

استخراج و بررسی پروفایل حرارتی در لباس ورزشی جهت طراحی بهینه با استفاده از دوربین حرارتی

عارفه مقصودی^{۱و۳*}، زهره سالمی^۴، پدram پیوندی^{۱و۵}، محمدصالح احمدی^{۱و۶}

۱- دانشکده مهندسی نساجی، پردیس فنی مهندسی، دانشگاه یزد، یزد

۲- هسته علمی بینایی ماشین در صنعت نساجی و پوشاک، دانشگاه یزد، یزد

3-arefemaghsodi@gmail.com, 4-z.salemi1375@gmail.com, 5-peivandi@yazd.ac.ir,

6-ms.ahmadi@yazd.ac.ir

چکیده

از آنجا که صنعت لباس ورزشی به طور چشمگیری با صنعت پوشاک و نساجی ادغام شده است، 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. نیازمندی های پوشاک ورزشی، با توجه به نوع فعالیت و شرایط انجام آن متفاوت است. هدف از این مطالعه، ارزیابی راحتی حرارتی در پوشاک ورزشی مربوط به قسمت بالاتنه است که با کمک پردازش تصاویر و توسط دوربین حرارتی و با استفاده از الگوریتم خوشه بندی k-means انجام می شود و ترسیم نمودار توزیع حرارتی نشان می دهد که در چه نقاطی از پوشش ورزشی بالاتنه نیاز به تغییر در طراحی وجود دارد تا در عین راحتی حرارتی، راحتی حرکتی هم تأمین شود.

کلمات کلیدی: الگوریتم خوشه بندی k-means، لباس ورزشی، پردازش تصویر، راحتی حرارتی، دوربین حرارتی

Extraction and evaluation of thermal profile in sportswear for optimal design Using a thermal camera

Arefeh Maghsodi^{1,3}, Zohreh Salemi^{1,4}, Pedram Payvandy^{1,2,5}, Mohammad Saleh
Ahmadi^{1,2,6}

1- Department of Technical Engineering, Faculty of Textile, University of Yazd, Iran,

2- Machine Vision in Textile & Apparel Industry Center of Excellence, University of Yazd, Iran,

3- arefemaghsodi@gmail.com, 4- z.salemi1375@gmail.com, 5- peivandi@yazd.ac.ir, 6- ms.ahmadi@yazd.ac.ir

Abstract.

Since the sports clothing industry has been dramatically integrated with the garment and textile industry , the recognition of the thermal properties of textiles is one of the most important issues for the development of textile products in most industries . The requirements for sport clothing vary with respect to the type of activity and the conditions to do it . the purpose of this study is to evaluate thermal comfort in the upper part of the body , which is done by processing images and using a k - means clustering algorithm and drawing the thermal distribution graph shows that there is a need to shift in the design so that thermal comfort is provided .

Keywords:

k - means clustering algorithm, Sports clothing, image processing, thermal comfort, thermal camera

