

# توظيف الوشم الإلكتروني لإثراء تحليلات التعلم داخل البيئات الذكية

أ.د. خالد فرجون

أستاذ تكنولوجيا التعليم بكلية التربية جامعة حلوان



الجمعية المصرية للكمبيوتر التعليمي  
Egyptian Association for Educational Computer

## المجلة العلمية المحكمة للجمعية المصرية للكمبيوتر التعليمي

المجلد العاشر - العدد الثاني - مسلسل العدد (20) - ديسمبر 2022

موقع المجلة عبر بنك المعرفة المصري <http://eaec.journals.ekb.eg>

العنوان البريدي: ص.ب 60 الأمين وروس 42311 بورسعيد - مصر



معرف هذا البحث الرقمي DOI: [10.21608/EAEC.2022.152672.1094](https://doi.org/10.21608/EAEC.2022.152672.1094)



رقم الإيداع بدار الكتب 24388 لسنة 2019



ISSN-Print: 2682-2598

ISSN-Online: 2682-2601

2022-08-10	تاريخ الإرسال
2022-08-10	تاريخ القبول
2022-12-01	تاريخ النشر





## توظيف الوشم الالكتروني

### لإثراء تحليلات التعلم داخل البيئات الذكية

أ.د. خالد فرجون

أستاذ تكنولوجيا التعليم والمعلومات المتفرغ بكلية التربية – جامعة حلوان  
(رئيس القسم ووكيل الكلية لشئون التعليم وقائم بعمادة الكلية سابقاً)

ورقة عمل مقدمة للمؤتمر العلمي الثاني عشر (محلياً) – العاشر (دولياً) تكنولوجيا التعليم  
والثورات الصناعية المعاصرة 24-25 يوليو 2022 بمدينة بورسعيد

قد يكون موضوع هذه الورقة خارج إطار واقعنا التعليمي الحالي، وهنا دعوني أحلم معكم بأن تتوفر هذه التقنية داخل مؤسساتنا التعليمية. بهدف توفير احتياجات ابنائنا، دون أن نجعل قياس ما بداخلهم ذنب لاكتشاف نقاط ضعفهم.

لا شك أن الوشم الالكتروني على البشرة، وما يحمله من موصلات لنقل البيانات والمعلومات، يعد تقنية مبتكرة تمكن الشخص من التواصل بالعالم الخارجي، مع نقل البيانات والمعلومات عن ذاته.

ربما يظن البعض أن التقنية؛ موجه جديدة ستأخذ وقتها وتخرج لتأتي ما بعدها، لكن الحقيقة غير ذلك فنحن في الطريق لفكر جديد لحل اغلب المشكلة التعليمية. ولذا فهذه الورقة مدخل للحديث عن تحليلات التعلم وفق احتياجات النظم الذكية، وربط هذه البيئات بالتحليلات عبر الوشم الالكتروني، واستعراض للمواد الذكية لهذه المقاييس، وتأكيد لنشأت هذه التقنية وفئاتها المختلفة، وخاصة القابلة للذوبان. وتختتم الورقة بالحديث عن كيفية توظيف هذه التقنية في التعليم والتحديات المواجهة لها.

الكلمات المفتاحية: الوشم الالكتروني – تحليلات التعلم – البيئات الذكية

### Employing electronic tattoos to enrich learning analytics

#### within smart environments

A working paper presented by Dr. Khaled Fargoun - Professor of Education and Information Technology, , Helwan University, for the 12th (locally) - 10th (international) Scientific Conference, Educational Technology and Contemporary Industrial Revolutions, 24-25 July 2022 in Port Said

this paper may be outside the framework of our current educational reality, and here let me dream with you that this technology is available within our educational institutions. In order to provide for the needs of our children, without making measuring what is inside them a sin to discover their weaknesses.

There is no doubt that electronic tattoos on the skin, and the connectors it carries for transmitting data and information, are an innovative technology that enables a person to communicate with the outside world, while transmitting data and information about himself.

Some might think that technology; A new wave will take its time and come out to come after it, but the truth is otherwise, we are on the way to a new idea to solve most of the educational problem. Therefore, this paper is an introduction to talk about learning analyzes according to the needs of smart systems, linking these environments with analyzes through electronic tattoos, a review of smart materials for these standards, and confirmation of the emergence of this technology and its various categories, especially the soluble ones. The paper concludes by talking about how to employ this technology in education and the challenges facing it.

Keywords: electronic tattoos - learning analytics - smart environments

المقدمة:

قد يكون موضوع هذه الورقة البحثية في الوقت الحالي خارج إطار واقعنا التعليمي، ولكن ربما يتغير الحال في السنوات القليلة القادمة، وهنا دعوني أحلم معكم بأن تتوفر هذه التقنية في أقرب وقت داخل مؤسساتنا التعليمية، ويحقق كل متعلم رغبته واحتياجاته. أننا نسعى معاً لتوفير احتياجات ابنائنا، وفق ميولهم واستعداداتهم، وفق ما يدور بداخلهم، وبطرق ممتعة وفعالة، دون أن نفرض عليهم قيود فيما يرغبون في تعلمه، دون أن نجعل قياس ما بداخلهم ذنب لاكتشاف نقاط ضعفهم، وصولاً إلى أنسب ما يجب أن يعرفوه وفق احتياجاتهم ومتطلبات مجتمعتنا في ظل الثورات الصناعية القادمة.

علينا أن نهيب بينتنا التعليمية بصورة فعالة وممتعة، وأن نفتنص ما يدور داخل اذهان أولادنا بطريقة محببة لديهم، ولا نعتمد على أدوات القياس التقليدية أو المعقدة المليئة بالوصلات السلوكية من خلال عديد من الأجهزة الصلبة كبيرة الحجم المتصلة ببطاريات ثقيلة لمتابعة تغيرات

قد تحدث في سلوكهم، كل هذا رغبة في الحصول على كم من البيانات لاستخدامها في إنشاء بيانات تعليمية تتلاءم وفق احتياجاتهم.

ورغم أهمية هذه البيانات داخلهم ورغبتنا في جمعها وتحليلها تحت ما يسمى بالتحليلات التعليمية Learning analytics ، يجعلنا نتساءل .. هل فكرنا في الجانب النفسي للمتعلم وفي دقة هذه المعلومات ومصادقيتها بطرق القياس التقليدية كالاستبيانات او المقابلات؟، هل فكرنا في التكلفة الفعلية والوقت الذي يخصص لكل متعلم؟، وكيف نوفر لكل متعلم جهاز أو أكثر بحوزته... جهاز معلق على صدره أو في أي مكان اخر لمتابعته؟، غالباً ما تكون الإجابة؛ بأن الامر صعب، بل ومكلف، وكذلك لا يمكن أن يتحقق إلا في أضيق الظروف.

إذا كانت الدولة تسعى لتطوير التعليم بتوفير "جهاز لوحي Tablet" لكل متعلم في بعض المراحل التعليمية، وإنها واجهت العديد من المشكلات التقنية ، وإذا افترضنا أن الامكانيات توفرت لإتاحة هذا الجهاز لكل متعلم؛ فقد تتولد مشكلات اخرى كالصيانة واحتفاظ المتعلم بالجهاز في حقيبتها، وكذلك صعوبة تحديث إصداراته، نهيك عن مشكلة البطارية وعمرها الافتراضي ونقل وزنها وما شابه ذلك من مشكلات تتعلق بتلف المواد المصنعة لهذا الجهاز، وحتى لو كان الشخص ميسور الحال فإن ضياع هذا الجهاز أو صعوبة الوصول اليه يسبب مشكلات مستمرة...، كلها أمور تجعلنا نسأل انفسنا ونحلم معاً ماذا لو كان بإمكاننا طباعة واجهة هذا الجهاز اللوحي أو الهاتف أو ربما الساعة الذكية على معصم المتعلم أو ربما على أي جزء من بشرته. كم منا سيذهب بعد ذلك لشراء طباعة ليزر؟ ويحتفظ بها في منزله ويحصل على كل التحديثات لهذا الهاتف أو غيره بصفة مستمرة عبر الانترنت أو ربما لو لم تتح هذه الامكانية للمتعلم لخصص مكان لها داخل المدرسة أو الكلية، بل ربما بدى الى اذهان كثير منا، هل بالإمكان طباعة كل ما يخطر في بالنا من أجهزة الكترونية على بشرتنا؟.... إنها فكرة غريبة نوعاً ما حتى وقتاً قريب.

لا شك أن الطباعة الكترونية بأحبار خاصة على البشرة والتي تسمى "الوشم الالكتروني E. Tattoo" وما تحمله من موصلات لنقل البيانات والمعلومات، تعد تقنية جديدة مبتكرة تمكن الشخص من التواصل بالعالم الخارجي، بل تصبح وسيلة لنقل البيانات والمعلومات عن هذا الشخص ذاته ، ويصبح هذا الوشم الالكتروني وسيط دقيق لنقل هذه البيانات لجهة ما لتحليلها، بل سيصبح هذا الوشم طريق لتلقي البيانات والمعلومات من خلال الجسم مروراً بإنترنت الأشياء وما تحمله داخلها من مصادر للمعلومات المتصلة بالحوسبة السحابية ومصادر التعلم القائمة على البيانات الكبيرة ، للحصول على كم من المعلومات قد تعدل في سلوكه في موقف محدد، بل قد تجعل هذا الشخص أيضاً مصدر للمعلومات لتعديل سلوك شخص آخر في مكان بعيد وفق تقنية brain to brain interface . كل هذه الاسئلة والخواطر قد تكون قابلة للتعميم في السنوات القليلة القادمة وبالتحديد لخدمة البيانات التعليمية المدمجة بنمطها الالكتروني والحقيقي، وتكون طفرة حقيقية للارتقاء بتحليلات التعلم لزيادة إيجابية المتعلمين وتفاعلهم المثمر في البيئات التعليمية التكيفية.

قد يكون حديثي هذا ملزم عندما يقترن الأمر بالإسعافات الطبية الاولية، خاصة عندما يقع حادث ما، ولا يستطيع المصاب أن يتصل بسيارة الإسعاف، ولا يمكن ان يسعفه أحد، بل يتعين إذا

ظهرت السيارة أن تنقله الى المستشفى وأن ينتظر لحين إجراء الإسعافات الأولية طوال الطريق، وقد يستغرق الأمر ساعات قبل أن يتم إجراء أي إسعاف حقيقي. ولكن إذا كان لدى هذا المريض جهاز رقمي بيولوجي مطبوع واجهته على بشرته، متصلة بذاكرة بسيطة وخط تليفون مخزن عليه أرقام الإسعاف، ويستعين ببطارية رقمية صغيرة للغاية أو ربما بكهرباء الجسم، وأن واجهته هذا الجهاز المطبوع على بشرته متصلة بالقلب مثلاً وبعض الأجهزة الهامة كالدماع، وأن هذه الواجهة يمكن أن تنقل أهم البيانات للجهة المعنية، أعتقد سيصبح الأمر أسرع وأيسر، وإذا كانت هناك إمكانية لإحضار الأجهزة المناسبة لموقع الحادث وفق ما وصل للمستشفى من معلومات عبر هذا الوشم الإلكتروني، دون الحاجة لانتظار المريض بحيث توظف البيانات المنقولة لتجهيز العلاج المناسب والسريع في موقع الحادث.

اعتقد إننا بحاجة لمثل هذه التقنية في الحقل التعليمي، فقد يواجه المتعلم مشكلة ما في فهم موضوع محدد وقد يخرج من الإفصاح عنها، وبالتالي توقعه مشكلته عن تحقيق أهدافه والتي لا يعلم عنها المعلم لعدم توفر أداة القياس المناسبة، بل قد يقل نشاط هذا المتعلم داخل البيئة التعليمية دون أن نعرف ما السبب، ولكن من خلال الاتصال المباشر عبر الوشم الإلكتروني بوحدة معالجة البيانات عبر الانترنت والمسئولة وفق الأنظمة الذكية والقائمة على الانظمة الخبيرة، يمكن اكتشاف المشكلات وإيجاد الحلول لها بالتعاون مع الجهات المعنية بذلك، ومن ثم إبلاغ المعلمين في البيئة التعليمية التكيفية لتدارك ذلك. كما يمكن أن تهئئ للطلاب في أسرع وقت ممكن البيئة التكيفية المناسبة بما تحمل داخلها من مصادر تعليمية متنوعة بحيث يصل للمتعلم بما يريجه من هذه البيئة دون الحاجة لاستخدام وسائل وأدوات تقليدية غالباً ما تبوء بالفشل وعدم الدقة، ومن ثم عدم التشخيص الجيد للمشكلة ومن ثم صعوبة حلها في الوقت المناسب.

