

## مسائل طراحی در حوزه پوشاک کارکردی هوشمند

### Design Issues in Functional Smart Clothing

اعظم نعمتی\*

اصفهان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد، دانشکده هنر معماری شهرسازی، گروه طراحی صنعتی، کدپستی ۸۵۱۴۱۴۳۱۳۱

#### چکیده

پوشاک کارکردی در سال‌های اخیر کاربردهای متنوع و نیازمندی‌های پیچیده‌ای یافته‌اند. چنان پیچیده که ماهیت آن‌ها را از لباس معمولی به محصولی پوشیدنی مبدل کرده است. پوشاک کارکردی هوشمند به‌عنوان زیرمجموعه‌ای از لباس‌های کارکردی هستند که با فناوری‌های الکترونیکی، شیمیایی یا مکانیکی تقویت شده‌اند. مقاله حاضر سعی دارد تا نگرش به طراحی پوشاک کارکردی را از سطح نگرش فنی در دست متخصصان نساجی، به نوعی از فرایند طراحی کاربر محور و شامل معیارهای طراحی براساس جنبه‌های انسانی، فرهنگی و اجتماعی زمینه بدل سازد. سؤال پژوهش کاربردی حاضر این است که از دیدگاه مطالعات طراحی، چه مسائل طراحی برای پوشاک کارکردی هوشمند ظهور می‌کند، آیا می‌توان مسائل طراحی مشترکی را برای آن‌ها تعریف کرد. بدین منظور مطابق با روش توصیفی-تحلیلی و مرور نظام‌مند، ابتدا مفاهیم کاربردی این حوزه و انواع مختلف لباس‌های کارکردی بیان شده است. سپس با پیش‌فرض گرفتن نیازمندی‌های لباس‌های کارکردی (فیزیولوژی، زیست‌مکانیکی، ارگونومی و روانی)، بررسی تجارب طراحی و نتایج طرح‌های در حال توسعه، مهم‌ترین مسائل طراحی لباس‌های هوشمند استخراج شده است. در نهایت، چهار دسته کلی فرایند طراحی، نیازهای کارکردی، پذیرش کاربر، مواد و فناوری ساخت را به‌عنوان خروجی معرفی کرده که می‌تواند به‌عنوان چک لیستی در فازهای اولیه و به منظور راهبردهای مناسب طراحی و توسعه سایر پوشاک کارکردی نیز استفاده شود.

#### مقدمه

پوشاک کارکردی، لباس‌ها یا پوشیدنی‌هایی (wearable، wearable products) هستند که توانایی‌های ما را برای تطبیق با محیط پیرامونی یا محافظت در برابر شرایط سخت و نامناسب محیطی افزایش یا ارتقا می‌دهند. هر لباس چند کارکرد از جمله محافظت، زیبایی و پوشیدگی دارد. به همین علت شاید استقلال‌بخشی به پوشاک کارکردی (functional clothing) در میان سایر لباس‌ها کمی نامأنوس باشد. چه با زبان استعاره شامل پوست

#### کلمات کلیدی

پوشاک کارکردی،  
لباس هوشمند،  
طراحی پوشاک،  
راحتی پوشاک،  
تعامل با لباس،  
مد

دوم و اندام مصنوعی (prosthesis) چه با زبان عملکردی شامل لباس‌های محافظ، لباس کار و لباس مشاغل باید گفت پوشاک کارکردی به‌طور مشخص لباس یا پوشیدنی‌هایی هستند که توانایی‌های ما را در برابر شرایط مختلف و سخت محیطی، کاری و شخصی بهبود یا افزایش یا ارتقا دهند. کارکرد در اینجا می‌تواند ارزش افزوده یا سطحی از کارکرد فنی مورد انتظار براساس تعریف صورت مسئله باشد. از محافظت در برابر شرایط گرمایی کارگران گرفته تا پایش علائم حیاتی سربازان و نوزادان نارس. حتی

\*مستول مکاتبات، پیام‌نگار: azam\_nemati@ymail.com



شکل ۱- نمونه‌هایی از انواع پوشاک کارکردی [منبع: آرشیو نگارنده].

می‌تواند کارکرد زیبایی‌شناسی نیز داشته باشد و برای اصلاح شکل بدن نیز استفاده شود. اینجاست که باید از مرزهای پیشین تعریف لباس رد شده و به قلمرو مجموعه‌ای از رشته‌های پزشکی، نانوفناوری، زیست‌فناوری، فناوری منسوجات و رایانه وارد شد تا به نیازهای چندوجهی و پیچیده کاربر رسیدگی و اثر عوامل مختلف شناسایی و کنترل شود. در نتیجه به جز طراحان مد و لباس، حضور متخصصان دیگری نیاز شده و همکاری میان رشته‌های شکل خواهد گرفت. شاخه در حال توسعه پوشاک کارکردی نشانگر لزوم توجه به مسائل طراحی برای پذیرش بیشتر آن‌هاست. با وجود گستردگی کارکردی چنین لباس‌هایی (شکل ۱) اطلاعات منسجم کمی درباره اصول و عوامل مؤثر بر فرایند طراحی آن‌ها وجود دارد. محصولات این حوزه هنوز به شکل نظام‌مند تعریف یا دسته‌بندی نشده و با توجه به انواع مختلف آن‌ها، طبقه‌بندی آن‌ها کار سختی است. زیرا، با یکدیگر همپوشانی دارند و لباس کارکردی می‌تواند از چند جنبه بررسی شود. بنابر کاربرد گسترده پوشاک کارکردی، استخراج اصولی که بتواند همه جنبه‌های این لباس‌ها را پوشش دهد، کار آسانی نیست.

کارکردهای مختلف در هر لباس کارکردی، معیارها، مواد و فرایندهای طراحی و توسعه خاص خود را می‌طلبد. گرچه به علت ماهیت در حال تکامل این طیف از پوشاک، اطلاعات موجود درباره آن‌ها نیز اغلب چندپاره و محافظت شده (fragmented and generally protected) است. در این مقاله تلاش شده تا مطابق با ماهیت میان رشته‌ای و جنبه‌های مختلف پوشاک کارکردی، مهم‌ترین مسائل طراحی آن‌ها شرح و تبیین شود. اصول مؤثر بر طراحی آن ممکن است با اصول سایر دسته‌ها مشابهت

داشته و حتی ممکن است با گذشت زمان و توسعه فناوری دسته‌بندی‌های جدیدی، مطابق با نیازمندی‌های کاربر، برای لباس‌های کارکردی نوآورانه تعریف شود [۱]. جدول ۱ دسته‌بندی جامعی از انواع پوشاک کارکردی براساس حوزه استفاده پیشنهاد داده است که هم‌اکنون تجاری‌سازی شده یا در حال توسعه‌اند. با وجود همپوشانی‌ها، این دسته‌بندی لاقابل باعث تمایزبخشی در کاربردها

جدول ۱- دسته‌بندی پوشاک کارکردی [منبع: نگارنده].