۱. مقدمه

تاکنون انسان به شیوه های متفاوت، به دنبال افزایش آسایش راحتی در محیط روزمره زندگی خویش بوده است و در این زمینه پیشرفت های قابل توجهی به دست آورده است. یکی از راهکار های تامین این نیاز، استفاده از منسوجات مناسب در شرایط مختلف می باشد، منسوجاتی که به سبب ویژگی و طراحی خاص خود، بتوانند باعث احساس راحتی حرارتی مطلوب فرد شوند. تحقیقات نشان می دهد که در طول فعالیت ورزشی، راحتی به رطوبت تجمع در داخل لباس بستگی دارد و همچنین ضخامت پارچه مهمترین تاثیر را بر انتقال حرارت دارد اما ضخامت پارچه باعث افزایش مقاومت در برابر خمش و جلوگیری از راحتی حرکتی می شود. امروزه راحتی یک فاکتور مهم در انتخاب پوشاک می باشد به عبارت دیگر مصرف کنندگان علاوه بر ظاهر مناسب، راحتی پوشاک را نیز در نظر می گیرند. راحتی به معنی وضعیت مطلوب فیزیولوژیکی، روانی و تعادل فیزیکی بین بدن، پوشاک و محیط بیرون است. یکی از مباحث مهم در بخش پوشاک ورزشی، راحتی پوشاک است که جنبه های مختلفی دارد و امروزه در طراحی و انتخاب نوع مواد مورد استفاده در پوشاک ورزشی باید در نظر گرفته شود تا حس راحتی در ورزشکاران ایجاد گردد که از جمله میتوان به راحتی حرارتی اشاره کرد که روش های مختلفی نیز جهت تعیین خواص حرارتی وجود دارد و شامل روش های تحلیلی، عددی و تجربی می باشد [۱]. در طول فعالیت ورزشی، راحتی به سهولت انتقال رطوبت و بخار به محیط پیرامون بستگی دارد. خاصیت انتقال رطوبت و خصوصیات سطحی پارچه که روی تبخیر تاثیر می گذارند، عواملی هستند که می توانند در میزان خنک شدن بدن و در نتیجه راحتی بدن موثر باشند [۲]. هو^۱ و همکارانش [۳] با ارزیابی نمونه های مختلف البسه ورزشی با استفاده از مانکن حرارتی نشان دادند استفاده از تور ورزشی در زیر بغل پیراهن و در راستای درز مطلوب ترین تاثیر را در انتقال رطوبت و حرارت ایجاد شده خواهد داشت. همچنین در بررسی روی طراحی لباس ورزشی فوتسال برای بانوان مسلمان سه لایه پارچه تور با جنس های متفاوت در نواحی مختلف پوشش با هدف افزایش تبادل حرارتی مورد استفاده قرار گرفته شده که نتایج به صورت نظرسنجی و کیفی ارزیابی شده است [۴]. در تحقیق دیگری نیز طی یک فرآیند ورزش ۶۰ دقیقه ای احساس گرما و رطوبت به صورت کیفی ارزیابی گردید که نتایج بدست آمده نشان میدهد که با افزایش ورزش سطح فعالیت، دمای بدن و نرخ تعرق آن افزایش می یابد [۵]. گوئن سونگ^۲ [۶] در بررسی بهبود راحتی در منسوجات و لباس به عوامل موثر در راحتی حرارتی نیز پرداخته است. همچنین در زمینه عایق های حرارتی لباس، محققین [۷] به عایق های حرارتی در لباس های محافظ جهت مدیریت استرس حرارتی پرداخته اند و در بررسی دیگری، جی اونگ-هون لی^۳ و همکاران [۸] در سال ۲۰۱۶ یک الگوریتم جدید برای برآورد عایق لباس با استفاده از دوربین مادون قرمز پیشنهاد داده اند که می تواند مقادیر عایق لباس را در زمان واقعی از رابطه دمای پوست و درجه حرارت لباس که توسط دوربین قابل اندازه گیری است، با توجه به آزمون تی تست برآورد کند. همچنین در سال ۲۰۱۷، ت. احمد^۵ و همکاران [۹] با استفاده از دوربین حرارتی و تحلیل تصاویر با نرم افزار خاص دوربین به بررسی عایق های حرارتی لباس های زمستانه پرداختند. در این تحقیق نیز، بعد از عکسبرداری توسط دوربین حرارتی از روش پردازش تصویر بر اساس الگوریتم خوشه بندی کی-مینز^۴ به منظور تولید تصاویر خوشه ای استفاده شد و با توجه به تجزیه و تحلیل تصاویر و دمای نقاط مختلف لباس در قسمت بالاتنه و در بازه های زمانی مربوط به ورزش های خاص (پرس سینه و فیله کمر) به بررسی قسمتهایی از لباس که تغییرات دمایی بیشتری دارند، پرداخته شد تا سبب طراحی و بهینه سازی لباس در این نواحی گردد.