لا شك أن العائد مما سبق سيكون كبير، إذا أحسن توظيفه، فكل هذه التقنيات ستؤدي إلى طفرة لما بعد عصر الكمبيوتر، اننا سننتقل بشكل أساسي من البيئات التعليمية الرقمية الى البيئات الرقمية التكيفية، من مصادر التعلم ثنائية الابعاد الى المصادر الذكية ثلاثية الابعاد، من قدرات الرقائق الدقيقة الى الدوائر المتكاملة المتصلة عن بعد عبر انترنت الاشياء، سنخرج من إطار الاتصال الالي الى الاتصال البيولوجي والالي معاً، حيث الدمج والتكامل بينهما. قد تظهر بعض المشكلات المتعلقة بالخصوصية أو الأخلاق، ولكن أغلبها سبق طرحه في الأنظمة الرقمية وفي أنظمة التواصل الاجتماعي ووجهها المتخصصين بالعديد من الحلول وانظمة الامان.

ربما يظن البعض أن ما نحن بصدد الحديث عنه موجه لتقنية جديدة ستأخذ وقتها وتخرج لتأتي ما بعدها، لكن الحقيقة غير ذلك فنحن في الطريق لفكر جديد استمر التجهيز له عدة سنوات، وربما سيكون فكر لحل العديد من المشكلة التعليمية المتراكمة، يشارك فيه عدة علوم ومجالات ولكنه في البداية سيخدم المجال الطبي وصولاً الى المجال التعليمي لحل مشكلات لدى كثير من المرضى وبعدهم المتعلمين. ولا شك أن أهم الأدوار التي ستؤديها تقنية الوشم الإلكتروني هي دقة جمع البيانات ومصادقيتها عن المتعلم لإعادة تحليلها وتوظيفها لتهيئة البيئة التعليمية التكيفية للمواقف المختلفة دون معاناة للمتعلم.

## تحليلات التعلم:

نحن نعيش في مجتمع يحركه البيانات ويزداد هذا الأمر وضوح في السنوات القليلة الماضية، ولا شك أن المرجع الحقيقي والدقيق لكافة المجالات بداية من السياسيين وصناع القرار والصحفيين وصولاً إلى الأطباء والتربويين يرتبط بالمعالجة المستمرة للمواقف وتحليل البيانات المكتسبة التي تشمل مجموعة الأدوات التحليلية المتقدمة (الإحصاء، استخراج البيانات، التحليلات التنبؤية، التعلم الآلي، التعلم العميق، تعلم التعزيز) والتي يستخدمها المعلم ومن معه في البيئات التعليمية الذكية لجمع البيانات وتحليلها عن المتعلمين المترددين على البيئة التعليمية الذكية حتى توظف للكشف عن كافة البيانات اللازمة لنجاح دوره في الوصول بهذه البيئة بأعلى درجات التكيف وذلك بهدف تعزيز قيمة الإجراءات الحاسمة داخلها.

هناك العديد من العوامل التي عززت اهتمام المؤسسات بتحليلات التعلم، والتي أصبحت تعد أحد أبرز الطول المثلى لمشاكل التعليم وتحسن الأداء، نظراً لقدرتها على إتاحة الفرصة أمام المعلمين للتحديد السريع لأنماط سلوك المتعلمين والتعرف على طبيعة مراحل تطورهم، بالإضافة إلى قدرتها على توفير البيانات الأفضل وتجميع البيانات بشكل فوري؛ وقياسها وتحليلها بهدف فهم عملية التعلم داخل هذه البيئات. لذا فتحليلات التعلم توفر فرصاً كبيرة للمؤسسات العاملة في المجالات المختلفة. ونظراً للتقنيات المتطورة التي لها تأثير كبير على التعلم الإلكتروني، فهناك مجال واسع من الاحتمالات الجديدة.

وتعتبر تحليلات التعلم، إذا أحسن استخدامها، وسيلة ذكية لجمع البيانات، وأحد أهم الاتجاهات الحديثة لتحسين الاداء في جميع المستويات، ولذا فإن توفر برامجها ستوفر أساليب متنوعة لمراقبة أداء المتعلمين، بالإضافة إلى توفير الأدوات التي تشجع التحسين المستمر لعناصر هذه البيئات. وينصب التركيز الأساسي لتحليلات التعلم على تطوير الهياكل التي تساعد على ضبط المحتوى ومستويات الدعم التعليمي وغير ذلك من الخدمات المخصصة من خلال التقاط البيانات ومعالجتها وإعداد التقارير عنها والعمل وفقاً لها (Casañ, M. J., 2018, p.294).

ورغم وجود الكثير من فوائد تحليلات التعلم، إلا أن هناك العديد من التحديات أيضاً. على سبيل المثال، عدم قدرة منصات التعلم بطريقة سهلة في التقاط سلوك المتعلمين لدعم تجارب التعلم بدقة. كما أن العامل الآخر هو إيجاد العلاقة بين أنماط البيانات وسلوك المتعلمين. بالإضافة إلى ذلك، تعد إدارة خصوصية البيانات مصدر قلق كبير أيضاً.

لذا فإن استثمار تحليلات التعلم في فهم الظروف الداخلية والخارجية للمتعلمين، إذا أحسن اختيار الطريقة المناسبة في جمع المعلومات، يمكن أن تقدم عرضاً أكثر تفصيلاً للطريقة التي يتفاعل بها المتعلم مع محتوى التعلم، وكيفية تعامله معه، ولكي تحظى تطبيقات تحليلات التعلم بالدقة في جمع البيانات كان من الضروري البحث عن وسائل تقنية متقدمة وبسيطة وغير مزعجة وغير مكلفة ومقبولة لدى المتعلم.

وإذا كانت تحليلات البيانات؛ علم يجب أن يوظف في أي صناعة، فإن التعليم، أو الأوساط الأكاديمية بشكل عام، ليست استثناء من هذا الاعتماد على البيانات، وذلك لتحسين نتائج التعلم



والخبرة، ولذا تعتبر تحليلات التعلم وفق الأساليب التقنية الجديدة والدقيقة تعد بمثابة خط بحث ناشئ في مجال تكنولوجيا التعليم إذا أحسن توظيفه ستنتقل البيانات التعليمية الى أفضل ما نتمناه وتحقق أهدافها بأسرع وقت. خاصة وأن جوهر استقلالية المتعلم وحرية تعتمد في المقام الأول في الحصول على أفضل البيانات ودقتها، وهذا يرتبط كثيراً بالأساليب المناسبة التي تسخر هذه البيانات التعليمية لدعم عملية التعلم، مع الأخذ في الاعتبار وجود العديد من أنواع البيانات التعليمية (Amo- Filvà, D. A.& at al., 2018, P.675).

ولذا فإن تحليلات التعلم باستخدام نظم حديثة كالوشم الالكتروني تعد طفرة تكنولوجية دقيقة، إذا أحسن استخدامها حيث ستسهل قياس وجمع البيانات حول المتعلمين، بهدف تحسين التعلم والبيئات التي يحدث فيها. وقد نوه عنها "جورج سيمنز" منذ عام (2010) "بأن تحليلات التعلم وسيلة لجمع البيانات التي ينتجها المتعلم لاكتشاف المعلومات المناسبة والوصول لأنسب الروابط الاجتماعية والتنبؤ بالتعلم وتقديم المشورة، والتي من شأنها أن تأخذ بيئات التعلم الى مكانه أفضل.

كما شمل تقرير الأفق للتعليم العالي "بلوس أنجلوس" في إصدارات مختلفة لنفس التنويه، ففي تقرير عام (2011) أشار أن تحليلات التعلم، إذا أحسن التدقيق في اخذها، وأحسن تفسير بياناتها وجمعها نيابة عن المتعلمين ستساعد كثيراً في تقييم التقدم الأكاديمي والتنبؤ بالأداء المستقبلي وتحديد المشكلات المحتملة للطلاب المترددين على هذه البيئات (Johnson, L.& at al., 2011).

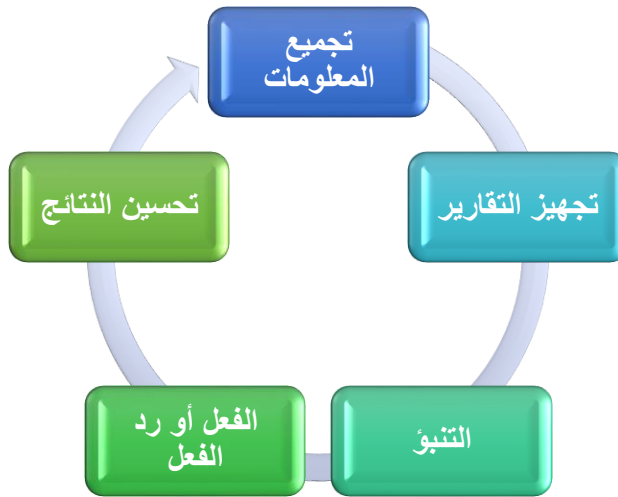
كما اشارت "جمعية تحليلات التعلم" The Society for Learning Analytics (SoLAR) "أن جملة العمليات المسؤولة عن قياس وجمع وتحليل واعداد التقارير من البيانات عن المتعلمين والمقررات التعليمية، تعد مطلب ضروري لتهيئة وتحسين البيئات التعليمية، وأن اختيار أنسب التقنيات لجمعها سيكون خيراً طريق، كما أن البحث عن أنسب الأساليب المريحة للمتعم سيبسر توظيفها داخل البيئة بحيث تتكيف نتائجها وفق احتياجات المتعلمين فتصبح البيئة بما فيها من عناصر وادوات وإمكانيات قابلة للتعميم بناء على الأسس الشخصية القابلة للتكيف مع الفروقات الشخصية بين المتعلمين، وأن هذه التحليلات لا يمكن أن تحقق الأهداف المرجوة دون توفر الأساليب المناسبة لتحصيلها" (Siemens, G. , 2010).

### مراحل تحليلات التعلم:

ترتبط مراحل تحليلات التعلم بالأهداف التي جاءت من اجلها لذا تتحدد هذه الاهداف في التنبؤ prediction حيث يكمن ذلك في التعرف عما سيحدث للمتعم قبل دخوله البيئة التعليمية من خلال جمع البيانات عنه وعن أسلوبه المعرفي وقدراته العقلية وغيرها، ومن ثم التجهيز لتكيف عناصر البيئة معه لمساعدته في الوقت المناسب، ثم التشخيص personalization من خلال دراسة حالة المتعلم وتقديم مواد دراسية تناسب أسلوب تعلمه، وبعدها تأتي عملية التدخل intervention من خلال توفير المعلومات المناسبة للمعلمين في الوقت المناسب لمساعدتهم في تحسين ظروف المتعلمين، واخيراً تصوير المعلومات information visualization وهي لوحة قيادة توفر معلومات حول العملية التعليمية بأكملها وتعديل وفق البيانات التي يتم جمعها عن المتعلم ومصادر المعلومات.

وبصفة عامة هناك عدة أنواع مختلفة من تحليلات البيانات، تختلف حسب احتياجات البيئة التكيفية، ومنها التحليلات الوصفية، والتحليلات التشخيصية، والتحليلات التنبؤية، والتحليلات الوصفية، كما تتعدد النماذج المرجعية لهذه التحليلات، ولكنها تعتمد على العملية التحليلية والتي انحصرت في دورة تكرارية تتكون عادة من خمس خطوات رئيسية: اولها جمع البيانات؛ ثم المعالجة المسبقة للبيانات؛ ثم التحليلات، تليها ما بعد المعالجة؛ واخيراً اتخاذ القرار والتي تتطلب مشاركة بشرية قائمة على تصور البيانات المعالجة.

