

بهینه سازی مدل هدایت حرارتی پارچه های اسپیسر با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری

دهقان؛ ندا^۱، پیوندی؛ پدram*^۲

^۱دانشگاه یزد، دانشکده مهندسی نساجی، neda.dehghan@stu.yazd.ac.ir

^۲دانشگاه یزد، دانشکده مهندسی نساجی، Peivandi@yazd.ac.ir

* Peivandi@yazd.ac.ir

چکیده

شناخت خواص حرارتی منسوجات به واسطه کاربردهایی که در زمینه های راحتی حرارتی، حفاظت حرارتی، عایق حرارتی و غیره دارند؛ یکی از موضوعات مهم برای توسعه محصولات نساجی در اکثر صنایع است. هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی پارامترهای کلیدی برای بررسی خواص حرارتی منسوجات هستند. در این بررسی هدایت حرارتی پارچه های اسپیسر با روش استاندارد و با استفاده از مدل هدایت حرارتی تعیین شد. از روش الگوریتم رقابت استعماری جهت بهینه کردن پارامترهای مدل و به منظور کاهش خطای مدل استفاده گردید. مقادیر بهینه برای پارامترهای مدل تعیین و مقدار خطا ۶٫۷۸ درصد کاهش یافت. این میزان کاهش، تاثیر لایه میانی در پارچه های اسپیسر سه بعدی را بر میزان انتقال حرارت در این پارچه ها نشان میدهد.

کلید واژه- هدایت حرارتی، پارچه های اسپیسر، رقابت استعماری

۱- مقدمه

تعیین خواص حرارتی در منسوجات مختلف، از جمله: هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی از گذشته مورد توجه محققین قرار گرفته است. روش های مختلف جهت تعیین خواص حرارتی وجود دارد که شامل روش های تحلیلی، عددی و تجربی می باشد [۱]. مطالعات انجام شده بر روی هر یک از ساختارهای نساجی با اهدافی چون تعیین ضریب هدایت حرارتی و مقاومت حرارتی، بررسی تاثیر پارامترهای ساختاری بر روی هدایت حرارتی یا مقاومت حرارتی، بررسی تاثیر شرایط آزمایش بر روی خواص حرارتی نمونه های منسوج و انجام شده است [۲-۶]. اسماعیل^۱ و همکاران [۲] یک مدل تحلیلی برای تعیین هدایت حرارتی موثر پارچه تار پودی توسعه دادند. ساختار انتخاب شده برای این مطالعه پارچه تافته است که آن را بتوان به سل های مشابه و برابر تقسیم کرد. کراسینسکا^۲ [۳] به بررسی خاصیت عایق حرارتی پارچه های حلقوی با استفاده از روش ترموگرافی و روش حجم محدود پرداختند. این مقاله به بررسی راحتی حرارتی اشاره دارد. در بخش تجربیات گرادیان دما در

^۱ Ismail

^۲ Krucinska

شرایط محیطی ثابت با استفاده از دوربین حرارتی بررسی شد. داس^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۱ [۴] مدل تحلیلی برای پیش بینی انتقال حرارت در مجموعه چند لایه با در نظر گرفتن هوا در بین لایه ها توسعه دادند. مدل با استفاده از معادلات کلی انتقال حرارت در جسم متخلخل توسعه یافت و با استفاده از نتایج تجربی اعتبار سنجی شد. برخی از فرضیات این مدل عبارتند از: ۱- مجموعه پارچه به عنوان یک سل هندسی که انتقال حرارت هدایتی از طریق نخ/الیاف اتفاق می افتد. ۲- مجموعه چند لایه به صورت یک مکعب فرض شده است که از الیاف (استوانه هایی) بزرگ ایجاد شده است. ۳- مدل به نحوی طراحی شده است که هدایت در هوا وجود دارد و از انتقال حرارت جابجایی صرف نظر شود. ۴- ایی^۴ و همکارانش [۵] پارچه های اسپیسر حلقوی تاری به عنوان صندلی ماشین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می دهد که پارچه اسپیسر حلقوی تاری، هدایت حرارتی بالاتر و مقاومت حرارتی کمتر از فوم دارد، بنابراین پارچه اسپیسر خیلی راحتتر و سریعتر حرارت را از بدن انسان انتقال داده و گرمای کمتری هنگام نشستن بر روی پوشش پارچه ایی اسپیسر نسبت به فوم ایجاد می شود. میشرا^۵ و همکارانش [۶] دریافتند که دو پارامتر نفوذپذیری هوا و هدایت حرارتی مرتبط با دانسیته پارچه است. ویژگی های پارچه اسپیسر اثر بسیار مهمی بر نفوذپذیری هوا، هدایت حرارتی و خواص مکانیکی پارچه اسپیسر دارد. در این بررسی هدایت حرارتی پارچه های اسپیسر حلقوی با استفاده از روش استاندارد و مدل هدایت حرارتی تعیین شدند.