دسته‌ها	زیرمجموعه‌ها	مثال
محافظ-شغلی-موقعیتی	محافظت گرمایی، شیمیایی، میکروبی، رادیواکتیوی، مکانیکی، الکتریکی، زیستی، باران/رطوبت، UV، شعله، آسیب محیطی (injury protection)، ایجاد قابلیت دید (wearer visibility)	لباس آتش‌نشانی و گروه نجات، لباس کارگران معدن، شبرنگ رفتگران، روپوش جوشکاری، پوشش محافظ هنگام کار با شیشه، چاقو، چوب، اهر برفی و ...
QU (کیفیت ادراک شده)	محافظت رادیویی و میکروبی، پزشکی از راه دور (telemedicine)، پایش سلامتی (علائم حیاتی)، توانبخشی	کارکنان بیمارستان و اورژانس، لباس ضدپرتو X، لباس‌های هوشمند، لباس جراحی سوختگی، لباس فشار برای بیماران لنفاوی و هایپرتروفی و وینوس
ورزشی	مدیریت دما و رطوبت، پایش سلامتی (علائم حیاتی)، ضد ضربه و جراحت (slash and cut protection)، افزایش جریان خون، بهبود آپروپدینامیک	لباس کوهنوری، غواصی، موتورسواری، اسکی، راگبی، هاکی، دومیدانی، پوشش‌های خاص ورزشکاران مسلمان
اصلاحی (بدن) (vanity-functional)	زیبایی بدن در اثر شکل‌دهی (اصلاح) شکل و اندازه بدن	گن‌های زیبایی، قوزبند، لباس معلولین پاراپلژی
چندعملکردی (cross-functional assemblies)	برقراری تعامل اجتماعی، افزایش بهره‌وری	ترکیب لباس با سایر اکسوری‌ها (کوله پشتی، چتر، زیورات، ...)، لباس‌های شخصی‌سازی شده سبک DIY
نیازهای ویژه	بهبود کیفیت زندگی برای افراد با شرایط خاص موقتی یا دائمی (مزمین)	برای میانسالان، کودکان، کم توانان و ناتوانان، زنان باردار و شیرده، بیماران دیابتی و اوتیسمی
ماموریت‌های ویژه نظامی امنیتی	محافظت ش.م.ر، ضد گلوله، استتار، پایش سلامتی (علائم حیاتی)، پایش محیط، ارتباطات مخابراتی، ضد پرتو	تجهیزات پوشیدنی، لباس‌های تخریب مهمات، گاردهای نیروهای پلیس، لباس ارتفاع زیاد، لباس فضانوردی، جلیقه نجات

در نتیجه تفاوت راهبردهای طراحی می‌شود و در اولویت‌های بعدی، در چیدمان میان‌رشته‌ای تیم طراحی و تشخیص درجه فناوری ساخت مورد

در نتیجه، به منظور رسیدن به مسائل طراحی مشترک در بین لباس‌های هوشمند، انواع نیازمندی‌های طراحی پوشاک کارکردی که در مقاله گوپتا [۱] بیان شده فیزیولوژی، زیست‌مکانیکی، ارگونومی و روانی را به‌عنوان مبنای نظری این پژوهش به رسمیت شناخته، سپس تلاش می‌شود از خلال مرور تجارب پژوهش‌ها، نظریات و مفاهیم طراحی، این نیازمندی‌ها بسط داده شده و در قالب اصول و مؤلفه‌های مختص طراحی لباس‌های هوشمند به شکلی مدون ارائه شود.

### مفاهیم کاربردی در لباس‌های کارکردی

پیش از ورود به بحث اصلی، به منظور رسیدن به ادبیات مشترک در پوشاک کارکردی، لازم است، ابتدا با مهم‌ترین مفاهیم این رشته آشنا شد که عبارت از درجه ادغام، درجه بیانگری و سطح هوشمندی یا سطح کارکرد است.

### درجه ادغام

مقدار پیوستگی فناوری‌های نهفته در لباس‌های کارکردی یا همان سطح فناوری است که بر عوامل بسیاری از جمله لایه‌های طراحی، راحتی، دامنه حرکتی، زیبایی و قیمت نهایی اثرگذار خواهد بود. جدول ۲ سطوح ادغام لباس و فناوری را نشان داده است.

### درجه بیانگری

درجه بیانگری، به معنای میزان یکپارچگی بین بدن و فناوری است و با کارکردگرایی (functionality) (فناوری‌های کاربردی برای پوشش‌دهنده) یا بیانگری-معناداری (expressiveness) (جنبه‌های اجتماعی-فرهنگی و روانی لباس) ارتباط نزدیکی دارد. دکتر Seymour (۲۰۰۸) پژوهشگر حوزه لباس‌های هوشمند، به سه سطح از بیانگری در تقابل با کارکردگرایی (سطح بالا، سطح میانه و سطح پایین) اشاره کرده است [۳]. از سویی دیگر، پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که سطح میانه مناسب لباس‌های هوشمند است [۲]. جدول ۳ سطوح بیانگری در تقابل با کارکردگرایی را نشان داده است.

## مسائل طراحی در پوشاک کارکردی

پیش از ورود به مبحث پوشاک هوشمند، لازم است منظور از مسائل طراحی در پوشاک کارکردی بیان شود. مسائل طراحی، اغلب بر جنبه‌های انسانی (یا ارگونومی) یک مسئله طراحی دلالت داشته و بنابر تعریف صورت مسئله و کاربر هدف، می‌تواند دامنه گسترده‌ای از عوامل انسانی را دربرگیرند [۷]. از این‌رو، مسائل طراحی که در طرح‌های لباس‌های کارکردی ممکن است بروز و ظهور پیدا کنند، بدین شرح اند:

- اندازه و صدک؛
- راحتی و قابلیت تحرک (mobility)؛
- مدیریت رطوبت و دما؛
- وزن و حجم؛
- سرعت پوشیدن (مرتبط با طراحی شکل لباس)؛
- زیبایی‌شناسی و مد و
- تصویر بدن (خودآنگاره ذهنی) و اثر آن بر نحوه تعامل با لباس.

## روش پژوهش

روش پاسخگویی به مسئله این پژوهش، توصیفی-تحلیلی است. این مقاله چند نکته را به‌عنوان پیش‌فرض در نظر می‌گیرد:

- ۱- فرایند طراحی پوشاک کارکردی که در آن دو فاز مجزای پژوهشی کاربرمحور و نیازمندی‌های وی به طور مشخص وجود دارد [۲]. پس مسائل طراحی می‌تواند در این فرایند بسیار کلیدی باشد.
- ۲- نیازمندی‌های طراحی (design consideration) معمولاً در هر طرحی با دیگری متفاوت است.

جدول ۲- درجه ادغام فناوری [۳].