كما تهتم تحليلات التعلم بتحليل عدة عناصر هي: تحليل المحتوى Content analysis وخاصة ما ينشئه المعلم، وتحليل المقررات Discourse analytics التي تهدف إلى استنباط بيانات مفيدة من خلال تحليل لغة تفاعل المتعلمين فيما بينهم، وتحليلات التعلم الاجتماعي Social learning analytics والتي تحلل دور التفاعل الاجتماعي في التعلم واهمية شبكات التعلم والمحاضرات التي تعطي معاني للتعلم. وتحليلات التغيير Disposition analytics والتي تبحث وتحلل البيانات المتعلقة في فهم المتعلم لمقدراته التعليمية وعلاقتها بالتعلم، كما حدد "كامبل وزملاءه" (Campbell, DeBlois and Oblinger, 2007) خمس خطوات أساسية لتحليلات التعلم هي:



شكل ( 1 ) خطوات تحليلات التعلم

## 1- جمع المعلومات والمعالجة المسبقة:

تعد مرحلة جمع البيانات هي جوهر عمليات تحليلات التعلم، كما تعد اختيار الأداة المناسبة وغير المكلفة والتي لا تحمل أعباء على المتعلم هي الحل الأمثل، حيث يتم جمع البيانات من المتعلم ومن بيئات وأنظمة تعليمية مختلفة، وتعتبر هذه الخطوة ضرورية لاكتشاف النمط الناجح والمفيد من البيانات، وقد تكون البيانات التي تم جمعها كبيرة جداً أو تنطوي على العديد من

السمات أو الخصائص غير ذات الصفة، ومن ثم فقد تتطلب المعالجة المسبقة للبيانات والتجهيز لنقلها الى وحدة المعالجة إجراءات معقدة.

## 2- تجهيز التقارير:

يشار إليه أيضا بتجهيز بيانات التقارير، حيث تتم المعالجة المسبقة للبيانات لتحويلها إلى صيغ مناسبة يمكن استخدامها كمدخل لتجهيز التقارير التي يمكن توظيفها فيما بعد لخطوات لاحقة من تحليلات التعلم، ويمكن اللجوء إلى العديد من الأساليب، حتى يمكن المعالجة المسبقة للبيانات وفقاً للحاجة في هذه الخطوة.

## 3- التنبؤ:

تحدد هذه المرحلة في ضوء التقارير حيث يمكن لفريق العمل التنبؤ بما سيحدث للمتعلم أثناء تعامله مع البيئة وكذلك التنبؤ بنوعية مصادر التعلم والمواد التعليمية اللازمة له وهذا ما ييسر على البيئة من التكيف مع احتياجات المتعلم.

## 4- الفعل ورد الفعل:

غالبا ما تأتي هذه المرحلة عند تعامل المتعلم مع البيئة التكيفية حيث ينتظر النظام التعليمي للبيئة؛ تقبل المتعلم لعناصر هذه البيئة من مصادر ومحتوى تعليمي، وفي ضوء درجة إيجابية المتعلم أو ربما سلبيته يكون رد فعل البيئة وفق الأنظمة الذكية الواردة من النظام، للحكم على سوك المتعلم لنقله الى مرحلة تالية داخل البيئة أو ربما عودته مره أخرى للعلاج، واختيار مسارات مختلفة.

## 5- تحسين النتائج:

يتم فيها تنقية وتكامل البيانات، واختزال بعضها أو الاستغناء عنها، ونمذجتها، بهدف الوصول بالبيئة التعليمية الى أفضل النتائج لتحسين عناصر البيئة التكيفية (García-Peñalvo, F. J. & at al.,2018, p23).

## البيئات الذكية:

هي تلك البيئات القائمة على المستشعرات والأجهزة غير المرئية والمرتبطة ببعضها البعض، والمتصلة بشبكة دائمة مستمرة من أجل التفاعل المستمر، مما يسهل على المستخدمين التحكم فيها وفق ما سجلته عنهم من بيانات. وتتراوح أنواع هذه البيئات من الخاص إلى العام ومن الثابت إلى المحمول، وقد يكون بعضها سريع الزوال والبعض الآخر دائم، وبعضها يتغير خلال فترة حياتها.

وتضم هذه البيئات مزيجاً مهجناً من عدة بيئات فرعية كبيئة الحوسبة الافتراضية والتي تمكن الأجهزة الذكية من الوصول إلى الخدمات ذات الصلة في أي مكان وفي أي وقت، وكذلك البيئة الملموسة (غير افتراضية) والتي قد تكون جزءاً لا يتجزأ مع مجموعة متنوعة من الأجهزة الذكية بما فيها أجهزة الاستشعار وأجهزة التحكم، ويمكن أن تأتي بعدة أحجام بداية من النانو إلى المايكرو حتى الضخم ، كما تضم أيضاً البشر من خلال إحدى الأجهزة الناقلة كالهواتف المحمولة أو التقنيات القابلة للارتداء أو الاجهزة المزروعة تحت الجلد مثل أجهزة تنظيم القلب أو العدسات اللاصقة الذكية، وأخيراً الأوشام المطبوعة على البشرة، وذلك لمتابعة ما يدور بداخلهم.

وقد جاءت فكرة البيئات الذكية في رواية A Space Odyssey عام (1968) ، وذلك قبل وقت طويل من ثورة الحواسيب الصغيرة ، حيث ظهرت فيها شخصية خيالية على هيئة كمبيوتر قادر على التحكم في أجهزة الاستشعار وأنظمة البيئة المختلفة واستخدامها كتمديدات لنفسها. كما ظهرت شخصية "بروتوس" Proteus في رواية Demon Seed عام (1973) حيث صورت أيضاً كمبيوتر لنفس خصائص الذكاء الاصطناعي حيث ظهر وهو يتحكم في بيئة مدمجة ويحرك اغلب عناصرها، وبحلول الوقت الذي صدرت فيه هاتان الروايتان، لم تكن فكرة الكمبيوتر الذي يتحكم في البيئة المحيطة مقبولة على نطاق واسع من قبل المجتمع لأن كلا الشخصيتين لعبتا دور الآلات الشريرة التي تضمنت أهدافها الوحيدة السيطرة على البشر، إلا ان مصطلح "البيئات الذكية" تبلور كثيراً بواسطة "بيتر درويج Peter Droege " لنشره عام (1997) مشروع بدأه منذ عام (1986) في مسابقة Campus City Kawasaki في اليابان، سعى لتطبيق بعض عناصر تكنولوجيا المعلومات والاتصالات المتقدمة على مدينة بأكملها (S. (eds) ،and Wright ،A. ،Steventon, 2006).

ولذا فإن مفهوم البيئات الذكية أخذ شكل جاد عند الإعلان عنه في التسعينيات من القرن الماضي بهدف نشر فكرة المدن الذكية، حيث يتفاعل سكان المدينة باستمرار مع الأشياء وأجهزة الاستشعار بسلاسة لتحسين حياتهم، وذلك من خلال عدد من الأجهزة والأنظمة المدمجة القادرة على التنظيم الذاتي، وتقديم الخدمات ومعالجة / نشر البيانات المعقدة بهدف السماح لأجهزة الكمبيوتر بالمشاركة في أنشطة لم يسبق لها مثيل والسماح للأشخاص بالتفاعل مع أجهزة الكمبيوتر عبر الإيماءات والصوت والحركة والسياق .

ومع إدخال الحوسبة في كل مكان بواسطة "مارك وايزر" Mark Weiser بدأ اتجاه المجتمع العلمي لدراسة مجال الحوسبة خارج الجهاز النموذجي المعروف باستخدام لوحة مفاتيح وشاشة، حيث أصبح شيئاً يمكن تنفيذه في أي شيء يحيط بنا، بهدف الوصول العرضي إلى الحوسبة لأي مستخدم وفي أي مكان.

وفي عام (1996) طور مختبر "هاشيموتو" بجامعة طوكيو أول بحث عن البيئة الذكية، حيث صمما "هاشيموتو ولي H. Hashimoto & Lee H. J. غرفة بها مستشعر تتبع ثلاثي الأبعاد وروبوتات متحركة، كل هذا متصل بشبكة اتصالات، وكانت الفكرة أن تدعم الروبوتات؛ الشخص الموجود في الغرفة بمهام مختلفة بمساعدة كاميرات الرؤية وأجهزة الكمبيوتر، لتصبح

واحدة من أوائل البيئات الذكية، حيث تم تصميم المساحات الذكية داخل هذه الغرفة في البداية بهدف وحيد هو مساعدة الأشخاص في المهام البدنية، وأن هذه الروبوتات الموجودة في الغرفة سوف تساعد الأشخاص على الاستيلاء على الأشياء وكذلك دعم الأشخاص ذوي الإعاقة للقيام بوظائف معينة. وقد بدأت هذه الفكرة في التحول إلى مفهوم أكثر شمولاً حتى وصلت اليوم إلى ما نعنيه عن البيئات الذكية، ليس فقط بيئة لدعم الناس ولكن أيضاً الروبوتات. ومن هذا الموقف أصبح الفضاء الذكي منصة توسع من قدرة الرقابة لأي شيء متصل بها.

وقد مثلت المواد الذكية داخل هذه البيئات دوراً كبيراً باعتبارها المواد المسؤولة عن نقل الاستجابة للأجهزة وللأنظمة الخاصة بتحليل البيانات. ويعرف عن هذه المواد بانها مصممة لتحمل خاصية واحدة أو أكثر من الخصائص التي يمكن تغييرها بشكل كبير بطريقة محكمة بواسطة المحفزات الخارجية، مثل الإجهاد أو الرطوبة أو المجالات الكهربائية أو المغناطيسية، أو الضوء أو درجة الحرارة أو الأس الهيدروجيني أو المركبات الكيميائية.

وقد أصبحت هذه المواد هي أساس العديد من التطبيقات الذكية حتى وقتنا الحالي، بالإضافة إلى أجهزة الاستشعار الحاملة لها بأنماطها الصلبة والمرنة والمحركات أو العضلات الاصطناعية، وقد شملت المصطلحات المستخدمة لوصف المواد الذكية؛ مادة ذاكرة الشكل (SMM) وتحمل تقنية ذاكرة الشكل (SMT) وهي المواد الذكية التي لها خصائص تتفاعل مع التغيرات في بيئتها، أي يمكن أن تتغير إحدى خصائصها بسبب ظروف خارجية، كدرجة الحرارة أو الضوء أو الضغط أو الكهرباء أو الجهد أو الأس الهيدروجيني أو المركبات الكيميائية، وهذا التغيير قابل للعكس ويمكن تكراره عدة مرات، وهناك مجموعة واسعة من المواد الذكية المختلفة يقدم كل منها خصائص مختلفة يمكن تغييرها، بعض هذه المواد جيدة جداً وتغطي نطاقاً كبيراً من المقاييس ومن هذه الأنواع للمواد الذكية الشائعة:

- **المواد المغناطيسية:** وهي التي تخضع لتغير عكسي في درجة الحرارة عند التعرض لمجال مغناطيسي متغير.
- **السبائك والبوليمرات بشكل الذاكرة:** وهي مواد قابلة للتشوه والعودة من خلال التغيرات الناشئة في درجات الحرارة أو وبسبب مرونتها الزائفة pseudo elasticity تنتج تأثير لشكل الذاكرة عند درجات الحرارة الأعلى.
- **المواد الكهروضوئية أو الإلكترونيات الضوئية:** وهي التي تتحول إلى تيار كهربائي.
- **البوليمرات الكهربية (EAPs):** وهي التي تقوم بتغيير حجمها حسب الجهد أو المجالات الكهربائية.
- **التقبُّض المغناطيسي:** وفيه تُظهر مواد تحدث تغييراً في الشكل تحت تأثير المجال المغناطيسي وتُظهر أيضاً تغييراً في مغنطتها تحت تأثير الإجهاد الميكانيكي.
- **سبائك الذاكرة ذات الشكل المغناطيسي:** وهي المواد التي تتغير شكلها فتحدث تغير كبير في المجال المغناطيسي.
- **بوليمرات ذكية غير عضوية:** وهي التي تظهر خصائص قابلة للضبط وسريعة الاستجابة.

