

"ÚS DELS SMART TEXTILES EN L'ESPORT PROFESSIONAL. EVOLUCIÓ I GESTIÓ DE LES DADES"

Noemí Borràs i Chia,

Graduand en Informació i Documentació per la Universitat Oberta de Catalunya.

noemiborras@gmail.com

Alexandre López-Borrull,

Director Estudis de Grau en Informació i Documentació de la Universitat Oberta de Catalunya.

alopezbo@uoc.edu

Enviat: 2 gener 2021

Resum

L'ús dels *Smart Textiles* i la seva aplicació en els camps corresponents són el resultat de l'evolució tecnològica, els avenços en el camp de la medicina, del disseny tèxtil, la informàtica, la biomecànica, la enginyeria, les ciències socials i la psicologia, l'esport i la presa de decisions. La ubiqüitat computacional dels nostres dies manté l'evolució dels *Smart Textiles* directament relacionada amb l'evolució del *Big Data*, del 5G i de l'*IoT*.

En la introducció d'aquest article s'analitza la diferència entre aquests teixits, els *wearables* i els *e-textiles* i quins material s'usen per a la seva fabricació. Seguidament, es descriuen els principals productes actuals en l'esport professional, l'estat del seu mercat i l'ús de les dades obtingudes amb els *Smart Textiles*. Es mostra com es recullen, emmagatzemen, processen i analitzen les dades per relatar posteriorment totes les implicacions legals i ètiques que això comporta.

També s'estudien les tendències de futur de l'ús dels *Smart Textiles* en l'esport professional i com afecten tots els agents implicats: esportistes i la gestió de la seva marca, entrenadors i decisions tàctiques, clubs i drets de dades i contractes, seguidors i canvis en les seves experiències i mitjans de comunicació i la forma de comunicar els esports professionals.

Finalment, s'aborda el paper que hi té el Professional de la Informació i quines podrien ser les futures línies d'investigació.

Abstract

The use of Smart Textiles and their application in the corresponding fields are the result of technological evolution, advances in the field of medicine, textile design, computer science, biomechanics, engineering, social sciences and psychology, sports, and decision-making. Today's computational ubiquity keeps the evolution of Smart Textiles directly related to the evolution of Big Data, 5G and IoT.

The introduction to this article discusses the difference between these fabrics, wearables and e-textiles and what materials are used to make them. The following describes the main current products in professional sports, the state of their market and the use of data obtained with Smart Textiles. It shows how the data is collected, stored, processed and analyzed to subsequently report all the legal and ethical implications that this entails.

It also studies future trends in the use of Smart Textiles in professional sport and how they affect all the agents involved: athletes and the management of their brand, coaches and tactical decisions, clubs and data rights and contracts, followers and changes in their experiences and media and how to communicate professional sports.

Finally, the role of the Information Professional and the future lines of research could be addressed.

Paraules Clau: wearables; e-textiles; smart textiles; smart fabrics; textiles intel·ligents; teixits intel·ligents; data management; sport data; sport management; professional sports; performance; training; rendiment esportiu, entrenaments

1. Justificació i objectiu de l'estudi.

El treball va començar fa força temps donat que el món de l'esport i la moda sempre m'ha agradat, com a documentalista, m'interessa la gestió i anàlisi de les dades. El 2011 vaig veure una exposició a les Reials Drassanes de Barcelona anomenada *Futurotextils* i és on vaig veure per primer cop què era un *Smart Textil* i com es podia aplicar a mons com el del disseny i al laboral en feines especialitzades com la dels bombers. Així doncs, vaig trobar molt interessant integrar moda-esport i dades. Més endavant ja vaig començar a seguir l'ús d'aquest tipus de teixits als Jocs Olímpics i competicions esportives. Finalment, ja l'any passat, quan pensava en el tema de treball del meu Treball Final de Grau, vaig veure clar que m'agradaria integrar els tres mon: dades, esport i teixits.

L'objectiu de l'estudi és il·lustrar l'estat de la qüestió en el món dels *Smart Textiles* i l'esport professional des dels seus orígens fins l'actualitat. Les preguntes inicials formulades a resoldre serien:

- Són els Smart Textiles un tema interdisciplinari a nivell de recerca i de producció científica, considerant articles i patents?
- Quins formats i tipus de dades es recullen amb aquests teixits i quins serien els principals aspectes legals, tècnics i ètics de la seva gestió?
- Segons la producció científica, quines són les principals tendències i canvis que pot comportar l'ús d'aquests materials en l'esport de l'alt rendiment?

2. Metodologia.

La recerca de l'estudi, ha estat llarga. Fa uns dos anys, quan ja vaig pensar en què podia ser un tema interessant, vaig configurar unes alertes al *Google Alerts* on les paraules clau eren: "*fashionable technologie*", "*wearable*" "*wearables trends*". Vaig pensar que recopilar documents amb temps em podia ajudar a trobar-ne d'útils i d'anar llegint sobre el tema.

Els resultats els anava guardant segons any de publicació a carpetes que tenia fetes al *Evernote*. També vaig crear carpetes de dissenyadors que trobava, revistes especialitzades i plataformes d'investigació.

Paral·lelament, vaig fer un rastreig als catàlegs del: Museu Tèxtil de Terrassa, Centre de Documentació del Disseny HUB de Barcelona, i a la Xarxa de Biblioteques XBM. Aquests dos darrers em van donar llibres de consulta interessants que he inclòs a la bibliografia.

Aquesta primera aproximació em va permetre fer una recerca força "de gaudi" perquè encara no tenia concretat el tema del TFG.

A partir del març del 2020 i arrel de la pandèmia, vaig haver d'acotar molt bé la cerca del *Google Alerts* ja que els articles trobats eren, majoritàriament, sobre dades de salut i pandèmia i jo em volia centrar exclusivament en la relació dades i esport professional.

Així que vaig haver de modificar els meus termes de cerca:

- Vaig afegir els termes: "*e-textiles*", "*Sports and wearables*", "*wearable tech*" i ["*Wearable technology*"-"COVID19"- "covid19"],
- vaig mantenir: "*fashionable technologie*" i "*wearables trends*",
- vaig eliminar el terme "*wearable*", ja que ja intuïa que la meua cerca seria més cap als tèxtils i no els "aparells" o wearables.

Resultat d'aquesta moficiació, vaig obtenir un 80% de cerques pertinents i molt poc soroll. El mes de setembre de 2020 i ja coincidint amb la perfilació del meu tema de treball vaig decidir descartar el terme de cerca “*wearables*” perquè ja no m’interessaven pel treball i vaig afegir “*smart textiles*”, [“*sport*+”*smart textiles*”], “*smart fabric*” i “*smart fabrics*” També vaig començar a cribar i classificar els articles per tema (no per any de publicació com a l’inici) ja que també tenia més clar el contingut del treball. Ja vaig iniciar les recerques directes al cercador de la Biblioteca de la UOC (que em van donar pocs resultats) i a les següents bases dades consultades a partir d’aquesta biblioteca: Scopus, Springerlink, Pro-Quest i Pro-Quest Dissertations and Theses Global. Les bases de dades consultades em van donar un total de 35 documents pertinents. Finalment, refinant la recerca a la base de dades Scopus i segons indicacions del meu director de treball, vaig aconseguir 10 articles més, 3 d’ells datats del 2020. Altres documents els he anat incorporant segons redacció i necessitat de documentar dades del relat.

3. Introducció.

Després de la introducció pròpia del Treball d’Investigació dels dos primers apartats i entrant pròpiament en el tema de l’estudi, és necessari aclarir els conceptes: *wearables*, *e-textiles* i *smart textiles*. Tot i sorgint de la pròpia evolució tecnològica representen productes i solucions molt diferents.

En primer lloc, els *wearables* o “tecnologia vestible” són dispositius electrònics que s’incorporen a alguna part del nostre cos i interactuen amb l’usuari mitjançant un dispositiu. Alguns productes com *Smartwatch* i ulleres intel·ligents en són exemples.

Aquests dispositius no només s’usen en el camp esportiu sinó sobretot en medicina (molt més estès i evolucionat) i en la cura dels animals de companyia.

Els *wearables* tenen els seus orígens els anys 70 però no és fins 2014 que a la primera fira Internacional de productes electrònics les grans marques esportives presenten els seus dissenys. El decalatge des de l’origen (anys 70) fins al desenvolupament (2014) és degut sobretot a l’evolució també tardana dels avenços tecnològics que ho van fer possible.