دسته‌ها	دسته‌ها	دسته‌ها	توضیح
زیاد ↓ کم	کاشتنی (implanted)	دسته‌ها	مانند کاشتنی یا تتو
	پوشیدنی (wearable)	یکپارچگی (integration)	فناوری با پارچه یکپارچه شده؛ به‌عنوان یک بخش ذاتی (intrinsic part)
		جایگزینی (embedment)	فناوری به شکل فیزیکی درون لایه/ زیرلایه‌های لباس یا پارچه (clothing or textile substrates) ضمیمه (attached) یا جاداد شده (embedded) است
		محتوی بودن / تضمن (contents)	لباس مانند ظرف یا محفظه‌ای (container) برای فناوری است
دستی (handheld)		مانند تلفن همراه	

جدول ۳- سطوح بیانگری در برابر کارکردگرایی [۳].

سطح	دسته‌ها	توضیح
بیانگری ↓ کارکردگرایی	۱	پوشیدنی‌های مد روز (fashionable wearable) با هدف بیانگری شخصی، که کارکردگرایی اهمیت کمتری دارد.
	۲	پوشیدنی‌های مد روز با کارکرد تعریف شده و تاحدودی نیاز به شیک‌بودن (Be stylish)
	۳	نقطه مرکزی، کارکردگرایی است. بیانگری شخصی، به‌وسیله کارکردهای از پیش تعریف شده و ممنوعیت‌های فنی محدود شده است.

طراحی یک لباس کارکردی مؤثر و کارآمد اثرگذار باشد. پس هدف یک پژوهش طراحی می‌تواند ترکیب و ادغام متناسبی از همه این چهار عامل به درون سامانه طراحی آن‌ها باشد [۱]. محصولات جدید همواره چالش‌های جدیدی را با خود به همراه می‌آورند که در صورت عدم پاسخ مناسب به آن‌ها ممکن است، توسعه عملی آن‌ها را به تأخیر انداخته یا با مشکلاتی مواجه کند. همچنان در سطح پژوهشی باقی بماند. Dunne، پژوهشگر برتر حوزه پوشاک کارکردی معتقد است، در کشورهایی با سابقه فعالیت در این زمینه، موانع و چالش‌های طراحی، مهم‌ترین علت این عدم توسعه عملی است [۸].

گرچه طراحی و توسعه لباس‌های هوشمند همانند سایر لباس‌های کارکردی؛ تحت تأثیر انتخاب مواد، نیازمندی‌های اجتماعی، روانی و فیزیولوژی کاربر، مسائل ارگونومی، شیوه مونتاژ، برازش (fit) و اندازه است؛ به علت اضافه‌شدن فناوری جاداد شده، مسائل طراحی جدیدی را به همراه می‌آورند. اولین نکته درباره پوشاک هوشمند توجه به ماهیت ترکیبی (لباس + فناوری) آن‌هاست؛ به همین علت دامنه بزرگی از عوامل باید در طراحی آن‌ها مورد توجه قرار گیرد [۹]. به میزانی که فناوری موجود در آن پیچیده‌تر و کارکردهای مورد انتظار از آن‌ها بیشتر شود (به لباس‌های فضاوردی دقت شود)؛ طیف مسائل طراحی بزرگ‌تر شده و اهمیت بیشتری می‌یابد. در حال حاضر یکی از منابع قابل اتکا برای شروع طرح‌های طراحی لباس‌های هوشمند نتایج پژوهش‌های پیشین و در حال توسعه است. مرور این منابع نشان می‌دهد، مهم‌ترین مسائل طراحی که به‌طور کلی در طراحی پوشاک کارکردی هوشمند پیش روست، عبارت‌اند از:

- فرایند طراحی؛
- نیازهای کارکردی؛
- پذیرش کاربر و
- مواد و فناوری ساخت.

#### فرایند طراحی

فرایند طراحی لباس‌های کارکردی مصداق واقعی همکاری میان رشته‌ای با تمام چالش‌ها و سختی‌های خاص خود است. نداشتن ادبیات علمی مشترک، چرخه‌های توسعه و فرهنگ طراحی متفاوت مسائلی هستند که در ابتدای چنین فعالیت‌هایی به چشم می‌خورد. افزون بر این، در لباس‌های کارکردی، به علت اضافه‌شدن کارکردهای جدید و توسعه فناوری نهفته در لباس، مسائل جدیدی ظهور می‌کند که لزوم فرایند کاربرمحور و طراحی

#### درجه هوشمندی-سطح کارکرد

ضمن توجه به محدوده هوشمندی [۴] خصوصیات کلی حاکم بر مواد و فناوری‌های هوشمند (شامل عناصر، مواد مرکب، سامانه‌ها و ...)، باید تا حد امکان به منسوج هوشمند نیز اعمال شود. محدوده هوشمندی را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی کرد:

- ۱- منسوجات هوشمند غیرفعال که تنها قابلیت حس محیط پیرامون خود را دارند و با عنوان حسگرها معروف‌اند.
  - ۲- منسوجات هوشمند فعال که قابلیت حس محرک‌ها از محیط را دارند و می‌توانند در برابر محیط پیرامونی از خود عکس‌العمل نشان دهند و علاوه برداشتن توابع و دستور کارهای مرتبط با حسگر آن‌ها از قابلیت فعال‌سازی یا توابع راه‌اندازی نیز برخوردارند.
  - ۳- منسوجات بسیار هوشمند که یک مرحله فراتر از منسوجات قبلی جای می‌گیرند و قابلیت انطباق رفتار خود با شرایط گوناگون را دارند. به‌طور کلی انتظاری که از منسوج هوشمند می‌رود، داشتن ویژگی‌های زیر است:
    - ۱- فوریت: پاسخ آن‌ها بی‌درنگ (هم‌زمان با اثر محرک) است؛
    - ۲- سازگاری: قابلیت پاسخ به بیش از یک شرایط محیطی را دارند؛
    - ۳- خودانگیزی: هوشمندی درون این مواد نه در بیرون آن‌هاست؛
    - ۴- گزینش‌پذیری: پاسخ آن‌ها مجزا و قابل پیش‌بینی است
    - ۵- مستقیم: پاسخ داده شده با تحریک وارده در یک مکان قرار دارند [۵].
- اگر لباس هوشمند این ویژگی‌ها را نداشته باشد، افزون بر کاهش کارکردهای فنی لازم، در واقع شرایط پذیرش و ادراک سریع توسط کاربر را نخواهد داشت.

#### مسائل طراحی در پوشاک کارکردی هوشمند

لباس‌ها براساس ماهیت خود؛ محدودیت‌هایی را برای دامنه حرکتی، راحتی و تبادل گرما و رطوبت ایجاد می‌کنند. همچنین، می‌توانند ساینده، پرسروصدا، بدبو و غیر جذاب باشند. بنابراین فرایند طراحی برای بنا نهادن نیازمندی‌های کاربر آغاز می‌شود [۶].