۲- تئوری

جهت انجام این بررسی از ۱۰ نمونه پارچه اسپیسر پلی استری با بافت حلقوی، با ضخامت و طرح متفاوت استفاده شد. وزن و ضخامت نمونه ها با توجه به استاندارد ASTM D3776 و ASTM D1777 به ترتیب تعیین شد و نمونه ها کد گذاری گردید. میزان تخلخل پارچه های اسپیسر با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد. در رابطه ۱، ϵ میزان تخلخل پارچه، ρ_{fabric} دانسیته پارچه و ρ_{fiber} دانسیته الیاف است. نتایج حاصل از اندازه گیری پارچه ها در جدول ۱ ارائه شده است.

$$\epsilon = 1 - \frac{\rho_{fabric}}{\rho_{fiber}} \quad (1)$$

۳- هدایت حرارتی

ضریب هدایت حرارتی، یک خاصیت مهم حرارتی جسم است. مقدار انرژی گرمایی که ماده می تواند در واحد ضخامت و در واحد زمان و در دمای مشخصی، از خود عبور دهد. لذا هر چه مقدار عددی ضریب هدایت حرارتی جسم بزرگتر باشد، مقدار بیشتری گرما از جسم عبور می کند و برعکس هر چه مقدار عددی ضریب هدایت حرارتی جسم کوچکتر باشد جسم عایق تر می باشد [۷].

۳-۱ تعیین هدایت حرارتی به روش تجربی

هدایت حرارتی کلی پارچه توسط سه روش اندازه گیری می شود [۸]: این روش ها عبارتند از: ۱- روش دو صفحه، که در آن پارچه بین دو صفحه فلزی که در آن گرادیان دما وجود دارد قرار داده می شود. ۲- روش سرد کردن، در این روش یک طرف پارچه روی یک صفحه داغ و سطح دیگر پارچه در معرض هوا قرار می گیرد. ۳- روش دما ثابت، که در آن پارچه اطراف منبع

^۳ Das

^۴ Ye

^۵ Mishra

حرارتی پیچیده می شود. در این بررسی هدایت حرارتی پارچه اسپیسر از روش سرد کردن با استفاده از استاندارد ASTM D 1518-85 تعیین شد [۹].

جدول ۱: مشخصات پارچه های اسپیسر مورد آزمون

کد نمونه	وزن (گرم بر متر مربع)	ضخامت (میلیمتر)	تخلخل (%)
۱	۲۸۱	۲,۹۱۱	۹۳
۲	۳۶۵	۰,۹۷۲	۷۳
۳	۲۱۷	۱,۷۹	۹۱
۴	۳۳۲,۷۵	۳,۵۲۷	۹۳
۵	۷۶۱	۲,۱۱۶	۷۴
۶	۳۰۹,۷۵	۲,۰۲۸	۸۹
۷	۲۸۷,۵	۲,۰۱۳	۸۹
۸	۲۵۲,۵	۱,۸۱۵	۸۹
۹	۵۲۷,۲۵	۲,۲۲۶	۸۳
۱۰	۵۲۸,۵	۲,۰۲۱	۸۱