A continuació, es defineixen els *e-textiles* o “teixits electrònics” que comencen a desenvolupar-se els anys 90 en un equip d’investigadors liderat per Maggie Orth y Rehmi Post del MIT Media Lab, volien saber com es podia integrar l’electrònica a la roba usant materials conductors. Aquest teixits afegeixen circuits electrònics als teixits per il·luminar o canviar de colors, o produir efectes sobretot cromàtics o de captació de l’energia.

Tot i això, com indiquen Hughes-Riley et al. (2018) en el seu article es pot considerar que els *e-textiles* venen de lluny ja que el 1883 en un espectacle de ballet (La Farandole) es van donar els primers exemples d’ús d’*e-textiles* en les diademes il·luminades de les ballarines.

Sempre, segons els mateixos autors, podem entendre que l’evolució cap als *Smart Textiles* s’ha realitzat en 3 generacions: una primera, afegint circuits als teixits; una segona, afegint-hi sensors i finalment, integrant a les fibres els materials conductors; tal i com mostra la següent figura il·lustrativa:

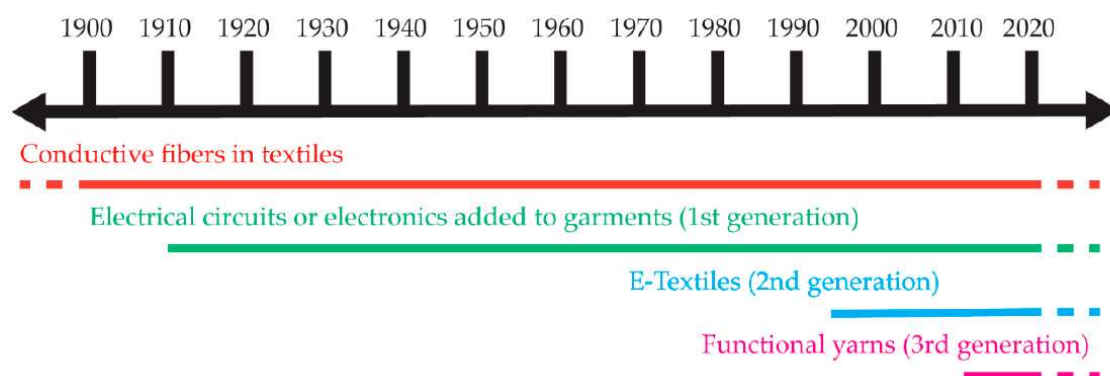


Figura 1. Timeline de diferents generacions de tèxtils.

Font: Hughes-Riley, T.; Dias, T.; Cork, C. (2018) *A Historical Review of the Development of Electronic Textiles*. (*Fibers*, issue 6, 34 pàg. 1-2) <https://www.mdpi.com/2079-6439/6/2/34>

Finalment, els “teixits intel·ligents” o *Smart Textiles* són aquells que fan altres funcions que la roba tradicional no fa, com per exemple: comunicar, transformar, conduir energia o créixer. Incorporen elements que fan que interactuïn amb l’entorn.

Per a Pailles-Friedman (2016) els *e-textiles* estan integrats en els *Smart Textiles* perquè són una aplicació de la funcionalitat del material i no de la construcció amb material, conductor o no conductor. En la seva concepció, Pailles-Friedman pensa en el cos com si fos un aparell de comunicació que interactua amb l’entorn i se n’extreuen dades. Alguns teixits se’ls anomena “intel·ligents” perquè reaccionen als estímuls de pressió, temperatura, humitat, o poden transmetre petites corrents o tenir sistemes de transmissió en les mateixes fibres del teixit com a conductors. Segons aquest punt de vista, no parlem de cap producte poc conegut ja que tots tenim d’aquests tipus de teixits, per exemple, el teixit tècnic de les samarretes d’esport amateur que aconsegueix controlar la suor i fer-la sortir pel teixit per a què s’evapori.

Els *Smart Textiles* són la versió tèxtil dels “materials intel·ligents” terme encunyat el 1980 i que Pailles-Friedman en el seu llibre *Tejidos inteligentes para diseñadores* (2016), classifica en materials passius, actius i molt intel·ligents.

- Els passius o sensors de l’entorn, recullen informació i a partir d’aquí canvien de color, de resistència tèrmica o elèctrica. Per exemple, hi ha teles que canvien de color segons la temperatura del cos.
- Els actius, tenen l’habilitat de registrar i respondre als estímuls externs, sensors i propulsors. Per exemple, si s’aplica esforç a un teixit amb peça elèctrica es crea foto-voltatge, per tant, energia.
- I els teixits molt intel·ligents reben estímuls podent reaccionar o rebre informació. A partir d’aquí poden adoptar noves formes o recollir i enviar dades.

Aquesta darrera classificació, ja s’ha aplicat per exemple en camps com la seguretat dels uniformes del cos de bombers o dels vestits dels homes de l’espai o a l’exèrcit; sobretot en les qualitats protectores del uniformes: trobem teles que en detectar una ferida sagnant del cos, són capaços d’efectuar pressió alhora que s’envien constants vitals als comandaments que tenen el control.

Fernández-Caramés et al. (2018) en el seu article “ *Towards the Internet of SmartClothing*” citen els *Smart Clothes* com un resultat de la ubiqüitat de la tecnologia i el resultat del desenvolupament

de l'IoT tot i que la seva concepció difereix de la de Rebeccah Pailles-Friedman en que anomena *Smart Textiles* aquells teixits que incorporen incrustant petits *wearables* en peces de vestir.

Seguidament, es descriuen els materials i mercats dels *Smart Textiles* fent esment en la seva naturalesa interdisciplinària.

4. Materials i mercats dels *Smart Textiles*.

La dissenyadora i investigadora Van Dongen (2019) assenyala que els *Smart Textiles* engloben una varietat increïble de temes: disseny, electrònica, enginyeria, informàtica, medicina, teixits i materials. Això els confereix la categoria de camp interdisciplinari.

També Ismar et al. (2020) destaquen, referint-se a *Smart Textiles*, que constitueixen un entorn de treball que agrupa especialistes en informació i tecnologia, micro sistemes i enginyeria tèxtil per avançar en el desenvolupament de sistemes de càlculs i sistemes de monitoratge que aconseguixin una comunicació sense fils (*Wireless*).

En proporció del nombre de laboratoris industrials que més o menys han realitzat prototips, hi ha pocs productes al mercat sobretot per la manca d'estàndards, tal i com Ismar et al. (2020) il·lustren. Hi ha poques associacions d'estandardització i la ràpida adaptació a la tecnologia que sofreixen els materials no ajuda a que aquests estàndards es desenvolupin. Quant a materials per a desenvolupar els *Smart Textiles*, s'està treballant, principalment, amb biosensors basats en metalls i polímers molt flexibles. Els productes que han sortit al mercat de l'esport professional es componen de nano-sensors incrustats al teixit però manca una petita evolució: aconseguir que la pròpia trama de teixit transmeti les dades tal i com és capaç de transmetre una senyal elèctrica en moviment, pressió o llum. En aquest sentit, tal i com Karim et al. (2020) assenyalen, són interessants els nous materials com el grafit, el carbó nano-tub i especialment el grafè, que de moment dona molt bons resultats. El grafè té unes excel·lents propietats elèctriques i mecàniques. L'inconvenient dels *Smart Textiles* elaborats amb grafè és que requereixen processos de fabricació molt llargs i que no són escalables, la producció a gran escala i per tant, la comercialització, es veu compromesa. Alguns presenten conductivitat elèctrica i flexibilitat deficientes. De moment, només s'han aconseguit traspassos de dades en processos simples com tenyit de fils, serigrafies i impressions en tinta que permeten control de moviment i de temperatura. Els autors Romagnoli et al. (2014) ja evidencien aquest fet, efectivament, els *Smart Textiles* són capaços de canviar de forma, d'exercir diferents pressions si les condicions externes canvien però no aconseguen comunicar les senyals biomètriques del cos, cosa que s'ha de fer amb nano-sensors teixits o incrustats a la roba.