- اللدائن العازلة للكهرباء (DEs) : وهي التي تنتج سلاطات كبيرة (تصل إلى 500٪) تحت تأثير مجال كهربائي خارجي.
- المواد الكهرضغطية : وهي الحاملة للشحنة الكهربائية التي تتراكم على مواد صلبة معينة بحيث تنتج الجهد عند الضغط عليها. ونظراً لأن هذا التأثير ينطبق أيضاً بطريقة عكسية، فإن الجهد عبر العينة سينتج ضغطاً داخل العينة. لذلك، يمكن تصنيع الهياكل المصممة بشكل مناسب والمصنوعة من هذه المواد بحيث تتحني أو تتمدد أو تتكسح عند تطبيق الجهد عليها.
- مواد المعالجة الذاتية: وهي التي تتمتع بقدرتها الذاتية على إصلاح التلف الناتج عن الاستخدام العادي، وبالتالي إطالة عمر المواد.
- السوائل الممغنطة: وهي السوائل المغناطيسية التي تتأثر بالمغناطيس والمجالات المغناطيسية.
- البوليمرات المستجيبة للحرارة: وهي التي تخضع لتغيرات في درجة الحرارة.
- المواد الهالوكرومية : وهي التي يتغير لونها نتيجة لتغير الحموضة.
- أنظمة الكروموجينيك : وهي التي يتغير لونها استجابة للتغيرات الكهربائية أو الضوئية أو الحرارية. وتشمل المواد الكهروكرومية التي تغير لونها أو تعتميتها عند تطبيق الجهد (على سبيل المثال، شاشات الكريستال السائل)، والمواد الحرارية تتغير في اللون اعتماداً على درجة حرارتها، والمواد اللونية التي تغير اللون استجابة للضوء، كالتنظارات الشمسية الحساسة للضوء التي تصبح داكنة عند تعرضها لأشعة الشمس الساطعة.
- المواد المستجيبة: وهي التي تتغير كيميائياً في حجمها تحت تأثير المركب الكيميائي أو البيولوجي الخارجي
- البوليمرات الحساسة للأس الهيدروجيني: وهي التي تتغير في الحجم عندما يتغير الرقم الهيدروجيني للوسط المحيط.
- المواد الكهروحرارية: وهي التي تستخدم في بناء الأجهزة التي تحول الفروق في درجات الحرارة إلى كهرباء والعكس صحيح.
- المواد الميكانيكية الضوئية: وهي التي يتغير شكلها تحت التعرض للضوء.
- البولي كابرولاكتون (متعدد الأشكال): وهو الذي يمكن تشكيله عن طريق الغمر في الماء الساخن.

(S. (eds) and Wright ،A. ،Steventon, 2006)

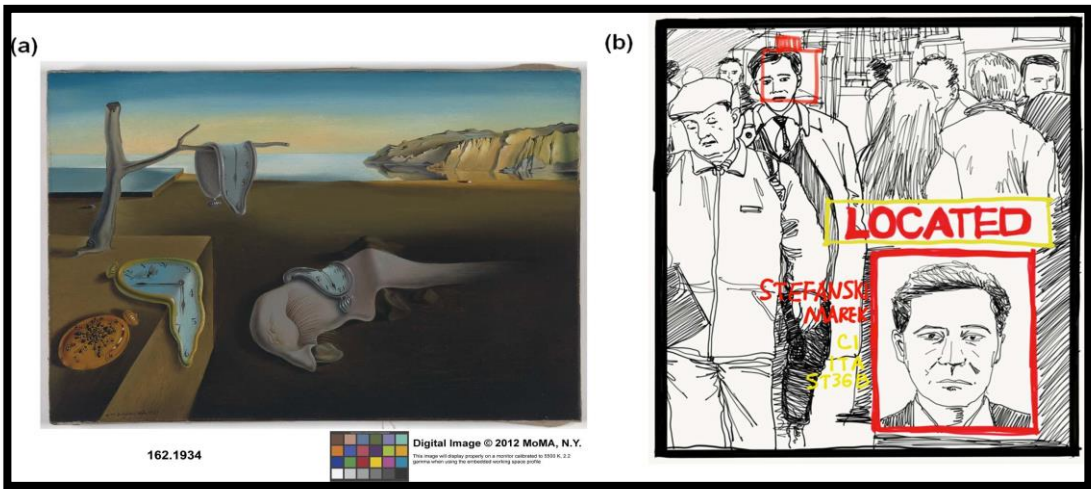
الوشم الالكتروني وتحليلات التعلم

في قطعة فنية مشهورة من عام 1931، بعنوان "إصرار الذاكرة"، رسم الفنان "سلفادور دالي" (شكل 2(a)) ساعة جيب تذوب على جسم متعدد الأوجه، وعلى الرغم من أنها تعكس تأملاً



سريالياً على رمز المكان والزمان، إلا أن القطعة هي أيضاً عرض غير واع للأجهزة المرنة القابلة للارتداء. كما لوحظ في منتصف التكوين أيضاً، ساعة جيب منحنية على اتصال وثيق مع شكل يد بشرية لينه، إلا أن احتمال حدوث مثل هذا العرض ظل بعيد المنال لسنوات، لأن "دالي" معروف جيداً بتصويره للصور التي من المرجح أن توجد في الأحلام بدلاً من وعي اليقظة.

وفي مثال آخر، في (شكل 1 (b)) قدم "دالي" عدسة لاصقة ذكية ظهرت في فيلم "Mission Impossible: Ghost Protocol" عُرض في عام 2011. حيث أفصح الفيلم أنه من خلال دمج الأجهزة الإلكترونية في العدسة اللاصقة، سمح للعدسة الذكية المثبتة على وجه الشخص بالتقاط الصور وتسجيل المستندات، مع إمكانات إضافية لنقل البيانات لاسلكياً عبر هذا الوجه الحامل لهذه العدسة.



شكل 2. (a) إصرار الذاكرة، لوحة رسمها الفنان سلفادور دالي عام 1931 متحف الفن الحديث، (b) شخص محدد تم تحديده في محطة قطار بمساعدة عدسات لاصقة ذكية قادرة على التعرف على الوجه من خلال نقل البيانات لاسلكياً.

يصور كلا المثالين فرصاً للأجهزة المتوائمة بيولوجياً، لطالما كان التكامل الحيوي حافزاً للعلماء والمهندسين لتطوير أجهزة إلكترونية يمكن دمجها مع الأنسجة البيولوجية الرخوة للإنسان. ومع ذلك، كانت هذه المهمة صعبة، خاصة أن الاجسام البيولوجية تتصف بالليونة وتعدد الانحناءات، في حين أن الإلكترونيات ليست كذلك، لذا فالهياكل القابلة للمط مع إتاحتها لتوفر عدسات لاصقة للتسجيل، إذ يمكن للأجهزة المؤقتة والقابلة للزرع في الجسم أيضاً، أن تمتد إلى ما وراء سطح الجلد، فتوفر فرصاً فريدة لقراءة ما داخل الأعضاء بل ونقل المعلومات اليه. ولذا كان من الواجب على المتخصصين فحص بعض هذه المواد وكذلك النوعية القابلة للذوبان مع استراتيجيات التشغيل لتوظيفها في مجالات عديدة كالطب والتعليم.

على مدى السنوات القليلة الماضية، تم تحويل المكونات المهمة لأجهزة استشعار الوشم المطبوعة الكترونياً بنمطها المرن والقابل للذوبان التي ظهرت في الرسم السريالي وأفلام الخيال العلمي إلى تقنية قابلة للتطبيق، ومن خلال جهود العلماء من خلفيات متنوعة وبالنظر إلى تطبيقات الطب الوقائي من خلال المراقبة المستمرة للإشارات الحيوية وتقديم العلاجات في الوقت المناسب، أصبح لأجهزة الاستشعار المطبوعة دوراً هاماً، ومع ذلك لا تزال هناك حاجة إلى تعاون وثيق في البيئات متعددة التخصصات لتوفير الحكمة الجماعية من قبل علماء الهندسة الميكانيكية وعلوم المواد والهندسة الكهربائية والكيمياء، وأيضاً من الجهات المستفيدة كالمجال الطبي والتعليمي، ولذا من المتوقع أن يمثل الوشم الإلكتروني دوراً هاماً، وأن يتحول استخدامه إلى واقع، حيث سينقل بسهولة الحالة الحيوية لكل إنسان على الإنترنت، مما سيساعد صاحب الوشم على استخدام كل الأدوات والأجهزة المتصلة بالإنترنت بلحظة من أطراف أصابعه، بالإضافة إلى تعزيز الحواس الخمس، وهذا ربما سيؤدي من الأدوار الحيوية لاستخدام مختلف الحواس في البيئات الافتراضية الذكية.

ولا شك أن الوشم الرقمي كأحد أنماط أجهزة الاستشعار المرن سيوظف بصورة أكبر في تحقيق "الهوية الرقمية" إذ يمكن بعد مقابلة شخص ما، والتقاط صورته، أن يعاد ربطها بكل البيانات الخاصة به، للتعرف على سيرته الذاتية بداية من اسمه وعنوانه وتاريخ ميلاده ومكان تواجده بالأمس ومكان عمله وصولاً بكل البيانات الصحية والدراسية وغيرها. ولذا فهي وسيلة تخدم المعلمين في التعرف على طبيعة طلابهم، وكذلك في مبررات تغريدتهم على وسائل التواصل الاجتماعي، ومن ثم تحديثات الحالة أن تؤثر عليهم. كما يعد الوشم الرقمي مرآة لمعرفة خصائص المتعلم وحالته المزاجية، أي التعرف عما بداخله إذا توفرت سبل تخزين المقاييس المطلوبة، مما ييسر على المعلمين إصدار أحكام عن طلابهم بناءً على منشوراتنا عبر الإنترنت وغير ذلك. ولذا فإن الوشم الرقمي سيكون خير ممثل لنقل ما بداخل المتعلم وكذلك لنقل ما ترغب في نقله لمخ المتعلم من خلال تقنية BCI من خلال ارسال البيانات وحدة معالجة البيانات عبر تقنية انترنت الأشياء وكذلك نقل بعض الأوامر من شخص لأخر عبر تقنية BBI مما سيساعد الطلاب على الفهم الجيد للتعامل مع البيئات التعليمية الكمية، كما سيهيئ البيئات التعليمية الذكية لمعرفة كل ما هو جديد داخل عقول المتعلمين أو داخل أجهزة اجسامهم، بهدف تنمية وعيهم وخبراتهم في دراستهم.

وحتى وقت قريب ونظراً للإقبال الملحوظ على استخدامه في كثير من بلدان العالم بين الشباب والاطفال، صممت أجهزة استشعار مرنة محملة على وشم إلكتروني يمكن استخدامه في معرفة الحالة المزاجية للمتعلمين أثناء دراستهم، ويرجع ذلك السعي من المتخصصين بسبب هذا الإقبال على استخدام الوشم بين الشباب، وذلك بإعادة توظيفه في مجالات عديدة كانت أولها استخدامه كمنصة تشخيصية و/ أو علاجية للممارسة السريرية لكثير من المرضى الذين يصعب عليهم استخدام الأجهزة الاستكشافية الصلبة كأجهزة الضغط وقياس نبضات القلب وغيرها، خاصة وأن هذه الوشام وما تحمله داخلها من تطبيقات رقمية، لديها القدرة على تجاوز أسطح الأنسجة البيولوجية المختلفة للجلد حتى داخل جسم الإنسان وصولاً للعديد من الأعضاء الداخلية بصورة سريعة ودقيقة. ويرجع السبب للإقبال للوشم ما يتسم به من المرونة والقابلية للتمدد، علاوة على السمك المنخفض، مما يجعل السعي لتوظيفه في الحقل التعليمي محل اهتمام المتخصصين في تكنولوجيا التعليم لسهولة ما يقوم به في جمع البيانات والمعلومات عن المتعلمين



وتحليلها لتوظيفها في إنشاء البيئات التعليمية التكيفية بصورة مقننة (Huanyu Cheng and Ning Yi, 2017).