¹ Ho² Guowen Song³ Jeong-Hoon Lee⁴ t-test⁵ T Ahmad⁶ K-means

۲. بخش نظری

انتخاب نوع لباس با نوع فعالیت ورزشی در ارتباط است و ورزش کردن با لباس ورزشی نامناسب، افزایش دمای بدن را به همراه دارد زیرا با افزایش سطح فعالیت بدنی، به دلیل افزایش سوخت و ساز بدن، گرمای ایجاد شده توسط بدن افزایش می یابد و راحتی ورزشکار و بهبود عملکرد ورزشی او با مشکل مواجه خواهد شد. یکی از عوامل راحتی لباس ورزشی، راحتی حرارتی است که باید با راحتی حرکتی همراه گردد و بنابراین اگر نقاط با بالاترین دما مشخص شود، می توان در این بخش ها پارچه جدید جایگزین کرد. در این پژوهش به راحتی حرارتی لباس در قسمت بالاتنه بدن به کمک ورزش های بدنسازی با دستگاه پرداخته شده است که با توجه به محبوبیت و کاربردی بودن دو ورزش پرس سینه و فیله کمر و نقش این ورزش ها در زیبایی فیزیکی بدن، تصویر برداری حرارتی از یک فرد با شرایط بدنی مشخص و با لباس های متفاوت و با این دستگاه ها انجام شد. بدین صورت که بعد از کالیبره کردن دوربین حرارتی از فاصله ۵۰ سانتی متری از فرد قبل از انجام ورزش و در حال استراحت عکس حرارتی گرفته شد، همچنین بعد از انجام هر مرحله (ست ورزشی) و در پایان فعالیت ورزشی نیز عکس برداری حرارتی از فرد انجام گرفت.

با توجه به اینکه اکثر پژوهش ها در زمینه عایق حرارتی و انتقال حرارت در منسوجات به ویژه پوشاک به صورت کیفی و با استفاده از مانکن حرارتی صورت گرفته و در سال های اخیر نیز به دوربین حرارتی ولی با استفاده از نرم افزارهای آماری پرداخته شده است، هدف این مقاله تحلیل عکس ها با روش پردازش تصاویر است. پردازش تصویر دیجیتال، دانش جدیدی است که در سال های اخیر پیشرفت های زیادی داشته است. سرعت و دقت بالا در تعیین ویژگی ها و امکان به کار بردن الگوریتم های مختلف در بهینه کردن نتایج، بهبود اطلاعات و پیش بینی از مزایای استفاده از این روش است. کی- مینز، یک الگوریتم برای خوشه بندی تصاویر است که براساس پیکسل تصویر، بخش بندی را انجام می دهد. در بررسی که توسط لین^۱ و همکارانش [۱۰] انجام شد، الگوریتم کی- مینز را روشی مناسب برای استخراج شی از پس زمینه در تصاویر رنگی معرفی کردند. سرینیواس^۲ و همکاران [۱۱] نیز الگوریتم خوشه بندی کی- مینز را برای تقسیم بندی تصاویر بکار بردند. به علت اینکه الگوریتم خوشه بندی کی- مینز با مراکز خوشه تصادفی کار میکند نتایج خوشه بندی، متأثر از مراکز خوشه اولیه انتخابی می باشد در نتیجه الگوریتم دارای جواب یکتایی نیست و پیدا کردن خوشه بندی بهینه مورد توجه است. شاخص های اعتبارسنجی به منظور مقایسه بین روش های خوشه بندی مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. نوعی از خوشه بندی مطلوب است که در آن فاصله مراکز خوشه بندی از یکدیگر زیاد بوده و مقدار پراکندگی داده ها درون هر خوشه کم باشد. یکی از این شاخص ها، شاخص دیویس-بولدین^۳ است که آن را با DB نشان می دهند. این شاخص در واقع میانگین شباهت بین هر خوشه با شبیه ترین خوشه به آن را محاسبه میکند و در نتیجه میتوان دریافت که هرچه مقدار این شاخص کمتر باشد، خوشه های بهتری تولید شده است. در این مورد نیز به منظور بررسی تصاویر از الگوریتم کی- مینز در نرم افزار متلب استفاده شده است. و مطابق با فلوجارت ارائه شده در شکل ۱، بعد از دریافت تصاویر تهیه شده، خوشه بندی تصاویر توسط الگوریتم کی- مینز و با توجه به پایین ترین و بالاترین دمای مشخص شده در تصویر که توسط فرد به برنامه داده می شود، خوشه بندی انجام می گیرد و سپس از فرد خواسته می شود که قسمت مورد نظر در تصویر را برای برش انتخاب کند و چون به صورت انتخابی توسط فرد قسمت مورد نظر بدن در تصویر جدا می شود، ابعاد تصاویر متفاوت است پس برای مقایسه دما در یک نقطه خاص با مشکل مواجه شده و بنابراین باید یک نقطه در تصویر را در نظر گرفته و دمای این نقطه در زمان های مختلف با یکدیگر مقایسه شود. در اصل خود فرد با انتخاب کردن یه نقطه باعث می شود که دماهای کل نقاط نسبت به آن نقطه