Les següents figures representen els circuits integrats a la roba i la integració de fibres conductores en la trama del teixit:



Figura 2: Circuit integrat en el teixit. **Font:** Topic for seminar (2018) *Smart and Electronic Fabric. Seminar Report.* <https://www.topicsforseminar.com/2018/04/electronic-textile-seminar-report.html>

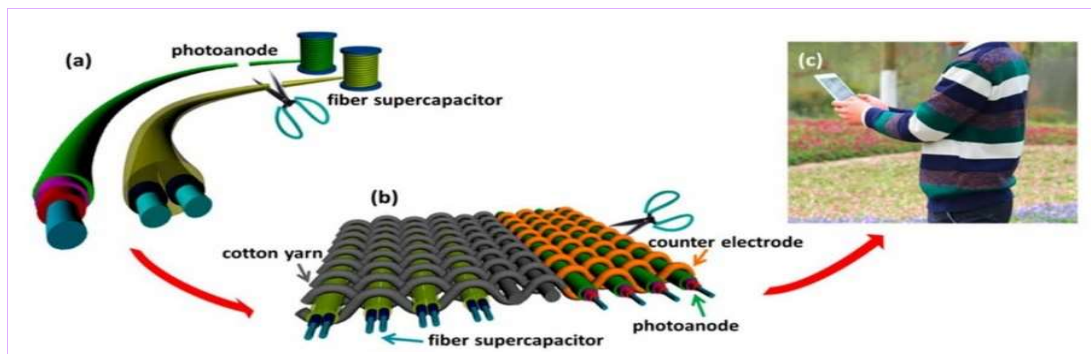


Figura 3: Integració de fibres conductores a la trama del teixit.

Font: Imatge Copyright (2016) American Chemical Society.

El mercat dels *Smart Textiles* és un clar mercat en expansió, L'informe del 2017 de la Comissió Europea, denota que les fibres venudes per a *Smart Textiles* el 1992 era d'un 49% i van passar a 68% el 2012. El 2015 s'esperava que el mercat de *Smart Textiles* arribés a 14 bilions de dòlars el 2017 i es doblés el 2020. El 2016, les dades ja estaven en 28,7 bilions de dòlars i era dominat per *Smart watches* i bandes amb sensors.

Els *Smart Textiles* només representen l'1,3% del mercat del *wearable* el 2017. Encara hi ha molts desafiaments tècnics a millorar com les mides dels sensors, la integració d'aquests als teixits, l'emmagatzematge de dades, el fet que es puguin rentar o no, que siguin reciclables i evidentment hi ha tota una barrera ètica i cultural que passa per la privacitat de les dades, el cost dels productes i els desafiaments ètics.

Actualment els estàndards dels materials electrònics usats en els *Smart Textiles* estan regulats per la *International Electrotechnical Commission*, mentre que no hi ha estàndards establerts pels *Smart Textiles* pròpiament dits.

El següent apartat, ens endinsa en els productes *Smart Textiles* pròpiament dits que s'usen en l'esport professional.

5. Productes, aplicacions i usos dels *Smart Textiles* en l'esport professional.

Actualment, trobem productes que reaccionen per canvis de temperatura o canvis en els moviments o aquells que són transmissors de dades biomètriques, de moviments o de variables com espai, velocitat, temps....

Destaquen els treballs d' Edward Harber per a Nike®. En aquest sentit, aquest dissenyador i enginyer és anomenat "l'arquitecte de la velocitat" ja que ha dissenyat per a aquesta marca dos productes revolucionaris: *the Swift Suit* i *the Skin Swit*.

El tèxtil del *Swift Suit* està compost de materials que aconsegueixen tornar a aprofitar el vapor d'aigua de la suor i minimitzar la resistència a l'aire, cosa que permet esgarrapar importants dècimes de segons per abaixar rècords mundials. Va ser usat als Jocs Olímpics de Salt Lake City el 2002 i als Jocs Olímpics de Vancouver el 2010 pels equips d'Estat Units, Alemanya, Noruega, Corea i Xina en la modalitat de patinatge de velocitat i tots ells van obtenir medalles.

També amb aquest producte, als Jocs Olímpics d'estiu de Sidney l'any 2000 l'atleta Cathy Freeman aconseguí la medalla d'or amb el seu rècord de 400m llisos femení amb 48"63, superant així l'anterior rècord aconseguit als Jocs Olímpics d'Atenes l'any 1996 per la corredora americana Sanya Richards establert en 48"70.



Figura 4: Cathy Freeman lluint el Swift Suit dissenyat per Edward Harber per a Nike®
Font: <https://edwardharber.com/nike-swift-suit>

En la mateixa línia de producte, en el món de la natació el *Skin Swit* ha revolucionat aquesta modalitat esportiva professional. Aquests vestits complerts recorden els vestits dels practicants de *snoorkel* i barregen materials com fibra de carboni, plata, titani i moltes mesclures amb propietats hidròfobes i materials increïblement prims i lleugers. Amb això, aconseguen que el nedador mantingui amb l'anomenada *smart compression* la compressió adequada a cada grup muscular per a un funcionament idoni, en unes posicions correctes i la millora de la circulació de retorn donant lloc a menys possibilitat de lesió. A més, els vestits inclouen costures unides per reduir la resistència a l'aigua; les seves propietats hidròfobes impedeixen que el vestit absorbeixi l'aigua i també atrapa l'aire per a assegurar-ne la flotabilitat.

Un altre producte del món de la natació és el pioner *Aqua-Blade* de *Speedo*® (1996) amb parts de material rugós i llis per tal de crear canals de moviment ràpid durant la competició o el *LZR Racer* també desenvolupat per *Speedo*® el 2008 amb tecnologia de la NASA que va permetre que als Jocs Olímpics de Beijing es batessin 23 rècords olímpics en natació tots ells dels nedadors que vestien aquest producte.

Així, després de l'aparició d'aquests novedosos productes, la Federació Internacional de Natació (FINA) es va veure obligada a canviar les normes sobre els banyadors que duen els nedadors durant la competició. Meyer (2013) ja va parlar davant aquests fets de "dopatge tècnic". Posteriorment, en la seva reunió a Dubai el març del 2009, la FINA va definir com havien de ser els banyadors i recordava que la natació tenia un principi bàsic: basar-se en el rendiment físic del nedador. Arran d'aquesta reunió, alguns dels vestits per a les competicions de natació es van aprovar i d'altres no.

Actualment amb el darrer reglament d'aquesta federació (2017) queda clar, entre d'altres coses, que el material dels banyadors de competició ha de ser de "Tela" definida així: "*Tela (s). Per a finalitat d'aquestes normes, es defineix com a material format per, natural i / o o sintètic, filats individuals i no consolidats que s'utilitzen per constituir un teixit per teixir, teixir i / o trenar.*" (sic)¹

Un altre exemple de *Smart Textiles* és el *S1 Sailing Suit* en el món de la competició esportiva de vela. És un vestit amb memòria de forma i s'utilitza per a la estada en medi marí, està fabricat amb

¹ Fédération Internationale de Natation (2017) *FINA REQUERIMENTS FOR SWIMWEAR APPROVAL* (FRFSA) pàg. 8-9 <https://www.fina.org/sites/default/files/frsa.pdf>

una membrana de polímer que s'ajusta depenent de les condicions climàtiques. Si la temperatura baixa, la composició de la tela s'ajusta per permetre mantenir una temperatura constant del cos. Al contrari, quan la temperatura augmenta, les estructures s'obren per permetre l'evacuació de la suor.

En el món de la F1, els pilots usen uns guants "intel·ligents" des del 2008. Gràcies a uns sensors integrats al tèxtils mesuren dades d'oxigen en sang i pulsacions. En principi, aquest producte només s'usà de resultes de les investigacions després de greus accidents de pilots amb els qual no es podien comunicar si quedaven inconscients, amb aquesta tecnologia s'aconsegueix transmetre en tot moment les constants vitals a través dels senyals dels guants. Actualment, aquestes dades ja es poden usar també, per augmentar i millorar els resultats en la competició.



Figura 5: Smart gloves

Font: Fédération Internationale de l'Automobile FIA (2018) *New biometrics Gloves will be worn by every driver throughout the 2018 season* <https://www.fia.com/news/biometric-gloves-set-f1-debut>

Si anem al món dels esports d'equip, equips de basquet com la NBA i altres de futbol americà, utilitzen els avantatges dels pantalons *Sense3* de *Strive®* que integren en el seu teixits nano-sensors que permeten obtenir: dades de cinesiologia (per millorar els moviments, que siguin més efectius), dades de fatiga muscular (per prevenir lesions), dades de ritme cardíac i dades que gràcies a un GPS permeten saber els salts fets, la seva longitud, les carreres, els tirs efectius... i així contribuir en la presa de decisions tàctiques dels entrenadors.

