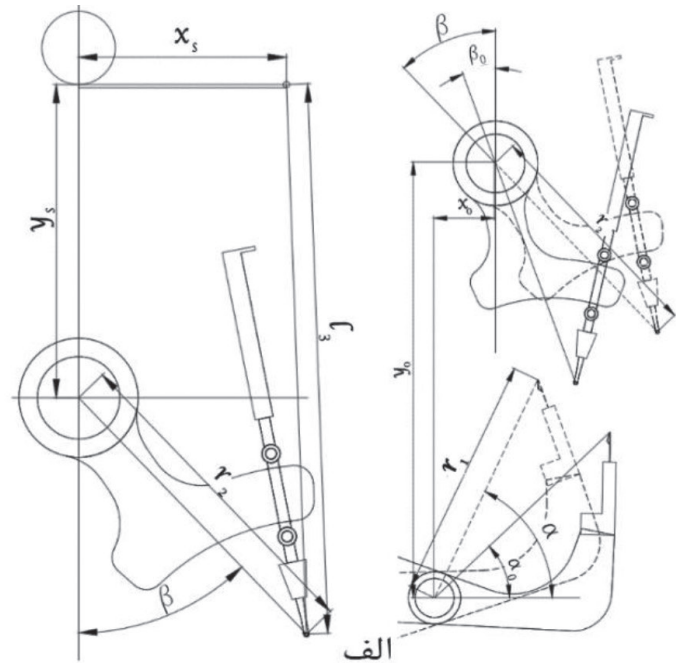
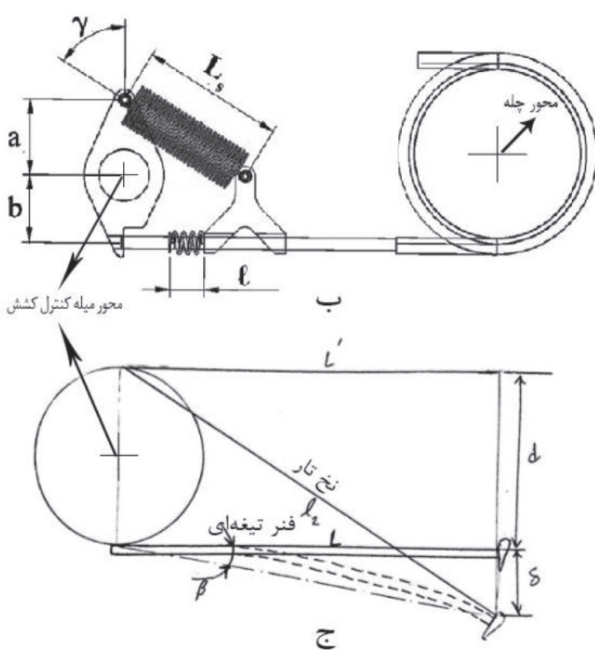
$$T_c = \frac{2k_1(L_s-L_{s0})a.\sin(\gamma)+k_2(L-l_0)b}{nL}$$

$$l_2 = \sqrt{(d + \delta)^2 + L^2 \left(1 - \left(\frac{\delta}{L}\right)^2\right)}$$

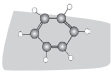
$$\delta = \frac{PL^3}{3EI}$$

در رابطه (۶)، P نیروی عمودی وارد بر فنر، L طول فنر، E مدول الاستیک (سختی) و I ممان اینرسی آن است. در رابطه (۱۰)، مقادیر L و T_c به ترتیب

$$l_3 = \sqrt{(x_s - r_2 \sin \beta)^2 + (y_s + r_2 \cos \beta)^2} - \delta$$



شکل ۲: برش‌های مقطعی بخش‌های مختلف مکانیزم بافت ماشین: الف) شانه و سوزن ب) سامانه تغذیه ج) فنر کنترل کشش



$$B = \frac{T(t)-0.113}{\frac{|T(t)-0.113|}{2}+1} * 3750T(t).t$$

$$C = \frac{0.001}{\sqrt{(0.025+0.03T(t))^2+0.01\left(1-\left(\frac{0.03T(t)}{0.1}\right)^2\right)}}$$

$$D = 0.04 - \frac{T(t)-0.113}{\frac{|T(t)-0.113|}{2}+1} * 1875t^2$$

$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{2.2(A+B)}{1-2.2(C-D)}$$

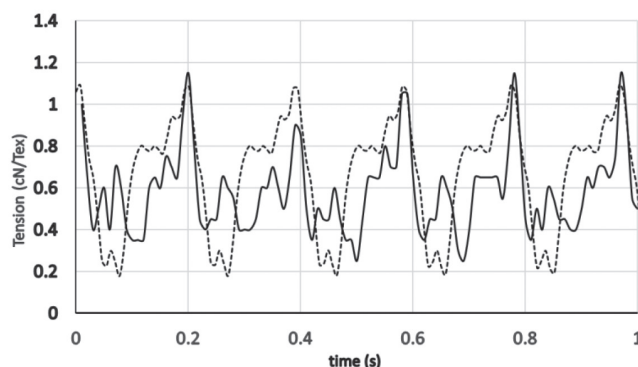
۳- بحث و نتیجه گیری

معادله (۶) در نرم افزار Matlab Simulink پیاده سازی شد؛ همچنین مقدار کشش تجربی نخ با استفاده از دستگاه کشش سنج ETX-200 با سرعت ۱۰۰ نمونه در ثانیه، در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۳۴ درصد اندازه گیری شده و مطابق شکل ۴ با مقادیر بدست آمده توسط نرم افزار مقایسه گردید. این دو نمودار در نقاط بیشینه و کمینه کشش نخ و همچنین دامنه نوسانات مطابقت دارند.