برخلاف لباس‌های مد روز که تابعی از خلاقیت طراح است، پوشاک کارکردی با پژوهش درباره نیازمندی‌های کاربر شروع شده و خاتمه می‌یابد [۷]. نیازمندی‌های کاربر در چهار دسته کلی فیزیولوژی، زیست‌مکانیکی، ارگونومی و روانی قابل تقسیم‌بندی است. همبستگی (correlation) بین مشخصه‌های لباس و این نیازمندی‌ها می‌تواند بر



شکل ۲- فرآیند طراحی و توسعه پوشاک کارکردی [۲].

کامل با لباس یکپارچه شده باشد، به طوری که تعویض پذیر بوده و به چرخه عمر طولانی تر منجر شود. در حالی که کاربر به دنبال روند مد شتابان (fast fashion) است، قابلیت های الکترونیکی باید بتواند از یک جامه به جامه دیگر منتقل شود [۱۰]. لباس هوشمند باید با اکولوژی دستگاه های موجود یکپارچه شود. بدان معنی که به جای قراردادن الکترونیک در منسوجات، الکترونیک باید به پارچه تبدیل شود. فناوری باید ساده و نامحسوس شود تا محصول بتواند به عنوان بخشی از متعلقات لباس شیک و جذاب بوده و لباس همچنان طبیعی حس شود. در عین شیک بودن و راحتی برای پوشیدن؛ قابل شست و شو باشد و شارژ، راندن و رسیدگی و مراقبت آسان داشته باشد.

#### قابلیت تحرک

این نیاز در لباس های هوشمند؛ طراح را ناچار به طراحی مدولار می کند. که این مسئله بر ساختار لباس اثر می گذارد. در نتیجه نوع قابلیت های الکترونیکی (مثلاً ارتباطات سیمی به وایرلس) تغییر خواهد یافت. نه تنها لباس موجب ایجاد رفتارهای جدیدی می تواند شود، بلکه به زندگی در شرایط بیرونی مجبور می کند.

#### منبع انرژی

در شرایطی که به انرژی بیشتری نیاز باشد؛ دیگر باتری پاسخگو نیست و باید به انرژی خورشیدی متوسل شد.

#### انفعال

کارکردهای فنی در مواردی که نیاز نیست؛ منفعل (passive) کار کند و بخشی از حافظه و دقت کاربر را بی دلیل اشغال نکند (به طور خودکار کار کند).

#### سرعت تعویض یا پوشیدن لباس

برای لباس های ارتشی یا ورزشی، افزودن هرگونه قطعه اضافی یا انتخاب ناصحیح اتصالات (زیپ، دکمه، ...) که سرعت پوشیدن (dressing and undressing) را تحت تأثیر قرار دهد، مانع به شمار می آید. همچنین اگر کاربر هدف سالمند باشد، باید به مسئله تنهایی پوشیده شدن نیز فکر کرد.

#### مدیریت پیچیدگی ها

گاهی چند عامل طراحی در تضاد با هم قرار می گیرند که طراح را مجبور به قربانی کردن می کند. هربرت سایمون از عبارت انگلیسی Satisfice که ترکیبی از کلمات Satisfy به معنی راضی کردن و Sacrifice به معنی

مشارکتی (co-design) را ایجاد می کند [۲]. در اینجا تفکر طراحی (design thinking) می تواند نقش مهمی ایفا کند؛ پایه ای ترین این نقش ها ادغام بین مسائل مختلف از زاویه دید رشته های مختلف درگیر در آن است. باید توجه شود، در فرآیند طراحی و توسعه، تمام جنبه های طرح و هم زمان با هم نه فقط بخش فناوری لباس توسعه یابند.

#### نیازهای کارکردی

در توسعه لباس های هوشمند باید دقت کرد، لباس، قابلیت هایی برای فناوری فراهم می آورد. نزدیکی فیزیکی به بدن، سطح دوبردی صاف و حضور همیشگی اجتماعی (social ubiquity) منابع خلق فرصت و محدودیت برای طراحی هستند [۹]. در نتیجه لباس هوشمند یک پلت فرم مفید برای توسعه فناوری های کاربرمحور است که از لحاظ جسمی بلافضل، بسیار سیار و متحرک، از لحاظ دیداری رسا، متنوع و محافظ است. تقاطع لباس و فناوری در هر یک از این مناطق به بهبود قابل توجه یا گسترش دامنه هر یک از آن ها منجر می شود.

لباس های هوشمند اغلب در تجاری سازی در معرض ابتلا به قابلیت عدم تطابق کارکردی (mis-matched functionality) بوده است: کارکردهایی که یا مناسب برای ادغام با پوشاک نبوده اند (اگر به تلفن همراه یا دستگاه حمل شونده تبدیل شوند، مناسب تر است یا بهتر است به عنوان اکسسوری پوشیده شوند نه لباس) یا بیش از حد فناوری های سنگین و گران قیمت داشته اند. در برخی موارد باید توجه کرد که نباید کارکرد را با پوشاک یکپارچه کرد، زیرا برخی کارکردها به عنوان دستگاه جداگانه بهتر کار می کنند [۸]. همچنین، باید بین جنبه های کاربردی و زیبایی شناختی تعادل وجود داشته باشد، به دلیل آنکه هنوز هم پوشاک است، حتی هنگامی که عملکرد فنی آن ضعیف شود. سایر موارد مرتبط با کارکرد عبارتند از در ادامه بحث می شوند.

#### نحوه رسیدگی

آن ها باید بتوانند زندگی روزمره کاربر را شبیه سازی کنند؛ یعنی لازم نیست تجربه کاربر از لباس هوشمند و رسیدگی به یک قطعه از این لباس ها اساساً متفاوت از رفتار کاربر با یک دست لباس معمولی و نیازمند تجربه قبلی استفاده باشد. باید مانند یک تکه از لباس باقی بماند و مطابق با انتظارات مختلف مانند قابلیت استفاده کاربردی باشد و ظاهر آن نشان دهنده جنبه اجتماعی، هویت و شأن پوشنده لباس باشد. کارکردهای فنی، ضمن محوشدن در پس زمینه زندگی روزمره، نباید راحتی، تحرک و طراحی متناسب با مد آن ها را، تحت تأثیر قرار دهد. همچنین باید برای یک محیط دائماً در حال تغییر طراحی شده باشند [۹]. الکترونیک باید به طور



شکل ۳- عوامل مؤثر بر پذیرش کاربر در پوشاک کاربردی [منبع: نگارنده].

باشند، تمام وقت روشن (on) باشند و کاربر مجبور به پوشیدن همان پیراهن برای یک هفته باشد. بلکه باید بتواند یک کمد پر از آن‌ها داشته باشد [۳]. اما، واضح‌ترین چالش برخورد با مسئله تحرک است. بدین معنی که نه تنها باید کاربر را قادر به تحرک کند، بلکه باید فعالانه، تحرک را پشتیبانی کرده و هنگام انجام کارهای روزمره با حرکات و جنبش‌های ما تطبیق یابد [۱۳].