كما يعد الوشم الرقمي أيضاً بمثابة ناقل مؤقت مزود بالإلكترونيات، مثل أجهزة الاستشعار أو شريحة اتصال على المدى القريب، يرمز لها بالرمز "Near Field NFC Communication" بهدف تقديم طريقة سرية وفعالة لمراقبة الحالة الصحية والمعنوية والمعرفية وكذلك وسيلة مناسبة للتفاعل مع الإلكترونيات كمثال للتفاعلات بين الإنسان والآلة، كما يتيح الاتصال القريب المدى بين الأجهزة المتوافقة بين المستخدمين وفق معاملات أمنة وتبادل للمحتوى الرقمي وتوصيل الأجهزة الإلكترونية. وتعد شرائح RFID إحدى أنماطه وهي القابلة للزرع تحت الجلد، والتي تعد الخطوة الأولى ما بعد الإنسانية للتحويل السايبورغ cyborg وهو الكائن الذي يتكون من مزيج من مكونات عضوية وبيوميكاترونية داخل المجتمع، مما يعني ذلك البدء في توظيف الجلود الإلكترونية لتوسيع الطرق للتفاعل المستمر واللحظي مع العالم (Lisa Kulick, 2018).

وقد ظهر أول وشم رقمي مادياً مزوداً بتقنية NFC لتمكين اتصال البيانات مثل المعلومات من موقع الويب الخاص بمرتبديها أو الملفات الشخصية على Facebook أو Snapchat بهدف الوصول إلى المعلومات التي حددها المستخدم، من خلال مراقبة العلامات الحيوية بشكل مستمر وسري، ورغم أن الوشم الإلكتروني لا يزال في مهده، إلا إنه انتشر بكثرة في الرعاية الصحية، إذ يمكن متابعة المريض من بعد عبر الانترنت أو من خلال النقر على الوشم من على هاتفه الذكي للتعرف على حالة الشخص، مما يوفر القدرة على التعرف على الذات وتقييم الخدمات التعليمية والتي من المرجح انتشارها في السنوات القليلة القادمة، والتي ستدعم بتقنية NFC المحملة على المواد القابلة للمط، دون أن يحمل الطالب أي جهاز أو محفظة معه.

ويرجع الفضل لاستخدام الأوشام الإلكترونية للجهود المكثفة لمعهد النظم والروبوتات، قسم الهندسة الكهربائية وهندسة الحاسبات، جامعة كويمبرا، بولو كويمبرا، البرتغال، حيث كان لهم دوراً كبيراً في ذلك حيث صمّم تقنية البطارية الحالية لصنع هذه الأوشام بسمك أقل من ملليمتر، وهي بالطبع قادرة على موازنة نفسها مع هذه المتطلبات. بل وقد توفرت إمكانية نقل الطاقة اللاسلكي (WPT) لتشغيل أو شحن الأجهزة الطبية الحيوية (Pushpanathan T. & Roweena B. D. 2019, 6072).

لذا تتميز هذه الأنظمة بقدرتها على نقل الطاقة إلى الأجهزة حيث يكون من المستحيل توصيل الأسلاك، مثل أجهزة مراقبة الجسم القابلة للزرع أو استشعار الأعصاب أو أنظمة تحفيز الأعصاب أو حتى تقليل استخدام البطاريات في الأجهزة مثل أجهزة تنظيم ضربات القلب أو كبسولات بالمنظار.

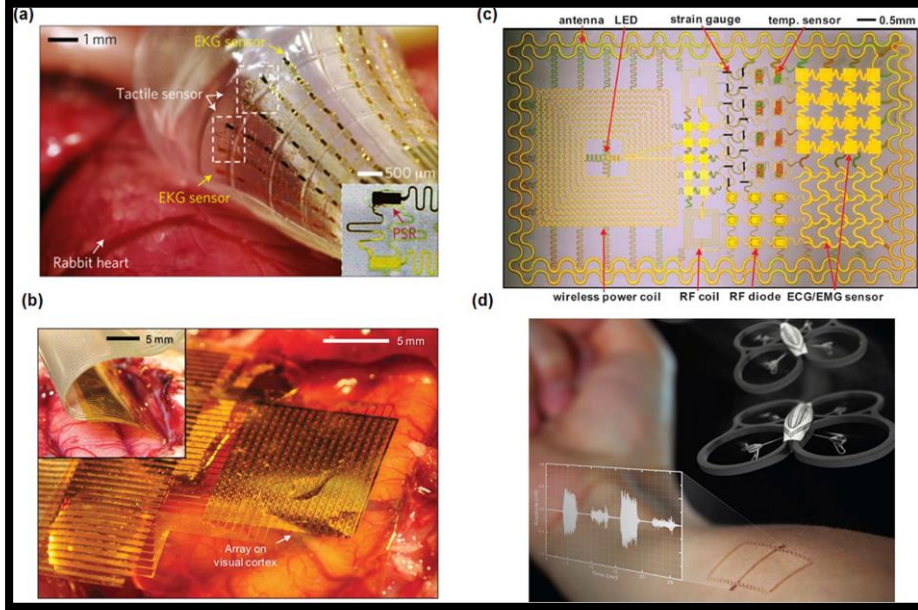
وعامة تقسم الأوشام الذكية إلى ثلاث فئات مختلفة توفّر كل واحدة منها ميزات تختلف عن الأخرى، حيث هناك أوشام تمثل فئة المدخلات (input) ومن شأنها تحويل بشرة المستخدم إلى لوحة تتبع، أما الفئة الثانية فهي فئة المخرجات (output) وتعمل على تغيير ألوانها وفقاً لدرجة

حرارة جسم المستخدم وعواطفه، أما الفئة الثالثة فهي ضمن فئة الاتصالات (communication) والتي تسمح للمستخدم بسحب البيانات من الوشم بالاعتماد على شرائح (Alison NFC, 2018).

والتصميم الأساسي للوشم الرقمي هو صورة رسومية تغطي شريحة NFC تتسم بصغر الحجم والمرونة لسهولة التصاقها على جلد من يرنديهها، وأحياناً تكون صغيرة لحد يكفي لصقها بما يكفي لتناسب طرف الإصبع. وتحتوي شريحة الـ NFC على ذاكرة صغيرة يمكن الوصول إليها من خلال إحدى تطبيقات الهاتف الذكي لاستخدامها في اغراض مختلف، وغالباً ما ينتج الوشم المطبوع بحبر خاص يوظف كهوائي لنقل البيانات، ويمكن أن يستمر الوشم عالق على الجلد لمدة تصل إلى أسبوع، وقد يستمر أكثر من ذلك حسب طبيعة المادة المطبوع منها. وقد قامت مجموعة أبحاث Pr التابعة لشركة Someya في جامعة طوكيو عام 2003 بإنتاج أول جلد إلكتروني مرن يحمل بداخله دوائر إلكترونية على فيلم رقيق، ولذا تعتبر الترانزستورات ذات الزعانف الرقيقة (TFT) جزءاً لا يتجزأ من هذه الثورة، إذ أنها تندمج في موصل مرن قابل للطباعة. وتوظف هذه الاوشمة الحيوية على بشرة الإنسان في الفترة الحالية في المجال الطبي لمتابعة أنشطة العضلات والقلب والدماغ. وهذا يشمل تخطيط كهربية العضلات (EMG) وتخطيط القلب الكهربائي (ECG)، وتخطيط كهربية الدماغ (EEG)، كما تتوفر للبيانات التي يتم جمعها عدد من التطبيقات للمراقبة الصحية والتحكم في الأطراف الصناعية، علاوة على عدد من الاشكال الجديدة من الواجهات يمكن ارتداؤها بين الإنسان والآلة (EMG).

ونظراً لما تتميز به هذه المواد القابلة للمط، فإنها توفر طريقاً طبيعياً لدعم أدوار هذه الأجهزة، بل وتساعد كثيراً في تحقيق أهدافها المرجوة، حيث تستخدم الأساليب الناجحة للموصلات البوليمرية لتوصيل المكونات النشطة والتي تساعد كثيراً في تلقي المعلومات والبيانات المطلوبة في الوقت المناسب والدقة المطلوبة. ولتصنيع مثل هذه المواد، يتم توزيع الأنايبب النانوية الكربونية أحادية الجدار بشكل موحد في مصفوفة تشبه المطاط بحيث يمكن بعد ذلك نقش المادة الناتجة بدقة عن طريق تقنيات الطباعة المباشرة، دون الحاجة إلى اللط أو للمعالجة الميكانيكية. وتظهر قابلية التمدد العالية والموصلية العالية لملاءمة هذه المواد للأجهزة القابلة للمط وذلك لجعل كل مادة تقريباً مرنة. علاوة على إنه يمكن طباعة الجسيمات النانوية بنفث الحبر، مما يجعل الموصلات القابلة للمط القائمة على الجسيمات النانوية ذات تكلفة إنتاج منخفضة وسهلة التصنيع (Huanyu Cheng and Ning Yi, 2017. 7).

ويمثل التطور الأخير على الموصلات الأيونية اتجاه آخر من حقيقة أن الأنظمة العصبية تقوم بعمل أيوني وليس إلكتروني للإشارات، لذا فإن الموصلات الأيونية القائمة على اللدائن العازلة مثل الهلاميات المائية، تتميز بانها مرنة للغاية وشفافة بالكامل حيث تظهر الأطوال الموجية للضوء بصورة واضحة، كما أن الموصلات الأيونية متميزة بصورة كبيرة علاوة على قدراتها العالية في تطبيقات مشغلات ومكبرات الاصوات للجلد الأيوني. مقترنة أيضاً بالمعالجة الذاتية السريعة ومقاومة الحريق، كما تقدم الموصلات الأيونية الجديدة فرص كبيرة لتطوير أجهزة استشعار الوشم والآلات اللينة في حالات المتعلمين من ذوي الاعاقات.



الشكل 3 (a) صورة بصرية لقسطرة بالون منفوخة في اتصال مباشر مع سطح البطين الأيمن لقلب أرنب، ودورها جمع بيانات الفيزيولوجيا الكهربية ودرجة الحرارة بيانات مستشعر اللمس الداخلي. (b) مصفوفة إلكترونية عالية الدقة ذات قدرات مضاعفة نشطة على القشرة البصرية. (c) جهاز إلكتروني يشبه الوشم مدمج مع أجهزة استشعار لقياس (الإجهاد ، درجة الحرارة ، ECG / EMG) ووحدات الاتصال بالبيانات والطاقة. (d) عرض توضيحي لألة بشرية واجهة عن طريق التحكم في رباعي المحرك بإشارات تخطيط كهربية السطح مسجلة بجهاز يشبه الوشم على الساعد.

ولذا تمثل أجهزة الوشم الإلكتروني طفرة وبالتحديد في التعليم الطبي حتى الان، وذلك لقدرتها على التعايش مع سطح الأنسجة أثناء تتبع الإشارات الحيوية لجسم الإنسان، وينتج ذلك من خلال التكامل على مستوى النظام بين أجهزة الاستشعار المختلفة أدوات جراحية تشبه الأنسجة لتحل محل الأجهزة التقليدية التي تعتمد على نقاط التلامس الصلبة. كما يمكن لهذه الأجهزة التي تشبه الأنسجة للتأقلم على الأسطح وتتبع حركات الأنسجة لتوفير وصول ميكانيكي وحراري وكهربائي وبصري وحتى كيميائي إلى الأنسجة.