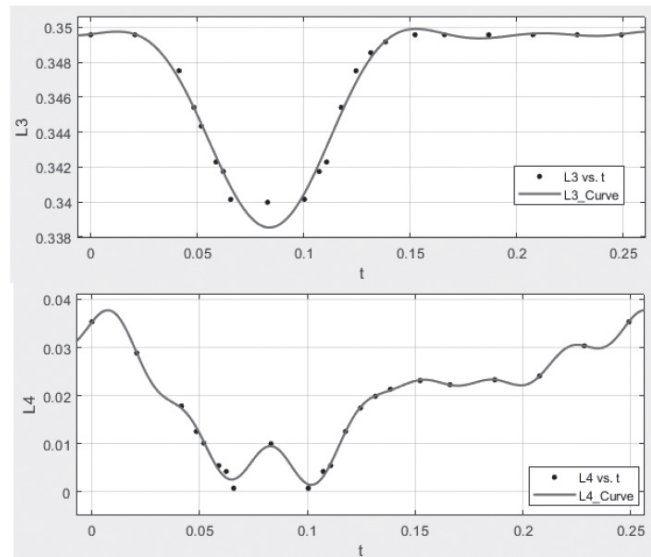
برای مقایسه کمی بین این دو نمودار از روش RMSE (Root Mean Square Error) استفاده شد و مقدار ۰/۳۳ به دست آمد. به عبارتی نمودار بدست آمده از نرم افزار به طور میانگین به میزان ۳۵ درصد از دامنه نوسانات با نمودار تجربی تفاوت دارد.

۴- نتیجه گیری نهایی

* نتایج به دست آمده به میزان ۳۵ درصد از دامنه نوسانات با کشش اندازه گیری شده بر روی ماشین اختلاف دارد.
 * با استناد به داده های بدست آمده از این شبیه سازی، مشخص می شود که عمده تغییرات سیکلی کشش نخ، ناشی از جابجایی شانه راهنما و میله سوزن نسبت به یکدیگر (L4) است.
 * کاهش سختی فنر تیغ های تا مقدار، باعث کاهش دامنه نوسانات شده و بیشتر از آن مقدار، این نوسانات را تشدید می کند.



شکل ۴: مقایسه نتایج بدست آمده از کشش نخ به صورت تجربی (خط پر) و شبیه سازی شده (نقطه چین)



شکل ۳: نمودارهای تقریب فوریه L3 و L4 رسم شده توسط نرم افزار Matlab

کشش حد تغذیه نخ، بازوی گشتاور نیروی نخ حول محور میله کنترل کشش و تعداد سرخ های تار می باشند. همچنین در رابطه (۹) ممان اینرسی دورانی چله است که از رابطه (۱۱) محاسبه می شود:

$$I = \frac{\pi}{2} \rho h (R_4 - r_0^4)$$

که در رابطه فوق، R شعاع چله در هر لحظه، r_0 شعاع چله خالی، h طول چله و ρ چگالی نخ (نایلون) است. معادلات ریاضی موقعیت مکانی بخش های مختلف ماشین با استناد به نمودارهای جابجایی اجزای مختلف ماشین کتن با مکانیزم مبادامکی که در کتاب مکانیزم بافندگی حلقوی تار آورده شده و با توجه به این که این معادلات باید متناوب با دوره تناوب سرعت ماشین باشند، با استفاده از سری فوریه به صورت تقریبی به دست آمد. سپس با انجام عملیات جبری بر روی این معادلات مطابق روابط (۷) و (۸)، مقادیر L_3 و L_4 محاسبه شدند که نمودار این مقادیر در شکل ۴ رسم شده است. حال با استفاده از ضوابط بدست آمده و همچنین مقادیر ثابت اندازه گیری شده از روی اجزای ماشین که در جدول ۱ ذکر شده اند، رابطه (۴) به صورت زیر بازنویسی می شود:

$$A = dL_3 + dL_4$$

جدول ۱: مقادیر ثابت های اندازه گیری شده

مقدار	نام پارامتر	مقدار	نام پارامتر	مقدار	نام پارامتر
0.031 m	L_{s0}	0.1 m	x_s	0.1 m	L
0.018 m	ℓ	0.145 m	y_s	1.39 N/Text	E_y
0.0335 m	ℓ_0	0.04 m	x_0	0.63 N.m ²	$I.E$
0.037 m	a	0.28 m	y_0	140	n
0.035 m	b	0.195 m	ℓ_1	1.2 rad	θ_1
1380 kg/m ³	ρ_{PE}	0.045 m	R	0.506 rad	θ_2
0.03 m	r_0	0.63 m	L_0	0.3	μ
0.236 m	h	1000 N.m	k_1	0.025 m	d
0.00168 kg.m ²	I	666.6 N.m	k_2	0.165 m	r_1
		0.047 m	L_s	0.2225 m	r_2