### آسایش و راحتی

اگرچه درباره راحتی تعریفی که قابل قبول همگان باشد وجود ندارد. راحتی ادوات پوشیدنی به معنای رهایی از ناراحتی و درد و داشتن وضعیت مطلوب بین سه عامل بدن، شکل فیزیکی دستگاه پوشیده شده (ارگونومی شیء پیرامونی) و محیط بیرونی است که به وسیله شیء یا دستگاه پیرامونی بدن حاصل می‌شود. در منابع دیگر به جای عامل راحتی، از اصطلاح قابلیت پوشیدن (wearability) و به عنوان یکی از موضوعات مهم حیطه رایانه‌های پوشیدنی معرفی شده است. در واقع بیشتر از اینکه به امکان قرارگیری جسمی در محیط پیرامونی بدن اشاره کند، به متغیرهای مهم برای راحتی آن شیء پوشیدنی تأکید دارد. در واقع، تقاطع ادراک فیزیکی با نمودهای روانی ادوات پوشیدنی، با عواملی که به شیء پوشیده شده اجازه می‌دهد، به عنوان بخشی از بدن درک شود مقارن خواهد بود [۱۳].

الزامات راحتی لباس‌های کارکردی به مراتب مهم‌تر از راحتی دستگاه‌های تلفن همراه بوده و مستعد به حاشیه رانده شدن در فرایند توسعه است. نوع جاگذاری قطعات، شیوه ادغام با پارچه، نزدیکی به پوست و بافت سطح، همگی راحتی لباس‌های هوشمند را تحت تأثیر قرار داده و باید در طول توسعه محاسبه شوند [۸].

سیم‌کشی‌ها، پد، قالب‌ها نباید در معرض دید بوده یا غیرطبیعی حس شوند. اجزای فناوری این لباس‌ها هر چند کوچک و نازک باشند، برای بدن وزن و فشار اضافه دارند و ممکن است، موجب ناراحتی شود. به منظور راحتی، بخش الکترونیک-فنی باید تا حد امکان در مرکز ثقل بدن قرار گرفته و در وزن مجموع نیز نباید حرکت و تعادل کاربر را مختل کند [۱۴].

باتوجه به ابعاد مختلف راحتی در لباس‌های کارکردی [۱۲]؛ با مرور و تحلیل منابع مختلف، می‌توان چهار بعد از راحتی شامل راحتی فیزیولوژی-گرمايي (thermo physiological)، راحتی حسی یا فیزیولوژی-عصبی (neurophysiological)، راحتی روانی-اجتماعی و راحتی حرکتی (body-movement) را استخراج کرد (جدول ۴). بنابر مقتضیات هر زمینه استفاده، توجه به نوعی از این راحتی اهمیت بیشتری دارد. به عنوان مثال،

قربانی کردن است، برای تعریف این ماهیت دوگانه سؤالات طراحی استفاده می‌کند [۱۱]. مثلاً استفاده از اسفنج (foam)، پد،... برای ضد ضربه شدن در لباس‌های هوشمند ورزشی که در تضاد با کنترل دما واقع می‌شود.

### پذیرش کاربر

پذیرش اجتماعی عامل مهمی به شمار می‌آید، تمرکز صرف بر فناوری‌های ساخت چنان که در سال‌های اخیر مشاهده می‌شود، ممکن است به محصولاتی منجر شود که احتیاجات و انتظارات کاربران بالقوه را در نظر نگرفته باشد [۱۰]. پذیرش توسط کاربران به متغیرهای بسیاری؛ از قابلیت‌های دستگاه و شکل فیزیکی لباس گرفته تا عوامل احساسی مرتبط با هویت و تصویر بدن (body image) وابسته است [۱۲]. به طور کلی لباس‌های کارکردی باید به طور هم‌زمان قابلیت‌های پایه یک لباس و عملکردهای فنی را فراهم کنند و برای تعامل مؤثر با کاربران و محیط، جنبه‌های انسانی را در نظر بگیرد. این جنبه‌های انسانی عبارت از سهولت استفاده، آسایش و راحتی، زیبایی شناسی و مد، عوامل فرهنگی-اجتماعی و تعامل است (شکل ۳).

### سهولت استفاده

صرف نظر از اینکه برخی لباس‌های کارکردی (اصلاحی بدن) اساساً برای فشار، کشش و شکل‌دهی به بدن ایجاد شده‌اند، دسته‌ای از لباس‌های کارکردی (پایش سلامتی) در زیر سایر لباس‌ها باید پوشیده شوند که گرمای مضاعفی ایجاد می‌کنند. برخی دیگر از لباس‌های کارکردی (محافظ) به طور کامل بسته‌اند یا تنها دو چشم ناپوشیده (uncover) است. گاهی این لباس‌ها چندلایه‌اند، به ویژه لباس‌های فضانوردی که از حدود ۱۸۰۰۰ قطعه و تا ۱۱ لایه ساخته شده‌اند، یا دارای مفصل بندی‌های فلزی-سرامیکی هستند. انواع دیگری از لباس‌های کارکردی (ورزشی) مجهز به پد ضربه‌گیر (shock absorbing) در نواحی خاصی از بدن هستند یا دارای دستگاه الکترونیکی حجیم هستند. لازم است، کارکردهای الکترونیکی و فنی لباس (رابط‌ها، ارتباطات، مدیریت انرژی، مدیریت داده-ها و مدارات یکپارچه) در منسوجات به طوری ادغام شود که هر دو قابلیت‌های فنی و کاربر را مغلوب می‌سازد، که نتیجه آن ساختار فیزیکی است که به جای راحتی، برای دوام بهینه شده است.

برای ارتباط برقرار کردن با یک قطعه از لباس‌های کارکردی نباید مانند یک رایانه به طور مداوم نیاز به توجه کامل کاربر (در تمام اوقات و ساعات) باشد، بلکه باید همیشه آماده به کار باشد. لباس‌های کارکردی نباید مجبور

### راحتی-حرکتی

مربوط به قابلیت لباس در اینکه اجازه دهد تا حرکت آزاد، کاهش وزن و حمایت از بدن را داشته باشد. حرکت انسان، پروکسیمیکس (Proxemics) (ادراک انسانی از فضا)، تنوع اندازه، دلبستگی، مهار-محدود نگاه داشتن، وزن، قابلیت دسترسی به طور بهینه، تعامل حسی (sensory interaction)، دما، زیبایی شناسی و استفاده طولانی مدت را در برمی گیرد. از میان دستورالعمل‌ها، پروکسیمیکس زاویه دید جدیدی برای طراحی لباس‌های هوشمند فراهم می‌کند. این مفهوم به درک لایه‌های ادراک اطراف بدن اشاره دارد و بیان می‌کند که مغز متوجه هاله‌ای در اطراف بدن است و فاصله میان شیء و کاربر که در آن شیء در فضای صمیمی پوشنده لباس قرار گرفته و در طول زمان، به‌عنوان بخشی از بدن احساس می‌شود ۰ تا ۵ اینچ است.