۲-۳ تعیین هدایت حرارتی با استفاده از مدل

چامیستر^۶ [۱۰] رابطه برای محاسبه هدایت حرارتی مخلوط هوا و الیاف توسعه داد که فرضیات زیر در نظر گرفته شد: ۱- در تمام جهات الیاف دارای توزیع یکسان هستند. ۲- مقدار x حجم الیافی است که به صورت موازی در جهت شار قرار گرفتند. ۳- مقدار y حجم الیافی که به صورت عمود در جهت شار حرارتی قرار گرفتند. رابطه توسعه یافته بر اساس فرضیات بالا به صورت زیر است:

$$K_m = x(K_a V_a + K_f V_f) + y \left(\frac{K_a K_f}{K_a V_f + K_f V_a} \right) \quad (2)$$

K_a هدایت حرارتی هوا، K_f هدایت حرارتی الیاف، V_a حجم کسری از هوا، V_f حجم کسری الیاف، $x + y = V_a + V_f = 1$.
۱. اولین قسمت از رابطه بالا مربوط به الیاف موازی در جهت شار حرارتی و دومین قسمت ارائه شده مربوط به الیاف که به صورت عمود در جهت شار حرارتی آرایش یافتند. در این بررسی، از این مدل جهت تعیین هدایت حرارتی پارچه های اسپیسر استفاده گردید. مقدار هدایت حرارتی هوا برابر با 0.024 W/m.K و هدایت حرارتی الیاف پلی استر برابر با 0.14 W/m.K است [۱۱]. مقدار ضریب x و y برای منسوجات مثل پارچه های توری پودی و حلقوی به ترتیب برابر با $\frac{1}{3}$ و $\frac{2}{3}$ در نظر گرفته می شود [۱۰].