كما يمكن توظيف هذه الأوشام الإلكترونية وربطها بتطبيق محدد للوصول إلى داخل القلب، كما أن الأجهزة الموجودة على القسطرة والموضحة في (الشكل 3 (a)) يمكن إدخالها عن بعد في القلوب من خلال الأوردة أو الشرايين. حيث يضغط البالون المنفوخ على المستشعرات على أسطح الشغاف ليقوم الجراحون بإجراء سلسلة من عمليات الاستشعار والعلاج، بما في ذلك قياس درجة الحرارة ورسم تخطيط القلب واستئصال الأنسجة. كما تشمل الأدوات الجراحية الأخرى إلكترونيات بأطراف الأصابع "القفازات الجراحية المجهزة، الرقع الجلدية للمراقبة الكمية والسريية لالتئام الجروح الجلدية، وأغشية غلافية متعددة الوظائف ثلاثية الأبعاد لقياسات وتحفيز القلب الزماني المكاني. بالإضافة للتي حققت خصائص تتوافق مع البشرة، بدءاً من السماكة،

والكثافة، والتغطية المساحية، والمعامل، إلى درجة التمدد. كما تتضمن هذه الأوشام بعض مكونات الجهاز المنفصلة؛ مصابيح LED ومقاييس درجة الحرارة وضغط ومستشعرات ECG / EMG وملفات وثنائيات التردد اللاسلكي (RF)، بالإضافة إلى ملفات الطاقة اللاسلكية والهوائي. ويشبه تركيب هذه الأجهزة في منطقة مستهدفة نقلاً لوشم، مما يلغي الحاجة إلى المواد الهلامية الموصلة أو المسامير المخترقة. وكذلك فإنها لا توفر البيانات التي يتم جمعها من الجهاز مراقبة مستمرة للإشارات الحيوية فحسب، بل تحتوي أيضاً على معلومات كافية للواجهات بين الإنسان والآلة (الشكل 3 (d)). وخاصة ذات الصلة بتسجيل وتحفيز الدماغ من أجل الطب السريري وعلم الأعصاب الأساسي كمثال لرسم خريطة الدماغ

كما تكتسب الأوشمة إمكانات حيوية لمراقبة الفيزيولوجيا الكهربائية، مما يجعلها مناسبة في مجال التعليم الرياضي، من خلال جمع بيانات لاسلكية خالية من المتاعب عن جسم الإنسان. على عكس التكنولوجيا "القابلة للارتداء" التقليدية التي تتكون من عدة مكونات صلبة، في حين أن هذه الأوشام الناعمة والمرنة وقابلة للمط، مما يجعلها قادرة على متابعة الشكل الديناميكي للجلد والبقاء مطبوعة على الجلد أثناء حركات الإنسان الطبيعية. حيث أن الوشم مثالي للرصد الحيوي لكونه رقيق وغير محسوس ومريح وغير مقيد. كما يمكن أن يكون على شكل ضمادة كهربائية أو "الوشم المؤقت" يلتصق بقوة بجلد الإنسان لنقل المعلومات.

وقد ظهرت في السنوات الخمس الماضية بعض التقارير حول تصنيع وتطبيقات الأفلام الإلكترونية فائقة الرقة والمط، حيث تعرض تطبيقات هذه الأفلام لمراقبة النشاط العضلي من خلال مخطط كهربية العضل (EMG) للتحكم في الطائرات بدون طيار أو الأيدي الاصطناعية، لمراقبة معدل ضربات القلب من خلال تخطيط القلب الكهربائي (ECG)، لاكتساب إشارات الدماغ من خلال تخطيط كهربية الدماغ (EEG) وللتحليل الكهروكيميائي للعرق. في حين أنه أحد العوامل المحددة الرئيسية في التطبيق الواقعي لهذه "الأوشام" هو إمدادات الطاقة حيث تعتمد على بطارية رقيقة دون الحاجة للبطاريات الصلبة الضخمة، والتي كانت تؤثر سلباً على المتعلم عند تسجيل البيانات.

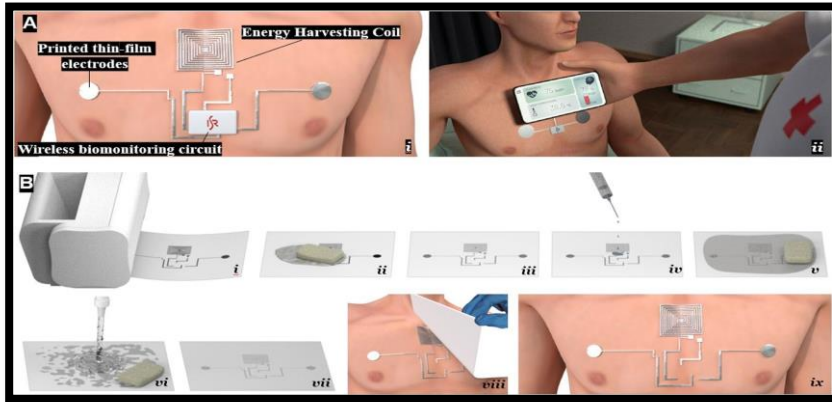
وفيما يتعلق بنوع الملفات المستخدمة للأوشام، تستخدم العديد من التطبيقات منخفضة الطاقة رنانات حلزونية أحادية الطبقة ذات هيكل مربع أو مستطيل، حيث يتم إجراء بعض الأبحاث حول الإلكترونيات الحيوية ذات السطح البيئي المدعوم بتقنية WPT، ولكنها تعمل عادة بتقنيات بعيدة المدى، وهي شبكة لاسلكية لاستشعار منطقة الجسم تستخدم لمراقبة العديد من الإشارات الفسيولوجية البشرية التي تستخدم علامات RFID السلبية القابلة للمط، حيث يتم استخدام لوحة البشرة التي يتم تغذيتها بتقنية RFID عالية التردد (UHF) لمراقبة درجة الحرارة والعرق، علاوة على ذلك، يمكن أيضاً استخدام إلكترونيات الجلد التي تعمل بأنظمة WPT لنقل الأحاسيس إلى الجلد.

وفيما يتعلق بتقنية WPT الحثي في المجال القريب للتطبيقات الطبية الحيوية، يتم إجراء معظم الأبحاث باستخدام أجهزة قابلة للزرع. حيث تتميز تقنية WPT للمجال القريب بميزة تحقيق نقل طاقة بكفاءة أعلى مقارنة بأنظمة المجال البعيد. أيضاً، من حيث الاندماج في الأفلام الإلكترونية فائقة الرقة، يعد تجميع الطاقة اللاسلكي من المجال القريب خياراً ممتازاً، حيث يجب طباعة ملف

موصل فقط على الفيلم، وليست هناك حاجة لدمج الرقائق الدقيقة الصلبة TechTarget (Contributor,2020).

ومع ذلك، من أجل حصاد فعال للطاقة، يجب أن تفي هذه الملفات المطبوعة على الوشم ببعض المتطلبات، ولذا يجب أن تستفيد هذه الملفات من هذا التوصيل لتحقيق أفضل كفاءة في نقل الطاقة. كما يجب أن تكون هذه الملفات قابلة للمط، لتظل تعمل عند انثناءها أثناء حركة الجسم الطبيعية، بل ويجب أن تستفيد من عامل القياس المنخفض، بحيث لا يقلل التشوه المطبق من كفاءتها بشكل كبير. ومع ذلك، فقد تم أيضاً تطوير أنواع مختلفة من المركبات الموصلة باستخدام توليفات مختلفة من البوليمرات المرنة والجسيمات الدقيقة / النانوية الموصلة أو الأسلاك النانوية أو الأنابيب النانوية، للإلكترونيات القابلة للمط، لكن المركبات الموصلة للكهرباء عادة ما تعاني من تدهور شبكة الترشيح عند التمدد.

وتعد السبائك LM الأكثر شيوعاً للإلكترونيات القابلة للمط هي الأسهل انصهار والتي لها موصلات كهربائية صغيرة عند مقارنتها بمواد مختلفة لإنتاج تطبيقات إلكترونية قابلة للتمدد. كما تعتبر سبائك LM مثل EGaIn و Galinstan مناسبة تماماً كأسلاك دائرة موصلة للإلكترونيات الرقمية وعلى الرغم من التقدم السريع في نمط EGaIn- وتقنيات الطباعة، إلا أنه لا يزال التصنيع القابل للتطوير للدوائر القائمة على LM يمثل تحدياً. إلى جانب ذلك، نظراً للطبيعة السائلة للـ LM القائمة على EGaIn، فإنها تحتاج إلى طبقة حماية، ومع ذلك يمكن إنتاجها بتقنيات طباعة بسيطة، بالإضافة إلى الحصاد الفعال للطاقة، يمكن طباعة أقطاب اكتساب الجهد الحيوي بنفس التقنية، كما إنها توفر جودة إشارة ممتازة، يمكن مقارنتها مع الأقطاب الكهربائية القياسية الذهبية. باختصار، فإن الجمع بين التوصيل الجيد، والتسامح مع الإجهاد، وعامل القياس المنخفض، ومقاومة القطب الكهربائي المنخفضة للجلد هي عوامل ضرورية لاكتساب الإشارات الناجحة وحصاد الطاقة داخل الأوشام الإلكترونية.



شكل (4) وشم إلكتروني يمكن التخلص منه مع ملف تجميع الطاقة لمراقبة تخطيط القلب اللاسلكي. (A) جهة اليسار تشتمل رقعة ECG على ملف تجميع الطاقة، واثنين من أقطاب كهربائية ذات إمكانات حيوية متداخلة للجلد، ودائرة إلكترونية خالية من البطاريات قابلة لإعادة الاستخدام للحصول على البيانات ومعالجتها والاتصال. (A) جهة اليمين مثال على نظام "البيانات حسب الطلب". من خلال الاقتراب من الجهاز المحمول، يتلقى الوشم الإلكتروني



الطاقة المطلوبة وينقل البيانات الفسيولوجية لاسلكياً مثل نبضات القلب ودرجة حرارة الجسم إلى نفس الجهاز المحمول. (B) خطوات تصنيع الوشم الإلكتروني الرقيق المطبوع. ويتم طباعة نمط الدائرة باستخدام طباعة ليزر وحبر أسود فوق ورق لنقل الوشم (i). حيث يتم ترسيب الإيبوكسي الفضي وفركه بقطعة قماش ويستمر الاحتكاك حتى تتم إزالة الفائض (ii). كما يلاحظ روابط Ag بشكل انتقائي للنمط المطبوع بالليزر (iii). كما تترسب كمية ضئيلة من المعدن السائل، ثم تنتشر (v)، التنظيف بمحلول حمض أسيتيك ضعيف. LM ثم يبيل بشكل انتقائي الأجزاء التي تحتوي على Ag. ويتم لصق الدائرة على الجلد وهي مبللة بقطعة قماش. ثم تزال الورقة الدعمة، فينقل حامل البوليمر الرقيق مع الدائرة المواجهة للجلد إلى الجلد.

وقد توفرت في الآونة القريبة "وشماً إلكترونياً" خالياً من البطاريات وقابل للنشر سريعاً للمراقبة الكهربائية (الشكل 4)، حيث لوحظ أن الرقعة ممثلة في (الشكل 4) A، ذات تكلفة منخفضة أقل من واحد دولار، ودرجة رقة (~5µm) مطبوعة وتشتمل على أقطاب كهربائية متصلة بالجلد وملف Ag-In-Ga من أجل نظام نقل الطاقة اللاسلكي (WPT). كما يتم ربط هذه الدائرة التي تستخدم لمرة واحدة بدائرة مصغرة لتخطيط القلب قابلة لإعادة الاستخدام، قادرة على الحصول على معدل ضربات القلب ونقله. وتتم عملية تصنيع الرقعة بأكملها في ظروف البيئة العادية. بالإضافة إلى ذلك، لا تتطلب عملية طباعة لألوان الطباعة الحجرية الضوئية أو الوصول إلى غرفة نظيفة، حيث يتم تنفيذ الطباعة الأولية لنمط الدائرة بواسطة طباعة ليزر مكتبية عادية يسهل الوصول إليها، مما يجعل من الممكن تنفيذ الدوائر المخصصة بسرعة. كما أن النظام المقدم بشكل عام هو نظام اتاحة "البيانات عند الطلب". عندما يقترب مقدم الرعاية من جهاز المساح الضوئي إلى التصحيح، فإنه يتلقى الطاقة المطلوبة لقراءة المعلومات ومعالجتها وتوصيلها إلى جهاز المسح عبر البلوتوث (Huanyu Cheng and Ning Yi, 2017. 7-9).

### أجهزة الاستشعار القابلة للذوبان Dissolvable sensors

إن الأصول التاريخية للمستشعرات القابلة للذوبان كانت متاحة في البداية فقط في بعض الأدوات السلبية مثل خيوط الجراحة القابلة للإذابة، ومصفوفات توصيل الأدوية في الجسم، والدعامات القلبية الوعائية، ولذا فإن صفة التشغيل المستقر لهذه الأدوات في المجال الطبي بمرور الوقت ظل سمة مميزة لتوظيفها ضمن أجهزة الاستشعار الإلكترونية الحديثة، ولذا فإن استخدامها للتغلب عن البيانات داخل جسم المتعلم لتوظيفها لخدمته في البيئات التعليمية الذكية أصبح ضرورة.