Després d'aquests exemples de productes *Smart Textiles*, s'analitzen les dades que es recullen amb aquests tipus de teixits en els esports professionals.

6. Formats i tipus de dades recollits amb els *Smart Textiles* en l'esport professional

Les aplicacions d'aquests tipus de teixits, no estan deslligades del *Big Data*, ni de l'*IoT*, ni de l'anomenada "ubiquïtat tecnològica o computacional" (terme encunyat pel científic Mark Weiser el 1991 i que fa referència a la utòpica idea que humans i màquines viuran en una completa i productiva harmonia).

En les dades recollides amb *Smart Textiles* cal tenir en compte el seu volum, veracitat, varietat i velocitat tal i com assenyalen els autors Ahsan et al. (2020) en l'article *Development of Novel Big Data Analytics Framework for Smart Clothing*. En el volum tindrem en compte: transaccions, terabytes, files...; en la veracitat: precisió, qualitat, certesa; en la varietat: estructurades, semi-estructurades, barrejades...; i en la rapidesa: temps real, streaming, lots...

L'anàlisi d'aquest volum de dades porta, en el camp que ens ocupa, a la presa de decisions de molts tipus: tècniques, tàctiques, de salut, de màrqueting, econòmiques...

Cal tenir en compte tota l'estructura necessària per extreure-les i processar-les, és a dir, servidors, núvol, xarxes i tot el software que això comporta.

L'anàlisi de les dades ens portarà uns marcs de repetició i patrons que seran els que ajudaran a prendre les decisions que són adequades en cada moment.

Quines són, doncs, les dades que recullen els *Smart Textiles*?

- Dades biomètriques, tant per a l'entrenament com per a les anomenades "*fan experience*". Aquestes dades comparteixen a través dels *Smart Textiles* i les noves tecnologies les dades dels jugadors més rellevants en un partit en temps real, intensitat de treball dels jugadors, rapidesa en el camp de joc, nivells d'oxigen en sang, freqüència cardíaca (ECG), electromiografia (EMG) que analitza l'activitat del múscle i conseqüents dades de fatiga i temperatura del cos.
- Dades de salut, com per exemple les que indiquen fatiga muscular per prevenció de possibles lesions i freqüència cardíaca.
- Dades emocionals: tot i que estan en un estadi molt inicial, s'usen les anomenades *Galvanic Skin Response* (GSR), dades extretes de la zona subcutània per saber la resposta emocional de l'esportista davant l'entrenament o la competició.

Dins de la ubiqüitat computacional dels nostres dies i de l'arquitectura *IoT* juntament amb l'explosió de la xarxa 5G, l'objectiu és aconseguir informació a qualsevol lloc, en qualsevol moment i, com a resultat, es desenvolupen una gran quantitat d'aplicacions per analitzar-les. En l'esport professional les més usades són: *Performance Analysis App*, *Sports Training*, *Referee decision-making*, entre d'altres.

Com es recullen aquestes dades? amb aparells GPS, nano-biosensors i polímers esquelètics amb sensors que acostumen a anar adherits o integrats entre la trama dels teixits. Les dades passen per 3 etapes:

- una primera etapa de recull, transmissió i emmagatzematge;
- una segona de preprocessament d'aquestes dades.
- la darrera, que seria la del data anàlisi.

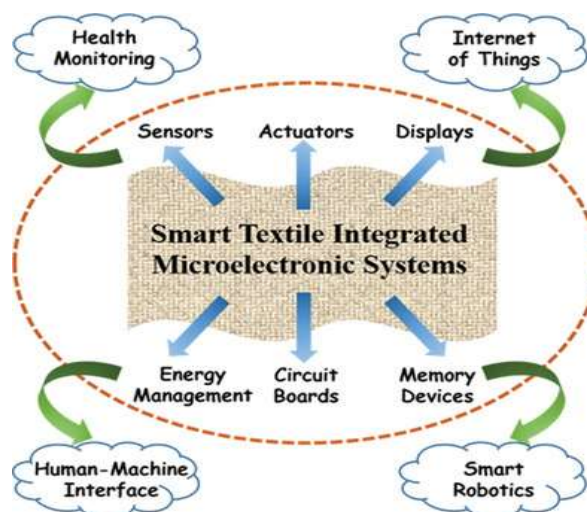


Figura 6: relació dels *Smart Textiles* amb la ubiqüitat computacional

Font: SHI, J et alii (2019) *Smart Textile-Integrated Microelectronic Systems for Wearable Applications*

<https://doi.org/10.1002/adma.201901958>

Seguint amb la il·lustració d'Ahsan et al. (2020), les dades es transmeten amb una comunicació en xarxa, normalment amb senyal Wi-fi dels *Smart Textiles* al *smartphone* o aparell usat per a la recollida. La comunicació amb el punt de recollida pot ser punt-per-punt; punt a multipunt o multipunt a multipunt en el medi que ens envolta. Seguidament, les dades es transmeten i emmagatzemen.

Actualment, l'arquitectura basada en *Internet of Things (IoT)* proporciona l'oportunitat de transmetre i accedir a les dades de cada sensor individual a través de la connexió a Internet.

La transmissió de dades es duu a terme tal i com Ashan et al. (2020) ens mostren, des del centre d'emmagatzematge local (sistema d'ordinador / núvol) mitjançant unitats centrals de processament (CPU), microcontroladors, matrius de portes programables al camp (FPGA) o *System-on-Chips* (SOC). Una passarel·la de comunicacions pot intercanviar informació amb els *Smart Textiles* a través de servidors en el núvol o una cadena de blocs. Una xarxa d'àrea local (LAN) recopilarà les dades i les enviarà a un servidor núvol o remot sense fils.

Es poden establir comunicacions de xarxa de malla per comunicar-se amb cada objecte i màquina, a més, la xarxa d'àrea ampla (WAN) funciona com Internet que cobreix una àmplia gamma de comunicacions. S'incorporen diverses tecnologies amb els *Smart Textiles* com a mitjà de comunicació, inclouen 3G / 4G / 5G, ultrasons, infrarojos, *ZigBee*, xarxa d'àrea ampla de llarg abast, banda ultra (UWB), *WirelessHART*, *SigFox*, *ANT +*, *Weightless-P*, *Wi-SUN* o *IEEE*.

Durant la segona etapa, el preprocessament de dades, hi haurà un filtratge i segmentació importants de dades, un cop processades s'emmagatzemen en bases de dades o sistemes al núvol. El pre-processament comporta una important operació de reducció de soroll i filtratge de dades tal i com mostra la imatge:



Figura 7: Etapes en el pre-processament de dades

Font: AHSAN, M; HON, S. T.; ALBARBAR, A. (2020) *Development of Novel Big Data Analytics Framework for Smart Clothing* (IEEE Access, vol. 8, pp. 146376-146394) <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015152>

La darrera fase, la fase d'anàlisi és molt important donat que si no es realitza de forma correcta, les dades perden valor. Aquest anàlisi es pot fer de diverses maneres: basades en el *Machine Learning* (ML), basades en el *Deep Learning* o un híbrid entre els dos.

Les anàlisi de dades basades en el ML presenten les etapes de classificació, clusterització, regressió i associació de regles que ens portaran a un resultat.

Les anàlisi que es basen en *Deep Learning* usen tècniques d'intel·ligència artificial per resoldre problemes de processament de dades; així trobem que analitza, prediu i crea noves característiques proposant solucions a problemes plantejats per l'anàlisi de les mateixes dades i tenint en compte senyal psicològiques que es poden processar.

El tercer mètode usat és l'híbrid entre aquest dos descrits i s'està usant només en proves en el mitjà de la salut, l'únic inconvenient que té és que de moment no és viable per analitzar grans volums de dades i monitorar comportaments humans en temps real.

Les dades es monitoren a través de mecanismes de classificació, associació, clusterització i regressió que ens donaran patrons que permetran donar dades predictives i útils per prendre decisions durant els partits, entrenaments o cara a desafiaments esportius i professionals futurs.

Tot aquest recull i processament de dades no és exempt d'aspectes legals, tècnics i ètics que es defineixen a continuació.

7. Aspectes legals, tècnics i ètics de la gestió de les dades recollides

A efectes pràctics, després de l'anàlisi de les dades es poden aconseguir:

- canvis d'estratègia de partits en temps real,
- investigar estratègies i desavantatges dels equips rivals,
- entendre el estatus tècnic i de salut dels membres de l'equip o d'un esportista,
- entendre els efectes de les estratègies aplicades pel nostre equip/esportista i pels equips/esportistes rivals,
- donar als entrenadors bases científiques per racionalitzar els seus plans d'entrenament i estratègies de joc.