۴- الگوریتم رقابت استعماری

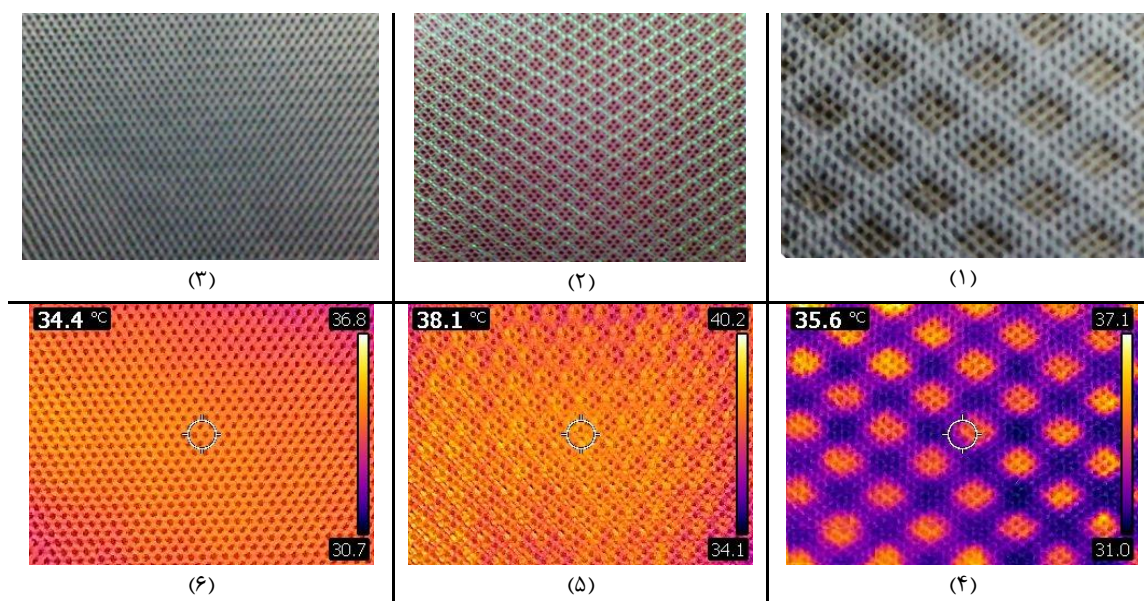
^۶ Schuhmeister

الگوریتم رقابت استعماری توسط آتش پز^۷ و لوکاس^۸ در سال ۲۰۰۷ ارائه شد، که برای بهینه سازی، به جای طبیعت از یک پدیده اجتماعی الهام گرفته است [۱۲]. مبدعان این الگوریتم، پدیده تاریخی استعمار را در راستای یک تکامل اجتماعی سیاسی جوامع انسانی تحلیل نموده و با مدلسازی ریاضی این فرایند، یک الگوریتم قدرتمند برای بهینه سازی ارائه کرده‌اند. در فرایند بهینه‌سازی مدل با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری بایستی پارامترهای بهینه‌سازی، پارامترهای اولیه الگوریتم و تابع هدف تعیین گردد. پارامترهای x و y به عنوان پارامترهای بهینه‌سازی در الگوریتم رقابت استعماری در نظر گرفته شدند. پارامترهای اولیه الگوریتم شامل تعداد کشورها، تعداد امپراطوری‌ها، ضریب جذب و ... است و پارامترهای انتخاب شده در این بررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. تابع هدف معیاری برای ارزیابی میزان دقت پارامترهای مدل می‌باشد. تابع هدف به صورت رابطه ۳ تعریف شد. در این رابطه n تعداد داده‌ها، A مقادیر بدست آمده با روش استاندارد و K_m نتایج هدایت حرارتی حاصل از مدل می‌باشد.

$$\text{Objective Function} = \frac{1}{n} \times \left(\left| \sum \left(\frac{A - K_m}{A} \right) \right| \right) \times 100 \quad (3)$$

۵- نتایج و بحث

در این بررسی جهت تعیین هدایت حرارتی با روش استاندارد، از دوربین IR استفاده گردید. تصاویری از نمونه‌ها و تصاویر IR آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: تصویر سه نمونه پارچه اسپیسر و تصاویر حرارتی ثبت شده از نمونه‌ها

مقدار هدایت حرارتی تعیین شده با دو روش در جدول ۳ بیان شده است. مقادیر استفاده شده در رابطه برای مقادیر x و y به ترتیب تقریباً برابر با ۰,۳۳ و ۰,۶۷ است. میانگین خطا مقدار ۱۷,۶۶٪ بدست آمد. در فرایند بهینه‌سازی مقادیر مختلف برای x و y تعیین شدند و بهترین مقادیر با کمترین خطا برای x و y ، به ترتیب ۰,۷ و ۰,۳ بدست آمد. نتایج حاصل از مدل

^۷ Atashpaz

^۸ Lucas

هدایت حرارتی با پارامترهای بهینه بدست آمده، در جدول ۳ گزارش شده است. میانگین خطای حاصل از ۱۰ نمونه، بین روش استاندارد و مدل ۰,۸۸٪ حاصل شد.

همان طور که قبلا ذکر شد، مدل بکار برده شده دارای دو قسمت است که قسمت اول مربوط به الیاف آرایش یافته در جهت شار حرارتی و قسمت دوم مربوط به الیاف آرایش یافته در جهت عمود بر شار حرارتی هستند. در پارچه های اسپیسر یک لایه میانی بین دو لایه بالا و پایین قرار دارد و مونوفیلaments ها به صورت موازی و آرایش یافته در کنار یکدیگر و عمود بر سطوح بالایی و پایینی هستند. در این بررسی ضریب بدست آمده برای الیاف موازی در جهت شار برای پارچه اسپیسر بیشتر از مقدار بدست آمده برای الیاف عمود بر جریان شار حرارتی است و الیاف موازی تاثیر بیشتری در مقدار هدایت حرارتی بدست آمده دارند.

جدول ۳: هدایت حرارتی تعیین شده با روش استاندارد و مدل

هدایت حرارتی پس از بهینه سازی	هدایت حرارتی (K _m)	هدایت حرارتی (A)	کد نمونه
۰,۰۳۹۸۷۴۷	۰,۰۲۸۰۱۰۵	۰,۰۵۱۱۸۵	۱
۰,۰۴۷۹۹۸۹	۰,۰۳۹۰۵۰۹	۰,۰۳۹۸۷۹	۲
۰,۰۳۱۷۲۴۰	۰,۰۲۸۹۹۱۱	۰,۰۳۱۷۰۱	۳
۰,۰۲۹۸۷۴۷	۰,۰۲۸۰۱۰۵	۰,۰۴۴۴۳۳	۴
۰,۰۳۷۰۸۸۹	۰,۰۳۸۴۴۶۶	۰,۰۳۹۱۶۴	۵
۰,۰۳۳۶۵۴۰	۰,۰۲۹۸۵۷۸	۰,۰۳۶۹۸	۶
۰,۰۳۳۶۵۴۰	۰,۰۲۹۸۵۷۸	۰,۰۳۸۱۱۸	۷
۰,۰۳۳۶۵۴۰	۰,۰۲۹۸۵۷۸	۰,۰۳۲۳۷۶	۸
۰,۰۳۸۹۱۵۱	۰,۰۳۳۳۳۵۸	۰,۰۳۹۷۰۸	۹
۰,۰۴۰۷۷۳۲	۰,۰۳۴۳۳۶۱	۰,۰۴۱۴۵۸	۱۰