¹ Lin² Srinivas³ Davies-Bouldin

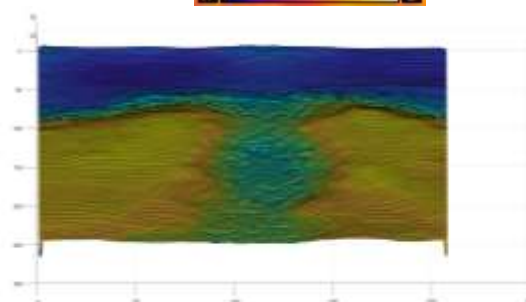
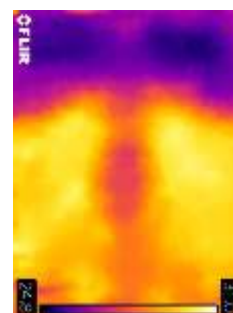
(به عنوان مبدأ) خوانده شود و در تصاویر بعدی نیز این مرحله تکرار می شود یعنی دما می تواند در همه تصاویر نسبت به یک نقطه مشخص خوانده شود و همچنین بین دمای نقاط مختلف مقایسه انجام گیرد.



شکل ۱ - فلوچارت کلی پردازش تصویر

۳. نتایج و بحث

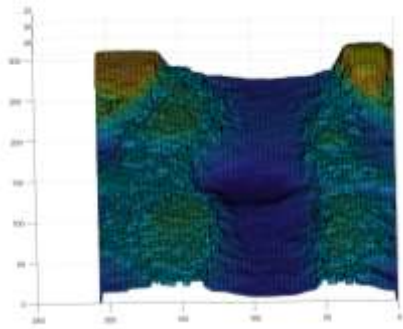
در این بررسی، جهت عکس برداری حرارتی از دوربین FLIR استفاده گردید. تصویربرداری حرارتی از قسمت جلو بالاتنه شخص توسط ورزش پرس سینه در ۵ مرحله و ۱۲ حرکت با فاصله زمانی ۵ ثانیه استراحت بعد از هر مرحله انجام شد که تصویر و پروفایل حرارتی بعد از انجام فعالیت پرس سینه به ترتیب در شکل ۲ و ۳ نشان داده شده است.



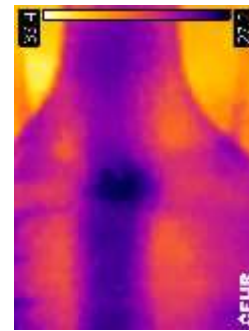
شکل ۲- تصویر حرارتی بعد از فعالیت ورزشی(پرس سینه)

شکل ۳- نمودار توزیع حرارتی تصویر شکل ۲

همچنین تصاویر و پروفایل حرارتی مربوط به پشت بالاتنه شخص که در فعالیت ورزشی با دستگاه فیله کمر در ۳ مرحله با ۱۲ حرکت انجام شده، به ترتیب در شکل ۴ و ۵ ارائه شده است.