Però no només se'n beneficien els entrenadors sinó que les dades aportades ajuden a: l'esportista, que pot crear marca i treure benefici econòmic de les dades durant i després de la seva carrera esportiva, el poden ajudar a prevenir lesions; els clubs, que poden tenir importants contractes i beneficis; els seguidors, amb noves aplicacions que els donaran experiències noves, seguiment de fites importants dels seus ídols i un munt de estadístiques; les grans marques esportives, que poden signar interessants contractes per explotar la imatge i les dades dels esportistes; administradors de les lligues, companyies d'apostes, mitjans de comunicació....

El pastís a repartir és gran i això porta a una sèrie de preguntes lògiques com: Qui posseeix les dades? Com es garanteix la privacitat de les mateixes? Quins mecanismes legals hi ha per processar-les i vendre-les? Les dades són encriptades i és segura la seva transmissió? Fins a quin punt l'esportista ha de donar dades de la seva vida personal?

L'ús i manipulació de les dades pot reportar problemes ètics resultants de la privacitat i el consentiment d'ús i la seguretat de les mateixes. Segons la llei Europea del 2017, la propietat de les dades depèn de qui les recull en primera instància, això deixa a l'esportista sense la propietat de les mateixes, ja que són els clubs o les organitzacions que el representen qui les emmagatzemen en primera instància. També trobem exemples de pirateig o robatori de dades com el que ens il·lustra Evans et al. (2017) i que es protagonitzà per *hackers* russos als Jocs Olímpics de Rio 2016. Ells van publicar historials mèdics d'esportistes sembla ser que com a revenja de que Rússia fou expulsada de la mateixos Jocs Olímpics per dopatge dels esportistes russos.

Es fa necessari doncs, un marc de governança prou fort amb regulacions i estàndards integrals que dirigeixin l'ús de dades que aquests nous tipus de productes i tecnologies comporten. La Unió Europea ja desenvolupa a nivells de *Smart Textiles* observatoris de polítiques competencials i de relació de tots els agents que participen en la fabricació dels *Smart Textiles* a nivell europeu i també codis de bona conducta en nanotecnologia que ja fixen els marcs legals futurs. Cal dir, però, que a aquest nivell, de lleis, el desenvolupament de les mateixes és molt lent respecte la rapidesa de desenvolupament tecnològic. Això fa que hi hagi molts buits legals i les situacions

idònies per a què l'esportista quedi desprotegit en moltes de les situacions en què es pot trobar diàriament en el desenvolupament de la seva professió.

L'ideal seria que els atletes consentissin amb la signatura d'una documentació legal i estar tot regulat per contracte amb els seus clubs, haurien d'assegurar-se que hi ha una encriptació de dades i això inclouria també que la xarxa per on circulen les dades fos ben planificada i segura.

No hem d'oblidar que l'ús i abús d'aquest tipus de tecnologia pot comportar implicacions psicològiques negatives per a alguns atletes, posem per exemple el cas de Brian Buckle esportista de la *Canadian Football League* que explica Lindzon (2016). L'esportista declara que en èpoques que està monitorat 24/7 diu sentir-se observat com un "guinea pig" i la seva frontera entre vida personal i vida professional és clarament esborrada.

Per a un esportista, les prediccions en possibles algoritmes que creuin edat, forma física, dades biomètriques, historial de lesions poden jugar en la seva contra de manera que els clubs es plantegin contractar-lo o no depenent d'aquests resultats.

L'anomenat *fan experience* és un altre fenomen a destacar. Els *Smart Textiles* juguen un paper important en el fenomen *fan* i de seguidors oferint-los premis, descomptes, compres exclusives i també, dades. Un exemple clar el tenim en les actuals lligues de NBA i NFL on gràcies a aplicacions baixades als mòbils dels espectadors, poden conèixer les dades de velocitat, salts, tirs... en temps real o estadístiques de tota la Lliga. També és destacable el producte que ha desenvolupat l'empresa australiana SOLOS que gràcies als *Smart Textiles* es proposa lluitar contra la falsificació de roba esportiva de marques i clubs oferint al comprador experiències úniques i de valor afegit. Per al Club de Futbol Real Sociedad van desenvolupar una "bufanda intel·ligent" amb la qual l'afició pot gaudir mitjançant l'ús d'una app de premis, entrades i sortejos exclusius.

Derivat, doncs, de tot el procés d'anàlisi i gestió de dades, cal destacar també, el terme: *Technological doping* o "dòping tecnològic" que Evans i Guy (2017) anomenen en el seu article *Ethic, Nanobiosensors and Elite Sport: The Need for a New Governance Framework*. Està clar que el fet de recollir, emmagatzemar, analitzar i usar les dades per millorar el rendiment esportiu d'un esportista o d'un equip crea una clara desavantatge davant els equips amb pocs recursos per costejar-se el desplegament tecnològic que fa falta per fer-ho. Estem davant d'una desigualtat d'oportunitats per competir que, alhora, pot portar a considerar que no s'avaluen les habilitats de l'atleta o esportista sinó la força del sistema tecnològic que es tingui. Les competicions de ciclisme són un exemple clar d'aquest fet, ja que es poden modificar les ingestes de glucosa quan les dades recollides en temps real diuen als entrenadors quan aquests nivells estan baixant en el ciclista. Això fa que els subministrin una aportació extra de glucosa que pot ser la diferència entre guanyar o perdre la carrera.

Així doncs, avançar-se o no amb l'anàlisi de les dades pot comportar albirar unes tendències de futur a tenir en compte per aprofitar el màxim les avantatges de l'ús d'aquests teixits.

8. Principals tendències i canvis que pot comportar l'ús de les dades recollides per a aquests materials en l'esport d'alt rendiment

Els canvis i les futures tendències poden afectar tots els agents implicats en el món dels *Smart Textiles* i l'esport professional, és a dir, esportistes, entrenadors, clubs, seguidors, mitjans de comunicació i el producte en sí mateix.

L'esportista té una interessant oportunitat per potenciar la seva marca i carrera. Ha de saber qui és el propietari de les dades, com encaixa aquest tema en els seus contractes i com poder-les

protegir per a blindar la carrera davant possibles abusos en èpoques de dades dolentes. També pot crear fluxos d'ingressos ja sigui venent-les, cedint-les o creant els seus propis programes de *training* o *coach* esportius.

A més de vendre els seus valors i forma de vida, corre el perill que acabi venent la seva vida privada sense adonar-se. Hi ha esportistes que ja treballen acceptant la introducció de nano-sensors subcutanis per poder monitorar dia i nit i les seves dades biomètriques. Si l'esportista no té clar o no està regulat per llei el delicat fil que separa vida professional i vida privada, pot esdevenir una persona dedicada a l'esport professional i emmanillada a la seva carrera.

L'esportista com il·lustra Mons (2019) és, alhora: *performer*, *influencer*, *content creator*, *data vendor*, *embassador*, *entrepreneur* i *manager* d'ell mateix o dels altres. Davant seu té un gran desafiament que ben portat comportarà una valorització de la seva carrera esportiva en qualsevol època i un augment de diners.

Els entrenadors són davant d'un canvi total de paradigma en l'entrenament: ara les dades i la combinació d'algoritmes ajuden a predir lesions, decisions i possibles esdeveniments futurs. Tenen davant seu un desafiament gran per tal de què aquest fet no es mengi la seva pròpia intuïció professional i canviï totalment la relació amb els seus jugadors. No està davant unes peces que formen part d'un joc virtual sinó que són persones que cal també conèixer i tractar.

Els clubs tenen davant seu un potencial que els fa quasi predir amb total clarividència quins esportistes li poden funcionar i, per tant, fitxar-los, i quins no. La combinació de dades que poden aportar els algoritmes són capaces de predir un futur exitós o no en l'esport que els sigui competent, segons anàlisi biomètriques, possibles lesions, resultats anterior... Això facilita enormement la feina de *coolhunters* i *coachs dels clubs*; la feina que abans era una combinació d'anar a observar els jugadors/esportistes en el seu terreny de joc junt amb la intuïció la poden facilitar els algoritmes recollits per les dades compartides i /o venudes als clubs. Tal i com assenyala Oller (2020), aquesta figura d'observador s'està substituint per departaments de macro-dades compostos d'experts en diversos camps i disciplines per dirigir les eines tecnològiques i psicològiques implicades.