لذا تعد هذه الأجهزة طفرة جديدة لتطوير تقنية الوشم الإلكتروني حيث بدأت المستشعرات القابلة للذوبان في اكتساب اهتمام متزايد في الآونة القليلة الماضية بسبب العروض التوضيحية الناجحة الأخيرة للأجهزة القابلة للزرع في الطب الحيوي، بما في ذلك أجهزة المساعدة البطنية لاكتشاف فشل القلب، وأنظمة توصيل الأدوية drug delivery systems، وسقالات هندسة الأنسجة tissue engineering scaffolds، وأجهزة واجهة الدماغ brain-machine interfaces، والأعضاء الاصطناعية المهجنة hybrid artificial organs. وعلى النقيض من

الميزة الدائمة في معظم التطورات السابقة، يمكن لأجهزة الاستشعار القابلة للذوبان التي تتفكك تمامًا بعد العملية وأن تستبعد الحاجة إلى استدعاءها من جسم الإنسان.

وقد حقق الباحثون تقدمًا كبيرًا في أجهزة الاستشعار غير العضوية القابلة للذوبان، وذلك بعد الجهود المستمرة مع بعض المكونات القابلة للذوبان وبسبب الملاحظة الدقيقة بأن البلورة الرقيقة أحادية البلورة تخضع للذوبان في الموائع الحيوية، وعلى الرغم من أن مستشعرات الوشم القابلة للذوبان قد أظهرت القدرات المرغوبة في التطبيقات من الطب الحيوي وصولاً إلى الروبوتات، إلا أن هناك تحديات أخرى مثل القوة الميكانيكية والتوافق الحيوي وتغليف هذه الأنظمة لا تزال بحاجة إلى فحص دقيق، كما أن استراتيجيات التغلب على التفريغ والضرر أثناء التحميل المفرط قد تم تطويرها لأجهزة استشعار الوشم (Huanyu Cheng and Ning Yi, 2017, 10).

### الوشم الإلكتروني والعملية التعليمية

دخلت شركة ميكروسوفت Microsoft فيما بعد في شراكة مع معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا في مشروع الوشم الرقمي ذات المسارات المتنوعة، وأمكنها توفير تقنية حديثة للوشم الإلكتروني لديه القدرة على الاستمرار في تلقي وإرسال المعلومات لمدة يوم كامل، نظراً لطول فترة الشحن، كما وفرت عددًا من أنواع الهوائيات للاستخدامات المختلفة ونطاقات الاتصال. علاوة على العديد من الخيارات لشكل الوشم الإلكتروني مثل تغيير الألوان حراريًا، والتي يمكن استخدامها للإشارة إلى درجة حرارة جسم المستخدم. كما وفرت أنواع من التصميمات أكثر تعقيدًا لتعمل كشاشات تعمل باللمس للتفاعل بين الشخص وما داخل النظام المحمل على هذا الوشم، وقد كانت هذه المبادرات من الشركات المتخصصة بادرة لتوظيف هذه التقنية في التعليم.

وقد بدأ توظيف الوشم الرقمي في العديد من المهام التعليمية منذ عام (2019) وذلك بهدف تسجيل تصرفات بعض المتعلمين واتصالاته عبر الإنترنت ودوامها، مع استقبال وإرجاع مجموعة البيانات الموجودة نتيجة الإجراءات والاتصالات عبر الإنترنت بطريقة ما إلى مؤسسة مسئولة عن تحليل هذه البيانات واستخلاص النتائج للحكم عليها وتوظيفها في تكيف البيئة الإلكترونية مع هذا المتعلم. ولذا فإنه بمجرد نشر هذه البيانات للمعلم، يمكن أن يعرف كثير من المعلومات والصفات الشخصية عن هذا الشخص، خاصة أن تعامل أغلب الشباب يكون بحرية على مواقع التواصل الاجتماعي مثل Facebook وTwitter، حيث يمكن للمعلم اختيار أنسب المتعلمين للتوافق مع هذا المتعلم وكذلك تدعيم أنواع التعاون أو ربما التنافس بينهم لخدمة أهداف العملية التعليمية لهذه البيئة الإلكترونية.



شكل (5) طباعة الوشم الالكتروني على الجلد

ويبدو أن توظيف هذه التكنولوجيا في العملية التعليمية مجرد مسألة وقت ، ففي أبريل الماضي (2020)، نشر مايكل ماكالبين، أستاذ الهندسة الميكانيكية في جامعة "مينيسوتا"، دراسة نشرت في الدورية العلمية *Advanced Materials* وعرض فيها رغبته للإفادة من هذه التقنية في التدريس واقترح طريقة لطباعة الإلكترونيات مباشرة على الجلد، كما أشار بروفيسور "ماكالبين" أن توفر هذه التقنية في الأونة القادمة في التعليم سيمثل طفرة هامة في توزيع الطلاب وفق مقاييس فسيولوجية داخل البيئات التعليمية ووفق مقاييس كان من الصعب الاعتماد على نتائجها من خلال الاستبيانات والمقابلات الشخصية، ونادى بضرورة توفر الجهاز الذي يستخدم في طبع الوشم الإلكتروني على الجلد، وأشار أنه سيتاح بالفعل وبأسعار مناسبة ووفق احجام صغيرة ومناسبة ، موضحاً أن توفره في المجالات العسكرية والطبية زاد من فرص توظيفه في التعليم، خاصة وأن هناك حاجة للإفادة منه في الحقل التربوي.

كما صرح بروفيسور "ماكالبين" ايضاً لموقع *Futurism* مؤخراً بأنه من المتوقع أن تؤدي هذه التقنية المبتكرة إلى تغيير شكل وأسلوب وطبيعة تفاعل المتعلمين مع البيئات التربوية في المستقبل القريب.

وفي ذات الاتجاه ابتكر فريق من الباحثين في ألمانيا وشماً إلكترونيا يثبت على الجسم بشكل مؤقت ويمكن استخدامه للتحكم في الأجهزة الإلكترونية بمجرد لمسة من الأصابع. ويقول "مارتين فيجل" من جامعة "سارلاند" الألمانية إن أي شخص يعرف بشكل طبيعي أماكن الوشم أو علامات الولادة على جسمه، وهو ما يتيح بشكل مثالي إمكانية استخدامها كأزرار للتحكم في الأجهزة الإلكترونية، موضحاً أنه من الممكن الآن أن تضغط على وحمة على الجلد للرد على مكالمات هاتفية أو تحريك أصبعك فوق أحد مفاصل الجسم لرفع درجة صوت الموسيقى المنبعثة من هاتفك الذكي. واستخدم "فيجل" وفريقه من جامعة "سارلاند" وشركة "جوجل" لخدمات الانترنت نوعاً من الحبر الموصل للكهرباء في طباعة أسلاك وأقطاب سالبة على أوراق وشم مؤقتة. وتتميز هذه الأوشام التي يطلق عليها "سكين ماركس" أنها أرفع من الشعرة البشرية، ويتم نقلها إلى الجلد

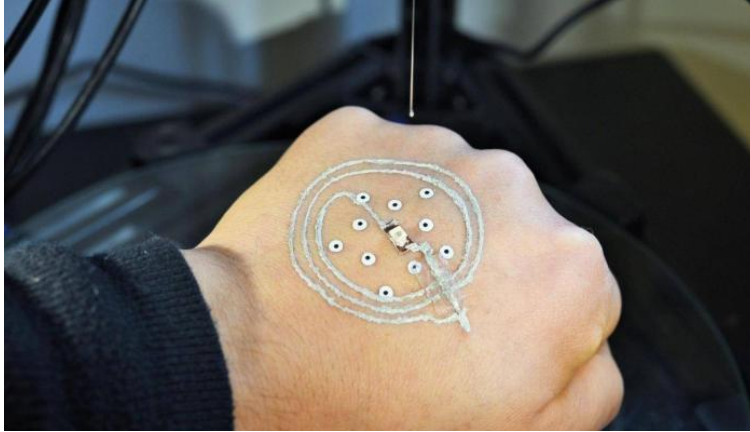


البشري باستخدام وسيط مائي، إذ يمكن أن تظل على الجلد لعدة أيام قبل أن يتم مسحها . ويعد هذا طريق جيد في مجال التعليم والتعلم.



شكل ( 6 ) كيفية نقل الوشم الإلكتروني على الجلد وتفعيله للإفادة منه في البيئات المختلفة

وفي إطار تجربة التقنية الجديدة، قام الباحثون بوضع رسم على شكل قلب في نفس مكان وحة على جسم المتطوع في التجربة، وأمكن للباحثين جعل الوشم الإلكتروني يضيء كلما جاء اتصال على الهاتف المحمول من شخص محبوب لدى المتطوع، بل وأمكن أيضا إجراء اتصال بهذا الشخص المحبب الذي يحدده المتطوع بنفسه عن طريق النقر على مكان الوشم. وقام الباحثون باختبار الأوشام الإلكترونية الجديدة عن طريق توصيلها بأجهزة كمبيوتر، ولكنهم يعترضون ربطها بأجهزة إلكترونية تعمل بأنظمة تشغيل أندرويد في المستقبل. ويوضح "فيجل" قائلا: "لقد اختبرنا إمكانية تفعيل التقنية، والخطوة التالية هي الاستفادة منها بشكل في الحقل التربوي



شكل ( 7 ) تقنية الوشم ثلاثي الابعاد للمساعدة على شفاء الجروح في وقت قصير

وفي مجال البحث العلمي توصل باحثون في جامعة مينيسوتا الأمريكية إلى تقنية طباعة وشم ثلاثي الأبعاد باستخدام حبر يحتوي على رقائق إلكترونية يتم وضعه مباشرة على جلد الشخص، ويمكن للوشم المساعدة على شفاء الجروح سريعا، ويمهد الطريق لزراعة خلايا شمسية في الجلد يمكنها شحن الأجهزة الإلكترونية، ويمكن نزع الوشم في حالة عدم الحاجة إليه.

وقد ذكرت صحيفة Independent البريطانية أن أبرز الاستخدامات المحتملة للتقنية الجديدة هي طباعة الخلايا البيولوجية في الجروح لمساعدتها على الشفاء، وقال البروفيسور "مايكل ماك ألبين"، المؤلف الرئيسي للدراسة التي نشرتها المجلة الأكاديمية: Advanced Materials " نحن متحمسون لإمكانيات تكنولوجيا الطباعة ثلاثية الأبعاد الجديدة باستخدام طباعة محمولة وخفيفة الوزن تكلف أقل من 400 دولار. " وتوقع القائمون على البحث أن تكون الاستخدامات الأولى للوشم الإلكتروني بعد السياق العسكري والطبي، هو الدخول في المجال التريوي حيث سيساعد ذلك في تصميم البيئات التكيفية التي تحقق احتياجات المتعلمين وذلك من خلال وضع أجهزة استشعار على أجسادهم حتى يمكن اكتشاف العوامل الكيميائية أو البيولوجية، بل وما يدور في داخلهم.

وقد أبلغ فريق بحثي عن أحدث وشم إلكتروني في عام 2021 من مجلة Advanced Science، عن وجود جهاز خفيف الوزن للغاية وقابل للتمدد يمكن وضعه فوق القلب لفترات طويلة مع القليل من الانزعاج أو عدم الراحة، بحيث يقيس صحة القلب بطريقتين، مع أخذ قراءات تخطيط القلب وتخطيط القلب في وقت واحد (ECG)، وهي طريقة تسجل معدلات النشاط الكهربائي التي تنتج في كل مرة ينبض فيها القلب. وكذلك تخطيط القلب الزلزالي (SCG) هو بهدف قياس اهتزازات الصدر المرتبطة بنبضات القلب، علما بأن هذا الوشم الإلكتروني يعمل عن بُعد بواسطة هاتف ذكي، وهو أول تقنية فائقة النحافة وقابلة للتمدد لقياس كلاً من ECG و SCG وانتشر بكثرة في مجال الطب والتعليم الطبي.