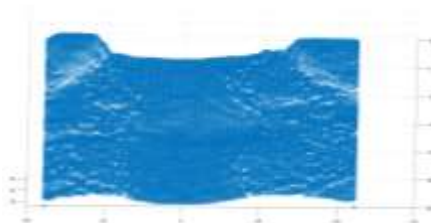


شکل ۴- نمودار توزیع حرارتی تصویر شکل ۴



شکل ۵- تصویر حرارتی بعد از فعالیت ورزشی (فیله کمر)

نمودارهای توزیع حرارتی با توجه به تصاویر حرارتی و با استفاده از الگوریتم کی- مینز در نرم افزار متلب، ترسیم شده است و پروفایل حرارتی نشان می دهد که چه بخش هایی از جلو و پشت لباس ورزشی در قسمت بالاتنه دارای بالاترین دما هستند. همچنین با مشخص کردن یک نقطه توسط کاربر به عنوان مبدا در همه تصاویر، دما در زمان های مختلف نسبت به آن نقطه که یک نمونه در شکل ۶ با مختصات (۰,۰) نشان داده شده است، قابل دستیابی است و این مراحل در همه تصاویر تکرار می شود و دماها با توجه به یک نقطه مشخص مقایسه می گردد.



شکل ۶- مشخص کردن یک نقطه در تصویر شکل ۴ به عنوان مبدا با مختصات (۰,۰)

۴. نتیجه گیری

طراحی برای لباس های ورزشی می بایستی با توجه به نوع استفاده و کاربرد آنها صورت گیرد اما به طور کلی از این روش می توان برای مشخص کردن دمای نقاط مختلف پوشاک استفاده کرد که در این پژوهش بررسی روی لباس بالاتنه انجام شد و نمودارهای استخراج شده از تحلیل حرارتی تصاویر نشان می دهد که در چه موقعیت هایی از تصویر تغییرات دمایی بیشتری وجود دارد و قابلیت بهینه سازی و طراحی الگو بر اساس نقاط با بیشترین تماس و بالاترین دما امکان دارد و در این نقاط می توان از پارچه با ویژگی های خاص استفاده نمود تا راحتی حرارتی همراه با راحتی حرکتی تامین گردد.

۵. 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.

[۲] مدرسی، و، میرجلیلی، سیدعلی، بررسی عوامل مؤثر بر روی راحتی حرارتی پوشاک، سومین کنفرانس ملی مهندسی نساجی و پوشاک، یزد، ایران، ۱۳۹۰.

[3] C. Ho, J. Fan, E. Newton and R. Au "Effects of Athletic T-shirt Designs on Thermal Comfort" Fibers and Polymers, Vol.9, No.4, 503-508 (2008).

[۴] احمدی، م، الشریف، م، حیدری، م، طراحی لباس ورزشی فوتسال برای بانوان مسلمان، نهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی، تهران، ایران، ۱۳۹۳.

[۵] جعفری، م، موسی زادگان، ف، بررسی تاثیر جنس لباس ورزشی بر راحتی ورزشکار در حین فعالیت، یازدهمین کنفرانس ملی مهندسی نساجی، گیلان، ایران، ۱۳۹۷.

- [6] Song, Guowen, Improving Comfort in clothing, Number 106, UK, Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2011.
- [7] Wang, Faming, Gao, Chuansi, Protective Clothing Managing Thermal Stress , Number 154, UK, Published by Woodhead Publishing Limited in association with The Textile Institute, 2014.
- [8] Hoon Lee, Jeong, Keun Kim, Young, Soo Kim, Kyung, Kim, Soohyun, Estimating Clothing Thermal Insulation Using an Infrared Camera, MDPI, 341, 1-17, 2016.
- [9] Ahmad, T, Rashid, T, Khawaja, H, Moatamedi, M, Study of the required thermal insulation (IREQ) of clothing using infrared imaging, Int.Jnl of Multiphysics Volume 11, Number 4, 1-14, 2017.
- [10] W. T. Lin, C. H. Lin, T. H. Wu, and Y. K. Chan, "Image Segmentation Using the K-means Algorithm for Texture Features," World Academy of Science, Engineering and Technology, 41, 612-615(2010).
- [11] K. Srinivas, V. Srikanth, "A Scientific Approach for Segmentation and Clustering Technique of Improved K-Means and Neural Networks," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2, 183-189 (2012).