### زیبایی‌شناسی و مد

در بحث لباس‌های کارکردی اگرچه حتی انتخاب رنگ نیز دارای شامل قوانینی شده و ملاحظاتی از جمله حفاظت و استتار بر آن مترتب می‌شود، اما از آنجا که لباس یک آیتم مد به‌شمار می‌آید، باید زیبایی‌شناسی با سایر جنبه‌های انسانی ترکیب شده تا توازن بین ملاحظات عملکردی و زیبایی برقرار گردد. فناوری و مد روز چندان که در ابتدا ممکن است، از هم دور به‌نظر برسند، نیست. الکترونیک و مد باید به‌گونه‌ای با هم ترکیب شوند که لباس همچنان طبیعی حس شود. فناوری باید ساده و نامحسوس شود تا محصول بتواند به‌عنوان بخشی از متعلقات لباس شیک و جذاب باشد [۱۳].

اهمیت واکنش انسان به محرک‌های دیداری و زیبایی‌شناسی مثبت، باید به‌عنوان عاملی مهم در زمینه لباس‌های حرفه‌ای و شخصی، منسوجات محافظ و لباس در نظر گرفته شود. اگرچه، ادراک دیداری زیبایی، به‌شدت

لباس‌هایی که برای افراد ناتوان و بیمار طراحی می‌شود، نباید اشاره‌ای به ضعف آن‌ها کند؛ زیرا این افراد به‌شدت به ظاهر و لباس خود حساس هستند؛ بلکه باید موجب ارتقای خودانگاره ذهنی آن‌ها شود.

### انواع راحتی

#### راحتی فیزیولوژی-گرمایی

مربوط به زمانی که بدن با لباس در تعامل است و احساس ایجاد شده از لباس، قابلیت تبادل رطوبتی-گرمایی و گردش هوا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با عباراتی نظیر زبری، نرمی، سردی، گرمی، ایجاد خارش و مانند آن بیان می‌شود.

#### راحتی حسی یا فیزیولوژی-عصبی

مربوط است به اینکه زمانی که لباس در تماس با پوست است. مصرف‌کنندگان چگونه احساس می‌کنند شامل معیارهای احساس (مربوط به ظاهر و استراحت)، دلبستگی (راحتی مربوط به اثر فیزیکی بی‌خطر دستگاه روی بدن)، آسیب (احساس فیزیکی انتقال درد)، تغییر درک شده (اثر فیزیکی غیرمستقیم و بی‌خطر حاصل از ایجاد حس‌های مختلف برای پوشنده لباس، برای درک هماهنگ بودن آن‌ها)، حرکت (آگاه شدن یا بهبود پوسچر یا حرکت به علت ممانعت ایجاد شده به‌وسیله دستگاه برای بروز احساسات) و اضطراب (نگرانی‌های مرتبط با ایمنی پوشیدن دستگاه و اینکه که آیا به‌درستی استفاده می‌شود یا به‌درستی کار می‌کند) است.

#### راحتی-روانی

به تناسب لباس با شخصیت و موقعیت اجتماعی فرد، جنبه‌های ظاهری لباس، طرح، رنگ و تناسب آن با موقعیت استفاده وابسته است.

جدول ۴- انواع راحتی مرتبط با لباس‌های هوشمند [منبع: نگارنده].

تعریف	انواع راحتی
مربوط به زمانی که بدن با لباس در تعامل است و احساس ایجاد شده از لباس، قابلیت تبادل رطوبتی-گرمایی و گردش هوا را تحت تأثیر قرار می‌دهد و با عباراتی نظیر زبری، نرمی، سردی، گرمی، ایجاد خارش و مانند آن بیان می‌شود.	راحتی فیزیولوژی-گرمایی
مربوط است به اینکه زمانی که لباس در تماس با پوست است. مصرف‌کنندگان چگونه احساس می‌کنند شامل معیارهای احساس (مربوط به ظاهر و استراحت)، دلبستگی (راحتی مربوط به اثر فیزیکی بی‌خطر دستگاه روی بدن)، آسیب (احساس فیزیکی انتقال درد)، تغییر درک شده (اثر فیزیکی غیرمستقیم و بی‌خطر حاصل از ایجاد حس‌های مختلف برای پوشنده لباس، برای درک هماهنگ بودن آن‌ها)، حرکت (آگاه شدن یا بهبود پوسچر یا حرکت به علت ممانعت ایجاد شده به‌وسیله دستگاه برای بروز احساسات) و اضطراب (نگرانی‌های مرتبط با ایمنی پوشیدن دستگاه و اینکه که آیا به‌درستی استفاده می‌شود یا به‌درستی کار می‌کند) است.	راحتی حسی یا فیزیولوژی-عصبی
به تناسب لباس با شخصیت و موقعیت اجتماعی فرد، جنبه‌های ظاهری لباس، طرح، رنگ و تناسب آن با موقعیت استفاده وابسته است.	راحتی-روانی
مربوط به قابلیت لباس در اینکه اجازه دهد تا حرکت آزاد، کاهش وزن و حمایت از بدن را داشته باشد. حرکت انسان، پروکسیمیکس (ادراک انسانی از فضا)، تنوع اندازه، دلبستگی، مهار-محدود نگاه داشتن، وزن، قابلیت دسترسی به‌طور بهینه، تعامل حسی، دما، زیبایی‌شناسی و استفاده طولانی مدت را در برمی‌گیرد. از میان دستورالعمل‌ها، پروکسیمیکس زاویه دید جدیدی برای طراحی لباس‌های هوشمند فراهم می‌کند. این مفهوم به درک لایه‌های ادراک اطراف بدن اشاره دارد و بیان می‌کند که مغز متوجه هاله‌ای در اطراف بدن است و فاصله میان شیء و کاربر که در آن شیء در فضای صمیمی پوشنده لباس قرار گرفته و در طول زمان، به‌عنوان بخشی از بدن احساس می‌شود ۰ تا ۵ اینچ است.	راحتی-حرکتی

به پیش‌زمینه، هنجارهای اجتماعی و تجربیات قبلی کاربر مرتبط و وابسته است [۱۶]:

شواهدی وجود دارد که پیروی از مد (fashionability) بر نحوه ادراک لباس‌های محافظ اثر می‌گذارد [۳]، ظاهر فیزیکی و ویژگی‌های مدروزبودن یک موضوع، به‌وسیله فرهنگ و زمینه پیش می‌رود، افزون بر این، درک استفاده از فناوری ممکن است، به‌عنوان رفتار هنجاری، در همه فرهنگ‌ها متفاوت باشد [۱۶].