كما تعمل الباحثة "لى Lu" وفريقها في الأونة القريب من نهاية عام 2021 على تحسينات لجمع البيانات وتخزينها للجهاز، بالإضافة إلى طرق لتشغيل الوشم الإلكتروني لاسلكيًا لفترات أطول. وقد طور فريق العمل للباحثة "لى Lu" مؤخرًا تطبيقًا للهواتف الذكية لا يخزن البيانات بأمان فحسب، بل يمكنه أيضًا إظهار دقات القلب على الشاشة في الوقت الفعلي.

كما طور باحثون من كلية الهندسة بجامعة "كارنيجي ميلون" ومعهد الأنظمة والروبوتات بجامعة "كويمبرا" بالبرتغال طريقة بسيطة وفعالة لإنشاء دوائر قوية ومرنة للغاية تشبه الوشم لاستخدامها في الحوسبة القابلة للارتداء. كما أشار فريق الباحثون أن تكليف هذه العملية منخفضة التكلفة، حيث اقتصر على سبيكة معدنية سائلة موصلة للكهرباء إلى ورق الوشم الذي يلتصق بجلد الإنسان، حيث يمكن وضع هذه الأوشام فائقة الرقة بسهولة بالماء، بنفس الطريقة التي يمكن بها وضع وشم الطفل المزخرف بإسفنج رطبة.

كما شارك "كرمل مجيدي"، مدير مختبر الآلات اللينة في جامعة كارميل ميلون، ومحمود تافاكولي، مدير مختبر الإلكترونيات الدقيقة اللينة والمطبوعة في جامعة كويمبرا، لتطوير طرق للطباعة المباشرة للدوائر الإلكترونية القابلة للتمدد. كما تم تطوير الأوشام في إطار مشروع Strechtonics، وهو أحد المبادرات البحثية لريادة الأعمال في برنامج Carnegie Mellon-Portugal، بتمويل من Fundação para a Ciência Tecnologia (FCT) وبتنسيق من البروفيسور "أنيبال تراسا".

بالإضافة إلى المعالجة منخفضة التكلفة، حيث توفر هذه الأوشام مزايا أخرى، ونظرًا لأن لها خصائص ميكانيكية مماثلة للأقمشة خفيفة الوزن، فإنها تظل وظيفية تحت الانحناء والطي واللف والإجهاد فوق 30 % ، وهي قابلة التمدد النموذجية لجلد الإنسان. كما يمكن أن تتوافق وتلتصق بأسطح ثلاثية الأبعاد شديدة الانحناء. كما تشمل تطبيقات الوشم المتوافقة الرقيقة للغاية المراقبة الحيوية للبشرة، والروبوتات اللينة، والشاشات المرنة، والإلكترونيات المطبوعة ثلاثية الأبعاد القابلة للتحويل.

كما تم تحضير مجموعة أوشام في معهد ماساتشوستس للتقنية بالمشاركة مع بعض باحثي قسم مايكروسوفت للبحوث. حيث تميزت هذه الأوشام، التي تحمل اسم "Duo Dkin"، بذكائها إذ من الممكن تحويلها إلى لوحة تعمل باللمس تستطيع من خلالها التحكم بهاتفك الذكي، بالإضافة إلى إمكانية تحويلها إلى وسيلة لمشاركة البيانات بفضل شريحة NFC. وتتيح هذه الأوشام للمستخدم إمكانية رسم شكل الوشم على برامج التصميم المختلفة ليتم قصه وتخصيصه بعد ذلك، ومن الممكن أن يتضمن الوشم شريحة NFC أو أضواء LED لتزيد من العنصر الجمالي له (Quan-Liang et al., 2021).

كما طور باحثون من قبل في جامعة "هارفارد" ومعهد "ماساتشوستس" للتكنولوجيا مشروعًا يسمى Dermal Abyss لتجربة واجهات حيوية متغيرة الألوان منذ عام 2017، والذي أكد المفهوم القائل بأن الحبر المستخدم في الوشم يمكن أن يوفر مؤشرات قابلة للتنفيذ لتغيير اللون اعتمادًا على مستوى المكونات الكيميائية الحيوية المحددة الموجودة في سوائل الجسم، معتمدًا في ذلك على مستويات الأس الهيدروجيني والجلوكوز والصيديوم في الأجزاء الخلوية، وأن الحبر سيتفاعل ويغير لونه، وبالتالي يُعلم المستخدم بالاختلاف الفسيولوجي. كما أعلنت شركة DermalAbyss المرة الأولى عن استكشاف الاحتمالات العديدة لمستشعرات الحبر الحيوي المتغيرة الألوان. حيث يتغير لون الحبر من الأخضر إلى البني مع زيادة تركيز الجلوكوز. عند استخدامه من قبل مرضى السكر، وبالتالي سيتغير لون الوشم اعتمادًا على مستوى الجلوكوز مما يوفر إشارات مرئية للمستخدم في الوقت الفعلي (Lisa Kulick, 2018).

واستمر هذا التطوير حيث طورت البوليمرات الموصلة المطبوعة باستخدام طباعة نفث الحبر على ورق الوشم القياسي من قبل مجموعة الدكتور فرانثيسكو جريكو من المدرسة الوطنية العليا للمناجم في سانت إتيان في فرنسا لتسجيل مخطط كهربائي أساسي (EEG) للاستخدام في التنكس العصبي ومراقبة الصرع وحتى للتحكم في الأجهزة الإلكترونية بفكرة بسيطة، وهذا يعد طفرة هائلة في مراقبة الطفل الصغار في الروضة لمتابعتهم دون الحاجة لأجهزة صلبة ومعقدة وكبيرة الحجم (Digital Health Central, 2020).

تحديات استخدام مستشعرات الوشم الإلكتروني

مع تزايد مخاوف الخصوصية بشكل متزايد، ابدى بعض المعلمين رغبتهم لاستبدال مفهوم "البصمة الرقمية" بـ "الوشم الرقمي". وقد تنبه الطلاب لهذه الفكرة للمحافظة على خصوصيتهم،

وذلك لدوام المعلومات الشخصية والصور التي يتم مشاركتها عبر الإنترنت، والحاجة إلى توشي الحذر عندما يتعلق الأمر بمشاركة تلك البيانات. ولذا فمن أهم التحديات لإمكانية توظيف مستشعرات الوشم الإلكتروني هو نشر الوعي به وبدوره في خدمة المتعلمين داخل البيئات التعليمية، ولذا يجب أن نبدأ بنشر هذه الثقافة في المدارس مبكراً ضمن دروس المواطنة الرقمية، حيث يبدأ الأطفال في الوعي بأهمية الخصوصية وفي كيفية استخدام الأجهزة المتصلة بالإنترنت من الصغر، وأن ننشر ثقافة الوعي بكيفية استيعاب الطلاب للوسائط الإلكترونية الذكية في المرحلة المتوسطة والفرص التي يمكن أن يوفرها الإنترنت لهم في ظل انتشار الأنظمة التكميلية والتدريب على توظيف مصادر جمع المعلومات الجديدة مثل الوشم الإلكتروني وغيره، حتى يصبح جدير بالثقة.

كما يمكن بحلول المدرسة الثانوية، مناقشة الطلاب حول مفاهيم مثل دور وسائل التواصل الاجتماعي في حياتهم ومقدار المعلومات الشخصية التي يجب السماح للشركات بجمعها فقط، وكيف يمكن أن يحتاج الطلاب للوشم الرقمي المخفي، وما هي المعلومات التي يتم جمعها بعد تثقيف الطلاب بأهمية هذه المعلومات ولا يصبح جمع المعلومات خلسة من خلال المتصفحات أو ملفات تعريف الوسائط الاجتماعية التي قد تؤثر على الإعلانات والمعلومات التي يرونها على الإنترنت. حتى لا يخشى البعض في مجال المواطنة الرقمية من ظهور مصطلحات كالوشم الرقمي وتصبح أساليب للتخويف أكثر من كونها أساليب لجعل البيئات التعليمية فعالة ومشوقة.

وحتى لا تصبح هذه التقنيات الحديثة فقط طريق لتحذيرهم مما لا يجب عليهم فعله بل يجب أن تزودهم بالبحث عن أفضل الطرق لتزويدهم بالمهارات اللازمة للتنقل بين المجتمعات عبر الإنترنت بشكل فعال" حتى يسهل عليهم فيما بعد التوائم مع احتياجات المجتمع في ظل الثورات الصناعي القادمة. (Alison DeNisco , 2018)

المراجع:

- Alison DeNisco, (2018). How schools can teach students about their 'digital tattoo'. Retrieved from : <https://districtadministration.com/how-schools-can-teach-students-about-their-digital-tattoo/>
- Amo-Filvà, D. A., Alier Forment, M., García-Peñalvo, F. J., Fonseca-Escudero, D., & Casañ, M. J. (2019). Clickstream for learning analytics to assess students' behavior with Scratch. Future Generation Computer Systems, 93, 673-686. doi: 10.1016/j.future.2018.10.057
- Casañ, M. J. (2018). Learning Analytics' Privacy on the Blockchain. In F. J. García-Peñalvo (Ed.), TEEM'18 Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (Salamanca, Spain, October 24th-26th, 2018) (pp. 294-298). New York, NY, USA: ACM.

- Digital Health Central (2020). Are digital tattoos the future of wearables? , Retrieved from: <https://digitalhealthcentral.com/2020/12/05/what-are-digital-tattoos/>
- García-Peñalvo, F. J., Cruz-Benito, J., Martín-González, M., Vázquez-Ingelmo, A., Sánchez-Prieto, J. C., & Therón, R. (2018). Proposing a machine learning. Retrieved from: <https://al-ain.com/article/electronic-tattoo-3d-print-skin>
- Huanyu Cheng and Ning Yi(2017). Dissolvable tattoo sensors: from science fiction to a viable technology, Phys. Scr. 92 (2017) 013001 (18pp), doi:10.1088/0031-8949/92/1/013001. Retrieved from: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-8949/92/1/013001>
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). NMC Horizon Report: 2011 Higher Education Edition. Retrieved from <https://bit.ly/2kpMie8>
- Lisa Kulick(2018). Electronic Tattoos Add Power to Wearable Computing, A Retrieved from: <https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2018/november/electronic-tattoos.html?fbclid=IwAR0SZn3kFRR3jUFUn21cRJ6uOqVaOwwt8U5CVMN0BB2sI8sgHRmdM0FVpzU>
- Pushpanathan Thiruvengadam & Roweena Belinda Dcouto (2019). Using Tattoos As A Teaching Aid In The Classroom, THINK INDIA (Quarterly Journal) Vol-22-Issue-4-October-December-2019, 6070- 6075. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/337830811\\_Using\\_Tattoos\\_As\\_A\\_Teaching\\_Aid\\_In\\_The\\_Classroom](https://www.researchgate.net/publication/337830811_Using_Tattoos_As_A_Teaching_Aid_In_The_Classroom)
- Quan-Liang Zhao, Zhen-Ming Wang,†a Jing-Hao Chen,a Shi-Qi Liu,a Yi-Kai Wang,a Meng-Ying Zhang,a Jie-Jian Di,a Guang-Ping He Lei Zhao,a Ting-Ting Su,a Jie Zhang,a Xu Liang,a Wei-Li Song and Zhi-Ling Hou (2021). A highly conductive self-assembled multilayer graphene Nano sheet film for electronic tattoos in the applications of human electrophysiology and strain sensing†. Nanoscale, 2021, 13, 10798 . Retrieved from: <https://08109ds0u-1105-y-https-pubs-rsc-org.mplbci.ekb.eg/en/content/articlepdf/2021/nr/d0nr08032b>

- Siemens, G. (2010). What are Learning Analytics? Retrieved from <https://bit.ly/2PcZKQE>
- Steventon ‘A. ‘and Wright ‘S. (eds) (2006) Intelligent Spaces: The Application of Pervasive ICT ‘Springer-Verlag. Retrieved from: [https://stringfixer.com/ar/Intelligent\\_environments](https://stringfixer.com/ar/Intelligent_environments)
- TechTarget Contributor(2020). digital tattoo. Retrieved from: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/digital-tattoo>.