Els espectadors són davant el fenomen *fan experience* que proporciona unes noves motivacions per pertànyer a un club o seguir un esportista o altre. Aquesta qüestió es relaciona amb la construcció de la pròpia marca que farà l'esportista.

Els mitjans de comunicació tenen davant les dades un gran camp a explorar per construir les seves històries i continguts tant dins com fora els terrenys de joc i els estadis. Cal però, també una regulació acurada per poder determinar quines dades es poden "vendre" i difondre i quines no, quina regulació hi haurà entre mitjans i clubs o mitjans i marques o mitjans i esportistes o mitjans amb els tres alhora. Ja que és fàcil ara pensar com es poden cometre abusos i males praxis per una manca de regulació en aquest àmbit.

En l'àmbit del producte pròpiament dit tenim varies dificultats a superar que poden definir el futur dels *Smart Textiles* en l'esport professional d'una forma més o menys exitosa. La CE ha iniciat un programa de vigilància tecnològica que té com a objectiu estudiar, analitzar i millorar a nivell qualitatiu i quantitatiu la producció, el prototipatge, la manufactura i la cadena de valors implicada en tota la fabricació dels productes *Smart Textiles*. Si mirem Europa com un gran clúster de fabricació capaç de fer front a la producció americana i australiana (les més potents enguany), cal revisar els enllaços de la cadena i com agilitzar-la. Així mateix, la CE pretén recomanar polítiques

de regulació que facin que el sector estudiat esdevingui més competitiu. A Europa, els Instituts de Recerca es troben a Bèlgica o Alemanya i la producció a nivell electrònic es realitza als Estats Units, els integradors de sistemes són francesos ó belgues o finlandesos, tota aquesta varietat de localitzacions dificulta i alenteix enormement tot el procés de creació i disminueix la capacitat de ser més competitiu.

Europa és forta a nivell de recerca, desenvolupament de prototipus i integració dels elements electrònics en el tèxtil però, en canvi, la seva manufactura és a molt petita escala. Per què? Bàsicament per la manca d'inversió, l'alt cost del disseny i processament del producte i la poca demanda. La manca de estàndards també fa que els prototipus recullin i analitzin les dades de maneres diferents i això no homogeneïtza el mercat.

Si analitzem les xifres de l'informe observatori de la Comissió Europea (2017), en el mercat de *Smart Textiles* Europa aportà un 30% del mercat global del 2014 davant Nord Amèrica que posseeix el 40%. Un gran desafiament, doncs, es presenta aquí quant a futur d'aquest sector i dels productes.

Un altre dels problemes que han d'abordar els productes *Smart Textiles* són els seus problemes de reciclatge i d'impermeabilitat. El reciclatge és costós, difícil i caldria incloure dins els cicle de fabricació models adequats de disseny ecològic o verd que permetin estalviar energia, preservin el medi ambient i la salut humana.

Actualment, segons l'informe de l'European Environment Agency (2019), el 60% dels tèxtils de consum són sintètics, el polièster és la fibra més usada i produïda a partir de processos de carbó que requereixen més de 70 milions de barrils de petroli cada any. El 2017, Europa produïa 7,4 Kgs de tèxtil per persona que en consumien prop de 26 kg. Tota aquesta producció de tèxtil genera al voltant de 15 a 35 tones de CO₂ (per tona de tèxtil produïda) a més d'una gran producció de químics tòxics. El 2019 la Comissió Europea va identificar els tèxtils com una prioritat per treballar de cara a que el sector tèxtil esdevingui un negoci circular que impliqui els processos de disseny, producció, estoc i reciclatge, que sigui recolzada per polítiques i lleis i una educació (dels agents i dels consumidors) que impliquin canvis de comportaments i hàbits.

A totes aquestes escandaloses xifres sobre el món del reciclatge en el sector tèxtil, cal afegir-hi la dificultat de reciclatge dels components electrònics i nanopartícules dels *Smart Textiles* a més de la toxicitat d'alguns dels seus components de base com el grafè, la plata i els polímers.

Com esmenta Veske (2020) cal aportar solucions al que ells anomenen *EOL: end-of-life* o "final de vida" del producte, aquestes solucions s'han de planificar des de l'inici, des del disseny del producte, i requereix tipificar bé l'*EOL* de cada component dels *Smart Textiles*.

En aquest sentit, es considera també aportar a cada fase de la producció dels *Smart Textiles* un valor afegit que contribueixi a aquest reciclatge. Així s'han proposat solucions com: *STS* o *Smart Textile Services* que proposen al consumidor final solucions de reparació per tal d'allargar la vida dels productes i directament incidir en el medi ambient. Un altra proposta podria ser dissenyar una estratègia d'eco-disseny que ja consideri en aquesta etapa inicial com s'abordarà el reciclatge del producte que s'està dissenyant. També és imperatiu crear una legislació que ompli tots els buits que ara es troben. Cal unificar tots els camps implicats amb una correcta estandardització, amb fulls de ruta sòlids que incloguin accions preventives.

Quant a les dades, el desafiament és abaratir els costos d'emmagatzematge massiu de dades, que les mateixes ja s'integrin en la pròpia arquitectura del 5G i de l'*IoT*. Cal lluitar per preservar la privacitat de dades personals de possibles *hackers*: això requereix paràmetres d'autenticació encriptacions durant el transport/compartició de dades i vetllar pels fins comercials de tercers

aplicacions que poden introduir programes maliciosos en els emmagatzemadors de dades o en els smartphones dels esportistes. Ens trobem davant un desafiament en el desenvolupament de estàndards, vetllar per a què hi hagi diferents nivells d'estructuració de dades i compartició de les mateixes (tal i com es fa per exemple en el món de la sanitat) i que aquesta compartició depengui de si l'agent amb qui compartir-les fos el propi esportista, el centre de salut, el seu entrenador, el club, els aficionats....

La part ètica de les dades planteja els temes del consentiment en el seu ús, la confidencialitat i tractament de les mateixes i la transparència en tot els processos on s'utilitzin. També cal confiar i vetllar per la veracitat de les dades, aquí refereixo una anècdota de Vives (2020) a *La Vanguardia* en què la intel·ligència artificial usada en un partit de futbol va confondre la calvície de l'àrbitre amb la pilota, les màquines, doncs, també s'equivoquen i les dades podrien no ser fidedignes.

La recent utilitzada tecnologia *blockchain* també hi té un important rol en el futur de les dades en general i concretament les usades en l'esport professional. Tal i com ens mostra Mons,J.K. Al seu article *How will the Blockchain impact Sports* aquesta tecnologia incorpora seguretat i transparència en l'intercanvi de dades de manera que s'eliminen, també molts intermediaris com poden ser els advocats, necessaris en cas de litigi per problemes en les dades transferides. La tecnologia *blockchain* beneficiarà, entre d'altres agents, la venda d'entrades, la protecció de drets d'ús i propietat de les dades, la protecció front hackers o compartició no consentida de dades a tercers i l'oportunitat d'invertir en clubs o esportistes de forma segura, transparent i sense costos afegits.

I davant de tot aquest panorama, quin paper té el Professional de la Informació? Anem a dilucidar-lo detingudament.

9. El paper del Professional de la Informació en el món “*Smart Textiles* i esport professional”

Les habilitats i competències del Professional de la Informació van canviant segons la demanda laboral existent, com assenyala Morato et al. (2016) estudiant les competències demanades als perfils de Professionals de la Informació demanats a la xarxa laboral *Linkedin* ja s'observa un canvi de tendència del paper més tradicional d'aquest professional a un rol més digital i tecnològic (identificació de dades, anàlisi de la seva fiabilitat i relació entre elles). Evidentment, el Professional de la Informació pot aportar un paper clau en el tractament de les dades extretes dels productes *Smart Textiles*, és evident que els entrenadors i els mateixos esportistes no són analistes de dades i la majoria desconeixen aquest món.

En aquest sentit, l'article d'Oller (2020) dona pistes de què el Professional de la Informació pot ser recol·lector, analista, intèrpret i observador de dades i que constituirà una baula de l'equip de diversos experts que contribuiran a interpretar i donar el resultat de les dades que els esportistes ofereixen amb els nous teixits. De fet, Oller no només es refereix a aquests professionals, sino al fet de comptar amb un equip amb experts de diferents disciplines per poder interpretar el resultat de les dades aportades. Cal tenir en compte que a més, de les tècniques incloses en el *Machine Learning* i *Deep Learnig*, l'anàlisi de les dades extretes amb *Smart Textiles* inclouen altres tècniques de llenguatges naturals i algorismes on el Professional de la informació hi té cabuda, haurà d'estar, també, al dia pel que fa a veracitat de dades i estàndards i lleis sobre privacitat i gestió de dades.