از لحاظ دیداری، بسیاری از لباس‌های کارکردی به دنبال اتخاذ زیبایی فناورانه هستند: خطوط صیقلی، رنگ و شکل ساده، اشکال مربوط به آینده. با وجود این، روند تغییر مد سریع‌تر از تغییر محصول یا زیبایی‌شناسی فناوری است و روند فعلی تمایل بیشتر روی مراجع نوستالژی تا آینده‌گرایی علمی-تخیلی تمرکز دارد. نکته دیگر لحاظ کردن مد و ترندها است. در واقع مد، نقش متحد کردن و آمیختن آن دسته از عناصر فناوری دارد که لباس‌های کارکردی را تبدیل به رابط‌های تعاملی می‌کنند. در عین حال پژوهشگران دیگری هم هستند که ساده‌سازی شکل را به‌منظور افزایش چرخه عمر لباس‌های کارکردی پیشنهاد داده‌اند [۹].

### عوامل فرهنگی-اجتماعی

اولین نکته درباره سطح پذیرش فناوری است. پذیرش فناوری‌های پوشیدنی به‌طور قابل توجهی از عوامل فناوری و انسانی متأثر است. پژوهش‌ها نشانگر این است که شش عامل انسانی نیازهای اولیه، فعالیت‌های شناختی، جنبه‌های فیزیکی، جنبه‌های فرهنگی-اجتماعی، ویژگی‌های دموگرافیک و تجربه فنی در پذیرش فناوری نقش کلیدی ایفا می‌کنند. اطلاع‌یافتن در این باره، به طراحان و توسعه‌دهندگان برای ارزیابی پذیرش و قابلیت استفاده پوشاک کارکردی کمک می‌کند. مردمی که تجربه فنی شایان توجهی داشته‌اند، احتمالاً اطمینان و اشتیاق بیشتری برای کار با فناوری‌های پوشیدنی دارند. همچنین تجربه فناورانه ممکن است، عامل مهمی در تعیین سطح اضطراب در استفاده از سامانه‌های پوشیدنی باشد. پژوهشگران گزارش داده‌اند، ویژگی‌های مهم و تأمل‌برانگیز لباس‌های هوشمند، در کشور ژاپن علاقه و پذیرش بیشتری نسبت به فرانسه برانگیخت، که ممکن است به‌وسیله پویایی و دسترسی بیشتر فناوری در ژاپن قابل توضیح باشد [۱۷].

اگرچه لباس‌های کارکردی دستاوردهای بسیاری به همراه داشته‌اند؛ چالش‌ها و نگرانی‌هایی نیز ایجاد کرده است. شرایط فرهنگی زمینه، ضمن تأثیر بر زمان ورود به بازار و استقبال کاربران از برنامه‌های توسعه‌ای آن‌ها، پیامدهای جدیدی را در پی دارد. توجه به اصول اخلاقی از موارد مرتبط با تفاوت‌های فرهنگی است که بارها در منابع به آن اشاره شده است [۱۸]. در مواردی که لباس‌های هوشمند نقش دریافت، ذخیره و نمایش اطلاعات شخصی کاربر را داشته باشند، همچون سامانه‌های پایش سلامتی (health monitoring systems) هم‌زمان با امکان پیگیری فعالیت‌ها و موقعیت مکانی؛ همچنین دسترسی به اطلاعات شخصی و سوابق فردی کاربران، نباید ایمنی و امنیت اطلاعات را نادیده بگیرد [۱۹]. در اینجا فناوری می‌تواند به‌عنوان عامل تهدید برای کسانی مطرح شود که از انواع مختلف اطلاعات حساس-همچون گزارش‌های پزشکی یا نظامی-

استفاده می‌کنند [۲۰].

افزون بر این، قرارگیری حسگرهای پوشیدنی در محل‌های خاص و حساسی از بدن به‌ویژه برای بانوان [۸] امکان دسترسی هم‌زمان برای انسان و کاربر حیوانی به فناوری‌های پوشیدنی، ظهور مفاهیمی همچون سایبورگ (انسان-ماشین) ضمن استفاده از لباس‌های کارکردی، می‌تواند به‌عنوان مسائل فرهنگی یا اخلاقی مطرح شود. فراهم‌شدن امکان توسعه تعاملات جدیدی توسط شبیه‌ساز توهومات مواد مخدر یا آغوش مجازی (hug shirt) که توسط شرکت CuteCircuit طراحی شده؛ احتمالاً با هر فرهنگی هم‌خوانی نداشته و پذیرش و توسعه لباس‌های هوشمند را مانع شود.

### تعامل و تجربه کاربری

فناوری، فراتر از افزودن قابلیت‌های کارکردی به پوشاک کارکردی، امکان تعامل با لباس (محصول) را به شیوه‌ای جدید می‌دهد. مبحث تعامل انسان-محصول و رعایت جنبه‌های انسانی به‌عنوان یکی از اصول پایه طراحی پوشاک کارکردی و به‌ویژه لباس‌های هوشمند اهمیت بسیاری دارد؛ موضوعی که کمتر از کارکردهای فنی به آن توجه شده و با مروری بر طرح‌های موجود به‌راحتی قابل تشخیص است. رویکرد طراحی تعامل در واقع به مانند ابزاری کمک می‌کند تا با آمادگی بیشتری برای مواجهه با این تعاملات ناآشنا قدم برداشت و تجربه‌ای خوشایند و کاربرمحور خلق شود.

اما یکی از مهم‌ترین نکته‌ها درباره تعامل پوشاک کارکردی (به‌ویژه با کارکرد الکترونیکی)؛ طراحی آفرندس (Affordance) صحیح برای حذف امکان سوء تعبیر (misinterpretation) است. نظریه آفرندس، ارتباط بین درک ویژگی‌های فیزیکی محصولات و کنش‌های کاربر را تشریح می‌کند. در طراحی توجه به سطوح مختلف آفرندس (دست ورزی، فرصت‌های تأثیر، فرصت‌های استفاده و فرصت‌های فعالیت) [۲۱] در طراحی یک پوشاک کارکردی می‌تواند احتمال اثرهای نامطلوب بعدی و عدم درک و پذیرش توسط کاربر را کاهش دهد. در توضیح بیتشر باید افزود که پوشاک کارکردی به‌عنوان یک واسطه (interface) پویا بین ما و محیط زیست و نمایشگر تعامل‌گرا به‌شمار می‌آید؛ بالطبع پوشاک کارکردی به علت تجهیز بودن به عناصر ارتباطی می‌تواند حتی یک فرستنده-گیرنده احساسات-تجربیات-معنا باشد. این عنصر ارتباطی باید پیام‌های صحیحی را از راه تعاملی صحیح و خوشایند برای ادراک محصول (لباس) به کاربر ارسال کند. نحوه تعامل با لباس از راه شکل، رنگ، دسترسی‌ها و نوع امکانات فنی همچنین قابلیت پوشیدن اهمیت می‌یابد. گرچه ادراک تا حد زیادی به انتظارات فرهنگی و قوانین تعاملات انسانی بستگی دارد؛ باید از راه طراحی ظاهر (زیبایی‌شناسی) پوشاک کارکردی لحاظ شود.