جدول ۲: پارامترهای الگوریتم رقابت استعماری

مقدار	پارامترهای الگوریتم
۵۰	تعداد کشورها
۱۰	تعداد امپراطوریها
۲	ضریب جذب
۰,۵	ضریب زاویه جذب
۰,۰۵	نرخ انقلاب
۰,۱۵	درصد مشارکت

۶- نتیجه گیری

پارچه های اسپیسر بدلیل داشتن ساختار ویژه و منحصر بفرد، کاربردهای متنوعی در پوشاک ورزشی، پزشکی، لباس های محافظ، و ... دارند. در بیشتر کاربردهای ذکر شده بحث راحتی یکی از عوامل تعیین کننده در انتخاب نوع منسوج می باشد. مهم ترین عامل در بحث راحتی منسوجات، انتقال حرارت در آنهاست. بنابراین این بررسی با هدف تعیین میزان هدایت حرارتی در پارچه های اسپیسر با استفاده از روش های موجود و کاهش میزان خطا در نتایج حاصل از مدل، انجام گرفته است. با بهینه کردن پارامترهای مدل هدایت حرارتی برای پارچه های اسپیسر، تاثیر لایه میانی بر میزان انتقال حرارت این پارچه ها مشخص شد.

۷- مراجع

- [1] D. Bhattacharjee and V. K. Kothari, "Heat transfer through woven textiles" *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 52, No.7, pp.2155-2160,2009.
- [2] M. I. Ismail, A. S. A. Ammar, and M. El-Okeily, "Heat transfer through textile fabrics: mathematical model". *Applied mathematical modelling*, Vol. 12, No.4, pp.434-440, 1988.
- [3] A. K. Puszkarz, and I. Krucinska, "The study of knitted fabric thermal insulation using thermography and finite volume method", *Textile Research Journal*, Vol. 87, No.6, pp. 643-656, 2017.

- [4] A. Das, R. Alagirusamy, and P. Kumar, "Study of heat transfer through multilayer clothing assemblies: a theoretical prediction", *AUTEX Research Journal*, Vol. 11, No. 2, pp.54-60, 2011.
- [5] X. Ye, R. Fangueiro, H. Hu, and M. D. Araújo, "Application of warp-knitted spacer fabrics in car seats". *Journal of the Textile Institute*, Vol. 98, No. 4, pp. 337-344, 2007.
- [6] R. Mishra, A. Veerakumar, and J. Militky "Thermo-physiological properties of 3D spacer knitted fabrics". *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 28, No. 3, pp. 328-339, 2016.
- [7] L. Onal, and M. Yildirim, "Comfort properties of functional three-dimensional knitted spacer fabrics for home-textile applications".. *Textile Research Journal*, Vol. 82, No.17, pp.1751-1764, 2012
- [8] J.O. Ukponmwan,"The thermal-insulation properties of fabrics" *Textile Progress*, Vol. 24, No.4, pp. 1-7. 1993.
- [9] ASTM D 1518-85: Standard test method for thermal transmittance of textile materials., American Society for Testing and Materials. 2003.
- [10] J. Schuhmeister, K. Ber. Akad. Wien (Math.-Naturw. Klasse), 76, 283 ,1877.
- [11] N. Mao, and S. J. Russell, " The thermal insulation properties of spacer fabrics with a mechanically integrated wool fiber surface", *Textile Research Journal*, Vol. 77, No.12, pp.914-922, 2007.
- [12] E. Atashpaz-Gargari, R. Rajabioun, C. Lucas. "Colonial Competitive Algorithm: A novel approach for PID controller design in MIMO distillation column process". *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, Vol. 1, No. 3, pp. 337-355. 2008.