10. Conclusió

Com es pot deduir del relat, som davant un món que és al seu estadi inicial. Els *Smart Textiles* s'han conxorxat amb la tecnologia per quedar-s'hi. Des del seu inicis als anys 90 del segle XX, han estat una tendència cada vegada més a l'alça que s'ha incrementat en el darrer decenni.

La implicació cada vegada més gran de marques esportives potents, diferents agents implicats i la gran quantitat d'avantatges i noves tendències que els *Smart Textiles* aporten a la pràctica esportiva professional, li poden donar l'empenta necessària per al seu òptim desenvolupament. Cal, però, una gran evolució de la producció, sobretot a nivell europeu. L'ús i incorporació de l'arquitectura *IoT*, seguida de la implantació del 5G i tecnologies com la de *blockchain* aportaran la veracitat, transparència i seguretat necessàries en les dades usades i el desenvolupament de estàndards i millores tècniques li conferiran el marc de governança adequat que encara necessita.

Són necessàries, també, més inversions i alhora més consciència de tots els agents implicats en aquest món de l'esport professional on les conductes ètiques s'inicien en el comportament de cadascú.

Les preguntes de l'inici de la recerca han estat abastament resoltes en el relat i, a més, s'albiren futures línies de recerca com:

- l'evolució dels productes, en què els mateixos tèxtils puguin transmetre les dades i també a nivell de estàndards i lleis que aportin una acurada homogeneïtzació per tal que en surtin beneficiats tots els sectors implicats en la fabricació i ús dels *Smart Textiles*,
- a nivell de recerca psicosocial esdevindrà interessant analitzar quines implicacions es poden trobar a nivell de comportament o canvis d'hàbits en els esportistes pel fet de ser contínuament monitoritzats. Aquests canvis d'hàbits impliquen també canvis dels seguidors dels esports donat que també usen a nivell cada vegada més actiu les dades extretes en partits, competicions o Jocs Olímpics,
- els conceptes de “doping tècnic” i “doping tecnològic” descrits durant l'estudi, deriven en futures possibilitats de recerca de marcs legals i ètics que evitin avantatges competitius d'uns esportistes davant els altres,
- tecnològicament el fet que els *Smart Textiles* avancin en la transmissió de dades des de la trama del teixit pot representar un gran canvi que sens dubte portarà una nova forma de mesurar i analitzar les mateixes,
- les tècniques de Intel·ligència Artificial i els algorismes seran complements indispensables per païr un volum de dades impossible de fer per un o varis professionals humans; en aquest camp es poden produir, sens dubte, canvis importants.

Allò que és clar, és que la tecnologia és per a ajudar l'esportista i el seu entorn professional no per treure-li habilitats ni formes de progressar professionalment. Aquesta és una idea que no es pot oblidar malgrat el camp que ens ocupa evolucioni d'una forma exponencial en els pròxims anys.

Bibliografia:

AEG (2014) *Adidas on Smart Clothing* https://youtu.be/k1VgJ_XPwHk

AHSAN, M; HON, S. T.; ALBARBAR, A. (2020) *Development of Novel Big Data Analytics Framework for Smart Clothing* (IEEE Access, vol. 8, pp. 146376-146394) <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015152>

BRADLEY, Quim (2012) *Fashion futures*, Merrell

DELLASSERRA, C. L.; GAO, Y.; RANSELLI, L (2014) *Use of Integrated Technology in Team Sports: A Review of Opportunities, Challenges, and Future Directions for Athletes*. (Journal of Strength and Conditioning Research: Volume 28 - Issue 2 - p 556-573) <http://doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a952fb>

EUROPEAN COMMISSION (2017) *KETs Observatory. Phase II* (pàg.7) https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/kets-tools/sites/default/files/documents/analytical_report_nr1_smart_textiles_for_sports_final.pdf

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2019) *Textiles in Europe's circular economy* <https://www.eea.europa.eu/themes/waste/resource-efficiency/textiles-in-europe-s-circular-economy>

EVANS, R., McNAMEE, M. & GUY, O. (2017) *Ethics, Nanobiosensors and Elite Sport: The Need for a New Governance Framework*. (Science and Engineering Ethics, 23,1487–1505) <https://doi-org.biblioteca-uoc.idm.oclc.org/10.1007/s11948-016-9855-1>

Fédération Internationale de l'Automobile FIA (2018) *New biometrics Gloves will be worn by every driver throughout the 2018 season* <https://www.fia.com/news/biometric-gloves-set-f1-debut>

Fédération Internationale de Natation (2017) FINA REQUERIMENTS FOR SWIMWEAR APPROVAL (FRFSA) <https://www.fina.org/sites/default/files/frsa.pdf>

FERNANDEZ-CARAMES, T. M.; FRAGA-LAMAS, P. (2018) *Towards The Internet of Smart Clothing: A Review on IoT Wearables and Garments for Creating Intelligent Connected E-Textiles*. (Electronics, 7, 405) <https://doi.org/10.3390/electronics7120405>

FISTER I., FISTER Jr. I., FISTER D. (2019) *Pervasive Computing in Sport*. In: *Computational Intelligence in Sports*. (Adaptation, Learning, and Optimization, vol 22. Springer, Cham) https://doi-org.biblioteca-uoc.idm.oclc.org/10.1007/978-3-030-03490-0_3

GREENSPAN, B. (2020) *Design and Initial Testing of an Affordable and Accessible Smart Compression Garment to Measure Physical Activity Using Conductive Paint Stretch Sensors* (Multimodal Technologies and Interaction Volume: 4 Issue 3) <https://doi.org/10.3390/mti4030045>

GUPTA, A.; DHIMAN, N.; YOUSAF, A ; ARORA,N (2020) *Social comparison and continuance intention of smart fitness wearables: an extended expectation confirmation theory perspective*. (Behaviour & Information Technology) [10.1080/0144929X.2020.1748715](https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1748715)

HAN, X.; MIAO, X. M.; CHEN, X.; JIANG, G.; NIU, L. (2019) *Research on finger movement sensing performance of conductive gloves* (Journal of Engineered Fibers and Fabrics Volume 14: 1) <https://doi.org/10.1177/1558925019887622>

HARBER, Edward. Portfolio <https://edwardharber.com/nike-swift-skin-2002-winter-olympics>

HE, C.; KORPOSH, S.; HERNANDEZ, F.U.; LIU, L.; CORREIA, R.; HAYES-GILL, B.R.; MORGAN, S.P. (2020) *Real-Time Humidity Measurement during Sports Activity using Optical Fibre Sensing* (Sensors 20, no. 7: 1904) <https://doi.org/10.3390/s20071904>

History of Competitive Swimwear https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_competitive_swimwear

HUGHES-RILEY, T.; DIAS, T.; CORK, C. A (2018) *Historical Review of the Development of Electronic Textiles*. (Fibers, issue, 6,3) <https://www.mdpi.com/2079-6439/6/2/34>

International Electrotechnical Commission https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:23:0::::FSP_ORG_ID:20537

ISMAR, E., BAHADIR, S. K., KALAOGLU, F., & KONCAR, V. (2020). *Futuristic clothes: Electronic textiles and wearable technologies*. (Global Challenges, 4(7)) <https://search-proquest-com.biblioteca-uoc.idm.oclc.org/docview/2423806530?accountid=15299>

KAPFUNDE, M (2019) *A Deep Dive With Fashion Tech O.G Pauline van Dongen*. <https://fashnerd.com/2019/07/pauline-van-dongen-fashion-tech-interview/>

KARIM, N; AFROJ, S.; TAN, S.; HE, Pei; ANURA, F; CARR, C. ; NOVOSLEOV, K. (2017). *Scalable Production of Graphene-Based Wearable E-Textiles*. (ACS Nano, 11-12, 1266-1275) <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsnano.7b05921>

KARIM, N.; AFROJ, S.; ISLAM, M. H. *Multifunctional graphene-based wearable e-textiles*. Manuscript submitted for publication (November 2020) <https://uwe-repository.worktribe.com/output/6834927/multifunctional-graphene-based-wearable-e-textiles>