### مواد و فناوری ساخت

یکی از مهم‌ترین چالش‌ها در مراحل ابتدایی توسعه، دقت و قابلیت اطمینان حسگرهای ادغام شده با لباس است. بیشتر فنون سنجش بدن (body-sensing techniques) برای استفاده بالینی یا آزمایشگاهی و در محیط‌های کنترل شده توسعه یافته‌اند که



ایجاد می‌کنند؛ موجب محدودشدن تبادل گرمایی و گاهی اختلال در عملکردهای شخصی خواهد شد؛ برقراری تعادل مناسب بین ویژگی‌های محافظتی با عوامل انسانی (ارگونومی) و نیازمندی‌های کاربران می‌تواند راهگشا باشد.

پوشاک کارکردی هوشمند همگام با شرایط فیزیولوژی بدن باید خود را با محیط پیرامونی تطبیق دهد. قابلیت تطبیق با سایر لباس‌ها، تطابق با انواع شکل و اندازه بدن، انعطاف در استفاده و عدم ایجاد ناخوشایندی در پوشیدن و درآوردن لباس، پوشش‌دادن صدک‌های ۵ تا ۹۵ مردان و زنان، استفاده آسان و شهودی، کمترین اثر بازدارندگی بر حرکت، بیشترین راحتی و سطح کارایی برای کاربر، قابلیت دسترسی سریع و آسان، راحتی روانی و آفرندس صحیح و سریع؛ سایر مواردی است که باید رعایت شود.

بنابر آنچه گفته شد، مسائل و اصول طراحی پوشاک کارکردی، از نگاه طراحی را می‌توان در نموداری مانند شکل ۳ نشان داد، گرچه این مسائل طراحی برای تمام انواع لباس‌های کارکردی و محصولات پوشیدنی تعمیم‌پذیر نیست؛ موارد اشاره شده می‌تواند در قالب یک چک لیست در فرایندهای طراحی و توسعه استفاده شود.

### قدردانی

این مقاله مستخرج از بخش‌هایی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده در دانشگاه هنر تهران در ۱۳۹۴ است که بدین دلیل از استاد راهنما و استاد مشاور (مهندس مهدی اصل فلاح و دکتر امیرنظامی اصل) تشکر می‌شود.

### مراجع

- Gupta D., Functional clothing; definition and classification, *Indian J. Fiber Text. Res.*, 36, 321-326, 2001.
- Suh M. and Carroll K., and Cassill, N., Critical review on smart clothing product development, *JTATM*, 6, 1-18, 2010.
- Seymour S., *Fashionable Technology; the Intersection of Design, Fashion, Science, and Technology*, Springer, 2008.
- Tao X., *Smart Fibers, Fabrics and Clothing*, Woodhead, England, 2001.
- ملکی ثانی م.، نانوتکنولوژی نظامی (راهبردها و بازدارنده‌ها)، انتشارات دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ۱۳۸۷.
- Perry A., Malinin L., Sanders E., Li Y., and Leigh K., Explore consumer needs and design purposes of smart clothing from designer's perspectives, *Int. J. Fashion Des. Tech. Educ.*, 1-9, 2017.
- Watkins S.M. and Dunne L.E., *Functional Clothing Design: From Sportswear to Spacesuits*, Bloomsbury, New York, 2015.
- Dunne L., Smart clothing in practice: Key design barriers to commercialization, *Fashion practice: J. Des. Creative Proc. Fashion Indust.*, 2, 41-66, 2010.
- نعمتی. ا.، بررسی عوامل موثر در طراحی لباس هوشمند با رویکرد طراحی تعامل؛ نمونه موردی: طراحی لباس هوشمند برای پایش سلامتی در کاربردهای نظامی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد طراحی صنعتی، دانشگاه هنر، تهران، ۱۳۹۴.
- Ariyatun B., *New Conceptual Model for Design Development of Smart Clothing*, Brunel University, 2005.
- پورمحمدی م.، نعمتی. ا.، لباس‌های هوشمند؛ از حل مسأله تا تولید دانش. فصلنامه رشد فناوری، فصلنامه تخصصی پارک‌های علم و فناوری و مراکز رشد، ۱۲(۴۷)، ۷۶-۶۶، ۱۳۹۵.
- Cho G., *Smart Clothing, Technology and Applications*, Taylor and Francis, 2010.
- Dvorak J.L., *Moving Wearable Technology into the Mainstream*, Springer, New York, 2008.
- Dunne L.E. and Smyth B., Psychophysical elements of wearability, *Proceeding of Computer Human Interaction*,

- San Jose, 2005.
15. Siewiorek D., Smailagic A., and Starner T., Wearable computers, in *Human Computer Interaction Fundamentals Human Factors and Ergonomics*, 271-288, 2009.
  16. Dunne L.E., Profita H., and Zeagler C., Social Aspects of Wearability and Interaction Sasznov, and Neuman (Eds.), *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation, and Application*, Elsevier, New York, 2014.
  17. Buenaflor Ch. and Kim H.C., Six human factors to acceptability of wearable computers, *IJMUE*, 8, 3, 2013.
  18. Hurford R. and McCann J., *Designing Wearables*, ISWC Design Workshop, Smart Clothes and Wearable Technology Research Group, University of Wales, Newport, 2007.
  19. Langenhove L.V., *Smart Textiles for Medicine and Healthcare; Materials, Systems and Applications*, Woodhead Publishing, England, 2007.
  20. Ross P., *Ethics and Aesthetics in Intelligent Product and System Design*, Philip Roland, 2008.
۲۱. باقری طالقانی ا.، مفاهیم کاربردی افردنس، از روانشناسی تا فرایند طراحی، نشریه هنرهای زیبا-هنرهای تجسمی، ۱۹، ۶۴-۵۵، ۱۳۹۳.

# Design Issues in Functional Smart Clothing

A'zam Ne'mati\*

Art Architecture and Urban Design Faculty, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Postal Code: 8514143131, Isfahan, Iran

## Abstract

In recent years, functional smart clothing has found a variety of applications in addition to its complex requirements and design criteria. Functional smart clothing can be classified based on the way they have been equipped (e.g., with new electronic, chemical or mechanical technologies). This paper focuses on user-centered design process for development of functional clothing to included design criteria based on human-cultural-social context instead of textile specialist-centered design approach. The research objective is to investigate the design issues, common criteria, and requirements for smart functional clothing design. The paper first describes the basic concepts and categories of functional clothing. Then, by reviewing existing data and literature, it explains how human factors (e.g., physiological, biomechanical, psychological) and ergonomics required by functional clothing form hypotheses to aid design decisions. The four general design issues were classified as: (1) design process, (2) functional needs, (3) user acceptance, (4) material and production. A checklist was developed based on these design issues for further design strategy development.

## Keywords

smart functional clothing,  
apparel design,  
clothing comfort,  
interaction with clothing,  
fashion

(\* Address Correspondence to A. Nemati, Email: azam\_nemati@ymail.com