KPA, A. & FUJIWARA, MASASHI & SUWA, HIROIKO & ARAKAWA, YUTAKA & YASUMOTO, K. (2019). *A Smart Glove to Track Fitness Exercises by Reading Hand Palm*. (Journal of Sensors. 2019. 1-19) <https://doi.org/10.1155/2019/9320145>

KUMAR TIWARI, S ; TOH CHIEN FEI, P; mCIAREN J.D (2013) *A Pilot Study: Evaluating the Influence of Knitting Patterns and Densities on Fabric Properties for Sports Applications* (Procedia Engineering vol 60 pag 373-377) <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.07.060>

LECOUTERE, J; PUERS,R (2016) *Tracking elite swimmers in real time with wearable low-power wireless sensor network* (Procedia Engineering vol 147 pag 627-631) <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.259>

LEMIRE,J (2018) *Strive Tech Compression Shorts Monitor Internal, External Training Load*. <https://www.sporttechie.com/strive-tech-compression-shorts-monitor-internal-external-training-load/>

LINDZON, J (2015) *Wearable tech will transform sport – but will it also ruin athletes' personal lives?* (The Guardian) <https://www.theguardian.com/technology/2015/aug/09/wearable-technology-sports-athletes-personal-lives>

LIU, H (2019) *Opportunities, challenges and Countermeasures for the development of China's sports industry in the era of big data*. Published under licence by IOP Publishing Ltd (Journal of Physics: Conferences Series, vol 1237, Issue 2) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1237/2/022012/meta>

LI, M., TORAH, R., NUNES-MATOS, H., WEI, Y., BEEBY, S., TUDOR, J., & YANG, K. (2020). *Integration and Testing of a Three-Axis Accelerometer in a Woven E-Textile Sleeve for Wearable Movement Monitoring*. Sensors (Basel, Switzerland), 20(18), 5033. <https://doi.org/10.3390/s20185033>

- MAXEY, Madison (?) *5 Questions About E-Textiles That You've Been Wanting to Ask*.
<https://fashnerd.com/2019/04/e-textiles-loomia-madison-maxey/>
- McQUAID; Matilda (2005) *Extreme Textiles: Designing for High Performance*, National Design Museum (New York)
- MEYER, D (2013) *The Need for Speed: How High-Technology Swimsuits Changed the Sport of Swimming*. (SwimSwan)
<https://swimswam.com/wp-content/uploads/2013/06/The-Need-for-Speed-How-High-Technology-Swimsuits-Changed-the-Sport-of-Swimming.pdf>
- MONS, J.K (2019) *The evolving modern athlete* (Sport Tomorrow, future and innovation of sports, issue: December)
https://sporttomorrow.com/the-evolving-modern-athlete/?doing_wp_cron=1607163186.5782749652862548828125
- MONS, J.K (2020) *4 awesome reasons why smart textiles improve athlete performance* (Sport Tomorrow, future and innovation of sports, issue: March)
https://sporttomorrow.com/4-awesome-reasons-why-smart-textiles-improve-athlete-performance/?doing_wp_cron=1606860727.366728067398071c2890625v
- MONS, J.K (2019) *How will the Blockchain impact sports* (Sport Tomorrow, future and innovation of sports, issue: December) https://sporttomorrow.com/how-will-the-blockchain-impact-sports/?doing_wp_cron=1607261894.7766509056091308593750
- MONDAL, K. (2018) *Recent Advances in Soft E-Textiles*. (Inventions, issue 3, 23- pàg 10)
<https://www.mdpi.com/2411-5134/3/2/23>
- MORATO, J; SANCHEZ-CUADRADO, S; FERNANDEZ-BAJON, J.M. (2016) *Tendencias en el perfil tecnológico del profesional de la información*. (*Profesional De La Información*, 25(2), pàg 168-17) <https://doi.org/10.3145/epi.2016.mar.03>
- MULATIER, S.; NASRELDIN, M.; DELATTRE, R.; RAMUZ, M.; DJENIZIAN, T. (2018) *Electronic Circuits Integration in Textiles for Data Processing in Wearable Technologies* (Advanced Material Technologies, vol3 issue3) <https://doi-org.biblioteca-uoc.idm.oclc.org/10.1002/admt.201700320>
- NEWCOMB, T (2016) *Locked in: Compression the most crucial aspect for Olympics Swimsuits*
<https://www.si.com/olympics/2016/07/13/tech-behind-those-olympic-swimsuits-rio-michael-phelps>
- O'CONNELL, M (2018) *Wearable Technologie and the Futur of Professional Sports*
<https://medium.com/@meaghanneoconnell/wearable-technologie-and-the-future-of-professional-sports-1bc4fe99df69>
- OGIANO, L; BROWNLIE, L; TROYNIKOV, O; M BARDAL, L; SAETER, C; SAETRAN, L (2013) *A Review on skin suits and sport garment aerodynamics: guidelines and state of the art* (Procedia Engineering vol 60 pag 91-98) <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.07.018>
- OKS, A., KATASHEV, A., EIZENTALS, P. *et al.* (2020) *Smart socks: new effective method of gait monitoring for systems with limited number of plantar sensors* (Health and Technologie 10, 853–860) <https://doi.org/10.1007/s12553-020-00421-w>
- PAILES-FRIEDMAN,Rebeccah (2016) *Tejidos inteligentes para diseñadores: Inventando el futuro de las prendas*. Parramón (Barcelona)

- PARK, S.; CHUNG, K.; JAYARAMAN, S. (2014) *Wearables: Fundamentals, Advancements, and a Roadmap for the Future* (Wearable Sensors. Fundamentals, Implementation and Applications, chapter 1.1, pages 1-23, Academic Press)
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418662-0.00001-5>
- PEPPET, S. R. (2014). *Regulating the internet of things: First steps toward managing discrimination, privacy, security, and consent.*(Texas Law Review,93(1), 85-176) <https://search-proquest-com.biblioteca-uoc.idm.oclc.org/docview/1636877419?accountid=15299>
- REYNOLDS, T (2018) *Is NBA's wearable technology too invasive for players?*
<https://www.sportspromedia.com/opinion/solos-wearable-tech-protecting-sport-brands-fan-experience-sociedad-fashion>
- OLLER, S (2020) “*Las industrias del deporte y la salud no son inmunes al uso de los macrodatos y la inteligencia artificial*” (UOC News, Entrevista).
<https://www.uoc.edu/portal/es/news/entrevistes/2020/061-big-data-salut-esport-genera.html?s=16>
- SONG, W., XU, M., & DOLMA, Y. (2019). *Design and Implementation of Beach Sports Big Data Analysis System Based on Computer Technology.* (Journal of Coastal Research,327-331)
<https://www.jstor.org/stable/26853959>
- SportsPro (2109) *The Wearable tech that is protecting Sports Brands and revolutionising the Fan Experience.* <http://sportspromedia.com/opinion/solos-wearable-tech-protecting-sport-brands-fan-experience-sociedad-fashion>
- SUÁREZ, S.J (2019) *Wearables: la ropa del futuro* <https://hombres21.com/wearables-la-ropa-del-futuro/>
- The evolution of the Swift Swit* by NIKE (2016) <https://news.nike.com/news/evolution-of-the-nike-swift-suit>
- USC Univerity of Southern California (2020) *Wearables and analytics are changing the game for athletes and their care providers* <https://hscnews.usc.edu/wearables-and-analytics-changing-the-game-for-athletes-and-their-care-providers>
- VESKE, P., LLEN, E. (2020) *Review of the end-of-life solutions in electronics-based smart textiles.* (The Journal of The Textile Institute) <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1825176>
- VIVES, J. (2020) *La inteligencia artificial arruina un partido de fútbol al confundir la calva del árbitro con la pelota* (La Vanguardia, Nuevas Tecnologías)
<https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20201030/4976430958/inteligencia-artificial-arruina-partido-futbol-confundir-calva-pelota.html>
- WARD, C. G (2019) *Wearable technology in sport.*
<https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=667649ac-ee4f-4d19-89dc-af028a37fd92>
- WHARTON University of Pensylvania (2017) *the NBA's Adam Silver: How Analitics Is transforming Basketball.* <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/nbas-adam-silver-analytics-transforming-basketball/>
- Wikipedia: *400 metres llisos*
https://ca.wikipedia.org/wiki/400_metres_llisos#Millors_marques_femenines
- Wikipedia: *Arena X- Glide* https://en.wikipedia.org/wiki/Arena_X-Glide#Technology